

# UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Verificación de la calidad microbiológica del agua embotellada  
distribuida en la ciudad de Guatemala

Trabajo de investigación presentado por  
Ana Silvia Arrivillaga Mazariegos  
para optar al grado académico de  
Licenciada en Ingeniería en Ciencia de Alimentos

Guatemala  
2009

UNIVERSIDAD DEL VALLE  
DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Verificación de la calidad microbiológica del agua embotellada  
y distribuida en la ciudad de Guatemala.

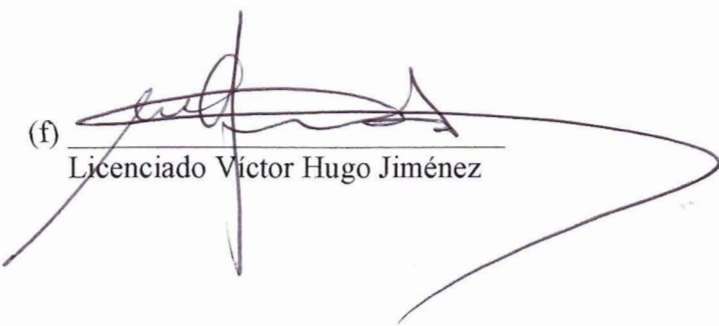
Ana Silvia Arrivillaga Mazariegos

Guatemala  
2009

Verificación de la calidad microbiológica del agua embotellada  
distribuida en la ciudad de Guatemala

Vo. Bo. :

(f)

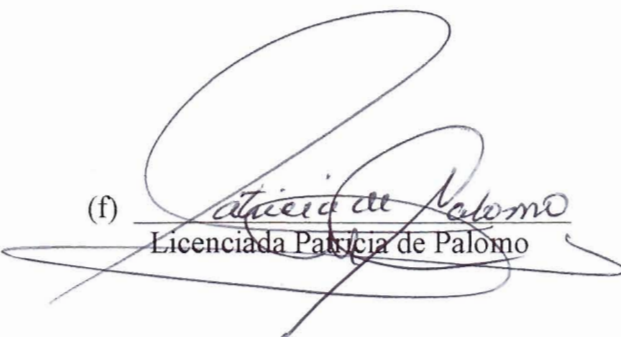
  
Licenciado Víctor Hugo Jiménez

Tribunal examinador:

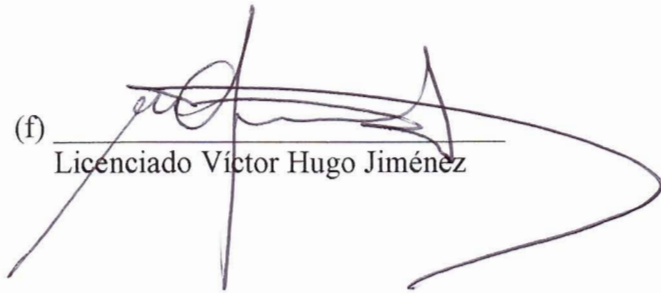
(f)

  
Licenciada Ana Silvia Colmenares de Ruiz

(f)

  
Licenciada Patricia de Palomo

(f)

  
Licenciado Víctor Hugo Jiménez

Fecha de aprobación: ocho de diciembre del año 2009

## CONTENIDO

	Página
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE DIAGRAMAS	vii
LISTA DE TABLAS	viii
LISTA DE CUADROS	ix
LISTA DE GRÁFICAS	x
RESUMEN	xi
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	4
III. MARCO TEÓRICO	5
IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	35
V. IMPACTO DEL TEMA	37
VI. DISEÑO	38
VII. RESULTADOS	40
VIII. DISCUSIÓN	44
IX. CONCLUSIONES	49
X. RECOMENDACIONES	50
XI. BIBLIOGRAFÍA	51
XII. APÉNDICE	54
MATERIALES Y MÉTODOS	68
NORMAS DE REFERENCIA	75
NORMA COGUANOR	76
PUBLICACION DIARIO OFICIAL COMUNIDADES EUROPEAS	83
XIII. GLOSARIO	106

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Proceso de ósmosis inversa	14
2. Distintas longitudes de onda de luz	18

## LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama	Página
1. Ejemplo de proceso de purificación para agua embotellada. Empresa 1	20
2. Ejemplo de proceso de purificación para agua embotellada. Empresa 2	21
3. Ejemplo de proceso de purificación para agua embotellada. Empresa 3	22

## LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
1. Cifras de producción de agua envasada en Guatemala durante cada mes del año 2008.	54
2. Cifras de producción de agua envasada en Guatemala durante los meses de Enero y Febrero del 2009.	55
3. Consumo de agua envasada en Guatemala durante el año 2008.	56
4. Consumo de agua envasada en Guatemala durante los meses de enero y febrero del año 2009.	57
5. Dosis de rayos ultravioleta que requieren algunas bacterias para ser destruidas; micro watts/segundo por centímetro cuadrado.	58
6. Dosis de rayos ultravioleta que requieren algunas levaduras para ser destruidas; micro watts/segundo por centímetro cuadrado.	59
7. Dosis de rayos ultravioleta que requieren algunas esporas para ser destruidas; micro watts/segundo por centímetro cuadrado.	59
8. Dosis de rayos ultravioleta que requieren algunas algas para ser destruidas; micro watts/segundo por centímetro cuadrado.	60
9. Dosis de rayos ultravioleta que requieren algunos virus para ser destruidas; micro watts/segundo por centímetro cuadrado.	60

## LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Límites microbiológicos para agua embotellada establecidos por distintas organizaciones alrededor del mundo.	61
2. Información acerca del sustrato y la enzima propia de bacterias pertenecientes al grupo Coliformes y E-coli respectivamente.	62
3. Temperaturas de incubación de los medios de cultivos para los microorganismos de interés respectivos	63
4. Resultados generales de los análisis microbiológicos realizados a las cien muestras de agua pura envasada.	64

## LISTA DE GRÁFICAS

Grafica	pagina
1. Distribución de las muestras analizadas por tipo de envase	73
2. Cumplimiento en general de los resultados de las muestras analizadas con respecto a la norma de referencia.	74
3. Cumplimiento de los resultados según la norma de referencia; según el tipo de análisis.	74
4. Cumplimiento de los resultados de las muestras analizadas; según el tipo de envase.	75

## RESUMEN

El consumo de agua pura envasada en Guatemala va en aumento durante los últimos años, por varias razones: una de ellas es la preocupación por la salud y la transmisión de enfermedades por agua no potable que han surgido en los últimos años alrededor del mundo, sobre todo en los países en desarrollo. Razones como las ya mencionadas y la mayor conciencia de las personas por consumir alimentos seguros, han llevado a las personas a exigir y a adquirir productos procesados y sellados a pesar de que esto significa un mayor costo a su presupuesto. Guatemala también se ha visto influenciada por las nuevas tendencias de salud y belleza, por lo cual la gente, sobre todo los adolescentes que representan un porcentaje alto de la población, han empezado a consumir mayor cantidad de agua pura y evitan otras bebidas que no son aptas según dicha tendencia.

La población guatemalteca, en general, piensa que el agua envasada es segura e inocua por ser un producto sellado y procesado. El nivel de confianza hacia el agua embotellada, por ejemplo, es bastante alto al punto que dicho producto se utiliza para preparar comida para bebés, ancianos y pacientes inmunocomprometidos; personas que necesitan consumir alimentos inocuos y seguros, ya que son la población con mayor susceptibilidad a contraer enfermedades transmitidas por los alimentos.

El agua pura envasada como todo producto alimenticio presenta posibles peligros para la salud del consumidor, tanto por contaminantes físicos y químicos como por agentes microbiológicos, si no se le otorga el cuidado debido durante todas las etapas de su procesamiento, almacenamiento y transporte. Por medio del agua contaminada o mal procesada pueden surgir brotes de enfermedades, como también pueden existir accidentes por altas concentraciones de agentes químicos o materia física presente en el producto.

Este trabajo tiene como objetivo verificar la calidad microbiológica del agua envasada distribuida en la ciudad capital de Guatemala, por medio de pruebas estandarizadas como el método de filtración por membrana, la técnica de vertido en placa y el método de detección por medio de sustrato enzimático; además, utilizando para dicho estudio, los medios de cultivo adecuados para el cultivo de los microorganismos de interés. Se efectuaron recuentos de Coliformes totales, *E. coli*, bacterias aerobias mesófilas y *Pseudomonas sp.*, ya que estos microorganismos son considerados como indicadores internacionalmente aceptados de la calidad del agua embotellada.

Los resultados obtenidos se analizaron tomando en cuenta las especificaciones descritas en las normas nacionales e internacionales.

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel global, el consumo de agua envasada empezó a incrementarse en las últimas décadas, no siendo Guatemala la excepción. A pesar que para Guatemala la preferencia por el producto es relativamente reciente el impacto ha tenido fuerza tanto en la producción como en el consumo. El consumo de agua envasada en Guatemala, es determinado de acuerdo a la clase social, ya que por ser un producto de mayor precio que el agua potable, puede ser costeadado únicamente por personas con el suficiente poder económico adquisitivo; por esta razón las cifras mencionadas en este trabajo consideran únicamente a las clases sociales con alto y mediano ingreso monetario, quienes representan aproximadamente un 70% de la población metropolitana.

En el último año 2008 la producción de agua embotellada en la ciudad de Guatemala superó los cincuenta y dos millones de litros, y el consumo, de este mismo año, sumó más de sesenta y cuatro millones de litros (Ver Tabla 1 y Tabla 3 en Apéndice), siendo reportado un consumo per cápita anual de 21.56 litros; tomando en cuenta que, solamente es posible recaudar información de empresas que reportan sus índices de producción ante las autoridades; por lo tanto, se deben considerar a otros productores no certificados como los clandestinos y los que llenan garrafones en muchos puntos de la capital. (Fuente: SAT-Intendencia de Recaudación).

