



---

## CALIDAD DEL AGUA

---

# CAJA DE HERRAMIENTAS

Manual de Capacitación  
JAAPS - Módulo 7/7

PROGRAMA DE AGUA Y SANEAMIENTO RURAL



# CREDITOS Y AGRADECIMIENTOS

---

## CREDITOS

1

### Autores

**Gracia Melina Pineda H.** – Especialista Programa SANAA – BID.

**Juana Argentina Martínez E.** – Especialista Programa SANAA – BID.

**Moisés Leonel Oviedo C.** – Regional Occidente SANAA.

**Santos Vicente Ortiz C.** – Regional Centro Oriente SANAA / Olancho.

**Henry Arturo Gudiel B.** – Regional Centro Oriente SANAA / El Paraíso.

### Colaboradores

**Leonel Damián Suazo** – Planificación y Capacitación División de Desarrollo SANAA.

**Senia Eben Tercero** – Planificación y Capacitación División de Desarrollo SANAA.

**Santos Benito Varela** – Planificación y Capacitación División de Desarrollo SANAA.

**Denisia Jazmín Mendoza** – Regional Centro Oriente SANAA / Francisco Morazán.

**Marlon Antonio Méndez** – Regional Norte SANAA.

**Cesar Omar Gonzales** – Regional Centro Oriente SANAA / Olancho.

**Florencio Menjivar** – Regional Occidente SANAA.

## AGRADECIMIENTO

Un especial agradecimiento a los técnicos de las diferentes regionales del SANAA por su aporte en la fase de revisión y validación; a las organizaciones e instituciones que colaboraron proporcionando información de consulta y a la cooperación Española a través del Programa Agua Potable y Saneamiento Rural SANAA – BID por el aporte financiero para la elaboración de estos módulos de capacitación.

# CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	3
MARCO CONCEPTUAL.....	5
MARCO LEGAL.....	7
MARCO TEÓRICO.....	15
<b>Tema 1: CALIDAD DEL AGUA</b>	<b>15</b>
Importancia de la Calidad del Agua.....	15
Características del Agua.....	15
<b>Tema 2: CONTAMINACION DEL AGUA</b>	<b>20</b>
<b>Tema 3: ENFERMEDADES DE TRANSMISION HIDRICA</b>	<b>22</b>
<b>Tema 4: POTABILIZACION DEL AGUA</b>	<b>30</b>
Procesos para Mejorar la Calidad del Agua.....	30
Métodos de Desinfección.....	31
Tecnologías Apropriadas de Potabilización.....	40
<b>Tema 5: MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA</b>	<b>44</b>
Etapas de Control y Frecuencia del Muestreo de la Calidad del Agua.....	44
Procedimiento para la Recolección de Muestras de Agua.....	46
Parámetros para Definir la Calidad del Agua.....	48
<b>Tema 6: PLANES DE SEGURIDAD DEL AGUA</b>	<b>50</b>
BIBLIOGRAFÍA.....	52
ANEXOS.....	53



## INTRODUCCION

---

Un mandato fundamental en la prestación de los servicios de agua potable y saneamiento, que los prestadores tanto urbanos como rurales deben cumplir, es dotar a sus clientes de agua de calidad ya que en la actualidad el porcentaje de consumo de agua potable no supera la cuarta parte de la población, siendo menor este porcentaje en el área rural. Por esta razón la caja de herramientas contienen uno modulo específico sobre calidad del agua ya que la formación/capacitación a prestadores rurales es de vital importancia para elevar este porcentaje en cumplimiento a la norma técnica de la calidad del agua vigente.

3

Este módulo está dirigido a los técnicos facilitadores de procesos de capacitación/formación como una herramienta de consulta la cual contiene la temática sobre calidad del agua, desde aspectos generales hasta llegar a temas específicos como ser: procesos de potabilización, enfermedades de origen hídrico, y los diferentes contaminantes que vuelven el agua no apta para consumo humano.

Como un complemento al módulo se anexa un guion metodológico que orienta al técnico en cómo puede transmitir estos conocimientos a los miembros de las juntas de agua y demás prestadores, en el entendido que el facilitador tiene la libertad de aplicar su propia metodología de enseñanza.

## OBJETIVO GENERAL

---

- ✓ Dotar a los técnicos/facilitadores de la temática en relación a la calidad del agua como una herramienta para el proceso de enseñanza - aprendizaje con los prestadores rurales y peri urbanos, quienes a su vez podrán reconocer la relación entre el agua y la salud, a través del análisis de su situación actual y los mecanismos para potabilizar el agua en cumplimiento de las leyes vigentes.

## OBJETIVOS ESPECIFICOS

---



- ✓ Fortalecer los conocimientos de los técnicos/facilitadores sobre los tipos de desinfección y las técnicas apropiadas en estados normales y de emergencia.
- ✓ Empoderar a los técnicos sobre la importancia de implementar la metodología de los planes de seguridad del agua como un mecanismo de seguimiento y control de la calidad del agua.
- ✓ Proporcionar un resumen de las leyes y los artículos específicos aplicables en materia de calidad del agua para que los técnicos/facilitadores y los prestadores, pueden fundamentar sus acciones en base a la legislación vigente.



## MARCO CONCEPTUAL

---

- **Calidad de agua:** Se refiere a las condiciones en que se encuentra el agua respecto a las características físicas, químicas y biológicas; entendiéndose que la misma es de calidad cuando no causa daño a la salud.
- **Control de Calidad del agua:** Actividad sistemática y continua de supervisión de las diferentes fases de producción y distribución de agua, según programas específicos, que deben ejecutar los organismos operadores.
- **Cloración:** La cloración es el procedimiento de desinfección de aguas mediante el empleo de cloro o compuestos clorados.
- **Cloro:** Elemento químico, halógeno, gaseoso, amarillo verdoso, tóxico. Descompone muchas sustancias orgánicas, por lo que se emplea para desinfectar y para blanquear vegetales.
- **Cloro Residual:** Se llama así a la cantidad total de cloro libre, que queda en el agua después de transcurrir un periodo de tiempo de la aplicación del cloro.
- **Coliformes:** Grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos.
- **Contaminación:** Deterioro o modificación de la calidad del agua causada por la fauna, los residuos domésticos, agrícolas, industriales y desechos humanos, que tienen un efecto negativo sobre cualquier uso del agua.
- **Epidemia:** Es un incremento significativamente elevado en el número de casos de una enfermedad con respecto al número de casos esperados.
- **Filariasis:** Constituye un grupo de enfermedades parasitarias en el humano y otros animales.
- **Floculo:** Es un grumo (masa o terrón) de materia orgánica formado por agregación de sólidos en suspensión.
- **Hiperquetosis:** Es un trastorno caracterizado por el engrosamiento de la capa externa de la piel, que está compuesta de queratina, una fuerte proteína protectora.



- **Nefelómetro:** Es un instrumento para medir partículas suspendidas en un líquido.
- **Organolépticos:** Son todas aquellas descripciones de las características físicas que tiene la materia en general, según las pueden percibir los sentidos, por ejemplo: su sabor, textura, olor, y color.
- **Saturnismo:** Se denomina saturnismo, al envenenamiento que produce el plomo (Pb) cuando entra en el cuerpo humano.
- **Esquistosomiasis:** Es una enfermedad parasitaria producida por gusanos platelmintos de la clase trematodos del género Schistosoma.
- **Zooplankton:** Se denomina a la fracción del plancton constituida por seres que se alimentan, por ingestión, de materia orgánica ya elaborada. Son heterótrofos que en la cadena trófica ocupan las primeras posiciones de consumidores, alimentándose de los productores primarios (componentes del fitoplancton), de organismos descomponedores, como bacterias, o de otros componentes del zooplankton. Algunos se alimentan de residuos orgánicos particulados.
- **Pandemia:** Expresión que significa enfermedad de todo un pueblo es la afectación de una enfermedad infecciosa de los humanos a lo largo de un área geográficamente extensa. Etimológicamente hablando debería cubrir el mundo entero y afectar a todos.



## MARCO LEGAL

---

La eficacia de los programas de vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano depende idealmente de la existencia de una legislación, es decir: códigos, reglamentos y normas adecuadas.

7

Un aspecto importante de la legislación básica es definir la autoridad, obligaciones, funciones y la responsabilidad del Organismo de vigilancia y del organismo encargado del suministro del agua para consumo humano.

Las normas especifican la calidad del agua que deberá suministrarse al consumidor, las prácticas que se aplicaran en la selección y desarrollo de las fuentes de agua y en los procesos de potabilización y distribución.

En Honduras contamos con los siguientes instrumentos legales en relación con la calidad del agua para consumo humano:

- **Código de salud** establece que: La Autoridad Nacional para establecer y revisar normas para definir la calidad del agua para consumo humano es la Secretaría de Salud. Además es responsable de velar por la calidad de los abastecimientos de agua y proteger la salud de la población, ya que le corresponde realizar la vigilancia sanitaria de las aguas.
- **Según La Ley Marco De Agua Y Saneamiento.** El Organismo abastecedor de agua potable (SANAA, Municipalidades, Juntas de agua, Vendedores de agua embotellada) tiene el deber legal de suministrar agua sana e inocua que se ajuste a la Norma Técnica Nacional para la calidad del agua potable.
- **Según La Ley Marco De Agua Y Saneamiento.** El Organismo Operador tiene la responsabilidad de realizar el control de calidad de todas las fases de la producción y distribución del agua y es responsable de la seguridad del suministro hasta un punto determinado del sistema de distribución, generalmente la conexión con las viviendas o con las llaves públicas (antes del medidor).
- **El Reglamento de Salud ambiental** tipifica las infracciones y la gravedad de la falta de no suplir agua de calidad aceptable para consumo humano.





## LEY MARCO DEL SECTOR AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO

DECRETO No. 118-2003

**ARTÍCULO 1.** La presente Ley establece las normas aplicables a los servicios de agua potable y saneamiento en el territorio nacional como un instrumento básico en la promoción de la calidad de vida en la población y afianzamiento del desarrollo sostenible como legado generacional.

La prestación de estos servicios se regirá bajo los principios de **calidad**, equidad, solidaridad, continuidad, generalidad, respeto ambiental y participación ciudadana.

**ARTÍCULO 2.** Son objetivos de la presente Ley:

Inciso. 2) Asegurar la calidad del agua y su potabilidad, garantizando que su consumo sea saludable para las personas.

**ARTICULO 24.** Para el cumplimiento de las normas de calidad requeridas en los servicios de agua potable y saneamiento, el Ente Regulador velará porque los prestadores cuenten con planes de inversión viables, que les permitan gradualmente ejecutar la construcción de las instalaciones de saneamiento necesarias y el desarrollo de proyectos de protección ambiental en las áreas de cuencas, subcuencas y microcuencas en donde se ubiquen los acuíferos o fuentes de agua superficiales o del subsuelo y donde se realicen los vertidos de efluentes.

**ARTICULO 25.** Los usuarios de los servicios públicos de agua potable y saneamiento gozan entre otros de los derechos siguientes:

Numeral 3. Ser atendidos por el prestador en las consultas y reclamos que formule, cuando la calidad del agua y de los servicios sea inferior a la establecida, o cuando incurrieren en cualquier conducta irregular u omisión que afecte o menoscabe sus derechos.

**ARTICULO 44.** Son infracciones de los prestadores:

Numeral 2) Incumplimiento de normas de calidad de los servicios.

**CÓDIGO DE SALUD (DECRETO NÚMERO 65-91)**  
**LIBRO II DE LA PROMOCIÓN Y PROTECCIÓN DE SALUD**  
**TÍTULO 1 SANEAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE**

**Artículo 26.-** Para los efectos de usos se establece la siguiente clasificación del agua:

- a) Para consumo humano;
- b) Para uso doméstico;
- c) Para la preservación de la flora y de la fauna;
- ch) Para uso agrícola y pecuario; y,
- d) Para uso industrial.

**Artículo 27.** El diseño, construcción y operación de todo sistema de tratamiento de agua para consumo humano, se registrará por las normas establecidas por la Secretaría.

**Artículo 28.** Las entidades administradoras de los acueductos comprobarán periódicamente las condiciones sanitarias del sistema.

**Artículo 30.** La Secretaría vigilará el cumplimiento de las medidas higiénicas ordenadas para evitar la contaminación de las aguas subterráneas.

**Artículo 32.** La Secretaría, por medio del órgano correspondiente ejecutará el control y vigilancia sanitaria de las aguas y establecerá las características deseables y admisibles que aquellas deben tener.

**Artículo 33.** La utilización del agua para consumo humano, tendrá prioridad sobre cualquier otra de las opciones establecidas en el Artículo 26 de este Código.

**Artículo 34.** Se prohíbe utilizar las aguas como sitio de disposición final de residuos sólidos, debiéndose ajustar estrictamente a los reglamentos que se establezcan.

**Artículo 38.-** El agua para consumo humano deberá ser potable. Se entenderá por agua potable la que reúna las características físicas, químicas y biológicas que se establezcan conforme al reglamento.

**Artículo 39.-** Cuando para consumo humano se utilice agua lluvia, deberá cumplir con los requisitos de potabilidad que señale LA SECRETARIA o la entidad competente.



## REGLAMENTO GENERAL DE SALUD AMBIENTAL (ACUERDO No.0094, 11 Junio, 1997)

**Artículo 11.** Se entiende por agua para consumo humano aquella que en su estado natural o que después de ser sometida a tratamiento reúne características físicas, químicas y biológicas, según las normas mínimas definidas por el Departamento de Salud Ambiental.

**Artículo 12.** El agua para consumo humano, para uso doméstico y para la elaboración de productos alimenticios tiene que cumplir las características físicas, químicas y biológicas, según la Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable, establecida por la Secretaría de Estado en el Despacho de Salud.

**Artículo 15.** Toda entidad administradora de abastecimiento de agua para consumo humano o uso doméstico, pública o privada, ya sea fuente de agua superficial o subterránea, estará obligada a suministrar agua que cumpla con las características definidas en la Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable, cuyo cumplimiento vigilará la autoridad de la respectiva Región o Área de Salud, mediante inspecciones de control del sistema y de la calidad del agua. El incumplimiento de esta obligación constituye una falta muy grave.

