

Algunas especies de dinoflagelados como *Prymnesium parvum* producen toxinas extracelulares; si la salinidad del agua es superior a 1 ppm causa pérdidas consistentes. Los signos tempranos de toxicidad en los peces son los efectos que dan estos tóxicos del agua. Las endotoxinas ingeridas por los peces producen desbalances en el intercambio osmótico. La presencia de toxinas puede determinarse por bioensayos con *Gambusia affinis* el cual es muy sensible a éstas.

Los análisis de laboratorio para determinar la toxicidad de los organismos acuáticos se basan en la observación de los efectos de los organismos en los peces. Los análisis de laboratorio se basan en la observación de los efectos de los organismos en los peces. Los análisis de laboratorio se basan en la observación de los efectos de los organismos en los peces.

REFERENCIAS

Bauer, O.N. 1959. **The Ecology of Parasites of Freshwater Fish.** Parasites of Freshwater and the Biological Basis of Their Control National Science Foundation: Washington, D.C. 1962. pp. 1-215

Boyd, C.E., R.P. Romaine and E. Johnston, 1979. **Water quality in channel catfish production ponds.** Journal of Environmental Quality 8 (3): 423-429.

Boyd, C.E. J.A. Steeby and E.W. Mc Coy. 1979. **Frecuency of low dissolved oxygen concentrions in ponds for comercial culture of channel catfish.** Proceedings of the Annual Conference of the Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies 33: 591-599.

Bush, C.D., C.A. Flood Jr. and R. Allison. 1978. **Multiple paddlewheels' influence on fish pond temperature and aeration.** Transactions of the American Society of Agricultural Engineers 21 (6): 1222-1224.

Bush, C.D. 1980. **Water circulation for pond aereation and energy conservation.** Proceedings of the World Mariculture Society 11: 93-101.

Colt, J. and G. Tchobanoglous. 1978. **Chronic exposure of Channel Catfish *Ictalurus punctatus* to ammonia: Effects on growth and survival.** Aquaculture 15 (4): 353-372.

Davis. 1980. **Effects of environmental pH and calcium on ammonia toxicity in channel catfish.** Transaction of the American Fisheries Society 109 (2): 229-234.

Chakroff, M. 1983. **Piscicultura. Cultivo de peces en estanques de agua dulce.** 1a. Edición en español. Editorial Concepto, S.A. México.

Reicheenbach, Klinke, H.H. 1982. **Enfermedades de los peces.** Traducción de la 2a. edición alemana (1980). 1a. edición española. Editorial Acribia. Zaragoza, España.

Ribelin, W.E. and G. Migaki. 1975. **The Pathology of Fishes.** 1st. Ed. The University of Wisconsin, Press.

Smith L.S. 1982. **Introduction to fish physiology.** T.F. H. Publications. Inc.

United States Environmental Protection Agency. 1976. **Quality Criteria for Water,** U.S. Governr.ent Printing Office. Washington, D.C.

CONVERSION DE TEMPERATURA DE GRADOS CENTIGRADOS (C) A GRADOS FARENHEIT (F)

°C	°F	°C	°F
0	32	10	50
1	33.8	11	51.8
2	35.6	12	53.6
3	37.4	13	55.4
4	39.2	14	57.2
5	41.0	15	59.0
6	42.8	16	60.8
7	44.6	17	62.6
8	46.4	18	64.4
9	48.2	19	66.2
10	50.0	20	68.0
11	51.8	21	69.8
12	53.6	22	71.6
13	55.4	23	73.4
14	57.2	24	75.2
15	59.0	25	77.0
16	60.8	26	78.8
17	62.6	27	80.6
18	64.4	28	82.4
19	66.2	29	84.2
20	68.0	30	86.0
21	69.8	31	87.8
22	71.6	32	89.6
23	73.4	33	91.4
24	75.2	34	93.2
25	77.0	35	95.0
26	78.8	36	96.8
27	80.6	37	98.6
28	82.4	38	100.4
29	84.2	39	102.2
30	86.0	40	104.0

CAPÍTULO 18

METODOS PARA DETERMINAR CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS MAS IMPORTANTES DEL AGUA

ALCALINIDAD

OLOR

Colectar una muestra de agua en una botella limpia, tratando de que el líquido ocupe la mitad del volumen del recipiente. Agitar la botella vigorosamente, abrirla y percibir el olor despedido.