Tomando los últimos meses de enero y febrero del año 2009 en los cuales hubo una producción a nivel nacional de 9, 863,819.66 litros, se observa un aumento del 15% en relación con la producción de los meses respectivos del año 2008 con una producción de 8, 579,476 (Ver Tabla 1 y Tabla 2 en Apéndice). Con respecto al consumo de este año en los meses de enero y febrero que sobrepasó los ocho millones de litros, no ha habido un crecimiento en relación con el año 2008, pero se debe tomar en cuenta que las cifras de producción y consumo fluctúan constantemente (Ver Tablas 1 – 4 en Apéndice), debido a que el agua pura embotellada es un producto estacional por lo cual hay variaciones en el consumo mensual durante el año, ya sea por el clima o bien por actividades vacacionales, entre otras razones. Los meses en los que se observa mayor consumo son marzo y mayo donde la temperatura en la ciudad aumenta y además es época vacacional. En la ciudad de Guatemala, el agua embotellada está volviéndose parte de la dieta diaria de una gran parte de la población; a pesar de su alto costo, ya que al ser embotellada su precio aumenta significativamente en comparación con el agua potable suministrada por la municipalidad. Sin embargo, la población indica cierta confianza en el producto y paga por su calidad. Como se indicó anteriormente, este producto es un artículo cuyo costo no está al alcance de toda la población, aspecto que limita su consumo en las cantidades recomendables según una buena alimentación, lo que hace que las personas opten por combinar la adquisición del agua envasada con el consumo de otras fuentes de adquisición de agua. Día a día las áreas de la población que aún no tienen acceso al hábito de beber agua embotellada, ya sea por falta de conocimiento o por falta de dinero, son consumidores potenciales. Esta limitación en la adquisición, otorga oportunidades a las empresas clandestinas o llenadores de garrafones por medio de filtros, quienes no tienen un registro sanitario ni llevan un control que aseguren la calidad e inocuidad del producto, pero venden el agua a menor precio.

Los problemas de salud más relevantes en todos los países centroamericanos, sobre todo en Guatemala, son consecuencia del consumo de aguas contaminadas. La inversión monetaria que se le hace a los procesos de potabilización del agua y a la renovación de tuberías en todos los puntos del país es casi nula, lo que obliga a las personas a comprar agua purificada para evitar cualquier riesgo de enfermedad, cuando la situación lo permite.

En algunos puntos del país existen filtros para purificar el agua, por lo que las personas que habitan en esas áreas no consideran necesario comprar agua embotellada, porque se abastecen llenando garrafones de dichos filtros; el problema es que por falta de declaraciones y certificados de sanidad, no existe seguridad acerca de la eficiencia de dichos filtros lo que pone en peligro la salud de estos ciudadanos.

Otra de las razones por las cuales el consumo de agua pura embotellada ha aumentado en la ciudad de Guatemala, ha sido producto de campañas de publicidad a nivel mundial que ha surgido de la nueva tendencia de obtener salud y belleza, a través de dieta, ejercicio y agua, sobre todo entre los adolescentes, ha generado un incremento en el consumo de agua purificada.

Las personas que consumen agua pura embotellada tienen el concepto y la creencia que están consumiendo un producto inocuo y seguro; la confianza hacia dicho producto es tan alta que hoy en día, el agua embotellada es utilizada para producir alimentos para bebés, ancianos y gente inmunológicamente comprometida; gente que se conoce por ser más susceptible a contraer enfermedades de una manera más fácil y rápida.

A pesar de la confianza otorgada a dicho producto, se debe tomar en cuenta que por falta de un tratamiento de purificación eficiente, el agua pura puede representar un excelente vehículo de microorganismos patógenos que causan intoxicaciones alimentarias y en muchos casos pueden causar hasta la muerte.

El peligro, tanto microbiológico como fisicoquímico, que representa el consumo de agua embotellada, está fuertemente ligado a la fuente de procedencia del agua y sus condiciones externas, a los tratamientos de purificación que se le hacen al agua y además a las condiciones externas a la que se expone el producto durante su proceso, almacenamiento y transporte.

El peligro más común y más relacionado al agua es el de su contaminación microbiológica, la carga microbiana presente en el agua a la hora de extracción de la fuente puede ser muy alta y además variada; debido a que la materia fecal puede accidentalmente alcanzar una fuente de abastecimiento de agua, comprometiendo así su calidad microbiológica; esta puede frecuentemente actuar como vehículo de transmisión de microorganismos entéricos y microorganismos patógenos que comprometan la salud del consumidor. Dicha carga bacteriana puede aumentar con las condiciones externas ambientales durante el transporte del agua hacia la planta de purificación; proceso que se hace con el propósito de disminuir la cantidad de microorganismos a los límites máximos especificados por normas nacionales e internacionales que debe cumplir para ser un producto inocuo, seguro y que cumpla con los requerimientos establecidos.

En estas normas también existen requisitos establecidos para aspectos físico-químicos, como agentes químicos que en altas concentraciones son dañinos para la salud, como por ejemplo el cloro. Es necesario realizar una inspección de calidad al producto final, para descartar cualquier posibilidad de contaminación química o bacteriológica que haya adquirido durante las etapas de todo el proceso como por ejemplo el embotellado.

