

ANÁLISIS Y CONTROL DE AGUA EN PREDIOS AGROPECUARIOS

Area Salud Pública Veterinaria
Facultad de Veterinaria
Universidad de la República

Eduardo Lazaneo
Diana M. Soubes
Cristina Ríos
Eduardo Aguirre
Patricia Lagarmilla

COMISIÓN SECTORIAL DE EDUCACIÓN PERMANENTE



EDUCACION PERMANENTE
Universidad de la República



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA

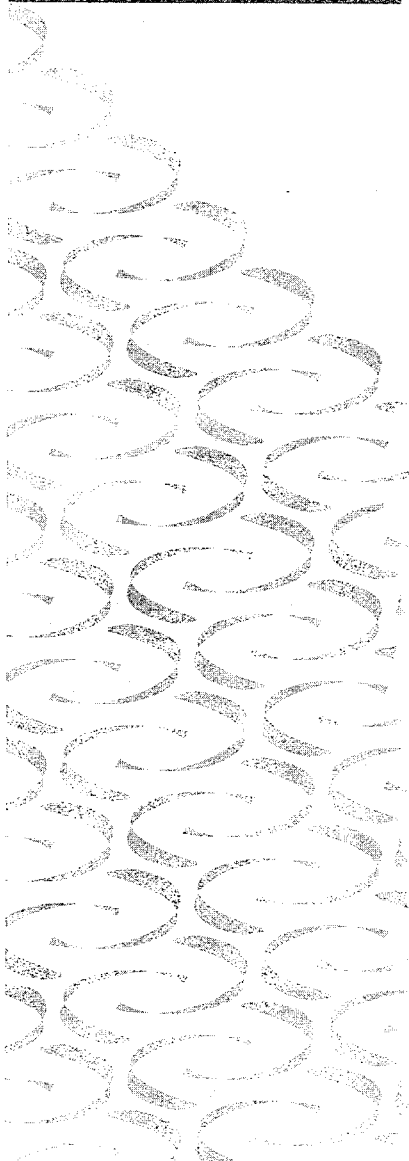
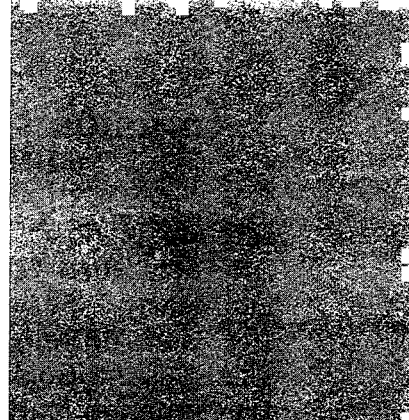
ÁREA AGRARIA

AG

ANÁLISIS Y CONTROL DE AGUA EN PREDIOS AGROPECUARIOS

Area Salud Pública Veterinaria
Facultad de Veterinaria
Universidad de la República

Eduardo Lazaneo
Diana M. Soubes
Cristina Ríos
Eduardo Aguirre
Patricia Lagarmilla



COMISIÓN SECTORIAL DE EDUCACIÓN PERMANENTE UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

Ing. Agr. Mario Jaso (Unidad Central de Educación Permanente)
Ing. Agr. Omar Casanova (Area de Ciencias Agrarias)
Lic. María J. Fornaro (Area Artística)
Ing. Gerardo Agresta (Area Científico Tecnológica)
Psic. Susana Goldstein (Area Salud)
Dr. Fernando Martínez Sandres (Area Social)
Esc. Beatriz Invernizzi (Regional Norte Salto)
Psic. Madelón Casas (Orden Docente)
Psic. Teresa González (Orden Egresados)

DISEÑO GRÁFICO:

Arq. Alejandro Folga
Arq. Rosario Rodríguez Prati
Claudia Espinosa

FECHA DE PUBLICACIÓN:

Diciembre de 2005

TIRAJE (CANTIDAD DE EJEMPLARES):

200

**ESTA PUBLICACIÓN FUE FINANCIADA POR LA COMISIÓN
SECTORIAL DE EDUCACIÓN PERMANENTE**

ISBN: 9974-0-0339-3

Se terminó de imprimir en diciembre de 2005
en **Imprenta GEGA S.R.L.**
Durazno 1528 - Tel.: 412 0911 - Fax: 413 6037
E-mail: carlos@ciganda.com
Montevideo, Uruguay

Depósito Legal: 338.063
Comisión de Papel
Edición amparada al Decreto 218/96

ANÁLISIS Y CONTROL DE AGUA EN PREDIOS AGROPECUARIOS

PRESENTACIÓN	05
INTRODUCCIÓN	07
FUENTES DE AGUA Y SU PROTECCIÓN	09
TOMA DE MUESTRAS DE AGUA PARA EXAMEN FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO	13
ANÁLISIS FÍSICO	17
ANÁLISIS QUÍMICO	21
TÉCNICAS BIOQUÍMICAS DE DETERMINACIÓN DE INDICADORES DE RIESGO	29
1. DETERMINACIÓN DE NITRATOS Y NITRITOS	29
2. DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA	33
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS	37
1. TÉCNICA DEL NÚMERO MAS PROBABLE (N.M.P.)	38
2. TÉCNICA DE LA FILTRACIÓN DE MEMBRANA	44
TÉCNICA DE DETERMINACIÓN DE DESINFECTANTES Y DESINFECCIÓN DEL AGUA	51
DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA DE CLORO	57
CÁLCULO DE DOSIS DE CLORO A APLICAR AL AGUA	65
BIBLIOGRAFÍA	67
ANEXOS	68

PRESENTACIÓN

Es con gran satisfacción que presentamos este Manual que esperamos que sea de gran ayuda al Veterinario a la hora de evaluar y proteger un recurso natural que se está convirtiendo en limitante para la humanidad.

El tema del agua tiene muchos abordajes posibles, el acá presentado pretende ser el de un veterinario que en el marco de su profesión, trabajando en salud pública, busca que el agua utilizada a nivel agropecuario o agroindustrial no lleve consigo contaminantes y el alimento llegue al consumidor en óptimas condiciones.

La actualización en este y en otros temas es imprescindible para cualquier profesional, el cual una vez que obtiene su título asume un compromiso de estar al día, en un mundo donde el conocimiento se enriquece permanentemente.

Dr. Roberto Kremer
Decano
Facultad de Veterinaria

El Programa de Educación Permanente de la Facultad de Veterinaria trata de acompañar al veterinario a lo largo de su vida profesional, siendo esta publicación la conjunción de un programa, docentes e investigadores.

Los materiales presentados corresponden a cursos realizados en forma continuada desde 1998 en Montevideo e Interior y constituyen un aporte importante para profesionales vinculados al sector agropecuario, así como una guía actualizada de análisis de agua físico, químico y microbiológico participando en su elaboración docentes del área de salud pública veterinaria.

Dra. Teresita S. Alonso
Programa de Educación Continua
Facultad de Veterinaria.

INTRODUCCIÓN

En todas las actividades humanas se hace necesario el uso del agua en diferentes formas. Cuando la misma es utilizada para consumo directo, por el hombre y los animales, o cuando es partícipe en la obtención y elaboración de alimentos, es necesario que reúna una serie de condiciones físicas, químicas y microbiológicas que la haga apta para tal fin.

A partir de lo anterior se hace necesario distinguir el concepto de Agua pura del concepto de Agua potable, el primero implica específicamente la idea de una constitución en base a H y O sin ningún tipo de agregado y esto, como tal, no existe en la naturaleza (o no es fácil producir en grandes volúmenes en forma rutinaria). Por el contrario, se habla de agua potable cuando reúne condiciones químicas, físicas y biológicas, que la hacen inocua para el consumo humano y animal utilizándola durante toda la vida.

Además, se considera que un agua es de buena calidad cuando resulta fresca en la fuente, imputrescible, límpida, inodora, agradable al gusto, aireada, blanda y apta para el aseo personal, la bebida y el uso doméstico.

Estas condiciones están determinadas en parámetros de inocuidad probada proporcionados por organismos internacionales y adoptados (con o sin modificaciones) por cada país miembro de los mismos (en nuestro país la fijación de estos

parámetros la hace O.S.E. – Obras Sanitarias del Estado) para el control del sistema de potabilización de las aguas que procesa con la finalidad de abastecer a la población. Estos mismos parámetros se adoptan para la tipificación del agua de establecimientos industriales procesadores de alimentos (que obtienen su agua de consumo de una fuente diferente a la red de agua potable, realizando el saneamiento de la misma) y para establecimientos agropecuarios que se autoabastecen de agua sin ningún tipo de tratamiento.

El concepto que manejaremos es, entonces, el de Calidad Sanitaria Segura que implica que el agua en cuestión está libre de elementos patógenos sin tener en cuenta si es atractiva o no como agua de bebida.

En resumen, la determinación de la Potabilidad del agua se hace mediante parámetros que se ajustan según el criterio de cada país. A nivel de los establecimientos procesadores de alimentos de origen animal y, por extensión, a nivel de los establecimientos rurales, es la Profesión Veterinaria la responsable de que las aguas en ellos utilizados presente características que permitan incluirlas dentro de los parámetros de potabilidad antes mencionados.

Para cumplir con lo anterior, además de respetar estrictamente determinadas normas higiénicas con respecto a la construcción y manejo de las fuentes de agua, es necesaria la realización de una serie de análisis físicos, químicos y microbiológicos que nos permita conocer las características del agua a utilizar.

FUENTES DE AGUA

Como paso previo a los estudios analíticos del agua es necesario realizar un estudio de las condiciones aparentes de la **fuentes de origen**. En este sentido, se hará especial hincapié al área agropecuaria y a la agroindustrial puesto que el área urbana está perfectamente cubierta por las actividades de O.S.E. Las condiciones indicadas de la fuente se refieren específicamente a su ubicación y a su distancia en el terreno, con respecto a los elementos circundantes, así como a sus características constructivas y de conservación.

Ubicación Toda perforación en el terreno con fines de obtención de agua para consumo humano, productivo o industrial deberá estar ubicada siempre pendiente arriba con relación a aquellos elementos que pueden ser considerados como potenciales contaminantes (agresores) de la misma. Entre éstos podemos reconocer los estercoleros, los diferentes sistemas de evacuación de excretas humanas, los distintos tipos de construcciones de uso doméstico o agroindustrial (casas, galpones generales y de ordeño, sala enfriadora, locales de elaboración de subproductos de origen animal, etc) así como de uso productivo (corrales, chiqueros, gallineros, etc.).

Distancia Estas fuentes deben estar alejadas, por lo menos, a una distancia mayor a los 20 m de los agresores ya citados. Como situación complementaria, el terreno donde se asiente la

perforación no debe ser inundable y, en lo posible, estar cercado de manera de impedir la proximidad de animales sueltos.

