

Protocolo de Oxígeno Disuelto



Objetivo General

Medir la cantidad de oxígeno disuelto en el agua.

Visión General

El alumnado usará un Kit de oxígeno disuelto o una sonda para medir el oxígeno disuelto en el sitio de hidrología. El procedimiento exacto depende de las instrucciones del kit o de la sonda que se utilice.

Objetivos Didácticos

Los estudiantes aprenderán:

- A usar un kit de oxígeno disuelto o una sonda.
- Usar la tecnología en clase (sonda de OD).
- Examinar razones para los cambios en el oxígeno disuelto en un cuerpo de agua;
- Compartir los resultados de los proyectos con otros centros GLOBE
- Colaborar con otros centros GLOBE (en su país o en otros países)
- Compartir observaciones y enviar informes de los datos a los archivos de GLOBE.

Conceptos de Ciencias

La Tierra y las Ciencias del Espacio.

Los materiales terrestres son rocas sólidas, suelos, agua y atmósfera.

El agua es un solvente.

Cada elemento se mueve entre diferentes reservorios (biosfera, litosfera, atmósfera, hidrosfera).

Ciencias Físicas

Los objetos tienen propiedades observables.

Ciencias de la Vida

Los organismos pueden sobrevivir, sólo en entornos donde sus necesidades puedan ser cubiertas.

La Tierra tiene muchos entornos distintos, que mantienen diferentes combinaciones de organismos.

Los organismos transforman el entorno en el cual viven.

Los humanos pueden cambiar los entornos naturales.

Todos los organismos deben ser capaces de obtener y usar los recursos mientras viven en un entorno constantemente cambiante.

Habilidades de Investigación Científica

Usar un kit de análisis químico o una sonda para medir el oxígeno disuelto.

Identificar cuestiones relacionadas con el tema.

Diseñar y dirigir investigaciones científicas.

Usar las matemáticas apropiadas para analizar los datos.

Desarrollar descripciones y explicaciones utilizando evidencias.

Reconocer y analizar explicaciones alternativas.

Compartir procedimientos y conclusiones

Tiempo.

Kit: 20 minutos

Kit de procedimiento de control de calidad: 20 minutos

Preparación de la Sonda: 20-30 minutos

Medición con Sonda: 10 minutos

Nivel

Medio y Secundaria

Frecuencia

Semanalmente

Procedimiento de control de Calidad: cada 6 meses.

Calibración de la Sonda: cada vez que se utilice.

Materiales y Herramientas

Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología

Guía de Campo del Protocolo de Oxígeno Disuelto. (Kit de análisis).

Guía de Campo del Protocolo de Oxígeno Disuelto (Sonda)

Kit o sonda de Oxígeno Disuelto

Guantes de látex

Gafas de seguridad

Botella para desperdicios con tapa

Agua destilada

Para el procedimiento de control de calidad de OD:

-Probeta graduada de 100ml

-Botella de polietileno con tapón de 250ml

-Reloj o cronómetro

<ul style="list-style-type: none"> - Termómetro - <i>Tabla de Solubilidad de Oxígeno</i> - <i>Tabla de Corrección por Altitud</i> - <i>Hoja de Datos del Procedimiento de Control de Calidad de la Investigación de Hidrología para los Kits de Oxígeno Disuelto.</i> <p style="text-align: center;"><i>Guía de Laboratorio del Kit para OD</i></p> <p>Procedimiento para el control de calidad de la sonda de OD :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Solución cero de oxígeno (si es necesaria para la sonda). - Agua destilada - Frasco de polietileno de 250 ml con tapa - Vaso de precipitado de 100 ml -Termómetro 	<ul style="list-style-type: none"> - Tabla de Solubilidad de oxígeno - Tabla de corrección por altitud - Barómetro (si es posible) <p>Preparación</p> <p>Actividades propuestas: <i>Practicando tu protocolo: Oxígeno Disuelto</i></p> <p>Buscar a qué altitud está el centro educativo.</p> <p>Las sondas de oxígeno disuelto deben ser calibradas antes de cada uso.</p> <p>Requisitos previos</p> <p>Debate sobre la seguridad en los procedimientos cuando se está trabajando con kits de análisis químicos.</p> <p><i>Protocolo de Salinidad</i> (donde resulte apropiado)</p>
--	--

Protocolo de Oxígeno Disuelto – Introducción

El protocolo GLOBE de Oxígeno Disuelto mide la cantidad de oxígeno molecular disuelto en el agua. No mide la cantidad de oxígeno en la molécula de agua (H₂O). El alumnado a veces confunde el oxígeno que forma parte de la molécula de agua (H₂O) con el oxígeno disuelto (O₂).

Al igual que los animales que viven en tierra, los animales que viven en el agua necesitan oxígeno molecular para respirar. Sin embargo, hay mucho más oxígeno disponible en la atmósfera para la respiración animal que en el agua. Aproximadamente, dos de cada diez moléculas de aire son de oxígeno molecular. En el agua, sin embargo, hay sólo cinco o seis moléculas de oxígeno por cada millón de moléculas de agua. La cantidad de oxígeno disuelto en el agua determina lo que puede vivir allí. Algunos animales, como el salmón o las larvas de efímera, requieren niveles más altos de oxígeno que otros animales como el pez gato o las sanguijuelas.

Se llama solubilidad de oxígeno disuelto a la cantidad de oxígeno que contendrá el agua en determinadas condiciones. Los factores que afectan a la solubilidad del oxígeno son: Temperatura del agua, presión atmosférica y salinidad.

El agua fría puede disolver más oxígeno que las aguas templadas. Por ejemplo, a 25° C la solubilidad del oxígeno es de 8,3 mg/l, mientras que a 4° C la solubilidad es 13,1 mg/l. Como la temperatura va en aumento el agua libera parte de su oxígeno al aire.

El agua puede contener menos oxígeno disuelto a altas elevaciones porque hay menor presión. La Solubilidad del oxígeno también decrece con el incremento de la salinidad.

