

# GUIA PARA FORMULACION DE UN PLAN DE SEGURIDAD DE AGUA (PSA) EN CONTEXTOS DE DESASTRES

Aplicaciones de estándares mundiales sobre seguridad de agua

LIMA – PERU  
2010

## INDICE

1. INTRODUCCION.	4
2. PLANTEAMIENTO DE LA GUIA	6
3. MARCO TEORICO.	7
I.- Agua para consumo humano.	
II.- Normas mínimas de respuesta humanitaria en suministro de agua en caso de desastres.	
III.- Guías de Seguridad de Agua.	
4. JUSTIFICACION PARA LA FORMULACION DE PLANES DE SEGURIDAD DE AGUA.	42
5. OBJETIVOS DE LA GUIA.	44
6. HIPOTESIS	45
7. METODOLOGIA	45
8. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	50
9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	55
10. ANEXOS	55

**GUIA PARA FORMULACION DE UN PLAN DE SEGURIDAD DE AGUA (PSA)  
EN CONTEXTOS DE DESASTRES**

Bomberos Sin Fronteras Francia  
Oficina Perú  
Francisco de Zela 2526, Lima 14, Perú  
Telefono: 4 22 40 55

Correo Electronico: [opal@bomberossinfronteras.org](mailto:opal@bomberossinfronteras.org)  
[www.bomberossinfronteras.org](http://www.bomberossinfronteras.org)

Este documento puede ser reproducido y exhibido para fines de formación y capacitación no lucrativa ni destinada a la venta, manteniendo la carátula y con el conocimiento de Bomberos Sin Fronteras Francia.

## 1. INTRODUCCION.

El abastecimiento adecuado de agua potable es una actividad comprendida en la atención primaria de salud. Es considerada como una acción urgente por parte de todos los gobiernos, del personal de salud, de desarrollo y de la comunidad mundial para proteger y promover la salud de todos los pueblos del mundo. Tal consideración fue políticamente expuesta en 1978 en la declaración de la Conferencia Internacional sobre Atención Primaria de Salud reunida en Alta Ata en la ex Unión Soviética y organizada por la OMS y el UNICEF.

La importancia del agua también ha sido discutido desde distintos ámbitos técnicos en otros diversos foros internacionales como la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Agua (Mar del Plata, Argentina 1977), la Conferencia Internacional sobre Agua y Medio Ambiente (Dublín, Irlanda 1992), la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Río de Janeiro, Brasil 1992), Conferencia Internacional sobre Agua y Desarrollo Sostenible (Paris, Francia 1998), en los Objetivos de Desarrollo del Milenio aprobados por la Asamblea General de las Naciones Unidas (ONU) en el 2000 y en el documento final de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible de Johannesburgo del 2002.

Los foros internacionales llevados a cabo hasta entonces en el mundo formaron parte de un proceso cuyos productos transcurrieron desde las propuestas y definiciones políticas hasta el establecimiento de marcos de acción y de desarrollo de propuestas técnicas operativas para un amplio rango de aspectos sobre el agua, entre ellos: recursos hídricos, abastecimiento, uso de agua, saneamiento y salud, escasez, contaminación, catástrofes, investigación, capacitación, educación.

Para la década 1981-1990 Naciones Unidas establece el Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Ambiental como un periodo de actividades aceleradas y concertadas encaminadas a ampliar los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento a las poblaciones pobres insuficientemente atendidas o no atendidas. Al final de este decenio la OMS y el UNICEF establecieron un Programa Conjunto de Monitoreo para el Abastecimiento de Agua y Saneamiento con el objetivo de reportar la situación mundial del sector de abastecimiento del agua y saneamiento y apoyar a los países a mejorar su desempeño en el monitoreo para permitir una mejor planificación y manejo en los países. Este programa es un mecanismo oficial del sistema de las Naciones Unidas encargado de producir información para la Secretaría General de las Naciones Unidas sobre el progreso de los objetivos de desarrollo del Milenio relacionados con el abastecimiento de agua y saneamiento.

La preocupación global por velar que se mantenga un suministro suficiente de agua de buena calidad para toda la población del planeta preservando las funciones hidrológicas, biológicas y químicas de los ecosistemas, adaptando las actividades humanas a los límites de la capacidad de la naturaleza, fue un tema fundamental incorporado en la Agenda 21 de la Cumbre de Río en 1992. Dicha temática planteada en el Capítulo 18 de la agenda bajo el título "Protección de la calidad y el suministro de los recursos de agua dulce: aplicación de criterios integrados para el aprovechamiento, ordenación y uso de los recursos de agua dulce" definen áreas programáticas como el del abastecimiento de agua potable y saneamiento, donde por ejemplo se sugieren actividades para ayudar a los organismos prestadores de servicios a responder mejor a las necesidades de los consumidores y mejorar su eficacia desde el punto de vista del costo.

En el 2003 Naciones Unidas avanza en la implementación de mecanismos de coordinación de las iniciativas de trabajo sobre aspectos de agua dulce y saneamiento, recursos hídricos

superficiales y subterráneos, interfaces entre agua dulce y del mar, y las catástrofes naturales relacionadas con el agua. Este mecanismo es denominado ONU-Agua.

En su quincuagésimo octavo período de sesiones, la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó el período de 2005 a 2015 Decenio Internacional para la Acción "El agua, fuente de vida", que dio comienzo el 22 de marzo de 2005. Se trata del segundo decenio internacional sobre cuestiones relativas al agua, que sucede al Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Ambiental, 1981 – 1990.

Es en este proceso histórico en el tratamiento de la temática del agua donde se han construido diversos instrumentos técnicos operativos. Así la OMS ha publicado desde 1981 al 2006 una serie de "Guías para la calidad de agua potable" que tienen por finalidad ayudar en el desarrollo y ejecución de estrategias de gestión de riesgos que garanticen la inocuidad del abastecimiento del agua por medio del control de los componentes peligrosos del agua. Estas guías proporcionan requisitos mínimos razonables que deben cumplir las prácticas seguras que protejan la salud de los consumidores. Proporcionan una base científica para el desarrollo de reglamentos y normas sobre el agua de consumo adecuado a los contextos locales.

Las Guías para la calidad del agua de la OMS están destinadas para que sean aplicadas por medio de un marco de gestión preventiva de la seguridad desde la cuenca de captación hasta el consumidor. Este marco debe atender tres requisitos básicos y esenciales: **"Metas de protección de salud, sistema de abastecimiento adecuados y gestionados correctamente, y un sistema de vigilancia independiente"**. Su aplicación puede desarrollarse para sistemas de abastecimiento de agua de consumo entubado de ciudades hasta sistemas de abastecimiento de agua sin tuberías en comunidades o viviendas individuales. Se pueden aplicar asimismo al agua consumida en situaciones específicas como en grandes edificios, en raciones de viajeros, en sistemas de desalinización, para agua envasada, en aeropuertos y puertos, en la industria alimentaria, en barcos y en situaciones de emergencias y catástrofes.

El presente documento surge luego del estudio de las experiencias de la cooperación internacional para el abastecimiento de agua potable de población damnificada en un contexto de catástrofe.

Atendiendo las guías de seguridad de agua de la OMS, el documento plantea la aplicación del requisito básico **"sistema de abastecimiento adecuados y gestionados correctamente"** por medio de la formulación de un **Plan de Seguridad de Agua (PSA) en toda asistencia de damnificados por desastre**, desde el punto de captación de agua hasta el punto de consumo incluyendo el tratamiento, su capacidad para suministrar agua cumpliendo metas de protección de la salud. Para este fin se debe aplicar en los sistemas operados un planteamiento integral de evaluación de riesgos y gestión de los riesgos, cuyo enfoque ha sido desarrollado ya por la OMS para organizar y sistematizar las prácticas de gestión de agua de consumo que asegure su aptitud para gestionar la calidad de agua. El Plan es un modelo de PSA como un producto específico para la operación de equipos WASH que intervienen en emergencias y desastres.

Si bien la ayuda humanitaria internacional cuenta hoy en día con normas mínimas sobre abastecimiento de agua (Normas Esfera), basados en la experiencia en materia de asistencia humanitaria, que representan compromisos asumidos dentro de una carta humanitaria donde refleja derechos y deberes consagrados en el derecho internacional, y que dichas normas incorporan las consideraciones claves teóricas y operativas de las instancias científicas mundiales (incluyendo OMS), son sólo de índole cualitativa y no cuentan con instrumentos integrales de gestión de seguridad de calidad de agua. Esta característica deja a las

posibilidades de cada institución de asistencia humanitaria operar el abastecimiento de agua con diferentes grados de evaluación y gestión de riesgos, como se ha constatado en diversas intervenciones humanitarias alrededor del mundo.

La utilidad de un modelo de PSA para un contexto de desastres y para el sistema de potabilización portátil será el de proporcionar a los operadores de ayuda humanitaria, locales e internacionales, un instrumento específico de "gestión de riesgos de sistemas de abastecimiento de agua en emergencias" que represente una guía práctica para la elaboración de planes de seguridad de agua de equipos portátiles específicos de potabilización u otros sistemas, siguiendo los planteamientos de la comunidad científica propuestos en las guías de calidad de agua potable de la OMS.

Para la elaboración del Plan de Seguridad de Agua previsto, se aplicará el *Manual para el desarrollo de planes de seguridad de agua*, que es una metodología de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo elaborado por la OMS y de reciente publicación (2009). Este manual recoge de las guías de seguridad de agua los enfoques fundamentales para una metodología de planes de seguridad basados en principios y conceptos de sistemas de gestión de riesgos de barreras múltiples y en el análisis de peligros y de puntos críticos de control.

En general los planes de seguridad de agua son de complejidad variable en función de los contextos y deben diseñarse para cada sistema concreto de abastecimiento de agua de consumo, sin embargo la OMS fomenta también para sistemas de dimensiones pequeñas la necesidad elaborar planes de seguridad de agua para tecnologías específicas. Por esta razón en el contexto de desastre donde el uso de la tecnología de la potabilización portátil de agua de consumo es amplio por los operadores de la asistencia humanitaria, se hace necesaria la disposición de un modelo de plan que sirva como guía de desarrollo para sus recursos institucionales.

## **2. PLANTEAMIENTO DE LA GUIA**

En situaciones de desastres una de las prioridades principales para las autoridades locales y de instituciones de ayuda humanitaria es la de proveer agua de consumo humano. Esta prioridad es atendida a través de la distribución de agua embotellada o por medio de la instalación de plantas de tratamiento mientras se rehabilitan los sistemas afectados por el desastre cuyas operatividades se interrumpen debido a diferentes tipos y grados de intensidad de daño, ruptura y/o contaminación.

Siendo el agua uno de los medios principales de transmisión de enfermedades, los proveedores de agua deben asegurar su potabilidad además de la cantidad adecuada. La incorrecta instalación y funcionamiento de los sistemas de emergencia puede ocasionar situaciones que ponen en riesgo la vida y la salud de las poblaciones.

Es necesario considerar también el efecto sobre la eficiencia económica del sistema que provoca una incorrecta instalación y funcionamiento ya que esto puede ocasionar el aumento de los costos de operación, los cuales son asumidos siempre por las agencias de asistencia humanitaria, gobiernos centrales, regionales o locales. Es importante tomar en cuenta que en países en vías de desarrollo, las catástrofes de gran magnitud pueden obligar a operaciones de sistemas de emergencia de abastecimiento de agua por periodos prolongadas, representando esa situación un desafío logístico y disponibilidad de recursos difícil de asumir, por lo que la optimización de la eficiencia integral del sistema es un aspecto vital para la continuidad de la atención.

Muchas de los operadores de asistencia humanitaria que operan la atención de desastres con plantas portátiles de potabilización de agua u otros sistemas no poseen, más allá de las guías de ensamblaje de los equipos y modos de operación proporcionados por los fabricantes, de alguna herramienta técnica que la conduzca a incorporar su tecnología alternativa dentro de un sistema de gestión de riesgos que controle todos los componentes del sistema de abastecimiento de agua. Las normas mínimas de la carta humanitaria con la que se asiste en desastres no presentan aún algún modelo de planificación de gestión de riesgo del abastecimiento de agua que permita establecer por ejemplo estrategias y marcos de acción para el conocimiento de los sistemas operados y de sus capacidades de suministro para metas de protección de salud del espacio concreto en servicio, para la determinación de peligros de contaminación y modalidades de control de los peligros, para validaciones de estas medidas de control de peligros, para la aplicación de un sistema de monitoreo de las medidas de control adoptadas del sistema, para plazos de aplicación, para verificación de la calidad de agua, entre otras estrategias y acciones.

El presente documento pretende fortalecer los procedimientos de gestión operativa de agua y saneamiento en contexto de desastres, incorporando un procedimiento de gestión de riesgos de calidad de agua. Esto se logrará desarrollando y aplicando para este contexto particular un plan de seguridad de agua según los enfoques y requisitos, para garantizar la inocuidad del agua, de las guías para la calidad de agua potable y de la metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo de la OMS.

Los contextos de desastres configuran escenarios de alteración severa de la dinámica social, donde los actores sociales locales y sus roles son afectados a diferente nivel, y donde las intervenciones de asistencia humanitaria exigen se los involucre, tanto para atender aspectos estratégicos y operativos a fin de superar el trauma estructural y emocional así como también para atender aspectos éticos de asistencia.

El contexto de catástrofe muchas veces significa un nivel de trauma profundo que desarticula las capacidades locales y anula la presencia, disposición y acción de los actores sociales locales y sus roles, teniendo la cooperación humanitaria que trabajar en esas circunstancias, a diferencia de prácticas de cooperación normales en contextos sin desastres, para la implementación inmediata de procesos técnicos de asistencia que permitieran superar el colapso de la precaria estructura de respuesta nacional a desastres.

A fin de lograr un modelo de plan de gestión de agua para el contexto y tecnología operada y destinada para operadores de ayuda humanitaria, su formulación debe prever entrevistas con todos los actores sociales que deberían estar involucrados con la intervención de este tipo en caso de desastre, sin perder de vista la dinámica para la que se destina, que impone una actuación contra el tiempo, el tipo de escenario de desastre, y la naturaleza del fenómeno desastroso y su evolución.

### **3. MARCO TEORICO**

#### **I.- AGUA PARA CONSUMO HUMANO<sup>1</sup>**

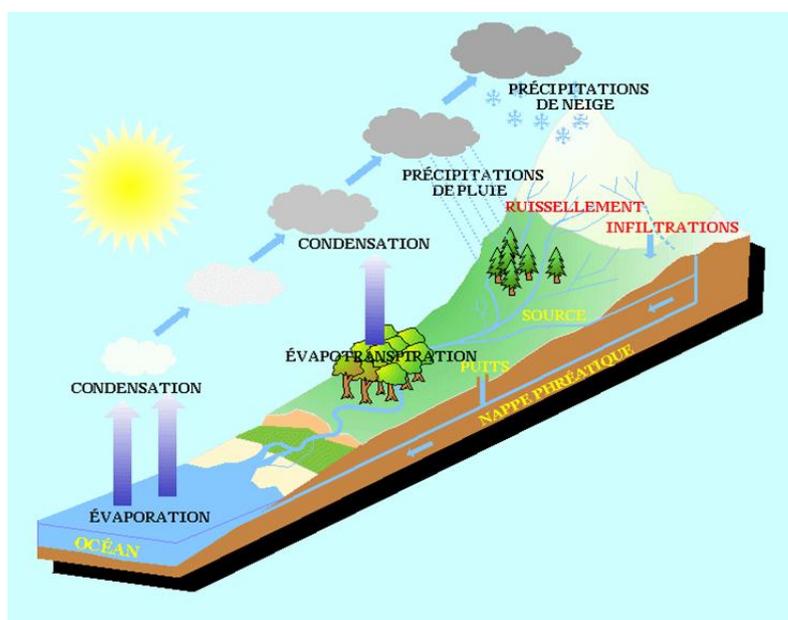
##### **Los diferentes estados del agua**

El agua es la sustancia mineral más extendida en la superficie del globo constituyendo en ella la hidrosfera. Existe sobre la tierra bajo 3 estados: Sólido, líquido y gaseoso. Su volumen se

---

<sup>1</sup> Del Manual « Initiation a la Potabilisation » . POMPIERS SANS FRONTIERES. 2005.

considera alrededor de 1,400 millones de km<sup>3</sup>. Alrededor del 98 % de esta agua se encuentra bajo forma salada en los océanos. Se evalúa de 500,000 a 1 millón de km<sup>3</sup> el volumen de agua dulce distribuido entre ríos, lagos y aguas subterráneas. Los glaciares y los casquetes glaciares representan 25 millones de km<sup>3</sup>, ósea las  $\frac{3}{4}$  de las reservas de agua dulce. Finalmente, hay 50,000 km<sup>3</sup> de agua en la atmósfera bajo la forma de vapor y de nubes.



LOS GLACIARES REPRESENTAN 25 MILLONES DE KM<sup>3</sup> (3/4 DE LAS RESERVAS DE AGUA DULCE)

500,000 A 1MILLON KM<sup>3</sup> DE AGUA DULCE EN LOS RIOS, LAGOS Y AGUAS SUBTERRANEAS

VOLUMEN ESTIMADO DE 1400 MILLONES DE KM<sup>3</sup> (98% EN FORMA SALADA)

Actualmente, la utilización global del agua, teniendo en cuenta los usos domésticos, industriales y agrícolas, representa la cifra impresionante de **250 m<sup>3</sup> por año y por habitante**. Más la diferencia de consumo es enorme entre los países en vías de desarrollo (alrededor de **100 m<sup>3</sup> / año / persona**.) y los países industrializados (los Estados Unidos, por ejemplo, consume alrededor de **1500 m<sup>3</sup> / año / persona**.) Las necesidades de agua de la humanidad no dejarán de aumentar, de ahí la necesidad de proteger el agua. Es necesario tratarla para producir agua consustancial al consumo y para limitar los rechazos de contaminación en el medio natural.