Características constructivas y de conservación Toda fuente de agua debe cumplir con las siguientes características constructivas, que se mantendrán en perfectas condiciones a lo largo de todo su período de uso:

- **Tapa** que obture perfectamente la abertura superior del pozo. La misma será de una pieza entera, impermeable, lavable y no corrosible y permanecerá en su posición durante todo el tiempo (el retiro de la misma se hará por breves lapsos y para el cumplimiento de finalidades muy específicas).
- **Revoque interno (de aplicación en los Pozos excavados)** que se extenderá cubriendo completamente las paredes del pozo hasta una profundidad no menor a los 4 m medidos a partir de la superficie del terreno. Esta impermeabilización se deberá mantener sin fisuras, roturas o secuestros de material que permitan el ingreso del agua del suelo circundante sin el suficiente proceso de filtración.
- **Prefiltro (de aplicación en los Pozos perforados)** que se mantendrá lo suficientemente compactado alrededor de los caños de manera de lograr una filtración segura y complementaria a la del suelo.
- **Protección periférica a la boca del pozo** constituida por una vereda de hormigón, con pendiente hacia afuera y con una extensión no menor a los 0,50 m. Su finalidad es la de evitar el encharcamiento del agua superficial en la proximidad de su boca así como su penetración no controlada.
- **Sistema de extracción** deberá ser de tipo de bomba manual (de autocebamiento) o eléctrica. No es aconsejable la extracción por balde o por bomba con cebamiento debido a su carácter contaminante.
- **Tanque de reserva** (aéreo, superficial o enterrado) que deberá contar con paredes lisas, impermeables e inalterables por el agua. Se contará con facilidades de acceso para su limpieza y desinfección, con tapa hermética y sistema de ventilación apropiado.

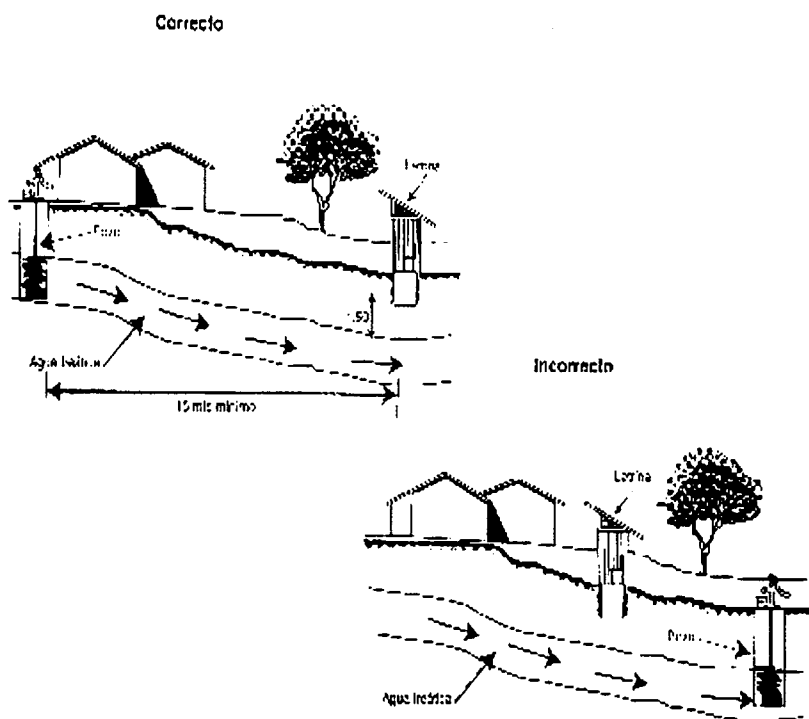


Fig. 1. Fuente: OMS/OPS. Guías de Vigilancia Ambiental.

TOMA DE MUESTRAS DE AGUA PARA EXAMEN FÍSICO, QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO

Es la actividad básica sobre la cual se apoya toda la acción analítica posterior. Una toma de muestras defectuosa o que deje dudas en cuanto a su confiabilidad hace perder valor a todas las conclusiones que de ella se puedan obtener.

- **Elección del punto de la toma de agua para muestrear:**

- Debe ser representativo en número y tipo de la fuente de agua a muestrear.
- Debe ser de uso habitual.
- No debe estar alejado de la fuente de agua o de la zona de mayor actividad.
- No debe tener pérdidas de agua, para evitar contaminación que puede entrar por esas fugas (grietas, uniones de años, etc.).
- No debe tener suciedad adherida.

- **Toma de muestra para análisis físico - químico**

Material necesario: Frasco o botella de vidrio de un litro de capacidad, con tapón esmerilado o recubierto de polietileno. Debe estar perfectamente lavado y enjuagado.

1. Lavar el punto de la muestra con la misma agua de la fuente.
2. Enjuagar tres veces consecutivas el recipiente para la muestra con el agua a examinar.
3. Llenar el frasco, taparlo y enviar al laboratorio

con toda la información pertinente. No es necesario ningún método de conservación, pero el envío debe ser rápido para evitar alteraciones y mantener las características químicas del agua a analizar.

Toma de muestras para análisis microbiológico

Material necesario: Frasco de vidrio o plástico estéril de 150 a 250 ml de capacidad con tapa rosca y esmerilado y recubierto con papel protector.

Hisopo de algodón y alcohol o mechero. Para muestrear aguas cloradas, colocar al frasco tiosulfato de sodio 0.1 ml al 3 % como agente declorador.

1. Muestra de Grifo

- a. Abrir el grifo y dejar correr el agua durante 5 minutos.
- b. Cerrar el grifo y proceder a su esterilización, interna y externa mediante el pasaje de un hisopo de algodón embebido en alcohol encendido.
- c. Abrir el grifo y dejar correr el agua durante 2 minutos.
- d. Destapar el recipiente y llenarlo lo mas rápido posible 2/3 del mismo, inclinándolo suavemente. Tapar nuevamente e identificar la muestra.
- e. La muestra debe ser enviada al laboratorio antes de las 6 horas de extraída, de no ser posible refrigerar la muestra (no congelar) y enviarla en una conservadora a 4 a 10 °C, no superando las 24 horas.

2. Muestra de Balde (Pozos y aljibes)

- a. Proceder al lavado y enjuagado, por dentro y por fuera del balde a utilizar (intentar el máximo escurrido posible).
- b. Humedecer toda la cara interna del balde con alcohol y encenderlo (asegurarse que se consuma todo el alcohol, de lo contrario se incorporaría a la muestra y la puede esterilizar).
- c. Sumergir el balde en el agua a analizar hasta una profundidad media.
- d. Sumergir rápidamente el recipiente estéril y con un movimiento semicircular llenarlo en sus 2/3 partes.
- e. Tapar el recipiente, rotularlo y enviarlo al laboratorio en las mismas condiciones que el caso anterior.

3. **Muestra de agua superficial (corriente de agua, embalse, laguna)**
 - a. Destapar el recipiente, sumergirlo rápidamente, con movimiento semicircular, a cierta distancia de la orilla, a una profundidad de 20 cm y con la boca del recipiente dirigida contracorriente.
 - b. Tapar el recipiente, rotularlo y enviarlo al laboratorio en las mismas condiciones que el caso anterior.

ANÁLISIS FÍSICO

a. Color

El agua se caracteriza por ser incolora. Sin embargo, puede adquirir cierta coloración debida, por lo general, a materia orgánica del suelo o de origen vegetal. Las formas solubles de hierro y manganeso pueden también impartir color al agua (del amarillo al café).

La coloración adquirida por el agua puede ser de dos tipos:

- 1) Verdadera (sustancias orgánicas en solución verdadera o en solución coloidal).
- 2) Aparente (sustancias en suspensión; este tipo de coloración tiene una relación directa con la turbidez del agua).

La determinación del color se hace en base a patrones de comparación, utilizando un Aqua-tester, y expresando el resultado en unidades Platino – Cobalto (la solución madre se prepara en base a Cloroplatinato de Potasio, Cloruro Cobaltado y Ácido Clorhídrico).

La coloración se disminuye en su intensidad, y aún se puede eliminar por el agregado de sustancias coagulantes (sales de Aluminio o de Cloro).

b. Olor y Sabor

A los efectos de facilitar su consumo es conveniente que el agua sea insípida e inodora. La

presencia de olor o sabor desagradable se debe, en general, a la flora microbiana, plancton, vegetales en descomposición, algas y desechos industriales y domésticos inadecuadamente tratados y al mismo cloro (cloraminas) utilizado en los procesos de desinfección.

El método de determinación del olor es subjetivo y consiste básicamente en aspirar el aroma proveniente del agua problema, colocada en un recipiente cerrado, y luego repetir la operación con agua inodora (destilada) testigo. Se describe el tipo de olor y se trata de identificar su origen (para esto es necesario tener experiencia previa).

Para determinar el sabor se procede de la misma forma, pero probando pequeñas porciones de ambas aguas.

Para mejorar esta situación es necesario identificar la sustancia que la origina y proceder en forma específica a su eliminación.

c. Turbiedad

Es una expresión utilizada para describir la concentración de partículas insolubles (sólidos suspendidos tales como arcilla, limo, organismos de diferentes tamaños) que impiden el paso de la luz a través del agua.

Para la medición se utiliza el Turbidímetro de Hellige y un sistema de patrones de comparación (juego de frascos de vidrio de similar tamaño, forma y tipo que contienen la solución patrón con sus respectivos valores de turbiedad). La muestra, bien agitada, se vierte en un frasco similar al de los patrones y se observa a través de ellos un mismo objeto (papel blanco con rayas negras), anotando la nitidez con que el objeto puede ser visto.

La turbidez de la muestra deberá ser registrada como la del patrón standard que produzca el efecto visual más parecido al de la muestra y se expresa en "unidades de turbiedad" (éstas se refieren a sucesivas diluciones de una suspensión madre que se prepara partiendo de un agua cruda de alta turbiedad, del mismo origen que la muestra, o de una suspensión concentrada que se prepara para la turbiedad que, normalmente, se presenta en el agua cruda).

La turbiedad del agua se reduce mediante la utilización de coagulantes o procedimientos de filtración, que disminuyen el número y tamaño de las partículas en suspensión, hasta niveles de claridad deseada (proceso de clarificación).

Otra técnica utilizada es la del “Tubo de turbiedad” donde la misma se expresa en unidades nefelométricas (UN). Consiste en el uso de un tubo graduado donde se vierte el agua, llenándolo hasta que desaparezca la marca del fondo.

La turbiedad se lee en la escala impresa a lo largo del tubo. El valor es el que corresponde a la línea más próxima al nivel del agua en el tubo.

d. pH

El valor del pH condiciona procesos de potabilización: coagulación, coloración, etc., y por tanto, nos permite evaluar la eficiencia de dichos procesos.

Se utilizan métodos colorimétricos en base a reactivos indicadores (sustancias que agregadas al agua o a la solución cuyo pH se quiere medir, adquiere una coloración de acuerdo a la reacción del medio):

Azul de bromotimol (pH: 6.0 – 7.6)

Rojo de cresol (pH: 7.2 – 8.8)

Rojo de metilo (pH: 4.4 – 6.0)

Materiales y reactivos:

1. Escala standard del reactivo indicador a utilizar.
2. Tubos standard (aforados a 10 ml) similares a los utilizados para la escala.
3. Pipeta aforada de 10 ml.
4. Pipeta graduada de 1 ml.

Manipulación:

1. Agitar la muestra (de preferencia sin cloro residual y con menos de 1 unidad de turbiedad).
2. Abrir el frasco de la muestra y con la pipeta aforada de 10 ml,

- tomar rápidamente 10 ml de agua, colocándolos en un tubo standard limpio, enjuagado con agua destilada y seco o bien escurrido.
3. Agregar 0.5 ml del reactivo indicador con la pipeta graduada de 1 ml.
 4. Agitar la mezcla y hacer la lectura por comparación con la escala standard del reactivo indicador (para uniformizar los resultados, toda la manipulación se deberá hacer a 20 °C).

El pH en aguas no contaminadas se encuentra entre los valores 6.5 a 7.5.