**Artículo 20:** Toda entidad administradora de abastecimiento de agua para consumo humano, para uso doméstico o para la industria alimenticia, ya sea pública, nacional, municipal o local, estará obligada a controlar las condiciones físicas y sanitarias del sistema, así como la calidad del agua suministrada mediante análisis de laboratorio en los puntos de muestreo donde la entidad de salud lo estime más conveniente y con la frecuencia estipulada por Norma Técnica Nacional, llevando un registro en que se haga constar el estado de la obra y su funcionamiento y la calidad de agua suministrada. Al detectar fallas en el sistema o en la calidad de agua que sobrepasen los valores máximos admisibles establecidos en la Norma Técnica Nacional para la Calidad del Agua Potable, los responsables deberán proceder de inmediato a corregirlas en forma apropiada, informando la autoridad de la respectiva Región o Área de Salud.

**Artículo 26.** Cuando un pozo se ponga fuera de servicio deberá sellarse herméticamente para evitar la entrada de agua superficial o de cualquiera otra sustancia que pueda contaminar el manto de agua subterránea.

La autoridad de salud según la gravedad del caso calificará la falta desde menos graves hasta gravísima.



**NORMA TÉCNICA NACIONAL PARA LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE VIGENTE**  
**Acuerdo 084-1995**

**Artículo 3.** Esta Norma de Calidad del Agua establece los requisitos básicos a los cuales debe responder la calidad del agua suministrada en los servicios para consumo humano y para todo uso domestico, independientemente de su estado, origen o grado de tratamiento.

**Artículo 5.** Para todos de regulaciones en la calidad del agua abastecida, los organismos operadores se sujetaran a esta norma de calidad que contiene los parámetros físicos, químicos, bacteriológico y microbiológicos en sus aspectos estéticos, organolépticos y de significado para la salud establecidos en los cuadros 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 del Anexo I, sin perjuicio de lo determinado en el artículo 11.

**Artículo 6.** Esta norma establece tres etapas de Control de la Calidad de Agua (Ver anexo 2 cuadro A), a desarrollarse en el tiempo.

**Artículo 7.** El programa de Control de la Calidad del Agua de la primera etapa será efectuado en todos los acueductos del país. Los programas de control de la segunda etapa deben ser iniciados a un máximo de tres años después de la aprobación de esta Norma, y los de la tercera etapa a un máximo de 5 años de esta fecha.

**7.1.** Los puntos de recolección de muestra serán fijados por las autoridades nacionales pertinentes.

**7.2.** Para la ejecución del control los organismos operadores se referirán por la frecuencia mínima de muestreo contenida en el Anexo 2, cuadro B.

**7.3.** En la medida de lo posible se utilizaran los métodos de análisis contenidos en el anexo 3.

**7.4.** Los Laboratorios que utilicen otros métodos deberán garantizar que estos generen resultados equivalentes o comparables a los resultados que se obtengan con los métodos contenidos en el anexo 3.

**7.5.** Los laboratorios que realicen analices de agua deberán estar certificados, normalizados o regulados según la legislación existente en este campo.



**Artículo 9.** Las fluctuaciones de calidad por un periodo corto durante el cual se excedan los parámetros organolépticos no implican necesariamente que el agua no es apta para el consumo humano. El término “Periodo corto” será definido por las autoridades competentes.

Cuando uno o varios parámetros superen los límites máximos admisibles establecidos por la Norma se deberá informar a las autoridades competentes para que se efectúe el estudio del caso y se tomen las medidas correctivas necesarias.

**Artículo 10.** Cuando se sobrepase un valor máximo permisible ello es indicativo de que es necesario: Intensificar acciones de Vigilancia Sanitaria y tomar acciones correctivas, consultar a las autoridades nacionales responsables de los programas de vigilancia y control de la calidad del agua para que proporcionen asesoramiento sobre el nivel de riesgo y acciones correctivas.

**Artículo 11.** En caso de emergencia, calificada como tal por las autoridades respectivas, se podrá autorizar, por un periodo limitado, que las concentraciones máximas permitidas, en las Normas contenidas en el anexo 1, se sobrepasen, siempre y cuando la salud pública no se ponga en peligro y el suministro de agua no se pueda asegurar por otra alternativa.

El periodo limitado de tiempo será definido por la autoridad competente.





## MARCO TEORICO

---

### Tema 1: CALIDAD DEL AGUA

13

La Calidad del Agua es absolutamente vital, al punto de que muchas de las actuales enfermedades podría evitarse simplemente bebiendo agua segura en lugar de agua contaminada. Su calidad puede llegar a determinar nuestro buen o mal estado de salud, de ahí que muchos expertos insistan en la trascendencia de saber lo que bebemos.

#### Importancia de la Calidad del Agua:

Muchas personas no valoran el hecho de disponer de agua: el agua fluye con tan sólo abrir el grifo y en los supermercados es posible elegir entre docenas de marcas de agua embotellada.

No obstante, para más de mil millones de personas de nuestro planeta, el agua segura está fuera de su alcance. Además, unos 2.600 millones de personas no tienen acceso a un saneamiento adecuado. Las consecuencias son devastadoras.

Se estima que 2 millones de niños mueren cada año debido a enfermedades relacionadas con el agua contaminada y un saneamiento insuficiente, un número mucho mayor que el de personas asesinadas como resultado de un conflicto violento. Mientras tanto, una mala gestión del agua, un exceso de consumo y la contaminación mundial reducen la cantidad y calidad del agua.

Debido a la amplia gama de contaminantes, a los diferentes niveles de contaminación, así como a la cinética química de las sustancias, elementos, materia orgánica y microorganismos que se incorporan en el cuerpo de agua, es indispensable conocer las características físicas, químicas y biológicas del agua antes de seleccionarla como fuente de agua cruda.

#### Características del Agua:

**Características Físicas:** Las características físicas del agua, llamadas así porque pueden impresionar a los sentidos (vista, olfato, etcétera), tienen directa incidencia sobre las condiciones estéticas y de aceptabilidad del agua.

Se consideran importantes las siguientes:

- Turbiedad,
- Color,





- Olor y sabor,
- Temperatura, y
- PH.

- ✓ **Turbiedad:** La turbiedad es originada por arcillas, limo, tierra finamente dividida, etcétera. En la práctica, la remoción de la turbiedad no es un proceso difícil de llevar a cabo en una planta de clarificación de agua; sin embargo, es uno de los que más influye en los costos de producción, porque, por lo general, requiere usar coagulantes, acondicionadores de pH, ayudantes de coagulación, etcétera. Aunque no se conocen los efectos directos de la turbiedad sobre la salud, esta afecta la calidad estética del agua, lo que muchas veces ocasiona el rechazo de los consumidores.

Se ha demostrado que en el proceso de eliminación de los organismos patógenos por la acción del cloro, las partículas causantes de la turbiedad reducen la eficiencia del mismo y protegen físicamente a los microorganismos del contacto directo con el desinfectante. Por esta razón, si bien las normas de calidad establecen un criterio para turbiedad en la fuente de abastecimiento, esta debe mantenerse mínima para garantizar la eficacia del proceso de desinfección.

La medición de la turbiedad se realiza mediante un turbidímetro o nefelómetro. Las unidades utilizadas son, por lo general, unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).y las Guías de Calidad para Aguas de Consumo Humano de la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomiendan como valor guía 5 UNT. La OMS indica, sin embargo, que para una desinfección eficiente, el agua filtrada debería tener una turbiedad promedio menor o igual a una UNT.

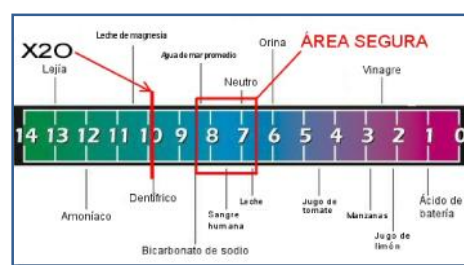
- ✓ **Color:** Esta característica del agua puede estar ligada a la turbiedad o presentarse independientemente de ella. Esta característica del agua se atribuye comúnmente a la presencia de taninos, lignina, ácidos húmicos, ácidos grasos, ácidos fúlvicos, etcétera. Se considera que el color natural del agua, excluyendo el que resulta de descargas industriales, puede originarse por las siguientes causas:
  - La descomposición de la materia,
  - La materia orgánica del suelo,
  - La presencia de hierro, manganeso y otros compuestos metálicos, y
  - Una combinación de los procesos descritos.
- ✓ **Olor y Sabor:** La Organización Mundial de la Salud recomienda como criterio que por razones organolépticas, las fuentes de abastecimiento deben estar exentas de olor y sabor.

- ✓ **Potencial Hidrógeno (pH):** Es un parámetro básico que indica el grado de acidez o alcalinidad del agua. La medición del pH debe realizarse en el sitio, ya que puede sufrir variación importante en el transcurso del tiempo.

El pH influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua, como la corrosión y las incrustaciones en las redes de distribución. Aunque podría decirse que no tiene efectos directos sobre la salud, sí puede influir en los procesos de tratamiento del agua, como la coagulación y la desinfección. Por lo general, las aguas naturales (no contaminadas) exhiben un pH en el rango de 5 a 9. Cuando se tratan aguas ácidas, es común la adición de un álcali (por lo general, cal) para optimizar los procesos de coagulación.

En algunos casos, se requerirá volver a ajustar el pH del agua tratada hasta un valor que no le confiera efectos corrosivos ni incrustantes.

La Norma Nacional para la calidad del agua potable establece un rango de pH 6,5 a 8,5 para el agua potable.



*Tabla de PH.*

- **Características Químicas:** El agua, como solvente universal, puede contener cualquier elemento de la tabla periódica. Sin embargo, pocos son los elementos significativos para el tratamiento del agua cruda con fines de consumo o los que tienen efectos en la salud del consumidor.

Características e importancia de los principales parámetros químicos relacionados con las fuentes de abastecimiento.

- ✓ **Aluminio:** Es un componente natural del agua. Cuando el aluminio se encuentra en el agua cruda, se recomienda usar como coagulantes sales de hierro o polímeros sintéticos. Los coagulantes aluminicos dejan un remanente de metal que, en algunos casos, puede llegar a niveles no deseados.

En el caso del aluminio, la OMS ha establecido un valor guía de 0,2 mg/L para aguas de consumo humano.

- ✓ **Arsénico:** Puede estar presente en el agua en forma natural. Es un elemento muy tóxico para el hombre.

Se encuentra en forma trivalente o pentavalente, tanto en compuestos

inorgánicos como orgánicos. Las concentraciones de As en aguas naturales usualmente son menores de 10 µg/L.

Sin embargo, en zonas mineras pueden encontrarse concentraciones entre 0,2 y 1 g/L. La toxicidad del As es compleja, pues depende de la vía de exposición, del estado de valencia y de la forma química (inorgánica u orgánica) del compuesto. El arsénico inorgánico es el responsable de la mayoría de los casos de intoxicación en seres humanos.

Se sospecha que el arsénico tiene efectos cancerígenos por la correlación encontrada entre la incidencia de hiperquetosis y cáncer de la piel por un lado y la ingestión de aguas con más de 0,3 mg/L de arsénico por otro. Debido a sus efectos adversos sobre la salud y a la insuficiente información sobre su remoción del agua, se recomienda que en el agua de consumo humano el valor no exceda de 0,01 mg/L.

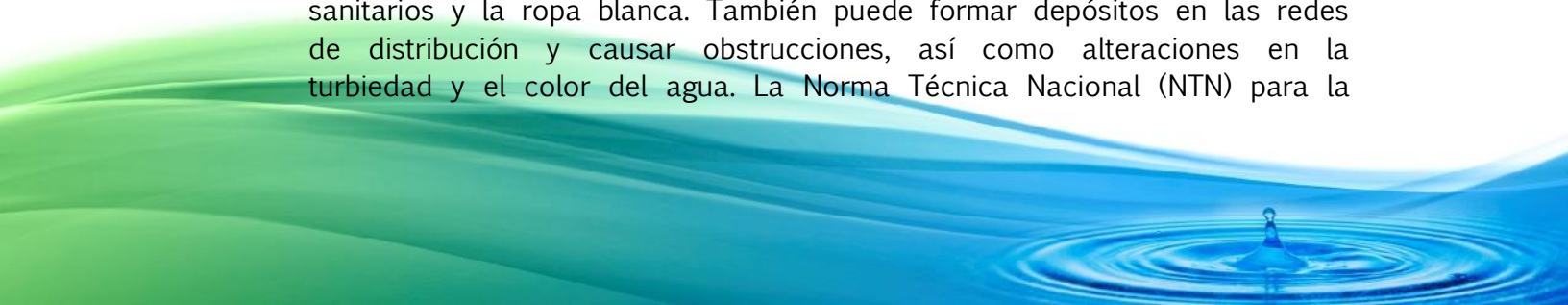
- ✓ **Cianuro:** Su presencia no es frecuente en aguas naturales. La concentración de cianuro en aguas superficiales se debe, por lo general, a su contaminación mediante descargas industriales, en especial de fertilizantes y minería. La extracción de oro usa cantidades importantes de cianuro en procesos que generan efluentes con estos residuos, la mayor parte de los cuales tienen como destino final los ríos y los lagos.

El cianuro es muy tóxico: una dosis de 0,1 mg/L tiene efectos negativos en los peces y una de 50–60 mg/L puede ser fatal para los seres humanos. Los efectos del cianuro sobre la salud están relacionados con lesiones en el sistema nervioso y problemas de tiroides. La toxicidad del cianuro depende de su concentración, el pH y la temperatura, entre otros factores.

- ✓ **Fluoruros:** Elemento esencial para la nutrición del hombre. Su presencia en el agua de consumo a concentraciones adecuadas combate la formación de caries dental, principalmente en los niños (0,8 a 1,2 mg/L). Sin embargo, si la concentración de fluoruro en el agua es alta, podría generar manchas en los dientes (“fluorosis dental”) y dañar la estructura ósea. El Valor máximo permitido en nuestra legislación es 0.7 mg/L.

- ✓ **Hierro:** Es un constituyente normal del organismo humano (forma parte de la hemoglobina).