Si se desea que la percepción del olor sea más fuerte se sugiere calentar el agua en la misma botella hasta que alcance una temperatura de 40 a 60°C y posteriormente abrirla para percibir el olor.

COLOR

El color se determina por comparación visual de la muestra con soluciones coloreadas de concentraciones conocidas o bien utilizando discos de vidrio coloreados que han sido previamente calibrados. Una unidad de color se define como la producida por un miligramo de platino (ión cloroplantino) en un litro de agua destilada.

El color está relacionado con la turbidez y el pH del agua; por lo tanto, ambos parámetros deben ser valorados paralelamente.

TEMPERATURA

La temperatura debe tomarse en el punto donde se colecta la muestra. Debe sumergirse el termómetro en la corriente o en un recipiente lleno con la muestra y mantenerse dentro del agua hasta que el nivel del mercurio permanezca estático. La temperatura deberá leerse antes de extraer el termómetro del agua.

Puede utilizarse un termómetro de mercurio de escala centígrada de 0-100°C con subdivisiones de 0.5 o 1°C calibrado para inmersión total o parcial. El primero debe estar completamente sumergido en el agua en el momento en que se tome la lectura y el segundo, debe sumergirse en el agua a la profundidad del círculo grabado que aparece alrededor del vástago, abajo del nivel de la escala.

Al tomar la lectura, puede convertirse en grados Fahrenheit de acuerdo al siguiente cuadro:

CONVERSION DE TEMPERATURA DE GRADOS CENTIGRADOS (°C)
A GRADOS FARENHEIT (°F)

°C	°F	°C	°F	°C	°F
-5	20.6	11	51.8	26	78.8
-4	24.8	12	53.6	27	80.6
-3	26.6	13	55.4	28	82.4
-2	28.4	14	57.2	29	84.2
-1	30.2	15	59.0	30	86.0
0	32.0	16	60.8	31	87.8
1	33.8	17	62.6	32	89.64
3	37.4	18	64.4	33	91.4
4	39.2	19	66.2	34	93.2
5	41.0	20	68.0	35	95.0
6	42.8	21	69.8	36	96.8
7	44.6	22	71.6	37	98.6
8	46.4	23	73.4	38	100.4
9	48.2	24	75.2	39	102.2
10	50.0	25	77.0	40	104.0

pH

Método Electrométrico

Se utiliza un potenciómetro, el cual desarrolla un voltaje cuando sus dos electrodos entran en contacto con la solución.

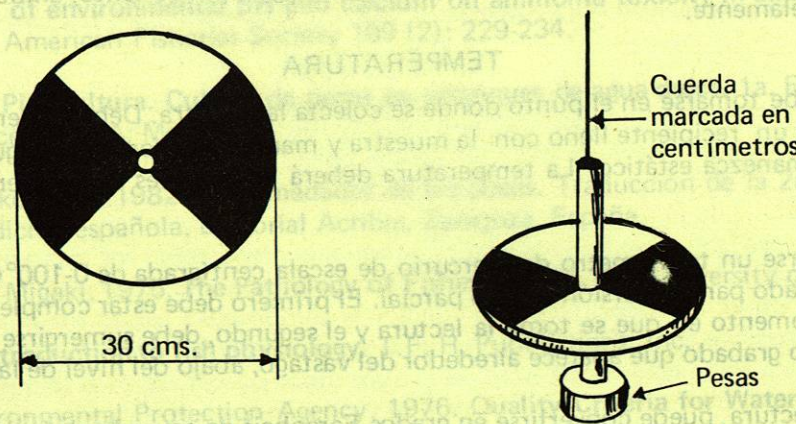
Esta medida se realiza de acuerdo a las instrucciones que marque el aparato usado para la prueba.

TURBIDEZ

1) Disco de Secchi (prueba de campo)

La medida de la turbidez está basada en la obstrucción óptica de los rayos luminosos cuando pasan a través del líquido. La unidad de turbidez es la producida por una ppm de sílice en agua destilada.

Se utiliza un disco de madera o metal de 30 cm de diámetro pintado de blanco y negro con pesas colgando para que le permitan sumergirse en el agua. El disco se suspende de un cordel marcado en centímetros.