ANÁLISIS QUÍMICO

DUREZA

Es el conjunto de sólidos solubles en agua (mineralización). Es una característica que se expresa como la concentración total de calcio y magnesio (aunque existen otros cationes polivalentes tales como hierro y manganeso que también contribuyen a la dureza pero sus concentraciones son tan pequeñas que pueden ser despreciadas) y que se expresa como concentración de Carbonato de calcio (Ca CO_3) en mg/l.

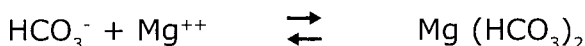
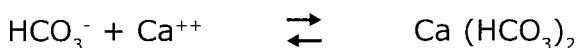
Antiguamente se definía como "la cantidad de sales terrosas capaces de dar compuestos insolubles cuando se ponen en contacto con una solución de jabón".

a. Origen

El agua de lluvia, al pasar por la atmósfera, arrastra CO_2 que, en contacto con las moléculas de agua, forma ácido carbónico y éste, a su vez se ioniza dando bicarbonatos (poco estable):



Al tomar contacto con la tierra, y filtrarse en ella, el agua disuelve numerosos minerales, de los cuales los principales son el Calcio y el Magnesio que reaccionan con el bicarbonato según la siguiente ecuación:



Finalmente, esta misma agua disuelve otras sales: nitratos, cloruros y sulfatos, principalmente, así como otros minerales (hierro, cobre, manganeso) en proporción variable según las características del terreno.

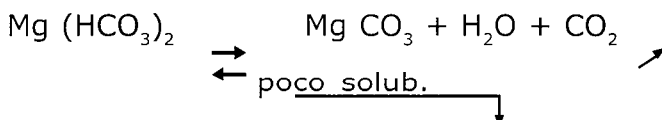
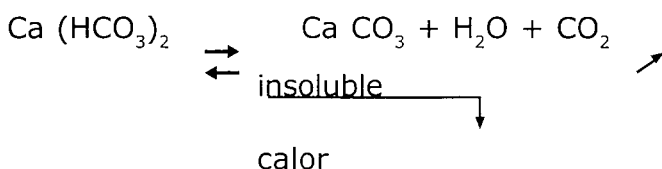
b. Clasificación:

La dureza se puede dividir en:

1. Dureza total: es la debida a la totalidad de la sales de calcio y magnesio disueltas en agua, expresadas como carbonato de calcio (CaCO_3).

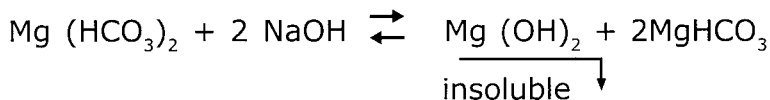
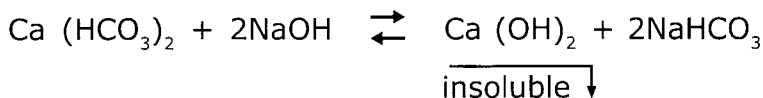
2. Dureza temporal (de carbonatos): Es la debida fundamentalmente a los bicarbonatos de Ca y Mg. Este tipo de dureza desaparece fácilmente por transformación de los bicarbonatos (HCO_3) solubles en carbonatos (CO_3) insolubles que precipitan separándose del líquido solvente. Esto sucede así, ya que luego de establecido el equilibrio químico, reversible, entre sustancias reaccionantes iniciales (calcio o magnesio y bicarbonato) y productos finales (carbonato de calcio o carbonato de magnesio) y según el Principio de la Moderación (de Chatelier): "toda variación de algunos de sus factores, provoca una modificación que tiende a oponerse a esa variación"; la aplicación de factores que modifiquen esta situación, especialmente entre las reacciones iniciales, provocarán modificaciones en los productos finales. De esta manera tenemos:

- El calor (eliminación de la dureza por tratamiento térmico):
calor



Esto es debido a lo establecido por el Principio de Vant 'Hoff: "la elevación de la temperatura desplaza el equilibrio de la reacción en el sentido endotérmico".

- La concentración (eliminación de la dureza por agregado de álcalis):



Esto es debido a que el equilibrio se desplaza en el sentido que provoque la desaparición del constituyente cuya concentración ha aumentado o en el sentido correspondiente a la formación del constituyente que ha sido eliminado.

3. Dureza permanente (no carbonatada): es la debida a las restantes sales solubles (especialmente cloruros, nitratos y sulfatos de calcio y magnesio) que quedan luego del calentamiento (no son fáciles de eliminar).

Los cloruros están presentes casi siempre bajo forma de cloruro de sodio (NaCl); cuando forman sales de calcio o magnesio pueden indicar, en general, contaminación de origen marino o industrial. Los nitratos y sulfatos pueden indicar contaminación de origen orgánico; estos últimos dan sabor amargo y efecto laxante.

En la práctica se estudia la dureza total, ya que los métodos analíticos no determinan las diferencias anotadas.

La Oficina de Investigación Geológica de los EEUU propone la siguiente clasificación:

Dureza (mg/lt)		CaCO3Clasificación
<0°d	12.6	muy blanda
<5° d	89.0	blanda
<10°d	178	medianamente blanda
<15°d	267	medianamente dura
<20°d	356.8	medianamente dura
<25°d	445	muy dura

c. Efectos de la dureza

1. Agua menos apetecible ("salada").

2. Formación de “piedra de leche” en cañerías y depósitos de leche.
3. Mayor gasto de jabón (no se produce espuma pues con el oleato o palmitato de sodio se forman oleatos o palmitatos de calcio o magnesio insolubles. Esto se ha solucionado hoy en día con el uso de detergentes especiales para aguas duras).
4. Forman depósitos duros o blandos en paredes de recipientes utilizados para contener agua (en tanques se depositan en forma de capa térmica aislante que obligan a un mayor consumo de combustible para el calentamiento del contenido).
5. Los iones de calcio o magnesio pueden actuar en el teñido de los textiles, ya sea precipitando ciertas anilinas o como mordientes, provocando una mayor absorción de la tintura y, por tanto, colores más oscuros.
6. Impiden el cocimiento de las legumbres pues forman leguminatos de calcio y magnesio insolubles.

DETERMINACIÓN DE LA DUREZA

Existen diferentes métodos para determinar la dureza.

1. Método volumétrico

Consiste en titular una muestra de agua, cuyo pH se ha amortiguado, con un agente orgánico secuestrante o quelante (EDTA – etilen diamino tetra acetato sódico) en presencia de un colorante indicador (negro de eritrocromo T). Los resultados obtenidos se corrigen con respecto a una muestra “blanco” a la que se le agregan los mismos elementos.

Materiales y reactivos:

- Cristales de NaCN (o solución standard de NaCl_2)
- *Solución amortiguadora (buffer):*

En vaso de Bohemia colocar

1,179 g NaEDTA

0,780 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (o 0,644 g $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)

50 ml de agua destilada

- Trasvasar a matraz de 250 ml

- En vaso de Bohemia de 400 ml colocar:

16,9 g NH_4Cl

143 ml NH_4OH

se mezcla y se trasvasa al matraz.

- Completar a 250 ml con el agregado de agua destilada al matraz.

- Trasvasar a frasco que se tapa herméticamente para evitar la pérdida de NH_3 y la captación de CO_2 . Se desecha cuando al agregar 1 ó 2 ml de la titulación no mantiene un pH 10 (9,9 – 10,1) en el punto final.

- *Reactivo indicador:*

En mortero colocar:

0,5 g de negro de eritrocromo T sólido

100 g de NaCl (o 4,5 g de clorhidrato de hidroxilamina)

100 ml de alcohol

Mezclar y trasvasar a frasco herméticamente tapado, conservándose en el refrigerador (se desecha cuando da color rojo con las aguas duras).

- *Solución EDTA standard:*

Disolver 4 g de Na_2EDTA en agua que contenga 0,1 g de $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ y llevar a 1 lt con agua destilada en un vaso de Bohemia. Se titula 50 ml de solución standard de CaCl_2 con agua suficiente a la solución EDTA e manera que 1 ml de esta última equivalga a 1 mg de CaCO_3 .

Trasvasar a frasco herméticamente tapado (duración 6 meses).

Manipulación:

1. En bureta de 25 ml colocar solución EDTA. Lectura inicial.

2. En matraz de 250 ml (con base iluminada o blanca) colocar la muestra de agua y agua destilada (hasta completar 50 ml) en las siguientes proporciones, según la dureza estimada (en mg/lt CaCO_3):

Dureza estimadaMuestra de aguaAgua destilada

0 – 300	50 ml	0 ml
301 – 600	25 ml	25 ml
601 – 1500	10 ml	40 ml

Luego se agregan: 0,25 g NaCN cristales

1 – 2 ml solución buffer

0,02 g (1 a 2 gotas) reactivo indicador

3. Preparación del testigo de comparación del color.

En matraz de 250 ml colocar:

50 ml de agua destilada

0,25 g de NaCN cristales

1 – 2 ml solución buffer

0,02 g (1 a 2 gotas) reactivo indicador

Se obtiene un color púrpura que cambia a azul brillante (de no hacerlo, se le agregan de 1 a 3 gotas de solución EDTA hasta que aparezca).

4. Titular la muestra del punto 2 con la solución de EDTA de la bureta del punto, con agitado constante hasta que aparezca un color azul brillante (se pueden obtener la siguiente secuencia de colores: rojo – púrpura – azul brillante). Lectura final (la valoración no debe exceder los 5 minutos).

5. Lectura final – Lectura inicial = Volumen solución EDTA gastado (gasta máximo 5 ml)

6. Cálculo de dureza en mg/lit de Ca CO_3 :

Volumen muestra	Gasto solución EDTA		Factor de corrección		
50 ml	A ml	x	20	}	B mg/ml CaCO_3
25 ml	A ml	x	40		
10 ml	A ml	x	100		

A – ml gastados de solución EDTA

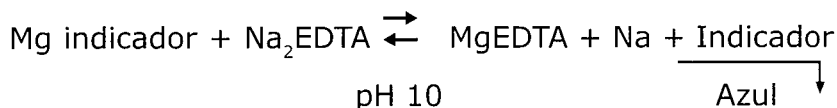
B – mg CaCO_3 equivalentes a 1 ml solución EDTA

Al agregar el indicador de negro de eritrocromo T (color azul) se forma un compuesto coloreado rojo – violeta con el catión Mg: Mg – indicador.

Al titular la solución standard EDTA, reaccionará primero con el Ca:



y luego formará un quelato estable con el Mg, desplazando el complejo formado con el indicador (a un pH 10 dado por el buffer):



Los resultados de esta técnica están influidos por la presencia de otros cationes diferentes al Ca y Mg, pero si estas interferencias no pasan determinados límites, el método es tan preciso como el gravimétrico (si existiera una cantidad excesiva de Fe, Cu o Mn, se le debe agregar 0,25 g de NaCN o de KCN luego del buffer).

2. Método de tiras rígidas

Se basa en el contenido de iones Ca y Mg; este contenido depende de las condiciones geológicas que el agua encuentre en su curso las que pueden variar enormemente. Es importante saber la dureza total del agua para su uso tanto en el sector industrial como de producción.

Esta técnica se vale de tiras que poseen una escala de color, las cuales se sumergen brevemente en el agua problema y después de un minuto se lee el resultado comparando con la escala de color que muestra el producto.

Modo de empleo: sumergir la tira durante 1 segundo en el agua problema, escurrir el exceso de agua, esperar 60 segundos. Luego de transcurrido ese tiempo comparar con la escala de color.

