

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA
ESCUELA DE SALUD PÚBLICA

MAESTRÍA EN SALUD PÚBLICA EN SERVICIO

TÍTULO DEL PTP

ESTRATEGIA DE CAPACITACIÓN EN ANÁLISIS DE RIESGOS, IDENTIFICACIÓN Y CONTROL DE PUNTOS CRÍTICOS EN 14 PURIFICADORAS DE AGUA DE LA JURISDICCIÓN SANITARIA DE ORIZABA, VERACRUZ.

PROYECTO TERMINAL PROFESIONAL PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN SALUD PÚBLICA PRESENTA

ALUMNO: JOSÉ JOEL MESA MESA.

CUERNAVACA, MORELOS 2010.

Tabla de contenido

1.	INTRODUCCION.....	3
2.	ANTECEDENTES.....	4
3.	MARCO TEÓRICO.....	7
	3.1 Aspectos microbiológicos del agua.....	7
	3.2 Aspectos químicos del agua.....	11
	3.3. Proceso de purificación de agua.....	14
	3.3.1 Almacenamiento de agua.....	145
	3.3.2. Desinfección (Cloración).....	15
	3.3.3. Filtración gruesa.....	157
	3.3.4. Filtración por carbón activado.....	17
	3.3.5. Luz ultravioleta.....	18
	3.3.6. Ozono.....	19
	3.3.7. Lavado de garrafón.....	19
	3.3.8. Envasado.....	20
	3.3.9. Desinfección de tapas.....	20
	3.3.10. Producto terminado.....	20
	3.4. Sistema de análisis de riesgos y control de puntos críticos.....	21
4.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	24
5.	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN.....	26
6.	JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO.....	27
7.	OBJETIVOS.....	28
	Objetivo General.....	28
	Objetivos específicos.....	28
8.	ESTRATEGIAS.....	29
9.	LIMITES.....	29
10.	METODOLOGÍA.....	30
11.	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.....	32
12.	PLAN DETALLADO DE EJECUCIÓN.....	32
	12.1. Elaboración del material del curso de capacitación:.....	32
	Contenido temático.....	33
	12.2. Integración del personal a capacitar y desarrollo del curso taller.....	35
	12.3. Evaluación de la capacitación:.....	36
13.	RESULTADOS.....	37
	13.1. Análisis descriptivo.....	37
	13.2. Análisis bivariado.....	42
14.	Limitaciones del estudio:.....	511
15.	Conclusión y recomendaciones:.....	522
	Anexo A (Cuestionario).....	54
	Anexo B (Material del curso de capacitación).....	59
16.	Bibliografía.....	73

1. INTRODUCCION

La contaminación del agua potable tiene su mayor repercusión sobre la salud pública a través del agua de bebida, debido a que son muchos los factores que pueden afectar su calidad tanto microbiológica como fisicoquímica, tales como contaminación por aguas residuales, desechos orgánicos, plaguicidas, subproductos de la desinfección con cloro, metales pesados, etc. Sin embargo los más importantes para la salud son los agentes patógenos, por la gran cantidad de enfermedades infecciosas que ocasionan, desde leves hasta graves. Entre estas enfermedades, el cólera merece atención especial por su asociación con el agua potable contaminada y por la importancia que tiene la desinfección para su prevención. La epidemia de cólera ocurrida en el año de 1991, produjo más de 400,000 casos y 4,000 defunciones en 15 países de Latinoamérica con un alto nivel de transmisión¹.

Por lo anterior, cada vez cobra mayor importancia la incorporación de diversas tecnologías para el tratamiento y purificación del agua para consumo humano. El agua purificada envasada ha tenido una gran aceptación entre los consumidores por diversos motivos, entre los que podemos mencionar su sabor, comodidad en su manejo y su distribución tanto en diversos puntos de venta como en el hogar; sin embargo, la principal razón es la confianza que ha ganado por la higiene e inocuidad del producto, actualmente se envasa en diversos tamaños y presentaciones, tales como botellas de plástico y garrafones de 19 lts., para consumo en el hogar.

En cuestión de inocuidad del producto, existe un mayor control de microorganismos patógenos así como de sustancias químicas en el agua purificada envasada que en el agua proveniente de la red municipal. No obstante, pueden existir peligros de contaminación debido a la falta de control de las sustancias utilizadas para la desinfección del agua, objetos extraños en el interior debido a un mal lavado de garrafones, así como problemas en el envasado que permite la proliferación de microorganismos de riesgo para la salud pública.

¹ Traverso Héctor P. Enfermedades infecciosas transmitidas por el agua. Organización Panamericana de la Salud. ILSI Press Washington D.C. USA. 1996.p-58.

La capacitación en análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos en el proceso de purificación del agua, pretende en primer lugar identificar en cada etapa del proceso que tipo de riesgo puede afectar al producto (contaminación física, química o microbiológica), para así poder determinar los puntos críticos de control, es decir la operación donde se efectúe un control completo del riesgo, para eliminar o reducir la magnitud del riesgo, además de establecer las especificaciones para cada punto crítico y acciones correctivas o preventivas para evitar que se presenten. De esta manera se pretende garantizar un producto que cumpla con las especificaciones de calidad e inocuidad que señala la normatividad aplicable.

2. ANTECEDENTES

Durante el año 2006 se realizó un diagnóstico en 14 plantas purificadoras pertenecientes a la Jurisdicción Sanitaria No. VII de Orizaba, Ver. El diagnóstico consistió en varias etapas, la primera consistió en la selección de un grupo de purificadoras de agua interesadas en la mejora continua de sus establecimientos y productos. Una vez realizada la selección se realizó una segunda etapa, que consistió en realizar una visita de verificación a cada una de las catorce plantas del estudio aplicándoles un instrumento, en el cual se revisaron los siguientes aspectos:

- I. Personal del área de proceso.
- II. Infraestructura (instalaciones físicas y sanitarias, áreas de proceso y servicios, materias primas).
- III. Proceso (envasado, almacenamiento, distribución).
- IV. Revisión documental (medio ambiente y control del proceso).

La tercera etapa consistió en la evaluación del instrumento de verificación, encontrándose lo siguiente:

- El 93% del personal que labora en las purificadoras no ha recibido capacitación formal del proceso de producción de agua purificada.

- El 92% de las purificadoras no cuenta con procedimientos, programas o registros de limpieza y desinfección de las áreas y equipos y diagramas de bloques para el proceso de elaboración del producto.
- El 77% de las purificadoras evaluadas no realiza una correcta desinfección de los garrafones antes del envasado.
- El 64% desconoce si las materias primas que utilizan durante el proceso como son detergentes y desinfectantes pueden representar un riesgo a la salud al utilizarse en la elaboración del producto.
- El 54% de las plantas no realiza el envasado en condiciones que evite la contaminación del producto.

Los resultados anteriormente expuestos mostraron que existen serias deficiencias en cada una de las plantas purificadoras del estudio, que pueden poner en riesgo la salud de los consumidores, por lo que se consideró necesario una capacitación dirigida a los propietarios de las catorce purificadoras de agua del estudio, con énfasis en análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos del proceso de purificación del agua, con el fin de identificar peligros específicos y medidas para garantizar la inocuidad del agua purificada.

Debido a lo anterior surge el presente proyecto de intervención llevado a cabo en la Jurisdicción Sanitaria de Orizaba, Veracruz, la cual está comprendida por 28 municipios localizados en la zona centro del estado, entre los cuales se eligió a catorce plantas purificadoras localizadas en los Municipios de Orizaba, Río Blanco y Zongolica.

El Municipio de Orizaba cuenta con una población total de 118,593 habitantes². Se encuentra ubicado en la zona centro montañosa del Estado de Veracruz, sobre el valle del Pico de Orizaba, en las coordenadas 18°5 1" latitud norte y 97°06" longitud oeste, a una altura de 1,230 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Mariano Escobedo e Ixhuatlancillo, al este con Ixtaczoquitlán, al sur con Rafael Delgado, al oeste con Río Blanco. Su distancia aproximada al sursuroeste de la

² XII Censo General de Población y Vivienda. INEGI (2000).

capital del Estado, por carretera es de 190 Km. Tiene una extensión territorial de 27.97 Km.2, cifra que representa un 0.04% total del Estado. El municipio se encuentra ubicado en la zona centro montañosa del Estado, sobre el Valle del Pico de Orizaba³. Su hidrografía la conforman los tributarios del Río Blanco, entre los cuales se encuentra el río Pala, como una de sus principales fuentes de abastecimiento de agua, con un gasto de 570 litros/segundo que junto con pozos profundos surte el agua de dónde se abastece la población del Municipio. El municipio de Orizaba cuenta con un censo de 24 plantas purificadoras de agua⁴, de las cuales se eligió una muestra de 10 plantas purificadoras de agua, lo que representa el 42% del universo de plantas purificadoras de ese Municipio.

Por su parte, el Municipio de Río Blanco tiene una población de 39,327 habitantes. Se encuentra ubicado en la zona centro montañosa del Estado. Es atravesado por un brazo de Sierra, en las coordenadas 18° 50" latitud norte y 97° 09" longitud oeste, a una altura 1,300 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Ixhuatlancillo y Orizaba; al sureste con Rafael Delgado; al oeste con Nogales. Tiene una extensión territorial de 24.68 Km.2 cuadrados, cifra que representa un 0.03% total del Estado⁵. Se encuentra regado por los ríos Ingenio y Blanco, además del manantial denominado rincón de las doncellas, el pozo alameda y el pozo el filtro, principales fuentes de abastecimiento de la Localidad, que entre ellos proporcionan un gasto de 140 litros/segundo. Cuenta con un censo de 8 plantas purificadoras de agua de las cuales se eligió una muestra de 3 plantas purificadoras, lo que representa el 38% de las plantas purificadoras del Municipio. Finalmente el Municipio de Zongolica se abastece de agua de manantial con un gasto de 15 litros/segundo. Su población es de 39,814 habitantes y cuenta con una planta purificadora en la región, misma que se integró al estudio.

³ Enciclopedia de los Municipios de México. Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. Orizaba. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Gobierno del Estado de Veracruz (2005).

⁴ *Reportes mensuales del Sistema de Información en Salud para Población Abierta (SISPA) 2006-2007.*

⁵ Enciclopedia de los Municipios de México. Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. Río Blanco. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Gobierno del Estado de Veracruz (2005).

3. MARCO TEÓRICO.

3.1 Aspectos microbiológicos del agua.

Los agentes más importantes que contaminan el agua y los alimentos son biológicos, no químicos. Se originan principalmente en las heces humanas o animales y pueden ser bacterias, virus, protozoarios y helmintos. Desde el punto de vista de la salud pública es conveniente clasificar las enfermedades relacionadas con el agua de acuerdo a ciertas consideraciones de salud ambiental. Las enfermedades transmitidas por el agua es la razón principal de que se desinfecten los sistemas de abastecimiento de agua potable⁶.

La transmisión de estas enfermedades ocurre por la ingesta de agua que ha sido contaminada por microorganismos patógenos, principalmente a través de heces humanas. La ingestión puede ser directa, por el agua potable o bien indirecta, por consumo de alimentos o bebidas que han sido alterados con agua contaminada. Las enfermedades transmitidas por el agua no se transmiten exclusivamente por agua contaminada, sino también por la ruta fecal-oral, prácticas higiénicas deficientes y contaminación de los alimentos. La contaminación fecal de los abastecimientos de agua aumenta muchísimo las probabilidades de transmisión de numerosas enfermedades infecciosas. El agua se puede contaminar en la fuente, durante su distribución, o en los tanques o depósitos empleados para su almacenamiento. Se han aislado numerosos agentes patógenos en las aguas que se tratan para abastecimiento de agua. Los agentes patógenos transmitidos por el agua se pueden clasificar en cuatro grandes grupos: bacterias, virus, protozoarios y helmintos.

El siguiente cuadro presenta datos de los principales agentes infecciosos encontrados en aguas contaminadas.

⁶ Traverso Héctor P. Agua y salud en América Latina y el Caribe: Enfermedades infecciosas transmitidas por el agua. Organización Panamericana de la Salud. 1996. P-51-53.

Cuadro 1. Principales agentes infecciosos encontrados en agua contaminada⁷.

Bacterias	Virus	Protozoarios	Helmintos
<i>Campylobacter jejuni</i>	Adenovirus (31 tipos)	<i>Balantidium coli</i>	<i>Ancylostoma duodenale</i>
<i>Escherichia coli</i>	Enterovirus (71 tipos)		<i>Ascaris lumbricoides</i>
<i>Enteropatógenas</i>	Hepatitis A	<i>Entamoeba histolytica</i>	<i>Echinococcus granulosis</i>
<i>Salmonella</i> (1700 especies)	Agente Norwalk	<i>Giardia lamblia</i>	<i>Necator americanus</i>
<i>Shigella</i> (4 especies)	Reovirus	<i>Cryptosporidium</i>	<i>Fasciolopsis buski</i>
<i>Vibrio cholerae</i>	Virus Coxsackie		<i>Strongyloides stercolaris</i>
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Rotavirus		<i>Taenia solium</i>
			<i>Trichuris trichiura</i>

Una vez consumida el agua, la mayor parte de los microorganismos se multiplican en el tubo digestivo y se excretan en gran número en las heces. Sin un saneamiento adecuado, logran llegar a las fuentes de abastecimiento de agua, desde donde pueden infectar a un gran número de personas. Muchos de estos microorganismos pueden sobrevivir durante periodos prolongados de tiempo fuera del cuerpo humano, en particular en un medio acuático y ocasionalmente en el suelo, desde donde contaminan el agua potable y los alimentos. Las enfermedades causadas por la ingestión de agentes patógenos presentes en el agua potable, se cuentan entre las que producen efectos más profundos en la salud humana. Casi la mitad de la población de los países en desarrollo padece enfermedades transmitidas por el agua. Este grupo comprende enfermedades gastroentéricas tales como la giardiasis, la hepatitis A y el rotavirus, así como las enfermedades epidémicas clásicas que se transmiten por el agua: cólera, disentería y fiebre tifoidea. Entre las enfermedades transmitidas por el agua, el grupo de enfermedades diarreicas es la causa principal de mortalidad y morbilidad infantil en los países en desarrollo. Se calcula que del total de defunciones mundiales vinculadas con la diarrea, más del 90% ocurren en niños menores de cinco años de edad. El cólera merece especial atención por su

⁷ Geldreich Edwin E. La amenaza mundial de los agentes patógenos transmitidos por el agua. La Calidad del Agua Potable en América Latina. Organización Panamericana de la Salud(1996). p.27

asociación con el agua potable contaminada y por la importancia que tiene la desinfección para su prevención. El mejoramiento de la calidad del agua, como resultado de la desinfección por cloración o ebullición, fue un elemento esencial para reducir el riesgo de la transmisión del cólera.⁸

Cuadro 2. Dosis infectante de agentes patógenos procedentes de aguas residuales que contaminan el agua potable.⁹

Agentes patógenos	Cantidad excretada por individuos infectados/g/heces	Máxima supervivencia en el agua (días)	Dosis infectante
Bacterias			
<i>E. Coli toxígena</i>	10 ⁸	90	10 ² - 10 ⁹
<i>Salmonella</i>	10 ⁶	60-90	10 ⁶⁻⁷
<i>Shigella</i>	10 ⁶	30	10 ²
<i>Campylobacter</i>	10 ⁷	7	10 ⁶
<i>Vibrio cholerae</i>	10 ⁶	30	10 ⁸
<i>Yersinia enterocolítica</i>	10 ⁵	90	10 ⁹
<i>Aeromonas</i>	-	90	10 ⁸
<i>Leptospira</i>	-	-	3
Virus			
<i>Enterovirus</i>	10 ⁷	90	1-72
<i>Hepatitis A</i>	10 ⁶	5-27	1-10
<i>Rotavirus</i>	10 ⁶	5-27	1-10
<i>Norwalk</i>	-	5-27	-
Protozoarios			
<i>Entamoeba</i>	10 ⁷	25	10-100
<i>Giardia</i>	10 ⁵	25	1-10
<i>Cryptosporidium</i>	10 ²	-	1-30
<i>Balantidium coli</i>	-	20	25-100
Helmintos			
<i>Echinococcus</i>	-	-	-
<i>Ascaris</i>	10 ³	365	2-5
<i>Taenia</i>	10 ³	270	1

⁸ Traverso Héctor P. Agua y salud en América Latina y el Caribe: Enfermedades infecciosas transmitidas por el agua. Organización Panamericana de la Salud. 1996. P-51-60.