El oxígeno disuelto puede ser añadido al agua por las plantas durante la fotosíntesis, a través de la difusión desde la atmósfera, o por aireación. Este proceso tiene lugar cuando el agua es mezclada con el aire. Tales mezclas se dan en olas, en cascadas y en zonas de rápidos y de aguas agitadas.

La cantidad de oxígeno disuelto también está afectada por lo que vive en el agua. Igual que la fotosíntesis de las plantas terrestres añade oxígeno al aire que respiramos, la fotosíntesis de las plantas acuáticas contribuye al oxígeno disuelto en el agua. El agua puede llegar a estar sobresaturada, lo que significa que los niveles de OD son más altos que la solubilidad. El OD extra sería entonces liberado de vuelta al aire, o sería eliminado a través de la respiración.

La biota de los sistemas acuáticos constituye sólo una muy pequeña porción del total de la materia orgánica del sistema. La mayoría de la materia orgánica en los ecosistemas acuáticos corresponde a detritus, no a los seres vivos. La material orgánica puede ser producida in situ o llegar al cuerpo de agua desde la tierra circundante (tanto de fuentes naturales como humanas). La circulación del carbono entre los componentes vivos y no vivos es conocido como el ciclo del carbono. La material orgánica es producida durante la fotosíntesis y es consumida durante la respiración. Durante la respiración, la biota (peces, bacterias, etc.) consumen oxígeno disuelto.

Apoyo al Profesorado

Protocolos de Apoyo

Temperatura del Agua: La solubilidad del oxígeno depende de la temperatura. Por lo tanto es muy importante medir la temperatura del agua cuando se toman los datos de OD.

Salinidad: La solubilidad del oxígeno está condicionada por la salinidad. Para obtener el porcentaje de solubilidad es importante tomar los datos de salinidad en los cuerpos de agua donde ésta sea un factor imprescindible. Si el valor en su cuerpo de agua es menor de 1 ppmil (1000mg/l) no es necesario ajustarlo en función de la salinidad.

Protocolo de Atmósfera: Las mediciones de atmósfera tales como cobertura de nubes, precipitación y temperatura del aire deben también ser útiles en la interpretación de los datos de oxígeno disuelto. Por ejemplo, un incremento de la cobertura de nubes podría provocar un descenso en la fotosíntesis durante el día.

Cobertura Terrestre: También es útil para las medidas de hidrología tener información sobre la cobertura terrestre en la cuenca. La cobertura terrestre en una cuenca hidrográfica puede influir en la cantidad de materia orgánica en el medio acuático.

Preparación Previa

Kits de Oxígeno Disuelto

Los estudiantes deberán realizar el procedimiento de control de calidad tal como se describe en *La Guía de Laboratorio del Procedimiento de Control de Calidad para el Kit de Oxígeno Disuelto*. Analizar la exactitud de sus procedimientos y la precisión de los Kits. Realizando el control de calidad, profesorado, alumnado y científicos podrán confiar en que los análisis se realizan apropiadamente.

Hay que determinar la altitud y el lugar (por ejemplo, el centro escolar) donde se va a realizar el control de calidad.

Sondas para Oxígeno Disuelto

Para medir oxígeno disuelto habrá que tener en cuenta referencias sobre el uso de sondas de conductividad u otros medidores. Para clarificar, las sondas son instrumentos que miden el voltaje o la resistencia en una muestra de agua. Los medidores son instrumentos que convierten esas medidas eléctricas (voltaje y resistencia) en concentraciones. Para medir oxígeno disuelto (u otro tipo de mediciones), tanto la

sonda como el medidor son necesarios. En ocasiones ambos están en el mismo instrumento y no pueden ser tomadas por separado. En otros instrumentos la sonda está separada del medidor y necesitan ser conectados para tomar las mediciones de aguas.

Las sondas de oxígeno disuelto deben ser calibradas antes de usarlas. Revisarlas con las indicaciones del fabricante para estar seguro de que guardan la calibración más reciente. Si es así la sonda de oxígeno disuelto necesitará ser calibrada 24 horas o menos antes de tomar las mediciones. Si la sonda que se utiliza no almacena la calibración más reciente será necesario calibrarla justo antes de tomar las mediciones, teniendo cuidado de no apagar la sonda ni ningún software asociado a ella.

Determinar la altitud del sitio de muestreo, si no se está usando un barómetro.

Procedimiento para la Medición

Kits de Oxígeno Disuelto

Los kits para análisis de oxígeno disuelto tienen dos partes – conservación de la muestra (estabilización o fijación) y análisis de la misma. La conservación implica la adición de un reactivo a la muestra que precipita en presencia de oxígeno disuelto, seguido de la adición de otro reactivo que produce la coloración de la solución. El análisis conlleva, además la adición de unas gotas de solución de titulación hasta que desaparece la coloración de la muestra. El valor de oxígeno disuelto es calculado a partir del volumen de titulador añadido.

La cantidad de oxígeno disuelto en el agua puede cambiar rápidamente después de que se ha tomado la muestra. Por esto es muy importante hacer el análisis tan pronto como sea tomada la muestra. La muestra de agua para el análisis de oxígeno disuelto debería ser “fijada” en el sitio de estudio (ver instrucciones del kit de OD que se utiliza). Después de que la muestra es fijada, si se prefiere, se puede llevar al centro para terminar allí el análisis.

Siguiendo las instrucciones del kit de análisis, deberán cumplirse los siguientes procedimientos.

- Para estar seguros de que no hay aire en el bote que contiene la muestra de agua, girar el bote arriba y abajo mientras está tapado y observar si hay burbujas.