A partir de los valores obtenidos se califica el agua en "muy blanda" cuando los valores indican menos de 90 mg/lit de CaCO_3 , por encima de este valor hay distintos rangos de dureza.

En Europa se expresa en grados de dureza (°d) a diferencia de Estados Unidos donde simplemente indican mg/lit de CaCO_3 .

1° d = 17,8 mg/l de CaCO_3

TÉCNICAS BIOQUÍMICAS PARA DETERMINACIÓN DE INDICADORES DE RIESGO

1. **Determinación de Nitratos y Nitritos**
2. **Determinación de Materia Orgánica**

1. Determinación de Nitratos y Nitritos

La presencia de NO_2 y NO_3 en el **agua es indicador de contaminación anterior**. Los nitratos y nitritos tienen origen en las etapas finales del ciclo del Nitrógeno de la degradación de la materia orgánica.

Las técnicas que se utilizan son generalmente **colorimétricas** y se basan en las propiedades oxidantes de los NO_2 y NO_3 , que al reducirse en presencia de sustancias reductoras como la difenilamina, brucina, etc. determinan la aparición de derivados coloreados diferentes de los originales. A los efectos prácticos solo se considerarán técnicas cualitativas.

Al ser sustancias que requieren *valores guía* para determinar su riesgo, nos inclinamos a recomendar la utilización de métodos que orienten sobre las concentraciones presentes en la muestra; para lo cual seleccionamos métodos alternativos versátiles que van desde las **tiras indicadoras hasta los métodos colorimétricos, volumétricos y fotométricos**. En muchos casos será suficiente conocer si un parámetro se encuentra por debajo o por encima de un nivel crítico, en otras palabras si supera las concentraciones determinadas (valores

guía) en las normas de calidad correspondientes.

Ventajas de los métodos alternativos:

- rápidos, de fácil aplicación, no requieren de preparación especial para llevarlos a cabo.
- precio.
- posibilitan registrar valores lo suficientemente precisos para evaluar el agua chequeada.
- control directo en campo y aplicaciones móviles.
- permiten el autocontrol evitando las coordinaciones extrainstitucionales.
- reducen considerablemente el empleo de reactivos tóxicos.
- valor educativo para los interesados ya que permiten actividades situadas en la realidad de campo.

En suma, posibilitan realizar chequeos y controles de rutina en corto lapso, y si fuera necesario aplicar medidas correctivas sin dilación.

Método de las Tiras indicadoras

Su uso es pensado para la determinación de NO_3 y NO_2 en aguas potables, superficiales y en aguas residuales industriales que no contengan concentraciones elevadas de interferencias.

Se utilizan para la determinación de iones y otras sustancias.

La aplicación práctica consiste en sumergir brevemente (1 segundo) la tira en el agua problema (pH: 1 a 9) y leer el resultado (a los 60 segundos). El color de la zona indicadora depende de la concentración de la sustancia problema, la cual se compara con una escala coloreada.

En presencia de iones nitrato (NO_3) el papel del test se colorea de rojo violeta en el extremo de la tira.

La segunda zona reactiva de la tira muestra la concentración de nitrito (NO_2).

Rangos y graduación para Nitratos:

0 10 25 50 100 250 500 mg/l de NO_3

El valor guía para la aceptación de agua de bebida es de 0.45 mg/lit.

Interferencias (Nitratos): Si la parte superior se colorea de **rojo violeta** es que también están presentes **iones nitrito** que **interfieren** con la determinación de nitrato. Para eliminar la interferencia de nitrito, se añaden a 10 ml de la solución problema, 1 cuchara de ácido amidosulfúrico, se agita repetidamente y se repite la prueba al cabo de 2 min. Así pueden determinarse 10 mg/l nitrato en presencia de hasta 1000 mg/l nitrito.

Los nitritos (NO_2) son inestables por lo que las pruebas de detección apuntan fundamentalmente a los nitratos, de todas maneras este test permite la determinación de NO_2 en una rango que va desde 1 mg/l de NO_2 (valor guía) a 80 mg/l.

Interferencias (Nitritos): Las soluciones fuertemente ácidas deben tamponarse con acetato sódico y las alcalinas deben llevarse a pH 3-5 con ácido cítrico.

Rangos y graduación para Nitritos

1 5 10 20 40 80 mg/l de NO_2

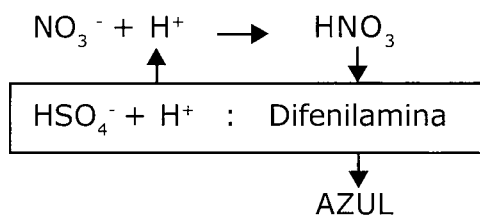
Valor guía para la aceptación de agua de bebida: 1.5 mg/l

· **Métodos colorimétricos y volumétricos**

La colorimetría utiliza la propiedad de ciertos reactivos de dar una reacción coloreada con la sustancia a determinar. Por comparación visual de color puede leerse el resultado de la medición en el recipiente de la prueba, que contiene una escala de colores estandarizada (comparador). Las sustancias que son difíciles o imposibles de transformar en un compuesto coloreado son determinadas volumétricamente.

Como técnicas a utilizar tenemos el Método de la Difenilamina.

Consiste en la determinación indirecta de la presencia de Nitratos y Nitritos por la reconstitución a partir de éstos del HNO_3 (poderoso oxidante) que reacciona con la difenilamina provocando un cambio de color de la misma. Esta reconstitución se logra mediante el agregado de H_2SO_4 (bajo forma de disolución sulfúrica del sulfato de difenilamina), que al ionizarse en el medio, compite con las sales derivadas del HNO_3 y desplaza el equilibrio hacia la reconstitución de este último ácido.



Materiales:

- Material de vidrio (pipetas, tubos de ensayo, probeta graduada de 100 ml).
- Sulfato de Difenilamina al 2 % en disolución sulfúrica.
- Agua destilada.
- Ácido sulfúrico puro y concentrado.

Manipulación:

Preparar el reactivo de difenilamina: en la probeta colocar:

- 2 g de sulfato de difenilamina.
- 50 ml de agua destilada.
- Ácido sulfúrico puro y concentrado en c.s.p. 100 ml (de a poco: reacción exotérmica).

Colocar en un tubo de ensayo 2 ml del agua problema y agregar el reactivo de difenilamina gota a gota.

Resultado:

Reacción positiva:

coloración azul oscura (coloración fugaz)

Esta técnica presenta los siguientes inconvenientes:

- a- Relativa especificidad (similares reacciones las dan también otras sustancias oxidantes tales como cloratos, cromatos, etc.).
- b- Poca sensibilidad (se necesitan grandes cantidades de nitratos y nitritos para visualizar la reacción).

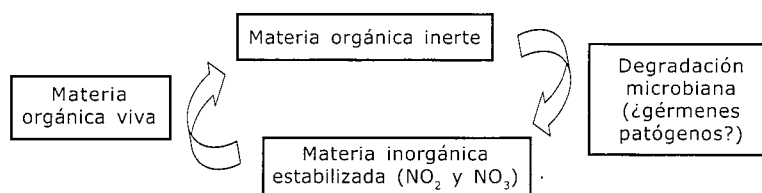
Existen otros métodos como el de la Brucina, hidroestrícnico de Deninges, el de Griess y el de Voisenet con similar fundamentación al anterior.

· Métodos analíticos fotométricos

Se encuentran entre los procedimientos de análisis rápidos más avanzados. El principio del análisis fotométrico es una evaluación electrónica de la atenuación de la luz, de una longitud de onda de un color específico causada por el complejo coloreado a medir. Se utilizan cubetas cilíndricas de vidrio o cubetas rectangulares.

2. Determinación de Materia Orgánica

La presencia de materia orgánica en el agua es un indicador de riesgo útil ya que por una parte nos señala la situación de contaminación actual del agua y por otro entraña el peligro de que en el desdoblamiento de la misma puedan participar microorganismo patógenos, según lo establecido en el ciclo de la materia orgánica:



El origen de la materia orgánica en cuestión es el resultado de volcar al medio ambiente el producto desechable de cualquier proceso productivo (cadáveres, restos vegetales, excretas, desechos sólidos domiciliarios e industriales).

Las técnicas a utilizar no especifican ni el origen ni el tipo de materia orgánica presente, si no que simplemente se refiere a la determinación del poder reductor que tienen las aguas contaminadas. Es en base a la tendencia que tiene la materia orgánica a oxidarse que se ha sugerido la forma de determinarla, cualitativamente y cuantitativamente, mediante el uso de cualquier oxidante enérgico. Para el caso presente el permanganato de potasio (KMnO₄) es el oxidante de elección.

· Método cualitativo con KMnO₄

Consiste en mezclar el agua problema con un oxidante enérgico como lo es el KMnO₄, en un medio ácido, dado por el H₂SO₄, y llevarlo a ebullición, lo que permite el desdoblamiento de la materia

orgánica.

Materiales:

- Material de vidrio (pipetas, tubos de ensayo).
- Solución de KMnO_4 al 3 % (preparación fresca).
- H_2SO_4 .

Manipulación:

En un tubo de ensayo colocar:

2-3 ml de agua problema

1-2 gotas de solución de KMnO_4 3 %

2-3 gotas de H_2SO_4

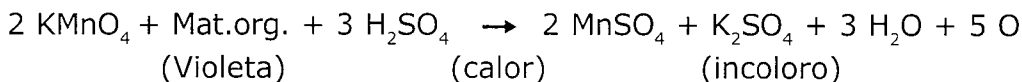
Agitar para mezclar (reacción exotérmica)

Llevar a ebullición con mechero

Resultado

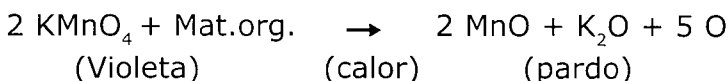
Reacción positiva: Decoloración (según la concentración de materia orgánica, va desde una atenuación del color violeta hasta una solución incolora).

La explicación de esta técnica está dada por la actividad reductora de la materia orgánica (por oxidación de sus carbonos), que por acción del calor, y en medio ácido, produce el desdoblamiento del KMnO_4 (violeta) dando MnSO_4 (incoloro) según la siguiente reacción:



(El oxígeno oxida la materia orgánica).

En caso de no utilizarse H_2SO_4 se producirá igualmente el desdoblamiento de la materia orgánica por acción del calor, pero la coloración positiva variará del violáceo al pardo por formación de MnO , según la reacción:



· Método Cuantitativo de KMnO_4

Consiste en determinar indirectamente el contenido de materia orgánica del agua problema mediante la valoración del exceso de KMnO_4 (que ha oxidado completamente la materia orgánica presente) con ácido oxálico (medio ácido: Método de Kubel) o con hidróxido de sodio (medio alcalino: Método de Schultze).

En estos métodos hay que tener en cuenta la facilidad con que se decolora el KMnO_4 , por lo que la solución debe ser fresca y mantenida en frasco color caramelo.

Conclusiones

En base a la combinación de la determinación de la materia orgánica y de los nitratos y nitritos se puede concluir lo siguiente:

Materia orgánica	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo
Nitratos y nitritos	Positivo	Positivo	Negativo	Negativo
Contaminación	Permanente	Anterior	Actual	Ausente

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

El método más seguro para tipificar la calidad sanitaria del agua consiste en la determinación directa de la presencia de gérmenes patógenos. Sin embargo, en la práctica, esto no se realiza ya que demandaría una gran cantidad de material y tiempo lo que lo inhibiría de ser utilizadas como prácticas rutinarias de control.