⁹ Geldreich Edwin E. La amenaza mundial de los agentes patógenos transmitidos por el agua. La Calidad del Agua Potable en América Latina. Organización Panamericana de la Salud (1996), p.26.

En general, para todos los sistemas de abastecimiento de agua se realiza una prueba microbiológica que consiste en el recuento de *E. coli* por cada 100 ml. de agua, el cual debe ser cero o nulo¹⁰.

La determinación de la concentración de bacterias de *E. Coli*, las cuales son indicadoras de contaminación fecal, es un indicador confiable de la inocuidad microbiana del agua. Sin embargo, algunos agentes patógenos fecales, incluidos numerosos virus y quistes de protozoos, pueden ser más resistentes al tratamiento con cloro que las bacterias indicadoras de contaminación fecal comunes.

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

- *E. coli*. El recuento de coliformes termotolerantes es un indicador de la contaminación fecal, y debe ser cero o nulo¹¹.
- *Turbidez*. La turbidez afecta adversamente a la eficiencia de la desinfección. Límite permisible 5 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN)¹².
- *Cloro residual*. Debe determinarse el contenido de cloro libre residual, por ejemplo mediante un comparador de color, en el intervalo de 0.2 a 1.5 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 6.5–8.5).¹³

La finalidad principal del control de la calidad del agua de consumo debe ser reducir la morbilidad por enfermedades transmitidas por el agua en el conjunto de la población.

¹⁰ NOM-127-SSA1-1994. "Salud ambiental, Agua para uso y consumo humano- Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización". 4.1. Tabla 1. Límites permisibles de características microbiológicas.

¹¹ Idem.

¹² Idem.4.2. Tabla 2. Límites permisibles de características físicas y organolépticas.

¹³ Idem. 4.3. Tabla 3. Límites permisibles de características químicas.

3.2 Aspectos químicos del agua

Los riesgos para la salud asociados a los componentes químicos del agua de consumo son distintos de los asociados a la contaminación microbiana y se deben principalmente a la capacidad de los componentes químicos de producir efectos adversos sobre la salud tras periodos de exposición prolongados. Pocos componentes químicos del agua pueden ocasionar problemas de salud como resultado de una exposición única, excepto en el caso de una contaminación masiva accidental de una fuente de abastecimiento de agua de consumo. Además, la experiencia demuestra que en muchos incidentes de este tipo, aunque no en todos, el agua se hace imbebible, por su gusto, olor o aspecto inaceptables.

Los contaminantes químicos del agua de consumo se pueden clasificar en función de su origen.¹⁴

Cuadro 3. Clasificación de los componentes químicos en función de su origen

Origen de componentes químicos	Ejemplos de orígenes
Origen natural.	Rocas, suelos y los efectos del marco geológico y el clima.
Fuentes industriales y núcleos habitados.	Minería (industrias extractivas) e industrias de fabricación y procesamiento, aguas residuales, residuos sólidos, esorrentía urbana, fugas de combustibles.
Actividades agropecuarias.	Estiércoles, fertilizantes, prácticas de ganadería intensiva y plaguicidas.
Tratamiento del agua o materiales en contacto con el agua de consumo.	Coagulantes, SPD, materiales de tuberías.
Plaguicidas añadidos al agua por motivos de salud pública.	Larvicidas utilizados en el control de insectos vectores de enfermedades.
Cianobacterias.	Lagos eutróficos.

¹⁴ Guías para la calidad del agua potable, Primer apéndice a la Tercera Edición, Organización Mundial de la Salud. 2006, p.128.

Origen natural. Todas las aguas provenientes de fuentes naturales contienen diversas sustancias inorgánicas y orgánicas. Las inorgánicas proceden de las rocas y la tierra por las que se filtra o sobre la que fluye el agua; las orgánicas de la descomposición de restos de plantas o algas y de otros microorganismos que proliferan en el agua o en sedimentos. La mayoría de las sustancias químicas de origen natural para las que se han calculado valores de referencia son inorgánicas. Sólo una es orgánica: la microcistina-LR, una toxina producida por cianobacterias o algas verdeazuladas.

Fuentes industriales y núcleos habitados. La contaminación del agua de consumo con sustancias químicas de fuentes industriales puede producirse directamente, por vertidos de industrias, o indirectamente, por fuentes difusas derivadas del uso y desecho de materiales y productos que contienen la sustancia química. En algunos casos, la manipulación o desecho inadecuados de residuos puede generar contaminación; por ejemplo, permitiendo la contaminación de aguas subterráneas con agentes desengrasantes.

Sustancias químicas de actividades agropecuarias. En la agricultura y la ganadería se utilizan sustancias químicas. El origen del nitrato puede ser la aplicación de un exceso de fertilizantes inorgánicos u orgánicos, o los purines de la producción ganadera. La mayoría de las sustancias químicas que pueden generar las actividades agropecuarias son plaguicidas.

Sustancias químicas usadas en el tratamiento del agua de consumo o procedentes de materiales en contacto con el agua. El agua final puede contaminarse con sustancias químicas usadas en el tratamiento del agua y sustancias procedentes de materiales en contacto con el agua. Algunas sustancias se añaden deliberadamente al agua durante su tratamiento (aditivos directos), y algunas de ellas pueden quedar involuntariamente retenidas en el agua tratada¹⁵.

¹⁵ Guías para la calidad del agua potable, Primer apéndice a la Tercera Edición, Organización Mundial de la Salud. 2006, p.128.

Subproductos de la desinfección con cloro (SPD). Se forman al reaccionar el cloro con compuestos orgánicos naturalmente presentes en las aguas sin tratar, tales como ácidos húmicos y fúlvicos, generando como subproductos nuevos compuestos orgánicos, los trihalometanos. El cloroformo es el más prevalente de los trihalometanos y se ha demostrado que es carcinógeno en animales de experimentación. En el laboratorio se ha demostrado que los trihalometanos son mutagénicos y por ende potencialmente carcinogénicos. La OMS menciona 14 sustancias que pueden estar presentes en el agua potable y que son de interés potencial para la salud pública por ser carcinógenos: arsénico, 1,2-dicloroetano, cloruro de vinilo, benceno, benzo(a)pireno, acrilamida, alacloro, 1,2-dibromo-3-cloropropano, 1,3-dicloropropeno, hexaclorobenceno, y como SPD, bromato, 2,4,6-triclorofenol, bromodichlorometano y cloroformo¹⁶.

Plaguicidas añadidos al agua por motivos de salud pública. Algunos plaguicidas se utilizan por motivos de salud pública, como los que se añaden al agua para controlar la presencia de larvas acuáticas de insectos perjudiciales para la salud pública (por ejemplo, de mosquitos que transmiten malaria y dengue). Existen actualmente cuatro insecticidas y una bacteria larvicida recomendados por la OMS para su adición al agua de consumo como larvicidas: temefós, metopreno, piriproxifeno, permetrina y *Bacillus thuringiensis israelensis*.

Cianotoxinas. Las cianobacterias proliferan en lagos, embalses, lagunas y ríos con poca corriente. Se conocen muchas especies que producen toxinas llamadas «cianotoxinas», varias de las cuales son perjudiciales para la salud. Hay cianotoxinas con diferentes estructuras químicas y pueden encontrarse en el interior de las cianobacterias o ser liberadas al agua. Las cianotoxinas que se producen con mayor frecuencia son las microcistinas y la cilindrospermopsina¹⁷.

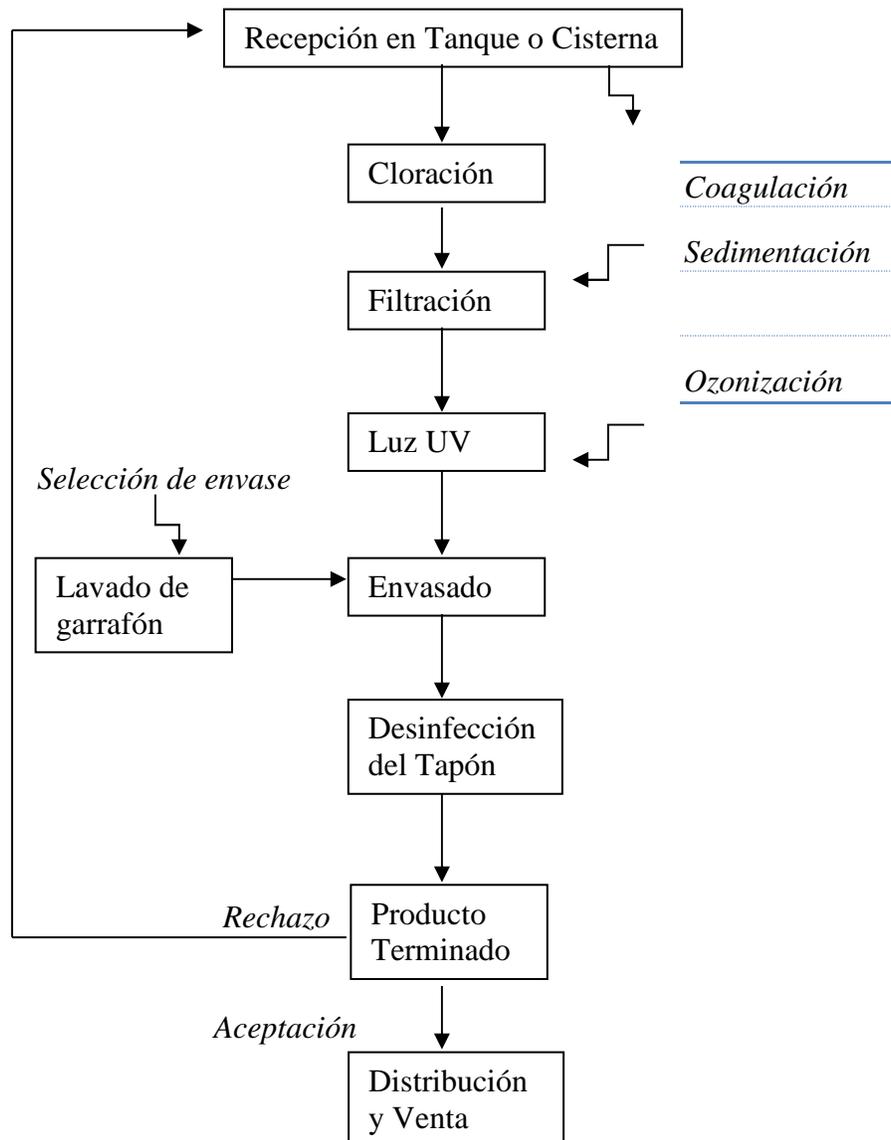
¹⁶ Corey G. La investigación epidemiológica de los efectos adversos asociados a los subproductos de la cloración del agua potable. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, México. Organización Panamericana de la Salud. 1996. p.115-118.

¹⁷ Guías para la calidad del agua potable, Primer apéndice a la Tercera Edición, Organización Mundial de la Salud. 2006. p-128.

3.3 Proceso de purificación de agua.

El agua purificada se puede definir como el agua que ha sido sometida a un proceso físico o químico, que se encuentra libre de gérmenes patógenos y contaminantes químicos, cuya ingestión no causa efectos nocivos a la salud, además el agua no debe tener color, sabor u olor desagradable.

El siguiente es el diagrama de flujo del proceso de producción de agua purificada¹⁸.



¹⁸ Zárate Castellón E., Manual de aplicación de análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos en la industria de agua purificada. Subsecretaría de Regulación y Fomento Sanitario. 1999, p. 25.

3.3.1. Almacenamiento de agua

Las cisternas o tanques de almacenamiento deben estar protegidos contra la contaminación, corrosión y permanecer tapados. En el caso de las cisternas, las tapas deben estar a una altura mínima de 10 centímetros del piso y su diseño debe evitar la entrada de agua, materia extraña o polvo al interior. Las paredes interiores de las cisternas o tanques deben ser o estar revestidas en su totalidad de material impermeable no tóxico, liso y fácil de lavar y desinfectar, las uniones deben ser fáciles de limpiar. Preferentemente, debe contar con un filtro a la entrada de la cisterna o tanque de almacenamiento¹⁹.

3.3.2. Desinfección (Cloración).

La desinfección se entiende como la reducción del número de microorganismos a un nivel que no da lugar a contaminación del producto, mediante agentes químicos, métodos físicos o ambos. El cloro sigue siendo el desinfectante más utilizado en México, debido a su eficacia en la reducción y control de enfermedades, así como su bajo costo. Los desinfectantes más comúnmente usados son cloro libre, cloraminas, dióxido de cloro y ozono. Cada uno de los desinfectantes que se emplean comúnmente tiene sus ventajas e inconvenientes en función de su costo, eficacia, estabilidad, facilidad de aplicación y formación de subproductos de la desinfección.

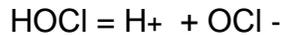
Cloro y sus subproductos. El cloro es el desinfectante de agua potable más comúnmente usado. Cuando se agrega al agua, se produce la siguiente reacción en un segundo o antes²⁰:



La magnitud de la constante de hidrólisis de equilibrio es tal, que la hidrólisis a ácido hipocloroso (HOCl) prácticamente se completa en el agua dulce a $\text{Ph} > 4$ y con dosis de cloro de hasta 100 mg/l. HOCl es un ácido débil que disocia parcialmente en el agua del siguiente modo:

¹⁹NOM-201-SSA1-2002, Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias.

²⁰ Galal-Gorchev Hend. Desinfección de agua potable y subproductos de interés para la salud. Organización Mundial de la Salud. 1996, p. 90-91.



El valor de la constante de ionización ácida es aproximadamente de 3×10^{-8} . A 20°C y pH 7.5, hay una distribución igual de HOCl y el ión de hipoclorito (OCl⁻). A un pH de 8 cerca del 30% del cloro libre está presente como HOCl y a un pH de 6.5, 90% está presente como HOCl. El término cloro libre se refiere a la suma de HOCl y OCl⁻. Ya que el HOCl es un desinfectante considerablemente más eficaz que el OCl⁻, y que el cloro libre, es más eficaz que el cloro combinado (por ejemplo, las cloraminas), las Guías de la OMS recomiendan que la desinfección final produzca una concentración residual de cloro libre ≥ 0.5 mg/l después de 30 minutos de contacto en agua a pH < 8.0. Ya que el cloro libre en el agua potable no es particularmente tóxico para los seres humanos, se ha establecido un valor guía de 5 mg/l para el cloro residual (la suma de ácido hipocloroso e ión hipoclorito) en función de la salud".²¹

El cloro es uno de los desinfectantes usados desde hace más tiempo y más comúnmente en América Latina y el Caribe, ya sea como gas licuado o como hipoclorito de calcio o de sodio, y es también el más económico. Una teoría comúnmente aceptada es que el ácido hipocloroso puede penetrar la pared de células bacterianas, romper su integridad y permeabilidad e inactivar las enzimas esenciales para el proceso metabólico, matando así los microorganismos. Las dos prácticas principales de cloración son: la cloración residual combinada, y la cloración residual libre, donde el cloro residual aparece en forma de HOCl o de OCl⁻. Los factores principales que influyen en la eficacia del cloro como desinfectante del agua son la especie de cloro y su concentración, el pH, la temperatura del agua, el tiempo de contacto con los microorganismos, la presencia de amoníaco en el agua u otras sustancias que reaccionan con el cloro y el método de aplicación²².

²¹ Galal-Gorchev Hend. Desinfección de agua potable y subproductos de interés para la salud. Organización Mundial de la Salud. 1996, p. 90-92.

²² Witt Vicente M. Tecnologías de desinfección del agua para comunidades pequeñas y zonas rurales. Organización Panamericana de la Salud. P. 162-163.