Cuando el disco de Secchi se sumerge en el agua desaparece a la vista a cierta profundidad la cual se mide en el propio cordel que suspende al disco. Entre menor sea la distancia a la que desaparece, mayor será la turbidez del agua.

2) Método de Hellige

Colocar en el aparato (turbidímetro de Hellige) el filtro adecuado de acuerdo al grado de turbidez del agua y seleccionar la gráfica del agua.

Limpiar cuidadosamente un vaso de turbidímetro con la profundidad adecuada según la gráfica. Transferir la muestra al vaso hasta el aforo. Colocar el tapón esmerilado en el vaso, tratando que no queden burbujas en el fondo; si persisten, removerlas con un agitador de vidrio y colocar nuevamente el tapón.

Limpiar el exterior del vaso y colocarlo en su lugar en el aparato. Cerrar la puerta del aparato y encender la luz. Girar el disco graduado localizado al lado derecho del aparato hasta igualar la intensidad de los dos campos y tomar la lectura. Girar nuevamente el disco hasta que desaparezca la mancha.

Con la lectura obtenida consultar la gráfica correspondiente; en donde se describe la profundidad del vaso, tipo de filtro y el número de lámpara para la cual fue calibrada. Cuando las muestras son muy turbias, se diluyen con agua destilada y posteriormente se multiplica el resultado por el factor de dilución.

ALCALINIDAD

La alcalinidad en el agua se debe principalmente a la presencia de carbonatos, bicarbonatos e hidróxido de sodio, calcio magnesio, etc.

Para diferenciar las formas de alcalinidad se hace una titulación con ácido sulfúrico (0.02 N) y se observa el "vire" tanto con fenofaleína como naranja de metilo. Ambas se expresan como carbonato de calcio (CaCO₃). La suma de las dos corresponde a la alcalinidad total.

a) Alcalinidad a la fenofaleína

Transferir 50 ml de agua a un matraz Erlenmeyer de 250 ml. Agregar tres gotas de indicador de fenofaleína; se observa un color rosa.

Titular con ácido sulfúrico 0.02 N hasta que la solución se decolora. Tomar la lectura del ácido sulfúrico consumido.

$$\text{Alcalinidad a la fenofaleína como Ca CO}_3 \text{ (ppm)} = \frac{\text{ml H}_2 \text{ SO}_4 \text{ 0.02 N} \times 1000}{\text{volumen de muestra (ml)}}$$

b) Alcalinidad al Naranja de Metilo

Después de la titulación anterior, agregar a la solución cuatro gotas de indicador naranja de metilo. Se observa una coloración amarillenta. Titular con ácido sulfúrico 0.02 N hasta que la solución "vire" a un color canela. Tomar la lectura de ácido sulfúrico consumido.

$$\text{Alcalinidad al naranja de metilo como Ca CO}_3 \text{ (ppm)} = \frac{\text{ml H}_2 \text{ SO}_4 \text{ 0.02 N} \times 1000}{\text{volumen de muestra (ml)}}$$

Alcalinidad total (ppm) = Alcalinidad a la fenolftaleína + Alcalinidad al naranja de metilo

DUREZA

La dureza del agua es originada por la disolución de sales de calcio y magnesio. De acuerdo a su dureza las aguas se clasifican en blandas, semiduras, duras y muy duras.

Transferir 25 ml de agua a un matraz Erlenmeyer de 125 ml. Agregar cinco gotas de solución amoniaca pH 10.0. Adicionar tres gotas de solución indicadora (negro ericromo T). Titular con una solución valorada de Versenato de sodio (EDTA) hasta que "vire" a color azul.

Tomar la lectura de EDTA consumido.

$$\text{Dureza total como Ca CO}_3 \text{ (ppm)} = \frac{\text{ml de EDTA} \times 1000}{\text{volumen de la muestra (ml)}}$$

OXIGENO DISUELTO

Método de Winkler

Indica el grado de oxigenación del agua. Cuando ésta se satura con oxígeno es porque está en contacto íntimo con el aire; pero en cambio cuando procede de pozos profundos, el contenido de oxígeno disuelto será nulo o muy reducido. Los peces y otros organismos más pequeños que viven en el agua necesitan oxígeno disuelto para su supervivencia.