- Mantener las botellas y los goteros verticalmente cuando se añadan gotas de reactivo a la muestra de agua de tal manera que todas las gotas sean del mismo tamaño.
- Si los estudiantes tienen que hacer alguna mezcla, deberán tapar el frasco y hacer un “movimiento de limpiaparabrisas” para mezclar suavemente los productos químicos.
 - El precipitado está sedimentado cuando hay una línea de distinción entre el líquido claro, en la parte superior, y el material sedimentado en el fondo (en agua dulce). En aguas saladas y salobres hay que dejarlo más tiempo (más de 15 minutos) para que el precipitado sedimente. Esperar hasta que haya una línea nítida entre el líquido claro y el material sedimentado en la mitad inferior de la botella.
- Asegurarse de que no hay burbujas en el bote de titular cuando se llene.
- Si el kit que se utiliza titula a un “amarillo pálido”, colocar una hoja de papel blanco detrás de la botella y continuar la titulación hasta que el líquido este casi claro antes de añadir la solución de almidón (starch solution).

No hace falta la compensación por altitud cuando se mide la cantidad de oxígeno disuelto en la muestra de agua en el Sitio de Hidrología, solamente es necesario en el procedimiento de control de Calidad.

Sondas para Oxígeno Disuelto.

Las mediciones de oxígeno disuelto hechas con SONDA, deben ser tomadas en el sitio (in situ). Las muestras no pueden ser llevadas y analizadas en el laboratorio.

Prepare la sonda tal como se indica en el manual de usuario. Algunas sondas necesitan un periodo de calentamiento antes de dar resultados fiables. Algunas sondas necesitan permanecer encendidas después de la calibración para que retengan la calibración. Hay que ser muy cuidadoso en seguir las instrucciones que vienen con la sonda que se está utilizando.

Cuando se mide oxígeno disuelto en aguas saladas (conductividad mayor de 1000 mg/l o salinidad mayor de 1 ppmil), se necesitará aplicar un factor de corrección de salinidad a la medida tomada con la sonda.

El agua salina puede contener menos oxígeno a la misma temperatura y presión que el agua dulce. Las diferentes sondas pueden tener diferentes procedimientos para esta corrección. Algunos piden el factor de corrección antes de realizar la medida de OD y otros después. Hay que tomar como referencia el manual de la sonda que se está usando para realizar dicho procedimiento. Como esta corrección puede afectar a la medida, es necesario medir la salinidad cada vez que se tomen medidas de OD e indicarlo en la *Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología*.

Procedimiento de Control de Calidad

Kits de Oxígeno Disuelto

Para el procedimiento de control de calidad el alumnado comparará el oxígeno disuelto medido en su solución estándar con el valor de saturación de la tabla para determinar si su kit y procedimiento son correctos.

Preparar una solución estándar saturada, los estudiantes saturarán el agua destilada agitando una botella parcialmente llena, durante 5 minutos. Teniendo en cuenta que la solubilidad desciende con los incrementos de temperatura, de salinidad y descenso de la presión del aire, se controlan todas esas variables en la solución estándar de OD usando agua destilada, y corrigiendo los valores en función de la temperatura del agua y la altitud (una medida indirecta de la presión del aire). Es necesario saber la altitud (por ejemplo, del centro escolar) donde se realizará el procedimiento. La tabla HI-OD-2 contiene los valores de corrección para varias presiones atmosféricas y distintas elevaciones.

Esta solución estándar saturada de OD se puede verter directamente en el frasco de muestra hasta que esté completamente lleno. No puede incorporarse más oxígeno a la muestra en el momento de verterla porque ya está saturada. Después de llenar el frasco de muestra, seguir las instrucciones del kit para medir la cantidad de oxígeno disuelto.

Sondas de Oxígeno Disuelto

Las sondas de oxígeno disuelto deben ser calibradas antes de usarlas. Consultar al fabricante para estar seguro de que la sonda almacena la última calibración. Si es así, la sonda necesitará ser calibrada 24 horas o menos antes de tomar las mediciones. Si la sonda no almacena la última calibración, se necesitará calibrar

justo antes de cada medición teniendo cuidado de no apagar la sonda ni ningún software asociado. Cuando se está en el campo, comprobar que la calibración se ha hecho poniendo la sonda en aire saturado 100% con agua. Si el valor está fuera de $\pm 0,2$ mg/l entonces hay que recalibrar en el campo. Recuerde, diferentes temperaturas en el Sitio de Estudio, podrían dar diferentes valores totales de mg/l de oxígeno a 100% de saturación. Esto no necesariamente significa que la calibración esté mal. Comprobar las tablas de calibración para la cantidad de oxígeno presente a 100% de saturación a esa temperatura.

NUNCA enviar un dato de oxígeno disuelto tomado con un instrumento que no haya sido calibrado antes de ser usado.

Medidas de Seguridad

- Los estudiantes deberán llevar guantes y gafas de protección cuando manipulen reactivos y agua que pueda contener sustancias potencialmente perjudiciales tales como bacterias o residuos industriales.
- Se debe consultar a las autoridades locales sobre los lugares adecuados para tirar los reactivos usados.

Consejos Útiles

Marcar cada bote o componente en el kit con un punto de pintura o de esmalte de uñas del mismo color. Marcar los otros kits con otro color diferente para evitar que se cambien los reactivos o los tituladores entre los diferentes kits.

Cuando se abran los reactivos para usarlos, escribir la fecha en la que fueron abiertos, y eliminar todos los productos químicos, apropiadamente, cuando caduquen.

Guiando a los Estudiantes

Si no hay tiempo suficiente para que el alumnado mida el oxígeno disuelto de tres muestras diferentes en el sitio de hidrología, encargue a uno o más estudiantes que desarrollen la toma de datos completa. Después los otros estudiantes

usarán la misma muestra fijada para analizar más tarde en la clase o laboratorio.

Mantenimiento de los Instrumentos

Kits de Oxígeno Disuelto.

1. Los reactivos deben ser cuidadosamente cerrados inmediatamente después de ser usados.
2. Enjuagar la botella de muestra y el tubo de titulación con agua destilada después de usarlo.
3. Tirar los reactivos del gotero o del titulador. No deben ser echados a sus envases originales porque pueden estar contaminados.
4. No enjuagar el titulador con agua destilada siempre que no haya sido contaminado. El enjuague con agua destilada, deja a menudo una gota de agua en el titulador que es difícil de eliminar.
5. Almacenar el titulador con el émbolo fuera para evitar que la goma se pegue en el tubo.