3.3.3. Filtración gruesa

Los filtros rápidos de arena por gravedad son habitualmente depósitos rectangulares abiertos (habitualmente de menos de 100 m²) que contienen arena de sílice (con granos de 0,5 a 1,0 mm) hasta una profundidad de 0,6 a 2,0 m. El agua fluye hacia abajo y los sólidos se concentran en las capas superiores del lecho. El caudal unitario es generalmente de 4 a 20 m³/(m²·h). El agua tratada se recoge mediante bocas situadas en el suelo del lecho. Los sólidos acumulados se retiran periódicamente descolmatando el filtro mediante inyección (a contracorriente) de agua tratada. En ocasiones, la arena se lava previamente con aire. Se produce un lodo diluido que debe desecharse. Además de los filtros de arena en capa homogénea, se utilizan filtros bicapa o multicapa. Estos filtros están constituidos por materiales diferentes, de modo que su estructura pasa de gruesa a fina conforme el agua avanza a través del filtro. Se utilizan materiales de densidad adecuada para mantener la separación de las diferentes capas tras la descolmatación. Un ejemplo común de filtro bicapa es el filtro de antracita y arena, que suele tener una capa de 0,2 m de espesor de partículas de antracita de 1,5 mm. sobre una capa de 0,6 m de espesor de arena de sílice. Los filtros rápidos por gravedad suelen utilizarse para eliminar flóculos de aguas coaguladas, así como para reducir la turbidez (incluidas las sustancias adsorbidas) y los óxidos de hierro y manganeso del agua. En los últimos años se ha incrementado el uso de otros materiales, entre los que destaca el carbón activado granular. El uso de carbón activado amplía y mejora las posibilidades de la etapa de filtración: la arena sólo se usa como medio filtrante, mientras que el carbón activado, además de dicha función, presenta propiedades adsorbentes útiles en la eliminación de compuestos orgánicos²³.

3.3.4. Filtración por carbón activado

El término carbón activado engloba un amplio espectro de materiales constituidos fundamentalmente de carbono, que se preparan especialmente para que tengan una alta superficie interna, y una elevada porosidad, la cual permitirá adsorber

²³ Guías para la calidad del agua potable, Primer apéndice a la Tercera Edición, Organización Mundial de la Salud. 2006. p-149.

compuestos muy diversos, tanto en fase gaseosa como en disolución. Las aplicaciones del carbón activado se basan fundamentalmente en sus buenas propiedades adsorbentes (alta superficie y porosidad). Algunos de esos contaminantes retenidos en el carbón activado son:

- Contaminantes orgánicos: colorantes y compuestos coloreados, gran cantidad de compuestos aromáticos (derivados bencénicos, fenoles, compuestos aromáticos nitrados, etc.), pesticidas, diversas macromoléculas orgánicas.
- Contaminantes inorgánicos: ácido hipocloroso y cloro, amoníaco, cloruro de mercurio (II), cianuros, dicromatos, yodo, molibdatos, permanganatos, etc.

El carbón activado existe comercialmente en diversas formas físicas, entre las que destacan: el carbón activado en polvo y el carbón activado granular²⁴.

3.3.5. Luz ultravioleta

La desinfección UV puede lograrse con ondas de luz de 240 a 280 nanómetros (nm) de longitud, la máxima eficiencia germicida se obtiene a unos 260 nm. La temperatura del agua tiene poca o ninguna influencia en la eficacia de la desinfección de la propia radiación UV, pero sí ejerce su efecto en la producción operativa de la lámpara. La energía ultravioleta es absorbida a medida que pasa a través de la pared de la lámpara UV, el cuarzo o la manga de teflón y las paredes del reactor. También es absorbida por los sólidos en suspensión o disueltos, la turbiedad, el color y la propia agua en menor grado. Con respecto a un grado determinado de inactivación de los microorganismos, el tiempo requerido de exposición del agua a la luz UV es inversamente proporcional a la intensidad de la luz que penetra el agua, una vez consideradas la capacidad de absorción del agua y la dispersión de la luz debida a la distancia. Las ventajas de la desinfección con luz UV es que no se requieren productos químicos, el tiempo de exposición puede ser muy corto, y es eficaz para una gran variedad de microorganismos. Estos tres factores son especialmente importantes en la desinfección del agua embotellada²⁵.

²⁴ Rodríguez Vidal F.J. Procesos de potabilización del agua e influencia del proceso de ozonización, p.169-173.

²⁵ Witt Vicente M. Tecnologías de desinfección del agua para comunidades pequeñas y zonas rurales. Organización Panamericana de la Salud, p. 177-178.

3.3.6. Ozono

La importancia fundamental que tiene la capacidad de oxidación del ozono para la desinfección consiste en que gran parte del ozono será consumido por sustancias oxidables presentes en el agua, y en que esta demanda debe quedar satisfecha antes de que se pueda asegurar la desinfección.

Eficacia del ozono en la desinfección de agua. El ozono es el desinfectante más eficaz para cualquier tipo de microorganismos. Los niveles de concentración y los períodos de contacto para inactivar o matar los agentes patógenos transmitidos por el agua, son mucho menores que los del cloro libre u otro desinfectante que se emplee en los sistemas de abastecimiento de agua. El ozono también debe establecer contacto rápidamente con los microorganismos, antes de que se disipe. La capacidad de reacción del ozono ante sustancias orgánicas se puede emplear ventajosamente para eliminar los compuestos transformados que se han vuelto biodegradables con la filtración posterior a la ozonización²⁶.

3.3.7. Lavado de garrafón

El proceso de lavado de garrafón es considerado una de las etapas críticas en el proceso de producción de agua purificada, durante el análisis de riesgos del proceso de producción se ha determinado que esta operación es un punto crítico y debe controlarse dentro de ciertas especificaciones que establezca el fabricante. Durante la aplicación de la metodología de análisis de riesgos, se ha determinado que en esta etapa existe un riesgo de contaminación del producto tanto química, física o bacteriológica. Por lo tanto el lavado de garrafones debe hacerse en un área cerrada específica para ese fin. Para el caso de envases retornables, éstos deben ser sometidos a procesos de lavado y desinfección interna, lavado externo, así como enjuague. Después de estas operaciones no deben quedar residuos de las sustancias utilizadas²⁷.

²⁶Witt V., Reiff F. Tecnologías de desinfección del agua para comunidades pequeñas y zonas rurales. Organización Panamericana de la Salud. P. 169-171.

²⁷NOM-201-SSA1-2002, Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias.

3.3.8. Envasado

La zona de envasado deberá estar totalmente aislada de las demás operaciones para evitar una contaminación del producto con el medio exterior. Se deberá elaborar un registro de limpieza de boquillas de la llenadora. El operario deberá lavarse las manos con un sanitizante, observar buena higiene personal y utilizar el equipo de protección personal antes de comenzar a laborar. Al finalizar el turno de producción deberá sanitizarse la línea de llenado y boquillas, antes de iniciar labores deberá enjuagarse la línea con agua purificada.

3.3.9. Desinfección de tapas

Las tapas deberán ser desinfectadas previamente a su colocación en el envase y los operarios deberán lavarse las manos previamente con un sanitizante para evitar la contaminación del producto.

3.3.10. Producto terminado

Deberá vigilarse que se retiren los garrafones que no reúnen los requisitos de limpieza o que presenten materia extraña en suspensión. La selección deberá realizarse a través de lámparas de luz blanca y llevar un registro de los garrafones retirados. Además, deberá realizarse análisis organoléptico del producto terminado (color, sabor y olor) en cada lote, así como análisis bacteriológicos y fisicoquímicos del producto terminado, con la periodicidad que establece la norma²⁸.

El siguiente cuadro muestra un resumen de los procesos de tratamiento utilizados individualmente o en combinación para lograr la reducción microbiana²⁹.

²⁸ NOM-201-SSA1-2002, Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias. Apartado 6.6. Especificaciones sanitarias del producto.

²⁹ Guidelines for drinking-water quality: second addendum. Vol 1, World Health Organization. (2008).p.26.

Cuadro 4. Reducciones de bacterias, virus y protozoarios obtenidas en los procesos de tratamiento de agua

Etapa del proceso	Grupo	Remoción promedio	Remoción máxima
Pretratamiento			
Filtración	Bacterias	50%	99.5% (bajo condiciones óptimas de limpieza y recarga)
Arena y grava	Virus	20%	99.9% (bajo condiciones óptimas de limpieza y recarga)
	Protozoarios	50%	99% (bajo condiciones óptimas de limpieza y recarga)
Por membrana	Bacterias	99.9%	
	Virus	>90%	
	Protozoarios	99.9%	
Desinfección			
Cloro	Bacterias	Ct ₉₉ : 0.08 mg-min/lit, 1-2° C, pH = 7	
	Virus	Ct ₉₉ : 12.0 mg-min/lit, 0-5° C, pH = 7-7.5	
	Protozoarios	Giardia: Ct ₉₉ : 230 mg-min/lit, 0-5° C, pH = 7-7.5	
Ozono	Bacterias	Ct ₉₉ : 0.02 mg-min/lit, 5° C, pH = 6 - 7	
	Virus	Ct ₉₉ : 0.9 mg-min/lit, 1° C	
	Protozoarios	Giardia: Ct ₉₉ : 1.9 mg-min/lit, 1° C, pH = 6 - 7	
Luz U.V.	Bacterias	99% de Inactivación; 7 Mj/cm ²	
	Virus	99% de Inactivación; 59 Mj/cm ²	
	Protozoarios	Giardia: 99% de Inactivación; 5 Mj/cm ²	
		Cryptosporidium: 99% de Inactivación; 10 Mj/cm ²	

3.4. Sistema de análisis de riesgos y control de puntos críticos.

El sistema de Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos (ARPC), mejor conocido por sus siglas en inglés HACCP (Hazard Analysis Critical Control Points), es un sistema de manejo enfocado hacia la prevención de problemas para así asegurar la producción de alimentos que sean seguros para el consumo. Este sistema se basa en la aplicación de principios técnicos y científicos al proceso de producción de alimentos desde el campo a la mesa.

Los principios de HACCP se pueden aplicar a todas las fases de producción de alimentos, incluyendo la agricultura básica, la preparación de alimentos y su manipulación, procesamiento de alimentos, servicios de comida, sistemas de distribución y manipulación y uso por el consumidor.

El concepto más básico implícito en el HACCP es el de prevención más que el de inspección. Un productor, procesador, manejador, distribuidor, o consumidor, debe tener suficiente información respecto al alimento y a los procedimientos relacionados que está usando, de manera que sea capaz de identificar dónde y cómo puede ocurrir un problema de seguridad de los alimentos. Un programa HACCP se relaciona con el control de los factores que afectan a: los ingredientes, el producto y el proceso. El objetivo es elaborar un producto cuyo consumo sea seguro, y a la vez que se pueda comprobar. El dónde y cómo corresponde a la parte del análisis de riesgo. La prueba respecto al control de procesos y condiciones corresponde a la parte del control de puntos críticos. De este concepto básico podemos decir que HACCP es, simplemente, una aplicación metodológica y sistemática de la ciencia y la tecnología con el fin de planificar, controlar y documentar la producción segura de alimentos. Por definición, el concepto HACCP involucra todos los riesgos potenciales de seguridad de los alimentos (biológicos, químicos y físicos), ya sea que estos ocurran de forma natural, por contribución del ambiente o por error en el proceso de producción.

De los tres tipos de riesgos mencionados, los riesgos biológicos representan un riesgo potencial a la salud pública, ya que son capaces de causar la propagación de enfermedades transmitidas por agua, los peligros químicos han sido asociados también con daños o enfermedades, aunque puede afectar a un grupo menor de personas, los peligros físicos sin embargo, por lo general provocan problemas sólo a un consumidor en particular o a relativamente pocos consumidores³⁰.

³⁰ HACCP. Un enfoque sistemático hacia la seguridad de los alimentos. Stevenson Kenneth E., The Food Processors Institute. 1999, p 1-93.

Es por ello, que un programa HACCP bien diseñado, debe considerar los tres tipos de riesgos, y la implementación de medidas de control adecuadas. El equipo HACCP determina los puntos críticos de control basándose en los resultados del análisis de riesgos. Los peligros potenciales que necesitan ser abordados en un plan HACCP, son aquellos que fueron identificados durante el procedimiento de análisis de riesgos como los que, si no son controlados efectivamente, es razonablemente probable que causen daños o enfermedades.

Un punto crítico de control (**PCC**) es cualquier etapa o fase del proceso de producción en donde puede aplicarse un control y que es esencial para prevenir, eliminar o reducir a un nivel aceptable un peligro, que puede afectar la seguridad del producto.

El equipo HACCP puede utilizar un árbol de decisión para un PCC con el fin de evaluar cada una de las etapas donde pueden prevenirse, eliminarse o reducirse, hasta un nivel aceptable, los riesgos de seguridad del agua como producto terminado. Los PCC pueden ser designados de diferentes formas en un plan HACCP, pueden ser enumerados secuencialmente por conveniencia. Se debe prestar especial atención al proceso de determinación de los PCC, con el fin de seleccionar los PCC apropiados para la operación³¹.

La aplicación de este método en el proceso de producción de agua purificada redundará en una notable disminución de los problemas causados al consumidor, ocasionados por las enfermedades transmitidas por agua y en la reducción de las pérdidas económicas para beneficio de las empresas a través de la identificación de las operaciones de mayor riesgo y controlarlas durante el proceso de producción³².

³¹ HACCP. Un enfoque sistemático hacia la seguridad de los alimentos. Stevenson Kenneth E., The Food Processors Institute. 1999, p.105-124.

³² Zárate Castellón E., Manual de aplicación de análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos en la industria de agua purificada. Subsecretaría de Regulación y Fomento Sanitario. 1999. P. 12.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los principales problemas de Salud Pública en México son las enfermedades diarreicas. En el estado de Veracruz, las enfermedades diarreicas ocupan el segundo lugar entre las principales causas de morbilidad, después de las infecciones respiratorias agudas³³. Entre estas, se encuentran enfermedades gastroentéricas causadas por la ingestión de agentes patógenos que se encuentran en el agua potable, como la disentería, la giardiasis, la hepatitis A y el rotavirus, así como enfermedades epidémicas como cólera y fiebre tifoidea³⁴.

Durante el año 2008, la Jurisdicción Sanitaria de Orizaba se encontró en el cuarto lugar entre las once Jurisdicciones Sanitarias del estado, con un mayor número de casos acumulados de enfermedades diarreicas con un total de 32,604 casos, clasificándolas principalmente en: infecciones intestinales por otros organismos (27289 casos), amibiasis intestinal (3649 casos), paratifoidea y otras salmonelosis (640 casos), giardiasis (91 casos), shigelosis (24 casos), tifoidea (16 casos)³⁵.

Por otro lado, la Jurisdicción Sanitaria No. VII de Orizaba, está conformada por 28 Municipios de la zona centro del Estado de Veracruz, con un total de 33 plantas purificadoras de agua, de las cuales se eligió a 14 plantas ubicadas en los Municipios de Orizaba, Río Blanco y Zongolica, para el presente estudio. Durante el periodo comprendido de septiembre de 2007 a octubre de 2008, personal de la Jurisdicción Sanitaria No. VII realizó la toma de muestras para análisis bacteriológico, en 12 de las 14 purificadoras para su envío al Laboratorio Estatal de Salud Pública, resultando el 43% de las muestras fuera de norma en especificaciones microbiológicas³⁶.

La siguiente tabla muestra los resultados por cada una de las plantas donde se tomaron las muestras bacteriológicas.

³³ *Boletín Epidemiológico Semana 48. Servicios de Salud de Veracruz (2008).*

³⁴ Héctor P. Traverso. Agua y salud en América Latina y el Caribe: Enfermedades infecciosas transmitidas por el agua. Organización Panamericana de la Salud. P. 54.

³⁵ *Boletín Epidemiológico Semana 33. Servicios de Salud de Veracruz (2008).*

³⁶ NOM-201-SSA1-2002, Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias. Apartado 6.6.3.

Tabla 1. Resultados de análisis bacteriológicos por cada planta purificadora³⁷.