El siguiente trabajo tiene como objetivo realizar un diagnóstico de la calidad microbiológica de distintas marcas de agua embotellada existentes en Guatemala, tanto de origen nacional como internacional. Para dicho estudio se utilizarán pruebas estandarizadas por normas de calidad microbiológica, como es la técnica de filtración por membrana, de vertido en placa y el método de detección por medio de sustrato enzimático, para el recuento de Coliformes totales y fecales, E. coli, bacterias aerobias mesófilas y Pseudomonas aeruginosa, utilizando los medios de cultivo necesarios que ayudan al desarrollo de dichos microorganismos indicadores de la calidad del producto en estudio.

## II. OBJETIVOS

### 2.1 Generales

- Realizar un diagnóstico de la calidad microbiológica de distintas marcas del agua envasada existentes en Guatemala.

### 2.2 Específicos

- Utilizar métodos de análisis microbiológico para determinar la calidad microbiológica de las muestras.
- Realizar recuentos de microorganismos indicadores de contaminación en agua, utilizando distintas técnicas de análisis microbiológico.
- Comparar los resultados de los análisis con los parámetros sugeridos en normas de calidad nacionales e internacionales.

### III. MARCO TEÓRICO

El agua es esencial para todos los seres vivos; humanos, plantas y animales. En muchos países, el agua corriente se encuentra en todos los hogares y lugares de trabajo y solamente en las partes menos desarrolladas del mundo el grifo es un bien comunal. En muy pocos países, el agua sólo se encuentra disponible en los ríos, pozos y fuentes. En los países desarrollados, en todos los hogares no sólo se encuentra agua sino que ésta es adecuada para todos los usos domésticos y es básicamente segura para beber; hecho del que no se disfruta en países en vías de desarrollo latinoamericanos como Guatemala. <sup>(20)</sup>

El consumo de agua embotellada en distintas partes del mundo ha sido promovido por situaciones tanto históricas como geográficas, al igual que por la contaminación de las fuentes de abastecimiento de agua como consecuencia de las acciones del hombre en la agricultura e industria, así como también a partir del medio ambiente.

El agua pura es un producto que se consume por todas las clases socioeconómicas de nuestro país. La principal razón por la cual el consumo de agua embotellada ha aumentado en Guatemala es la carencia de un sistema de agua potable en el país, por lo cual las personas eligen consumir agua embotellada para evitar cualquier enfermedad transmitida por agua contaminada. <sup>(20)</sup>

Otra causa relacionada con el aumento del consumo de dicho producto es el sabor y olor indeseables relacionados con el agua proveniente de los sistemas públicos de distribución. Sin embargo, junto con el aumento del consumo de agua embotellada también se ha incrementado abruptamente el número de plantas de embotellamiento, algunas de ellas carentes de la tecnología adecuada para el proceso, lo cual genera dudas acerca de la calidad microbiológica de dicho producto; <sup>(20)</sup> debido a que no se realizan de manera rutinaria los análisis microbiológicos para monitorear y controlar su calidad y seguridad. <sup>(20)</sup>

El agua que está destinada a ser procesada y presentada como agua embotellada, puede provenir de distintas fuentes como de las aguas superficiales, ríos o embalses de abastecimiento, pozos profundos, deshielos de las montañas o bien del suministro municipal; además debe recibir tratamientos físicos y químicos, con el fin de asegurar que está libre de agentes infecciosos. Sobra mencionar que como cualquier otro producto alimenticio, debe ser procesada, empacada y almacenada de manera sanitaria y libre de contaminación. <sup>(20)</sup> La calidad del agua variará considerablemente y depende, en muchos casos, del área en la que se encuentre la fuente de donde ésta se extrae.

En Guatemala la mayoría de fábricas productoras de agua embotellada utilizan como fuentes de extracción aguas provenientes de pozos subterráneos. Las aguas subterráneas manan de forma natural, ya sea como aguas estáticas o como aguas fluyentes en el caso de ríos y corrientes. Un pozo es esencialmente una fuente estática de agua subterránea hecha por el hombre, en contraste con un manantial que fluye de forma natural. <sup>(17)</sup>

El agua en botella y otras presentaciones de envase puede ser categorizada como agua de mesa o purificada, agua de manantial y aguas minerales naturales. El agua de mesa o purificada es la menos controlada en términos correspondientes a su calidad, ya que en varios países subdesarrollados no existe un mecanismo para controlar los procesos por medio de los cuales, cualquier industria pueda embotellar agua prácticamente de calidad cuestionable y venderla libremente; sin embargo existen algunos países como es el caso del Reino Unido que exige que cualquier agua embotellada distinta al agua mineral natural cumpla los requerimientos de las normas para aguas de bebida envasada. <sup>(17)</sup>

Por otro lado la descripción del agua de manantial se aplica a una amplia variedad de tipos de agua y se acepta generalmente que las aguas de manantial provengan de cualquier fuente y sean procesadas antes de su embotellado. <sup>(17)</sup>

En la Comunidad Europea (CE), el agua mineral embotellada es una denominación reservada para las fuentes subterráneas de agua de la más alta calidad. Para ajustarse a la norma para agua minerales naturales en la CE, el agua debe cumplir los siguientes requisitos:

- Debe provenir de una fuente subterránea especificada y protegida de cualquier tipo de contaminación
- Debe tener una composición física y química estable.
- Debe cumplir normas microbiológicas estrictas; en particular la ausencia de bacterias y parásitos dañinos.
- No debe recibir un tratamiento aparte de la filtración (ya que esta no alterará de ninguna forma, la composición del agua o su estado microbiológico desde la fuente).
- Debe ser embotellada en la fuente.
- Debe someterse a pruebas regulares en un laboratorio aprobado para asegurar el mantenimiento continuado de los criterios de calidad.
- Debe etiquetarse con una declaración de un análisis oficial y debe mostrarse la procedencia del agua, su nombre registrado y el país de origen. <sup>(17)</sup>

Otro de los requerimientos importantes para la producción de agua embotellada es la gestión de calidad, la cual es esencial en las operaciones de embotellado, ya que los consumidores esperan un producto de una calidad alta y consistente, sin color, aromas u otros olores anómalos de ningún tipo y en ningún caso perjudicial. <sup>(17)</sup>

El uso de un sistema de gestión de calidad como por ejemplo ISO 9000 es una manera de asegurar que el equipo de gestión está al corriente de los requerimientos de la gestión de calidad. Tales sistemas, si se aplican correctamente, pueden ser una valiosa herramienta que da confianza a clientes y consumidores. Sin embargo, se debe reconocer que estos sistemas no garantizan necesariamente la seguridad total del producto, para lo cual se prefiere el análisis de peligros y puntos de control críticos (HACCP; cuyas siglas significan, Hazard Analysis and Critical Control Points) que está más enfocado hacia el producto. <sup>(17)</sup>

La incorporación de sistemas HACCP en el marco de una acreditación ISO 9000, confiere el mayor nivel de confianza en el producto de un fabricante.<sup>(17)</sup>

Varios países alrededor del mundo tienen sus propias normas para regular la calidad y distribución del agua embotellada, pero mundialmente se reconocen y se aplican las normas de las instituciones tales como IBWA (International Bottled Water Association), el Codex Alimentarius y el NSF International.<sup>(20)</sup>

El agua embotellada también puede ser utilizada para otros fines como la preparación de alimentos, preparación de fórmulas infantiles, o también alimentos destinados a personas tanto sanas como inmunológicamente comprometidas. Además puede ser utilizada en otras áreas de la industria como la limpieza de lentes de contacto ó para el llenado de humidificadores ambientales.

En conclusión, el agua embotellada es un producto utilizado en actividades que pueden comprometer la salud pública, por lo cual es de suma importancia controlar la calidad microbiológica del mismo, ya que a pesar de gozar de una popularidad muy alta, como casi todo producto alimenticio, no se encuentra libre de microorganismos, razón por la cual, debe ser procesado y manipulado adecuadamente.

### 3.1 Posibles fuentes de abastecimiento de agua

Los suministros de agua no son puros en el sentido que estén desprovistos de todos los productos químicos disueltos. Se conoce al agua como un disolvente universal debido a su capacidad para disolver lentamente cualquier cosa con la que llega a estar en contacto, desde gases hasta sólidos. Así, conforme la lluvia cae a través de la atmósfera, y discurre sobre y a través de la superficie de la tierra, está constantemente disolviendo la materia. Todas nuestras aguas provienen del ciclo del agua y es este proceso el que controla nuestros recursos de agua.<sup>(12)</sup>

El volumen total de agua en el mundo permanece constante. Lo que cambia es la calidad y la disponibilidad. El agua está constantemente reciclándose en un sistema conocido como el ciclo del agua o ciclo hidrológico. En términos de volumen total, el 97.5% del agua del mundo es salina, con un 99.99% de ella encontrándose en los océanos, el resto forman los lagos salinos. Esto significa que solamente el 2.5% del volumen de agua en el mundo es actualmente agua no salina. Sin embargo, no toda esta agua dulce está disponible para el consumo humano. Alrededor del 75% de esta agua dulce está inmovilizada en los casquetes polares y en los glaciares, además un 24% está localizada en el subsuelo como aguas subterráneas, lo que significa que menos de 1% del total de agua dulce se encuentra en lagos, ríos y en el suelo. Por lo tanto, solamente se cuenta con el 0.01% del agua del mundo en lagos y ríos, con otro 0.01% presente como humedad en el suelo pero sin disponibilidad como abastecimiento para los humanos. Así, aunque aparenta haber mucho agua, hay en realidad muy poca que esté disponible para el consumo humano.<sup>(12)</sup>

Dentro del ciclo hidrológico el agua está en constante movimiento, dirigida por la energía solar. El sol provoca la evaporación de los océanos, lo cual forma las nubes y las

precipitaciones (agua de lluvia). La evaporación también ocurre en los lagos, ríos y suelo, donde las plantas contribuyen con cantidades significativas de agua por evapotranspiración. Aunque alrededor del 80% de las precipitaciones vuelven a caer en los océanos, el resto cae sobre tierra. Es esta agua la que rellena el suelo y las aguas subterráneas, alimenta las corrientes de los ríos y lagos y provee toda el agua necesaria para las plantas, animales y humanos. El ciclo es continuo y así el agua es una fuente renovable. <sup>(12)</sup>