En lugar de lo anterior se ha buscado la utilización de microorganismos indicadores para la determinación indirecta de la calidad del agua a utilizar. Como tales se usan bacterias del grupo Coliforme. El término Coliformes comprende a *E. coli* y diversas especies pertenecientes a otros géneros de la familia *enterobacteriaceae* (*Citrobacter*, *Klebsiela*, *Enterobacter*), Gram negativos, aerobios o anaerobios facultativos, no formadores de esporas, con capacidad de fermentar la lactosa, con producción de ácido y gas en 48 horas a 35 – 37 °C.

La elección de este grupo de bacterias como indicador se debe a las siguientes razones:

1. Muchos de estos organismos viven en el intestino del hombre y de los animales, contaminando las aguas por medio de las excretas.
2. Generalmente los organismos coliformes están asociados a las bacterias entero-patógenas causantes de diferentes enfermedades tales como:

Cólera (*Vivrio cholerae*)

Disentería bacilar (*Shigella spp.*)
Fiebre tifoidea (*Salmonella typhi*)
Fiebre paratifoidea (*Salmonella paratyphi*)
Gastroenteritis (otros tipos de *Salmonella*, *Shigella*, etc.)
Diarrea infantil (tipos entero-patógenos de *Escherichia coli*)
Leptospirosis (*Leptospira spp.*)

3. Sobreviven más tiempo que otras bacterias entéricas, de manera que cuando los coliformes mueren el riesgo desaparece.
4. Son relativamente fáciles de determinar debido a su habilidad de fermentar la lactosa.

En base a lo anterior es que se establece la técnica de colimetría, es decir, la determinación cuali y cuantitativa de los organismos coliformes presentes en el medio a estudiar.

Para ello se utilizan las siguientes técnicas:

- 1. Técnica del Número Más Probable (N.M.P.)**
- 2. Técnica de la Filtración de Membrana**

1. Técnica del Número Más Probable (N.M.P.)

Se basa en leyes de probabilidad y se utiliza para obtener una estimación del número de bacterias existentes en una muestra, expresándolas como el Número Más Probable (NMP).

Es un concepto estadístico derivado de la teoría de las probabilidades, aplicable a la enumeración de microorganismos bajo ciertas condiciones, ellas son:

- a) Los microorganismos se distribuyen de un modo homogéneo y al azar en el medio que los contiene.
- b) Fracciones iguales que puedan separarse del medio original contendrán igual número de células.
- c) Las células se consideran como entidades independientes. El método perderá exactitud si se presentan agrupaciones celulares.
- d) En el caso de que se encuentre una sola célula, el medio de cultivo empleado permitirá detectarla en función de su crecimiento.

La metodología ideal para este procedimiento está basada en la elección de unas diluciones adecuadas de la muestra problema que

manifiesten crecimiento (tubos positivos) en todos los tubos de la dilución más baja y ausencia de crecimiento (tubos negativos) en todos los tubos de la dilución más elevada. Ordinariamente se inoculan tres o cinco tubos de el mismo nivel de dilución de un banco de diluciones decimales de la muestra. Obviamente, los límites de confianza son más precisos a medida que aumenta el número de tubos por nivel.

La técnica se realiza en tres etapas sucesivas:

- a. Prueba o test presuntivo
- b. Prueba o test confirmativo
- c. Prueba o test completo

· **Método de Wilson:**

a. Test presuntivo

Se utiliza para determinar la presencia cuantificada del grupo Coliforme (Coliformes totales, organismos indicadores de contaminación general) cuyo número permite categorizar la calidad higiénica del agua examinada (parámetros de calidad de agua segura). Cuanto mayor sea la cantidad considerada mayor será la posibilidad de presencia de gérmenes patógenos asociados.

Materiales:

Pipetas graduadas estériles

Tubos de ensayo con caldo Mac Conkey (M.C.) estéril y campanas de fermentación (Durhan)

5 tubos con 10 ml de caldo a doble concentración

2 tubos con 5 ml de caldo a simple concentración

Manipulación:

1. Con pipeta graduada de 10 ml proceder a sembrar los 5 tubos de 10 ml de caldo con 10 ml del agua problema a cada uno.
2. Con pipeta de 1 ml proceder a sembrar los 2 tubos restantes de 5 ml de caldo con 1 ml y 0.1 ml respectivamente de agua problema.
3. Llevar los 7 tubos a estufa de incubación a 37 °C.

La primera lectura se hace a las 24 hs y la segunda lectura se hace a las 48 hs. Se debe anotar los tubos positivos por presencia de gas.

Resultado:

Lectura directa del Número Más Probable de coliformes totales en 100 ml en la tabla de Mac Grady (Cuadro 1).

b. Test confirmativo

Está dirigido a la determinación cuantificada de gérmenes de origen probablemente fecal (Coliformes fecales), segregándolos de los que no lo son (tipos I.AC. *intermedios*, *aerogenes* y *cloacae*). Los coliformes fecales están conformados por *E. coli* de diferentes variedades, tanto de origen intestinal como no intestinal. Sin embargo, a los efectos de un control rutinario, se puede aceptar como suficiente la identificación de este grupo (sin más tipificación), para condenar las aguas examinadas, ya que análisis complementarios posteriores (si bien aportarían mayor precisión) harían más engorrosa la actividad del laboratorio y de esta manera perdería eficacia.

Materiales:

Asa e hilo de platino.

Tubos de ensayo con caldo de cultivo:

7 tubos con 5 ml de caldo Mac Conkey estéril simple concentración y campanas de fermentación (Durhan).

7 Tubos de Citrato de Koser.

Manipulación:

1. De cada tubo positivo del test presuntivo se siembra un tubo de caldo M.C., con asa y otro de Citrato de Koser con hilo.
2. Los tubos de caldo M.C. se incuban a 44 °C y los de Citrato de Koser a 37 °C.
3. La primera lectura se es a las 24 hs anotando los positivos por presencia de gas en los tubos con caldo M.C. y enturbamiento en los de Citrato de Koser. A las 48 hs se hace la segunda lectura similar a la primera.

Resultados:

$$\text{N.M.P. de coliformes fecales: } x = \frac{a}{a + b}$$

El resultado se expresa en 100 ml. de agua problema.

a..... NMP (Tabla de Mac Grady) tubos positivos de caldo M.C.

b..... NMP (Tabla de Mac Grady) tubos positivos de Citrato de Koser

x..... NMP de coliformes totales/100 ml (test presuntivo)

Los tubos de Citrato de Koser colocados bajo radiación U.V., permiten identificar la presencia de *Pseudomonas* (fluorescencia verde azulada).

c. Test completo

Permite la tipificación inequívoca del microorganismo actuante (variedades de *E coli*).

Material:

Cajas de Petri con Agar Mac Conkey

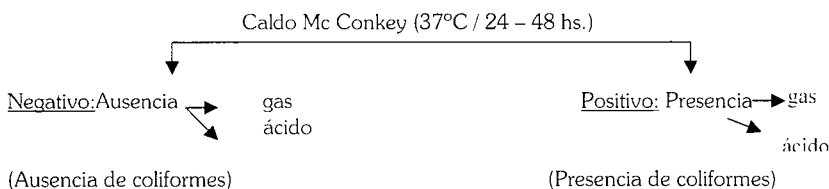
Reactivos y material de vidrio para pruebas del IMViC

Manipulación:

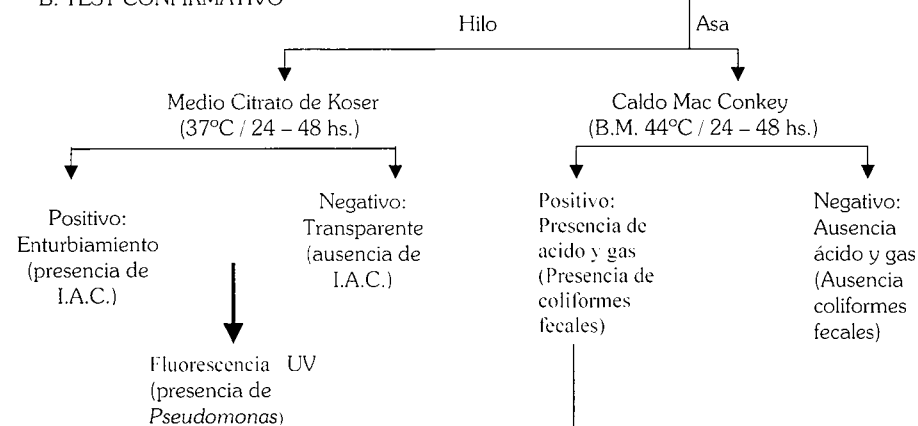
1. A partir de los tubos positivos de los tests presuntivos y confirmativos se siembran las placas de agar.
2. Se llevan a incubación a 37 °C durante 24 a 48 hs.
3. Se identifican las colonias típicas, fermentadoras de la lactosa (color rosado a rojo) que se retiran para realizar sobre ellas las pruebas del IMViC.
4. La identificación de los gérmenes cultivados se realiza mediante su forma de comportamiento frente a cada reactivo, según lo establecido por las normas de identificación (Norma Inglesa y Americana) (Cuadro 2)

Análisis microbiológico del agua – Método de Wilson (esquema)

A. TEST PRESUNTIVO



B. TEST CONFIRMATIVO



C. TEST COMPLETO

INDOL (+) ROJO METILO (+) V. PROSKAUER (-) CITRATO (-)
(*E coli* variedad I)

Técnica de Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (para UNIT 893/91)

Varios medios son utilizados para el análisis de agua, el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater recomienda, para el Test Presuntivo, Caldo Lauril Triptosa, para el Test Confirmativo Caldo Lactosa Verde Bilis Brillante, para el Test Completo una doble confirmación en Caldo Lactosa Verde Bilis Brillante para coliformes totales y medio *Escherichia Coli* para coliformes fecales.

a. Test presuntivo:

Material y manipulación:

Similar a la técnica anterior, pero utilizando Caldo Lauril Triptosa en lugar de Mac Conkey, en las mismas proporciones.

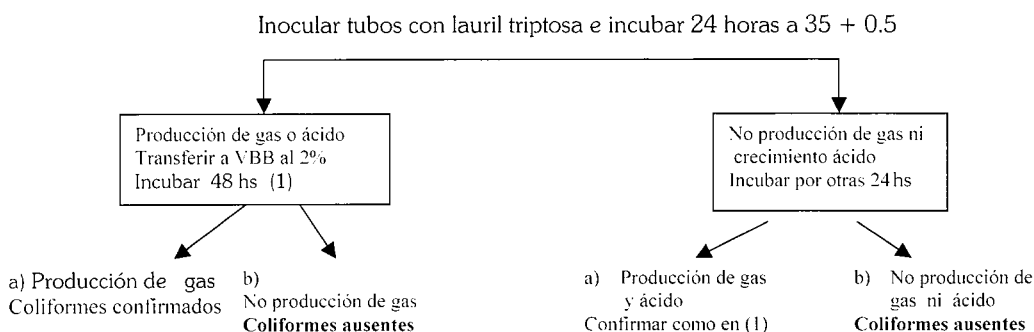
b. Test confirmativo:

Material y manipulación:

Similar a la anterior, pero utilizando Caldo Lactosa Bilis Verde Brillante en lugar de Mac Conkey, en las mismas proporciones.

c. Test completo:

Se realiza una doble confirmación en Caldo Lactosa Bilis Verde Brillante para coliformes totales y medio Escherichia coli, para coliformes fecales.