Sondas de Oxígeno Disuelto

Las sondas de OD requieren meticulosos cuidados para mantener su precisión y su vida útil. Consultar en el manual las instrucciones específicas de mantenimiento y almacenaje, para la sonda que se está utilizando.

Preguntas para Investigaciones Posteriores

¿Cómo podría afectar a los seres vivos que habitan un cuerpo de agua, un cambio en la cantidad de oxígeno disuelto?

¿Cómo podría afectar en la cantidad de oxígeno disuelto (OD) en el agua que analizamos, un calentamiento o enfriamiento de la atmósfera?

¿Cómo podría afectar a la cantidad de OD en el agua que analizamos, los cambios en la cobertura terrestre alrededor de nuestro sitio de agua?

Procedimiento de Control de Calidad. Kits de Oxígeno Disuelto

Guía de Laboratorio

Actividad

Revisar la precisión del kit de OD que se va a utilizar. Practicar utilizando el Kit de OD apropiadamente.

Qué se Necesita

- Hoja de Datos de Control de Calidad de la Investigación de Hidrología
- Agua destilada
- Probeta de 100 ml
- Botella de polietileno de 250 ml con tapón
- Termómetro
- Botella con tapa para tirar los reactivos utilizados
- Kit de análisis de Oxígeno Disuelto
- Guantes de látex
- Gafas de seguridad
- Lápiz o Bolígrafo
- Reloj

Qué Hay que Hacer

1. Ponerse los guantes y las gafas de protección.
2. Enjuagar dos veces, la botella de 250 ml, con agua destilada.
3. Echar 100 ml de agua destilada dentro de la botella de 250 ml.
4. Poner el tapón en la botella. Agitar vigorosamente durante 5 minutos. Esto es la muestra estándar que se usará para analizar el kit.
5. Destapar la botella y medir la temperatura del agua (ver *Guía de Campo del Protocolo de Temperatura del Agua*). Asegurarse de que la punta del termómetro no toca en el fondo ni en los lados de la botella.
6. Anotar la temperatura del estándar de agua destilada, en la *Hoja de Datos del Control de Calidad de la Investigación de Hidrología*.
7. Poner la muestra estándar en el bote de muestra en el kit de oxígeno disuelto. Llenar la botella hasta arriba. Poner la tapa, mover la botella arriba y abajo mientras está tapada. No debería haber ninguna burbuja.

Nota: No es necesario sumergir la botella de muestras en el agua para tomar la muestra cuando se esta haciendo el procedimiento de control de calidad.
8. Seguir las instrucciones del kit de OD que se está utilizando para medir el Oxígeno Disuelto en la muestra estándar.

9. Anotar la cantidad de oxígeno disuelto (mg/l) en la muestra estándar en la *Hoja de Datos de Control de Calidad de la Investigación de Hidrología*.
10. Ver la temperatura que anotaron antes en la tabla de Solubilidad del Oxígeno. Ver Tabla HI-OD-1
11. Anotar la solubilidad para la temperatura de la muestra de agua.
12. Localizar la altitud más próxima a la suya en la *Tabla de Corrección para Elevaciones/Presiones*. Ver tabla HI-OD-2.
13. Anotar el valor de corrección para la altitud de nuestro sitio.
14. Multiplicar la solubilidad de la muestra estándar por el valor de corrección. Esta es la cantidad que esperábamos de OD en la estándar.
15. Comparar la cantidad de OD medido con el kit con la que se esperaba para la muestra estándar.
16. Si la medida está dentro de un rango de ± 1 mg/l, anotar el valor de OD en la *Hoja de Datos del Procedimiento de Control de Calidad de la Investigación de Hidrología*. Si la medida no está dentro de ese rango, repetir por completo el procedimiento de control de calidad.
17. Si las medidas siguen fuera de ese rango anotar el valor obtenido e informar a tu profesora de que ese kit no funciona adecuadamente.
18. Echar todos los reactivos usados en la botella de desperdicios. Limpiar el kit con agua destilada.

Tabla HI-OD-1: Solubilidad del Oxígeno en Agua Dulce Expuesto al Aire a 1013,65 mB de Presión.

Temp (°C)	Solubil. (mg/l)	Temp (°C)	Solubil. (mg/l)	Temp (°C)	Solubil. (mg/l)
0	14,6	16	9,9	32	7,3
1	14,2	17	9,7	33	7,2
2	13,8	18	9,5	34	7,1
3	13,5	19	9,3	35	7,0
4	13,1	20	9,1	36	6,8
5	12,8	21	8,9	37	6,7
6	12,5	22	8,7	38	6,6
7	12,1	23	8,6	39	6,5
8	11,9	24	8,4	40	6,4
9	11,6	25	8,3	41	6,3
10	11,3	26	8,1	42	6,2
11	11,0	27	8,0	43	6,1
12	10,8	28	7,8	44	6,0
13	10,5	29	7,7	45	5,9
14	10,3	30	7,6	46	5,8
15	10,1	31	7,4	47	5,7

Tabla HI-OD-2: Valores de Corrección para varias Presiones Atmosféricas y Elevaciones

Presión (milibares)	elev (m)	Corrección valor (%)	Presión (milibares)	elev (m)	Corrección valor (%)
1023	-84	1,01	841	1544	0,83
1013	0	1,00	831	1643	0,82
1003	85	0,99	821	1743	0,81
993	170	0,98	811	1843	0,80
988	256	0,97	800	1945	0,79
973	343	0,96	790	2047	0,78
963	431	0,95	780	2151	0,77
952	519	0,94	770	2256	0,76
942	608	0,93	760	2362	0,75
932	698	0,92	750	2469	0,74
922	789	0,91	740	2577	0,73
912	880	0,90	730	2687	0,72
902	972	0,89	719	2797	0,71
892	1066	0,88	709	2909	0,70
882	1160	0,87	699	3203	0,69
871	1254	0,86	689	3137	0,68
861	1350	0,85	679	3253	0,67
851	1447	0,84	669	3371	0,66