Por lo general, sus sales no son tóxicas en las cantidades comúnmente encontradas en las aguas naturales. La presencia de hierro puede afectar el sabor del agua, producir manchas indelebles sobre los artefactos sanitarios y la ropa blanca. También puede formar depósitos en las redes de distribución y causar obstrucciones, así como alteraciones en la turbiedad y el color del agua. La Norma Técnica Nacional (NTN) para la



calidad del agua estipula que en las aguas destinadas al consumo humano no se sobrepase un valor de 0.3 mg/L de hierro.

- ✓ **Manganeso:** Es un elemento esencial para la vida animal; funciona como un activador enzimático. Sin embargo, grandes dosis de manganeso en el organismo pueden causar daños en el sistema nervioso central. Su presencia no es común en el agua, pero cuando se presenta, por lo general está asociado al hierro. La NTN estipula que en las aguas destinadas al consumo humano no se sobrepase un valor de 0.5 mg/L de Manganeso.

- ✓ **Nitritos y nitratos:** El nitrógeno es un nutriente importante para el desarrollo de los animales y las plantas acuáticas. Por lo general, en el agua se lo encuentra formando amoníaco, nitratos y nitritos. Si un recurso hídrico recibe descargas de aguas residuales domésticas, el nitrógeno estará presente como nitrógeno orgánico amoniacal, el cual, en contacto con el oxígeno disuelto, se irá transformando por oxidación en nitritos y nitratos.

Este proceso de nitrificación depende de la temperatura, del contenido de oxígeno disuelto y del pH del agua. El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, incluyendo el amoníaco, y la contaminación causada por la acumulación de excretas humanas y animales pueden contribuir a elevar la concentración de nitratos en agua. Generalmente, los nitratos son solubles, por lo que son movilizados con facilidad de los sedimentos por las aguas superficiales y subterráneas.

Una vez en la sangre, el nitrito reacciona con el ion ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ) de la desoxihemoglobina y forma metahemoglobina. Por ello se relaciona al nitrito con una anomalía en la sangre de los niños (metahemoglobinemia) por la ingestión de aguas con un contenido mayor de 10 mg/L de nitratos (como N) y como resultado de la conversión de nitrato en nitrito. La mayor parte de estos casos se asocian a aguas que contienen más de 45 mg/L de nitrato (10 mg/L como  $\text{NO}_3^-$  N).

- ✓ **Plomo:** Las fuentes naturales por lo general contienen plomo en concentraciones que varían notoriamente. Se pueden encontrar desde niveles tan pequeños como trazas hasta concentraciones importantes que contaminan definitivamente el recurso hídrico.

El plomo es un metal pesado en esencia tóxico; puede provocar en el hombre intoxicaciones agudas o crónicas. Es causa de la enfermedad denominada saturnismo. Es un elemento con gran capacidad de bioacumulación; afecta prácticamente a todos los órganos, tanto de los





seres humanos como de los animales. Los sistemas más sensibles a este metal son el nervioso (especialmente, en los niños), el hematopoyético y el cardiovascular.

- ✓ **Sulfatos:** Son un componente natural de las aguas superficiales y por lo general en ellas no se encuentran en concentraciones que puedan afectar su calidad. Los sulfatos de calcio y magnesio contribuyen a la dureza del agua y constituyen la dureza permanente. El sulfato de magnesio confiere al agua un sabor amargo. Un alto contenido de sulfatos puede proporcionar sabor al agua y podría tener un efecto laxante, sobre todo cuando se encuentra presente el magnesio.

Por sus efectos laxantes, su influencia sobre el sabor y porque no hay métodos definidos para su remoción, la OMS recomienda que en aguas destinadas al consumo humano, el límite permisible no exceda 250 mg/L, pero indica, además, que este valor guía está destinado a evitar la probable corrosividad del agua.

## Tema 2: CONTAMINACIÓN DEL AGUA

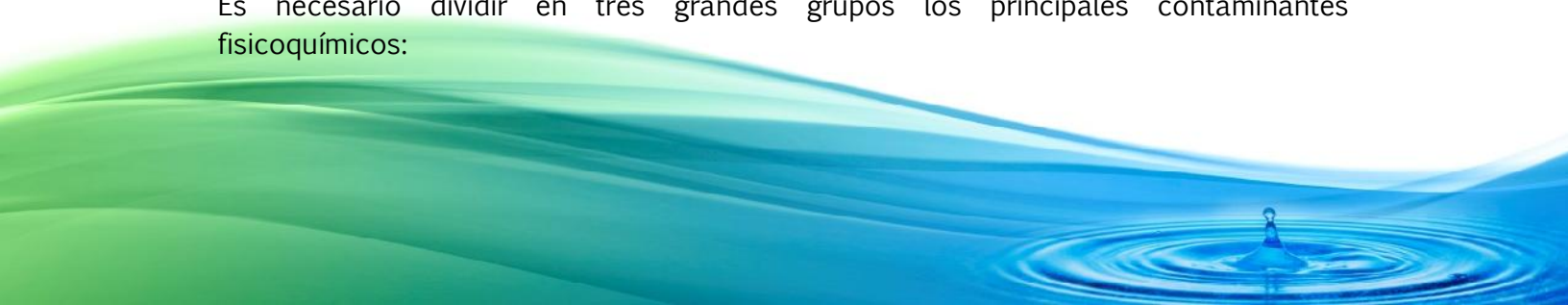
La calidad del agua es una situación que preocupa en países de todo el mundo, por su repercusión en la salud de la población.

Son factores de riesgo los agentes infecciosos, los productos químicos tóxicos y la contaminación.

El agua lluvia cuando cae, transporta partículas de polvo y gases, cuando escurre en la superficie arrastra materia orgánica en descomposición, sales diversas y numerosas bacterias; cuando se infiltra conduce numerosos microorganismos y minerales que la pueden hacer inadecuada para las necesidades humanas.

El uso de aguas superficiales como fuentes de agua para consumo humano implica un riesgo de transmisión de enfermedades hídricas. Los agentes patógenos involucrados con la transmisión por esta vía son las bacterias, virus y protozoos, helmintos y cianobacterias, que pueden causar enfermedades con diferentes niveles de gravedad, desde una gastroenteritis simple hasta serios y a veces fatales cuadros de diarrea, disentería, hepatitis o fiebre tifoidea.

Es necesario dividir en tres grandes grupos los principales contaminantes fisicoquímicos:



- **Contaminantes inorgánicos:** Este es el grupo que más dificultades puede presentar, ya que los métodos convencionales de tratamiento no son efectivos en todos los casos. Cuando se identifiquen contaminantes inorgánicos muy tóxicos en concentraciones altas o estos sean de difícil remoción, como factor de seguridad, debería considerarse la búsqueda de otras fuentes alternas que no los contengan.

Aunque en teoría, en las plantas piloto existen sistemas para reducir remover contaminantes inorgánicos deletéreos, como se expuso anteriormente, la forma química en la que estos se encuentren y el pH del agua son factores críticos que si no se toman en cuenta y no se controlan adecuadamente durante el proceso de tratamiento, pueden hacer fracasar el método.

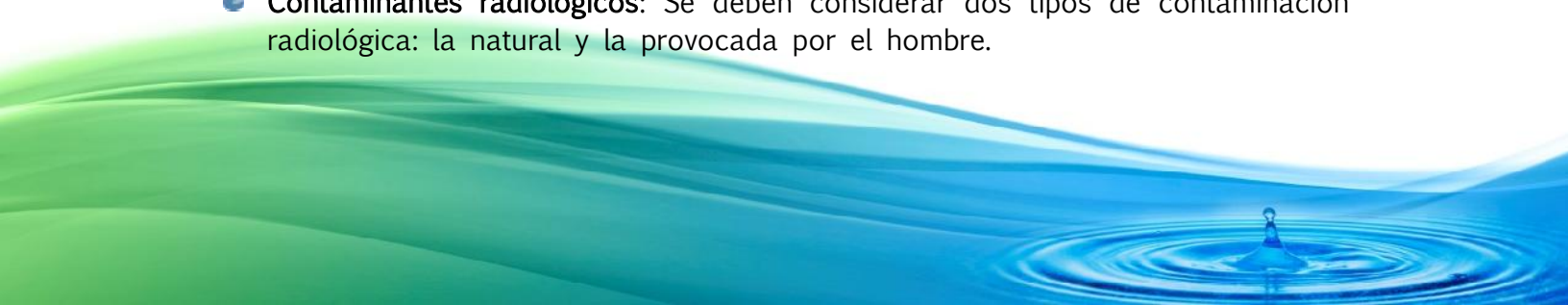
- **Contaminantes orgánicos:** Los contaminantes orgánicos biodegradables son de fácil remoción y no constituyen problema durante el tratamiento, siempre y cuando se encuentren en concentraciones no excesivas. En este último caso, la precloración puede constituir una alternativa que debe ser cuidadosamente controlada para evitar la formación de contaminantes aún más peligrosos.

Los contaminantes orgánicos no biodegradables (hidrocarburos, pesticidas, productos aromáticos, etcétera) son un problema difícil de afrontar para plantas de tratamiento convencionales. En la mayoría de los casos, pueden ser controlados mediante la adición de carbón activado pulverizado o el uso de carbón activado granular dispuesto sobre los lechos de los filtros. Sin embargo, es necesario considerar que esto representa costos adicionales de tratamiento y un mayor control analítico, en la mayoría de los casos especializado, de los procesos de tratamiento en planta.

Se debe tomar en cuenta, además, que los pesticidas que se mencionan en las normas de calidad representan a más de 700 compuestos orgánicos que han sido detectados en Estados Unidos en las aguas de bebida y que provienen de contaminaciones por descargas industriales o domésticas, escorrentías de zonas rurales o urbanas o descomposición natural de materia animal o vegetal.

En casos en que se sospeche de la presencia de compuestos que puedan descomponerse en trihalometanos, el sistema de cloración deberá localizarse en otro punto o deberá cambiarse a otro agente desinfectante no halógeno como el ozono.

- **Contaminantes radiológicos:** Se deben considerar dos tipos de contaminación radiológica: la natural y la provocada por el hombre.





Los radionúcleos naturales (emisores alfa) ocurren algunas veces en aguas subterráneas, pero el tratamiento con cal-soda empleado para el ablandamiento es suficiente para eliminarlos, así como la ósmosis reversa. Los radionúcleos artificiales (emisores beta y gama) son el producto de residuos de plantas atómicas o de fallas en su control y, por lo tanto, son fácilmente controlables si se ejerce una vigilancia permanente sobre ellas, ya que para su eliminación se requieren estudios particulares en cada caso.

### **Tema 3: ENFERMEDADES DE TRANSMISIÓN HÍDRICA**

Las enfermedades de origen hídrico o los efectos adversos del agua sobre la salud humana pueden dividirse en cuatro categorías:

- ✓ Enfermedades transmitidas por el agua
  - ✓ Enfermedades con base u originadas en el agua
  - ✓ Enfermedades de origen vectorial relacionadas con el agua
  - ✓ Enfermedades vinculadas a la escasez de agua
- **Enfermedades transmitidas por el agua:** son aquellas causadas por el agua contaminada por desechos humanos, animales o químicos. Por ejemplo: cólera, fiebre, shigella, poliomielitis, meningitis, hepatitis, diarrea. En general, la mayoría se puede prevenir con un tratamiento adecuado del agua, antes de consumirla.
  - **Las enfermedades con base u originadas en el agua:** son causadas por organismos acuáticos que pasan una parte de su ciclo vital en el agua y otra parte como parásitos de animales como por ejemplo la esquistosomiasis. Los causantes de estas enfermedades son una variedad de gusanos trematodos, tenias, lombrices intestinales y nematodos del tejido, denominados colectivamente helmintos que infectan al hombre. Aunque estas enfermedades normalmente no son mortales, impiden a las personas llevar una vida normal y merman su capacidad para trabajar.
  - **Enfermedades de origen vectorial** relacionadas con el agua son aquellas enfermedades transmitidas por vectores como los mosquitos, que se crían y viven cerca de aguas contaminadas y no contaminadas. Millones de personas padecen infecciones transmitidas por estos vectores que infectan al hombre con malaria, fiebre amarilla, dengue, filariasis etc.

La incidencia de estas enfermedades parece estar aumentando. Hay muchas razones para ello: la gente está desarrollando resistencia a los medicamentos

que ayudan a combatir la malaria; los mosquitos están desarrollando resistencia a los insecticidas; los cambios medioambientales están creando nuevos lugares de cría. Por otra parte la migración, el cambio climático y la creación de nuevos hábitats provocan que menos gente desarrolle una inmunidad natural a estas enfermedades.

- **Enfermedades vinculadas a la escasez de agua.** Se propagan en condiciones de escasez de agua dulce y saneamiento deficiente (tracoma, dermatitis de contacto, etc). Estas enfermedades están teniendo un gran avance a través del mundo, pero pueden controlarse fácilmente con una mejor higiene, para lo cual es imprescindible disponer de suministros adecuados de agua potable. La mayoría de las enfermedades especialmente las degenerativas son causadas por la deshidratación del organismo ante la carencia crónica del agua. Y de las enfermedades degenerativas la más temida es el Cáncer.

### **Agentes Patógenos:**

Los patógenos son agentes infecciosos microscópicos que son capaces de generar un daño o enfermedad en otro organismo de cualquier tipo; que tienen la capacidad de replicarse dentro de las células del huésped, es decir producir varias copias de sí mismo y esparcirse

Un agente patógeno se puede estrictamente entender como un virus dado a que las bacterias, protozoarios y hongos microscópicos carecen de la capacidad viral y son capaces de vivir sin un huésped a diferencia de los virus que forzosamente requieren de una célula en la cual llevar a cabo sus funciones.