2. Técnica de la Filtración de Membrana

El método de filtración por membrana es una técnica para el control de la calidad del agua, mediante la cual se pueden filtrar muestras de diferentes volúmenes de agua, a través de un filtro de tamaño de poro definido y que se conoce como filtro de membrana. Durante ese proceso los microorganismos presentes en la muestra son retenidos sobre la superficie del filtro, este se coloca sobre un medio de cultivo selectivo. Se incuba y se evalúan los microorganismos presentes. Finalmente se realiza un cálculo para determinar el número de colonias presentes en el volumen filtrado.

Material:

- Embudo porta filtro (de vidrio, acero inoxidable o policarbonato)
- Matraz kitasato
- Equipo para provocar vacío
- Pinza metálica de puntas lisas
- Cajas de Petri estériles
- Colchoncillos absorbentes
- Filtros de membrana de 0,45 μm . de poro
- Material de vidrio
- Alcohol
- Reactivos:

Solución buffer estéril de fosfatos – Se prepara una solución madre disolviendo 34 g. de KH_2PO_4 en 1 l de agua destilada, se ajusta el pH a 7,2 con NaOH. Se utiliza diluyendo 1,25 ml de la solución en 1 l de agua destilada, el excedente se conserva en refrigerador.

Caldo nutritivo MF Endo (Coliformes totales) – Se mezclan 4,8 g de caldo nutritivo deshidratado en 100 ml de agua destilada que contiene 2 ml de alcohol etílico al 95 %. Se lleva a Baño María hasta casi la ebullición por 3 a 5 minutos. Se enfría a 45 °C y se ajusta el pH a 7,2 con NaOH. Los coliformes al fermentar la lactosa producen un ácido aldehído complejo, que se combina con el reactivo de Schiff presente en el medio de cultivo dando una cobertura verde iridiscente a las colonias coliformes en crecimiento.

Caldo M FC (Coliformes fecales) – Diluir 3,7 g de medio de cultivo deshidratado en 100 ml de agua destilada. Se agrega 1 ml de ácido rosálico al 1 % en una solución de NaOH 0,2 N. Luego se procede como en el caso anterior. Los coliformes fecales al fermentar la lactosa producen un ácido que reacciona con el azul de anilina que se encuentra en el medio de cultivo, imprimiéndole un azul característico a las colonias de coliformes fecales.

Manipulación:

1. Abrir la bolsa con las cajas de Petri estériles.
2. Hidratar el colchoncillo absorbente estéril (con medio de cultivo) en el interior de la caja de Petri, utilizando el dosificador automático.
3. Flamear el apoyo del filtro.
4. Flamear el embudo.
5. Flamear el interior del embudo.
6. Abrir el paquete de filtros.
7. Con la pinza (se esterilizan las puntas en alcohol y luego se flamea) se toma un filtro de membrana y se lo coloca con el cuadrículado hacia arriba, desechando la hoja protectora, entre el filtro y el embudo. Se ajusta el equipo nuevamente.
8. Agregar la muestra de agua a filtrar.
9. Conectar la bomba de vacío y abrir la llave del apoyo del filtro.
10. Tomar el filtro de membrana.
11. Colocar el filtro en la Caja de Petri
12. Llevar a estufa de incubación.
Para que el sistema sea eficaz el número de colonias no debe ser menor de 20 ni mayor de 200, en caso de ser necesario se utilizarán pre filtros o se harán diluciones.
13. Incubar a 35 - 37 °C (coliformes totales) y 44 °C (coliformes fecales) durante 24 hs. El medio nutritivo difunde por capilaridad a través del filtro hacia los microorganismos en crecimiento.
14. Hacer el conteo de las colonias.

Resultados:

El resultado se expresa en Número de Microorganismos por 100 ml.

Si se utilizó otro volumen distinto de 100 ml para expresar los resultados se harán los cálculos correspondientes.

Comparación de las técnicas de Número Más Probable y Filtración de Membrana

CARACTERÍSTICA	N.M.P.	F.M.
Tamaño de la muestra	10 ml/tubo	100 ml/filtro
Muestra de agua turbia	No es problema	Difícil (usar disolución)
Volumen de medio de cultivo	50 - 150 ml/muestra	2 ml/muestra
Tiempo del resultado	4 - 5 días	18 - 24 hs
Resultado	Estimación estadística	Contaje directo
Falsos positivos	Sinergismos o esporas	Raros
Falsos negativos	Presencia de inhibidores	Raros
Pequeña contaminación	No modifica el resultado	Modifica el resultado
Archivo	No es posible	Se puede mantener

Normas de calidad de agua potable de O.S.E. (2000)

A. Parámetros físico químicos

Límites determinantes: Son aquellos que deberán cumplirse estrictamente para que las aguas puedan ser consideradas aptas para el consumo humano.

- Color: 30 unidades (según el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater)
- Turbiedad: 10 unidades (idem anterior)
- Olor: Inobjetable
- Sabor: Inobjetable
- Arsénico: 0,05 mg/l
- Bario: 1,00 mg/l
- Cadmio: 0,01 mg/l
- Cianuros: 0,05 mg/l
- Cromo hexavalente: 0,05 mg/l
- Mercurio (total): 0,001 mg/l

- Plata: 0,05 mg/l
- Plomo: 0,10 mg/l
- Selenio: 0,01 mg/l
- Fluor: Según normas de la O.M.S.

Límites no determinantes: Son aquellos que es conveniente que cumplan las aguas de los servicios públicos, pero que podrán ser sobrepasados en caso de existir razones técnicas y/o económicas que a juicio de las autoridades técnicas responsables, impidan ceñirse estrictamente a los mismos.

- pH: 6,0 – 9,5
- Dureza total (expresada en CaCO_3): 200 mg/l
- Detergentes aniónicos (expresada en ABS): 0,5 mg/l
- Sulfatos (expresada en SO_4): 250 mg/l
- Cloruros: 250 mg/l
- Nitratos: 45 mg/l
- Compuestos fenólicos (expresados en $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$): 0,002 mg/l
- Hierro: 0,30 mg/l
- Manganeseo: 0,10 mg/l
- Zinc: 5,00 mg/l
- Cobre: 1,00 mg/l

B. Datos no incluidos como parámetros físico químicos pero que es necesario considerar

Pesticidas

Estos comprenden todos los insecticidas, herbicidas y funguicidas. Según la O.M.S. la experiencia existente hasta la fecha apoya la opinión que los residuos de pesticidas que puedan existir en los suministros de agua potable, principalmente de unos pocos microgramos por litros, son solamente una mínima parte de la dosis diaria total de pesticidas que ingiere la población servida.

Aún muy bajas concentraciones de ciertos pesticidas causan alteraciones organolépticas en las aguas, de manera que éstas no son aceptables para el consumidor, aparte de todo riesgo conocido de toxicidad.

Las condiciones bajo las cuales pueden desaparecer los restos de pesticidas remanentes en las fuentes de abastecimiento de los servicios públicos de agua potable deben ser previamente determinadas y estudiadas antes de que sea posible establecer límites permisibles para los mismos.

C. Parámetros microbiológicos

Las condiciones microbiológicas de las aguas libradas al consumo público deberán corresponder estrictamente a la siguiente norma:

Las aguas se clasificarán como Aceptables o No Aceptables. La denominación de Aceptable corresponderá a las aguas que puedan ser de consumo humano con las mayores condiciones de seguridad para la salud, no constituyendo un vehículo transmisor de enfermedades infecciosas.

D. Datos no incluidos como parámetros microbiológicos pero que es necesario considerar

Virus: se reitera la recomendación de seguir muy de cerca el estudio epidemiológico de las enfermedades virales que puedan ser transmitidas por el agua.

Continúa existiendo una notoria carencia de procedimientos técnicamente prácticos y al alcance de los laboratorios de contralor de la calidad del agua que permitan utilizar los virus como indicadores de la contaminación del agua destinada a consumo humano. De acuerdo a las recomendaciones de la O.M.S. en el agua en la cual existiera cloro residual libre, los virus activos estarán generalmente ausentes si también los organismos coliformes están ausentes, pero no puede asumirse que la ausencia de organismos coliformes implique ausencia de virus activos bajo circunstancias donde el cloro libre no puede ser mantenido.

PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

Aguas tratadas que entran en el sistema de distribución

- Coliformes totales - 0 por cada 100 ml de agua problema
- Coliformes fecales - 0 por cada 100 ml de agua problema

Aguas no sometidas a tratamiento que entra en el sistema de distribución

- Coliformes totales – 0 por cada 100 ml de agua problema en el 95 % de las muestras examinadas durante más de un año cuando se trata de grandes sistemas.
- Coliformes totales - 3 ocasionalmente pero en muestras sucesivas
- Coliformes fecales – 0 por cada 100 ml de agua problema.

Aguas no tratadas

- Coliformes totales – hasta 10 coliformes totales por cada 100 ml de agua problema, siempre y cuando en dos muestras sucesivas con intervalo *de una semana den menos de 10 coliformes totales*.
- Coliformes fecales - 0 cada 100 ml de agua problema.

REQUISITOS HIDROBIOLÓGICOS

El análisis hidrobiológico del agua constituye un medio útil para la vigilancia de la calidad del agua y de su tratamiento.

El agua potable no debe contener ningún tipo de organismo vivo o muerto, cualquiera sea su número y significado sanitario, tales como:

- algas
- hongos
- cladóceros
- helmintos
- protozoarios
- larvas de insectos
- caracoles
- vegetales o partes de ellos

Objetivos:

- Determinar las causas de olores y sabores objetables en el agua y vigilar el correspondiente tratamiento correctivo.
- Facilitar la interpretación de los resultados de los análisis químicos.
- Permitir la identificación de un agua determinada cuando está mezclada con otra de composición distinta.
- Determinar las causas de las alteraciones en el funcionamiento normal de las instalaciones de tratamiento y en las redes de distribución de los sistemas de abastecimiento de agua potable.

Muestreos:

Todo lo relativo a los recipientes, técnicas de muestreos, conservación y almacenamiento de muestras estará de acuerdo con lo indicado por la O.M.S.

Métodos de análisis:

Los materiales y métodos especiales que se requieren para este tipo de análisis estarán de acuerdo con las normas internacionales de la O.M.S.

Expresión de los resultados:

Preferentemente los resultados se expresarán en "cantidades de organismos por ml" o "en unidades normales (standard) de área", equivalentes cada una a 400 micras cuadradas.

Interpretación de resultados:

Es posible atribuir un significado preciso a una determinada concentración de plancton en el agua. Los distintos organismos difieren mucho de la intensidad de su acción sobre el sabor y el olor del agua.

Nuestra experiencia indica que cuando la cantidad total de plancton sobrepasa las 500 unidades standard de área por ml cabe la posibilidad de desarrollo de olores o sabores desagradables y alteraciones de los procesos de potabilización.

TÉCNICAS DE DETERMINACIÓN DE DESINFECTANTES Y DESINFECCIÓN DEL AGUA

La finalidad de la desinfección del agua es la destrucción de los gérmenes patógenos hídricos con el fin de impedir la transmisión directa (por consumo de agua) o indirecta (por contaminación de alimentos) al hombre.