### Los distintos orígenes.

#### El agua de mar.

El agua de mar tiene una composición extremadamente variada. Contiene todos los elementos químicos conocidos. La principal característica de esta es su salinidad que varía según los mares:

ORIGEN	SALINIDAD (gr.1t <sup>-1</sup> )
Mar Báltico	17
Atlántico y Pacífico	32 a 35
Mar Mediterráneo	38 a 40
Mar Rojo	43 a 45
Mar Muerto	270

#### SALINIDAD DE MARES Y OCÉANOS

Son muy variables según la localización. En pleno mar, las principales materias en suspensión se deben al zooplancton y al fitoplancton cuyo valor es de algunos mg/l. Cerca de las orillas, el contenido de arena puede ser importante según la agitación (vientos y mareas) y según la profundidad.

Se observará que estas aguas son de 10 a 40 veces más mineralizadas que las aguas potables. Estas son imbebibles sin tratamiento.

#### **Las aguas salobres.**

Las aguas salobres se encuentran exclusivamente en los estuarios donde aguas dulces y aguas de mar se mezclan. Estas se caracterizan por una salinidad comprendida entre el 0,5 y 30 gr/lt

#### **Las aguas de superficies.**

Proceden o de capas profundas; de las que emergen constituyendo una fuente de arroyo o río; o de las aguas de los arroyos. Se caracterizan por una superficie de contacto agua / atmósfera (se cargan en gases disueltos: oxígeno, gas carbónico, nitrógeno...) y por una velocidad de circulación. La composición química de este tipo de agua depende de la naturaleza de los suelos cruzados. En su marcha, el agua disuelve los distintos elementos constitutivos de los terrenos. Son pues por principio extremadamente expuestos a las contaminaciones del ambiente y deben tratarse antes del consumo.

#### **Las aguas subterráneas.**

Son generalmente de buena calidad ya que el agua filtrada por el suelo elimina los microorganismos que contiene. Pueden a veces contener, según la naturaleza del suelo, elementos a concentraciones superiores superando ampliamente las normas de potabilidad. Se puede encontrar por ejemplo hierro o manganeso.

#### **Las aguas meteóricas (o agua de lluvia).**

Son en general de buena calidad pues son desmineralizadas y libres de materias en suspensión. Pero hay cada vez más riesgos de que contengan contaminaciones atmosféricas y en particular polvo tóxico o radioactivo (lluvias ácidas). Antes de todo consumo, estas aguas deben desinfectarse y no constituir; más que una solución de ayuda; la ausencia de minerales.

#### **Las redes públicas.**

En toda situación de urgencia, es un recurso que debe utilizarse prioritariamente si existe. Su calidad depende del estado de funcionamiento de la red (funcionamiento normal de la planta

de tratamiento de agua, canalización en buen estado...). Después de una catástrofe natural (temblores de tierra, inundación...), es preferible efectuar un análisis del agua de la red.

### **Las necesidades mínimas de agua potable.**

Para mantener su temperatura interna alrededor de 37°C, el organismo reacciona frenando su producción de calor y aumentando sus pérdidas calóricas. Por ello, por evaporación en particular, el cuerpo humano puede eliminar hasta 10 litros de agua al día. La cantidad necesaria para la vida varía según la temperatura exterior, la humedad relativa, la insolación y el desgaste físico.

Según algunas normas, la cantidad de agua necesaria para el hombre para responder a sus necesidades más reducidas posibles debe distinguirse en 2 casos:

- El uso mínimo excepcional limitado a 3 días
- El uso mínimo normal, ilimitado de duración

Estas necesidades se reducen a la cantidad de agua necesaria para:

- La bebida
- La preparación de los alimentos
- Lavado de manos

<b>NECESIDADES</b>	<b>CLIMA MODERADO</b>	<b>CLIMA CALUROSO</b>
Uso mínimo excepcional	5 litros / pers. / día	10 litros /pers. / día
Uso mínimo normal	15 litros / pers. / día	30 litros / pers. / día
Uso normal	50 litros / pers. / día	70 – 300 litros / pers. / día

**NECESIDADES MÍNIMAS DE AGUA**

***! En el caso específico de un hospital de campaña, podemos evaluar aproximadamente las necesidades de agua en 100 litros / herido / día!***

La mención mínima corresponde por supuesto a situaciones excepcionales de falta de agua que tienen consecuencias desfavorables sobre la higiene corporal, sobre la limpieza de las prendas de vestir, los locales y utensilios de cocina (riesgo de infección por toxinas alimentarias) y sobre la moral de las personas.

### **Los parámetros de calidad de agua potable.**

#### **Generalidades.**

El análisis del agua revela la presencia de gas, de materiales minerales y orgánicos, y de micro organismos. Estos elementos pueden ser de origen natural o vinculado a las actividades humanas. El contenido de estos distintos elementos permite definir la calidad del agua y sus posibles utilidades (agua para la alimentación, sanitaria, irrigación...). En el agua que es un medio cambiante (sobre todo las aguas de superficie), se pueden producir variaciones muy rápidamente o progresivamente. Es pues imprescindible controlar regularmente la calidad del agua durante el tiempo.

### **Parámetros Organolépticos.**

La evaluación sensorial de las características del agua conduce necesariamente a juicios que constituyen sin embargo las primeras indicaciones de un peligro potencial para la salud.

La turbidez.

Caracteriza el desorden del agua. En sí mismo, la turbidez no condena al agua pero es el índice de una contaminación siempre sospechosa. La turbidez confiere al agua un aspecto poco atractivo que repugna al consumidor. Por ello es necesario que el agua potable se vea limpia.

El color.

El agua potable es incolora sobre los 20 primeros cm. de profundidad. El agua puede ser coloreada y satisfacer las normas bacteriológicas y químicas, pero es poco atractiva y rechazada por los consumidores.

Las aguas naturales pueden ser coloreadas por la presencia de sales minerales o de materias orgánicas. La coloración amarilla o verde de las aguas de la superficie a menudo se debe a la presencia de materia orgánica.

Los colores marrones y rojos están en cambio vinculados a la presencia de sales minerales y no comprometen la potabilidad del agua (al menos cuando siguen siendo moderadas).

El gusto y el olor.

El olor se debe a la presencia en el agua de sustancias a menudo muy complejas y en insignificante concentración. Las aguas subterráneas son generalmente inoloras. En cambio, los olores pueden desarrollarse en las aguas de superficie como consecuencia de descomposición de las materias orgánicas o contaminación por hidrocarburos.

Los malos sabores tienen generalmente el mismo origen que los olores desagradables. Un agua potable debería ser inodora, de escaso sabor y agradable.

### **Parámetros físicos – químicos.**

La temperatura.

La temperatura del agua debe situarse entre 8 y 15° C para que sea refrescante. En la práctica la temperatura del agua no tiene incidencia directa sobre la salud del hombre. No obstante, más allá de 15° C favorece el desarrollo de micro organismos y puede intensificar su gusto y su olor. Por debajo de 10° C retrasa las reacciones químicas en los diferentes tratamientos del agua.

El pH: (Potencial Hidrogenado).

Representa la concentración en iones de H<sup>+</sup> del agua. Traduce así la balanza entre ácido y base en una escala de 0 a 14, siendo 7 el pH de neutralidad. Este parámetro caracteriza un gran número de equilibrio físico-químico y depende de factores múltiples, del origen del agua.

pH < 5	Fuerte acidez → presencia de ácidos minerales u orgánicos en las aguas naturales.
pH = 7	PH Neutro
7 < pH < 8	Cercana a la neutralidad → mayoría de las aguas de la superficie.
5,5 < pH < 8	Mayoría de aguas subterráneas
pH > 8	Fuerte alcalinidad, evaporación intensa

**CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS SEGÚN SU PH**

El pH debe medirse en el terreno con ayuda de un pH-metro o por colorimetría (papel pH).

La conductividad.

La conductividad mide la capacidad del agua para conducir la corriente a través de dos electrodos. La mayoría de las materias disueltas en el agua se encuentran en forma de iones estando cargados eléctricamente (sales disueltas). Cuanto más mineralizada este el agua será mejor conductora.

Conceptos de otros parámetros.

- Título alcalimétrico completo:

Permite conocer la concentración en carbonatos y bicarbonatos.

- Título hidrotimétrico.

Indica el contenido en  $\text{Ca}^{2+}$  (calcio) y  $\text{Mg}^{2+}$  (magnesio) que definen la dureza del agua.

**Parámetros Químicos.**

La mayoría de las aguas naturales o de consumo contienen diversas sustancias que en gran número son necesarios para el organismo del hombre. Es, en general, un exceso de algunos elementos que pueden inducir directa o indirectamente a efectos dañinos sobre la salud. Por ejemplo, el flúor presente en el agua a un contenido inferior a 1 mgr/lit es útil a la prevención de la caries dental. Por el contrario, a partir de 2 Mg/lit, pueden aparecer patologías (flúor dental y óseo). Excepciones existen sin embargo según la naturaleza del elemento a considerar. Los efectos sobre la salud varían considerablemente según las sustancias.

Elementos normales.

Son necesarios para la constitución y para la conservación del sistema biológico humano: el calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), el magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), el sodio ( $\text{Na}^+$ ), los cloruros ( $\text{Cl}^-$ ), los sulfatos ( $\text{SO}_4^{3-}$ ), el potasio ( $\text{K}^+$ ), el aluminio ( $\text{Al}^{3+}$ )...

Elementos indeseables.

Se trata de sustancias (oligoelementos) necesario para la vida, pero que a dosis demasiado elevadas pueden ser la causa de manifestaciones o efectos indeseables.

Son:

- El cobre ( $\text{Cu}^{2+}$ )
- El hierro ( $\text{Fe}^{3+}$ )

- El manganeso ( $Mn^{4+}$ )
- Los Nitratos ( $NO_3^-$ )

Elementos tóxicos.

Son principalmente metales pesados tóxicos en cualquier circunstancia, cuya presencia debe evitarse.

Ejemplo: Cromo, cadmio, mercurio, arsénico, plomo...

### **Parámetros Biológicos.**

Todas las aguas son susceptibles a ser contaminadas por micro-organismos. Entre los agentes patógenos se distinguen los virus, las bacterias, los protozoarios, los hongos y levaduras.

Entre los parámetros microbiológicos, se hace la búsqueda de gérmenes indicadores de contaminación (Ej.: los estreptococos fecales son indicadores de contaminación fecal) Se considera que si hay evidencia de contaminación fecal, hay un riesgo de presencia de gérmenes patógenos.



### **Las contaminaciones del agua.**

La contaminación del agua procede esencialmente de las ciudades, de la industria y de la agricultura. La contaminación generada por las dos primeras se localiza evidentemente ("contaminación específica") pues son de fácil recolección; mientras que en la agricultura provoca una contaminación "difusa", dispersa en los campos, que alcanza las capas freáticas y los ríos progresivamente.

Que sean específicas o difusas, las contaminaciones se clasifican según su naturaleza. Pueden ser químicas, biológicas, físicas o mixtas.

### **Las contaminaciones químicas.**

Dos tipos: La contaminación mineral y la contaminación orgánica.

La contaminación mineral.

Es decir el exceso de iones minerales en el agua puede también tener consecuencias sobre los seres vivos. Los compuestos encontrados con más frecuencia son los nitratos (agricultura), los fosfatos (agricultura) y los metales pesados como el plomo, el mercurio, el cadmio, el cobre, el zinc, el níquel, el cromo y los cianuros. Estos últimos resultantes principalmente de la industria y el urbanismo, se fijan generalmente sobre las materias en suspensión presentes en el agua no potable, y la eliminación de estas materias en suspensión basta generalmente para garantizar su eliminación.

La materia orgánica.

Esta presente bajo forma disuelta y bajo forma sólida (MES). Está formada esencialmente de átomos de carbono, de oxígeno, de hidrógeno y de nitrógeno. Los compuestos orgánicos pueden ser naturales o de síntesis y provenir de diferentes fuentes: desechos domésticos y urbanos (detergentes, residuos alimenticios), desechos industriales (solventes, carburantes)

descomposición de animales y de vegetación muerta, actividades agrícolas (pesticidas, herbicidas, fungicidas).

La materia orgánica es a menudo responsable del olor, del color y del sabor, pero generalmente es biodegradable. Puede transformarse en agua y en CO<sub>2</sub> por micro organismos (bacterias, algas). Pero esta biodegradación consume oxígeno, por eso se mide a menudo la contaminación orgánica por la DBO (Demanda Biológica en Oxígeno, es decir, la cantidad de oxígeno que será consumido por micro organismos para su biodegradación) y por la DQO (Demanda Química en Oxígeno, es decir la cantidad de oxígeno necesario para oxidar todo lo que puede serlo por vía química).

### **Las contaminaciones microbiológicas.**

El agua puede contener micro organismos patógenos (virus, bacterias, hongos, amebas, lombrices) que son peligrosos para la salud humana.

La presencia de bacterias y virus se debe principalmente a los desechos de aguas residuales urbanas efectuadas en el medio ambiente (excrementos humanos o animales, líquidos de residuos y descargas). La presencia de ciertos organismos se explica por las condiciones naturales, así algunas enfermedades tropicales resultan ser muy peligrosas.

### **Las contaminaciones físicas.**

Este tipo de contaminación es bastante rara y muy localizada, distinguiremos dos casos:

#### **La contaminación térmica y la contaminación radioactiva.**

La primera se debe principalmente a los residuos de centrales térmicas o nucleares que tienen como efecto elevar la temperatura del agua lo cual genera la supervivencia de algún micro organismo, de algas y la proliferación de larvas de mosquitos.

Para el segundo, las grandes precauciones tomadas en las manipulaciones de productos radioactivos hacen que la radioactividad inducida en el medio ambiente por los residuos actuales sea muy inferior a la radioactividad natural debido a la radiación cósmica y a la radioactividad de la corteza terrestre. Los riesgos están pues sobre todo vinculados a los accidentes potenciales.

#### **Riesgos de consumo de agua contaminada.**

#### **Riesgos de corto y largo plazo.**

Los riesgos debidos a la absorción de agua no potable pueden agruparse en dos grandes categorías:

Riesgos a corto plazo: la infección puede contraerse después de una única absorción de agua contaminada e instalarse rápidamente (en algunas horas o en algunos días). Se trata esencialmente de riesgos de origen microbiológico

Riesgos a largo plazo: es el riesgo de acumulación de sustancias químicas tóxicas. Estos riesgos no se manifiestan hasta después de varios años de consumo de agua contaminada.

En función de la nocividad de los elementos, las autoridades públicas impusieron normas. Así pues, es necesario respetar la DDA (Dosis Diaria Admisible) diferente para cada sustancia.

#### **Los riesgos químicos.**

### Intoxicación por compuestos químicos.

La contaminación por compuestos químicos recurre a conceptos de venenos. Todos los productos son peligrosos, es la dosis que hace al veneno.

No obstante se considera un producto como veneno cuando puede causar la muerte de un ser humano por una dosis inferior a los 2gr.

#### Toxicidad aguda: (corto plazo)

La intoxicación se manifiesta en algunas horas o algunos días después de la ingestión. Eso supone la presencia en el agua de un producto muy tóxico o bastante tóxico pero en fuerte concentración. Puede tratarse de una contaminación accidental o a veces voluntaria.

#### Toxicidad crónica: (largo plazo)

Esta vinculada a la ingestión regular de escasa dosis de productos sobre una duración más o menos larga. Se acumulan en el organismo y los efectos aparecen en los meses o en los años siguientes, incluso la generación siguiente.

### **Los riesgos microbiológicos.**

Los micros organismos son organismos vivos de pequeño tamaño que agrupan a los virus, las bacterias, los parásitos. Por lo que se refiere a los parásitos, son por su denominación nocivos a nuestra salud ya que ellos dependen de nosotros.

Los otros micro organismos se clasifican en tres grupos según si son patógenos para el hombre o no.

#### Los micros organismos banales.

Son esenciales a la vida y alguno se utiliza en el ámbito agro alimentario y de la salud.

Por ejemplo, el hombre utiliza un gran número de micro organismos para la digestión contenidos en el tubo digestivo. Algunos coliformes y estreptococos fecales pueden considerarse como gérmenes banales.

#### Los micros organismos patógenos oportunistas.

Generan una enfermedad en un huésped cuyas defensas previamente se debilitaron. Así pues la patogenicidad de estos organismos solo se expresa si las condiciones le son favorables.

#### Los micros organismos patógenos estrictos.

Son responsables de enfermedades en sujetos sanos, a pesar de las defensas inmunitarias de este último (peste, cólera, tuberculosis, sífilis...)

### **Otros organismos patógenos.**

#### Las Algas

Desempeñan un papel positivo para el equilibrio de los biotopos acuáticos, asegurando entre otras cosas, la re-oxigenación del agua por la fotosíntesis. Contrariamente, su proliferación va a implicar molestias para el agua. Prácticamente ausentes en invierno, las algas pueden tener un desarrollo importante en verano. Sobre el plan sanitario, no presentan un gran interés a nos que ellas puedan albergar gérmenes patógenos y protegerlos de una posible desinfección.