Denominación	Ubicación	Propietario	Fecha de Muestreo	Numero de muestras	Resultados	
					D.N.	F.N.
Bersebá	Orizaba	Miguel Hdz.	5/09/2007	2		2
Manantiales de Orizaba	Orizaba	Mónica Corona	31/03/2008	2	2	
Prisma	Orizaba	Francisco Guzmán	14/10/2008	2	1	1
Ana María	Orizaba	Jova Muñoz	1/07/2008	2	2	
Biolight Plus	Orizaba	Carmen Amador	6/03/2008	2	2	
Mana Plus	Orizaba	Efraín Aguilar	18/08/2008	2		2
PEBS	Orizaba	Aída Carrillo	22/08/08	2		2
Vigil	Orizaba	Jorge Lopez	23/06/2008	2	2	
Kantaros	Río Blanco	Antonio Morales	21/07/2008	1	1	
Aqua Clyva	Río Blanco	Linda Miranda	1/08/2008	2	2	
Río Blanco	Río Blanco	Jorge Vega	4/03/2008	2	1	1
La Quinta	Zongolica	Rodrigo García	1/10/2008	2		2
Total de muestras				23	13	10

Problemas Secundarios

Durante la etapa de diagnóstico pudimos detectar los siguientes problemas secundarios:

- a) Deficiencias en los procedimientos actuales de vigilancia sanitaria, basados en medidas regulatorias (visitas de verificación, dictamen, notificación de resultados, medidas de seguridad y sanciones). El problema que se presenta, es que este tipo de medidas sólo identifica las desviaciones cuando se presentan pero no controla las causas que los originan, pudiendo presentarse riesgos microbiológicos y fisicoquímicos en cualquier etapa del proceso.
- b) La constante rotación de personal hacia otras empresas del ramo, ha ocasionado que los propietarios de esos establecimientos carezcan de personal capacitado en la identificación y control del proceso, así como los riesgos a la salud que puede ocasionar la producción de agua sin las especificaciones de calidad bacteriológica y fisicoquímica requeridas.

³⁷ Resultados de análisis bacteriológicos realizados a plantas purificadoras de la Jurisdicción Sanitaria No. VII de Orizaba, Ver., Junio de 2008.

Causas

El diagnóstico realizado muestra que existen además desviaciones de las variables, de acuerdo a lo establecido en la NOM-201-SSA1-2002. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias.

Consecuencias

Los resultados de la evaluación, indican que existen desviaciones durante el proceso de producción de agua purificada que pueden poner en riesgo la salud de los consumidores. Los riesgos que pueden presentarse los podemos clasificar en:

Riesgos microbiológicos: Son aquellos que pueden transmitir enfermedades por presencia de microorganismos patógenos en el agua. Entre los agentes biológicos causantes de enfermedades están las bacterias, los virus, y los protozoarios.

Riesgos físicos: Son aquellos que pueden contaminar el agua por agentes físicos como la turbidez, presencia de materia extraña, etc.

Riesgos químicos: inorgánicos como nitratos, flúor y arsénico; metales pesados como el plomo, cadmio y mercurio; y los componentes orgánicos como las sustancias de uso industrial, los agrotóxicos y los productos secundarios de la desinfección.

5. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Generalmente los productos que presentan peligros microbiológicos y fisicoquímicos suelen ser consecuencia de desviaciones en el proceso de elaboración. La rápida detección y corrección de estas desviaciones, son el principal objetivo de la capacitación en **análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos** del proceso de producción de agua purificada. En dicha capacitación se busca que el personal de las plantas purificadoras cuente con las herramientas y los conocimientos necesarios para la identificación de aquellas operaciones en las cuales exista la posibilidad de que surjan desviaciones que puedan afectar negativamente la seguridad en el proceso de purificación del agua, así como el desarrollo de acciones específicas que prevengan las posibles desviaciones antes de que sucedan.

Beneficios potenciales

La capacitación sobre análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos permitirá identificar y corregir las desviaciones del proceso de producción de agua purificada, así como los riesgos a la salud que puede ocasionar la falta de control del mismo. Gracias a un proceso de interacción e intercambio de información entre el personal capacitador y los propietarios de purificadoras de agua.

Elementos favorables

Se cuenta con un grupo de propietarios de purificadoras de agua interesados en la mejora continua de sus procesos y, por ende, de sus productos.

Obstáculos a enfrentar

Falta de motivación del grupo, falta de interés en los temas a manejar, falta de tiempo para dedicarle a la capacitación, falta de comprensión por el grado de dificultad que va a ir aumentando.

6. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Importancia relativa (impacto esperado)

La Jurisdicción Sanitaria de Orizaba cuenta a la fecha con un censo de 24 plantas purificadoras de agua de garrafón en la Ciudad de Orizaba, 8 en Río Blanco y 1 en Zongolica, lo que da un total de 33 plantas purificadoras de agua, de las cuales 14, es decir, el 42% de las plantas están interesadas en la mejora continua de sus establecimientos y productos. Mediante el presente trabajo, se pretende que los propietarios de estos establecimientos cuenten con los conocimientos necesarios sobre análisis de riesgos, identificación y control de los puntos críticos de sus procesos, productos químicos a utilizar a las concentraciones adecuadas, manejo de equipos, mantenimiento preventivo, hojas de seguridad de los productos empleados, bitácoras de operación de equipos y sustancias, resultados de calidad bacteriológica y fisicoquímica de sus productos terminados, así como los conocimientos para poder identificar cualquier situación que pueda representar un riesgo a la salud de los consumidores.

Ubicación sectorial y localización física

La ubicación de las 14 plantas purificadoras de agua del estudio corresponde al área de influencia de la Jurisdicción Sanitaria No. VII de Orizaba, Ver.

Relación con políticas, planes, programas y proyectos

La Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) conjuntamente con el Sistema Federal Sanitario (SFS) desarrolla e instrumenta los proyectos de Agua de Calidad Bacteriológica y Fisicoquímicamente Limpia, con el objeto de proteger a la población contra riesgos sanitarios de origen bacteriológico, físicos y químicos en el agua para uso y consumo humano, mediante acciones de alto impacto en la salud, que se orientan a reducir los índices de morbilidad y mortalidad en el país. Por su parte, el Plan Veracruzano de Desarrollo 2005-2010 en su Capítulo X, establece las líneas estratégicas a seguir entre las cuales se distingue *“Enfatizar la prevención de enfermedades, la protección contra riesgos sanitarios y el fomento de estilos de vida saludable”*.

7. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Detectar las deficiencias en el proceso de producción de agua purificada de las catorce plantas purificadoras de agua de la Jurisdicción Sanitaria de Orizaba, Veracruz, con la finalidad de diseñar, implementar y evaluar un programa de capacitación que incremente sus conocimientos en análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos que reduzca los riesgos a la salud por consumo de agua.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Diagnosticar los conocimientos de los propietarios de las catorce purificadoras de agua de la Jurisdicción Sanitaria de Orizaba, Veracruz, en análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos en el proceso de purificación de agua.

2. Elaborar e implementar un programa de capacitación sobre análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos del proceso de producción de agua purificada a los propietarios de las purificadoras.
3. Evaluar la eficiencia del programa de capacitación a través de la medición de los conocimientos adquiridos por los participantes, mediante un instrumento aplicado antes y después de la implementación del programa propuesto.

8. ESTRATEGIAS

Para el logro de los objetivos se aplicaron las siguientes estrategias:

- ✓ Recopilación de la información disponible sobre análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos en fuentes de información primarias.
- ✓ Aplicación de un cuestionario a los propietarios de las catorce plantas purificadoras de agua para determinar sus conocimientos en análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos.
- ✓ Capacitación a los asistentes en técnicas de análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos y evaluación de los conocimientos adquiridos por los participantes.

9. LIMITES

Área geográfica.

Municipios de Orizaba, Río Blanco y Zongolica pertenecientes a la Jurisdicción Sanitaria No. VII de Orizaba, Ver.

Temporalidad

De Enero a Diciembre de 2008.

Población objetivo (Mercado):

Propietarios de las 14 plantas purificadoras de agua de garrafón del área de influencia de la Jurisdicción Sanitaria de Orizaba, Ver.

10. METODOLOGÍA

Enfoque

El presente trabajo fue realizado bajo un enfoque cuantitativo y alcance descriptivo. Utiliza un instrumento para la recolección de datos, una medición antes de la capacitación y una medición después de la capacitación; e incluye el análisis de la información sobre las características de cada planta en particular y establece las variables del estudio y su comportamiento³⁸.

Hipótesis de investigación

La capacitación en análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos, incrementa el conocimiento del proceso de purificación de agua para la obtención de un producto que cumpla con la normatividad sanitaria.

Diseño de estudio

El diseño de estudio es cuasi experimental de tipo pre-post de un solo grupo, sin grupo de comparación y sin aleatorización de los sujetos, ya que el grupo fue voluntario. Cada sujeto actúa como su propio control. Comprende la aplicación de un cuestionario antes de la capacitación y uno posterior a la misma, para analizar a través del tiempo, los cambios en los conocimientos de los propietarios de cada una de las plantas purificadoras que fueron incluidas voluntariamente en el estudio.

Universo y muestra

Para el estudio se eligió una muestra de 14 purificadoras de agua de un universo de 33 existentes en el ámbito de la Jurisdicción Sanitaria No. VII de Orizaba, Ver., es decir el 42% de las plantas, cuyos propietarios estaban interesados en la mejora continua de sus procesos así como en la calidad e higiene de su producto. La asignación fue voluntaria. Los criterios de inclusión fueron los siguientes:

- Que las purificadoras de agua se encontraran ubicadas dentro del ámbito territorial de la Jurisdicción Sanitaria No VII de Orizaba, Ver., ya que las

³⁸ Sampieri Hernández Roberto. Metodología de la investigación. Tercera Edición. McGraw-Hill.2003. p-117.

plantas debían pertenecer a la misma Jurisdicción Sanitaria para su control : (9 en Orizaba, 4 en Río Blanco y 1 en Zongolica, Ver).

- Que los propietarios contaran con nivel de licenciatura o carrera técnica, debido a que los temas del programa requerían conocimientos técnicos previos: (5 Ingenieros, 2 Químicos Industriales, 3 Licenciados en Administración, 3 Técnicos Industriales y 1 Lic. en Enfermería).

Los criterios de exclusión fueron:

- Las purificadoras de agua que no aceptaron participar.
- Las purificadoras que no se encontraran ubicadas dentro del ámbito territorial de la Jurisdicción Sanitaria No VII de Orizaba, Ver.
- Que los propietarios no contaran con nivel de licenciatura o carrera técnica.

Procedimiento

Se aplicó el cuestionario de diagnóstico sobre puntos críticos del proceso de purificación de agua a cada uno de los catorce propietarios de purificadoras participantes antes de la capacitación, a fin de detectar las deficiencias en cuanto al análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos, y de esa manera diseñar un programa de capacitación en el cual se subsanaran esas deficiencias. El mismo instrumento se aplicó al mismo grupo de purificadoras posterior a la capacitación para detectar y analizar el aprovechamiento de la misma. Al terminar la capacitación se diseñó una máscara de captura en Excel para generar una base de datos y el análisis e interpretación de los resultados se llevó a cabo con ayuda de los programas Excel y SSPS, como herramientas de apoyo estadístico.

Actividades

Las actividades que se llevaron a cabo para la ejecución del programa fueron:

1. Integración del personal a capacitar.
2. Elaboración del material del programa de capacitación.
3. Implementación del programa de capacitación.
4. Evaluación de la capacitación.
5. Análisis e interpretación de resultados.

11. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

Factibilidad Técnica.- Desde el punto de vista técnico la capacitación sobre análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos es visto como un intercambio de información entre emisor y receptor, con el propósito de dar a conocer a los propietarios de las purificadoras de agua los riesgos a la salud que pueden existir debido a la falta de control del proceso.

Para ello se cuenta con personal profesional capacitado en técnicas de identificación y control de puntos críticos del proceso de purificación de agua, además del interés de los propietarios de las purificadoras en recibir la capacitación.

Factibilidad Financiera.- Desde el punto de vista financiero, se cuenta con la disposición por parte de los productores de agua purificada para invertir en recursos materiales y financieros e implementar las técnicas de análisis de riesgo, identificación y control de puntos críticos en sus plantas, en un proceso de mejora continua, conforme a sus propias posibilidades económicas a fin de hacer más competitivo su producto final: el agua purificada.

Factibilidad Política.- Desde este punto de vista, existe disposición de las autoridades sanitarias e instancias de gobierno para implementar programas de mejora continua en los establecimientos dedicados al proceso de purificación de agua, a fin de obtener un producto de calidad donde exista el menor riesgo a la salud de los consumidores. Además de que esto traerá como resultado la creación de más fuentes de empleo para la población.

12. PLAN DETALLADO DE EJECUCIÓN

12.1. Elaboración del material del curso de capacitación:

El material del curso fue elaborado haciendo una revisión exhaustiva de los temas a tratar en revistas técnicas, libros y artículos relacionados publicados en internet.

El material del programa está elaborado con la finalidad de facilitar a los participantes la comprensión de los temas y se estructuró de la siguiente manera:

Contenido temático

Aplicación del Método de Análisis de Riesgos, Identificación y Control de Puntos Críticos en el proceso de purificación de agua.

1. Identificación de riesgos o peligros.

Microorganismos presentes en el agua.

Tipos de riesgos presentes en el agua.

2. Identificación de las etapas de producción de agua purificada.

a) Almacenamiento de agua.

- Frecuencia de limpieza y desinfección de tanques y cisternas.
- Limpieza de filtros
- Determinación Características y usos principales
- Limpieza y reemplazo de los filtros de cloro de agua de red.

b) Desinfección (cloración)

- Tipos de desinfectantes utilizados en la industria del agua purificada
- (tiempo de contacto, almacenamiento, efectos en salud).
- Cálculo de la dosificación.

c) Filtración por arena y grava.

- Características y usos principales
- Limpieza y reemplazo de los filtros.

d) Filtración por carbón activado.

e) Lavado de garrafón.

- Procedimientos de lavado, tiempos y presión de enjuague.
- Productos utilizados para el lavado de garrafón, pruebas de arrastre de detergente.

f) Luz ultravioleta/ ozono.

- Características de la desinfección por luz ultravioleta.
- Mantenimiento y reemplazo de lámparas.
- Características de la desinfección por ozono.

g) Envasado.

- Características del área de envasado.
- Sanitización del área, línea de llenado y boquillas.
- Higiene del personal, uso de equipo de protección personal.

h) Desinfección de tapas.

- Uso de productos y concentraciones.

Producto terminado pruebas organolépticas (olor, sabor, color).

- Muestras de producto terminado para análisis bacteriológico y Fisicoquímico.
- Etiquetado lote y fecha de producción.

3. Identificación y control de puntos críticos.

- 3.1. Determinar los puntos críticos de control (PCC).
- 3.2. Establecer especificaciones para cada punto crítico de control.
- 3.3. Monitorear cada punto crítico de control.
- 3.4. Establecer acciones correctivas.
- 3.5. Establecer procedimientos de registro.

4. Discusión y conclusiones.

5. Aplicación del cuestionario de evaluación. (El contenido y los temas del programa se presentan en el Anexo B).

12.2. Integración del personal a capacitar y desarrollo del curso taller

Una vez elegido el grupo de 14 plantas purificadoras de agua, y elaborado el material de capacitación, se habló con los propietarios para darles a conocer los objetivos del curso, con la firme idea de que apliquen los conocimientos aprendidos en la mejora continua de sus establecimientos, así como para que a su vez capaciten al personal de la planta.

El curso taller se desarrolló en los meses de junio, julio y agosto, en ocho sesiones de 4 horas diarias, haciendo un total de 32 horas de capacitación efectiva.

Tema	Fecha
I. Identificación de riesgos y peligros (físicos, químicos, bacteriológicos)	26 de junio. (4 horas)
II. Proceso de producción de agua purificada	
Almacenamiento/ desinfección (cloración)	27 de junio (4 horas)
Filtración (gruesa y carbón activado)	23 de julio (4 horas)
Lavado de garrafrones/desinfección tapas	24 de julio (4 horas)
Luz ultravioleta/ ozono	25 de julio (4 horas)
Envasado/producto terminado.	20 de agosto (4 horas)
III. Identificación y control de puntos críticos	21 de agosto (4 horas)
IV. Discusión y conclusiones	22 de agosto (4 horas)

12.3. Evaluación de la capacitación:

Instrumento de recolección de datos

El instrumento que se aplicó es un cuestionario con dos propósitos. El primer propósito del cuestionario fue el de diagnóstico sobre análisis de riesgos y control de puntos críticos del proceso para cada uno de los catorce propietarios de purificadoras participantes antes de la capacitación, a fin de detectar las deficiencias en cuanto al análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos, y de esa manera diseñar un programa de capacitación en el cual se subsanen esas deficiencias. El segundo propósito del cuestionario, aplicado después de la capacitación al grupo de purificadoras, fue el detectar y analizar el aprovechamiento de la misma.