### 3.2 Recursos principales de agua

3.2.1 Aguas superficiales: agua superficial es un término general que describe cualquier tipo de agua que se encuentra discurriendo o estancada en la superficie tales como arroyos, ríos, estanques, lagos y embalses. Las aguas superficiales se originan por una combinación de procedencias:

- Escorrentías superficiales: lluvia que ha caído sobre el terreno y que fluye directamente sobre la superficie hacia la masa de agua.
- Precipitación directa: lluvia que cae directamente en la masa de agua.
- Manto intermedio: exceso de humedad en el suelo que está continuamente drenando en la masa de agua.
- Descarga de la capa freática: donde hay un acuífero debajo de una masa de agua y la capa freática es lo suficientemente alta, el agua se descargará directamente desde el acuífero a la masa de agua. <sup>(12)</sup>

En cuanto a los embalses, la mayoría de ellos son de almacenamiento donde toda el agua se destina al abastecimiento; puede costar varios años llenarlos. El largo período en el que el agua está en el embalse asegura que el agua se aclarará debido a la actividad bacteriana que eliminará cualquier materia orgánica presente, y a la floculación física y procesos de sedimentación, los cuales eliminan pequeñas partículas. Por lo tanto, el almacenamiento del agua mejora la calidad, con lo que se reduce a un mínimo el tratamiento antes del suministro. Sin embargo existen factores que complican la situación, como por ejemplo, en las aguas estancadas la población de algas es mucho mayor que en los ríos y además los lagos y embalses profundos se pueden estratificar térmicamente, especialmente en el verano, con lo que se afecta la calidad del agua. <sup>(12)</sup>

3.2.2 Aguas subterráneas: son aguas que se encuentran debajo de la superficie terrestre en reservorios geológicos conocidos como acuíferos. Un acuífero es un estrato subterráneo de roca porosa que contiene agua a través de la cual el agua puede circular después de que ha pasado hacia abajo (infiltración) desde las capas superiores del suelo. Las aguas subterráneas fluyen fuera de la tierra de manera natural en manantiales y filtraciones, y además puede bombearse de los pozos. El agua subterránea no se extrae únicamente para abastecimiento, frecuentemente tiene una importante contribución en los ríos que también se usan para suministro. <sup>(21), (12)</sup>

Económicamente el agua subterránea es mucho más barata que el agua superficial ya que está disponible en el punto de demanda a un relativo bajo costo y no requiere la construcción de embalses o largas conducciones. Es generalmente de buena calidad, libre de sólidos en suspensión y, excepto en limitadas áreas donde han sido afectados por la contaminación, libre de bacterias y otros patógenos. Por todo ello no requiere un extensivo tratamiento antes de su uso. <sup>(12)</sup>

### 3.3 Tecnología de proceso de purificación de agua

3.3.1 Proceso para potabilizar el agua: el agua absorbe rápidamente tanto las sustancias naturales como las producidas por el hombre, generalmente convirtiéndose en inadecuada para su consumo sin algún tipo de tratamiento. El tratamiento y la distribución del agua es el proceso por el cual el agua se toma de los recursos de agua, se convierte en apta para el consumo y entonces se transporta hasta el consumidor.

Los parámetros importantes al monitorear la calidad del agua para envasar, son <sup>(12)</sup>:

- Color: esto se debe a la presencia de materia orgánica disuelta proveniente de suelos de turba, o sales minerales de hierro y manganeso. <sup>(12)</sup>
- Materia suspendida: esto es mineral fino o materia vegetal q no es capaz de sedimentar en las condiciones predominantes. <sup>(12)</sup>
- Turbidez: esta es una medida de la claridad o transparencia del agua. La turbidez se puede deber a numerosos factores como finas partículas de mineral en suspensión, alta concentración de bacterias, o incluso finas burbujas debido a la excesiva aireación. <sup>(12)</sup>
- Patógenos: pueden ser virus, bacterias, protozoos u otro tipo de organismos patógenos que pueden afectar negativamente a la salud del consumidor. Pueden provenir de las aguas residuales tanto de humanos como de animales que contaminan los recursos de agua. <sup>(12)</sup>
- Dureza: la excesiva y la extremadamente baja dureza son indeseables. La excesiva dureza se alcanza principalmente en los recursos de agua subterránea mientras que las aguas blandas son características de algunas cuencas de captación de las tierras altas. <sup>(12)</sup>
- Sabor y olor: el sabor y el olor desagradables se deben a una variedad de razones tales como la contaminación por aguas residuales, excesiva concentración de algunos productos químicos como el hierro, manganeso o aluminio, vegetación en estado de putrefacción, condiciones de estancamiento debido a la falta de oxígeno en el agua, o la presencia de ciertas algas. <sup>(12)</sup>
- Productos químicos nocivos: hay una gran variedad de productos químicos orgánicos e inorgánicos que son tóxicos y nocivos que pueden aparecer en los recursos de aguas. Estos son absorbidos por los sólidos y se debe a la contaminación por aguas residuales industriales y domésticas. <sup>(12)</sup>

El objetivo del tratamiento del agua es producir un adecuado y continuo suministro de agua que es química, bacteriológica y estéticamente agradable:

- Grata: esto es que no tenga un sabor desagradable.
- Saludable: no debe contener ningún organismo patógeno o producto químico que pueda ser nocivo para el consumidor.
- Limpia: libre de materia suspendida y turbidez.
- Sin color y sin olor: estética para el consumo.
- Razonablemente blanda: para permitir a los consumidores la higiene personal, lavar la ropa y la vajilla sin el excesivo uso de detergentes o jabones.
- No corrosiva: el agua no debe oxidar las tuberías o facilitar el lixiviado de metales de las tuberías o depósitos.
- Bajo contenido en materia orgánica: un alto contenido de materia orgánica facilitará un indeseado crecimiento biológico en tuberías y depósitos de almacenamiento que puede afectar a la calidad del agua suministrada. <sup>(12)</sup>

El tratamiento de agua puede ocurrir en dos sitios diferentes: en una instalación centralizada de tratamiento de agua y en el punto de uso. Dondequiera que se realice el tratamiento, se puede utilizar una diversa gama de tecnologías para purificar el agua. Se seleccionan las tecnologías de tratamiento y se aplican utilizando diversos factores determinantes como la fuente de agua, el tipo de contaminante, y el costo. <sup>(21)</sup>

Las plantas convencionales de tratamiento de agua superficial utilizan una secuencia de procesos más o menos estándar:

- 3.3.1.1 Captación: consiste en extraer el agua de distintas fuentes naturales, tanto superficiales como subterráneas. Por ejemplo, el agua se capta de los ríos por medio de la construcción de presas y la captación de aguas subterráneas se efectúa por medio de pozos de bombeo ó perforaciones. <sup>(12)</sup>
- 3.3.1.2 Reservorio de agua cruda: en este reservorio se eliminan, filtrando por ejemplo, objetos grandes como peces y palos. <sup>(12)</sup>
- 3.3.1.3 Aireación: el agua se pone en contacto con el aire por medio de una cascada o una fuente. La aireación suministra oxígeno para la purificación e incrementa la calidad del agua en cuanto a sabor. Puede reducir olores desagradables y reducir la corrosividad del agua por eliminación de dióxido de carbono. <sup>(12)</sup>
- 3.3.1.4 Sedimentación: cuando los flóculos son lo suficientemente grandes y pesados para sedimentarse, el agua se traslada a estanques grandes de sedimentación. <sup>(21)</sup>
- 3.3.1.5 Filtración: cuando la mayoría de los sólidos se ha sedimentado, ocurre alguna forma de filtración ya sea por medio de arena o de membranas. Los filtros de arena pueden ser rápidos o lentos. Los filtros rápidos contienen arena de cuarzo gruesa de modo que el espacio entre los granos es mayor, lo que hace que el agua pase con un mayor caudal; se utilizan para agua que previamente han sido tratadas por floculación y sedimentación. Los filtros lentos de arena tienen una capa de arena de cuarzo mucho más fino sobrepuesta a una capa de arena gruesa; estos filtros también proporcionan un tratamiento biológico ya

que contienen una mezcla de algas y bacterias nitrificantes que contribuyen a la eliminación de nitrógeno y fósforo y liberación de oxígeno. <sup>(21), (12)</sup>

3.3.1.6 Desinfección: en este punto el agua todavía contiene microorganismos patógenos que necesitan ser eliminados, por lo que el agua se desinfecta utilizando métodos como:

- Cloración: se utiliza cloro o algún derivado (como el hipoclorito de sodio o de calcio) para desinfectar el agua. El cloro deberá estar en contacto con el agua por lo menos durante veinte minutos. Para desinfectar agua destinada al consumo humano se utiliza hipoclorito de sodio al 5.1%. También se puede utilizar dióxido de cloro ( $\text{ClO}_2$ ), que es un biocida eficaz a bajas concentraciones tales como 0.1 ppm y excelente en un rango amplio de pH. El dióxido de cloro penetra la pared de la célula de las bacterias y reacciona con aminoácidos vitales en el citoplasma de la célula para matar al organismo. <sup>(21), (12)</sup>
- Ozono: tiene unas propiedades de oxidación muy potentes y tiende a utilizarse donde el agua natural contiene materiales que podrían combinarse con el cloro para originar olores y sabores desagradables. El ozono, que frecuentemente se utiliza en combinación con el carbón activo, puede eliminar todas las bacterias en dosis de 1 ppm cada 10 minutos. Es más caro que la cloración. <sup>(12)</sup>
- Radiación ultravioleta: se emite radiación ultravioleta a través de lámparas. Esta alcanza los ácidos nucleicos de los organismos más grandes para inducir cambios estructurales que impedirán la multiplicación de los patógenos. <sup>(12)</sup>

3.3.1.7 Después de la desinfección: se pueden agregar diversos productos químicos para ajustar el pH y/o también para prevenir la corrosión del sistema de distribución. El intercambio iónico o carbón activado se puede usar durante algunas partes de este proceso a fin de eliminar los contaminantes orgánicos o inorgánicos. <sup>(21)</sup>

3.3.1.8 Tanques de almacenamiento y empaque: las fuentes de agua subterránea usualmente tienen una mayor calidad inicialmente y tienden a necesitar menos tratamiento que las fuentes de agua superficiales. <sup>(21)</sup>