Las principales algas tóxicas para el hombre son las algas azules que excretan las toxinas responsables de alergias cutáneas y respiratorias, de náuseas, de gastroenteritis y de disentería. Ejemplos de microorganismos patógenos:

Micro organismos	Enfermedades	Signos clínicos
Virus Tamaño: 0,01 a 0,1 µm	Hepatitis A y E Poliomielitis Gastroenteritis	Ictericia Parálisis seguidas de secuela Diarreas, vómitos
Bacterias Tamaño: 0,1 a 10 µm	Fiebre tifoidea Gastroenteritis Cólera	Problemas nerviosos, digestivos, fiebre Diarrea, vómitos Diarreas frecuentes, vómitos
Parásitos Tamaño: de algunos µm a 1 m para los adultos (según los parásitos)	Bilharzia Paludismo Amibiasis Dracunculosis	Anemia, sangre en la orina, diarrea... Fiebre Diarrea sanguinolenta Parálisis de miembros inferiores

Enfermedades y gérmenes asociados.

### Proceso elemental de tratamiento de agua.

#### Generalidades.

Los recursos naturales del agua no son de calidad suficiente como para consumirse directamente. El agua contiene numerosos compuestos que pueden agruparse en tres categorías: Las **materias en suspensión**, las **materias coloidales** y las **materias disueltas**.

#### Las Materias En Suspensión: (MES)

Pueden ser de origen mineral (arena, limos, arcilla) u orgánico (producto de la descomposición de las materias vegetales y animales) A estos compuestos se añaden los microorganismos como bacterias, plancton, algas y virus. Estas sustancias son responsables, en particular, de la turbidez y del color del agua. Estas partículas visibles a simple vista son mantenidas en suspensión por acción de la turbulencia.

Las MES gruesas (naturales o artificiales) pueden eliminarse fácilmente por métodos simples como el cribado o la decantación.

#### Las materias coloidales.

Son MES pero más pequeñas en tamaño (<1 µm) cuya decantación son en exceso lentas. Son también el origen de la turbidez y de la coloración.

#### Las materias disueltas.

Son aniones y cationes de tamaño que no pasa la del nanómetro (nm). Se disuelve también de una parte de la materia orgánica. Se encuentran también gases (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S...).

### El papel de la coagulación y de la floculación:

Los métodos de coagulación y de floculación son tratamientos de preparación para mejorar las técnicas de separación sólido - líquido (eliminación de MES y materias coloidales). La eliminación de las sustancias disueltas requiere para cada especie un tratamiento específico precedido o no de una coagulación-floculación.

Los coloides, por su tamaño, no pueden ser eliminados en un sistema de filtrado simple o por decantación en la cuenca.

La tabla a continuación indica el tiempo de decantación de determinados materiales o de organismos así como su orden de magnitud. El tiempo de decantación define la duración necesaria de las partículas para recorrer un metro de agua verticalmente, a 20° C, bajo la influencia de su propio peso.

Diámetro de la Partícula en mm	Tipo de partícula	Tiempo de decantación
10	Grava	1 segundo
1	Arena	10 segundos
10 <sup>-1</sup>	Arena fina	2 minutos
10 <sup>-2</sup>	Arcilla	2 horas
10 <sup>-3</sup>	Bacteria	8 días
10 <sup>-4</sup>	Coloide	2 años
10 <sup>-5</sup>	Coloide	20 años
10 <sup>-6</sup>	Coloide	200 años

**Tiempo de decantación de diversas partículas.**

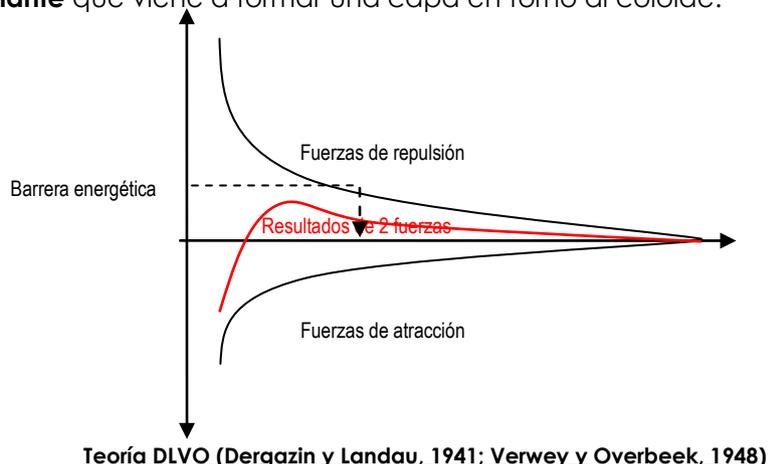
Los coloides son pues partículas imposibles a decantar naturalmente. Es necesario entonces buscar en transformar estos coloides en MES gruesos con el fin de volverlos filtrables por un método simple.

Además estas finas partículas, presentes en el agua no potable, son globalmente cargadas negativamente (imperfecciones de la estructura cristalina, ionización de las agrupaciones químicas periféricas...). Se someten, a fuerzas de repulsión electrostática y a fuerzas de atracción vinculadas a la estructura y a la forma de estos coloides como a la naturaleza del medio.

La estabilidad de una suspensión coloidal depende pues del balance energético entre las fuerzas de atracción y de repulsión:

$$\text{Nivel energético} = \text{Fuerza de atracción} + \text{fuerza de repulsión.}$$

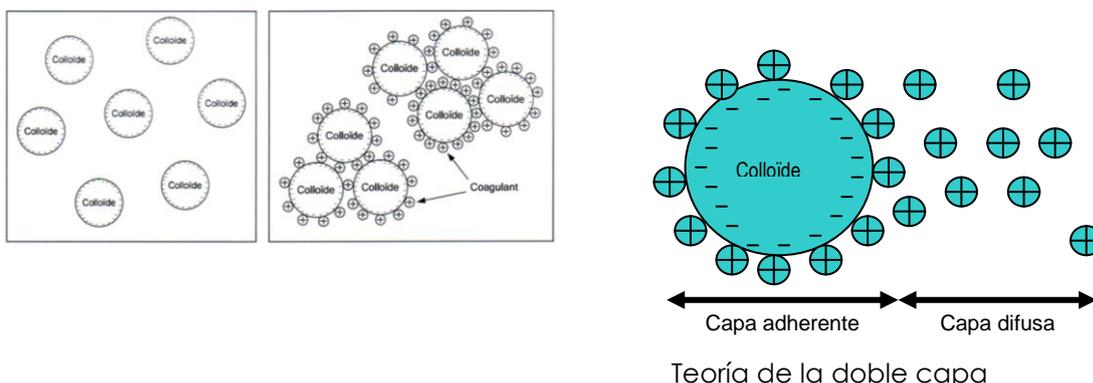
Con el fin de desestabilizar la suspensión, es necesario pues sobrepasar la barrera energética. Para eso, y con el fin de favorecer la aglomeración de coloides, es necesario disminuir las fuerzas de repulsión electrostáticas. Para eso, se utiliza un producto químico (iones positivos) llamado **coagulante** que viene a formar una capa en torno al coloide.



**Se avanzaron diversas teorías:**

- **Teoría de HELMHOLTZ:** Una capa de iones positivos recubre íntegramente la superficie del coloide y garantiza la neutralidad (capa adherente).
- **Teoría de GOUY – CHAPMAN:** La capa de iones positivos se distribuye desigualmente en torno al coloide; la neutralidad se obtiene a mayor distancia (capa difusa).
- **Teoría de STERN:** Quien reúne los dos anteriores y considera la formación de una doble capa. La primera capa es adherente al coloide y la segunda es más difusa.

La elección del floculante debe tener en cuenta la inocuidad del producto y su costo. Así las sales de hierro ( $Fe^{3+}$ ) y las sales de aluminio ( $Al^{3+}$ ) son los más ampliamente utilizados en el tratamiento de coagulación del agua.



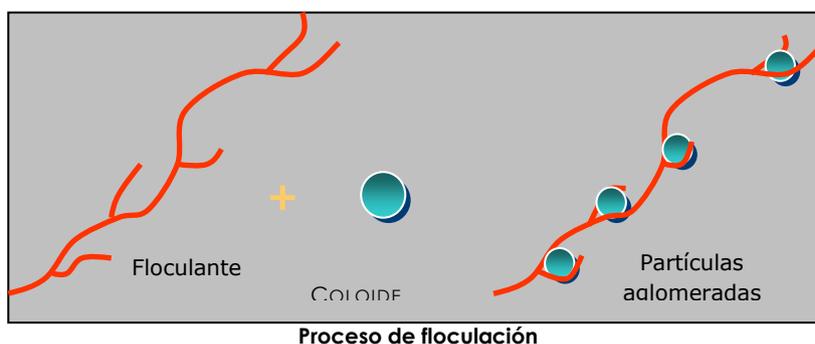
Además se aconseja mucho inyectar el floculante en régimen turbulento (agitación) dada la estructura y la forma de estas pequeñas partículas. En efecto, los fenómenos de superficie son primordiales y cuanto más pequeña sea la partícula, más grande será la superficie específica.

Diámetro de partícula en mm	Tipo de partícula	Superficie específica m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
1	Arena	6.10 <sup>3</sup>
10 <sup>-3</sup>	Bacteria	6.10 <sup>6</sup>
10 <sup>-4</sup>	Coloidea	6.10 <sup>7</sup>
10 <sup>-6</sup>	Coloidea	6.10 <sup>9</sup>

**SUPERFICIE ESPECÍFICA DE PARTÍCULAS SEGÚN SU TAMAÑO**

La coagulación es el hecho de desestabilizar las partículas coloidales por adición de un reactivo químico: **el coagulante**. Una fuerte energía de agitación, durante la etapa de coagulación, permite también aumentar el número y la frecuencia de las colisiones entre las partículas y en consecuencia mejorar la desestabilización de los coloides y la formación de **micro-floc**.

La floculación es la aglomeración de estos flocs en copos más voluminosos. Esta floculación puede mejorarse (y acelerarse) por la adición de otro reactivo: **el floculante**.



Los primeros floculantes utilizados fueron **polímeros minerales** (sílice activada) y los **polímeros naturales** (almidones, alginato). Luego la llegada de **polímeros de síntesis** muy diversificados hizo evolucionar considerablemente los resultados de la floculación.

En el proceso coagulación + floculación, la cantidad de coagulante se limita a la desestabilización de los coloides y no requiere excesos para formar una suspensión decantable.

### La filtración.

La filtración es el paso de una mezcla líquida – sólida a través de un medio poroso (filtro) que retiene los sólidos (retención o panal de filtración) y deja pasar los líquidos (filtrados). Los filtros utilizados pueden ser de diferentes naturalezas:

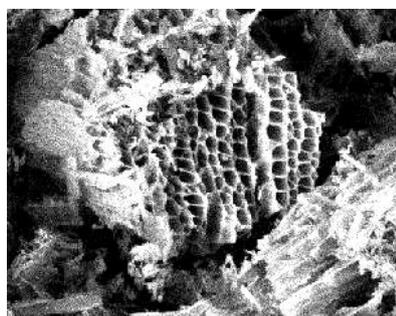
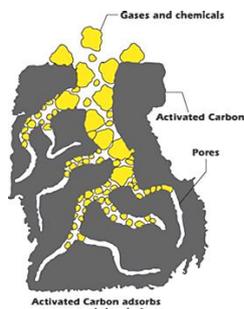
- Filtración sobre un soporte (una tela sobre un marco)
- Capa porosa (carbón, celulosa...)
- Lecho granular (grava, arena... apilarlo en un reservorio)
- 

### La adsorción sobre carbón activado.

La adsorción define la propiedad de ciertos materiales de fijar en su superficie moléculas de una manera más o menos reversibles. Para realizar esta adsorción, se utiliza un carbón en forma de granos. Las partículas penetran en los poros y van a fijarse en la superficie del carbón. Esta fijación es casi irreversible a la temperatura ambiente. Se ve pues que el carbón activo tiene

una determinada duración de vida y que deberán sustituirlo periódicamente. Es importante utilizar un carbón activo que tenga una elevada capacidad de adsorción y un elevado número de poros de transporte. Eso confiere al carbón activo una gran selectividad para la eliminación de los micros contaminantes y pesticidas. Posee también propiedades de catalizar la descomposición tratada en la oxidación de cloro: se generaliza diciendo que el carbón activo retira el exceso de cloro.

En resumen: retira el gusto y el olor del agua tratada, retiene los pesticidas y quizá sea utilizado para reducir el tipo de cloro.



### La desinfección.

La desinfección es la última etapa del tratamiento del agua de consumo antes de la distribución. Permite eliminar todos los micros organismos patógenos del agua. Pueden subsistir en el agua algunos gérmenes banales, ya que la desinfección no es una esterilización.

La desinfección implica dos etapas importantes, correspondiendo a dos efectos diferentes de un desinfectante dado:

- **El efecto bactericida:** capacidad de destruir los gérmenes en una etapa dada del tratamiento.
- **El efecto remanente:** efecto del desinfectante de mantenerse en la red y que permite garantizar la calidad bacteriológica del agua.

Esta desinfección puede realizarse de varias maneras:

- El cloro,
- El ozono,
- La radiación ultra violeta.

### Los Rayos ultravioletas.

El agua pasa bajo lámparas U.V. de fuerte potencia. Dado que estos serán absorbidos por el agua, el grosor de agua debe ser escaso. Este método presenta la ventaja de no introducir elementos extraños en el agua que debe tratarse, pero no presenta ningún efecto de remanencia. Su utilización es pues preferible en redes cortas y bien mantenidas.

La dosis de aplicación (radiación intensa) depende mucho de los micro organismos que deben eliminarse. Es pues imprescindible definir la lámpara U.V. con su fabricante en función de la producción y los riesgos de micro organismos susceptibles a encontrar.

### El ozono.

El ozono (O<sub>3</sub>) es un oxidante muy potente que tiene un muy fuerte efecto bactericida. Su método de utilización consiste en insuflar burbujas de ozono en el agua que debe tratarse. Desgraciadamente, este gas no es almacenable y se necesita este producto en lugar del oxígeno del aire. Además el ozono posee un efecto remanente muy escaso. Se recomienda que para la eliminación de las bacterias patógenas y los polio virus, se debe mantener un porcentaje de 0,4 mgr/lit durante 4 min.

### La cloración.

Es el producto más usado para la desinfección. Puede existir bajo forma gaseosa, líquida y sólida. Dos compuestos de cloro son generalmente usados sobre el terreno para asegurar la desinfección:

Agua de lejía: hipoclorito de sodio (NaOCl)

- La solución concentrada (berlina) título 47 a 50° Cl
- La solución diluida titula 12° Cl

El grado cloro métrico (° Cl) es una unidad de concentración. Es equivalente a 3,17 gr de cloro activo por litro de agua.

Hipoclorito de calcio sólido (Ca (ClO)<sub>2</sub>)

El producto comercial puro al 92-94% contiene 60 a 70% de material activo. Lo que corresponde a 650-700 gr kg<sup>-1</sup> alrededor de cloro activo.

### Generalidad sobre el cloro.

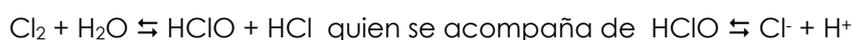
Para una mayor eficacia, es preferible, en la medida de lo posible, tratar un agua cuya turbidez es inferior a 1 UNT y cuyo pH es inferior a 8.

El mantenimiento de un tipo de 0,5 Mgr/lit de cloro libre durante una duración de 30 min. y a un pH<8 permite eliminar la totalidad de micro organismos presentes en el agua.

	Dosis de cloro libre residual (mgr/lit)	Tiempo de contacto (minutos)
Acción bactericida	0,1 a 0,2	10 a 15
Acción virulicida	0,3 a 0,5	30 a 45

### Acción del cloro.

Cuando el cloro se disuelve en el agua, se forman dos ácidos:



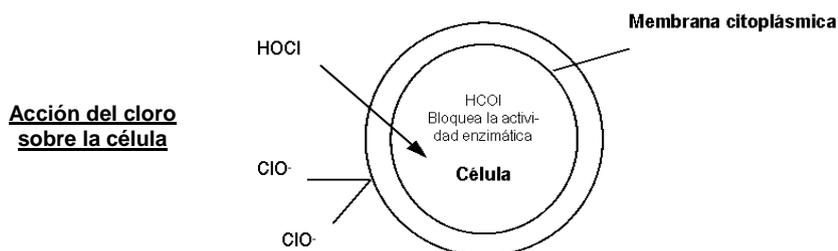
HClO : Ácido hipocloroso (cloro activo)

HCl : ácido clorhídrico

H<sup>+</sup> : Ion hidrógeno

ClO<sup>-</sup> : Ion hipoclorito

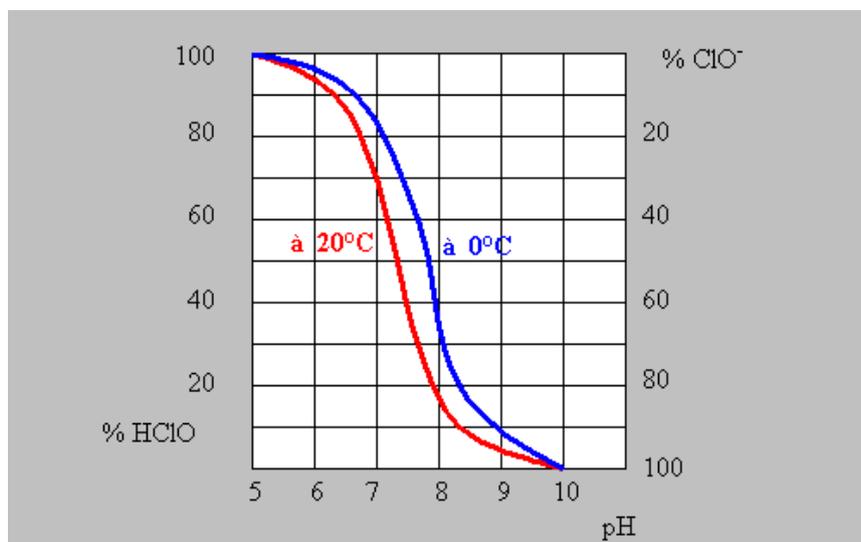
El HClO es un bactericida muy potente. No lleva carga eléctrica y su forma se asemeja a la del agua. La membrana citoplásmica del micro organismo deja pasar al mismo tiempo el agua, contrariamente al ClO<sup>-</sup> que no penetra de hecho en su carga negativa. Dentro de la célula, el HOCl bloquea toda actividad enzimática, implicando así la muerte de la célula.