Los desinfectantes en general, destruyen a los gérmenes patógenos y otros microorganismos, inactivan virus, pero no las esporas (a menos que lo especifiquen).

Características de un desinfectante ideal para aguas:

1. Poder germicida elevado: Destrucción de patógenos a bajas concentraciones, en un lapso razonable, en una gama esperada de temperatura y frente a fluctuaciones de composición y concentración de las aguas de tratamiento.
2. Estable: No ser neutralizado por la presencia de materia orgánica.
3. Alta solubilidad.
4. Atóxico para animales superiores.
5. No ser corrosivo.
6. Económico.
7. Fácil de almacenar, transportar y aplicar.
8. Fácil de determinar su concentración en agua.
9. No alterar las características organolépticas del agua.

10. Proporcionar protección residual contra posible recontaminación del agua.

La eficacia de un desinfectante se mide por la destrucción de microorganismos indicadores (coliformes) o de patógenos de origen entérico (Coeficiente fenólico: relación del poder germicida del desinfectante en cuestión comparado con el del fenol, en las mismas condiciones, frente a un germen indicador: *Salmonella tphi*).

Métodos de Desinfección Físicos y Químicos

Físicos:

- Calor: Ebullición (relación tiempo / temperatura)
 - a. No es económico
 - b. Es útil en pequeños volúmenes
 - c. No destruye esporas
 - d. No tiene acción residual
- Radiación: U.V. (relación tiempo / intensidad de exposición)
 - a. b. c. d. Idem anterior
 - e. Su eficacia disminuye con la profundidad y con la presencia de sustancias que absorben la radiación.
- Filtración: Filtros biológicos y no biológicos
 - a. No destruyen esporas
 - b. No tienen acción residual

Químicos

1. Oxidantes:

- Ozono

El ozono es una molécula de carácter oxidante formada por 3 átomos de oxígeno.

Su uso se ha generalizado con el paso del tiempo mostrando gran eficacia en la desinfección de aguas.

El empleo del ozono no es nuevo, ya en 1955 se utilizó como antiséptico y recién en estos últimos años se ha comenzado a usarse en forma generalizada en algunas áreas.

El sistema de producción de ozono se basa en la acción de una chispa eléctrica en presencia de alta concentración de oxígeno, formándose O_3 activo, el cual puede disolverse en líquidos o en gases.

Mecanismo de acción del ozono

La capacidad desinfectante del ozono se basa en su potencial oxidante, produciendo una intoxicación intracelular que conduce a la muerte de los microorganismos.

Consecuentemente, cuanto más sucia esté el agua, menos efectivo será el ozono por lo que mayor debe ser la concentración para lograr resultados óptimos.

Otro factor a tener en cuenta es la temperatura del agua, por ejemplo, si es baja favorece especialmente la acción germicida del ozono, ya que a mayor temperatura el ozono se volatiliza con lo que pierde la eficacia porque disminuye su concentración en el agua.

Su eficacia depende de la concentración, del tiempo de contacto y de la presencia de materia orgánica.

Con respecto a la concentración sería suficiente cantidad 9 μg /litro de agua durante un tiempo de contacto no inferior a 10 minutos.

En resumen, el ozono en el tratamiento del agua tiene las siguientes ventajas:

- a) Elimina el color causado por el hierro y manganeso o la materia carbonosa, los sabores y olores debido a la presencia de materia orgánica.
- b) La desinfección con ozono se ve menos influenciada por las variaciones de pH que el cloro.
- c) Reduce la turbiedad provocada por el contenido de sólidos en suspensión y baja la DBO y la DQO.
- d) Es un poderoso desinfectante que no sólo mata bacterias patógenas sino que además inactiva virus.
- e) No produce en el agua aumento en el contenido de sales inorgánicas ni subproductos nocivos.
- f) No altera las condiciones organolépticas del agua.
- g) Puede ser detectado por el hombre mucho antes de que llegue a niveles tóxicos.

Sin embargo, presenta ciertas desventajas como ser:

- a) La presencia de materia orgánica actúa como factor limitante de su efectividad debido a su carácter oxidante.
- b) No tiene gran poder residual.
- c) En el caso de la industria alimentaria su uso puede inducir a una más rápida oxidación de las grasas y como consecuencia acelerar la oxidación del producto.
- d) alto costo.

2. Productos tensoactivos:

- Detergentes catiónicos (Compuestos de amonio cuaternario): Actúan disminuyendo la tensión superficial, destruyendo la membrana y pared celular.
- Detergentes aniónicos y neutros: Tiene poca actividad.

3. Ácidos y álcalis:

- Ácido oxálico y NaOH (Lejía): Actúan modificando el pH. No es recomendable su uso en agua, ya que si su concentración es alta alteran las condiciones organolépticas, y si es baja, su acción es insuficiente.

4. Metales:

- Plata: Se utiliza formando parte de los filtros, actuando sobre los microorganismos retenidos, penetrando por acción osmótica en su membrana y modificando el protoplasma bacteriano.

5. Halógenos:

- Cloro, Bromo, Yodo: A los efectos del estudio tomaremos en cuenta solamente el cloro, siendo lo establecido generalizable para el resto.

La acción bactericida del Cloro se creía, en un principio, que era debida al oxígeno nascente producido por la disolución del mismo en el agua, según la siguiente ecuación:



Actualmente se han establecido dos teorías al respecto:

- a. Por la combinación del Cl con las proteínas y grupos aminos que forman la estructura de la pared celular y citoplasma.

- b. Porque el cloro impediría algún proceso enzimático vital (oxidación de la glucosa por la célula bacteriana).

Propósito de la cloración:

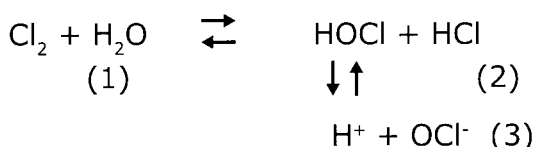
1. Desinfección
2. Control de desarrollo bacteriano
3. Control de gustos y olores
4. Remoción de color
5. Remoción de amoniacales, H_2S , Fe y Mn
6. Control de algas.

Desventajas que presenta el cloro:

1. Se inactiva en presencia de materia orgánica.
2. Es corrosivo para todos los metales, cuando está en estado líquido, siendo resistente el vidrio y los sintéticos (plástico).
3. Es poco soluble en agua y difícil de manejar (por esto se utilizan muchos derivados: hipocloritos de Na y Ca).

Reacciones químicas del cloro

El cloro reacciona con el agua según la siguiente reacción:



Son reacciones reversibles y dependen del pH del agua, la reacción (1) del Cl_2 (cloro molecular) ocurre a un pH menor de 5, la reacción (2) del $HOCl$ (ácido hipocloroso) se produce a un pH entre 5 y 6, y la reacción (3) del OCl^- (hipoclorito) ocurre a un pH mayor de 7,5.

Naturalmente el agua se presenta con un pH situado entre 6 y 7,5, por lo que coexistirán el $HOCl$ y el OCl^- como formas químicas del cloro y cuyo conjunto se denomina: cloro activo.

El cloro activo libre tiene capacidad para combinarse directamente y oxidar los compuestos orgánicos e inorgánicos. Por esta razón se combina con el amoníaco (NH_3) y otros compuestos orgánicos nitrogenados dando derivados clorados que también conservan la capacidad de oxidar y de combinarse, aunque a un nivel inferior al del

cloro libre. Esta forma de cloro es lo que se conoce como: cloro activo combinado.

Las formas con que se presenta este último son:

- Dicloraminas (NH_2Cl)
- Tricloraminas o Tricloruro de Nitrógeno (NCl_3)

DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA DE CLORO

Los métodos utilizados para el cloro son colorimétricos ya que son rápidos, sencillos y eficaces.

- 1. Determinación de demanda de cloro**
- 2. Determinación de cloro residual**
- 3. Determinación de cloro activo**

1. Determinación de demanda de cloro

La demanda de cloro es la diferencia entre la cantidad de cloro agregado al agua y la cantidad de cloro residual (activo, libre y combinado) que queda al final de un período de contacto especificado.

Esta demanda, en cuanto a eficacia bactericida, se verá contemplada en la medida que la cantidad de cloro sea suficiente (exista cloro residual), se deje un tiempo de contacto ajustado según el tipo de agua y la finalidad perseguida, la concentración de sustancias neutralizantes, sea mínima, la temperatura sea alta y el pH bajo.

Cuando el agregado de cloro activo se va haciendo en forma gradual, este se irá combinando con las sustancias orgánicas (elementos nitrogenados) y permaneciendo como cloro residual combinado en su mayor proporción.

Si se continúa aumentando la cantidad de cloro aplicado el residual será cada vez mayor e incluirá

cloro residual libre en una proporción equivalente al del residual combinado.

Finalmente se llega a un momento en que al no quedar más elementos orgánicos sin neutralizar en el medio, la proporción de residual libre será cada vez mayor, y comparándolo en forma relativa con el residual combinado, la diferencia será también cada vez mayor llegando a despreciarse la existencia de este último.

Si la proporción de cloro activo libre, agregado en un momento es lo suficientemente grande (supercloración) como para neutralizar toda la materia orgánica presente (Punto de Ruptura o Break Point), el potencial de oxidación aumentará, por lo que en lugar de combinarse con esta últimas, las oxidará, destruyéndolas o transformándolas en sustancias menos complejas, con la consiguiente eliminación de olores y sabores.

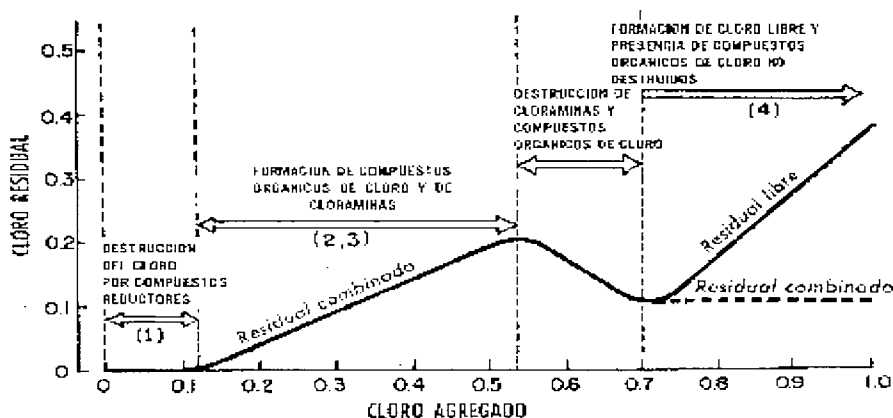


Fig. 2 . Reacciones del Cloro en el Agua.

Material:

- Tubos de ensayo
- Pipetas
- Reactivos:

1. Solución de Yoduro de Potasio (0,042 N)
2. Solución de Almidón comercial:

Hervir durante 15 minutos y agitando continuamente una parte de almidón comercial en 100 partes de agua, cuidado reemplazar el agua por vaporización. Se filtra sobre gasa y se puede agregar esencia de trementina como conservador. Conviene utilizar soluciones frescas.

3. Ácido Acético
4. Solución desinfectante con cloro activo

Manipulación:

En 5 tubos de ensayo colocar 20 ml de agua problema

Agregar en forma sucesiva en cada tubo 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, y 1 ml. de la solución desinfectante con cloro activo.

Agitar y dejar reposar durante 10 minutos.

Agregar 4 gotas de la solución de Yoduro de potasio a cada tubo.

Agregar 4 gotas de Ácido Acético a cada tubo y agitar.