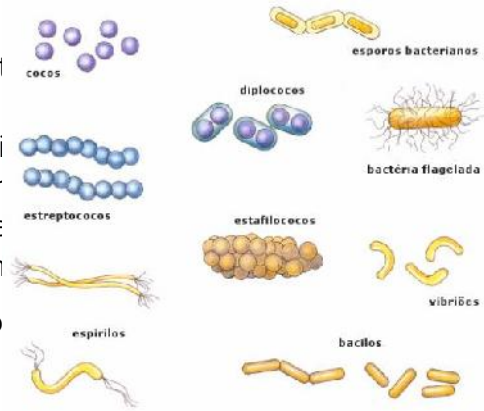
Dentro de los Agentes Patógenos podemos encontrar los siguientes:

- **Bacterias:** Las bacterias son organismos unicelulares procariontes, esto quiere decir que están formados por una sola célula carente de núcleo. Son tan pequeñas que es imposible verlas a simple vista, solamente cuando llegan a agruparse formando colonias es cuando las podemos reconocer.

Los Coliformes tienen todas las características requeridas para ser un buen indicador de contaminación. Este grupo de microorganismos pertenece a la familia de las enterobacterias.



Los siguientes géneros conforman el **Escherichia**, **Enterobacter**, **Citrobacter**, **Serratia**. **Escherichia** se les denomina coliformes denominados coliformes termotolerantes a las bacterias coliformes totales que están estrechamente relacionadas con la contaminación fecal. Por este motivo, ante las bacterias coliformes fecales; estos coliformes generalmente no se multiplican en los ambientes acuáticos.



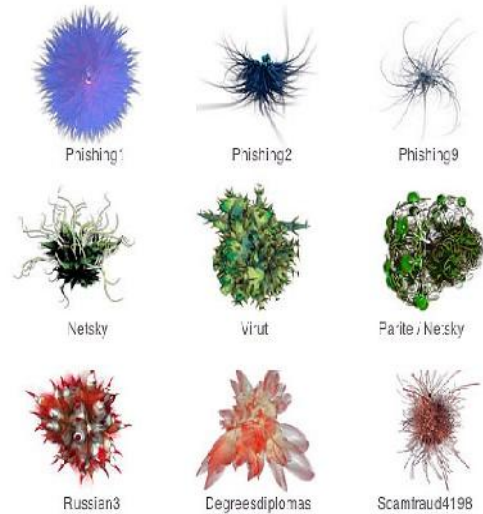
*Tipos de Bacterias*

- **Virus:** Es un agente infeccioso microscópico que sólo puede multiplicarse dentro de las células de otros organismos.

El agua contiene los virus causantes de tuberculosis, encefalitis, polio, Cólera, hepatitis y tifoidea.

En aguas superficiales sin tratar se ha detectado la presencia del virus de la hepatitis A. Estos virus son sumamente resistentes a la inactivación por los factores ambientales. Esto ocurre cuando los virus se encuentran adheridos a los sedimentos y partículas propias de las aguas superficiales.

La presencia de Rotavirus en agua de abastecimiento tiene una alta relevancia para la salud pública y, en especial, para los niños, que pueden verse afectados por severos cuadros de diarrea. En aguas superficiales también se han detectado Adenovirus, que causan infecciones en la conjuntiva e infecciones respiratorias e intestinales. En general, los virus entéricos son capaces de producir una variedad de síndromes que incluyen gastroenteritis, fiebre, miocarditis, meningitis, enfermedades respiratorias y hepatitis.

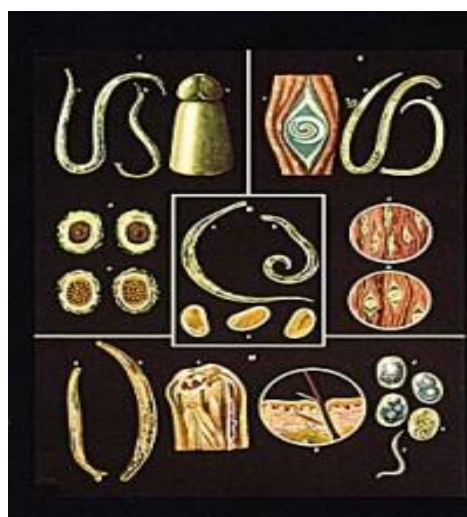


*Tipos de Virus*

- **Protozoarios Patógenos:** Son organismos microscópicos, unicelulares eucarióticos; heterótrofos, fagótrofos, depredadores o detritívoros, a veces mixótrofos (parcialmente autótrofos); que viven en ambientes húmedos o directamente en medios acuáticos, ya sean aguas saladas o aguas dulces.

Las aguas superficiales están expuestas a la contaminación con quistes de Giardia y o quistes de Cryptosporidium y otros protozoarios entero parásitos como Entamoeba histolytica y Balantidium coli. Asimismo, en las aguas superficiales pueden estar presentes las amebas patógenas de vida libre, como los géneros Naegleria y Acanthamoeba.

- **Enteroparásitos (Helmintos):** El término helminto, que significa gusano, se usa sobre todo en parasitología, para referirse a especies animales de cuerpo largo o blando que infestan el organismo de otras especies.

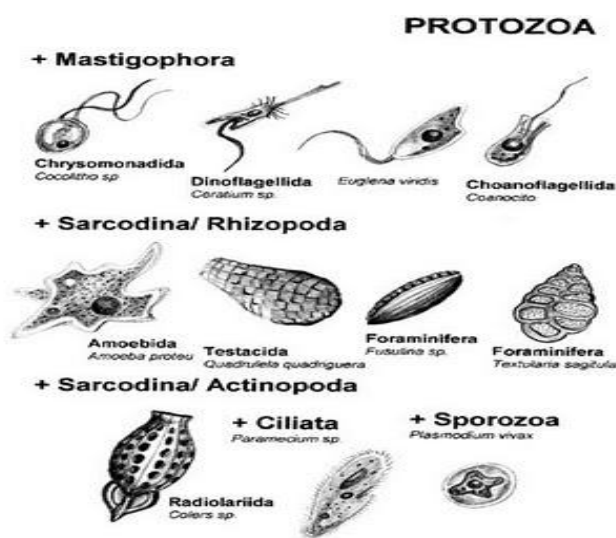


*Tipos de Enteroparásitos (Helmintos)*

*Nombre común: Lombrices*

Las aguas superficiales están expuestas a un sin número de factores que posibilitan la contaminación con entero parásitos. En primer lugar, se presenta la falta de protección de las fuentes de agua.

En las zonas rurales, donde es común que las personas defequen a campo abierto, las escorrentías arrastran las heces de humanos y animales y las incorporan a los cursos de agua. Además, es común observar letrinas mal diseñadas donde los residuos fecales son vertidos a las escorrentías que, a su vez, desembocan en los cursos de agua. Asimismo, en los ríos,



*Tipos de Protozoa*



lagos y lagunas habitan innumerables animales silvestres que son reservorios de entero parásitos.

El siguiente cuadro resume las diferentes enfermedades, su agente patógeno, como se transmiten, distribuyen y cuáles son las medidas de prevención que se deben considerar:



## Enfermedades de Origen Hídrico

Enfermedad	Nombre común	Agente patógeno	Trasmisión	Distribución	Medidas preventivas <sup>1</sup>
<b>Enteritis Bacteriana</b>	Diarrea, gastroenteritis	Campylobacter jejuni, Escherichia coli, Salmonella p., Yersinia enterocolítica	Fecal-oral, de persona a persona o de animal a persona.	Por todo el mundo, particularmente seria y común entre los niños.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejor calidad y cantidad de agua</li> <li>• Mejor disposición de excretas</li> <li>• Mejor higiene personal, doméstica y en los alimentos.</li> </ul>
<b>Shigelosis</b>	Disentería bacilar.	Shigella spp.	Fecal-oral, de persona a persona	Todo el mundo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejor calidad y cantidad de agua</li> <li>• Mejor disposición de excretas.</li> <li>• Mejor higiene personal, doméstica y en los alimentos.</li> </ul>
<b>Cólera</b>	Cólera	Vibrio cholerae	Fecal-oral, de persona a persona	Muy extendida, fuera de N. y S. América. Potencialmente en todo el mundo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejor calidad y cantidad de agua.</li> <li>• Mejor disposición de excretas.</li> <li>• Mejor higiene personal, doméstica y en los alimentos.</li> <li>• Uso de medicinas.</li> </ul>
<b>Paratifoidea</b>	Paratifoidea	Salmonella paratyphi	Fecal-oral, de persona a persona	Todo el mundo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejor calidad y cantidad de agua.</li> <li>• Mejor disposición de excretas.</li> <li>• Mejor higiene personal, doméstica y en los alimentos.</li> <li>• Uso de medicinas</li> </ul>
<b>Hepatitis A</b>	Hepatitis infecciosa o ictericia.	Virus de la Hepatitis A	Fecal-oral, de persona a persona	Todo el mundo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor disponibilidad de agua.</li> <li>• Mayor limpieza personal y doméstica.</li> <li>• Vacunación.</li> </ul>
<b>Poliomielitis</b>	Polio.	Poliovirus	Fecal-oral, de persona a persona	Todo el mundo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vacunación.</li> </ul>
<b>Diarrea viral</b>	Diarrea.	Rotavirus, agente	Fecal-oral, de	Todo el mundo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejor calidad y cantidad de</li> </ul>



		de Norwalk <sup>3</sup>	persona a persona		agua. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejor disposición de excretas.</li> <li>• Mejor higiene personal, doméstica y de los alimentos.</li> </ul>
<b>Amibiasis</b>	Disentería amibiana	Entamoeba histolytica	Fecal-oral, de persona a persona	Todo el mundo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor calidad y cantidad agua.</li> <li>• Mejor disposición de excretas.</li> <li>• <sup>26</sup> Mayor higiene personal, doméstica y de los alimentos</li> </ul>
<b>Balantidiasis</b>	Diarrea	Balantidium coli	Fecal-oral, de persona a cerdo o de cerdo a persona	Todo el mundo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor calidad y cantidad de agua.</li> <li>• Mejor disposición de excretas.</li> <li>• Mayor higiene personal, doméstica y de los alimentos</li> </ul>
<b>Giardiasis</b>	Diarrea	Giardia lamblia	Fecal-oral, de persona a persona	Todo el mundo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor calidad y cantidad de agua.</li> <li>• Mejor disposición de excretas.</li> <li>• Mayor higiene personal, doméstica y de los alimentos</li> </ul>
<b>Paragoniamiasis</b>	Duela pulmonar	Paragonimus wastermaní	Del cerdo, persona, perro, gato o animal a caracol acuático cangrejo a persona	Este de Asia y algunos focos dispersos en África y América del Sur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar que las excretas sin tratar lleguen al agua superficial.</li> <li>• Cocinar bien el pescado y los cangrejos antes de comerlos</li> </ul>
<b>Esquistosomiasis</b>	Bilaziosis	1. Schistosoma haematobium. 2. Schistosoma mansoni. 3. Schistosoma japonicum	1. Persona a caracol. 2. Persona a caracol y caracol a persona. 3. Persona o animal a caracol y caracol a persona	1 África, Oriente Medio y la India. 2 y 3 África, Oriente Medio y América Latina Sudeste de Asia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminuir el contacto con el agua.</li> <li>• Control de caracoles.</li> <li>• Programas de educación sanitaria.</li> <li>• Mantener orina y excretas fuera de lagunas, canales y arroyos.</li> <li>• Proporcionar inodoros</li> </ul>
<b>Teneasis</b>	1. Solitaria	1. Taenia	1. Persona a vaca	1 y 2 Todo el	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporcionar inodoros.</li> </ul>

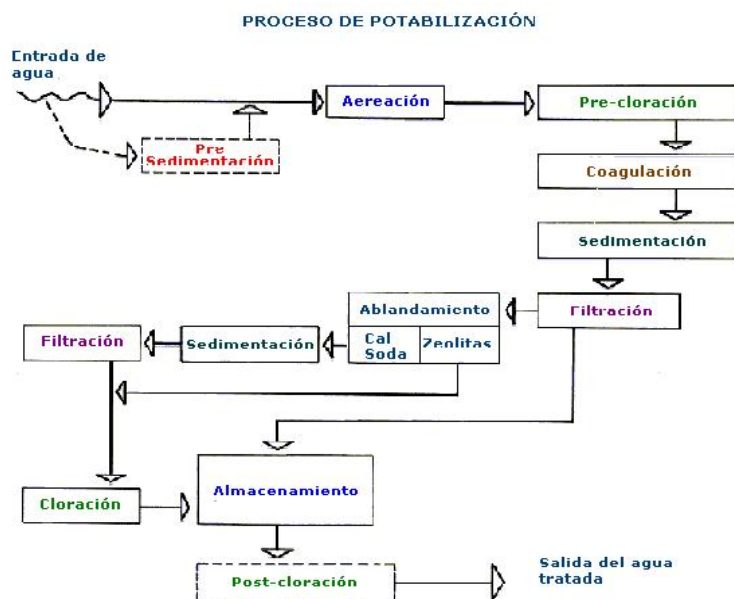
	de la res. 2. Solitaria del cerdo.	saginata. 2. Taenia solium	y vaca a persona. 2. Persona a cerdo y cerdo a persona	mundo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratamiento de excretas antes de aplicarlas a la tierra.</li> <li>• Inspección y buena cocción de las carnes</li> </ul>
--	--	-------------------------------	--	-------	--

## Tema 4: POTABILIZACIÓN DEL AGUA

Estudios procedentes de países desarrollados indican que la mayoría de aguas superficiales tienen niveles de contaminación parasitaria que deben ser considerados en los procesos de tratamiento y desinfección.

### Procesos para Mejorar la Calidad del Agua:

28



- **Aireación:** es el proceso utilizado ya sea para circular, o disolver aire dentro del agua. A medida que la materia orgánica se desintegra, utiliza oxígeno. La aireación repone el oxígeno. Las burbujas de oxígeno a través del agua también mantienen el material orgánico suspendido mientras que obligan a los “granos” (café, arena y otras partículas pequeñas y densas) a que se depositen.
- **Sedimentación:** Es el proceso por el cual las partículas en movimiento se deposita. Un tipo común de sedimentación ocurre cuando el material sólido, transportado por una corriente de agua, se deposita en el fondo de un río, embalse, canal artificial, o dispositivo construido especialmente para tal fin.
- **Coagulación:** Es agregar una sustancia química al agua para cambiar el comportamiento de las partículas en suspensión. Hace que las partículas, que anteriormente tendían a repelerse unas de otras, sean atraídas las unas a las otras o hacia el material agregado. La coagulación ocurre

durante una mezcla rápida o el proceso de agitación que inmediatamente sigue a la adición del coagulante.