Uno de los parámetros primordiales para la reacción del cloro en el agua es el pH. Si el pH es inferior a 2, todo el cloro está bajo forma molecular.

A pH 5, el cloro molecular desaparece y todo se encuentra bajo forma de HClO.

A pH >10, todo el cloro se encuentra bajo la forma de iones de hipoclorito ClO<sup>-</sup>.



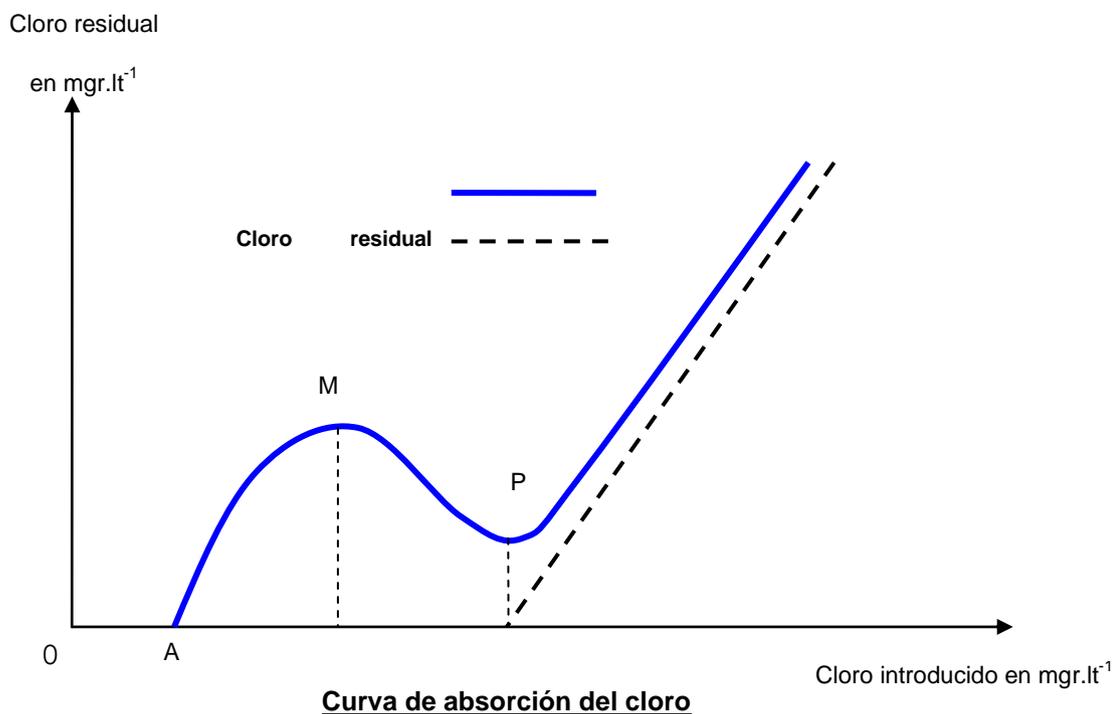
Disociación del cloro en el agua

Observamos que el efecto bactericida del cloro es más eficaz en aguas de temperatura elevada. En cambio el cloro es más estable en el agua fría, subsisten mucho más tiempo.

El cloro actúa también sobre las materias orgánicas del agua y sobre el amonio. Si en varios recipientes que contienen la misma agua, se introduce dosis crecientes de cloro y se mide el cloro total residual, observamos que inicialmente, no hay ninguna aparición de cloro libre, pero

solamente una oxidación de los compuestos fuertemente reductores como el hierro, el manganeso...

Luego, a partir del ion amonio, hay formación de mono y dicloraminos (compuestos olorosos pero poco desinfectantes). Después, el cloro reacciona con los mono y dicloraminos, para dar tricloraminos, luego la destrucción de estos compuestos. Es en ese momento, que la dosis de cloro introducido corresponde al punto crítico (punto roto – break point) y que la cantidad de cloro residual aumenta en la misma proporción que el cloro colocado: el cloro residual se encuentra principalmente en forma de cloro libre (Activo).



- De 0 a A: oxidación de compuestos fuertemente reductores, no hay aparición de cloro libre.
- De A a M: formación de mono y dicloraminas.
- De M a P: formación de tricloraminas luego destrucción de estos compuestos. La P corresponde al punto crítico (Punto Roto-Break Point)
- Después de la P: la dosis de cloro residual aumenta en la misma proporción que el cloro introducido. El cloro residual se encuentra principalmente en forma de cloro libre.

$$\text{Cloro residual total} = \text{cloro residual combinado} + \text{cloro residual libre}$$

Con:

- Cloro residual combinado = cloraminas + cloro combinado con la materia orgánica.
- Cloro residual libre = cloro libre activo (HOCl) + cloro residual libre.

### Elección del agua a tratarse.

La elección del agua que debe tratarse depende de varios factores. Para cada uno de los recursos de los que se dispone (agua subterránea, agua de superficie corriente o almacenada), se evalúa:

La cantidad.

La "fuente" debería ser capaz de proporcionar, en toda circunstancia, la cantidad de agua necesaria. En los países de precipitaciones muy variables, puede ser necesario prever una "presa" para retener durante los periodos de lluvias la cantidad de la que se necesitará en periodos secos.

La calidad.

La calidad del agua no potable va a permitir determinar el método más adaptado para la potabilización del agua. Este método debe evaluarse teniendo en cuenta la variabilidad de la calidad del agua durante el año (variaciones diarias, estacionales y climáticas).

La economía.

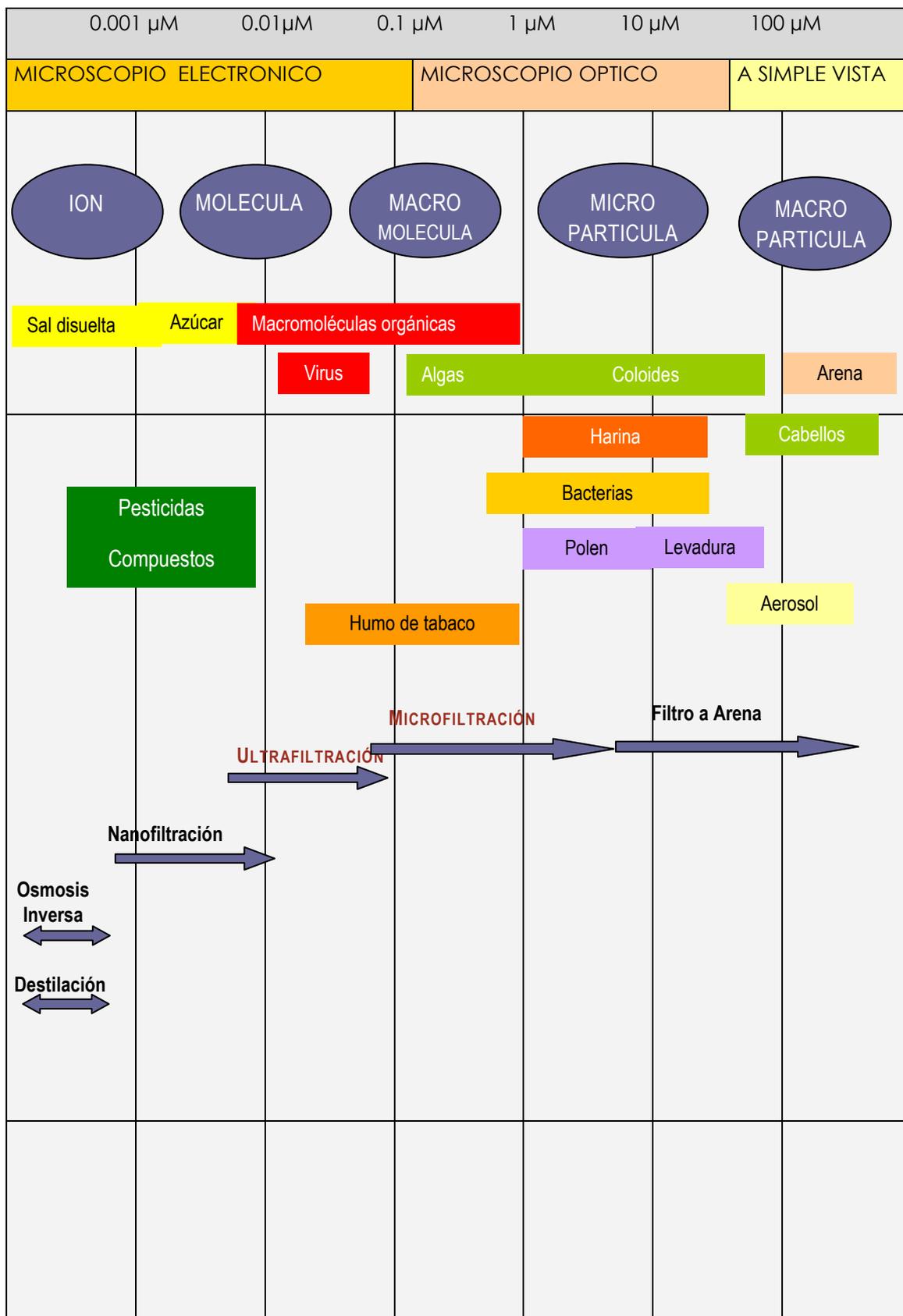
Es necesario, a continuación, comparar los costos de inversión y funcionamiento relativos a cada uno de los recursos disponibles, para garantizar a la vez el tratamiento, el transporte y la distribución del agua.

### **Clasificación de agua y sus aplicaciones.**

<b>Agua Potable *:</b>	Bebida Preparación de alimentos
<b>Agua Sanitaria:</b>	Abluciones Duchas Lavado de prendas Limpieza colectiva.
<b>Agua Natural:</b>	Limpieza de materiales (no médicos)

**TAMAÑO DE ALGUNAS PARTICULAS Y**

**METODO DE SEPARACIÓN**



Tamaño de partículas

Extracto de la norma de potabilidad de las aguas de consumo humano

**Parámetros organolépticos:**

Parámetros	Unidades	Valor guía CEE	Valor guía OMS (Perú)	Norma Francesa
Color	mgr/lit de platino	1	15	15
Turbidez	Unidad Jackson	0,4	5	2
Olor - Sabor	---	Nada	...	Nada

Norma parámetros organolépticos

**Parámetros psico-químicos:**

Parámetros	Unidades	Norma Francesa	Valor guía CEE	Valor guía OMS
Conductividad	$\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20° C	--	400	--
Temperatura	°C	25	12	--
PH	Unidad pH	6,5 a 9	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5
Cloruros	mgr/lit (Cl <sup>-</sup> )	200	200	250
Sulfatos	mgr/lit(SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	250	25	400
Calcio	mgr/lit(Ca <sup>2+</sup> )	--	100	--
Magnesio	mgr/lit(Mg <sup>2+</sup> )	50	30	50
Sodio	mgr/lit (Na <sup>+</sup> )	150	20	150
Potasio	mgr/lit (K <sup>+</sup> )	12	10	12
Aluminio	mgr/lit (Al <sup>3+</sup> )	0,2	0,05	0,2
Oxígeno disuelto	% saturación	--	>75	--
Dureza total	°F	--	--	--
Residuos secos	mgr/lit (a 180°C)	1500	--	1000

Normas de parámetros psico-químicos

Parámetros relativos a las sustancias indeseables:

Parámetros	Unidades	Norma Francesa	Valor guía CEE	Valor guía OMS
Nitratos	mgr/lit(NO <sub>3</sub> )	50	25	50
Nitritos	mgr/lit (NO <sub>2</sub> )	0,1	0,1	3
Amonio	mgr/lit (NH <sub>4</sub> )	0,5	0,05	-
Hidrógeno sulfurado	µg/l (S)	Sin olor	--	0,05
Hidrocarburo disuelto	µg/l	10	0,1	--
Fenoles	µg/l (C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH)	0,5	0,5	--
Hierro	µg/l (Fe)	200	50	300
Manganeso	µg/l (Mn)	50	20	500
Cobre	mgr/lit (Cu)	--	--	1
Zinc	mgr/lit (Zn)	5	0,1	3
Fosfatos	mgr/lit (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	5	0,4	--
Fluor	mgr/lit (F)	1,5	--	1,5

Norma de parámetros de sustancias indeseables

**Parámetros relativos a las sustancias tóxicas:**

Parámetros	Unidades	Norma Francesa	Valor guía CEE	Valor guía OMS
Arsénico	µg/l (As)	50	--	10
Cadmio	µg/l (Cd)	5	--	3
Cianuros	µg/l (CN)	50	--	70
Cromo total	µg/l (Cr)	50	--	50
Mercurio	µg/l (Hg)	1	--	1
Níquel	µg/l (Ni)	50	--	20
Plomo	µg/l (Pb)	50	--	10
Antimonio	µg/l (Sb)	10	--	5
Selenio	mgr/lit (Se)	10	--	10

Normas de parámetros de sustancias tóxicas

**Parámetros microbiológicos:**

Parámetros	Unidades	Norma Francesa	Valor guía CEE	Valor guía OMS
Coliformes totales	N / 100 ml	0	0	0
Coliformes fecales	N / 100 ml	0	0	0
Estreptococos fecales	N / 100 ml	0	0	0

Normas de parámetros microbiológicos

**II.- NORMAS MÍNIMAS DE RESPUESTA HUMANITARIA EN SUMINISTRO DE AGUA EN CASO DE DESASTRES.**

**1.- Agua de consumo en desastres.**

Las consecuencias de un desastre en general, producto de factores que tienen que ver con fenómenos naturales, sociales y políticos-militares (terremotos, inundaciones, huracanes, guerras, etc.), ha significado en la última década la muerte y el sufrimiento de cientos de millones de personas alrededor del mundo y fundamentalmente en los países en vías de desarrollo.

Los desastres vinculados a fenómenos naturales afectan gravemente los servicios vitales, entre ellos el abastecimiento de agua potable cuyas instalaciones y redes se ven afectadas con daños, rupturas, colapsos e interrupciones por tiempo indefinido. Sus consecuencias son muy graves para la salud pública teniendo en cuenta que el agua es uno de los principales medios de transmisión de enfermedades.

Los damnificados en desastres son más vulnerables a contraer enfermedades y morir a causa de una afección, situación que están relacionadas en gran medida con suministros de agua inadecuada y escasa, que dificultan la práctica de higiene. Las enfermedades más importantes de este tipo son las diarreicas y las infecciosas transmitidas por vía fecal-oral. Además otras enfermedades están vinculadas con el agua y el saneamiento como las transmitidas por vectores relacionados con los desechos sólidos y el agua.

El agua dentro de las prioridades de la asistencia humanitaria, es el primer recurso que se debe procurar a poblaciones afectadas por desastres a fin de atender su escasez o su contaminación. Por ello se debe procurar la provisión de la cantidad adecuada asegurando su potabilidad.

**2.- Normas mínimas de respuesta humanitaria.**

En 1997, con el fin de mejorar la calidad de la asistencia que se presta a las personas afectadas por desastre y promover el compromiso a responsabilidades de las instituciones humanitarias del sistema humanitario mundial, en relación con las intervenciones en caso de desastres, se creó el "proyecto esfera" a iniciativa de ONG Humanitarias y del Comité Internacional de la Cruz Roja y Media Luna Roja. Este proyecto se puso en marcha para elaborar un conjunto de normas mínimas universales en áreas básicas de la asistencia humanitaria, armonizando las normas, existentes pero dispersas, recomendadas por los diversos órganos de Naciones Unidas (OMS, FAO, ACNUR, etc.) con las de las organizaciones humanitarias, que en base a su experiencia contaban con normas institucionales de intervención.

La carta humanitaria del proyecto esfera señala que : *“El principal objetivo de los programas de abastecimiento de agua y saneamiento en situaciones de emergencia es reducir la transmisión de enfermedades propagadas por vía fecal-oral y la exposición a vectores que transmiten enfermedades mediante el fomento de buenas prácticas de higiene, la provisión de agua potable salubre y la reducción de riesgos medioambientales contra la salud, así como la implantación de condiciones que permitan a las personas vivir con buena salud, dignidad, comodidad y seguridad. El abastecimiento de agua de consumo entonces es una parte o componente vital de un sistema integral de asistencia. De ahí que existan normas mínimas específicas para los sistemas de abastecimiento de agua.*

En la sección dos del segundo capítulo de las normas mínimas “Esfera” de asistencia humanitaria se presenta normas sobre el abastecimiento de agua. Se presentan como normas mínimas de índole cualitativa especificando los niveles mínimos que hay que alcanzar en la asistencia sobre abastecimiento de agua. Seguidamente las normas contienen indicadores claves de naturaleza cualitativa o cuantitativa que permite comprobar el cumplimiento de la norma y la eficacia de procedimientos y métodos. Los indicadores constituyen un medio de medir y comunicar el impacto de la intervención. Las normas contienen también: notas de orientación referida sobre los aspectos a considerar para la aplicación de la norma e indicadores en diferentes contextos, guía sobre el abordaje de dificultades prácticas, y consejos sobre temas prioritarios.