HI-OD-3: Solubilidad del Oxígeno en Agua Salada y a Nivel del Mar (1013,65 mB) con Temperatura y Salinidad

Temperatura (°C)	Salinidad (ppmil)												
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
1	14,2	13,7	13,3	12,8	12,4	12,0	11,5	11,2	10,8	10,4	10,1	9,7	9,4
2	13,8	13,4	12,9	12,5	12,1	11,6	11,3	10,9	10,5	10,2	9,8	9,5	9,2
3	13,5	13,0	12,6	12,2	11,7	11,4	11,0	10,6	10,3	9,9	9,6	9,3	8,9
4	13,1	12,7	12,3	11,8	11,5	11,1	10,7	10,4	10,0	9,7	9,4	9,0	8,7
5	12,8	12,4	11,9	11,6	11,2	10,8	10,5	10,1	9,8	9,5	9,1	8,8	8,6
6	12,4	12,0	11,7	11,3	10,9	10,5	10,2	9,9	9,6	9,2	8,9	8,6	8,4
7	12,1	11,7	11,4	11,0	10,6	10,3	10,0	9,6	9,3	9,0	8,7	8,5	8,2
8	11,8	11,5	11,1	10,7	10,4	10,1	9,7	9,4	9,1	8,8	8,6	8,3	8,0
9	11,6	11,2	10,8	10,5	10,2	9,8	9,5	9,2	8,9	8,6	8,4	8,1	7,9
10	11,3	10,9	10,6	10,3	9,9	9,6	9,3	9,0	8,7	8,5	8,2	7,9	7,7
11	11,0	10,7	10,3	10,0	9,7	9,4	9,1	8,8	8,6	8,3	8,0	7,8	7,5
12	10,8	10,4	10,1	9,8	9,5	9,2	8,9	8,6	8,4	8,1	7,9	7,6	7,4
13	10,5	10,2	9,9	9,6	9,3	9,0	8,7	8,5	8,2	8,0	7,7	7,5	7,2
14	10,3	10,0	9,7	9,4	9,1	8,8	8,6	8,3	8,0	7,8	7,6	7,3	7,1
15	10,1	9,8	9,5	9,2	8,9	8,6	8,4	8,1	7,9	7,7	7,4	7,2	7,0
16	9,9	9,6	9,3	9,0	8,7	8,5	8,2	8,0	7,7	7,5	7,3	7,1	6,9
17	9,7	9,4	9,1	8,8	8,6	8,3	8,1	7,8	7,6	7,4	7,1	6,9	6,7
18	9,5	9,2	8,9	8,7	8,4	8,2	7,9	7,7	7,4	7,2	7,0	6,8	6,6
19	9,3	9,0	8,7	8,5	8,2	8,0	7,8	7,5	7,3	7,1	6,9	6,7	6,5
20	9,1	8,8	8,6	8,3	8,1	7,8	7,6	7,4	7,2	7,0	6,8	6,6	6,4
21	8,9	8,7	8,4	8,2	7,9	7,7	7,5	7,3	7,1	6,8	6,7	6,5	6,3
22	8,7	8,5	8,3	8,0	7,8	7,6	7,3	7,1	6,9	6,7	6,5	6,4	6,2
23	8,6	8,3	8,1	7,9	7,6	7,4	7,2	7,0	6,8	6,6	6,4	6,2	6,1
24	8,4	8,2	7,9	7,7	7,5	7,3	7,1	6,9	6,7	6,5	6,3	6,1	6,0
25	8,3	8,0	7,8	7,6	7,4	7,2	7,0	6,8	6,6	6,4	6,2	6,0	5,9
26	8,1	7,9	7,7	7,5	7,2	7,0	6,8	6,7	6,5	6,3	6,1	5,9	5,8
27	8,0	7,7	7,5	7,3	7,1	6,9	6,7	6,5	6,4	6,2	6,0	5,9	5,7
28	7,8	7,6	7,4	7,2	7,0	6,8	6,6	6,4	6,3	6,1	5,9	5,8	5,6
29	7,7	7,5	7,3	7,1	6,9	6,7	6,5	6,3	6,2	6,0	5,8	5,7	5,5
30	7,6	7,4	7,2	7,0	6,8	6,6	6,4	6,2	6,1	5,9	5,7	5,6	5,4
31	7,4	7,2	7,0	6,8	6,7	6,5	6,3	6,1	6,0	5,8	5,7	5,5	5,4
32	7,3	7,1	6,9	6,7	6,6	6,4	6,2	6,0	5,9	5,7	5,6	5,4	5,3
33	7,2	7,0	6,8	6,6	6,4	6,3	6,1	5,9	5,8	5,6	5,5	5,3	5,2
34	7,1	6,9	6,7	6,5	6,3	6,2	6,0	5,9	5,7	5,6	5,4	5,3	5,1
35	6,9	6,8	6,6	6,4	6,2	6,1	5,9	5,8	5,6	5,5	5,3	5,2	5,1
36	6,8	6,7	6,5	6,3	6,2	6,0	5,8	5,7	5,5	5,4	5,2	5,1	5,0
37	6,7	6,6	6,4	6,2	6,1	5,9	5,7	5,6	5,5	5,3	5,2	5,0	4,9
38	6,6	6,4	6,3	6,1	6,0	5,8	5,7	5,5	5,4	5,2	5,1	5,0	4,8
39	6,5	6,3	6,2	6,0	5,9	5,7	5,6	5,4	5,3	5,2	5,0	4,9	4,8
40	6,4	6,2	6,1	5,9	5,8	5,6	5,5	5,4	5,2	5,1	5,0	4,8	4,7

Preguntas Frecuentes

1. ¿Por qué la cantidad de oxígeno disuelto que se mide no coincide con la cantidad calculada?