- **Floculación:** Es un proceso químico mediante el cual, con la adición de sustancias denominadas floculantes (sulfato de aluminio y polimeros), las partículas entran en contacto recíproco, se unen unas a otras para formar partículas mayores que pueden separarse por sedimentación o filtración.
- **Filtración:** Incluye el tamizado mecánico, la absorción y, en particular, en filtros de arena lentos, los procesos bioquímicos. Según el tamaño, el tipo y la profundidad del filtro, y la tasa de flujo y las características físicas del agua sin tratar, los filtros pueden extraer los sólidos en suspensión, los patógenos y ciertos productos químicos, sabores y olores. Disminuyen la carga bacteriana del agua, Hacen más eficiente los métodos de desinfección, remueven hasta el 99,9 % de virus y parásitos.
- **Desinfección:** Proceso de destrucción o inactivación de agentes patógenos y otros microorganismos indeseables por medio de un agente químico (Cloro, Yodo, Plata y Ozono).

### Métodos de Desinfección:

Entre los métodos de desinfección se pueden considerar los físicos y químicos, los cuales se describen a continuación:

Métodos físicos:	Métodos químicos:
<p>Son procesos físicos a los cuales es sometida el agua, que permiten eliminar o inactivar los microorganismos presentes en la misma.</p> <p>El más aplicado en pequeña escala es el hervido.</p> <p><b>El hervido:</b> Elimina o inactiva los organismos patógenos (virus, bacterias y parásitos) a temperaturas entre 90 °C y 100 °C durante un corto tiempo.</p> <p>El hervir el agua durante al menos cinco minutos después de la ebullición, bastara para matar a todos los organismos que causan enfermedades.</p>	<p>Consiste en la aplicación de un componente químico en el agua para destruir e inactivar los microorganismos.</p>

## Características deseables de un buen desinfectante:

Un desinfectante para consumo humano, debe satisfacer ciertos requisitos:

- Debe destruir o inactivar las clases de microorganismos patógenos, que pueden estar presentes en el agua a tratar.
- Determinar la concentración de desinfectante debe ser exacto, sencillo, rápido y apropiado tanto en el terreno como en el laboratorio.
- Debe mantener una concentración residual, para evitar la re contaminación.
- No debe introducir ni producir sustancias tóxicas.
- No debe cambiar las características del agua.
- Debe ser razonablemente seguro, fácil de manejar y aplicar.

30

## Tipos de desinfectantes:

Entre los desinfectantes químicos del agua más utilizados se encuentran el Ozono, Plata, Yodo y el cloro.

Desinfectante:	Descripción:
<b>Ozono:</b>	Es un oxidante poderoso. No deja olor pero sí sabor, aunque no desagradable. Es difícil regular su aplicación. No tiene acción residual.
<b>Yodo:</b>	Muy buen desinfectante, necesita un tiempo de contacto de media hora. Es muy costoso para emplearse en abastecimientos públicos.
<b>Plata:</b>	En forma coloidal o iónica es bastante efectiva; no da sabor ni olor al agua, tiene una acción residual muy conveniente. Su efectividad disminuye con la presencia de ciertas sustancias, como cloruros, que se encuentran a veces en exceso en el agua.
<b>Cloro:</b>	El cloro es indudablemente el elemento más importante que existe para la desinfección del agua. Se suele usar en una dosis de 0,0001% que destruye todos los microbios en treinta minutos.

El proceso de desinfección con cloro es el método más utilizado por su efectividad, bajo costo y fácil manejo. A continuación se describe a detalle el proceso de desinfección aplicando cloro.

### ● Proceso de Cloración con Hipoclorador

La desinfección con cloro se debe realizar en aguas que cumplan con las características físicas y químicas dentro de la Norma Técnica Nacional (NTN) para la calidad del agua.

La desinfección adecuada requiere conocer la demanda de cloro la cual nos determina la dosis correcta a ser aplicada.

La dosis adecuada debe lograr un efecto residual en el agua de consumo humano entre 0,5 a 1 miligramo de Cloro/Litro. (mg Cl<sub>2</sub>/L)

EL tiempo mínimo después de la aplicación es de 30 minutos, para lograr la destrucción de bacterias, virus y protozoos, con una concentración de cloro residual de 0,5 mg Cl<sub>2</sub>/L.

Ventajas de la desinfección con cloro para la protección de la salud:

31

1. Elimina todas las bacterias y virus del agua en un tiempo prudencial
2. Controla a los parásitos del agua.
3. Previene epidemias de enfermedades como el cólera, la hepatitis y la tifoidea, especialmente en niños menores de 5 años.

#### **Manejo de hipocloritos:**

El hipoclorito de calcio es un polvo blanco con una concentración de cloro superior al 67%. Se emplea disuelto en agua a una concentración de 1 a 3%. Debe utilizarse, guantes, mascarillas y envases adecuados por ser un agente corrosivo. Debe utilizarse en las dosis indicadas, según la demanda de la muestra.

#### **Dosificación:**

Para una correcta desinfección es necesario reconocer el tipo de agua que tiene la fuente en sus características organolépticas (color, olor), así de esta manera clasificar las aguas en claras y turbias, siendo estas últimas aquellas que tienen un color café por arrastre de sedimentos que se presenta comúnmente en época de invierno.

#### **Procedimiento para aplicación de cloro granulado:**

##### **Paso 1: Encontrar el caudal de entrada de agua al tanque. (Aforo)**

**Aforo:** es el proceso mediante el cual se realizan una serie de actividades para medir la cantidad de agua que pasa por un punto determinado. Como parte del proceso para la aplicación del cloro, el aforo se realiza en la entrada del agua al tanque de almacenamiento.

Hay diferentes métodos para hacer el aforo: volumétrico, con vertedero, el método de la velocidad, en este caso que el aforo se hace en la tubería de entrada al tanque, usaremos el **método volumétrico**.

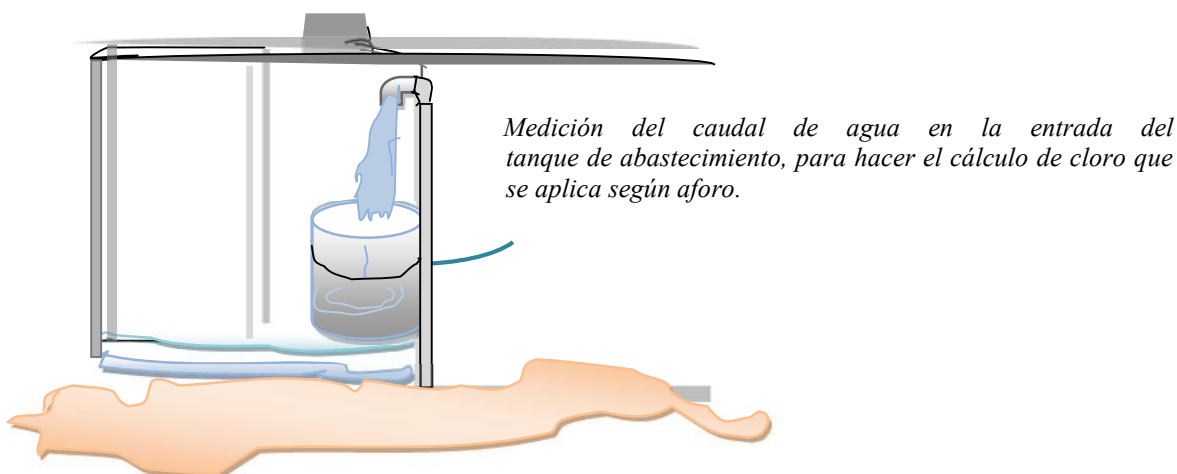
#### **Procedimiento para aforar:**

1. Colocar la cubeta o recipiente en el lugar indicado,

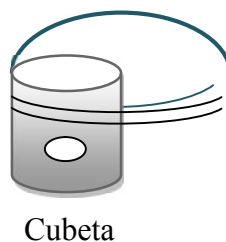
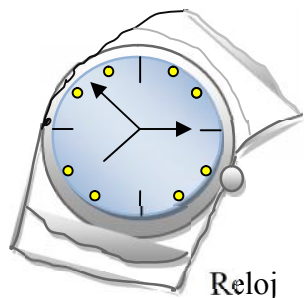




2. Medir el tiempo que tarda la cubeta en llenarse,
3. Hacerlo por lo menos 3 veces la medición del agua,
4. Sacar un promedio de los resultados obtenidos,
5. Dividir el resultado del tiempo entre la capacidad de la cubeta en galones,
6. Multiplicar el resultado por 60 que son los segundos que tiene un minuto (para pasarlo a minutos).



### Materiales a utilizar para realizar el aforo.



**Paso 2: Calcular la demanda de cloro del agua:** Cantidad de cloro que se consumiría en un período determinado de tiempo según la contaminación del agua.

### Procedimiento para el cálculo de la demanda de cloro

1. **Preparación de una solución madre:** se deben verter 2 cucharas pequeñas de cloro, a un (1) litro de agua. Se bate hasta que se mezcle totalmente y se deja reposar por 30 minutos.

2. **Cálculo de la Demanda de la muestra:** Para calcular la demanda de la muestra debemos de verter 3 gotas de cloro de la solución madre a otro litro de agua, tomada del agua que vamos a tratar. Luego, se toman los datos de cloro residual del segundo litro inmediatamente después de haber vertido las tres (3) gotas de cloro. Se anotan los resultados y se espera un periodo de tiempo de 30 minutos para volver a tomar los datos de cloro residual utilizando el comparador de cloro. Con ambos datos se determina la diferencia entre ellos, este valor representa la demanda de cloro correspondiente a la muestra de agua.

$$R1 - R2 = \text{Valor de la Demanda de cloro de la muestra.}$$

**R1** = Primer resultado

**R2** = Segundo resultado

*Ejemplo:*

**R1** = 0.8 mg/l

**R2** = 0.4 mg/l

$$0.8 - 0.4 = 0.4 \text{ mg/l}$$

**Paso 3: Demanda de Cloro del Agua:** al resultado anterior se le suma una parte por millón (mg/litro), que es lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para evitar posibles contaminaciones.

$$R1 - R2 + 1\text{ppm} = \text{Demanda de cloro de agua.}$$

$$0.8 - 0.4 + 1\text{ppm} = 1.4 \text{ ppm}$$

### Paso 3 Calcular las libras de cloro.

Para calcular las libras de cloro que se utilizaran en la desinfección del agua: se debe desarrollar la siguiente formula.

$$\frac{\text{Caudal de agua} \times \text{Demanda de cloro} \times 0.012}{\text{Eficacia del cloro}} = \text{Libras de Cloro.}$$

Q=Caudal de agua

D=Demanda de cloro del agua.

P=Periodo de cloración.

0.012= Constante de la formula.

Eficacia de cloro: Es el grado de efectividad que el cloro tiene este por lo general anda por 65%, 70%.

**Ejemplo:**

Datos:

Q=15 galones

D=1.4 mg/l

P=4.2

Efectividad de cloro=65%

$Q \times D \times P \times 0.012 = \text{Libras de Cloro.}$

Eficacia del cloro

$$\frac{15 \times 1.4 \times 4.2 \times 0.012}{0.65} = 1.62 \text{ libras de cloro.}$$

**Nota:** Se debe de convertir a onzas la parte decimal del resultado de las libras. Esto se realiza de la forma siguiente: multiplicando la parte decimal por 16 que es la cantidad en onzas que tiene una libra.

**Ejemplo:**  $0.62 \times 16 = 9.92$  Onzas que redondeado pasaría a ser 10 onzas.

#### Paso 4 Cálculo del goteo

Se debe procurar que el goteo sea lo más exacto posible, se deben seguir exactamente todos los pasos del proceso para que la desinfección del agua sea efectiva.

**Procedimiento.**

1. Determinar el volumen del hipoclorador en litros.
2. Determinar el periodo de cloración. (se recomienda un tiempo máximo de 4 días)
3. Desarrollar la fórmula para el cálculo del goteo.

$$\text{Goteo} = \frac{\text{Volumen del Hipoclorador} \times 0.694 (\text{constante})}{\text{Período de cloración}}$$

**Ejemplo:**



$$\text{Goteo} = \frac{364 \text{ Litros} \times 0.694}{4.2 \text{ días}} = 60.14 \text{ ml / minuto (gotas/ min.)}$$

Una vez calculada la cantidad del **goteo** se realiza la medición de la misma utilizando un biberón (pepe) o una jeringa descartable.

### Consideraciones para obtener una dosificación efectiva

Para evitar la obstrucción del goteo en la práctica se ha utilizado en el interior del hipoclorador lo siguiente:

- ✓ Instalación de un flotador con manguera.
- ✓ Instalación de un tubo perforado a la altura del nivel del agua.
- ✓ Tubo de salida del hipoclorador a una pulgada del nivel del piso.

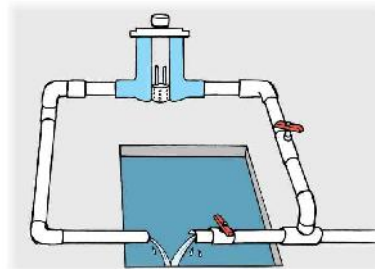
***Nota:** Para facilitar el cálculo del proceso de cloración con Hipoclorito de Calcio (HTH) ver tablas en anexos.*

### ● Procedimiento para Aplicación de Cloro por Erosión (Tabletas)

La aplicación de cloro por erosión se realiza con un dosificador el cual está compuesto por uno o dos cilindros, en los cuales se introducen las tabletas de hipoclorito de calcio en forma apilada, es decir una sobre otra. Las tabletas que contienen el cloro se disuelven o deshacen, y se mezclan con el agua a medida que esta pasa; el resultado que produce esta acción es la descarga de una solución de agua clorada concentrada, misma que pasa inmediatamente al tanque.

Los dosificadores son duraderos, ya que están hechos de materiales que no se oxidan, y no tienen partes que se muevan.

El dosificador se puede instalar arriba del tanque, o abajo, a un lado del mismo, cerca de la tubería de entrada.