El cuestionario consta de 4 cuartillas con 60 reactivos sobre análisis de riesgos y control de puntos críticos del proceso de producción de agua purificada. El cuestionario está diseñado para obtener información general del participante, así como para obtener información que muestre su aprendizaje (ver anexo A). Para el cálculo del análisis de riesgo se consideraron las respuestas de los reactivos 1, 11,17, 20, 28, 35, 43, 49, 55 para cada una de las plantas purificadoras. En relación al control de puntos críticos del proceso de producción de agua se consideraron las respuestas de los reactivos 2 al10, 12 al 16, 18,19, 21al 27,29 al 34,36 al 42,44 al 48, 50 al 54, 56 al 60.

A las variables antes mencionadas se les asignó una escala de medición por intervalos, es decir, las observaciones se jerarquizaron asignando un valor de 3 a 1, o bien de 2 a 1 en otros reactivos, dando el valor más alto a la característica que cumple completamente con los estándares, y 1 al valor que no cumple con los estándares. Interpretándose de manera que los valores más altos son aquellos que manifiestan la comprensión de los temas tratados en la capacitación.

13. RESULTADOS.

Los resultados se presentan en tres fases, la primera antes de la capacitación, la segunda posterior a la capacitación, y la tercera comparando el antes con el después de la capacitación.

13.1. Análisis descriptivo. Fase 1 (antes de la capacitación): Una vez reunidos los capacitadores con los propietarios de las 14 plantas purificadoras del estudio, se les explicó la situación encontrada en las visitas de inspección que se realizaron a sus plantas, procediendo a aplicar el cuestionario para determinar las necesidades de capacitación y para evaluar sus conocimientos antes de la capacitación, los resultados correspondientes a la calificación obtenida sobre conocimiento de **análisis de riesgos** del proceso en cada una de las catorce purificadoras se presentan en la tabla 1:

Tabla 2. Análisis de riesgo por cada planta purificadora antes de la capacitación.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Total
AR1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	21
AR2	1	1	1	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	17
AR3	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	1	17
AR4	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	16
AR5	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1	1	2	1	24
AR6	2	2	2	2	3	1	1	2	2	1	1	1	1	2	23
AR7	1	3	1	2	3	1	1	2	2	2	1	1	1	2	23
AR8	2	2	3	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	30
AR9	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	20
Total	13	15	14	14	16	13	12	14	15	14	13	12	13	13	191

AR=Análisis de riesgo, AR1=Almacenamiento de agua, AR2= Cloración, AR3= Filtración gruesa, AR4= Filtración con carbón activado, AR5= Luz UV/Ozono, AR6= Lavado de garrafón, AR7= Envasado, AR8= Desinfección de tapas, AR9= Producto terminado. Los números del 1 al 14 indican la participación de las diferentes purificadoras.

En lo que respecta al conocimiento sobre control de puntos críticos, antes de la capacitación se observó lo siguiente (ver tabla 3):

Tabla 3. Resumen de los resultados sobre el control de puntos críticos antes de la capacitación.

No.	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PROC. 1
1	4	7	2	5	6	9	6	8	5	52
2	5	6	2	5	3	9	6	7	5	48
3	4	6	2	5	4	9	5	8	6	49
4	4	7	2	5	6	8	7	8	5	52
5	4	6	2	6	4	9	7	3	5	46
6	4	6	3	5	5	9	6	7	6	51
7	2	6	2	5	4	8	6	8	5	46
8	5	7	2	5	5	11	8	8	6	57
9	4	7	2	6	5	10	7	8	5	54
10	4	6	2	7	6	10	5	7	5	52
11	4	7	3	5	5	9	7	7	7	54
12	6	6	2	6	4	12	5	8	6	55
13	4	6	3	6	6	9	6	8	6	54
14	4	7	2	5	4	9	7	7	5	50
	58	90	31	76	67	131	88	102	77	720

PC1=Almacenamiento de agua, PC2= Cloración, PC3= Filtración gruesa, PC4= Filtración con carbón activado, PC5= Luz UV/Ozono, PC6= Lavado de garrafón, PC7= Envasado, PC8= Desinfección de tapas, PC9= Producto terminado.

Con los resultados hasta ahora presentados, se detectaron las principales áreas en donde se presentan deficiencias y debilidades en las plantas participantes en el estudio y se procedió a elaborar el material para la capacitación en puntos críticos del proceso de producción de agua purificada.

Fase 2 (después de la capacitación): Una vez realizada la capacitación a los propietarios de las 14 plantas purificadoras del estudio, se les aplicó nuevamente el cuestionario con las mismas preguntas para evaluar sus conocimientos después de la capacitación, los resultados relativos al conocimiento del análisis de riesgos se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 4. Resultados del análisis de riesgos después de la capacitación

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
AR1	3	3	1	3	1	3	1	3	3	3	3	2	3	3	35
AR2	3	3	3	2	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	39
AR3	3	1	3	1	3	2	3	3	3	1	3	3	3	3	35
AR4	3	3	3	1	3	3	3	3	3	2	3	3	1	3	37
AR5	2	3	3	3	3	2	2	3	2	2	2	2	2	3	34
AR6	3	3	3	3	2	3	3	2	2	1	3	1	3	3	35
AR7	3	3	3	3	3	1	3	3	2	3	3	3	3	2	38
AR8	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	2	3	39
AR9	3	1	3	3	3	2	3	3	3	3	1	3	3	3	37
	26	22	25	22	24	22	22	26	23	21	24	23	23	26	329

AR=Análisis de riesgo, AR1=Almacenamiento de agua, AR 2= Cloración, AR 3= Filtración gruesa, AR 4= Filtración con carbón activado, AR 5= Luz UV/Ozono, AR 6= Lavado de garrafón, AR 7= Envasado, AR 8= Desinfección de tapas, AR 9= Producto terminado.

En lo que respecta a la calificación obtenida sobre conocimiento de control de puntos críticos, después de la capacitación se observó lo siguiente (ver tabla 5):

Tabla 5. Resultados del control de puntos críticos después de la capacitación.

No.	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PROC. 2
1	6	9	4	8	6	11	10	9	9	72
2	7	10	4	10	7	12	10	9	9	78
3	5	10	3	9	6	11	9	10	8	71
4	6	10	4	10	6	12	9	9	8	74
5	7	9	3	6	6	11	10	3	6	61
6	4	10	3	8	5	12	8	10	8	68
7	5	10	3	9	7	12	9	8	7	70
8	6	9	2	9	5	13	9	10	8	71
9	7	9	4	10	6	13	9	10	8	76
10	8	10	4	8	6	12	8	9	9	74
11	7	9	4	8	7	13	9	9	7	73
12	7	10	3	9	5	14	9	10	9	76
13	8	10	3	7	6	13	9	9	8	73
14	8	10	4	9	4	14	9	9	9	76
	91	135	48	120	82	173	127	124	113	1013

Fase 3. Análisis comparativo de los resultados antes y después de la intervención.

En la siguiente tabla se presentan los resultados comparativos de la evaluación del análisis de riesgo del proceso antes y después de la capacitación.

Tabla 6. Evaluación del análisis de riesgo antes y después de la capacitación

A.R	ETAPA DEL PROCESO	Número de plantas participantes	Puntaje máximo	Puntaje obtenido antes	Puntaje obtenido después
1	ALMACENAMIENTO DE AGUA	14	42	21	35
2	CLORACION	14	42	17	39
3	FILTRACION POR ARENA Y GRAVA	14	42	17	35
4	FILTRACION POR CARBON ACTIVADO	14	42	16	37
5	LUZ ULTRAVIOLETA/OZONO	14	42	24	34
6	LAVADO DE GARRAFONES	14	42	23	35
7	ENVASADO	14	42	23	38
8	DESINFECCION DE TAPON	14	42	30	39
9	PRODUCTO TERMINADO	14	42	20	37
	TOTAL PROCESO	14	378	191	329

Como podemos observar, en la evaluación sobre el conocimiento de análisis de riesgos en cada área del proceso de producción de agua purificada, antes de la capacitación, el puntaje global obtenido es del 51% de aciertos; esto sugiere deficiencias en cuanto al conocimiento de riesgos potenciales en el agua (físicos, químicos y bacteriológicos) en todas las áreas del proceso. Dicho porcentaje mejoró después de la capacitación a 87%, lo cual indica un incremento del 36% respecto al puntaje obtenido en la fase 1 anterior a la capacitación.

Gráfico 1. Porcentaje de resultados de conocimiento sobre análisis de riesgos

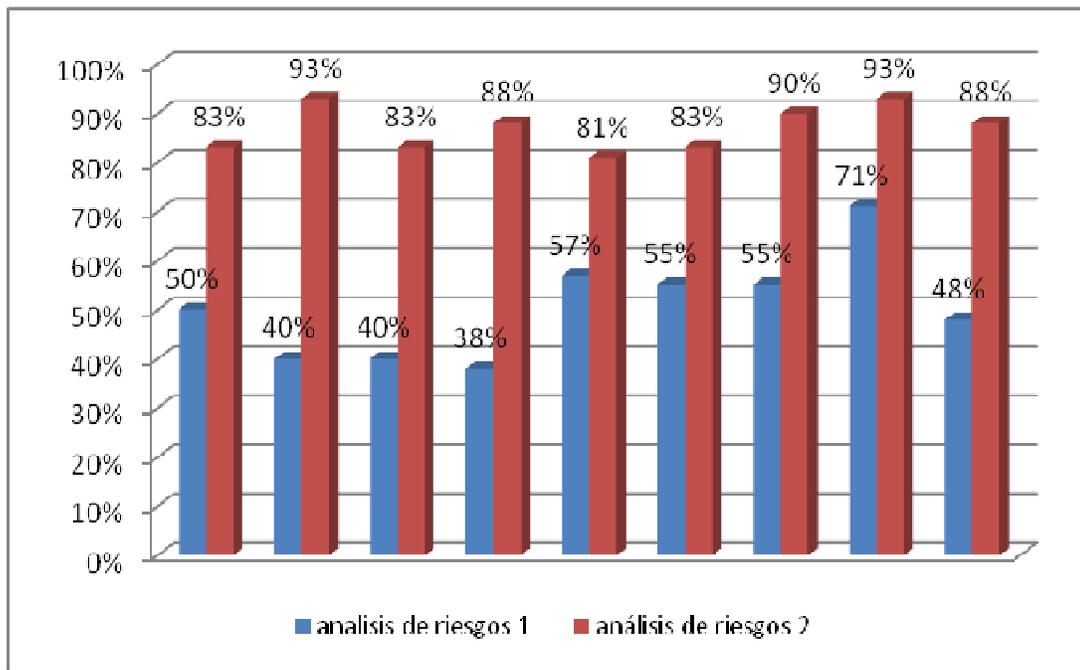
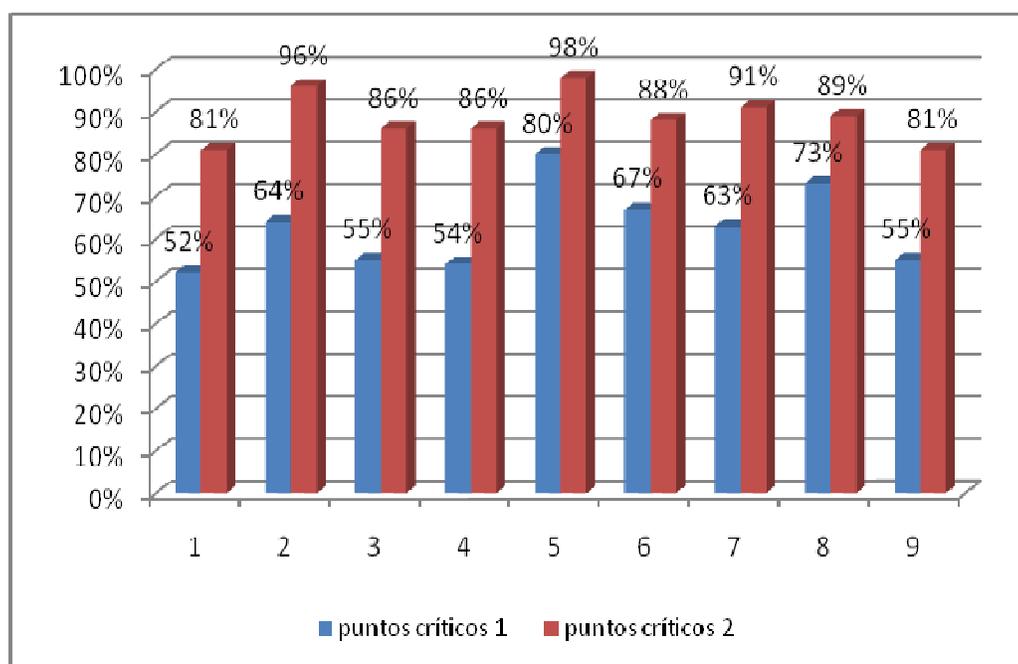


Tabla 7. Evaluación de los nueve puntos críticos del proceso, antes y después de la capacitación

P.C.	ETAPA DEL PROCESO	Plantas participantes	Puntaje máximo	Puntaje obtenido antes	Puntaje obtenido después
PC1	ALMACENAMIENTO DE AGUA	14	112	58	91
PC2	CLORACION	14	140	90	135
PC3	FILTRACION POR ARENA Y GRAVA	14	56	31	48
PC4	FILTRACION POR CARBON ACTIVADO	14	140	76	120
PC5	LUZ ULTRAVIOLETA/OZONO	14	84	67	82
PC6	LAVADO DE GARRAFONES	14	196	131	173
PC7	ENVASADO	14	140	88	127
PC8	DESINFECCION DE TAPON	14	140	102	124
PC9	PRODUCTO TERMINADO	14	140	77	113
	PROCESO 1	14	1148	720	1013

Gráfico 2. Porcentaje de resultados sobre conocimiento de puntos críticos



Al realizar la evaluación de los puntos críticos se encontró que el porcentaje de aciertos en relación al cumplimiento global de los puntos críticos del proceso fue del 63% antes de la capacitación, lo cual indica que las catorce plantas purificadoras de agua tienen deficiencias en todas las áreas del proceso.

De acuerdo a los resultados presentados, observamos que el conocimiento global de los puntos críticos del proceso de producción de agua purificada, aumentó a un 88%, posterior a la capacitación. Lo que equivale a un 25% de incremento en el conocimiento de los puntos críticos del proceso de producción de agua purificada.

13.2. Análisis bivariado.

Con la finalidad de explorar si las diferencias encontradas antes y después de la capacitación fueron significativas y evaluar la hipótesis establecida en este proyecto se realizó un análisis estadístico con el programa estadístico de análisis predictivo (SPSS).

Prueba de hipótesis.- La capacitación en análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos, incrementa el conocimiento del proceso de purificación de agua.

Para probar nuestra hipótesis se realizó una prueba de contraste de hipótesis. Se contrasta la hipótesis nula (H_0) contra la hipótesis de investigación (H_1).

H_0 : la capacitación en análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos no incrementa el conocimiento del proceso de purificación de agua.

H_1 : la capacitación en análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos incrementa el conocimiento del proceso de purificación de agua.

A partir de los resultados obtenidos, o bien rechazamos la hipótesis nula o bien no rechazamos la hipótesis nula. Si se rechaza la hipótesis nula quiere decir que la capacitación si tuvo un efecto significativo puesto que existen diferencias significativas antes y después de la capacitación.

Procedimiento: Se eligió para el análisis estadístico la prueba no paramétrica de Wilcoxon debido a que se trabajó con una muestra de tamaño pequeño ($n=14$), por lo cual es difícil cumplir con los supuestos requeridos por las pruebas paramétricas, como es si cumple o no con el criterio de normalidad. Además de que no requerimos plantear hipótesis sobre los parámetros de media y dispersión de la población, sino sobre sus rangos o frecuencias, es decir, trabajamos con datos categóricos obtenidos de una muestra pareada.