Existen en la actualidad tres normas relativas al abastecimiento de agua **(Anexo 1)** :

Norma 1: Acceso al agua y cantidad disponible.

Norma 2: Calidad de agua.

Norma 3: Instalaciones y materiales para el uso del agua.

La Norma 1 que establece, **“Todas las personas deben tener acceso seguro y equitativo a suficiente cantidad de agua para beber y cocinar, y para su higiene personal y doméstica. Los lugares públicos de suministro de agua han de estar lo suficientemente cercanos a los hogares para que sea posible obtener lo que se considera como el mínimo indispensable de agua”**, contiene indicadores referidos a promedios de consumo de agua, distancias entre puntos de suministros y población, tiempo de espera y recojo de suministro, y requerimientos de gestión para aseguramiento de suministro. La norma presenta notas de orientación sobre: las cantidades de agua necesarias para el consumo doméstico, para instituciones y otros usos, los factores de tener en cuenta en la selección de fuentes de suministro de agua, la medición de datos de volúmenes de consumo, la calidad y cantidad de suministro, la cobertura del servicio, el número máximo de personas por fuente de agua, el tiempo de espera para suministro, las medidas para garantizar accesibilidad y equidad en la obtención de agua.

La Norma 2, **“El agua deberá tener buen sabor, y ser de calidad suficientemente alta como agua potable y para su utilización en la higiene personal y doméstica sin causar riesgos significativos para la salud”**. Los indicadores de la norma se refieren a los controles sanitarios, la presencia de coliformes fecales, las preferencias en procedencia de fuente de agua, las medidas preventivas contra la contaminación post suministro, el cloro residual y la turbidez, y a la probabilidad de efectos por contaminación por productos químicos o radiológicos. La notas de orientación que se leen con estos indicadores plantean aspectos sobre control sanitario, calidad microbiológica del agua, fomento de consumo de agua de fuentes protegidas, riesgos de contaminación post suministro, desinfección del agua, contaminación química y radiológica, palatabilidad del agua y calidad de agua para los centros de salud.

La Norma 3, **“Las personas cuentan con instalaciones y con material adecuado para recoger, almacenar y utilizar cantidades suficientes de agua para beber y cocinar y para su higiene personal, y para que el agua potable mantenga su salubridad hasta el momento de ser consumida”**. Los indicadores claves señalan aspectos sobre las características y número de recipientes para recoger, trasladar y conservar agua, los medios de higiene personal, las instalaciones para lavaderos y baños, y la participación comunitaria en la implementación de infraestructura y acciones de higiene pública. Las notas de orientación desarrollan detalles para la recogida y almacenamiento de agua, y la disposición de los lavaderos y baños colectivos,

### III. GUÍAS DE SEGURIDAD DE AGUA.

#### 1.- Las Guías de seguridad de agua

La OMS ha publicado desde 1981 al 2006 una serie de “Guías para la calidad de agua potable” para el desarrollo y ejecución de estrategias de gestión de riesgos que garanticen la inocuidad del abastecimiento del agua por medio del control de los componentes peligrosos del agua. Proporcionan una base científica para el desarrollo de reglamentos y normas sobre el agua de consumo adecuado a los contextos locales.

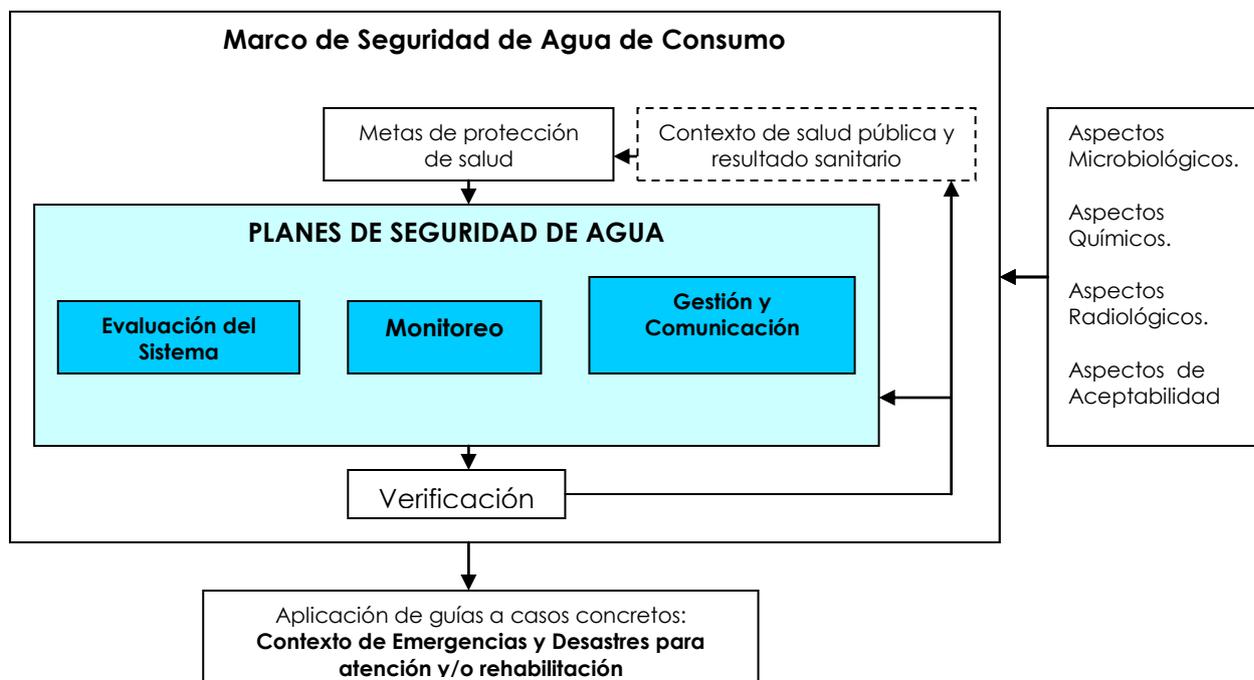
Como ya se ha mencionado, las Guías para la calidad del agua de la OMS están destinadas para que sean aplicadas por medio de un marco de gestión preventiva de la seguridad desde la cuenca de captación hasta el consumidor. Establece que un marco de gestión de calidad de agua debe atender tres requisitos básicos y esenciales: **“Metas de protección de salud, sistema de abastecimiento adecuados y gestionados correctamente, y un sistema de vigilancia independiente”**. Su aplicación puede desarrollarse para sistemas de abastecimiento de agua de consumo entubado de ciudades hasta sistemas de abastecimiento de agua sin tuberías en comunidades o viviendas individuales. Se pueden aplicar asimismo al agua consumida en situaciones específicas como en grandes edificios, en raciones de viajeros, en sistemas de desalinización, para agua envasada, en aeropuertos y puertos, en la industria alimentaria, en barcos y en situaciones de emergencias y catástrofes.

Las Guías de la OMS describen un marco para una gestión preventiva de la “seguridad del agua de consumo” desde cinco componentes claves:

- Metas de protección de la salud basadas en una evaluación de los peligros para la salud
- Evaluación del sistema de abastecimiento de agua para determinar si puede, en su conjunto (del origen del agua al punto de consumo, incluido el tratamiento), suministrar agua que cumpla con las metas de protección de la salud.
- Monitoreo operativo de las medidas de control del sistema de abastecimiento de agua que tengan una importancia especial para garantizar su inocuidad.
- Planes de gestión que documenten la evaluación del sistema y los planes de monitoreo, y que describan las medidas que deben adoptarse durante el funcionamiento normal y cuando se produzcan incidentes, incluidas las ampliaciones y mejoras, la documentación y la comunicación
- un sistema de vigilancia independiente que verifica el funcionamiento correcto de los componentes anteriores.

La OMS recomienda que las Guías deban ser adecuadas para el ámbito nacional, Regional y local, lo que requiere su adaptación a las circunstancias ambientales, sociales, económicas y culturales existentes, así como el establecimiento de prioridades.

Dentro de este marco de seguridad de agua se contempla una guía para la elaboración de Planes de seguridad de Agua que se articula a otras metas del marco como muestra en el siguiente cuadro.



## 2.- Principios de la OMS para la elaboración de un Plan de Seguridad de Agua. (Anexo 2)

Las Guías para la calidad de agua potable de la OMS incluyen un tratado sobre los principios a considerar para el desarrollo de un Plan de Seguridad de Agua (PSA). Se presenta a continuación un resumen de esa propuesta.

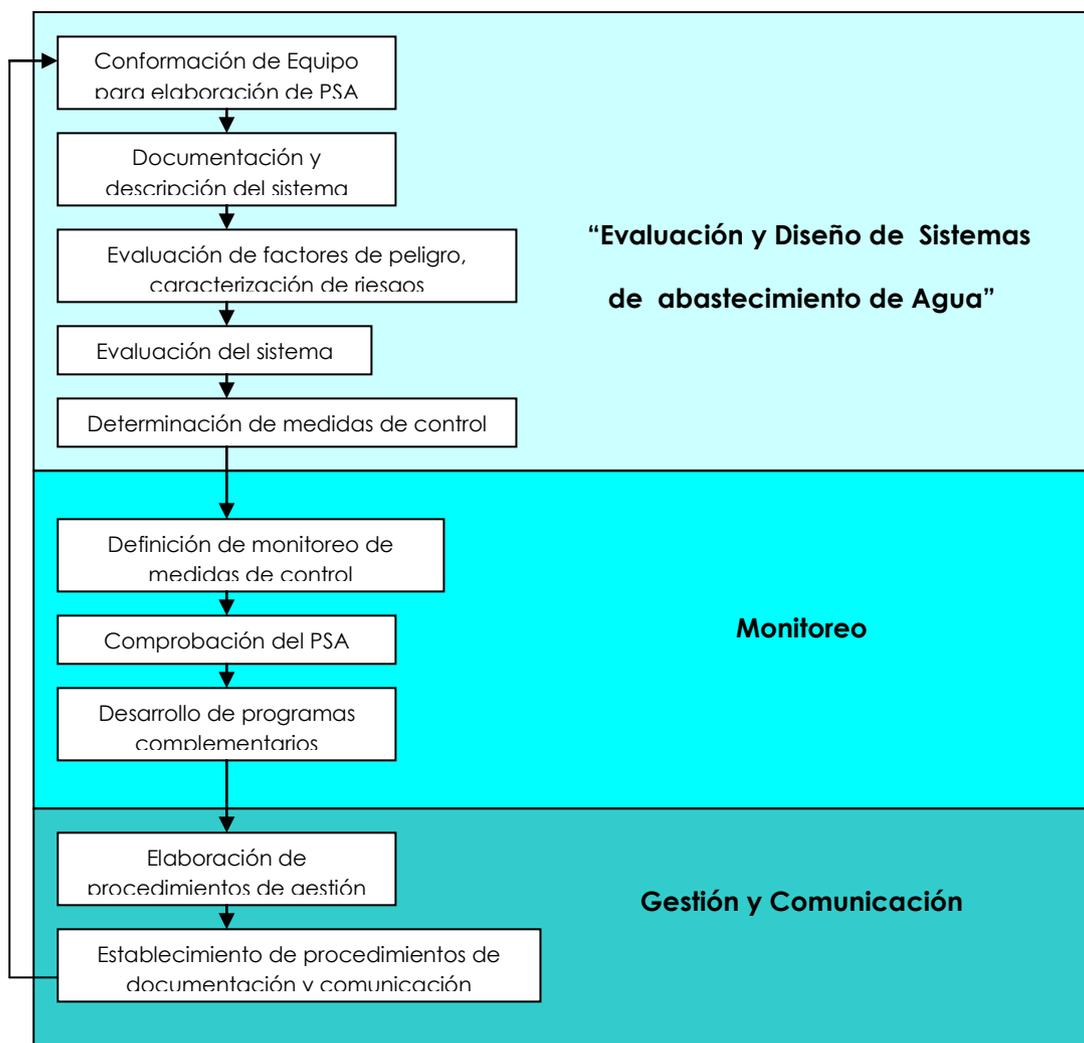
Los principios consideran que el PSA debe ser un planteamiento integral de gestión de riesgos para el abastecimiento de agua desde el punto de captación hasta el punto de distribución al consumidor. Se basa en diversos conceptos de gestión de riesgos como el sistema de barreras múltiples y en el análisis de peligros y puntos de control.

Comprenden tres componentes:

- Evaluación del Sistema.- Para determinar la capacidad de proporcionar agua de calidad que cumplan las metas de salud.
- Determinación de Medidas de control y monitoreo operativo.- Para control de riesgos identificados.
- Planes de gestión.- Para describir instrucciones de funcionamiento y manejo de incidentes y registrar planes de evaluación, monitoreo, comunicación del sistema y complementos.

Los planes de seguridad de agua tienen por objetivo la prevención y reducción de contaminantes en todos los componentes del sistema de abastecimiento de agua.

El siguiente esquema presenta las etapas fundamentales para la elaboración de un PSA:



El esquema presentado muestra que el cumplimiento del objetivo se lograra a través de:

- El conocimiento del sistema y su capacidad para cumplir la metas de protección de salud.
- La determinación de posibles fuentes de contaminación y la manera de controlarlos.
- La validación de las medidas de control.
- La aplicación de un sistema de monitoreo de las medidas de control.
- La adopción de medidas correctivas.
- La verificación de la calidad de agua.

Las guías para el desarrollo del PSA proporcionan para la etapa de **"Evaluación y Diseño de Sistemas de abastecimiento de Agua"** diversas consideraciones técnicas. Establece

recomendaciones para la constitución del equipo de personas para el desarrollo del plan, señalando los conocimientos y competencias requeridas que permitan una cobertura de recopilación amplia y profunda de informaciones, estructurales y no estructurales, que deberán analizar y evaluar eficazmente para la identificación de sucesos peligrosos posibles y la estimación de los riesgos en el sistema nuevos o para ampliaciones de sistemas antiguos. Se incluye en las expectativas del equipo la participación de representantes de los consumidores y de otros actores independientes. Recomiendan también aspectos de la infografía necesaria para lograr la claridad conceptual del sistema y la interpretación exacta de lo concreto que permita la determinación total de peligros y estimación de riesgos. Las guías recomiendan diagramas de flujos que faciliten el examen y evaluación de sistema en captación, tratamiento, almacenamiento y distribución afín de determinar fuentes de contaminación potenciales. Sugieren la necesidad de datos sobre agentes patógenos y sustancias químicas para propósitos de estimaciones de la atención de metas de salud y la determinación de medidas de gestión en la captación, tratamiento y distribución.

También se presentan recomendaciones para la manera de describir y estimar los riesgos, una vez se hayan establecido los sucesos de peligros posibles y definido los peligros, y para la determinación de medidas de control para cada factor de peligro. Se describe aplicaciones de éste enfoque para diversas opciones de captación, tratamiento y distribución de agua.

Par esta etapa se presenta también indicaciones para la implementación de acciones de validación de las medidas de control que mida su eficacia antes de operar el sistema definitivamente. Se explica también las consideraciones para un plan de mejoras o ampliación de pendiendo del sistema y de su evaluación.

Con respecto a la etapa de "**Monitoreo**", proporcionan preceptos para la implementación de un sistema de vigilancia de cada medida de control en el sistema. Abarca aspectos de los parámetros para el monitoreo operativo, la fijación de límites operativos y críticos y aplicación para casos particulares.

Como medidas de comprobación final de que el sistema nuevo o ampliado funcionará en condiciones seguras las guías presentan consideraciones para una operación de **verificación** de la calidad microbiana y de la calidad química. Se presentan recomendaciones para algunos tipos de sistemas de abastecimientos.

Para la etapa de "**Gestión y Comunicación**" las guías presentan indicaciones a tomar en cuenta para la definición de medidas de respuesta ante variaciones de las condiciones normales de operación del sistema. Las medidas comprendidas se refieren a intervenciones de repuesta ante incidentes específicos e imprevistos o de emergencia. Se incluyen en las recomendaciones aspectos para la documentación de la descripción y evaluación del sistema, el plan de monitoreo operativo y verificación del sistema, procedimientos de gestión de seguridad del agua para el funcionamiento normal, gestión de incidentes y emergencias, descripción de planes complementarios y registros. Estrategias de comunicación también son consideradas.

### **3.- Consideraciones para aplicaciones de las guías de seguridad de agua de la OMS para Situaciones de emergencia y catástrofes.**

La seguridad del agua de consumo es uno de los problemas de salud pública más importantes en la mayoría de las situaciones de emergencia y catástrofes. El mayor riesgo para la salud derivado del agua en la mayoría de las situaciones de emergencia es la transmisión de agentes patógenos fecales, debido a condiciones inadecuadas de saneamiento, higiene y protección de las fuentes de agua. Algunas catástrofes, como las que ocasionan daños a instalaciones

industriales químicas y nucleares o están causadas por daños a este tipo de instalaciones, los vertidos de medios de transporte, o las ocasionadas por actividades volcánicas, pueden crear problemas graves debidos a la contaminación química o radiológica del agua.