Cuando se colecta una muestra para determinar en ella el oxígeno disuelto, deberán tomarse precauciones con respecto a la introducción de aire en el agua, ya sea durante las operaciones de bombeo o por otras fuentes, ya que de lo contrario los resultados obtenidos no serán verídicos.

Colectar una muestra de 300 ml de agua en un frasco de vidrio boca angosta con tapón esmerilado (puede utilizarse una botella para DBO) y tomar la temperatura de la misma. Quitar el tapón del frasco; agregar con una pipeta dos ml de solución de sulfato de manganeso. La punta de la pipeta se introduce abajo de la superficie del agua para permitir que la solución fluya sin quedar en contacto con el aire.

Agregar del mismo modo, dos ml de solución alcali-yoduro-nitrato. Colocar de nuevo el tapón de tal forma que no queden burbujas de aire abajo del mismo. Mezclar, invirtiendo varias veces durante tres minutos. Permitir que el precipitado resultante alcance la mitad del frasco. Volver a invertir el frasco si es necesario y dejar reposar. Quitar nuevamente el tapón y agregar dos ml de ácido sulfúrico concentrado.

Colocar cuidadosamente el tapón evitando el acceso de aire al frasco tapado. Mezclar varias veces por inversión, hasta que el precipitado se disuelva completamente y el líquido tome un color café o amarillo. Transferir todo el líquido a un matraz Erlenmeyer de 500 ml.

Titular la solución con tiosulfato de sodio hasta que ésta cambie a un color amarillo pálido o paja. Agregar al matraz uno o dos ml de solución indicadora de almidón con la que se produce un cambio a color azul. Seguir agregando la solución de tiosulfato de sodio gota a gota hasta la desaparición del color.

Tomar la lectura del tiosulfato de sodio consumido.

$$\text{Oxígeno disuelto (ppm)} = \frac{V \times N \times F}{m}$$

En donde:

V = ml de tiosulfato de sodio gastados.

N = Normalidad del tiosulfato de sodio.

F = Factor = 8 000

m = ml netos de muestra.

DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO)

Es la cantidad de oxígeno en mg/l necesarios para descomponer la materia orgánica presente en el agua por la acción bioquímica aerobia.

1. Preparación del agua de dilución.

Transferir agua destilada a un frasco con tapón de algodón; dejar un tiempo a que se sature de oxígeno disuelto. También puede lograrse esto burbujeando aire comprimido en el agua. La temperatura deberá ser muy próxima a 20°C.

De acuerdo al volumen de agua que se desea preparar, por cada litro deberá agregarse un ml de cada una de las siguientes soluciones amortiguadoras: de fosfato de potasio, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico.

Determinar OD por el método de Winkler.

2. Inoculación

El agua de dilución se inocula ya sea con el líquido sobrenadante de aguas negras domésticas; que previamente se ha mantenido a 20°C durante 24-36 horas; o bien con un cultivo realizado en el laboratorio a partir de tierra o suelo. También puede utilizarse como inóculo, agua de la corriente receptora, tomada abajo del punto de descarga del desecho particular. El agua de dilución inoculada deberá usarse el mismo día de su preparación.

3. Pre-tratamiento.

- Muestras que contengan acidez o alcalinidad cáustica.* Se neutralizan con NaOH o H₂SO₄ hasta obtener un pH de 7.0.
- Muestras que contengan compuesto de cloro residual.* Dejar reposar por 1-2 horas para que se disipe el cloro residual.
- Muestras sobresaturadas con oxígeno disuelto.* El OD deberá reducirse hasta el punto de saturación (depende del lugar donde se realiza la prueba) transfiriendo la muestra a un frasco hasta casi completar su volumen, a una temperatura de 20°C y agitando vigorosamente.

4. Técnica de dilución.

Se realizan las diluciones de la muestra preparada para que una vez incubadas, se obtengan los abatimientos necesarios. Se sugieren las siguientes diluciones: Para desechos sólidos concentrados: 0.1-1.0

por ciento; para aguas negras crudas o sedimentadas: 1-5 por ciento; para efluentes oxidados: 5-25 por ciento y para aguas fluviales contaminadas, 25-100 por ciento.