Hay dos razones por las cuales esos números no coinciden. Primero, es posible que no se hayan seguido las instrucciones del Kit o que se hayan cometido algunos pequeños errores en el proceso usado. Aquí hay algunos consejos para resolver problemas:

1. Asegurarse de que no hay ninguna burbuja en la botella de muestras o en el titulador (para los kits que lo utilizan). Examinar las burbujas de aire en la botella de muestreo, girar arriba y abajo la botella tapada y buscar burbujas.
2. Medir con precisión. Si se están añadiendo gotas desde una botella, colocarla verticalmente de tal manera que todas las gotas sean del mismo tamaño.
3. Permitir que todo el precipitado se deposite en el fondo. Si se agita la botella demasiado fuerte antes de que se deposite el precipitado, se debe esperar 10 minutos o más para que la sedimentación tenga lugar.
4. Anotar con exactitud. Si el kit indica un número de gotas, debe haber dos personas contando para asegurar la exactitud. Si el kit indica una lectura del titulador hay que asegurarse, leyendo las instrucciones que vienen en el kit, de que se realiza la lectura con exactitud.
5. Si se está analizando agua salada asegurarse de hacer referencia a la tabla HI-OD-3 para determinar la cantidad máxima de oxígeno que las aguas con la misma salinidad que la que se está analizando pueden tener. Las aguas saladas pueden tener menos oxígeno, cuando están completamente saturadas, que las aguas dulces.

La segunda razón por la que los valores obtenidos en la medida no son los mismos que los valores calculados es porque puede haber algo mal en los reactivos del kit utilizado. En ese caso, se necesitará adquirir nuevos reactivos.



Protocolo de Oxígeno Disuelto (Kit de Análisis)

Guía de Campo

Actividad

Medir el Oxígeno Disuelto en la muestra de agua utilizando un kit de análisis.

Qué se Necesita

- Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología
- Agua destilada
- Guantes de látex
- Botella con tapón para los reactivos usados.
- Gafas de seguridad
- Lápiz o bolígrafo
- kit de Oxígeno Disuelto

En el Campo

1. Rellenar la parte superior de la *Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología*.
2. Ponerse los guantes y las gafas de seguridad.
3. Enjuagar la botella y las manos con agua de la muestra, tres veces.
4. Poner el tapón en la botella vacía.
5. Sumergir la botella en agua de la muestra.
6. Quitar la tapa y dejar que la botella se llene de agua. Mover o golpear suavemente la botella para eliminar las burbujas de aire.
7. Poner el tapón a la botella mientras está dentro del agua.
8. Sacar la botella del agua. Moverla de arriba abajo para examinar si tiene burbujas. Si hay burbujas tirar la muestra y tomar otra nueva.
9. Seguir las instrucciones del kit de Oxígeno Disuelto, que se esta usando, para analizar la muestra de agua.
10. Anotar el Oxígeno Disuelto de la muestra de agua en la *Hoja de Datos* como *Observador 1*.
11. Dos personas más deben repetir la medida usando una muestra nueva de agua cada vez.
12. Anotar los datos en la *Hoja de Datos* como *Observadores 2 y 3*.
13. Calcular la media de las tres medidas.
14. Cada una de las tres medidas puede desviarse 1 mg/l de la media. Si una de ellas no está en ese rango, hacer la media sólo de las otras dos medidas. Si ambas medidas están dentro del rango (1 mg/l) de la nueva media, anotar esa media
15. Tirar todos los reactivos al contenedor específico de basura. Limpiar el kit con agua destilada.

Protocolo de Oxígeno Disuelto

(Sonda)

Guía de Campo

Actividad

Medir el oxígeno disuelto de la muestra de agua utilizando una sonda de OD.

Qué se Necesita

- Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología
- Sonda de Oxígeno Disuelto
- Solución de Oxígeno Cero (si es aplicable al modelo)
- Botella de 250 ml de polietileno con tapa
- Guantes de látex
- Agua destilada
- Tablas de corrección de salinidad (si son necesarias)
- Barómetro
- Bolígrafo o lápiz

En el Laboratorio o en el Campo

Calibración (Realizada dentro de las 24 horas previas a la medición)

1. Seguir las instrucciones del manual de la sonda para proceder a su encendido y puesta en funcionamiento.
2. Usar el barómetro para medir la presión atmosférica del sitio. Si no se dispone de barómetro usar la altitud para calcular la presión atmosférica en el sitio de estudio.
3. Seguir las instrucciones del manual de la sonda para introducir la información de calibración.
4. Seguir el manual de instrucciones para medir el primer punto de calibración (punto de oxígeno cero).
5. Enjuagar la sonda con agua destilada y secarla sin tocar la membrana.
6. Seguir las instrucciones del manual para medir el segundo punto de calibración (100% oxígeno).

En el Campo

1. Seguir las instrucciones del manual de la sonda para proceder a su encendido y puesta en funcionamiento.
2. Introducir el extremo de la sonda dentro del cuerpo de agua que se está analizando y moverlo suavemente adelante y atrás. Si se está midiendo un arroyo o un río y el agua mueve la sonda, se puede colgar simplemente en ese lugar.
3. Cuando la lectura se haya estabilizado, anotar el oxígeno disuelto del cuerpo de agua en la *Hoja de Datos de la Investigación de Hidrología* como *Observador 1*
4. Repetir la lectura dos veces más y anotar el valor de OD en *Observador 2 y 3*.
5. Comprobar que las tres lecturas están dentro del rango de 0,2 mg/l unas de otras. Si no es así continuar tomando lecturas hasta que las últimas tres difieran 0,2 mg/l unas de otras.
6. Aplicar la corrección de salinidad (si hace falta).
7. Calcular la media de las tres medidas (ajustada si se aplicó la corrección de salinidad).
8. Enjuagar el electrodo con agua destilada y secarlo. Tapar el electrodo para proteger la membrana y apagar el medidor.

Preguntas Frecuentes

1. ¿Por qué se deben hacer las mediciones a la misma hora del día?