Diferentes tipos de catástrofes afectan a la calidad del agua de maneras diferentes. Cuando un conflicto o catástrofe natural ocasionan el desplazamiento de personas, éstas pueden instalarse en zonas con fuentes de agua no protegidas y contaminadas. En situaciones de densidad demográfica alta y saneamiento deficiente, es muy probable que las fuentes de agua no protegidas situadas en asentamientos temporales o en sus alrededores resulten contaminadas. Si hay una proporción alta de personas enfermas o portadoras de enfermedades en una población de personas con inmunidad baja debido a la desnutrición o a los efectos de otras enfermedades, existirá un mayor riesgo de que se produzca un brote de una enfermedad transmitida por el agua. La calidad del agua de consumo en zonas urbanas pelagra particularmente tras producirse terremotos, aludes de barro y otras catástrofes que producen daños estructurales. Pueden resultar dañadas las instalaciones de tratamiento del agua, ocasionando la distribución de agua no tratada o parcialmente tratada, y pueden romperse tuberías de alcantarillado y de conducción de agua, ocasionando la contaminación del agua de consumo en el sistema de distribución. Las inundaciones pueden contaminar pozos, pozos de sondeo y fuentes de aguas superficiales con materia fecal arrastrada de la superficie del terreno o por el desbordamiento de letrinas y alcantarillas. Durante las sequías, cuando se agotan las fuentes de abastecimiento normales, la población puede verse forzada a consumir agua de sistemas de abastecimiento no protegidos; además, al recurrir más personas y animales a un número menor de fuentes de agua, aumenta el riesgo de contaminación.

Las situaciones de emergencia gestionadas correctamente suelen estabilizarse tras unos días o semanas. Muchas se transforman en situaciones prolongadas que pueden durar varios años antes de que se encuentre una solución permanente. Durante ese tiempo, las preocupaciones por la calidad del agua pueden evolucionar, y puede aumentar la importancia de los parámetros de calidad del agua que plantean riesgos para la salud a largo plazo.

### **Consideraciones prácticas**

En la mayoría de las situaciones de emergencia hay muy escasas fuentes de agua disponibles, y es importante proporcionar una cantidad de agua suficiente para la higiene personal y doméstica, además para beber y cocinar. Por consiguiente, las directrices y normas de calidad nacionales sobre el agua de consumo deben ser flexibles, teniendo en cuenta los riesgos y beneficios para la salud a corto y largo plazo, y no deben restringir excesivamente la disponibilidad de agua para la higiene, ya que eso ocasionaría con frecuencia un aumento del riesgo general de transmisión de enfermedades.

Al proporcionar agua a una población afectada por una catástrofe, hay que tener en cuenta varios factores, incluidos los siguientes:

- *La cantidad de agua disponible y la fiabilidad del suministro.* Es probablemente la preocupación primordial en la mayoría de las situaciones de emergencia, ya que suele ser más fácil mejorar la calidad del agua que aumentar su disponibilidad o trasladar a la población afectada a un lugar más cercano a otra fuente de agua.
- *El acceso equitativo al agua.* Aunque haya agua suficiente para satisfacer las necesidades mínimas, puede ser preciso adoptar medidas adicionales para garantizar que el acceso es equitativo. Si los puntos de distribución de agua no están suficientemente cerca de su vivienda, los usuarios no podrán recoger agua suficiente

para sus necesidades. Puede ser preciso racionar el agua para garantizar que se satisfacen las necesidades básicas de todos.

- *La calidad del agua bruta.* Es preferible elegir una fuente de agua que pueda distribuirse a los usuarios sin tratarla o con un tratamiento mínimo, siempre que se disponga de una cantidad suficiente.
- *Las fuentes de contaminación y la posibilidad de proteger la fuente de agua.* Debe ser siempre una prioridad en las situaciones de emergencia, con independencia de si se considera o no necesaria la desinfección del agua.
- *Los procesos de tratamiento necesarios para proporcionar rápidamente una cantidad suficiente de agua potable.* Dado que para suministrar agua a poblaciones grandes en situaciones de emergencia suelen usarse fuentes de agua superficiales, suele ser preciso clarificar el agua bruta antes de su desinfección, por ejemplo mediante tratamiento de floculación y sedimentación, de filtración, o ambos.
- *Los procesos de tratamiento pertinentes para las situaciones posteriores a la de emergencia.* Deberán tenerse en cuenta en una fase temprana de la respuesta a la situación de emergencia la asequibilidad, la simplicidad y la fiabilidad a largo plazo de los procesos de tratamiento del agua.
- *La necesidad de desinfectar el agua de consumo.* En las situaciones de emergencia, las condiciones higiénicas suelen ser deficientes y existe un riesgo alto de brotes de enfermedades, sobre todo en grupos de población con inmunidad deficiente. Es, por consiguiente, crucial desinfectar el agua, garantizando el mantenimiento de una capacidad de desinfección residual. Esto permite reducir considerablemente la probabilidad de transmisión de enfermedades por la contaminación del agua en los hogares.
- *La aceptabilidad.* Es importante garantizar que los consumidores consideran aceptable el agua de consumo suministrada en las situaciones de emergencia, ya que en caso contrario podrían recurrir a fuentes de agua no protegidas o no tratadas.
- *La necesidad de contar con recipientes para recoger y almacenar el agua.* Se necesitan recipientes higiénicos y adecuados para las necesidades y hábitos locales con los que recoger y almacenar el agua que se usará para lavar, cocinar y asearse.
- *Consideraciones epidemiológicas.* El agua puede contaminarse durante su recogida, almacenamiento y uso en el hogar como consecuencia de la ausencia de instalaciones de saneamiento o de condiciones de higiene deficientes debido a la disponibilidad de una cantidad insuficiente de agua.

Otras vías de transmisión de las principales enfermedades transmitidas por el agua o relacionadas con el saneamiento en situaciones de emergencia son el contacto entre personas, los aerosoles y el consumo de alimentos. Al aplicar las guías, seleccionar y proteger las fuentes de agua, y seleccionar opciones de tratamiento del agua debe tenerse en cuenta la importancia de todas las vías de transmisión.

En muchas situaciones de emergencia, el agua se recoge en puntos de recogida centrales, se almacena en recipientes y, posteriormente, las personas afectadas la transfieren a los recipientes que utilizan para cocinar y beber. En este proceso al que se somete el agua después de su salida del sistema de abastecimiento hay numerosas oportunidades para su

contaminación. Es, por consiguiente, importante que las personas conozcan los riesgos para la salud derivados de la contaminación del agua desde su recogida hasta su consumo y que cuenten con medios para reducir o eliminar tales riesgos. Cuando las fuentes de agua están cercanas a zonas habitadas, pueden resultar contaminadas fácilmente por la defecación incontrolada, a la que se debe poner freno enérgicamente. Para lograr y mantener la calidad del agua en situaciones de emergencia es preciso contratar, capacitar y gestionar con prontitud al personal de operaciones y crear sistemas para el mantenimiento y las reparaciones, el abastecimiento de componentes fungibles y el monitoreo. La comunicación con la población afectada es extremadamente importante para reducir los problemas de salud debidos al agua de calidad deficiente.

### **Monitoreo**

Debe controlarse la inocuidad del agua durante las situaciones de emergencia. Además de la inspección sanitaria, el monitoreo puede comprender una o más de las siguientes actividades:

- Inspección sanitaria, y muestreo y análisis del agua;
- Monitoreo de los procesos de tratamiento del agua, incluida la desinfección;
- Monitoreo de la calidad del agua en todos los puntos de recogida y en una muestra de hogares;
- Evaluación de la calidad del agua en la investigación de brotes de enfermedad o evaluación de las actividades de fomento de la higiene, según sea pertinente.

Los sistemas de monitoreo y de presentación de informes deben diseñarse y gestionarse de modo que se garantice la pronta adopción de medidas para proteger la salud. El monitoreo también debe analizar información sobre la salud, para garantizar una investigación rápida de la calidad del agua cuando exista la posibilidad de que ésta pueda estar involucrada en un problema de salud y que los procesos de tratamiento —sobre todo la desinfección— puedan modificarse en caso pertinente.

### **Directrices microbiológicas**

El objetivo para todos los sistemas de abastecimiento de agua es que el recuento de *Escherichia coli* por 100 ml de agua sea nulo y este debería ser el objetivo incluso en situaciones de emergencia; sin embargo, puede ser difícil lograrlo en el periodo inmediatamente posterior a una catástrofe; lo que pone de manifiesto la necesidad de una desinfección adecuada.

La determinación de una concentración determinada de bacterias indicadoras de contaminación fecal no es, por sí misma, una indicación fiable de la inocuidad microbiana del agua. Algunos agentes patógenos fecales, incluidos numerosos virus y quistes y oocistos de protozoos, pueden ser más resistentes al tratamiento (por ejemplo, con cloro) que las bacterias indicadoras de contaminación fecal comunes. Más generalmente, si un estudio sanitario sugiere que pueda haber riesgo de contaminación fecal, entonces incluso un nivel de contaminación fecal muy bajo puede considerarse peligroso, sobre todo durante un brote de una enfermedad que puede transmitirse por el agua, como el cólera.

En las situaciones de emergencia debe desinfectarse el agua de consumo, y debe mantenerse en el sistema una concentración residual suficiente del desinfectante (por ejemplo, de cloro). El agua turbia debe clarificarse siempre que sea posible para que su desinfección sea eficaz. Las

concentraciones objetivo mínimas de cloro en el lugar de suministro son de 0,2 mgr/lit en circunstancias normales y de 0,5 mgr/lit en circunstancias de riesgo alto.

Cuando exista preocupación por la calidad del agua de consumo en una situación de emergencia y no pueda abordarse el problema por medio de servicios centrales, deberá evaluarse si es pertinente aplicar tratamientos en los hogares, incluidos, por ejemplo, los siguientes:

- Calentar el agua hasta que hierva vivamente y enfriarla antes de consumirla.
- Añadir una solución de hipoclorito sódico o cálcico, como lejía doméstica, a un balde de agua, mezclar enérgicamente y dejar reposar durante alrededor de 30 minutos antes de consumir el agua. Si el agua está turbia, antes de desinfectarla debe clarificarse, filtrándola, dejando que sedimente, o ambas cosas.
- Agitar vigorosamente volúmenes pequeños de agua en un recipiente limpio y transparente, como una botella de refresco, durante 20 segundos y exponer el recipiente al sol durante al menos 6 horas.
- Aplicar productos para la desinfección del agua, en forma de comprimidos o mediante otras formas de dosificación, con o sin clarificación por floculación o filtración.
- Usar unidades y dispositivos para el tratamiento sobre el terreno del agua en el lugar de consumo.

Los procesos de descontaminación de emergencia pueden no lograr siempre el nivel de desinfección recomendado para condiciones óptimas, particularmente en lo que concierne a agentes patógenos resistentes. No obstante, la aplicación de procedimientos de emergencia puede reducir las concentraciones de agentes patógenos en el agua hasta niveles a los que el riesgo de transmisión de enfermedades por el agua esté, en gran medida, controlado.

Los parámetros que se miden más frecuentemente para valorar la inocuidad microbiana son los siguientes:

- Eschechiria. coli. El recuento de coliformes termotolerantes puede ser una alternativa más sencilla.
- Cloro residual. El sabor del agua no permite juzgar de forma fiable su concentración de cloro. Debe determinarse el contenido de cloro sobre el terreno, por ejemplo mediante un comparador de color, generalmente utilizado en el intervalo de 0,2 a 1 mg/l.
- Ph. Es necesario conocer el pH del agua porque cuanto más alcalina sea mayor será el tiempo de contacto necesario o mayor será la concentración de cloro libre residual al final del tiempo de contacto necesaria para una desinfección adecuada (0,4–0,5 mg/l a pH 6–8, que aumenta a 0,6 mg/l a pH 8–9; la cloración puede ser ineficaz si el pH es superior a 9).
- Turbidez. La turbidez afecta adversamente a la eficiencia de la desinfección. Se mide también para determinar qué tipo y nivel de tratamiento son precisos. Puede determinarse con un sencillo tubo de turbidez que permite una lectura directa en unidades nefelométricas de turbidez (UNT).

## **Inspecciones sanitarias y cartografía de la cuenca de captación**

Es posible evaluar, mediante una inspección sanitaria, la probabilidad de contaminación fecal de fuentes de agua. La inspección sanitaria y el análisis de la calidad del agua son actividades complementarias; los resultados de una contribuyen a la interpretación de la otra. Cuando no puede analizarse la calidad del agua, una inspección sanitaria puede proporcionar información valiosa para tomar decisiones eficaces. Una inspección sanitaria permite averiguar qué debe hacerse para proteger la fuente de agua. Este procedimiento puede combinarse con análisis bacteriológicos, físicos y químicos para permitir a los equipos que trabajan sobre el terreno evaluar y tomar medidas para controlar los riesgos de contaminación, así como sentar las bases para el monitoreo del suministro de agua en el periodo posterior a la catástrofe.

Incluso cuando es posible analizar la calidad microbiológica del agua, los resultados no se obtienen de forma inmediata, de modo que la evaluación inmediata del riesgo de contaminación puede basarse en indicadores groseros como la proximidad del agua a fuentes de contaminación fecal (humana o animal), su color y olor, la presencia de animales o peces muertos, la presencia de materia extraña, como cenizas o desechos, o la presencia de un peligro químico o radiactivo o de un punto de descarga de aguas residuales aguas arriba. La cartografía de la cuenca de captación, que comprende la determinación de fuentes y vías de contaminación, puede ser un instrumento importante para evaluar la probabilidad de contaminación de una fuente de agua.

Es importante utilizar un formato normalizado de informe de las inspecciones sanitarias y de cartografía de la cuenca de captación para garantizar la fiabilidad de la información reunida por personas diferentes y permitir la comparación de la información reunida sobre fuentes de agua diferentes.

## **Directrices químicas y radiológicas**

Muchas sustancias químicas presentes en el agua de consumo sólo son peligrosas tras exposiciones prolongadas. Por consiguiente, para reducir el riesgo de brotes de enfermedades transmitidas por el agua o causadas por condiciones insalubres (por ejemplo, tracoma, sarna, infecciones cutáneas), en las situaciones de emergencia es preferible suministrar agua, aunque algunos de sus parámetros químicos superen considerablemente los valores de referencia, que restringir el acceso al agua, siempre que el agua pueda tratarse para destruir los agentes patógenos y que pueda suministrarse rápidamente a la población afectada. Cuando sea probable que las fuentes de agua vayan a utilizarse durante periodos largos, deberá prestarse mayor atención a los contaminantes químicos y radiológicos que ocasionan problemas de salud a más largo plazo. En algunas situaciones, puede ser preciso para ello añadir procesos de tratamiento o buscar fuentes alternativas.

El agua de fuentes consideradas con riesgo significativo de contaminación química o radiológica debe evitarse, incluso como recurso temporal. A largo plazo, el objetivo de los programas de abastecimiento de emergencia de agua de consumo debe ser el cumplimiento de las directrices mediante la mejora progresiva de la calidad del agua.

## **Equipos y laboratorios de análisis**

Los equipos de análisis portátiles permiten determinar sobre el terreno parámetros clave de calidad del agua, como el recuento de coliformes termotolerantes, el cloro libre residual, el pH, la turbidez y la filtrabilidad.

Cuando se necesita analizar un gran número de muestras de agua o cuando hay numerosos parámetros de interés, suele ser preferible realizar los análisis en un laboratorio. Si los laboratorios del proveedor de agua de consumo o los de las oficinas de salud ambiental y universidades no están operativos debido a la catástrofe, puede ser necesario montar un laboratorio temporal. El manejo de las muestras durante su transporte a los laboratorios es importante. Si no se manejan correctamente, pueden obtenerse resultados sin sentido o engañosos.

Debe capacitarse a los trabajadores para que apliquen procedimientos correctos de recogida, etiquetado, envasado y transporte de las muestras y proporcionen información complementaria del estudio sanitario que ayude a interpretar los resultados del laboratorio.

### **Determinación de medidas locales de respuesta a problemas y situaciones de emergencia relativas a la calidad microbiológica del agua.**

Durante una situación de emergencia en la que se tienen pruebas de contaminación fecal del agua de consumo, puede ser necesario utilizar temporalmente otras fuentes de agua o bien modificar el tratamiento de las fuentes existentes, intensificando la desinfección del agua en la fuente, tras su tratamiento o durante su distribución.

Si no puede mantenerse la calidad microbiológica, puede ser necesario recomendar a los consumidores que hiervan el agua mientras dure la situación de emergencia. Cuando sea posible reaccionar con rapidez suficiente para impedir que cantidades significativas de agua contaminada lleguen a los consumidores, puede ser preferible efectuar una supercloración y aplicar medidas correctoras inmediatas.

Durante epidemias de enfermedades potencialmente transmitidas por el agua o cuando se detecte la contaminación fecal de un sistema de abastecimiento de agua de consumo, una respuesta inmediata mínima debe ser aumentar la concentración de cloro libre a más de 0,5 mg/l en todo el sistema. Es fundamental que las decisiones se adopten tras consultar a las autoridades de salud pública y, en caso pertinente, a las autoridades civiles.

### **Recomendaciones de hervir el agua o de evitar su consumo**

Los proveedores de agua, conjuntamente con las autoridades de salud pública, deben elaborar protocolos para la promulgación de órdenes de hervir el agua y recomendaciones de evitar su consumo. Los protocolos deben elaborarse antes de que se produzcan incidentes y deben incorporarse a los planes de gestión. Las decisiones de promulgar recomendaciones se realizan frecuentemente en un plazo corto, y el desarrollo de medidas durante un incidente puede complicar la toma de decisiones, dificultar la comunicación y socavar la confianza de la población.

Los protocolos deben proporcionar la información siguiente:

- criterios que determinarán la promulgación y revocación de las recomendaciones;
- información que debe proporcionarse a la población general y a grupos específicos; y
- actividades afectadas por la recomendación.

Los protocolos deben especificar mecanismos de comunicación de las recomendaciones de hervir el agua o de evitar su consumo. Pueden disponerse mecanismos diferentes en función de la naturaleza del sistema de abastecimiento y del tamaño de la comunidad afectada, por ejemplo:

- comunicados difundidos por televisión, radio, o prensa;
- comunicación, por teléfono, correo electrónico o fax, a centros, grupos comunitarios y autoridades
- locales específicos;
- colocación de anuncios en lugares bien visibles;
- comunicación en persona; y
- comunicación por correo.