En primer lugar, procedimos a realizar la prueba de Wilcoxon para datos pareados, esto debido a que se obtuvieron los resultados del cuestionario sobre conocimiento del análisis de riesgos antes y después de la capacitación, por lo cual los datos provienen de la misma muestra.

Para efectuar esta prueba se utilizó el paquete estadístico SPSS, la prueba consiste en calcular las diferencias entre los pares de datos sobre conocimiento de análisis de riesgos y sobre puntos críticos de las etapas del proceso consideradas, para cada una de las 14 purificadoras de agua y registrar los valores absolutos entre ellas. Después los valores absolutos de las diferencias se ordenan de menor a mayor, es

decir no se tiene en cuenta el signo (+ o-) de las diferencias para ordenarlas. Después se asignan rangos a cada dato (usando su valor absoluto), pero se debe aplicar la corrección por empate, esto es, a cada uno se le asigna un número de orden y a los que estén empatados, se les asigna el rango medio de los que tengan el mismo valor absoluto de la diferencia. Se suman a continuación los rangos de las diferencias negativas por un lado y los de las diferencias positivas por otro y se calcula la suma y la media de rangos.

Se usa el valor de Z para probar la hipótesis nula de la no diferencia entre los pares. Para no rechazar la hipótesis nula la suma de los rangos positivos debe ser similar a la suma de los rangos negativos, de lo contrario se rechaza H_0 . Se presentan en las tablas 8 y 9 los resultados de la prueba de Wilcoxon para el análisis del riesgo, considerando la suma de las respuestas de cada participante antes y después, de la capacitación.

Tabla 8. Rangos de la prueba de Wilcoxon para análisis de riesgo

	N	Rango promedio	Suma de rangos
suma respuestas después - Rangos negativos	0 ^a	.00	.00
suma respuestas antes Rangos positivos	14 ^b	7.50	105.00
Empates	0 ^c		
Total	14		

a. suma respuestas después < suma respuestas antes

b. suma respuestas después > suma respuestas antes

c. suma respuestas después = suma respuestas antes

Tabla 9. Estadísticos de contraste^b para análisis de riesgo

	suma respuestas después - suma respuestas antes
Z	-3.305 ^a
Sig. asintót. (bilateral)	.001

a. Basado en los rangos negativos.

b. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

Para no rechazar nuestra hipótesis nula (H_0), la suma de los rangos positivos debe ser similar a la suma de los rangos negativos, en nuestro caso, no hay rangos negativos. Como podemos observar el valor de Z es de -3.305, el cual nos sirve para probar la hipótesis nula de la no diferencia entre los pares. Se compara el valor z encontrado con el valor crítico de las tablas de la normal para buscar su significación estadística. Para ser significativo ($p < 0.05$) a dos colas, z debe valer por lo menos 1.96. Como se puede ver en la tabla 8 se encontró una diferencia estadísticamente significativa para la suma de las respuestas antes de la capacitación en comparación con después de la capacitación, con un valor de p de 0.0012.

Adicionalmente, se efectuó la prueba de Wilcoxon para las diferentes etapas del proceso por separado, obteniendo de igual forma resultados estadísticamente significativos (ver tablas 10 y 11).

Tabla 10. Rangos prueba de Wilcoxon para análisis de riesgo para cada etapa del proceso

		N	Rango promedio	Suma de rangos
AR después almacenamiento agua - AR almacenamiento agua	Rangos negativos	0	.00	.00
	Rangos positivos	10	5.50	55.00
	Empates	4		
	Total	14		
AR después cloración - AR cloración	Rangos negativos	0	.00	.00
	Rangos positivos	11	6.00	66.00
	Empates	3		
	Total	14		
AR después filtración gruesa - AR filtración gruesa	Rangos negativos	0	.00	.00
	Rangos positivos	10	5.50	55.00
	Empates	4		
	Total	14		
AR después filtración carbón activado - AR filtración carbón activado	Rangos negativos	0	.00	.00
	Rangos positivos	11	6.00	66.00
	Empates	3		
	Total	14		
AR después luz uv/ozono - AR luz uv/ozono	Rangos negativos	0	.00	.00
	Rangos positivos	9	5.00	45.00
	Empates	5		
	Total	14		
AR después lavado garrafón - AR lavado garrafón	Rangos negativos	1	3.50	3.50
	Rangos positivos	9	5.72	51.50
	Empates	4		
	Total	14		
AR después envasado - AR envasado	Rangos negativos	0	.00	.00
	Rangos positivos	9	5.00	45.00
	Empates	5		
	Total	14		
AR después desinfección de	Rangos negativos	0	.00	.00

tapas - AR desinfección de tapas	Rangos positivos	9	5.00	45.00
	Empates	5		
	Total	14		
AR después producto terminado - AR producto terminado	Rangos negativos	1	3.00	3.00
	Rangos positivos	11	6.82	75.00
	Empates	2		
	Total	14		

Tabla 11. Estadísticos de contraste^b para análisis de riesgo para cada etapa del proceso por separado

	AR después almacenamiento agua - AR almacenamiento agua	AR después cloración - AR cloración	AR después filtración gruesa - AR filtración gruesa	AR después filtración carbón activado - AR filtración carbón activado	AR después luz uv/ozono - AR luz uv/ozono	AR después lavado garrafón - AR lavado garrafón	AR después envasado - AR envasado	AR después desinfección de tapas - AR desinfección de tapas	AR después producto terminado - AR producto terminado
Z	-2.889 ^a	-3.317 ^a	-2.972 ^a	-3.207 ^a	-2.887 ^a	-2.521 ^a	-2.762 ^a	-3.000 ^a	-2.910 ^a
Sig. asintót. (bilateral)	.004	.001	.003	.001	.004	.012	.006	.003	.004

a. Basado en los rangos negativos.

b. Prueba de los rangos con signo de
Wilcoxon

Los valores de p se encuentran entre 0.001 y 0.012 lo cual indica una diferencia estadísticamente significativa entre las respuestas antes y después considerando, las diferentes etapas del proceso por separado.

Ahora procedemos a comparar los resultados sobre conocimientos de puntos críticos después de la capacitación contra los resultados antes de la capacitación. Los resultados para cada etapa del proceso son los siguientes:

Tabla 12. Rangos prueba de Wilcoxon para control de puntos críticos para cada etapa del proceso

		N	Rango promedio	Suma de rangos
PC desp. almacenamiento - PC almac.agua	Rangos negativos	0	.00	.00
	Rangos positivos	13	7.00	91.00
	Empates	1		
	Total	14		
PC desp. cloración - PC cloración	Rangos negativos	0	.00	.00
	Rangos positivos	14	7.50	105.00
	Empates	0		
	Total	14		
PC desp. filtración gruesa - PC filtración gruesa	Rangos negativos	0	.00	.00
	Rangos positivos	11	6.00	66.00
	Empates	3		
	Total	14		
PC desp. filtración Cact. - PC filtración Cact.	Rangos negativos	0	.00	.00
	Rangos positivos	13	7.00	91.00
	Empates	1		
	Total	14		
PC desp. luz uv/ozono - PC luz uv/ozono	Rangos negativos	0	.00	.00
	Rangos positivos	7	4.00	28.00
	Empates	7		
	Total	14		
PC desp. lavado garrafón - PC lavado garrafón	Rangos negativos	0	.00	.00
	Rangos positivos	14	7.50	105.00
	Empates	0		
	Total	14		

PC desp. envasado - PC envasado	Rangos negativos	0	.00	.00
	Rangos positivos	14	7.50	105.00
	Empates	0		
	Total	14		
PC desp. desinf.de tapas - PC desinf. de tapas	Rangos negativos	0	.00	.00
	Rangos positivos	12	6.50	78.00
	Empates	2		
	Total	14		
PC desp. prod. terminado - PC prod. terminado	Rangos negativos	0	.00	.00
	Rangos positivos	13	7.00	91.00
	Empates	1		
	Total	14		

Tabla 13. Estadísticos de contraste^b para control de puntos críticos para cada etapa del proceso

	PC desp. almacenamiento - PC almac.agua	PC desp. cloración - PC cloración	PC desp. filtración gruesa - PC filtración gruesa	PC desp. Cact. - PC filtración Cact.	PC desp. luz uv/ozono - PC luz uv/ozono	PC desp. lavado garrafón - PC lavado garrafón	PC desp. envasado - PC envasado	PC desp. desinf.de tapas - PC desinf. de tapas	PC desp. prod. terminado - PC prod. terminado
Z	-3.201 ^a	-3.354 ^a	-3.017 ^a	-3.211 ^a	-2.388 ^a	-3.336 ^a	-3.329 ^a	-3.169 ^a	-3.213 ^a
Sig. asintót. (bilateral)	.001	.001	.003	.001	.017	.001	.001	.002	.001

a. Basado en los rangos negativos.

b. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon

Nuevamente estos resultados indican una diferencia estadísticamente significativa entre las respuestas del pre y del post test en cuanto al control de puntos críticos; los valores de p van de 0.001 a 0.017.

Como podemos observar en los resultados de la prueba de Wilcoxon existen diferencias significativas en la suma de los rangos positivos y negativos sobre los resultados obtenidos sobre conocimiento de análisis de riesgos y control de puntos críticos antes de la capacitación, respecto a los resultados obtenidos después de la capacitación, por lo tanto rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis de investigación H_1 : la capacitación en análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos incrementa el conocimiento del proceso de purificación de agua, al menos para el caso de estas 14 plantas purificadoras de agua.

14. Limitaciones del estudio:

Entre las limitaciones para la aplicación del presente proyecto de intervención se encuentra lo relacionado con:

1. El tamaño de muestra fue de 14 plantas purificadoras, debido a que fueron los que originalmente se interesaron en la capacitación y asistieron con constancia e interés. Aunque en total la Jurisdicción Sanitaria de Orizaba, Veracruz cuenta con 33 purificadoras de agua, por lo que se incluyeron cerca del 50% de las purificadoras.
2. Limitaciones de tiempo para el desarrollo del proyecto de intervención. Hubiera sido conveniente para el desarrollo de algunos temas contar con más tiempo para prácticas y resolución de preguntas y dudas, así como incluir un taller para poner en práctica lo aprendido.

3. Limitaciones de recursos, ya que no se contaba con un presupuesto para esta actividad, y se tuvo que realizar con recursos propios: viáticos, papelería, material didáctico, computadora, proyector, etc.

15. Conclusión y recomendaciones:

A pesar de las limitaciones del estudio, el presente proyecto permite concluir que la capacitación llevada a cabo en 14 de las plantas purificadoras de la Jurisdicción Sanitaria de Orizaba, Veracruz, mejora los conocimientos sobre el análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos del proceso de producción de agua purificada. Es importante resaltar la importancia que tiene poder contar con un agua segura para consumo humano, libre de agentes patógenos, riesgos físicos o trazas de sustancias químicas, es decir, que no presente ningún riesgo para la salud pública.

México es uno de los países con mayor consumo de agua embotellada en el mundo, datos del año 2004 indican que en México se tiene un consumo anual de 169 lts. por persona³⁹. La jurisdicción sanitaria de Orizaba, Veracruz cuenta con cerca de 200 mil habitantes, una gran proporción de estos habitantes consumen agua embotellada. Como ya se dijo, si el agua para beber no cumple con los estándares de calidad para su consumo, esto representa un grave riesgo para la salud pública, ya que es un factor preponderante para la ocurrencia de múltiples enfermedades, entre otras, las enfermedades diarreicas que ocupan el segundo lugar en morbilidad en el Estado de Veracruz.

El impacto esperado de este tipo de capacitación en la salud pública de la población de la Jurisdicción Sanitaria de Orizaba pudiera ser trascendental. Para esto, sería importante complementar el programa de capacitación, por ejemplo con talleres prácticos relacionados con las etapas del proceso de purificación y reforzar el instrumento de evaluación de la capacitación por ejemplo con observaciones y

³⁹ Herráiz, N., 2006. Geopolítica del agua embotellada. Foreign Policy, edición española. Marzo 30, 2006. http://www.fp-es.org/feb_mar_2006/story_13_18.as

mediciones en las diferentes etapas del proceso para asegurar que los nuevos conocimientos adquiridos se traduzcan en acciones.

En el presente proyecto de intervención, se realizó la aplicación del método de análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos para el proceso de producción de agua purificada, logrando el objetivo de capacitar a los propietarios de las purificadoras en la identificación de los riesgos y peligros, además de la identificación de puntos críticos, que mostraron un incremento del 36% y 25% respectivamente, en el conocimiento de los temas tratados.

Este incremento deberá de evaluarse posteriormente en la práctica, es decir, en una segunda etapa con la implementación de un procedimiento de verificación que incluya, además de la revisión de los registros de cada uno de los puntos críticos del proceso, la revisión de los resultados de los análisis bacteriológicos y fisicoquímicos del producto terminado, los cuales deberán estar acordes con la capacitación recibida. Además, es necesario la difusión de las ventajas de la capacitación en análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos del proceso de producción de agua purificada, e involucrar a los propietarios y encargados de las purificadoras de agua, no sólo de la Jurisdicción Sanitaria de Orizaba, sino de todo el Estado de Veracruz en el programa, con la finalidad de compartir los conocimientos sobre los beneficios que representa elaborar un producto libre de riesgos sanitarios que cumpla con los requisitos sanitarios en beneficio de la salud de los consumidores.

(ANEXO A)

**CÉDULA DE DIAGNÓSTICO EN ANALISIS DE RIESGOS, IDENTIFICACIÓN Y CONTROL DE PUNTOS CRÍTICOS
DEL PROCESO EN 14 PURIFICADORAS DE AGUA DE LA JURISDICCIÓN SANITARIA No. VII DE ORIZABA, VER.**

Nombre del propietario:

Nombre del establecimiento:

Dirección:

Localidad:_____

Municipio:

ETAPA DEL PROCESO

I. Almacenamiento de agua:

1. Define los tipos de riesgos que se pueden encontrar

1. Físicos. 2. Bacteriológicos 3. Físicos y bacteriológicos.

2. Frecuencia de limpieza del filtro de entrada de agua al tanque de almacenamiento o cisterna.

3. Diario 2. 2 veces / semana 1. Semanal

3. Frecuencia de limpieza del tanque de almacenamiento de agua

3. Mensual 2. Bimestral 1. Semestral

4. Se lleva registro de las acciones de limpieza de filtro y tanque y cambio de filtro.

2. Sí 1. No

5. Se realiza la determinación de cloro y pH del agua de red

2. Sí 1. No

6. Qué reactivo utiliza para la determinación de cloro

2. DPD 1. Ortotoluidina

7. Cuál es la concentración del cloro del agua de red.

3. 1.5- 3 ppm. 2. > 3 ppm. 1. <1.5 ppm.

8. Cuál es el valor del pH del agua de red.

3. 6.5-8.5 2. > 8.5 ppm. 1. < 6.5

9. Se realiza la determinación de la dureza del agua

2. Sí 1. No. Rango:_____

10. Se lleva un registro de la determinación de cloro y pH del agua de red

2. Sí 1. No

11. Define los tipos de riesgos que se pueden encontrar

II. Cloración:

1. Bacteriológicos 2. Químicos 3. Bacteriológicos y químicos

12. Cuál es la concentración del cloro en el agua del tanque o cisterna.

3. 1.5- 3 ppm. 2. > 3 ppm. 1. <1.5 ppm.

13. Cuál es el valor del pH del agua del tanque o cisterna

3. 6.5-8.5 2. > 8.5 ppm. 1. < 6.5

14. Cuál es el tiempo de contacto de la solución de cloro en el tanque o cisterna.

2. >= 30 min. 1. < 30 min.

15. Se lleva registro en bitácora de la concentración de cloro y tiempo de contacto.

2. Sí 1. No

16. Cuál es el producto utilizado para la desinfección.

2. Hipoclorito de sodio/ calcio 1. Otro _____

III. Filtración por arena y grava

17. Define los tipos de riesgos que se pueden encontrar

1.Físicos 2. Bacteriológicos 3. Físicos y bacteriológicos.