La cantidad de oxígeno disuelto puede cambiar durante el día según el agua comienza a calentarse. Mucha luz penetra en el agua favoreciendo que se produzca más fotosíntesis. Esto también puede incrementar la cantidad de OD. Por esta razón es importante hacer las mediciones de Hidrología a la misma hora del día cada semana.

2. ¿Qué puede producir un cambio de los niveles de OD a lo largo de un año?

Además de las diferencias estacionales de la temperatura, cambios estacionales en el flujo de la corriente de agua, cambios en la transparencia o cambios en la productividad (cantidad de crecimiento de plantas y animales en el agua) causarán cambios en el oxígeno disuelto.

3. ¿Por qué la concentración de sal afecta a la saturación de oxígeno?



Cuando el contenido de sal aumenta en el agua, son menos las moléculas de oxígeno que pueden ser disueltas. Por eso cuando la salinidad aumenta, la saturación de OD disminuye en una muestra de agua bajo las mismas condiciones de temperatura y presión.

4. ¿Qué es el OD saturado?

OD Saturado es la máxima cantidad de oxígeno que el agua puede tener a una determinada presión, temperatura y salinidad. Cuando se calibra la sonda de OD, el punto de 100% de saturación es el oxígeno disuelto saturado.

5. ¿Por qué es necesario medir la salinidad cada vez?

En áreas áridas y semiáridas, los niveles de salinidad o conductividad varían dependiendo de si es una estación seca o lluviosa. En los estuarios, la salinidad puede variar dependiendo del tiempo de la marea o incluso de años secos o húmedos.

Protocolo de Oxígeno Disuelto – Interpretando los Datos

¿Son razonables los datos?

La cantidad de oxígeno disuelto que se mide depende del sitio de Hidrología. El Oxígeno Disuelto es incorporado al agua a través de la aireación (corrientes de agua o salpicaduras), difusión y por fotosíntesis de las plantas acuáticas. Es usado por la respiración. La máxima cantidad de oxígeno que el agua a estudio puede contener (solución saturada) depende de la altitud (presión atmosférica) en el sitio de estudio, de la temperatura del agua y de la salinidad de la muestra. El oxígeno disuelto en aguas naturales puede variar desde 0,0 mg/l hasta alrededor de 16,0 mg/l. El agua destilada a 0,0 °C tiene una solubilidad de 14,6 mg/l a nivel del mar. Aguas cálidas y tranquilas deberían tener niveles de entre 4 y 5 mg/l. Aguas frías y en movimiento deberían tener niveles entre 13 y 14 mg/l. Niveles más altos son posibles debido a la fotosíntesis de las plantas y niveles más bajos se deben a la respiración.

Teniendo en cuenta que los niveles de OD dependen de la temperatura del agua, así como de otras variables tales como la fotosíntesis y la respiración en el agua, es útil buscar las tendencias estacionales, haciendo un gráfico de los datos de temperatura del agua y del oxígeno disuelto a lo largo de un año. También es interesante buscar similitudes en los patrones estacionales. Los datos de oxígeno disuelto deberían ser tomados a la misma hora del día cada semana teniendo en cuenta que los niveles de oxígeno en un lugar cambiarán a lo largo del día según se calienta el agua y se incrementa la fotosíntesis durante la tarde. La toma de datos a diferentes horas del día hace mucho más difícil de interpretar los patrones estacionales. Además encontrar patrones estacionales haciendo gráficas con los datos ayudará a analizar otros errores potenciales, tales como, puntos decimales mal puestos.

En la Figura HI-DO-1 el oxígeno disuelto de 3,0 del 7 de febrero de 1999 es extremadamente bajo. No es un valor normal para este cuerpo de agua ni para esa época del año. Los valores que se esperaba observar estarían en torno a 11-13 mg/l. Si se encuentran valores como ese, contactar con el centro escolar y pedirles que vuelvan a revisar su *Hoja de Datos* y asegurarse de que este es el valor que figura en la hoja.

Posteriormente se deben tomar unas cuantas muestras, sabiendo aproximadamente cuales serían los valores razonables. Si se obtiene una medida inesperada (más alta o más baja de lo que cabría esperar para esa temperatura y para los valores de las semanas anteriores), repetirla con una nueva muestra de agua y limpiar los botes de muestra. Si se obtiene el mismo resultado escribir un comentario en el apartado de metadatos diciendo que se es consciente de lo inusual de los valores de esos datos, y que son realmente correctos.

¿Qué podemos buscar en los datos?

Muchos organismos no podrán subsistir a niveles de OD menores de 3,0 mg/l, e incluso algunos muy sensibles no sobreviven a niveles de oxígeno menores de 7,5 mg/l. Niveles de oxígeno muy bajos (por ejemplo, menores de 5 mg/l) son preocupantes. El exceso de nutrientes (por ejemplo: fertilizantes, aguas residuales ricas en materia orgánica) vertidos al cuerpo de agua pueden provocar un crecimiento excesivo de la vegetación y de las algas, resultando en un incremento de la descomposición de materia orgánica en el agua. Las bacterias que descomponen la materia orgánica respiran y usan el oxígeno.

Además si observamos la cantidad de OD en el agua, puede resultar interesante compararla con un valor calculado de saturación. Esto puede darnos información sobre la productividad del cuerpo de agua. En un cuerpo de agua productivo las plantas producirán oxígeno a través de la fotosíntesis. Los valores de oxígeno disuelto variarán a lo largo del día, con un valor máximo que tendrá lugar al principio de la tarde y unos niveles mínimos a lo largo de la noche (cuando la respiración no es compensada por la fotosíntesis). A determinadas horas del día, (normalmente al principio de la tarde), algunos cuerpos de agua pueden realmente tener una medida de oxígeno disuelto sobre el nivel de saturación, indicando que se está produciendo más oxígeno por fotosíntesis de la que se está consumiendo por respiración. Los cuerpos de agua que son muy turbios tienen baja penetración de la luz y baja productividad, caracterizándose por tener bajos niveles de OD.

La página de visualizaciones de GLOBE en la Web muestra valores de oxígeno disuelto saturado para el sitio de estudio que se pueden comparar gráficamente con las medidas reales.

Un Ejemplo de Investigación de los Estudiante

Formulando una Hipótesis

Una estudiante interesada en el oxígeno disuelto, observa la gráfica de fechas de la Reynolds Jr Sr High School, en el sitio SWS-02, llamado “Covered Bridge” (puente cubierto) (Figura HI-DO-2). Se da cuenta de que los valores de OD de finales de diciembre del 2000 hasta enero de 2001 eran mucho más bajos que los valores del invierno anterior. Durante ese periodo de tiempo el rango de los valores iba de 7 a 10 mg/l, para aproximadamente un mes. Durante los tres inviernos anteriores sistemáticamente el rango de los valores iba desde 11 a 15 mg/l. Los valores bajos son similares a aquellos encontrados durante periodos más cálidos.

Conociendo que los niveles de oxígeno disuelto saturado están normalmente relacionados con la temperatura, ella formuló la hipótesis de que la temperatura del agua durante ese periodo de tiempo fue más alta de lo habitual y que el agua más cálida es la razón de los bajos valores de oxígeno disuelto.

Contactó con el centro escolar y supo que el cuerpo de agua es el Río Shenango.

Recogida y Análisis de Datos

Comenzó por dibujar los valores medios mensuales de OD y Temperatura. Ver Figura HI-DO-3.

El inusual bajo nivel de OD de Enero de 2001 es incluso más evidente cuando se miran las medias mensuales. Sin embargo, no parece corresponder con un incremento de la temperatura del agua, la cual está en torno a los 3° C.

Si la temperatura es normal, entonces los valores de oxígeno disuelto saturado deberían ser altos también. Esto significaría que el *déficit de oxígeno disuelto*, que es la diferencia entre los valores de OD saturado y los observados es inusualmente alto por alguna razón.

La página de visualizaciones GLOBE calculará las medias mensuales para la temperatura del agua OD medido, pero no para OD saturado, así que la estudiante decide calcular las medias mensuales para OD saturado, por ella misma. Primero elabora un gráfico con el OD y el OD saturado y las

Tabla HI-OD-3

	Temperatura Agua grados (°C)	Oxígeno disuelto (mg/l)	OD saturado (mg/l)	OD usado (mg/l)
Fecha				
1/2/1998	5	11,2	12,8	1,6
1/10/1998	5,5	10,5	12,6	2,1
1/17/1998	2	12,1	13,8	1,7
1/24/1998	1,5	12,6	14	1,4
1/31/1998	2	11,7	13,8	2,1
Media	3,2	11,6	13,4	1,8
Fecha				
1/9/1999	0	12,3	14,6	2,3
1/16/1999	0	12,3	14,6	2,3
1/23/1999	1	10,8	14,2	3,4
1/30/1999	0,5	11,6	14,4	2,8
Media	0,4	11,8	14,5	2,7
Fecha				
1/6/2000	3	13,6	13,5	-0,1
1/13/2000	1,2	13	14,1	1,1
1/20/2000	0	13	14,6	1,6
1/27/2000	0	13,3	14,6	1,3
Media	1,1	13,2	14,2	1,0
Fecha				
1/5/2001	6	9,8	12,4	2,6
1/12/2001	1	9,8	14,2	4,4
1/19/2001	2	8,5	13,8	5,3
1/26/2001	1	7,4	14,2	6,8
Media	2,5	8,9	13,7	4,8

temperaturas, y después crea una tabla de datos, incorporando esta información a una hoja de cálculo.

A partir de todos los valores de enero de cada uno de los años (Tabla HI-DO-3), calcula el déficit de oxígeno disuelto (OD saturado – OD medido) y la media de cada año para ese periodo.

La media de oxígeno disuelto en 2001 fue 8,9 mg/l. De 1998 a 2000, fue 11,6; 11,8 y 13,2; respectivamente.

Sin embargo la temperatura del agua estuvo en torno a la misma para los cuatro enero: 3,2°; 0,4°; 1,1° y 2,5° C. La temperatura fue realmente más cálida en enero de 1998 que en 2001, y la medida de OD fue mayor. Por lo tanto, el descenso en oxígeno disuelto no parece estar relacionado con la temperatura.

La media del déficit de OD está en un rango de 1,0 a 2,7 mg/l los tres primeros años, y fue de 4,8 en 2001. El déficit de OD es casi el doble de alto en enero de 2001 de lo que fue en el siguiente año más alto (enero 1999) cuyo valor fue de 2,7.

Concluye que: *Los valores del oxígeno disuelto medidos son menores en Enero del 2001 que en los meses de enero de 1998 al 2000. Los valores de temperatura del agua y de oxígeno disuelto saturado están en torno al mismo, así que el descenso en OD no está relacionado con un cambio en la temperatura del agua.*

Por lo tanto su hipótesis, de que el agua caliente puede ser la causa de valores de OD más bajos, fue descartada. Todo va dirigido a rebatir la hipótesis. Los científicos hacen esto constantemente. A menudo, encontrando que la hipótesis inicial no es correcta, se puede descubrir la alternativa que lleva a un mejor entendimiento del problema en cuestión.

Investigaciones Posteriores

No hay nada en estos datos que sugiera POR QUÉ el oxígeno disuelto es mucho más bajo en el invierno del 2001 que durante los 3 años anteriores. La estudiante observa que el invierno 2000-2001 parece más largo en duración que los otros inviernos pero no sabe cómo puede afectar esto a los niveles de OD. También observa que los datos de OD en el verano del 2000 aparecen más variables que en años anteriores. Quizá algo más ha cambiado en el río causando una mayor demanda de OD. Una razón podría ser que más bacterias, asociadas con la descomposición de materia orgánica de aguas residuales, puedan estar presentes en el agua. Algún estudiante podría investigar si ha habido cambios externos en la cuenca.

Figura HI-OD-3