Agregar 4 gotas de la solución de almidón a cada tubo y agitar.

Resultados:

Los frascos que tomaron un color azul son los que tienen cloro residual, el que tiene el azul más tenue es el de mínima demanda de cloro para esa agua y para esa solución desinfectante.

Para mayor cantidad de agua que los 20 ml que se utilizaron se hace una regla de tres simple.

Ej:

20 ml de agua.....0,2 ml de solución desinfectante

1 l de agua.....10 ml de solución desinfectante

(y así sucesivamente)

El fundamento del método consiste en que, en los tubos que existe cloro residual (o sea en los que se ha satisfecho totalmente la demanda), este actúa favorecido por el medio ácido dado por el ácido acético, sobre el KI desplazando al yodo del compuesto, el cual a su vez reacciona con el almidón dando el color azul característico.

2. Determinación de cloro residual

Para asegurar una buena desinfección del agua, por acción del cloro libre activo o combinado, además de determinadas condiciones físicas del agua (pH, temperatura, concentración de sustancias y tiempo de contacto), es necesario agregar el elemento desinfectante en una cantidad suficiente como para que satisfaga la demanda de cloro, lo que incluye al que se necesita para la destrucción de la vida bacteriana más un residuo indicador de que las reacciones químicas y biológicas se han completado. Esta cantidad excedente es lo que se denomina Cloro residual (cuando está constituido fundamentalmente por cloro activo libre) o Cloro residual combinado (cuando lo está por cloro activo combinado).

Esa determinación es importante para el contralor del tratamiento desinfectante (a base de cloro o hipocloritos) del agua destinada al consumo o que interviene en los procesos de elaboración de alimentos. El valor de cloro remanente, luego de un cierto tiempo de contacto, permite ajustar la cantidad de desinfectante a agregar, evitando insuficiencias, que invalidarían el tratamiento o excesos que conferirían al agua un sabor desagradable.

3. Determinación de cloro activo

Consiste en determinar qué cantidad de cloro activo existe en una solución de hipoclorito de Na problema, y de esta forma saber qué cantidad de dicha solución debemos agregar al agua para poder lograr un tratamiento eficaz.

Materiales:

- Matraz Erlenmayer de 100 ml
- Pipetas
- Reactivos:
 - Solución de Yoduro de Potasio (KI) (libre de yodatos) en una concentración de 7 g/l
 - Solución de ácido sulfúrico (H_2SO_4)
 - Agua destilada

Manipulación:

En el matraz se coloca en forma sucesiva

25 ml de agua destilada

0.5 ml de solución desinfectante problema

10 ml de ácido sulfúrico

Titular con pipeta con la solución de Yoduro de potasio hasta la aparición franca de un color amarillo (la titulación debe ser rápida ya que a partir del agregado de ácido se comienza a desprender el cloro).

Resultados:

El fundamento está dado en que al agregar el ácido, se libera el cloro rápidamente que por su gran actividad química desplaza al yodo de sus sales (yoduro de K), dejándolo libre. Este yodo libre en el medio es el responsable de la coloración amarilla de la solución.

Según la concentración de esta solución de KI, cada ml gastado en la titulación equivale a 1 % de cloro activo, o sea 10 g/l de solución de hipoclorito.

Inconvenientes:

- a. Otras sustancias oxidantes presentes en el agua pueden dar una reacción similar.
- b. Se necesita como mínimo, unos 0,15 mg/l de cloro para liberar suficiente yodo que permita visualizar la reacción.

Formas de cloración

1. Cloración simple:

Es la aplicación directa de cloro a un agua que no ha sufrido ningún tipo de tratamiento anterior (agua cruda). Se utiliza fundamentalmente para la desinfección a nivel agropecuario.

2. Precloración:

Es la aplicación de cloro al agua antes de cualquier otro tratamiento.

Se utiliza para:

- mejorar la coagulación.
- suprimir la descomposición de la materia orgánica en los tanques de sedimentación.
- control de algas y organismos microscópicos en tanques y filtros.

Se utiliza a nivel de plantas de abastecimiento para grandes ciudades.

3. Poscloración:

Es la aplicación de cloro al agua después de cualquier tipo de tratamiento (especialmente después de la filtración). Tiene, en general, la finalidad de lograr la desinfección del agua con una menor competencia de materia orgánica. Se utiliza en los establecimientos industriales elaboradores de alimentos (usinas, frigoríficos).

4. Recloración:

Es la aplicación de cloro al agua después de haber aplicado un tratamiento anterior de cloración. Su finalidad es mantener un residuo adecuado de cloro o como protección suficiente frente a una potencial recontaminación del agua. Se utiliza con las mismas finalidades que la Precloración.

Para lograr todo lo anterior se utiliza:

- a. Cloro activo combinado: Tiene una menor actividad bactericida y oxidativa que el cloro activo libre (para obtener la misma acción bactericida en un mismo lapso, se necesita 25 veces más de cloro activo combinado y una misma acción bactericida con una misma cantidad de cloro, se necesitará un lapso 100 veces mayor para el cloro activo combinado). El cloro activo combinado se utiliza normalmente para la poscloración y la recloración y en general para el control de olores y sabores.
- b. Cloro activo libre: Se utiliza, en general, para la cloración simple y en la precloración con finalidad bactericida y de remoción de sustancias oxidables (NH_3 , Fe, Mn, H_2S).

Test Simple de Cloro

Para testear cloro y pH (DPD, Dietil-P-fenilenediamina). Es un método para determinar cloro libre y cloraminas en agua.

El kit tiene 8 escalas estándar en colores correspondientes a una concentración de cloro.

Todos los estándares se ven a primera vista comparando el color con el test de la muestra.

Este dispositivo no necesita discos de color.

Manipulación:

1. Se llenan 3 tubos de 10 ml con una muestra de agua, se colocan en el dispositivo.
2. Se adiciona el reactivo en el tubo central (DPD) para desarrollar el color.
3. Se aproxima a la luz y se lee el resultado directamente comparando la muestra con la escala estándar.

Comparador con Discos de Color (DPD)

Se basa en un disco incorporado al comparador con una escala estándar permitiendo

Determinar cloro libre residual, monoclорaminas, cloro residual combinado y cloro total según el tipo de pastilla utilizada.

Las tabletas utilizadas se numeran del 1 a 4 correlativamente.

CÁLCULO DE DOSIS DE CLORO A APLICAR EN EL AGUA

$$\text{Volumen de NaOCl necesario} = \frac{\text{ppm de Cl disponible deseado} \times \text{volumen total de agua}}{(\% \text{ de Hipoclorito de Na del Producto}) \times (10)}$$

El volumen de cloro que se necesita para desinfectar el agua de consumo se obtiene con la aplicación de las siguientes fórmulas:

$$V_{cl} = D_{cl} + Cl_r$$

V_{cl} : volumen de cloro a aplicar

D_{cl} : demanda de cloro

Cl_r : cloro residual

$$G = V_{cl} \times L / \% \times 10$$

G: hipoclorito a aplicar (gramos)

V_{cl} : concentración deseada de cloro (ppm)

L: volumen de agua a clorar (litros)

%: cloro activo del producto

10: constante

Definida la concentración final de la solución de cloro (cf) a ser empleada por el dosificador, se aplica la siguiente ecuación para obtener el volumen del agua de disolución requerida (Vd) que será agregada a la solución matriz:

$$V_d = (C_o \times V_o / C_f) - V_o$$

C_o : Concentración inicial de la solución matriz g/l

V_o : Volumen de la solución matriz (L)

C_f : () esperada de la solución diluida (g/l)

BIBLIOGRAFÍA

APHA, AWWA, WPCF, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (Métodos normalizados para el análisis del agua y aguas residuales 19ª Edición. E.U.A.) 20th Edition. U.S.A .1998.

Norma UNIT 893-91. Agua potable. Análisis microbiológico y enumeración de coliformes totales y coliformes fecales NMP. Montevideo, Uruguay.

OMS. Guías para la calidad del agua potable. 2^{da} ed. Vol 1 y 3 Ginebra 1995-1999.

OPS/OMS. Manual de desinfección. Guías para la selección y aplicación de tecnologías de desinfección del agua para consumo humano en pueblos pequeños y comunidades rurales en América Latina y el Caribe. División Salud y Ambiente. Serie técnica N° 30 1995.

OSE. Normas de calidad de aguas potables. Montevideo, Uruguay. Febrero 2000.

Piza Texeira P. Manual sobre Vigilancia Ambiental. Serie HSP-UNI/Manuales Operativos PALTEX Volume IV, N° 12. 1996.

Seoanez Calvò, M. Ingeniería del medio ambiente : aplicada al medio natural continental: manual técnico para el empresario, el ingeniero, el gestor medioambiental y el enseñante. 701 p. Madrid: Mundi-Prensa: Análisis y Trabajos Prospectivos, 1996.

Solsona F., Méndez J.P. Desinfección del agua. OPS/CEPIS /PUB/02.83 2002.

Cuadro 1. Tabla de Mac Grady

Tubos de 10 ml	Tubo de 1 ml	Tubo de 0.1 ml	N.M.P. 100ml
0	0	1	2,0
0	1	0	2,0
1	0	0	2,2
0	1	1	4,0
1	0	1	4,4
1	1	0	4,4
2	0	0	5,0
1	1	1	6,7
2	0	1	7,5
2	1	0	7,6
3	0	0	8,8
2	1	1	10,0
3	0	1	12,0
3	1	0	12,0
4	0	0	15,0
4	0	1	20,0
4	1	0	21,0
5	0	0	38,0
5	0	1	96,0
5	1	0	240,0
5	1	1	mas de 240

Cuadro. 2.

Diferenciación de E. coli según la norma inglesa (N.I.) y americana (N.A.)

Bacteria	Indol	Rojo Metilo	Voges Proskauer	Citrato	Mac Conkey (gas 44°C)	Lic. Gel.	Origen
<i>E. coli</i> var. I	+	+	-	-	+	-	Fecal
<i>E. coli</i> var. II	-	+	-	-	-	-	
<i>E. freundii</i> var. I	-	+	-	+ (N.I.) - (N.A.)	-	-	No fecal (suelo)
<i>E. freundii</i> var. II	+	+	-	+	-	-	No fecal (suelo)
<i>A. aerogenes</i> var. I	-	-	+	+ (N.I.) - (N.A.)	-	-	No fecal (vegetal)
<i>A. aerogenes</i> var. II	+ (N.I.) - (N.A.)	-	+	+	-	-	No fecal (vegetal)
<i>A. cloacae</i>	-	-	+	+	-	+	No fecal (vegetal)

El agua es una de las sustancias más difundidas y abundantes en el planeta Tierra. Es imposible concebir algún tipo de actividad viva sin que ella no esté presente.

En el medio rural esta relación agua / actividad agropecuaria es muy estrecha y genera repercusiones económicas y sociales que pueden validar o no el desarrollo humano y animal.

El Manual que presentamos, no pretende otra cosa que dar al usuario algunas guías genéricas sobre el agua, especialmente las dedicadas al análisis de algunas de sus características que influyen directamente en su calidad de potable.

Estos datos están presentados en forma ordenada y esquematizada. Esperamos que los mismos sirvan para que colegas y estudiantes puedan contar con una herramienta dúctil que le permita rápidas consultas para resolver los problemas que a cotidiano se le puedan presentar.

CO-EDITORES Y AUSPICIANTES DE LA PUBLICACIÓN



AG