Los métodos elegidos deben proporcionar una garantía razonable de que la recomendación se notifica, a la mayor brevedad posible, a todos los afectados, incluidos los residentes en el lugar, quienes trabajen en el mismo y quienes se encuentren allí de viaje.

Las recomendaciones de hervir agua deben indicar que el agua puede potabilizarse calentándola hasta que hierva vivamente. Tras hervirla, debe dejarse que el agua se enfríe sola, sin añadir hielo. Este procedimiento es eficaz a cualquier altitud y aunque el agua esté turbia.

Deberá considerarse la necesidad de promulgar recomendaciones de hervir el agua cuando se produzcan los siguientes tipos de incidentes:

- deterioro substancial de la calidad del agua de origen;
- averías graves que afectan a los procesos de tratamiento o a la integridad de los sistemas de distribución;
- desinfección insuficiente;
- detección de agentes patógenos o de indicadores de contaminación fecal en el agua de consumo;
- datos epidemiológicos indicativos de una epidemia originada por el agua de consumo.

La recomendación de hervir el agua es una medida drástica que puede tener consecuencias adversas importantes. Puede tener repercusiones perjudiciales para la salud pública, como lesiones por escaldaduras, y puede generar ansiedad en la población, incluso después de haberse anulado la recomendación. Además, no todos los consumidores cumplirán la recomendación de hervir el agua, ni siquiera al principio; si la recomendación se anuncia con frecuencia o se mantiene durante periodos largos, disminuirá el grado de acatamiento. Por consiguiente, sólo deberán difundirse recomendaciones de hervir el agua después de que la autoridad de salud pública y el equipo responsable de la adopción de medidas en respuesta a incidentes hayan examinado cuidadosamente toda la información y hayan concluido que existe un riesgo permanente para la salud pública superior a los riesgos derivados de la recomendación de hervir el agua. Por ejemplo, si se detecta contaminación microbiana en muestras de agua de consumo, al evaluar la necesidad de promulgar una recomendación de hervir el agua deberán considerarse los factores siguientes:

- fiabilidad y exactitud de los resultados;
- vulnerabilidad a la contaminación del agua de origen;

- pruebas del deterioro de la calidad del agua de origen;
- resultados del monitoreo de la calidad del agua de origen;
- resultados del monitoreo de los procesos de tratamiento y desinfección;
- residuos de desinfectante; e
- integridad física del sistema de distribución.

Debe examinarse la información disponible para determinar la fuente probable de la contaminación y la probabilidad de que ésta vuelva a producirse o persista.

Una vez tomada la decisión de promulgar una recomendación de hervir el agua, ésta debe ser clara y fácil de entender por las personas a las que se dirige, ya que de lo contrario podrían hacer caso omiso. Las recomendaciones deberán incluir normalmente una descripción del problema, de los posibles riesgos para la salud y los correspondientes síntomas, de las actividades a las que afecta, y de las medidas de investigación y correctoras que se han iniciado; deberán, asimismo, indicar el tiempo que, según se prevé, se tardará en resolver el problema. Si la recomendación está relacionada con una epidemia, debería proporcionarse información específica sobre la naturaleza de la epidemia, sobre la enfermedad y sobre la respuesta adoptada en materia de salud pública.

Las recomendaciones de hervir el agua deben señalar los usos del agua de consumo afectados y los no afectados. Por lo general, la recomendación indicará que debe evitarse el uso de agua no hervida para beber, elaborar bebidas frías, hacer hielo, cocinar o lavar alimentos, o lavarse los dientes. Salvo que la contaminación sea intensa, el agua no hervida generalmente será apta para bañarse (siempre que se evite tragar agua) y para lavar la ropa. Una recomendación de hervir el agua podría incluir recomendaciones específicas dirigidas a grupos vulnerables, como mujeres embarazadas y personas que pudieran padecer inmunodeficiencia.

Deben proporcionarse también recomendaciones específicas para diversos tipos de centros, como clínicas dentales, centros de diálisis, consultas médicas, hospitales y otros centros de atención de salud, guarderías infantiles, escuelas, proveedores y fabricantes de alimentos, hoteles, restaurantes y operadores de balnearios y piscinas públicos.

Mientras estén en vigor recomendaciones temporales de hervir el agua o de evitar su uso, debe considerarse el suministro de agua de consumo de otras fuentes, como agua embotellada o a granel. Los protocolos deben señalar otras fuentes de agua y mecanismos para su distribución.

Los protocolos deben especificar los criterios que se aplicarán para revocar las recomendaciones de hervir agua o de evitar su consumo. En función del motivo que impulsó la recomendación, pueden incluirse uno o más de los criterios siguientes:

- pruebas de que los parámetros de calidad del agua de origen vuelven a ser normales;
- arreglo de las averías que afectan a los procesos de tratamiento o a los sistemas de distribución;
- corrección de los fallos de los procesos de desinfección y restauración de los valores normales de concentración residual de desinfectante;

- en los casos en que la recomendación se debió a la detección de contaminación microbiana del agua de consumo, pruebas de la eliminación o inactivación de la contaminación;
- pruebas de que se han realizado purgas o desplazamientos de agua de las cañerías suficientes para retirar el agua potencialmente contaminada y las biopelículas; o
- datos epidemiológicos indicativos de que la epidemia ha finalizado.

Cuando se anulan las recomendaciones de hervir el agua o evitar su consumo, debe notificarse la anulación, por canales similares, a los mismos grupos de población a quienes se informó de la recomendación. Además, debe informarse a los administradores, gestores u ocupantes de grandes edificios y de edificios que cuentan con depósitos de almacenamiento de agua de la necesidad de asegurarse de haber purgado concienzudamente los depósitos y el conjunto de los sistemas de distribución internos antes de recuperar los usos normales del agua.

### **Medidas tras un incidente**

Es importante investigar adecuadamente cualquier incidente y promover medidas correctoras que eviten que vuelva a producirse. El Plan de Seguridad de Agua deberá actualizarse para incorporar la experiencia adquirida. Los resultados de la investigación pueden también ser útiles para diseñar medidas aplicables a otros sistemas de abastecimiento de agua, para impedir que se produzca un incidente similar en otro lugar. En caso pertinente, las investigaciones epidemiológicas de la autoridad de salud también contribuirán al diseño de medidas futuras.

## **4. JUSTIFICACION PARA LA FORMULACION DE PLANES DE SEGURIDAD DE AGUA**

Más de 2,200 desastres de origen natural de mayor y menor importancia relacionados con agua ocurrieron en el mundo del 1990 al 2001, la mitad de las cuales fueron inundaciones<sup>2</sup>. La estadísticas de Naciones Unidas muestra que decenas de millones de muertos y miles de millones de damnificados, principalmente en países en vías de desarrollo, ha provocado en la última década catástrofes de origen hidrometeorológicos (vinculados al clima) y geológicos. El cambio climático ha exacerbado la variabilidad climática configurando desastres con mayores intensidades, frecuencias y coberturas de impacto. Las poblaciones que más sufren las consecuencias de las catástrofes son las de los países en vías de desarrollo por su alto nivel de exposición y vulnerabilidad de sus actividades económicas, de sus infraestructuras de servicios y productivos, de sus ciudades y de sus poblaciones. Este contexto global ha demandado la necesidad frecuente y creciente de asistencia humanitaria hacia los países más impactados que poseen ínfimos recursos de respuesta a catástrofes.

Los colapsos e interrupciones de los servicios de agua a causa de desastres principalmente en los países en desarrollo, tienen como origen una frágil, limitada y poca desarrollada infraestructura de abastecimiento de agua. Si a esta situación se suma la falta de previsión de capacidades de respuesta para la atención de abastecimiento de agua de consumo de las poblaciones en contextos de emergencias y desastres, se puede estimar la existencia de una alta vulnerabilidad en estos países frente a desastres. Entonces, para la reducción de la

---

<sup>2</sup> [Fuente]: CRED, 2002 **The OFDA/CRED international disaster Database**. Bruselas, Universidad Católica de Lovaina.

vulnerabilidad a catástrofes tiene que considerarse también el desarrollo de capacidades de respuesta a emergencias.

La preocupación mundial por el ambiente y el desarrollo y la dinámica creciente de catástrofes, ha promovido también; además de cumbres de desarrollo sostenible; la realización en el mundo de foros y cumbres acerca de los desastres. Es así que en 1999 la ONU establece la Estrategia Internacional de Reducción de Desastres como un mecanismo para impulsar la toma de conciencia política, la conformación de redes regionales y la investigación científica. En el 2005 la conferencia mundial para reducción de desastres de Kyoto, organizada por Naciones Unidas, plantea el Marco de Acción de Hyogo destinado a la acción para el aumento de la resiliencia de las comunidades y naciones frente a los desastres. En este instrumento destinado a la aplicación de acciones, se considera entre las prioridades de acción el desarrollo de capacidades locales que aseguren una repuesta eficaz frente a los desastres y que incorporen el enfoque de gestión de riesgos de desastres en la preparación para la respuesta. Foros e instrumentos a nivel regional y nacional equivalentes a los foros y cumbres mundiales se han conformado en diversas regiones del mundo entre ellas en la Comunidad Andina de Naciones CAN y en el Perú.

Es importante señalar que tanto las cumbres sobre pobreza y desarrollo sostenible y las de reducción de desastres, han incorporado en sus enfoques, objetivos y acciones las de los otros, al identificar la relación fundamental que existe entre desarrollo y reducción de desastres.

El desarrollo de capacidades de respuesta para abastecimiento de agua frente al colapso o daño de la infraestructura regular en situaciones de desastres, es una acción que se ubica como prioritaria para la reducción de desastres y para el desarrollo, y demanda entre otras cosas de capital humano adecuado, tecnologías alternativas e instrumentos de gestión efectivos y eficaces.

En el Perú, en los últimos diez años cerca de 72% de las emergencias de origen natural se han debido a peligros de tipo hidrometeorológico. Estas emergencias se han incrementado en cerca de seis veces y media con respecto a 1995<sup>3</sup>. En el 2003, los indicadores de nivel de riesgo del Centro Tyndall de Reino Unido colocaron al Perú como el tercer país más vulnerable del mundo ante peligros climáticos. El estudio del centro Tyndall estima que esta vulnerabilidad se debe a la extrema sensibilidad a las condiciones climáticas de la infraestructura en agricultura; pesca; generación de hidroelectricidad; transportes; abastecimiento de agua de consumo, agrícola y de uso industrial.

En el terremoto de Pisco del 15 de agosto del 2007, tras el colapso e interrupción de los sistemas de abastecimientos de agua potable; muchos de los cuales no han recuperado hasta hoy su operatividad normal; exigió la presencia de la asistencia humanitaria internacional para atender este servicio vital. Para tal fin la ayuda humanitaria trajo consigo; entre otros recursos; sistemas portátiles de potabilización que fueron instalados en diversos distritos de las provincias afectadas y operados en las primeras momentos de funcionamiento por operadores extranjeros de las organizaciones humanitarias. La formación e incorporación de personal local para su funcionamiento, muchos de ellos damnificados de los albergues, tuvo diferentes grados de cumplimiento y eficacia, habiéndose constatado que en algunos puntos los recursos locales habían abandonado o perdido la rigurosidad en la ejecución de las operaciones por falta de conocimientos claros y de seguimiento y vigilancia de una instancia responsable de la

---

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Defensa Civil, Estudios 1995-2005.

gestión del desastre. La escasez de insumos operativos fue también un motivo para deficiencias en algunos puntos.

De igual manera las diversas organizaciones extranjeras de asistencia humanitaria, que mostraban desniveles en sus capacidades técnicas y operativas, implementaron los sistemas de potabilización con diferentes grados de integralidad sanitaria que dependían de sus protocolos institucionales (en aquellas que las poseían). Las organizaciones más débiles no contaban siquiera con manuales de funcionamiento al igual que sus contrapartes peruanas con las que trabajaban, y que en algunos casos fueron los propios damnificados a quien se trasladó, sin una preparación adecuada, la responsabilidad de funcionamiento. Hay que considerar como una complicación operativa, que casi todos los sistemas tuvieron que operar hasta los primeros meses del 2008 y en algunos casos sin la garantía de contar con un operador fiable para los mismos.

La emergencia reflejó escases de técnicos, principalmente de instituciones gubernamentales y de gobiernos locales, que puedan lidiar con el funcionamiento óptimo de sistemas portátiles de potabilización de agua. Reflejó también la aplicación parcial por parte de algunos actores de asistencia humanitaria de las normas mínimas de abastecimiento de agua. En ambos casos la falta de profundidad de conocimientos y la falta de instrumentos adecuados de gestión favoreció a diversas operaciones irregulares de abastecimiento de agua de consumo.

Las consideraciones tomadas relativas a la salud pública, a lo social, cultural, ambiental y normativo, preliminares para la decisión de implementación de los sistemas de potabilización en cada lugar, han sido también diferenciadamente conducidas por cada organización y persona en función de sus experiencias y niveles de directivas institucionales. No trascendiendo a nivel oficial y unificado ninguno de estos aspectos operados.

La experiencia y los equipos de potabilización portátil operados en Pisco y dejados en Perú a diversas instituciones y actores de asistencia humanitaria, y los planes y previsiones frente a los desastres que se diseñan en las instancias nacionales, regionales y locales que incorporan en sus requerimientos de emergencias estos equipos, muestra la tendencia operativa en el Perú para la atención de abastecimiento de agua en casos de desastres.

La experiencia en Perú del desastre de Pisco, muestra la necesidad del desarrollo de capacidades locales de respuesta para el abastecimiento de agua por diversos medios entre ellos los sistemas portátiles de potabilización. Esto se logrará a través de la formación y fortalecimiento del conocimiento y del uso de instrumentos modelos de gestión que asegure la calidad y cantidad de agua potable en contextos de desastres, incorporando todos los aspectos recomendados por las guías de seguridad de agua que la Organización Mundial de la Salud difunde. La estructuración y presentación de conocimiento especializado y la elaboración de un plan modelo de seguridad de agua para plantas portátiles de potabilización y otros sistemas será de utilidad para el desarrollo de capacidades y para la operación concreta, también es necesaria las consideraciones de detalles operativos contextuales y circunstanciales que ayuden al análisis para el mejoramiento de diseño de los componentes del sistema portátil entre ellos instrumentos y accesos para control, dispensación de insumos.

## **5. OBJETIVOS DE LA GUIA**

Elaborar un modelo de Plan de Seguridad de Agua; según las guías y metodologías de seguridad de agua de la OMS; para un sistema de abastecimiento de agua y saneamiento.

## 6. HIPOTESIS.

Planes de Seguridad de Agua; según las guías y metodologías de OMS; pueden ser aplicadas para contextos de desastres a sistemas de abastecimiento de agua con plantas portátiles de potabilización u otros sistemas para garantizar una integral evaluación y gestión de riesgos que reduzcan al mínimo la contaminación del agua de origen, reduzcan o eliminen contaminantes en operaciones de tratamiento y prevengan contaminación en el almacenamiento, la distribución y manipulación de agua de consumo.

## 7. METODOLOGIA.

Se aplicará la “**Metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo**” desarrollada por la Organización Mundial de la Salud para la elaboración de **Planes de Seguridad de Agua**.

La metodología de la OMS para Planes de Seguridad de Agua (PSA) ha sido publicada recientemente en Ginebra en éste año 2009 como: “**Manual para el desarrollo de Planes de Seguridad de Agua**”.

La metodología de PSA es una estrategia de gestión de los riesgos que influye en todo el trabajo que realiza un servicio de abastecimiento de agua para proporcionar agua inocua de forma continua. No se limitan a aspectos relativos a los parámetros microbiológicos y químicos, sino que involucra aspectos como la posibilidad de que se produzcan daños por replicas de desastres, que haya reservas suficientes de agua de la fuente y reservas secundarias, la disponibilidad y fiabilidad del suministro eléctrico, la calidad de las sustancias químicas y materiales empleados en el tratamiento, los actividades de formación, la disponibilidad de personal capacitado, la limpieza de los embalses de servicio, el conocimiento del sistema de distribución, la protección, los procedimientos de emergencia, la fiabilidad de los sistemas de comunicación y la disponibilidad de equipos de análisis portátiles y de instalaciones de laboratorio para análisis complementarios en caso de necesidad.

El planteamiento para la elaboración y aplicación de un PSA para el sistema de abastecimiento de agua de consumo sujeto de estudio es:

- Definir un equipo y adoptar la metodología para el desarrollo del PSA;
- Determinar todos los peligros y eventos peligrosos que pueden afectar a la seguridad del sistema de abastecimiento de agua, desde el punto de captación, el tratamiento y la distribución, hasta el lugar de consumo;
- Evaluar el riesgo asociado a cada peligro y evento peligroso;
- Considerar si existen controles o barreras para cada riesgo significativo;
- Validar la eficacia de los controles y barreras;
- Determinar en qué casos se necesitan controles nuevos o mejorados;
- Aplicar un plan de mejora, en caso necesario;
- Demostrar que la seguridad del sistema se mantiene de forma permanente;
- Reexaminar periódicamente los peligros, los riesgos y los controles;
- Mantener registros fidedignos para ofrecer transparencia y justificar los resultados.