Transferir un volumen adecuado de la muestra (0.5-2 ml) a dos frascos especiales para DBO utilizando pipetas volumétricas de punta alargada. Llenar los frascos con suficiente agua de dilución para que se pueda insertar el tapón sin dejar burbujas. Paralelamente, llenar en la misma forma un frasco de DBO con agua de dilución inoculada que servirá de testigo.

5. Determinación del oxígeno disuelto (OD)

Determinar el OD inicial en una de las botellas de DBO con muestra diluida (D_1) y en el agua de dilución inoculada (B_1), utilizando el método de Winkler.

6. Incubación.

Incubar el testigo y la muestra diluida a 20°C durante cinco días. Transcurrido este tiempo determinar en ambas el OD por el método de Winkler (B_2 y D_2).

7. Cálculos.

a) Cuando no se requiere inoculación:

$$\text{DBO (mg/l)} = \frac{D_1 - D_2}{P}$$

b) Cuando se emplea agua de dilución inoculada:

$$\text{DBO (mg/l)} = \frac{(D_1 - D_2) - (B_1 - B_2)}{P}$$

En donde:

D_1 = OD de la muestra diluida, después de 15 minutos de su preparación.

D_2 = OD de la muestra diluida, después de la incubación.

P = Fracción decimal de la muestra utilizada.

B_1 = OD de la dilución de control del inóculo, antes de la incubación.

B_2 = OD de la dilución de control del inóculo, después de la incubación.

DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO)

Es la cantidad de oxígeno consumido por los cuerpos reductores presentes en el agua sin intervención de organismos vivos.

Transferir 50 ml de la muestra original o diluida a un matraz Erlenmeyer de 500 ml de junta esmerilada. Agregar perlas de vidrio para el control de ebullición.

Adicionar 25 ml de solución valorada de dicromato de potasio y posteriormente con CUIDADO 75 ml de H_2SO_4 concentrado. Mezclar bien después de cada adición para obtener una mezcla homogé-

nea. Fijar el matraz al refrigerante Friederichs y someter la mezcla a reflujo durante dos horas. Enfriar y lavar el refrigerante con 25 ml de agua destilada. Diluir la mezcla a 350 ml y titular el exceso de dicromato con una solución valorada de sulfato ferroso amoniacal, usando ferroína como indicador. El cambio de color es de azul verde a azul rojizo.

Paralelamente, se somete a reflujo en la misma forma, 50 ml de agua destilada en lugar de la muestra junto con todos los reactivos. Este servirá de testigo.

Se puede utilizar como catalizador el sulfato de plata (Ag_2SO_4) disolviendo directamente un g. de éste en los 75 ml de H_2SO_4 . Cuando es necesario diluir las muestras, el dicromato de potasio se diluye a 0.025 N.

Cálculos:

$$\text{DQO (mg/l)} = \frac{(a-b) c \times 8000}{\text{muestra (ml)}}$$

en donde:

a = ml de $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ gastados para el testigo.

b = ml de $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ gastados para la muestra.

c = normalidad del $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$

ANALISIS BACTERIOLOGICO DEL AGUA

El agua natural es un buen reservorio de microorganismos; arrastra un número elevado de partículas cargadas de bacterias de las cuales la gran mayoría sobrevive períodos cortos.

Los grupos de bacterias mejor adaptadas al suelo y al agua corresponden al género *Bacillus* y *Pseudomonas*. Sin embargo, en el agua suele encontrarse al grupo coliforme predominando los géneros *Citrobacter* y *Enterobacter*.

En el agua pueden detectarse a su vez bacterias con propiedades patógenas definidas; como son *Escherichia coli*, *Salmonella typhi* y *Shigella sp.* Junto con éstos, es preciso controlar la presencia de enterococos.

Los peces pueden verse afectados en mayor o menor grado cuando el agua en que viven presenta poblaciones bacterianas elevadas; por lo tanto, el control bacteriológico del agua debe realizarse con frecuencia.

Para coleccionar una muestra de agua que será analizada bacteriológicamente, deberá tomarse en cuenta lo siguiente:

Deberá ser colectada por una persona capacitada.

Se utilizarán frascos de vidrio boca ancha con tapón esmerilado previamente esterilizados.

Si se sospecha que es agua clorada deberá agregarse al frasco antes de esterilizarlo 0.5 ml de una solución de tiosulfato de sodio 0.01 N, con el objeto de eliminar el cloro presente.