18. Frecuencia de retrolavados de los filtros de arena y grava.

2. Semanal 1. 2 veces c/ semana

19. Se lleva un registro de la frecuencia de retrolavados de los filtros de arena y grava.

2. Sí 1. No

2 Filtración por carbón activado

20. Define los tipos de riesgos que se pueden encontrar

1. Químicos 2. Bacteriológicos 3. Químicos y bacteriológicos

21. Frecuencia de retrolavados de los filtros de carbón activado.

2. Semanal 1. 2 veces c/ semana

22. Frecuencia de cambio de carbón activado de los filtros.
2. 12 Meses 1. 18 Meses

23. Se lleva un registro de la frecuencia de retrolavados y cambio de carbón activado.
2. Sí 1. No

24. Se realiza la determinación de cloro residual a la salida del filtro de carbón activado.
2. Sí 1. No

25. ¿Utiliza filtro pulidor?
2. Sí 1. No

26. Frecuencia de limpieza de filtro pulidor.
2. Semanal 1. 2 veces c/ semana

27. Frecuencia de cambio de filtro pulidor.
3. 6 Meses 2. 12 Meses 1. 18 Meses

3 Luz ultravioleta/ ozono

28. Define los tipos de riesgos que se pueden encontrar en luz u.v.

1. Físicos. 2. Bacteriológicos 3. Químicos

29. Frecuencia de mantenimiento de la lámpara de luz ultravioleta
3. Cada 3 Meses 2. Cada 6 Meses 1. > 6 Meses

30. Frecuencia de cambio de lámpara de luz ultra violeta
2. Cada 7500 hrs./uso 1. > 7500 hrs./uso

31. Se lleva un registro de la frecuencia de mantenimiento y cambio de lámpara uv.
2. Sí 1. No

32. Define los tipos de riesgos que se pueden encontrar con el ozono
1. Físicos. 2. Bacteriológicos 3. Químicos

33. Frecuencia de mantenimiento del generador de ozono.
2. Mensual 1. Quincenal

34. Se lleva un registro del mantenimiento del generador de ozono.
2. Sí 1. No

4 Lavado de garrafones

35. Define los tipos de riesgos que se pueden encontrar
1. Físicos y químicos. 2. Microbiológicos 3. Los tres.

36. Se realiza una selección del garrafón antes de su entrada al área de lavado.
2. Sí 1. No

37. Cuál es la concentración de detergente para el lavado de garrafón.
2. 2- 3 ppm. 1. < 2 ppm.
38. Cuál es el tiempo de enjuague del garrafón después del lavado
2. 20- 30 seg. 1. < 20 seg.
39. Qué tipo de detergente se utiliza para el lavado de garrafón
2. Autorizado 1. No autorizado Nombre SIPISA 911

40. El lavado interior y exterior del garrafón se realiza en un área
2. cerrada 1. abierta

41. Se realiza una prueba de arrastre de detergente
2. Sí 1. No

42. Se lleva un registro de concentración de detergente, tiempo de enjuague y arrastre de detergente
2. Sí 1. No

5 Envasado

43. Define los tipos de riesgos que se pueden encontrar
1. Físicos 2. Bacteriológicos 3. Físicos y bacteriológicos

44. El llenado de garrafón se realiza en un área
2. Separada 1. Sin separación

45. Frecuencia de la limpieza y desinfección de las boquillas de llenado
3. Después de cada lote 2. Diaria 1. Semanal

46. Se lleva un registro de la limpieza y desinfección de boquillas de llenado
2. Sí 1. No

47. El operario se lava y desinfecta las manos antes de iniciar las labores
2. Sí 1. No

48. El operario porta ropa limpia y utiliza mandil, botas, cubre bocas y cofia.
2. Sí 1. No

IX. Desinfección del tapón

49. Define los tipos de riesgos que se pueden encontrar
1. Microbiológicos 2. Químicos. 3. Bacteriológicos y químicos

50. Se realiza la desinfección del tapón antes de su colocación.
2. Sí 1. No

51. Cual es la concentración de la solución para la desinfección del tapón.
3. 1.5- 3 ppm 2. > 3.0 ppm 1. <1.5 ppm

52. Cual es el tiempo de contacto de la solución con el tapón.
2. > =30 min 1. < 30 min

53. Qué producto utiliza para la desinfección del tapón.
2. Aceptado 1. No aceptado

54. Se realiza el enjuague del tapón antes de su colocación en el garrafón.
2. Sí 1. No

6 Selección de producto terminado

55. Define los tipos de riesgos que se pueden encontrar
1. Físicos. 2. Bacteriológicos 3. Físicos y bacteriológicos

56. ¿Se realizan pruebas organolépticas de producto terminado?
2. Sí 1. No

57. Se lleva registro de producto terminado por turno y lote de producción.
2. Sí 1. No

58. Frecuencia de análisis bacteriológicos de producto terminado
3. Mensual 2. Trimestral 1. Semestral

59. Frecuencia de análisis fisicoquímicos de producto terminado.
3. Trimestral 2. Semestral 1. Anual

60. Se lleva un registro de los resultados de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos.
2. Sí 1. No

Total

(ANEXO B).

Principio 1. Identificación de riesgos o peligros.

Un riesgo o peligro es la probabilidad de que se desarrolle cualquier propiedad biológica, química o física inaceptable para la salud del consumidor, que pueda influir en la inocuidad del agua.

En esta etapa se persiguen varios objetivos:

- Identificar las materias primas y productos que pudieran contener sustancias tóxicas, microorganismos patógenos, además de las condiciones que permitan la multiplicación de microorganismos en el agua como producto terminado.
- Identificar en cada operación o etapa del proceso de purificación de agua, las fuentes y los puntos específicos de contaminación.
- Evaluar los riesgos y la gravedad de los peligros identificados.

Tipos de riesgos: A continuación se presentan los riesgos o peligros que se pueden presentar por cada una de las etapas del proceso, así como las alternativas de solución propuestas:

Riesgos microbiológicos.- La materia prima que se utiliza es el agua, la cual es fácil que se contamine, ya sea por bacterias o por otro tipo de microorganismos como algas, protozoos, larvas de nematodos, taenias, lombrices, etc. En cuanto a las bacterias, se ha determinado que estas representan aproximadamente el 80% de los brotes de enfermedades por consumo de agua. Se han encontrado en el agua a los géneros *Pseudomonas*, *Bacillus* y *Aerobacillus*, *Clostridium*, *Streptococcus*, *Escherichia*, *Aerobacter*, *Proteus*, *Salmonella*, *Shigella* y *Vibrio cholerae*, siendo estos tres últimos los causantes de más problemas de salud en el hombre⁴⁰. Por su parte, a pesar que los virus constituyen cerca del 10% de los brotes por consumo de agua, la Hepatitis A y los virus de Norwalk, constituyen la mayoría de los casos de enfermedades transmitidas por virus⁴¹.

⁴⁰ Zárate Castellón E. Manual de Aplicación del Análisis de Riesgos, Identificación y Control de Puntos Críticos en la Industria de Agua Purificada. Secretaría de Salud. México 1999. P- 28.

⁴¹ Scott Virginia N. Peligros biológicos y controles. HACCP Un enfoque sistemático hacia la seguridad de los alimentos. The food Processors Institute. Tercera Edición 1999. P- 59.

A continuación se presentan los principales grupos de microorganismos y su patogenicidad.

Microorganismos que pueden presentarse en el agua⁴²

Grupo, género y especie	Patogenicidad
Bacilos coliformes	
<i>Escherichia coli</i>	Patogénicas sólo en circunstancias especiales
<i>Aerobacter aerogenes</i>	
<i>Klebsiella pneumonias</i>	
<i>Paracolon basilli</i>	
Grupo Proteus	
<i>P. mirabili, P. morgani</i>	
<i>Pseudomonas aeroginosa</i>	
<i>Alcaligenes fecalis</i>	Fiebre entérica
<i>Salmonella paratyphi A</i>	Septicemia, gastroenteritis
<i>Salmonella paratyphi B</i>	Septicemia, gastroenteritis
<i>Shigella paradysenteriae</i>	Disentería bacilar
<i>Shigella disenteriae</i>	Disentería bacilar
<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera

Riesgos Químicos: Un programa de Análisis de Riesgos y control de puntos críticos debe de considerar los peligros químicos potenciales y la implementación de medidas de control adecuadas. Las sustancias químicas que presentan un riesgo para la salud pública pueden llegar al agua por cualquiera de estas rutas: pueden estar presentes en forma natural en el agua, pueden haber sido agregados intencionalmente durante el proceso, o bien pudieron agregarse en forma no intencional⁴³. Aunque estos productos químicos no revisten mayor riesgo cuando son

⁴² Zárate Castellón E. Manual de Aplicación del Análisis de Riesgos, Identificación y Control de Puntos Críticos en la Industria de Agua Purificada. Secretaría de Salud. México 1999.

⁴³ Katsuyama Allen M. Peligros y controles químicos. HACCP Un enfoque sistemático hacia la seguridad de los alimentos. The food Processors Institute. Tercera Edición 1999. P- 85.

utilizados adecuadamente, algunos de ellos son capaces de causar efectos severos en la salud o incluso pueden causar la muerte si son mal utilizados.

Entre las sustancias que pueden estar presentes en forma natural se encuentran metales pesados, sustancias inorgánicas y orgánicas, etc. Entre las sustancias que pudieran agregarse intencionalmente se encuentran sustancias químicas usadas en el tratamiento del agua de consumo o procedentes de materiales en contacto con el agua, como el cloro y sus subproductos, así como aditivos agregados al agua como coagulantes como el sulfato de aluminio. Además de plaguicidas añadidos al agua por motivos de salud pública, como los que se añaden al agua para controlar la presencia de larvas acuáticas de insectos perjudiciales para la salud pública (por ejemplo, de mosquitos que transmiten malaria y dengue).

Además existen otras sustancias que pueden estar presentes en el agua que pueden no haber sido agregados intencionalmente, como es el caso de sustancias provenientes de actividades agropecuarias. El origen del nitrato puede ser la aplicación de un exceso de fertilizantes inorgánicos u orgánicos, o los purines de la producción ganadera. La mayoría de las sustancias químicas que pueden generar las actividades agropecuarias son plaguicidas.

Riesgos Físicos.- Los riesgos físicos potenciales consisten en objetos o materias extraños al producto, es decir que normalmente no debería estar en el agua envasada, entre estos se pueden encontrar fragmentos de plástico, metal, etiquetas de papel, cabellos, etc. Dado que el sistema HACCP se basa en el control de riesgos, deberá considerarse primordialmente aquellos contaminantes que pueden ocasionar un daño a la salud del consumidor⁴⁴.

⁴⁴ HACCP. Un enfoque sistemático hacia la seguridad de los alimentos. Stevenson Kenneth E., The Food Processors Institute. 1999, p 1-93.

TIPO DE RIESGOS PRESENTES EN EL AGUA

FISICO	QUÍMICO	MICROBIOLÓGICO
Presencia de sólidos en suspensión	Presencia de metales pesados y sustancias tóxicas	Presencia de microorganismos patógenos

PC1. ALMACENAMIENTO EN TANQUES O CISTERNAS

TIPO DE RIESGOS

FISICO	QUÍMICO	MICROBIOLÓGICO
Presencia de materia extraña en el tanque por desprendimiento de recubrimiento.	Presencia de sustancias tóxicas (metales pesados, plaguicidas).	Contaminación microbiana por falta de aseo del tanque.

Medidas preventivas:

- 1.- Los filtros de la entrada de agua al tanque de almacenamiento deberán limpiarse a diario o por lo menos dos veces por semana y su reemplazo deberá hacerse cada dos o tres meses.
- 2.- El lavado y desinfección de los tanques y cisternas deberán realizarse por lo menos cada mes o dos meses por lo menos.
- 3.- Deberá realizarse diariamente la determinación de cloro residual en el agua de red con un comparador con escala colorimétrica para medición de cloro residual con pastillas de DPD y pH, debiendo registrar su valor en una bitácora.
4. Además deberán mantenerse los tanques y cisternas herméticamente tapados para evitar la entrada de polvo, lluvia, partículas y fauna nociva.

PC2. CLORACIÓN

TIPO DE RIESGOS

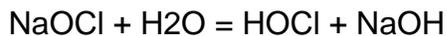
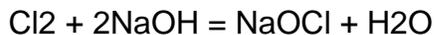
FISICO	QUÍMICO	MICROBIOLÓGICO
-----	Presencia de sustancias tóxicas por dosis excesiva de cloro (trihalometanos).	Presencia de microorganismos mesófilos aerobios y posibles patógenos por inadecuada desinfección.

Tipos de desinfectantes:

Dióxido de cloro.- El dióxido de cloro es un gas que no ocurre naturalmente en el ambiente. Se usa para desinfectar el agua potable. El clorito se forma cuando el dióxido de cloro reacciona con el agua.

Hipoclorito de calcio.- El **hipoclorito de calcio** es un compuesto químico cuya formula es $\text{Ca}(\text{OCl})_2$. Es ampliamente utilizado en tratamiento de aguas por su alta eficacia contra bacterias, algas, moho, hongos y microorganismos peligrosos para la salud humana. Además es un agente blanqueador. Su apariencia es granular, de color beige claro.

Hipoclorito de sodio.- El hipoclorito de sodio se produce a partir de la adición de gas cloro Cl_2 con sosa caustica (NaOH), al reaccionar con el agua el hipoclorito de sodio forma ácido hipocloroso HOCl , de acuerdo a la siguiente reacción:



El ácido hipocloroso es un poderoso oxidante efectivo contra bacterias, virus y hongos. Su característica principal es que es una solución clara de color amarillento, de olor característico y soluble en agua.

Medidas preventivas:

- 1.- Para obtener una desinfección adecuada, el NaOCl debe estar en contacto con el agua por lo menos **durante 30 minutos y una concentración de 1.5 a 3 ppm**, para que ejerza su acción bactericida eficazmente.
- 2.- El pH del agua en tanques y cisternas deberá mantenerse en un valor de 6.9 a 8.
- 3.- Deberán registrarse en una bitácora la concentración de cloro y el pH.

Cálculo de volumen de cloro a adicionar para desinfección de agua:

La aplicación de hipoclorito de sodio se debe realizar mediante dosificadores o bien adicionado directamente al agua. Para conocer la cantidad de hipoclorito de sodio a adicionar se deben hacer cálculos en función de la capacidad del tanque y de la concentración de hipoclorito de sodio a utilizar, la fórmula es:

$$D = (V \times C) / S$$

Dónde:

D= Cantidad de hipoclorito de sodio a dosificar.

C= Concentración de cloro final que deseamos obtener.

V= Volumen del depósito de agua a tratar

S= Concentración de hipoclorito de sodio a utilizar.

Ejemplo:

Si tenemos un depósito con 10 m³ de agua y queremos aplicar una dosis de 0.5 mg/l de hipoclorito de sodio que está a una concentración de 40 g/l. Cual será el volumen de hipoclorito de sodio a adicionar?

$$V = 10 \text{ m}^3$$

$$C = 0.5 \text{ mg/l}$$

$$S = 40 \text{ g/l}$$

$$D = (V \times C) / S = (10 \times 0.5) / 40 = 0.125 \times 1000 = 125 \text{ ml.}$$

Por lo cual deberemos aplicar la cantidad de 125 ml de hipoclorito de sodio a una concentración de 40 g/l a un tanque de 10 m³ de agua para obtener una concentración final del agua del tanque de 0.5 mg/l.

PC3. FILTRACIÓN POR ARENA Y GRAVA

TIPO DE RIESGOS

FISICO	QUÍMICO	MICROBIOLÓGICO
Presencia de materia extraña (plástico, metal, madera, etc.)	-----	Contaminación microbiológica por mal retrolavado.

Medidas preventivas:

- 1.- El retrolavado de los filtros de arena y grava deberá realizarse a diario o por lo menos dos veces por semana.
- 2.- La frecuencia de los retrolavados deberá registrarse en una bitácora.

PC4. FILTRACIÓN POR CARBÓN ACTIVADO Y FILTRO PULIDOR

TIPO DE RIESGOS

FISICO	QUÍMICO	MICROBIOLÓGICO
-----	Presencia de sustancias tóxicas.	Aumento de carga microbiana por mal retrolavado.