## Metodología

La metodología a aplicar es la del “**Manual para el desarrollo de Planes de Seguridad de Agua** en donde se encuentra explicada pormenorizadamente. Se adjunta la referencia en **Anexo 3**. Esta metodología consta de 11 etapas que se resume a continuación:

### Preparación

#### Etapas 1. Medidas preliminares, incluida la formación del equipo del PSA.

Comprende la selección y conformación del equipo responsable del desarrollo, ejecución y mantenimiento del PSA. Toma en cuenta el tamaño del equipo, sus conocimientos y el nivel de influencia en sus ámbitos de acción. Define el jefe de equipo bajo criterios específicos y explora recursos de apoyo técnicos para éste si fuera necesario. Define las funciones y responsabilidades del equipo. El objetivo es crear un equipo experimentado y multidisciplinario con comprensión del sistema y capaz de evaluar riesgos, comprender metas sanitarias y confirmar la capacidad del sistema para cumplir las normas pertinentes sobre calidad de agua.

En esta etapa se generaran tablas y formularios sobre criterios de selección de equipo, composición del equipo, de información de sus miembros, planificación de recursos, información de socios y contrapartes, compromisos a asumir, etc.

### Evaluación del sistema

#### Etapas 2. Descripción del sistema de suministro de agua.

Comprende la descripción detallada del sistema de abastecimiento de agua para proporcionar información suficiente que permita determinar puntos de vulnerabilidad a situaciones peligrosas, peligros y medidas de control. Incluyen información sobre normas de calidad de agua, fuentes de operación y alternas, sobre el lugar de captación y características relevantes, el almacenamiento de agua, el tratamiento con procesos; insumos; materiales y equipos. También se presentan aspectos sobre los usuarios del agua, la documentación de procedimientos, sobre disponibilidad de personal calificado, etc. Se debe desarrollar diagramas de flujos validados del sistema, mapas de ubicación, mapas de riesgos de peligros de contaminación próximas al sistema, mapas de zonas de abastecimiento.

Los productos a generar son una descripción detallada del sistema de suministro de agua con diagramas de flujo, información de calidad de agua que proporciona el servicio, determinación de usuarios y sus usos del agua.

#### Etapas 3. Determinación de los peligros y evaluación de los riesgos.

Esta etapa desarrollada en simultáneo con las etapas 4 y 5, debido al carácter evaluador del bloque, implica:

Determinar todos los posibles peligros de tipo biológico, físico y químico asociados con cada etapa del sistema de abastecimiento de agua de consumo que pueden afectar a la seguridad del agua. Esto se logra contrastando el análisis de documentación con la inspección visual, tomando en cuenta antecedentes previos, referencias históricas, y pronósticos particulares sobre el equipo.

Determinar todos los peligros y eventos peligrosos que pueden contaminar el agua, comprometer su seguridad o interrumpir el abastecimiento. Se logrará mediante un razonamiento lateral y con amplitud de miras con el propósito de identificar eventos y situaciones factibles vinculados a factores subyacentes del sistema que pueden afectar su estabilidad.

Evaluar los riesgos señalados en cada punto del diagrama de flujo elaborado previamente. A partir de la experiencia, el conocimiento y el juicio de cada uno de los miembros del equipo, de las buenas prácticas de la industria y de la bibliografía técnica se estima el riesgo asociado a cada peligro determinando la probabilidad de que se produzca y evaluando la gravedad de las consecuencias. Se consideran efectos en la salud, efectos organolépticos, en la continuidad y suficiencia de agua, y reputación del servicio. En el proceso de evaluación de riesgos se puede aplicar un método cuantitativo o semicuantitativo, que comprende la estimación de la probabilidad o frecuencia versus la gravedad o consecuencia, o bien un método cualitativo simplificado basado en la opinión experta del equipo del PSA.

Se generaran descripciones de peligros y sucesos peligros posibles de acontecer así como tabulaciones o matrices de jerarquización de riesgos.

#### Etapa 4. Determinación y validación de medidas de control, y nueva evaluación y clasificación de los riesgos.

Al tiempo del desarrollo de la etapa 3, se debe documentar simultáneamente las medidas de control existente o potencial analizando su eficacia que se puede obtener en las inspecciones, de las especificaciones del fabricante o desde los datos de monitoreo. También en esta etapa se re calculan los riesgos en términos de probabilidad y consecuencias tomado en cuenta esta vez todas las medidas de control existentes. La reducción del riesgo reflejará la eficacia de las medidas. Los riesgos re calculados se jerarquizan para investigar aquellos que son considerados inaceptables.

Los productos a generar son determinación de medidas de control, validación de eficacia de las medidas de control y determinación y clasificación de los riesgos insuficientes controlados.

#### Etapa 5. Elaboración, ejecución y mantenimiento de un plan de mejora o modernización consistente en la inversión necesaria para realizar grandes modificaciones del sistema.

Sobre los riesgos significativamente inaceptables sin medidas de control o ineficaces de la etapa anterior se diseña un plan de mejora o modernización de corto, mediano o largo plazo, identificando los responsables de realizarlo y fecha de cumplimiento. Para la ejecución es importante preparar un orden de prioridades.

Los productos a generarse son los planes de mejora o modernización, tablas de prioridades de ejecución, tablas de medidas y responsables, etc.

### **Monitoreo operativo**

#### Etapa 6. Definición del monitoreo de las medidas de control.

El monitoreo y las medidas correctoras constituyen el sistema de control para garantizar que no se consume agua no potable. Se basa en observaciones y pruebas sencillas, como la medición de la turbidez o la comprobación de la integridad estructural de las

instalaciones. Las medidas correctoras deben ser específicas y, cuando sea posible, deberán haberse determinado previamente para permitir su aplicación rápida. Los datos de monitoreo proporcionan información importante sobre el funcionamiento del sistema de suministro de agua y deben evaluarse frecuentemente. Para la eficacia del monitoreo se debe determinar Qué se va a monitorear; cómo va a monitorearse; el momento y la frecuencia de monitoreo; dónde va a monitorearse; quién va a realizar el monitoreo; quién realizará el análisis; y quién recibirá los resultados y deberá tomar medidas.

Se construirán en ésta etapa registros de evaluación de eficacia de medidas de control y frecuencia; de medidas correctoras, relación de factores a tomar en cuenta en el programa de monitoreo, requisitos de monitoreo a largo y corto plazo y medidas correctoras, etc.

#### Etapa 7. Verificación de la eficacia del PSA (¿Permite el sistema alcanzar las metas de protección de la salud?).

La verificación comprende tres actividades que se realizan simultáneamente para demostrar que el PSA funciona eficazmente. Son las siguientes:

- monitoreo del cumplimiento;
- auditoría interna y externa de las actividades operativas;
- satisfacción de los consumidores.

La verificación debe demostrar que el diseño y la operación del sistema son tales que es capaz de suministrar sistemáticamente agua de la calidad especificada para alcanzar las metas de protección de la salud. En caso contrario, deberá revisarse y aplicarse el plan de mejora o modernización.

Como productos se generaran una serie de relaciones de factores de consideración para acciones y procesos, matrices de plan de monitoreo, instrumentos de sondeo publico de satisfacción, etc.

### **Gestión y comunicación**

#### Etapa 8. Elaboración de procedimientos de gestión.

Consiste en la redacción de procedimientos operativos normalizados que describan tanto las medidas a tomar durante una operación normal del sistema así como cuando se producen incidentes. Los procedimientos deben ser susceptibles de actualización cuando se requiera de mejoras y de modernización.

Los procedimientos de gestión deben documentar todos los aspectos del PSA y explicar detalladamente las etapas que deben seguir en caso de que ocurra incidentes. Debe procurarse una amplia participación del personal a todo nivel para contar con recursos suficientes. Debe incluir un plan de emergencia que se activa según protocolos de evaluación de situación y se debe documentar los informes relativos a ella.

Los productos a emerger en esta etapa comprenden lista de procedimientos operativos en funcionamiento normal y ante emergencias, protocolos de comunicación interna, planes de comunicación externa, matrices de responsabilidades del servicio de abastecimiento, programas de gestión documentaria, etc.

#### Etapa 9. Elaboración de programas complementarios.

Consiste en la formulación de programas que fomenten en las personas el desarrollo de capacidades y conocimientos, su compromiso con la metodología PSA y su capacidad de gestión de sistemas de suministro de agua potable. Están vinculados con la formación, investigación y desarrollo. Se deben determinar actividades complementarias que favorezca la aplicación de PSA, la atención de vacíos y nivelación de conocimientos.

Se generaran tablas, matrices y documentos referidos a aspectos relevantes para la formulación de programas de capacitación e investigación.

#### **Retroalimentación y mejora.**

##### Etapa 10. Planificación realización de exámenes periódicos del PSA.

En esta etapa se debe establecer reuniones periódicas para el examen del PSA. Se deben evaluar los resultados y tendencias del monitoreo operativo.

Tablas, matrices con consideraciones a tomar en cuenta para la preparación de formatos y registros para el desarrollo de reuniones pueden ser generados en esta etapa.

##### Etapa 11. Revisión del PSA tras un incidente.

Se debe preparar procedimientos para un examen del sistema después de un incidente así como construir instrumentos para la asimilación de lecciones aprendidas.

Consideraciones referidas para el examen, así como formatos y registros pueden ser generados en esta etapa.

#### **Actividades, resultados y tareas.**

La elaboración de un Plan de Seguridad de Agua comprenderá las siguientes actividades:

##### **Actividad: Preparación**

###### Resultado 1. Medidas preliminares, incluida la formación del equipo del PSA.

Análisis de la selección y conformación del equipo.

Definición de las funciones y responsabilidades del equipo.

Desarrollo de tablas y formularios sobre criterios de selección de equipo, composición del equipo, de información de sus miembros, planificación de recursos, información de socios y contrapartes, compromisos a asumir.

##### **Actividad: Evaluación del sistema**

###### Resultado 2. Descripción del sistema de suministro de agua.

Descripción detallada del sistema de abastecimiento de agua.

Desarrollo de diagramas de flujos validados del sistema

Preparación y presentación de información sobre normas de calidad de agua.

Descripción de fuentes de operación prioritaria y alterna,

Descripción del lugar de captación y características relevantes.

Descripción sobre el almacenamiento de agua,

Descripción del proceso de potabilización; insumos; materiales y equipos.

Análisis social, ambiental y sanitario de usuarios del agua.

Compilación de documentación sobre procedimientos.

Análisis sobre disponibilidad de personal calificado, etc.

Confección de mapas de ubicación, mapas de peligros y riesgos de afectación al sistema, mapas de zonas de abastecimiento.

###### Resultado 3. Determinación de los peligros y evaluación de los riesgos.

Análisis de posibles peligros biológico, físico y químico en el sistema.

Determinación de peligros y eventos peligrosos que pueden contaminar el agua, comprometer su seguridad o interrumpir el abastecimiento.

Evaluación de riesgos señalados en cada punto del diagrama de flujo.

Elaboración de tabulaciones o matrices de jerarquización de riesgos.

Resultado 4. Determinación y validación de medidas de control, y nueva evaluación y clasificación de los riesgos.

Determinación y documentación de las medidas de control.

Validación de eficacia de las medidas de control.

Revaluación de los riesgos.

Resultado 5. Elaboración, ejecución y mantenimiento de un plan de mejora o modernización consistente en la inversión necesaria para realizar grandes modificaciones del sistema.

Diseño de un plan de mejora o modernización.

**Actividad: Monitoreo operativo**

Resultado 6. Definición del monitoreo de las medidas de control.

Evaluación de eficacia de medidas de control.

Definición de medidas correctoras

Diseño de plan y de procedimientos para el monitoreo de medidas de control.

Elaboración de tablas, matrices y fichas técnicas.

Resultado 7. Verificación de la eficacia del PSA.

Monitoreo del cumplimiento del PSA

Auditoría interna y externa de las actividades operativas.

Evaluación de grado de satisfacción de los consumidores.

**Actividad: Gestión y comunicación**

Resultado 8. Elaboración de procedimientos de gestión.

Redacción de procedimientos operativos normalizados.

Redacción de procedimientos de contingencias (Plan de Emergencia)

Resultado 9. Elaboración de programas complementarios.

Formulación de un programa de desarrollo de capacidades y conocimientos

**Actividad: Retroalimentación y mejora.**

Resultado 10. Planificación realización de exámenes periódicos del PSA.

Desarrollo de un plan de evaluación periódica del PSA.

Resultado 11. Revisión del PSA tras un incidente.

Desarrollo de procedimientos para evaluaciones post incidentes.

## **Participación de los actores sociales.**

La participación de los actores sociales se asegurará consultándoles a través de entrevistas y reuniones para consultas sobre la valoración, diseño, implementación, seguimiento y evaluación del programa de asistencia humanitaria. Por el nivel tecnológico que significa la investigación de la planta portátil de potabilización, los actores sociales estarán involucrados más directamente en los aspectos vinculados a:

1. La fuente de captación del agua.
2. La estrategia del abastecimiento de agua en la zona de intervención.
3. La formación y educación sobre higiene personal y consumo de agua.
4. La participación en la verificación de la eficacia del sistema y del plan de seguridad de agua.
  - o Estos componentes se articulan con los aspectos de la operación de la planta de potabilización para conformar el plan de seguridad de agua del sistema de abastecimiento de agua operado.

## **8. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</b>	
	Cronograma en horas, días, semanas ó meses dependiendo del contexto, extensión de la intervención y la fase de la atención del desastre.
<b>PREPARACION</b>	
<b>Etapa 1. Medidas preliminares, incluida la formación del equipo del PSA.</b>	
Análisis de la selección y conformación del equipo.	
Definición de las funciones y responsabilidades del equipo.	
Desarrollo de tablas y formularios sobre criterios de selección de equipo, composición del equipo, de información de sus miembros, planificación de recursos, información de socios y contrapartes, compromisos a asumir.	
Entrevistas y reuniones con actores sociales	
<b>EVALUACION DEL SISTEMA</b>	
<b>Etapa 2. Descripción del sistema de suministro de agua</b>	
Descripción detallada del sistema de abastecimiento de agua	
Desarrollo de diagramas de flujos validados del sistema	

Preparación y presentación de información sobre normas de calidad de agua.																			
Descripción de fuentes de operación prioritarias y alternas																			
Descripción del lugar de captación y características relevantes.																			
Descripción sobre el almacenamiento de agua,																			
Descripción del proceso de potabilización; insumos; materiales y equipos.																			
Análisis social, ambiental y sanitario de usuarios del agua																			
Compilación de documentación sobre procedimientos																			
Análisis sobre disponibilidad de personal calificado, etc.																			
Confección de mapas de ubicación, mapas de peligros y riesgos de afectación al sistema, mapas de zonas de abastecimiento.																			
<b>Etapa 3. Determinación de los peligros y evaluación de los riesgos.</b>																			
Análisis de posibles peligros biológico, físico y químico en el sistema.																			
Determinación de peligros y eventos peligrosos que pueden contaminar el agua, comprometer su seguridad o interrumpir el abastecimiento.																			
Evaluación de riesgos señalados en cada punto del diagrama de flujo.																			
Elaboración de tabulaciones o matrices de jerarquización de riesgos.																			
<b>Etapa 4. Determinación y validación de medidas de control, y nueva evaluación y clasificación de los riesgos.</b>																			
Determinación y documentación de las medidas de control.																			

Validación de eficacia de las medidas de control.																			
Revaluación de los riesgos.																			
Entrevistas y reuniones con actores sociales																			
<b>Etapa 5. Elaboración, ejecución y mantenimiento de un plan de mejora o modernización consistente en la inversión necesaria para realizar grandes modificaciones del sistema.</b>																			
Diseño de un plan de mejora o modernización.																			
<b>MONITOREO OPERATIVO</b>																			
<b>Etapa 6. Definición del monitoreo de las medidas de control.</b>																			
Evaluación de eficacia de medidas de control.																			
Definición de medidas correctoras																			
Diseño de plan y de procedimientos para el monitoreo de medidas de control.																			
Elaboración de tablas, matrices y fichas técnicas.																			
<b>Etapa 7. Verificación de la eficacia del PSA.</b>																			
Monitoreo del cumplimiento del PSA.																			
Auditoría interna y externa de las actividades operativas.																			
Evaluación de grado de satisfacción de los consumidores.																			
Entrevistas y reuniones con actores sociales																			

<b>GESTION Y COMUNICACION</b>												
<b>Etapa 8. Elaboración de procedimientos de gestión.</b>												
Redacción de procedimientos operativos normalizados.												
Redacción de procedimientos de contingencias (Plan de Emergencia).												
<b>Etapa 9. Elaboración de programas complementarios.</b>												
Formulación de un programa de desarrollo de capacidades y conocimientos.												
<b>RETROALIMENTACION Y MEJORAS</b>												
<b>Etapa 10. Planificación realización de exámenes periódicos del PSA.</b>												
Desarrollo de un plan de evaluación periódica del PSA.												
<b>Etapa 11. Revisión del PSA tras un incidente.</b>												
Desarrollo de procedimientos para evaluaciones post incidentes.												
Entrevistas y reuniones con actores sociales.												

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Organismo Mundial de la Salud. Guías para la calidad de agua potable. Vol. 1.Tercera Edición.2004.

Pompiers Sans Frontières. Initiation au Potabilisation. 2005.

Carta Humanitaria y Normas Mínimas de Respuesta Humanitaria. Proyecto Esfera 2004. Cap.2. 402:73-82

Bartram J, Corrales L, Davison A, Deere D, Drury D, Gordon B, Howard G, Rinehold A, Stevens M. Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua: metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo. Organización Mundial de la Salud. Ginebra, 2009

## 10. ANEXOS.

Anexo1.- Organismo Mundial de la Salud. Guías para la calidad de agua potable. Vol. 1.Tercera Edición.2004. Capítulo 4: Planes de Seguridad de Agua.

Anexo 2.- Carta Humanitaria y Normas Mínimas de Respuesta Humanitaria. Proyecto Esfera 2004. Cap.2- Sección Abastecimiento de Agua.

Anexo 3.- Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua: metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo