



Universidad Centroamericana José Simeón Cañas
Dpto. Ingeniería de Procesos y Ciencias Ambientales

Apartado Postal (01) 168 – Teléfono 2210-6600, ext. 305. Boulevard Los Próceres – San Salvador

INFORME DE CONSULTORÍA

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE CONSUMO EN LAS INSTALACIONES DE LA FÁBRICA DE ROPA OCEAN SKY

**Presentado por: Laboratorio de Servicios de Química
Agrícola, UCA**

Para: FAIR LABOR ASSOCIATION

Fecha: 15 de marzo 2011

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE CONSUMO EN LAS INSTALACIONES DE LA FÁBRICA DE ROPA OCEAN SKY

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad microbiológica del agua destinada al consumo humano a través del sistema de captación, distribución y purificación del agua en las instalaciones de la empresa OCEAN SKY ubicada en Olocuilta.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ◆ Evaluar el sistema de abastecimiento de agua de la empresa OCEAN SKY
- ◆ Determinar el plan de muestreo para evaluar la calidad del agua
- ◆ En base a los resultados proporcionar recomendaciones para mejorar el sistema de abastecimiento de agua.

METODOLOGÍA

La metodología de trabajo consistió en:

- ◆ Visitas a la empresa para planificación y para la toma de muestras
- ◆ Evaluación de los resultados de análisis
- ◆ Presentación de informes con resultados y recomendaciones

DESCRIPCIÓN DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA DE LA EMPRESA OCEAN SKY

A continuación se hace la descripción del sistema de abastecimiento de agua hecha por la inspección visual y la información proporcionada por el encargado de mantenimiento de la empresa.

Ocean Sky ocupa 3 plantas dentro de la Zona Franca Internacional. La nave #1 tiene las principales líneas de producción y el departamento de empaque. La nave #2 contiene la sección de corte, dos pequeñas líneas que producen muestras y una bodega. La nave #3 (Serigrafía) contiene los departamentos de impresión y bordado, tal como se muestra en la figura 1.

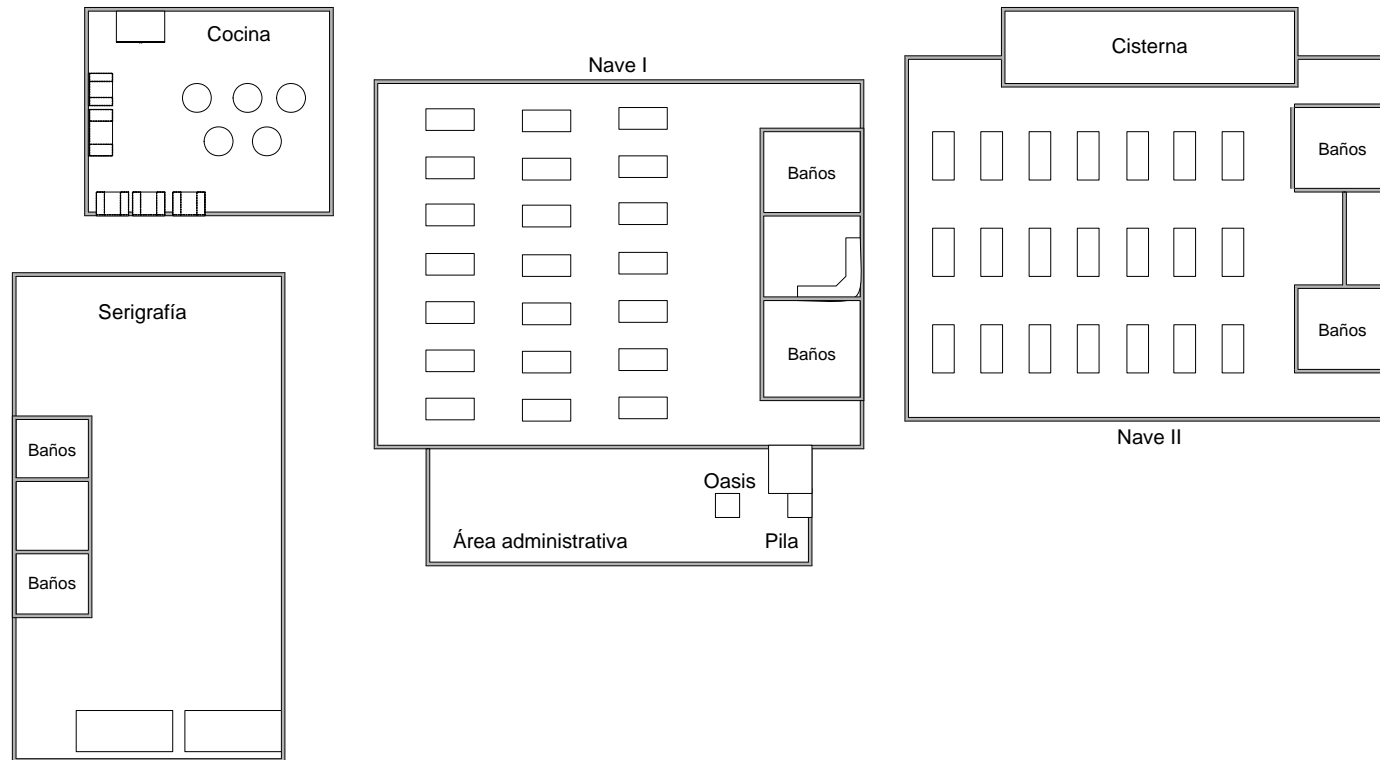


Figura 1. Plano de Distribución de la Fábrica Ocean Sky

El abastecimiento de agua a la planta es desde un pozo central del parque industrial, donde el contrato entre el propietario del parque y Ocean Sky establece que cada empresa es responsable de la purificación y potabilización del agua.

Ocean Sky recibe el agua del pozo del parque en dos cisternas y directo al área conocida como Serigrafía.

Cisterna 1: ubicada en la parte trasera de la nave 2. El agua en esta cisterna recibe un tratamiento de cloro semanal. Esta cisterna abastece el sistema de filtración de agua destinada al consumo de los operarios. Esta cisterna también abastece los baños de la nave 2.

Cisterna 2: ubicada en la zona de la cocina-comedor. El agua aquí captada no recibe ningún tratamiento, ya que es destinada a lavandería y a los baños de la nave 1 y del Edificio Administrativo. La zona de cocina también es abastecida de esta cisterna.

Serigrafía: el agua proveniente del pozo del parque abastece los baños de esta zona.

La provisión de agua potable para los empleados se realiza de la siguiente manera:

- 1- Nave 1 y Nave 2: Se encuentran dos zonas de filtración de agua, según el sistema mostrado en la Figura 2.
- 2- En la zona de serigrafía y la administración, el agua potable se abastece por agua envasada comercial (marca Alpina) y distribuida por oasis.
- 3- La zona de cocina es abastecida por la cisterna 2, distribuida a través de lavamanos. Hay una única cocina, en la que preparan alimentos, donde se encuentra un filtro de agua, que se informó abastecía el agua de preparación de alimentos y una pila que se utiliza para el lavado de los instrumentos. Los chalets no preparan alimentos, ya lo llevan preparado y carecen de sistema de agua propio.

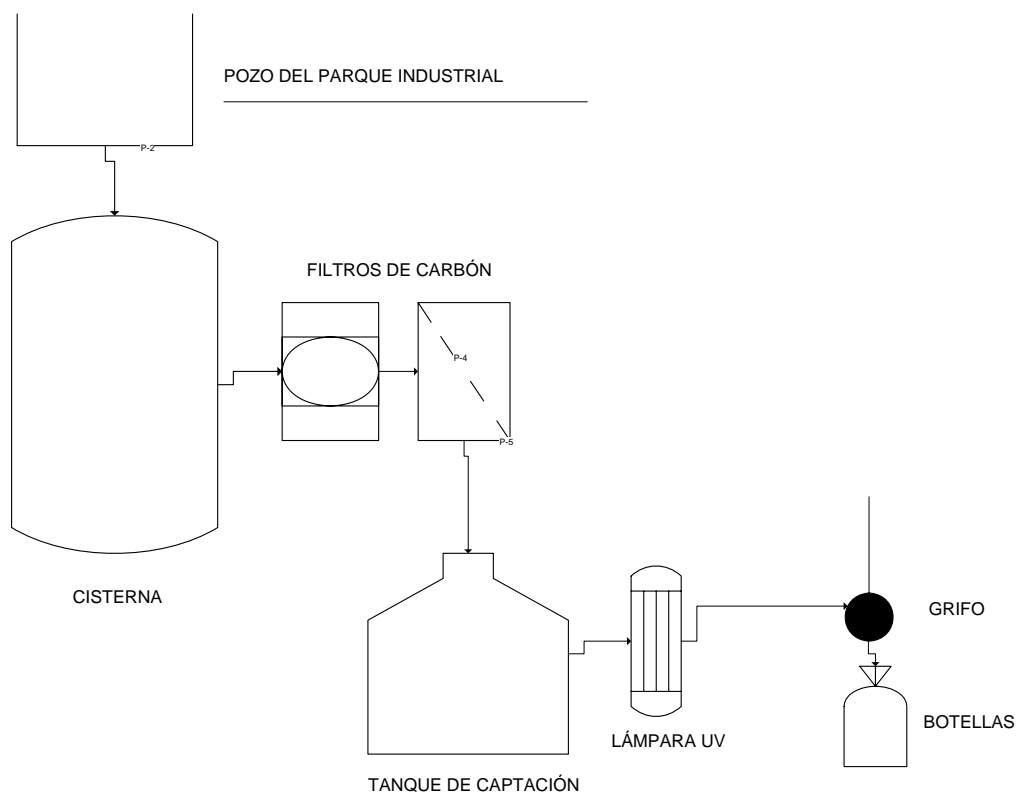


Figura 2. Sistema de filtración de agua

PLAN DE MUESTREO

Para establecer el plan de muestreo se realizó una primera visita a la empresa, para conocer e identificar los posibles puntos de muestreo, la cual se realizó el 10 de febrero.

El muestreo se realizó el miércoles 23 de febrero, entre 10:00 y 11:00 am. Este día se definió siendo mitad de la semana laboral y la hora fue seleccionada tres horas después del inicio de labores.

El Plan de toma de muestras se describe a continuación:

- a) Cisterna 1: que es la zona de captación de agua proveniente del pozo, sin ningún tratamiento previo
- b) Baños: estas zonas son abastecidas por el agua de la cisterna sin tratamiento previo, sirve para el lavado de manos y de recipientes de agua. De las áreas de baños, se muestreó la correspondiente a la nave 1, tanto en el baño de mujeres como en el de hombre

- c) Zonas de filtración y tratamiento de agua: es la zona donde los operarios llenan sus botellas con agua. Se tomaron muestras de dos grifos diferentes de las dos zonas de tratamiento, en la nave 1 y en la nave 2.
- d) Área de cocina. En este se encuentran 5 lavamanos disponibles, pero que también sirven de insumo a los chalets. Se tomó una muestra en un lavamanos y en la cocina grande, se muestreó el filtro y la pila.
- e) Área de serigrafía: esta zona esta abastecida por agua envasada distribuida por oasis, habiendo tres en el área de producción, y dos en áreas más restringidas. Se muestreó uno de los oasis en el área de producción y en la zona de baños.
- f) Área administrativa: esta zona se abastece de agua envasada para beber y agua de la cisterna para los baños y lavado. Se tomó una muestra del lavaplatos y una del oasis.

ANÁLISIS DE LABORATORIO

Los análisis se realizaron en base la Norma Obligatoria Salvadoreña NSO 13.07.01:04 Agua. Agua potable (Segunda Actualización), y dentro de la cual se define como un *Tipo de Análisis Completo*, con los siguientes parámetros microbiológicos (1):

- 1- Recuento Total de Bacterias Mesófilas (Heterotrófas): se considera los microorganismos que requieren carbono orgánico para crecer.(2)
- 2- Coliformes Totales y fecales: Microorganismos indicadores (bacterias) asociadas la contaminación fecal proveniente de seres humanos o de otros animales de sangre caliente. (3)
- 3- *Escherichia coli*: Entereobacteria indicadora específica de la contaminación fecal.(3)

Los métodos de análisis se realizaron utilizando métodos BAM. Método de análisis: APHA-AWWA-WEF

RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados según la fuente de abastecimientos.

Cisterna 1: El agua de esta cisterna, se distribuye como se muestra en la figura 3, y los resultados se presentan a continuación, donde se incluye la temperatura de la muestra al momento de su recolección:

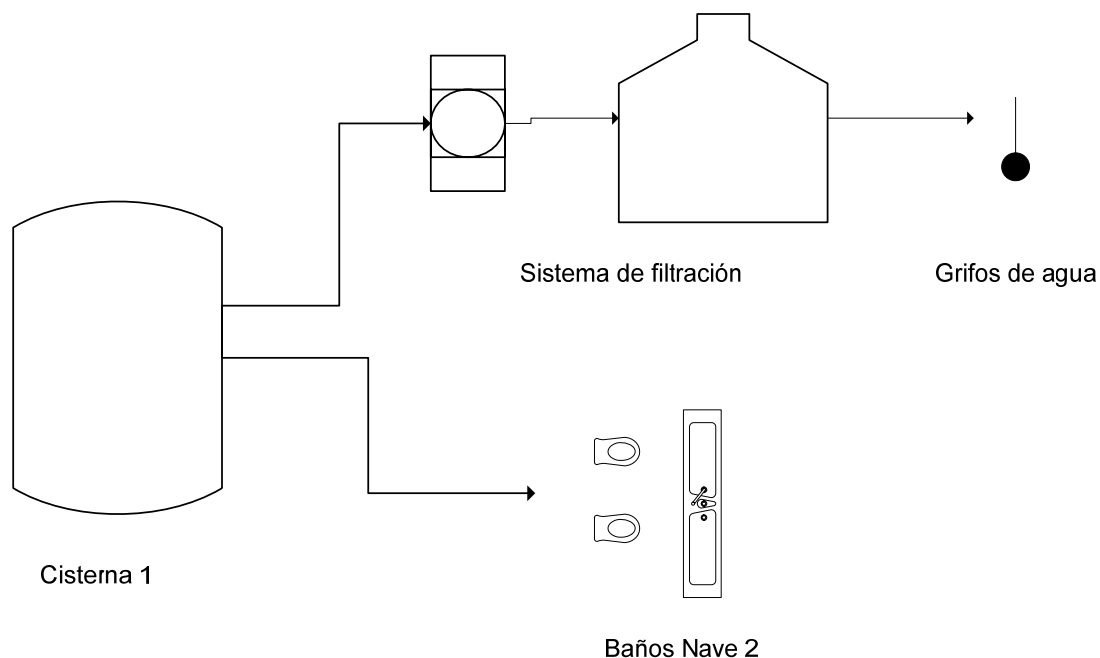


Figura 3. Distribución del agua procedente de la Cisterna 1

ANÁLISIS	Recuento total de bacterias (UFC /mL)	Coliformes totales (NMP /100mL)	Coliformes fecales (NMP /100mL)	<i>Escherichia coli</i> (UFC /mL)
Cisterna 1 (29.5°C)	135 x 10 ²	Menos de 1.1	Menos de 1.1	Menos de 1
Sistema de filtración: Nave 1 Grifo 1 (29.5°C)	365 x 10 ²	Menos de 1.1	Menos de 1.1	Menos de 1
Sistema de filtración: Nave 1 Grifo 2 (29.0°C)	210 x 10 ²	Menos de 1.1	Menos de 1.1	Menos de 1
Sistema de filtración: Nave 2 Grifo 1 (28.5°C)	Mayor a 300	Menos de 1.1	Menos de 1.1	Menos de 1
Sistema de filtración: Nave 2 Grifo 2 (28.5°C)	Mayor a 300	Menos de 1.1	Menos de 1.1	Menos de 1
NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA NSO13.07.01:08	Menos de 100	Menos de 1.1	Menos de 1.1	Menos de 1

Cisterna 2:

El agua de esta cisterna, se distribuye como se muestra en la figura 4, y los resultados se presentan a continuación:

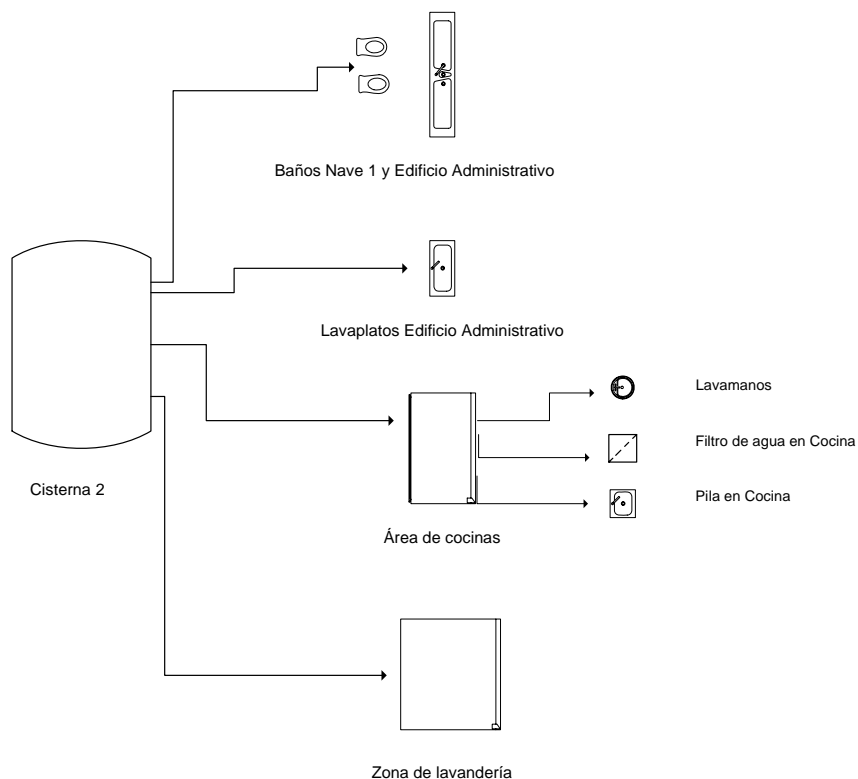


Figura 4. Distribución del agua proveniente de la Cisterna 2

ANÁLISIS	Recuento total de bacterias (UFC /mL)	Coliformes totales (NMP /100mL)	Coliformes fecales (NMP /100mL)	<i>Escherichia coli</i> (UFC /mL)
Baños Hombres Nave 1 (30.0°C)	558 x 10 ²	20	20	Menos de 1
Baños Mujeres Nave 1 (29.0°C)	Mayor a 300	20	20	Menos de 1
Lavaplatos Edificio Administrativo (29.0°C)	Menos de 100	Menos de 1.1	Menos de 1.1	Menos de 1
Área de cocinas: lavamanos (31.0°C)	Mayor a 300	20	Menos de 1.1	Menos de 1
Área de cocinas: filtro de agua (31.0°C)	154 x 10 ²	40	20	Menos de 1
Área de cocinas: pila (32.5°C)	Mayor a 300	300 x 10 ²	Menos de 1.1	Menos de 1
NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA NSO13.07.01:08	Menos de 100	Menos de 1.1	Menos de 1.1	Menos de 1

Los oasis de serigrafía y del edificio administrativo son abastecidos por agua envasada comercial marca Alpina. A continuación los resultados de estos oasis:

ANÁLISIS	Recuento total de bacterias (UFC /mL)	Coliformes totales (NMP /100mL)	Coliformes fecales (NMP /100mL)	<i>Escherichia coli</i> (UFC /mL)
Oasis Serigrafía (27.5°C)	193 x 10 ²	Menos de 1.1	Menos de 1.1	Menos de 1
Oasis Edificio Administrativo (19.0°C)	Mayor a 300	300 x 10 ²	Menos de 1.1	Menos de 1
NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA NSO13.07.01:08	Menos de 100	Menos de 1.1	Menos de 1.1	Menos de 1

Se tomó una muestra de los baños de serigrafía, ya que son abastecidos directamente del agua del pozo, y sus resultados son:

ANÁLISIS	Recuento total de bacterias (UFC /mL)	Coliformes totales (NMP /100mL)	Coliformes fecales (NMP /100mL)	<i>Escherichia coli</i> (UFC /mL)
Baños Mujeres Serigrafía (28.0°C)	150 x 10 ²	40	20	Menos de 1
NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA NSO13.07.01:08	Menos de 100	Menos de 1.1	Menos de 1.1	Menos de 1

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados indican la situación en un momento puntual de funcionamiento de la empresa, y la siguiente discusión de resultados se realiza a partir de estos datos, que no implican una evaluación sistemática del proceso.

En resumen:

- 1- En términos generales, ninguna muestra presentó presencia de *Escherichia coli*, lo que implica la ausencia de esta bacteria patógena, provocadora de enfermedades gastrointestinales.
- 2- Del total de muestras, las que presentaron presencia de Coliformes fecales, exceptuando al filtro de cocina, se encontraba en los baños de todas las áreas. Además se encontraron coliformes fecales en las muestras del lavamanos de cocina, el filtro de agua y la pila de la cocina.
- 3- La presencia de coliformes totales, que no implica necesariamente fecales, se encontró también en todas las muestras tomadas en baños.

- 4- Toda las muestras tomadas presentaron recuentos de bacterias mesófilas (heterotrófas) arriba de los 100 UFC/ml, establecidos en la Norma Salvadoreña.

A continuación se exponen algunas consideraciones sobre las causas de los elevados recuentos totales de bacterias heterotrófas.

Según WHO (4), los microorganismos crecen normalmente en el agua y en las superficies que estén en contacto con ella en forma de biopelículas (biofilms). El crecimiento bacteriano seguido a un tratamiento de purificación de agua se conoce como “crecimiento posterior” (regrowth). Los factores determinantes más importantes del “crecimiento posterior” son la temperatura, disponibilidad de nutrientes y desinfección residual ineficiente. Los nutrientes pueden derivar de los cuerpos de agua y/o materiales en contacto con el agua. El uso de instrumentos en el punto de uso (PU) como filtros de carbón y suavizantes de agua presenta una oportunidad para el nuevo crecimiento de bacterias en el agua.

Una biopelícula es una colección en la superficie de material orgánico e inorgánico, material vivo y muerto. En sistemas de tuberías de agua potable, se puede encontrar como una película completa o como pequeños parches focalizados en las superficies de las tuberías. Las biopelículas en la red de tuberías de agua potable son responsables de una amplia gama de problemas operacionales y de calidad del agua. Las Biopelículas contribuyen a una pérdida del efecto residual del sistema de desinfección, incrementando los niveles bacterianos, reduciendo el oxígeno disuelto, cambiando el olor y el sabor, originando colores rojos o negros debidos a las bacterias reductoras de hierro o sulfatos, influencia bacteriana en la corrosión, entre otros.

La multiplicación de bacterias en los sistemas de distribución se da principalmente en las superficies expuestas de las tuberías y en los sedimentos, aún en presencia de desinfectante residual.

Un Recuento Total de Bacterias Heterotrófas aporta las siguientes interpretaciones:

- Indica la efectividad de un proceso de tratamiento de agua, como un indicador indirecto de la remoción de patógenos.
- Como una medida del número de organismos de un crecimiento posterior que puede o no tener significado sanitario
- Provee información y puede ser utilizado para controlar y optimizar el proceso de tratamiento, procedimientos y buenas prácticas de ingeniería relacionadas al tratamiento del agua y su distribución.(4)

Por lo antes expuesto, y considerando los valores obtenidos para los Recuentos Totales de Bacterias Heterotrófas y a las temperaturas del agua al momento del muestreo, estos valores elevados podrían deberse a la formación de biopelículas en el sistema de distribución de agua, lo que provocaría que el sistema de cloración y filtrado se vuelva ineficiente.

El crecimiento posterior de bacterias coliformes se da en la acumulación de sedimentos de los sistemas de distribución, debido a las temperaturas, tipo de recubrimientos del sistema de distribución. Las condiciones de crecimiento de las bacterias coliformes disponibilidad

de sustrato, temperatura del agua, corrosión, presencia de sedimentos y desinfectante residual. (4)

Es de destacar, que a pesar de la ausencia de coliformes totales, fecales y *E. coli* en el agua de los sistemas de filtración, el Recuento Total de Bacterias Elevado puede implicar la presencia de “baterías oportunistas” como la *Pseudomona* spp, principalmente la *Pseudomona aeruginosa*, *Acinetobacter* spp., *Aeromonas* spp., *Klebsiella pneumoniae*, etc. No hay evidencia de una asociación de cualquiera de estas bacterias con infecciones gastrointestinales a través del agua.(2)

Es por esto, que se hace necesario una evaluación más profunda del sistema de purificación y distribución del agua, a partir de tomar algunas medidas como las enunciadas a continuación:

- 1- Verificación y estandarización del procedimiento de limpieza de la Cisterna 1 y cisterna 2: documentarlo y estandarizarlo, de tal forma que este pueda realizarse siempre bajo las mismas condiciones.
- 2- Normalizar el procedimiento de cloración de la cisterna, incluyendo la concentración de cloro añadido, forma de aplicación y verificación de la efectividad de la cloración. Para esto puede establecerse controles fisicoquímicos como cloro residual, pH y turbidez.
- 3- Es necesario evaluar el sistema de filtración en cada punto de entrada y salida de agua: antes y después del filtro de carbón, en el tanque de agua, antes y después de la lámpara ultravioleta. Esto con la finalidad de evaluar que el sistema de filtración este funcionando adecuadamente.
- 4- Evaluar y normalizar la vida útil de los filtros y la lámpara UV utilizada en el sistema de purificación. De igual manera, hay que establecer los procedimientos de limpieza de los tanques de almacenamiento ubicados después de los filtros de carbón.
- 5- El agua de acceso a la zona de preparación de alimentos debe llevar un tratamiento de purificación previa. Además debe adecuarse un filtro de uso industrial y no casero como el utilizado actualmente.
- 6- Debe capacitarse al personal de cocina y chalets en el tema de Buenas Prácticas de Manufactura, ya que los alimentos y el agua son los principales vehículos de patógenos, y el personal de cocina puede ser la principal fuente de contaminación.
- 7- Si el agua que esta destinada a los baños no sufre tratamiento y es la que se usa para lavar las botellas de los operarios, es una fuente de contaminación de los envases y recipientes de agua, por lo que se hace necesario considerar agua purificada para el lavado de las botellas.
- 8- Los oasis indican contaminación por falta de lavado adecuado, por lo que es necesario normalizar el lavado de oasis, así como la periodicidad y tipo de agua a utilizar en los lavados.

En aguas potables que cumplan los estándares establecidos, no hay garantía absoluta de la ausencia de patógenos, solo confirma que su presencia es poco probable, por lo que la probabilidad de enfermedades transmitidas por el agua se ve disminuida. (3)

En cuanto a evaluaciones posteriores, podría considerarse:

- 1- Evaluación de la calidad del agua antes y después del lavado de las cisternas
- 2- Evaluación de la calidad del agua posterior al tratamiento de cloración
- 3- Evaluación de la calidad del agua en cada punto del sistema de filtración
- 4- Evaluación de la calidad del agua envasada comercial (Alpina)

BIBLIOGRAFÍA

- 1- ***Norma Salvadoreña “Agua. Agua potable. (Segunda actualización)”NSO 13.07.01.:08.***
- 2- ***Heterotrophic Plate Count Measurement in Drinking Water Safety Management, Report of an Expert Meeting Geneva, 24-25 April 2002, World Health Organization.***
- 3- ***Drinking Water and Health, Volume 1, Library of Congress Catalog, USA (1988)***
- 4- ***Heterotrophic Plate Counts and Drinking-water Safety, World Health Organization (2003)***