### Como se opera el dosificador

- ✓ Cargar tabletas de cloro en el cilindro o tubo
- ✓ Regular la válvula A de entrada al tanque. Abrirla para que pase el 80% del agua que se afora.
- ✓ Regular la válvula B entrada al clorador con tabletas. Abrirla para que pase el 20% del agua que se afora.



- ✓ Para verificar que la dosificación sea la correcta se debe monitorear el cloro residual en la casa más cerca y más lejana al tanque.

## Cloro Residual

Luego de que el cloro añadido en el agua elimina todos los organismos, quedarán residuos del mismo, a este residuo se le llama cloro residual o libre.

36

El cloro libre permanece en el agua hasta perderse en el mundo exterior o hasta usarse para contrarrestar una nueva contaminación. Por esta razón, si se analiza el agua y se encuentra que todavía existe cloro libre en ella, se comprueba que la mayoría de los organismos peligrosos ya fueron eliminados del agua y, por lo tanto, es seguro consumirla. A este procedimiento lo conocemos como medición del cloro residual.

La medida del cloro residual en un suministro de agua es un método simple pero importante para revisar si el agua que se suministra es segura para beber.

El cloro residual se debe revisar frecuentemente. Si el sistema es nuevo o se ha rehabilitado, se deben hacer chequeos diarios hasta que esté seguro de que el proceso de cloración está funcionando correctamente, después de esto, haga, por lo menos, un control semanal.

La prueba más común es el indicador de DPD (dietil-para-fenil-diamina) mediante un kit de comparación. Esta prueba es el método más rápido y sencillo para evaluar el cloro residual.

En esta prueba, se añade una tableta de reactivo a una muestra de agua, que la tiñe de rojo. La intensidad del color se compara con una tabla de colores estándar para determinar la concentración de cloro en el agua. Entre más intenso el color, mayor es la concentración de cloro en el agua. A continuación se detallan los pasos para medir el cloro residual.

### COMO MEDIR EL CLORO RESIDUAL

#### 1.- Limpieza de la llave

Limpiar la llave con un trapo limpio y secar el orificio de salida para eliminar cualquier suciedad.



#### 2.- Abrir la llave

Abrir la llave al máximo y dejar que el agua corra durante 1-2 minutos.



#### 3.- Enjuagar la celda o el comparador

Enjuagar bien la celda o el comparador con la misma agua que se va a analizar y llenarlo después hasta las marcas.

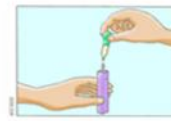


#### 4. Aplicación del reactivo

Aplicar 5 gotas de ortotolidina en el comparador de cloro (color amarillo)

Aplicar una pastilla o un sobre de DPD en una de las celdas del comparador (color rosado)

Agitar:



#### 5.- Comparar con la escala

Comparar el color de la celda con el color del patrón (con la columna que tenemos a la par o girando el disco del comparador)

Escala de lecturas a utilizar para la determinación de la concentración de "Cloro Libre" (Columna Cl)

Color	Concentración de Cloro Libre (mg/L)
Amarelo	0.1
Amarelo claro	0.2
Amarelo medio	0.3
Amarelo oscuro	0.4
Verde claro	0.5
Verde medio	0.6
Verde oscuro	0.7
Verde muy oscuro	0.8
Verde negro	0.9
Verde muy negro	1.0

Desi  
nfec



## ción en Casos de Emergencia

En una situación de emergencia, si la cantidad de agua es importante, la calidad es obligatoria. Para lograr la seguridad bacteriológica se debe asegurar una desinfección adecuada, no hacerlo puede significar el desarrollo de una pandemia y un shock psicológico.

Recomendaciones en casos de emergencia:

- Hervir el agua como método de tratamiento.
- Clorar el agua con desinfectantes líquidos comerciales (de venta popular o producto de donaciones post emergencia).

Para la dosificación se debe utilizar la siguiente tabla:

**Tabla para Cloración con Desinfectantes Líquidos:**

Contenido de Cloro	Gotas por Litro de Agua Limpia
1%	10
4 - 6 %	2
7 -10 %	1

*Si no se conoce la concentración añada 10 gotas por litro de agua por seguridad; en cualquier situación deje reposar 30 minutos, si no siente un ligero olor a cloro, repetir la dosis y esperar 15 minutos, si el sabor es muy fuerte deje reposar expuesta al aire durante unas horas y cambia de envase repetidamente.*

- Desinfectar el agua utilizando yodo: es eficaz contra las bacterias virus y quistes de ameba .cuesta 6 o 10 veces mayor al cloro. Se utiliza una solución al 2 % en una dosis de 2 gotas por litro, reposando de 15 a 20 minutos, los residuos deben ser entre 0.5 mg/lt y 0.8 mg/lt.
- Tabletas de Yodo: las formas más convenientes y seguras se disuelven en menos de un minuto a 20 ° C, aproximadamente para tratar un litro de agua en 10 minutos.

## Tecnologías Apropriadas de Potabilización

Las plantas de tratamiento de agua se pueden clasificar de acuerdo con el tipo de procesos que las conforman en: a) Plantas de filtración rápida y, b) Plantas de filtración lenta.

También se pueden clasificar de acuerdo con la tecnología usada, en: a) Plantas convencionales antiguas, b) Plantas convencionales de tecnología apropiada y, c) Plantas de tecnología importada o de patente.

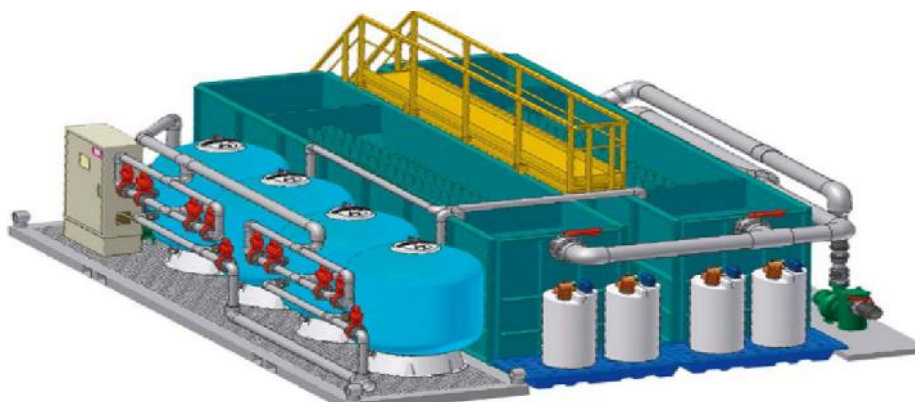
A continuación describimos las plantas más utilizadas en el país:

### ● Plantas de Tratamiento tipo Paquete

En las plantas de tratamiento de agua potable tipo paquete, las etapas de tratamiento como son: floculación, sedimentación, filtración y desinfección, vienen en un solo equipo, el cual trabaja de manera independiente y de forma continua.

En la etapa de floculación se utiliza un polímero para fortalecer los floculos, aumentar su tamaño y facilitar su sedimentación. El agua clara pasa a la etapa de filtración, donde primero pasa por un filtro de arena que remueve los sedimentos que en las etapas anteriores no alcanzaron a ser removidos, luego continua a los filtros de carbono donde se elimina el sabor y olor, finalmente circula a la etapa de desinfección donde se eliminan todos los microorganismos con la aplicación de cloro y luz ultravioleta.

En nuestro país hay varias plantas de tratamiento tipo Paquete instaladas, ubicadas en las ciudades de: Danlí, Catacamas, Juticalpa entre otras.



### ● Planta FIME

La Filtración en Múltiples Etapas (FIME), es una combinación de Filtración Gruesa en Grava (FG) y de Filtración Lenta en Arena (FLA). Esta combinación hace posible el tratamiento de agua con niveles de contaminación muy superiores a los que se pueden tratar utilizando sólo la FLA.

Existen varias opciones de posibles combinaciones de filtración en grava que se pueden emplear en las etapas de tratamiento de un sistema FIME. Es necesario que las combinaciones estén apropiadamente especificadas para cumplir con los requerimientos respecto a la calidad del agua y los objetivos de tratamiento. Sin embargo, se hace énfasis en que seleccionar y proteger la mejor fuente abastecedora de agua es mucho más económico y efectivo que permitir su

deterioro para después depender de complejas y costosas tecnologías de tratamiento de agua.

Una unidad de FLA está conformada por una estructura que contiene un lecho filtrante, una capa de agua sobrenadante, un sistema de drenaje y el control del flujo.

La fotosíntesis que se producen en el lecho filtrante favorece el crecimiento de algas que proporciona materia orgánica adicional, que se añade a la contaminación del agua. Esa fuente de nutrientes ayuda al crecimiento de bacterias y otros microorganismos que ayudan a que el material soluble sea removido del agua en el lecho de arena. El lecho filtrante actúa como una unidad de limpieza de materia orgánica y organismos aeróbicos, como el zooplancton y el resto de la biomasa, los cuales respiran continuamente, demandando el oxígeno proveniente del agua, de ahí la necesidad de un flujo continuo en el sistema.

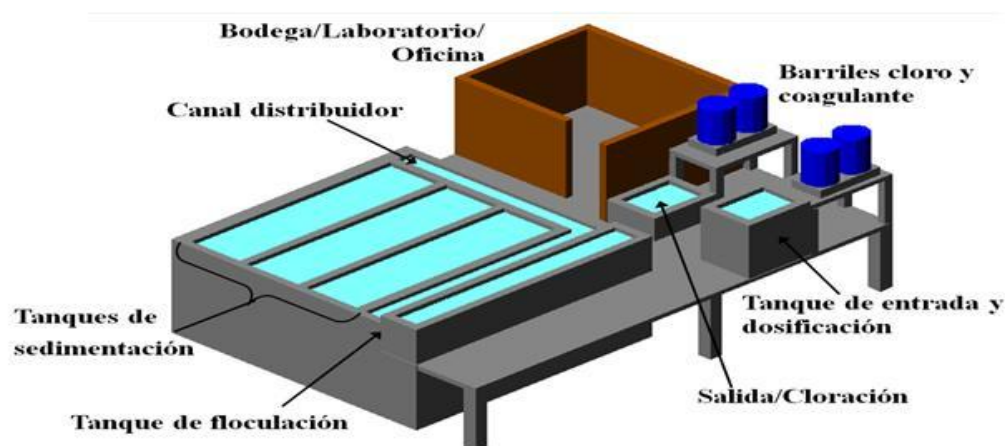
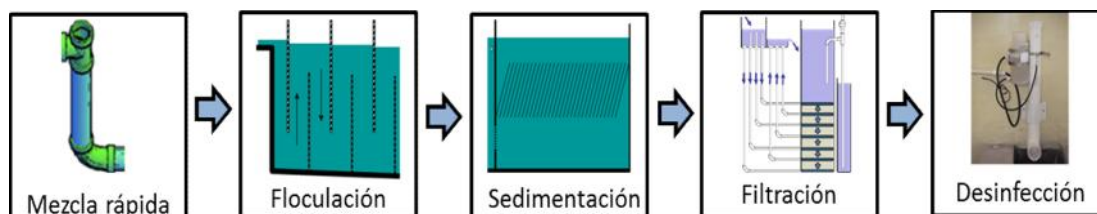
En nuestro país hay varias plantas FIME construidas, ubicadas en varias comunidades rurales: Tutule, La Paz; Rio Hondo, Fco. Morazán; San Cruz, El Maguelar, El Paraíso, entre otras.





Tecnología Agua Clara, es una forma innovadora de llevar la economía de escala para el tratamiento de agua, manteniendo la simplicidad del diseño que puede ser sostenido por las comunidades de escasos recursos. Las plantas Agua Clara no requieren electricidad y tanto en la construcción y las reparaciones se pueden completar con materiales locales y mano de obra. Los diseños de las plantas son a escala para satisfacer la necesidad proyectada de cada comunidad en los próximos años.

Las plantas utilizan floculadores hidráulicos y tanques de sedimentación verticales de alto flujo para eliminar la turbidez de las aguas superficiales.



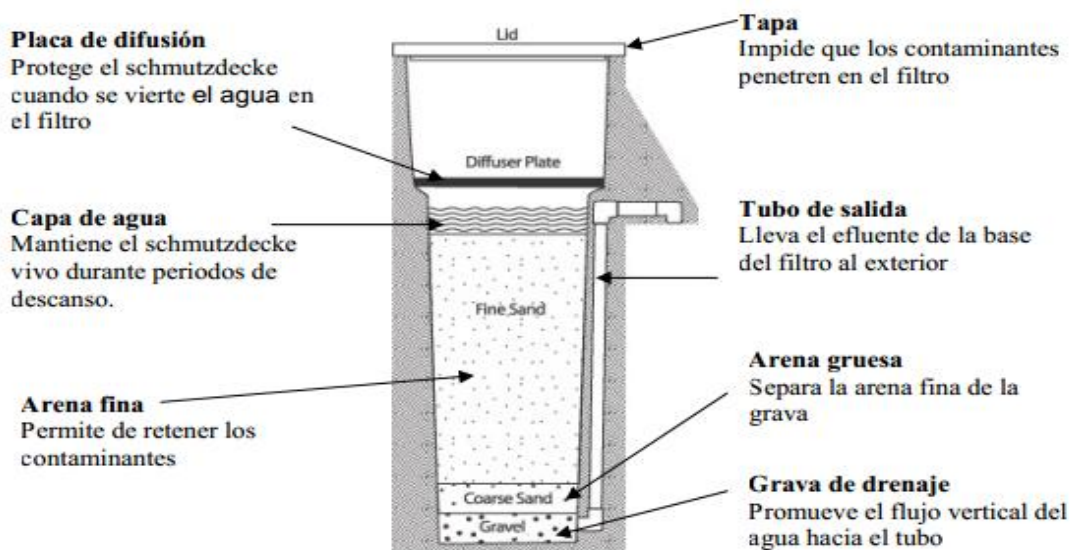
En nuestro país hay varias Plantas Agua Clara construidas, ubicadas en varias comunidades rurales: Amarateca, Ojojona, Santa Ana, Fco. Morazán; Alauca, El Paraíso, entre otras.

#### Filtro Bioarena a Nivel Domiciliar

El filtro bioarena es una adaptación del filtro de arena lento tradicional que permite construirlo a pequeña escala y puede ser operado de manera intermitente. Estas modificaciones hacen que el filtro sea una buena opción para uso a nivel domiciliario o para pequeños grupos. Puede ser producido localmente en cualquier sitio del mundo porque se construye con materiales fáciles de conseguir.

El filtro bioarena debe ser usado como parte de un método de barreras múltiples, lo cual es la mejor manera de reducir el riesgo de salud que viene de tomar agua no segura. La eliminación de contaminantes y patógenos nocivos se lleva a cabo en las dos pulgadas superiores de la arena por debajo de la superficie del agua. Una bio-capa natural de los microorganismos presentes en las formas de agua contaminada en esta interfaz, que consume activamente más material orgánico del agua que a continuación se filtra a través de la capa de arena. El agua resultante que fluye desde la tubería de salida está libre de contaminantes, de color claro y limpio en el gusto y el olfato, y seguro para el consumo humano.

## Filtro Bioarena



## Tema 5: MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA

El Monitoreo de la calidad del agua consiste en la observación, recolección de muestras y ejecución de análisis, basados en parámetros, para determinar la eficiencia del tratamiento o el grado de cumplimiento de la norma.

Es necesario establecer un programa de monitoreo frecuente que sirva como bitácora a los eventos que pueden causar deterioro en la calidad del agua en puntos de control.

Los siguientes se reconocen como puntos de control:

- ✓ Fuente de abastecimiento



- ✓ Después de cada proceso de tratamiento.
- ✓ En la salida de los componentes de sistemas de almacenamiento.
- ✓ En diferentes puntos de la red de distribución.

## Etapas de Control y Frecuencia del Muestreo de la calidad del agua

42

La norma técnica de calidad del agua potable establece 4 etapas para el control de la calidad del agua en el tiempo. A continuación se detallan estas etapas:

**Primera Etapa (E1).** Análisis básico (9 parámetros). Corresponde al programa de análisis básico, fácilmente ejecutable por cada laboratorio de control de calidad del agua autorizado. Los parámetros en esta etapa de control son: Coliformes Totales y Coliformes Fecales o termotolerantes, olor, sabor, color, turbiedad, temperatura, concentración de iones hidrógeno, conductividad y cloro residual. El programa de Control de Calidad del Agua de la primera etapa será efectuado en todos los acueductos del país.

**Segunda Etapa (E2):** Corresponde al programa de análisis normal y comprende la ejecución de los parámetros de la primera etapa ampliado con: aluminio, cloruros, cobre, dureza, sulfatos, calcio, magnesio, sodio, potasio, nitratos, nitritos, amonio, hierro, manganeso, fluoruro, arsénico, cadmio, cianuro, cromo, mercurio, níquel, plomo, antimonio, selenio, sulfuro de hidrógeno y zinc.

**Tercera Etapa (E3):** Corresponde a un programa de análisis avanzado del agua potable. Comprende la ejecución de los parámetros de la segunda etapa, ampliado con sólidos totales disueltos, desinfectantes, subproductos de la desinfección y sustancias orgánicas de significado para la salud.

**Cuarta Etapa (E4):** Corresponde a programas ocasionales ejecutados por situaciones especiales o de emergencias. (Ver Código Sanitario y Reglamento de Ley de Contingencias Nacionales).

Para la ejecución del control los organismos operadores se registrarán por la frecuencia mínima de muestreo establecida en la Norma Técnica que se enuncia en el cuadro siguiente:

### Frecuencia del Muestreo de la Calidad del Agua

Población afectada (bases de cálculo 200 Litros por habitante y por día)	Análisis E1 Cantidad de muestra/año (3ª)	Análisis E2 Cantidad de muestra/año	Análisis E3 Cantidad de muestra/año	Análisis E4
--	---	--	--	-------------

<b>Población afectada</b> (bases de cálculo 200 Litros por habitante y por día)	<b>Análisis E1</b> Cantidad de muestra/año (3ª)	<b>Análisis E2</b> Cantidad de muestra/año	<b>Análisis E3</b> Cantidad de muestra/año	<b>Análisis E4</b>
500	(1)	(1)	(1)	La frecuencia será fijada por la autoridad nacional competente según cada caso.
5,000	(1)	(1)	(1)	
10,000	12	3	(1)	
50,000	60	6	(1)	
100,000	120	12	2	
150,000	180	18	3	
300,000	360**	36	6	
500,000	360**	60	10	
1,000,000	360**	120**	20	
5,000,000	360**	120**	20	

### Procedimiento para la Recolección de Muestras de Agua

La metodología utilizada para coleccionar las muestras, provenientes de un sistema de distribución de agua para consumo humano, debe cumplir con los procedimientos requeridos, para garantizar la representatividad de las muestras tomadas.

Factores como, la correcta selección del sitio de muestreo, el personal capacitado para realizar la recolección, instrumentos necesarios, el procedimiento adecuado para el desarrollo del muestreo, la preservación de las muestras y todos los elementos que intervienen en el proceso de la recolección, hasta el momento en el que se entrega al laboratorio, influyen directamente en la validez del resultado.

Después de haber determinado el tipo de muestra, el sitio de muestreo y la metodología para la realización de la toma, el desarrollo de cada uno de los siguientes pasos, es vital para asegurar la calidad del resultado del análisis:

#### a. Identificación de la muestra

Para identificar la muestra se rótula marcando con tinta indeleble, adherido al recipiente y debe contener como mínimo los siguientes datos:

- ✓ Procedencia
- ✓ Sitio de recolección (Descripción detallada de la ubicación de la válvula o grifo, indicando la dirección, localidad, vereda, municipio, etc.)
- ✓ Persona que recolectó
- ✓ Número de la muestra
- ✓ Fecha y hora de recolección

Es indispensable registrar en el Formato de Recepción de Muestras toda la información anterior y los demás datos necesarios para asegurar la integridad de la muestra.

#### **b. Materiales Requeridos**

- ✓ Frascos de muestreo, de vidrio o plástico, limpios y debidamente etiquetados, del volumen adecuado y la cantidad necesaria, dependiendo de los análisis fisicoquímicos requeridos para la muestra.
- ✓ Para el análisis microbiológico, preferiblemente vidrio claro, de 300 o 500 ml y previamente esterilizados o bolsa estéril para recolección de muestra.
- ✓ Nevera portátil con medio refrigerante.
- ✓ Lápiz grafito.
- ✓ Marcador de tinta indeleble.
- ✓ Guantes desechables y tapa-bocas.
- ✓ Mechero de alcohol.
- ✓ Instrumentos o materiales para la medición de parámetros en campo.

44

A continuación se detallan los procedimientos para la toma de muestras.

#### **1. Procedimiento para la toma de muestra Bacteriológica en un río, quebrada, obra de toma:**

- a) Lavarse muy bien las manos con agua y jabón
- b) Para tomar la muestra bacteriológica necesitamos un frasco de vidrio totalmente estéril (para esterilizar un frasco de vidrio ó plástico se tiene en agua hirviendo por 10 minutos).
- c) Destapar el frasco cuidadosamente.
- d) Sujetar el frasco de su parte inferior, sumergirlo a unos 20cm de profundidad, con la boca ligeramente inclinada hacia arriba.
- e) Llenar el frasco, dejando un pequeño espacio para aire y así sea más fácil agitar la muestra antes del análisis.
- f) Tapar el frasco inmediatamente.
- g) Rotular y colocar en una hielera, con suficiente hielo, para conservar a 4°C.

#### **2. Procedimiento para toma de muestra Bacteriológica en una llave:**

Utilizar una bolsa estéril para recolección de muestras (con pastilla inactivadora de cloro si se está clorando en el tanque de almacenamiento).

- a) Lavarse muy bien las manos con agua y Jabón o alcohol.
- b) Limpiar la llave con un trapo limpio y secar el orificio de salida para eliminar cualquier suciedad.
- c) Abrir la llave al máximo y dejar que corra el agua durante 1-2 minutos y luego cerrarla.

- d) Esterilizar la llave durante un minuto con la llama de un mechero de gas, un encendedor corriente o a la llama con un algodón empapado en alcohol.
- e) Abrir cuidadosamente la llave y dejar que el agua corra uno o dos minutos a mitad de presión.
- f) Cortar en la línea punteada y tirar de las pestañas para abrir la bolsa.
- g) Llenar la bolsa en la línea de llenado. La línea que indica 4 onzas asegura que se han recogido 100 ml.
- h) Tirar de los extremos para cerrar la bolsa, gire completamente la bolsa tres veces. (No enrolle las cintas), voltee la cinta hacia adentro de forma opuesta a la cara de doblado.
- i) Rotular y colocar en una hielera, con suficiente hielo, para conservar a 4°C.

### ***3. Procedimiento para toma de muestra Fisicoquímica:***

- a) Lavarse muy bien las manos con agua y jabón
- b) Utilizar un Bote Plástico enjuagarlo por lo menos tres veces con la misma agua. (Este bote debe ser de 2 litros, se puede usar una botella de refresco que no haya sido utilizada para otra cosa).
- c) Llenar completamente el bote y tapar.
- d) Rotular.

Se recomienda, de ser posible que los análisis de pH, cloro libre y turbiedad se deban realizar inmediatamente al momento de tomarse la muestra con equipo de muestreo portátil de campo.

El traslado de las muestras al laboratorio deberá hacerse en un tiempo máximo de 12 horas contado desde el momento en que se toma la muestra hasta que llegue al laboratorio en un recipiente adecuado con hielo o gel refrigerante.

### **Parámetros para Definir la Calidad del Agua**

Los parámetros para definir la contaminación del Agua son:

- Microbiológicos (Microorganismos patógenos)
- Físico (Aceptabilidad)
  - Turbiedad
  - Color, olor y sabor
  - Salinidad
- Químicos. Relacionados con la salud (tóxicos)
  - Sustancias inorgánicas
  - Sustancias orgánicas

### **Parámetros Bacteriológicos**





ORIGEN	PARÁMETRO (b)	VALOR RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE	OBSERVACIONES
A. Abastecimiento con agua entubada.				
A1. Agua no tratada que entra en el sistema de distribución.	Coliformes Totales	0	3	En una muestra ocasional pero no en muestras consecutivas.
	Coliformes Fecales	0	0	
A1. Agua tratada que entra en el sistema de distribución	Coliformes Totales	0	0	Turbiedad <1. Para la desinfección con cloro es preferible pH<8.0 y cloro residual libre de 0.2-0.5 mg/l después de un tiempo de contacto mínimo de 30 minutos.
	Coliformes Fecales	0	0	
A3. Agua en el sistema de distribución	Coliformes Totales	0	0	En el 95% de las muestras examinadas durante el año. Cuando se trata de grandes sistemas de abastecimiento y se examinen suficientes muestras (c).
	Coliformes Fecales	0	0	
	Coliformes Totales	0	3	
B. Abastecimiento con agua no entubada.	Coliformes Totales	0	10	No debe ocurrir en forma repetida. Cuando la ocurrencia sea frecuente se buscará otra fuente.
	Coliformes Fecales	0	0	
C. Agua embotellada y agua para preparación de hielo.	Coliformes Totales	0	0	La fuente debe estar exenta de contaminación fecal.
	Coliformes Fecales	0	0	

### Parámetros Organolépticos

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE
Color verdadero	mg/l (Pt-Co)	1	15
Turbiedad	UNT	1	5
Olor	Factor dilución	0	2 a 12 °C 3 a 25 °C
Sabor	Factor dilución	0	2 a 12 °C 3 a 25 °C

### Parámetros Fisicoquímicos



PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE
Cloro Residual	mg/l	0.5 a 1.0 (b)	(c)
Cloruros	mg/l	25	250
Conductividad	μS/cm	400	-
Dureza	mg/l CaCO <sub>3</sub>	400	-
Sulfatos	mg/l	25	250
Aluminio	mg/l	-	0.2
Calcio	mg/l CaCO <sub>3</sub>	100	-
Cobre	mg/l	1.0	2.0
Magnesio	mg/l CaCO <sub>3</sub>	30	50
Sodio	mg/l	25	200
Potasio	mg/l	-	10
Sol. Tot. Dis.	mg/l	-	1000
Zinc	mg/l	-	3.0

Parámetros para sustancias no  
deseadas

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR RECOMENDADO	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE
Nitratos-N03	mg/l	25	50
Nitritos-N02	mg/l		(1)
Amonio	mg/l	0.05	0.5
Hierro	mg/l		0.3
Manganeso	mg/l	0.01	0.5
Fluoruro	mg/l		0.7-1.5 <sup>2</sup>
Sulfuro de Hidrógeno	mg/l		0.05

Parámetros para sustancias inorgánicas con significado para la salud

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE
Arsénico	mg/l	0.01
Cadmio	mg/l	0.003
Cianuro	mg/l	0.07
Cromo	mg/l	0.05
Mercurio	mg/l	0.001
Níquel	mg/l	0.02
Plomo	mg/l	0.01
Antimonio	mg/l	0.005
Selenio	mg/l	0.01

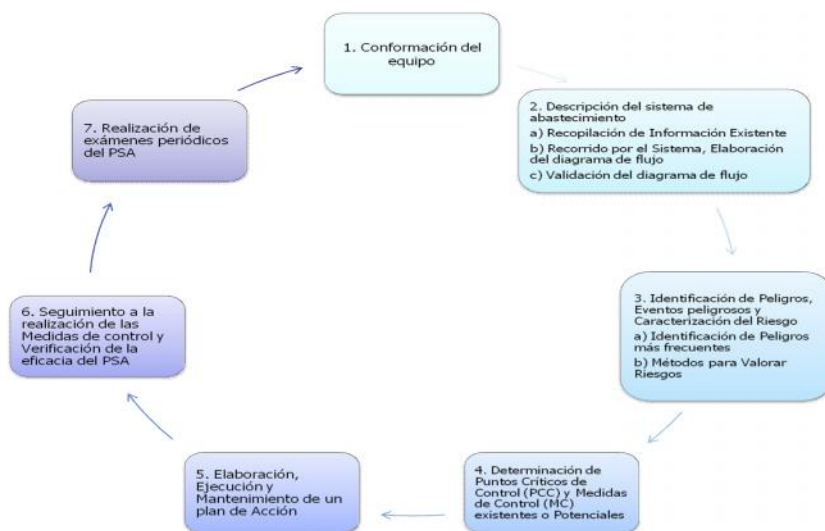
## Tema 6: PLANES DE SEGURIDAD DEL AGUA

El plan de seguridad del agua se basa en el Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC) mediante un sistema que identifica, evalúa y controla riesgos significativos para la seguridad del agua para consumo humano.

49

Un Plan de Seguridad del Agua detecta los peligros asociados tanto a la calidad del agua, como situaciones que pueden producir alguna afectación a la Infraestructura y al servicio que brinda el Prestador. Es una herramienta para el prestador del servicio de agua potable en la gestión de Riesgos Sanitarios, Ambientales, Tecnológicos y para la Sostenibilidad de su sistema de agua.

### Pasos para el Desarrollo de los PSA



El Plan se focaliza en aquellos peligros cuyo riesgo se clasificó como grave y que necesitan acción urgente, se desarrolla un plan para manejarlos. La hoja de trabajo inicia con los requerimientos de atención urgente y que son los sucesos de mayor preocupación porque ocurren repetidamente o pueden causar enfermedades significativas.

Luego se define como se corrigen esas situaciones, los plazos y los responsables de su ejecución.

El plan cubre las respuestas inmediatas y un esquema de mejoramiento de corto, mediano y largo plazo, de acuerdo a las circunstancias puede ser un Plan de Mejora o Modernización del sistema de agua.

Se elabora un cronograma de actividades para eliminar o reducir el peligro, definiendo claramente los responsables de ejecutar cada actividad, el tiempo de su realización y los recursos requeridos (Que, Quien, Cuando, Costos de las Mejoras).

## BIBLIOGRAFIA

---



## ANEXOS

---

### **Anexo 1: “El riesgo de cáncer y la desinfección contra el riesgo de la no desinfección”**

52

El riesgo de enfermarse por cáncer asociado a una ingesta de agua clorada durante muy largos períodos (a veces toda una vida) es un riesgo muy bajo y está ligado a haber clorado aguas con alta turbiedad y color.

El riesgo de enfermar o morir por otras enfermedades debido a microbios que están presentes en el agua que no está desinfectada es muy alto. En el caso del cloro, se estima que el riesgo de morir (mortalidad) por cáncer debido a la ingesta de agua desinfectada frente al riesgo de morir por alguna enfermedad de transmisión hídrica (diarrea, hepatitis infecciosa, fiebre tifoidea, cólera, etc.) es de 1 en 1.000.

Dicho de otro modo, tomar agua sin desinfectar implica que una persona corre un riesgo 1.000 veces mayor de morir por una enfermedad diarreica, que morir por un cáncer asociado a la ingesta de agua clorada.



## Anexo 2: Tablas para Cálculo de Libras de Cloro Granulado

**TABLA No. 1 CALCULO DE LIBRAS DE CLORO HTH AL 65%, cada 4 días**

Dosificación de cloro **1.5 mg/L** de Cloro para aguas claras con una concentración de hipoclorito de calcio al 65%

53

D= 1.5 Ppm

P= 4.2 días

Concentración 0.65

Q=Caudal en galones por minutos	Cantidad de cloro		
	Libras= (QXDXPX0.012)/% 0.65	Libras de Cloro	Onzas de cloro
1	0.1	0	2
2	0.2	0	3
3	0.3	0	5
4	0.5	0	8
5	0.6	0	10
6	0.7	0	11
7	0.8	0	13
8	0.9	0	14
9	1.0	1	0
10	1.2	1	3
11	1.3	1	5
12	1.4	1	6
13	1.5	1	8
14	1.6	1	10
15	1.7	1	11
16	1.9	1	14

**TABLA No. 1 CALCULO DE LIBRAS DE CLORO HTH AL 65%, cada 4 días**

Dosificación de cloro **1.5 mg/L** de Cloro para aguas claras con una concentración de hipoclorito de calcio al 65%

D= 1.5 Ppm

P= 4.2 días

Concentración 0.65

Q=Caudal en galones por minutos	Cantidad de cloro		
	Libras= (QXDXPX0.012)/% 0.65	Libras de Cloro	Onzas de cloro
17	2.0	2	0
18	2.1	2	2
19	2.2	2	3
20	2.3	2	5
21	2.4	2	6
22	2.6	2	10
23	2.7	2	11
24	2.8	2	13
25	2.9	2	14
26	3.0	3	0
27	3.1	3	2
28	3.3	3	5
29	3.4	3	6
30	3.5	3	8
31	3.6	3	10
32	3.7	3	11
33	3.8	3	13
34	4.0	4	0

**TABLA No. 1 CALCULO DE LIBRAS DE CLORO HTH AL 65%, cada 4 días**

Dosificación de cloro **1.5 mg/L** de Cloro para aguas claras con una concentración de hipoclorito de calcio al 65%

D= 1.5 Ppm

P= 4.2 días

Concentración 0.65

Q=Caudal en galones por minutos	Cantidad de cloro		
	Libras= (QXDXPX0.012)/% 0.65	Libras de Cloro	Onzas de cloro
35	4.1	4	2
36	4.2	4	3
37	4.3	4	5
38	4.4	4	6
39	4.5	4	8
40	4.7	4	11
41	4.8	4	13
42	4.9	4	14
43	5.0	5	0
44	5.1	5	2
45	5.2	5	3
46	5.4	5	6
47	5.5	5	8
48	5.6	5	10
49	5.7	5	11
50	5.8	5	13
51	5.9	5	14
52	6.0	6	0

**TABLA No. 1 CALCULO DE LIBRAS DE CLORO HTH AL 65%, cada 4 días**

Dosificación de cloro **1.5 mg/L** de Cloro para aguas claras con una concentración de hipoclorito de calcio al 65%

D= 1.5 Ppm

P= 4.2 días

Concentración 0.65

Q=Caudal en galones por minutos	Cantidad de cloro		
	Libras= (QXDXPX0.012)/% 0.65	Libras de Cloro	Onzas de cloro
53	6.2	6	3
54	6.3	6	5
55	6.4	6	6
56	6.5	6	8
57	6.6	6	10
58	6.7	6	11
59	6.9	6	14
60	7.0	7	0
61	7.1	7	2
62	7.2	7	3
63	7.3	7	5
64	7.4	7	6
65	7.6	7	10
66	7.7	7	11
67	7.8	7	13
68	7.9	7	14
69	8.0	8	0
70	8.1	8	2



**TABLA No. 1 CALCULO DE LIBRAS DE CLORO HTH AL 65%, cada 4 días**

Dosificación de cloro **1.5 mg/L** de Cloro para aguas claras con una concentración de hipoclorito de calcio al 65%

D= 1.5 Ppm

P= 4.2 días

Concentración 0.65

Q=Caudal en galones por minutos	Cantidad de cloro		
	Libras= (QXDXPX0.012)/% 0.65	Libras de Cloro	Onzas de cloro
71	8.3	8	5
72	8.4	8	6
73	8.5	8	8
74	8.6	8	10
75	8.7	8	11
76	8.8	8	13
77	9.0	9	0
78	9.1	9	2
79	9.2	9	3
80	9.3	9	5
81	9.4	9	6
82	9.5	9	8
83	9.7	9	11
84	9.8	9	13
85	9.9	9	14
86	10.0	10	0
87	10.1	10	2
88	10.2	10	3

**TABLA No. 1 CALCULO DE LIBRAS DE CLORO HTH AL 65%, cada 4 días**

Dosificación de cloro **1.5 mg/L** de Cloro para aguas claras con una concentración de hipoclorito de calcio al 65%

D= 1.5 Ppm

P= 4.2 días

Concentración 0.65

Q=Caudal en galones por minutos	Cantidad de cloro		
	Libras= (QXDXPX0.012)/% 0.65	Libras de Cloro	Onzas de cloro
89	10.4	10	6
90	10.5	10	8
91	10.6	10	10
92	10.7	10	11
93	10.8	10	13
94	10.9	10	14
95	11.0	11	0
96	11.2	11	3
97	11.3	11	5
98	11.4	11	6
99	11.5	11	8
100	11.6	11	10

**TABLA No. 2 CALCULO DE LIBRAS DE CLORO HTH AL 65%, cada 4 días**

Dosificación de cloro **2 mg/L** de Cloro para aguas claras con una concentración de hipoclorito de calcio al 65%

D= 2.0 ppm

P= 4.2 días  
Concentración 0.65

Q=Caudal en galones por minutos  Galones por minuto	Cantidad de cloro		
	Libras= (QXDXPX0.012)/% 0.65	Libras de Cloro	Onzas de cloro
1	0.2	0	3
2	0.3	0	5
3	0.5	0	8
4	0.6	0	10
5	0.8	0	13
6	0.9	0	14
7	1.1	1	2
8	1.2	1	3
9	1.4	1	6
10	1.6	1	10
11	1.7	1	11
12	1.9	1	14
13	2.0	2	0
14	2.2	2	3
15	2.3	2	5
16	2.5	2	8
17	2.6	2	10
18	2.8	2	13
19	2.9	2	14
20	3.1	3	2
21	3.3	3	5

**TABLA No. 2 CALCULO DE LIBRAS DE CLORO HTH AL 65%, cada 4 días**

Dosificación de cloro **2 mg/L** de Cloro para aguas claras con una concentración de hipoclorito de calcio al 65%

D= 2.0 ppm  
P= 4.2 días  
Concentración 0.65

60

Q=Caudal en galones por minutos  Galones por minuto	Cantidad de cloro		
	Libras= (QXDXPX0.012)/% 0.65	Libras de Cloro	Onzas de cloro
22	3.4	3	6
23	3.6	3	10
24	3.7	3	11
25	3.9	3	14
26	4.0	4	0
27	4.2	4	3
28	4.3	4	5
29	4.5	4	8
30	4.7	4	11
31	4.8	4	13
32	5.0	5	0
33	5.1	5	2
34	5.3	5	5
35	5.4	5	6
36	5.6	5	10
37	5.7	5	11
38	5.9	5	14

**TABLA No. 2 CALCULO DE LIBRAS DE CLORO HTH AL 65%, cada 4 días**

Dosificación de cloro **2 mg/L** de Cloro para aguas claras con una concentración de hipoclorito de calcio al 65%

D= 2.0 ppm  
P= 4.2 días  
Concentración 0.65

61

Q=Caudal en galones por minutos  Galones por minuto	Cantidad de cloro		
	Libras= (QXDXPX0.012)/% 0.65	Libras de Cloro	Onzas de cloro
39	6.0	6	0
40	6.2	6	3
41	6.4	6	6
42	6.5	6	8
43	6.7	6	11
44	6.8	6	13
45	7.0	7	0
46	7.1	7	2
47	7.3	7	5
48	7.4	7	6
49	7.6	7	10
50	7.8	7	13
51	7.9	7	14
52	8.1	8	2
53	8.2	8	3
54	8.4	8	6
55	8.5	8	8



**TABLA No. 2 CALCULO DE LIBRAS DE CLORO HTH AL 65%, cada 4 días**

Dosificación de cloro **2 mg/L** de Cloro para aguas claras con una concentración de hipoclorito de calcio al 65%

D= 2.0 ppm  
P= 4.2 días  
Concentración 0.65

Q=Caudal en galones por minutos  Galones por minuto	Cantidad de cloro		
	Libras= (QXDXPX0.012)/% 0.65	Libras de Cloro	Onzas de cloro
56	8.7	8	11
57	8.8	8	13
58	9.0	9	0
59	9.1	9	2
60	9.3	9	5
61	9.5	9	8
62	9.6	9	10
63	9.8	9	13
64	9.9	9	14
65	10.1	10	2
66	10.2	10	3
67	10.4	10	6
68	10.5	10	8
69	10.7	10	11
70	10.9	10	14
71	11.0	11	0
72	11.2	11	3

**TABLA No. 2 CALCULO DE LIBRAS DE CLORO HTH AL 65%, cada 4 días**

Dosificación de cloro **2 mg/L** de Cloro para aguas claras con una concentración de hipoclorito de calcio al 65%

D= 2.0 ppm  
P= 4.2 días  
Concentración 0.65

63

Q=Caudal en galones por minutos  Galones por minuto	Cantidad de cloro		
	Libras= (QXDXPX0.012)/% 0.65	Libras de Cloro	Onzas de cloro
73	11.3	11	5
74	11.5	11	8
75	11.6	11	10
76	11.8	11	13
77	11.9	11	14
78	12.1	12	2
79	12.3	12	5
80	12.4	12	6
81	12.6	12	10
82	12.7	12	11
83	12.9	12	14
84	13.0	13	0
85	13.2	13	3
86	13.3	13	5
87	13.5	13	8
88	13.6	13	10
89	13.8	13	13

**TABLA No. 2 CALCULO DE LIBRAS DE CLORO HTH AL 65%, cada 4 días**

Dosificación de cloro **2 mg/L** de Cloro para aguas claras con una concentración de hipoclorito de calcio al 65%

D= 2.0 ppm  
P= 4.2 días  
Concentración 0.65

Q=Caudal en galones por minutos  Galones por minuto	Cantidad de cloro		
	Libras= (QXDXPX0.012)/% 0.65	Libras de Cloro	Onzas de cloro
90	14.0	14	0
91	14.1	14	2
92	14.3	14	5
93	14.4	14	6
94	14.6	14	10
95	14.7	14	11
96	14.9	14	14
97	15.0	15	0
98	15.2	15	3
99	15.4	15	6
100	15.5	15	8

*Tabla para el Cálculo del Goteo*

Volumen del Hipoclorador VH= Ancho (Cms) X Largo (Cms) X Altura (Cms) ÷ 1,000 = litros	Caudal de Goteo en ml/min
200	33
225	37
250	41
275	45
300	49
325	54
350	58
375	62
400	66
425	70
450	74
475	78
500	82
525	87
550	91
575	95
600	99

625	103
650	107
675	111
700	116
750	124
800	132
850	140
900	148
950	157
1000	165
1050	173
1100	182
1150	190
1200	198