Medidas preventivas:

- 1.- El retrolavado de los filtros de carbón activado deberá realizarse a diario o por lo menos dos veces cada semana.
- 2.- El cartucho de carbón activado y del filtro pulidor deberá reemplazarse cada seis meses o por lo menos cada año de acuerdo al uso.
- 3.- Deberá llevarse un registro de la frecuencia de los retrolavados y del cambio del cartucho de carbón activado y filtro pulidor.
- 4.- Comprobar que la concentración de cloro marque cero a la salida de los filtros de carbón activado⁴⁵.

⁴⁵ Zárate Castellón E. Manual de Aplicación del Análisis de Riesgos, Identificación y Control de Puntos Críticos en la Industria de Agua Purificada. Secretaría de Salud. México 1999.

PC5. LUZ ULTRAVIOLETA

TIPO DE RIESGOS

FISICO	QUÍMICO	MICROBIOLÓGICO
-----	-----	Puede no haber eliminación total de la carga microbiana.

Medidas preventivas:

- 1.- Deberá darse mantenimiento al equipo de luz uv cada 3 o 6 meses de acuerdo a las especificaciones del fabricante.
- 2- Deberá reemplazarse la lámpara de luz uv cada 7500 hr/uso o antes de acuerdo a las especificaciones del fabricante.
- 3.- Deberán registrarse las actividades de mantenimiento y reemplazo de la lámpara de luz uv en una bitácora.

PC6. LAVADO DE GARRAFONES

TIPO DE RIESGOS

FISICO	QUÍMICO	MICROBIOLÓGICO
Contaminación por materia extraña por mala revisión o lavado inadecuado.	Contaminación del agua por detergente debido a un mal enjuague.	Aumento de carga microbiana por mal lavado del envase.

Medidas preventivas:

- 1.- Deberá realizarse una selección del garrafón antes de ingresar al área de lavado.
- 2.- Se deberá utilizar una concentración adecuada de detergente para lavado interior y exterior del envase (2-3 ppm), y enjuagar con agua purificada durante 20 a 30 seg.
- 3.- El detergente a utilizar deberá ser autorizado para su uso en la industria alimenticia.
- 4.- El área de lavado de garrafón deberá estar cubierta para evitar la contaminación ambiental del envase por polvo, sol, lluvia, partículas, fauna nociva, etc.

5.- Deberá realizarse una prueba alcalina de arrastre de detergente con fenolftaleína, posterior al enjuague del envase.

6.- Deberá llevarse un registro de la concentración de detergente, tiempo de enjuague y arrastre de detergente.

PC7. ENVASADO

TIPO DE RIESGOS

FISICO	QUÍMICO	MICROBIOLÓGICO
Presencia de materia extraña en el envase.	-----	Puede haber contaminación microbiológica.

Medidas preventivas:

1.- La zona de envasado deberá estar totalmente aislada de las demás operaciones para evitar una contaminación del producto con el medio exterior.

2.- Un buen programa de sanitización controlará muchos de los riesgos potenciales, tanto microbiológicos, físicos y químicos, en el área de llenado. La sanitización no solo debe limitarse a la limpieza de los equipos y al ambiente, sino también a las buenas prácticas de higiene del personal.

3.- Deberá realizarse la sanitización de la línea y las boquillas de la llenadora después de cada lote de producción o al final de la jornada diaria de producción.

3.- Deberá llevarse un registro de las acciones de sanitización de la línea y las boquillas de la llenadora.

4.- El operario de la llenadora deberá desinfectarse las manos antes de iniciar su labor en el área de llenado para evitar contaminar el producto.

5.- El operario deberá utilizar ropa limpia y equipo de protección personal (mandil, botas de hule, cubrebocas, cubrepelo).

PC8. DESINFECCIÓN DE TAPAS

TIPO DE RIESGOS

FISICO	QUÍMICO	MICROBIOLÓGICO
-----	-----	Puede haber contaminación microbiológica.

Medidas preventivas:

- 1.- Se deberán desinfectar las tapas previamente con solución de hipoclorito de sodio, y enjuagar con agua purificada antes de su colocación en el envase.
- 2.- La concentración de la solución deberá estar en un rango de 1.5 a 3 ppm de cloro libre residual y el tiempo de contacto deberá ser al menos de 30 minutos.
- 3.- Las tapas deberán enjuagarse con agua purificada antes de su colocación en el envase y el operario deberá desinfectarse las manos antes de colocar el tapón.

PC9. PRODUCTO TERMINADO

TIPO DE RIESGOS

FISICO	QUÍMICO	MICROBIOLÓGICO
Presencia de materia extraña.	Contaminación por sustancias tóxicas.	Puede haber contaminación microbiológica por envase sucio.

Medidas preventivas:

- 1.- Realizar pruebas organolépticas al producto terminado (color, sabor, olor).
- 2.- Vigilar que se realice en forma eficiente el retiro de producto que no reúne las condiciones de limpieza o que presenta materia extraña en suspensión.
- 3.- Realizar análisis bacteriológicos al producto terminado cada mes y fisicoquímicos cada seis meses.
- 4.- Llevar un registro en bitácora de cada lote y turno de producción, así como de los resultados de los análisis del producto terminado.

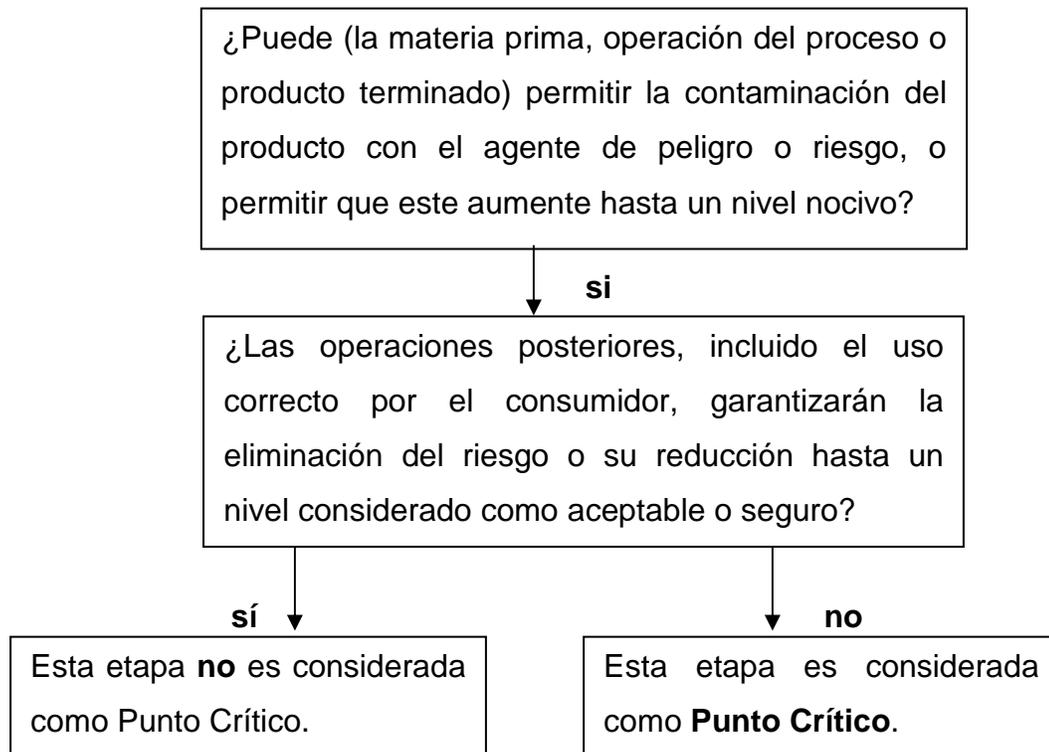
Principio 2. Determinar los puntos críticos de control (PCC).

Un punto crítico de control es cualquier operación del proceso en donde la pérdida de control puede generar un riesgo de contaminación en el producto, que afecte la salud del consumidor. En esta etapa se determinan las operaciones del proceso que deben controlarse, para eliminar o disminuir los riesgos. Posteriormente, se elabora un diagrama de flujo que considere todas las operaciones del proceso, desde materia prima hasta producto terminado, indicando todos los puntos críticos que se hayan identificado.

DIAGRAMA 1

Identificación de los Puntos Críticos de Control

Para determinar si la materia prima, operación del proceso o producto terminado es un punto crítico de control, es necesario contestar las siguientes preguntas⁴⁶:



⁴⁶ Zárata Castellón E. Manual de aplicación del análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos en la industria de agua purificada. Subsecretaría de Regulación y Fomento Sanitario. Secretaría de Salud (1999), p.14-16.

Principio 3. Establecer especificaciones para cada punto crítico de control. Es necesario especificar los criterios que van a indicar que la operación designada como punto crítico de control (PCC) está controlada. Dar valores de referencia o límites específicos relativos a una característica física, química y microbiológica.

Principio 4. Monitorear cada punto crítico de control. El monitoreo es una secuencia planeada de observaciones o mediciones para establecer si un Punto Crítico está bajo control, este monitoreo debe ser capaz de detectar cualquier desviación de las especificaciones de manera que permita tomar medidas correctivas rápidamente, se deben establecer de antemano las acciones de monitoreo que se llevarán a cabo, además asignar quien y como lo hará y cada cuando los realizará.

Característica a controlar	Especificaciones	Monitoreo
1. <u>Almacenamiento de agua</u> Limpieza y desinfección de tanques y cisternas	Cada semana	Visual
2. <u>Cloración</u> Concentración adecuada de cloro y tiempo de contacto.	1.5- 3 p.p.m 30 minutos	Prueba colorimétrica con reactivo DPD.
3. <u>Filtración (arena y grava)</u> Sólidos totales	Máximo 500 ppm	Cada 6 meses
4. <u>Filtración (carbón activado).</u> Concentración de cloro a la salida del filtro.	0.10 p.p.m.	Prueba con reactivo DPD en cada lote
5. <u>Lavado de garrafón</u> a) Concentración de detergente b) Presencia de materia extraña c) Eficiencia del enjuague.	3 a 5 gr/l. Ausencia Ausencia de detergente	Concentración al inicio, durante y al final del turno. Visual Prueba con fenolftaleína después del enjuague.

Característica a controlar	Especificaciones	Monitoreo
6. <u>Luz ultravioleta/ozono.</u> Calidad microbiológica. Tiempo de vida media de la lámpara.	0 coliformes/ml. 7,500 hr. de uso	Cada mes. Visual en el contador de la lámpara.
7. <u>Envasado</u> Higiene de la llenadora Higiene del operario	Coliformes totales: no detectable, E. coli: 0 col/ml. Sanitización de manos.	Análisis microbiológicos en boquillas de llenadora. Visual del equipo e higiene del operario.
8. <u>Desinfección de tapas</u> Desinfección de tapas Higiene del operario	1.5-3.0 p.p.m. Sanitización de manos.	Visual desinfección de tapas e higiene del operario.
9. <u>Producto terminado</u> Presencia de materia extraña Características microbiológicas, fisicoquímicas y sensoriales.	Ausencia Conforme a la NOM-201-SSA1-2002.	Visual después de envasado. Realizar pruebas organolépticas en cada lote, análisis microbiológicos cada mes y fisicoquímicos cada 6 meses.

Principio 5. Establecer acciones correctivas. Las acciones correctivas deben ser claramente definidas antes de llevarlas a cabo y la responsabilidad de las acciones deberá asignarse a una sola persona. Los objetivos son:

- a) Corregir la causa del rechazo para asegurar que el punto crítico de control está de nuevo bajo control.
- b) Mantener registros de las acciones correctivas tomadas.

Principio 6. Establecer procedimientos de registro. Es necesario tener registros de la materia prima (agua), las etapas del proceso y el producto terminado, ya que estos van a permitir evaluar cuales son los problemas que se han presentado y si los puntos críticos se encuentran bajo control. Algunos tipos de registros, se llevan mediante una bitácora que cuente con los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de materia prima, operaciones del proceso y producto terminado, así como del mantenimiento e higiene del equipo, instalaciones y operarios. Se debe llevar un registro de la concentración de cloro y del tiempo de contacto, un registro de los retrolavados de los filtros de arena y grava así como de carbón activado, registros de la concentración de detergente, del tiempo y eficiencia del enjuague.

Principio 7. Establecer procedimientos de verificación. La verificación debe aplicarse por quien elabora el producto para determinar que el método de Análisis de Riesgos, Identificación y Control de puntos Críticos que se lleva a cabo está en concordancia con el plan diseñado.

Otro de los registros es la hoja de control, que resume los aspectos de importancia a considerar en el Análisis de Riesgos, Identificación y Control de Puntos Críticos.

HOJA DE CONTROL

ETAPA DEL PROCESO	PUNTO CRÍTICO DE CONTROL	RIESGOS: QUIMICOS, FISICOS, BIOLÓGICOS	ESPECIFICACIONES	PROCEDIMIENTO DE VERIFICACION RESPONSABLE	ACCIONES CORRECTIVAS RESPONSABLE

Bibliografía:

1. Boletín Epidemiológico Semana 33. Servicios de Salud de Veracruz (2008).
2. Boletín Epidemiológico Semana 48. Servicios de Salud de Veracruz (2008).
3. XII Censo General de Población y Vivienda. INEGI (2000).
4. Corey G. La investigación epidemiológica de los efectos adversos asociados a los subproductos de la cloración del agua potable. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, México. Organización Panamericana de la Salud. 1996, p. 115-118.
5. Enciclopedia de los Municipios de México Veracruz. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Gobierno del Estado de Veracruz (2005).
6. Galal-Gorchev Hend. Desinfección de agua potable y subproductos de interés para la salud. Organización Mundial de la Salud. 1996, p.90-92.
7. Geldreich Edwin E. La amenaza mundial de los agentes patógenos transmitidos por el agua. La Calidad del Agua Potable en América Latina. Organización Panamericana de la Salud (1996), p.26-27.
8. Guías para la calidad del agua potable, Primer apéndice a la Tercera Edición, Organización Mundial de la Salud. 2006, p.128.
9. Guidelines for drinking-water quality: second addendum. Vol. 1, World Health Organization. (2008), p. 26.
10. HACCP. Un enfoque sistemático hacia la seguridad de los alimentos. Stevenson Kenneth E., The Food Processors Institute. 1999, p. 1-124.
11. Herráiz, N., 2006. Geopolítica del agua embotellada. Foreign Policy, edición española. Marzo 30, 2006. http://www.fp-es.org/feb_mar_2006/story_13_18.asp.
12. Katsuyama Allen M. Peligros y controles químicos. HACCP Un enfoque sistemático hacia la seguridad de los alimentos. The Food Processors Institute. Tercera Edición 1999, p. 85.
13. NOM-127-SSA1-1994. "Salud ambiental, Agua para uso y consumo humano- Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización".

14. NOM-201-SSA1-2002, Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias.
15. Reportes mensuales del Sistema de Información en Salud para Población Abierta (SISPA) 2006-2007.
16. Resultados de análisis bacteriológicos realizados a plantas purificadoras de la Jurisdicción Sanitaria No. VII de Orizaba, Ver., Junio de 2008.
17. Rodríguez Vidal F.J. Procesos de potabilización del agua e influencia del proceso de ozonización, p. 169-173.
18. Sampieri Hernández Roberto. Metodología de la investigación. Tercera Edición. McGraw-Hill. 2003. p-117.
19. Scott Virginia N. Peligros biológicos y controles. HACCP Un enfoque sistemático hacia la seguridad de los alimentos. The Food Processors Institute. Tercera Edición 1999, p. 59.
20. Traverso Héctor P. Enfermedades infecciosas transmitidas por el agua. Organización Panamericana de la Salud. ILSI Press Washington D.C. USA. 1996, p. 51-60.
21. Witt Vicente M. Tecnologías de desinfección del agua para comunidades pequeñas y zonas rurales. Organización Panamericana de la Salud, p. 162-178.
22. Zárate Castellón E., Manual de aplicación de análisis de riesgos, identificación y control de puntos críticos en la industria de agua purificada. Subsecretaría de Regulación y Fomento Sanitario. 1999, p. 25.