### 3.4 Tecnología del tratamiento de purificación de agua para la producción de agua embotellada

Como existen distintas fuentes de extracción de agua para producir agua embotellada, no es posible generalizar la secuencia de tratamientos que se le debe dar a dicho producto. Los tratamientos a los cuales se debe someter cada agua depende como se dijo anteriormente, de la fuente de la que se extrae, del área en la que se encuentra dicha fuente y de otros aspectos como son las costumbres de la sociedad que vive en esa área las cuales determinan el posible nivel de

contaminación que puede existir en el agua a tratar. También se debe tomar en cuenta que conforme va pasando el tiempo la demanda por agua embotellada va en aumento, y consigo van disminuyendo los abastecimientos de agua. Al mismo tiempo, la calidad de las fuentes que se mantengan puede deteriorarse y contaminarse por actividad humana y/o ambiental. Por tal razón el rango de tratamientos que serán necesarios en el futuro es probable que sea cada vez mayor. Generalmente se conoce que para poder consumir agua de excelente calidad es esencial filtrar la materia prima para eliminar residuos en suspensión y además purificar para eliminar todo tipo de bacterias, cloro y también olores y sabores extraños. <sup>(20), (17)</sup> A continuación se muestra de forma general una lista y la respectiva descripción de los posibles procesos que se utilizan en el tratamiento de aguas provenientes de distintas fuentes.

#### 3.4.1 Procesos de substracción

- Tamizado: eliminación de escombros
- Sedimentación y asentamiento/clarificación
- Flotación
- Filtración por contacto
- Macrofiltración: medios múltiples
- Microfiltración: filtros de tamaño inferior a micras
- Ultrafiltración: ósmosis inversa
- Procesos de absorción
- Destilado
- Desgasificado

A continuación se presentan las descripciones de los procesos antes listados <sup>(17)</sup>:

- Tamizado: eliminación de escombros. Este proceso se limita a las aguas provenientes de la superficie de ríos, lagos o del mar. Muchos tamices son formas simples constituidas por barras o rejillas espaciadas. Algunos tienen forma parabólica y/o están hechos mediante elementos con sección de cuña. La retirada de escombros es manual. Otros pueden tener un concepto más mecánico con rastrillos movidos a motor, cepillos limpiando tamices perforados o cilindros rotatorios de metal inclinados con un ligero ángulo. Todos tienen su función dependiendo del tipo e incidencia de los restos presentes. Para una eficiencia continua es necesario que el material recogido se elimine inmediatamente. <sup>(17)</sup>
- Sedimentación y asentamiento/clarificación: estos dos procesos se distinguen principalmente por la velocidad a la que la materia en suspensión se deposita. Las partículas de arena, por ejemplo, son retenidas rápidamente en una trampa de arena, una etapa sencilla situada en la línea que proporciona un tiempo de retención limitado. Las partículas más pequeñas, incluyendo la materia orgánica tienen una gravedad específica cercana a la unidad y especies tales como los óxidos de metales hidratados, necesitan un período mucho más largo para

separarse por gravedad (aprox. de 3 a 4 horas). La velocidad y la eficiencia del asentamiento a menudo mejoran por la formación de una “manta de sedimento”.

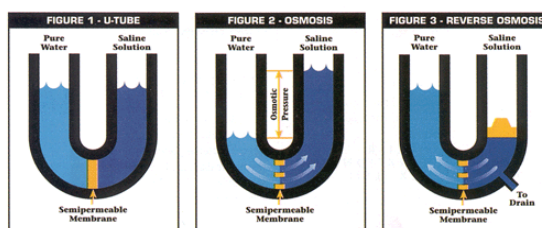
Existen distintos diseños de máquinas. Las tres configuraciones tradicionales (flujo vertical, flujo horizontal y flujo radial) están complementadas por unidades de láminas inclinadas. Siempre, lo más importante es una retirada eficaz del material depositado acumulado. Muy pocas fuentes primarias de agua están libres siempre de materiales en suspensión. Esto está muy claro para las aguas superficiales, pero se aplica también a las aguas de pozos. Arena, arcilla, caliza, y otros pueden caer de las una u otra forma a la hora de extraer el agua de la fuente. <sup>(17)</sup>

- Flotación: su adición al tratamiento de agua es muy reciente, es ahora una de las principales etapas adicionales que se están instalando en las plantas de tratamiento. Casi siempre, el aire comprimido es el medio utilizado, se ha encontrado que las unidades de hidrógeno u oxígeno generados eléctricamente sufren de erosión en el electrodo, problemas que aún no han sido resueltos. Los sistemas de flotación de aire disuelto (FAD) se combinada a menudo con el uso de un aditivo como el carbón activo o un coagulante. Los tiempos de retención son aproximadamente de media hora, de forma que las unidades FAD ocupan poco espacio. <sup>(20)</sup>
- Filtración por contacto: la filtración de contacto se utiliza para eliminar del agua sólidos suspendidos de tamaño mayor a 20 micras. Para este proceso se puede utilizar un filtro de arena, que detiene las impurezas grandes al momento de pasar el agua por las capas de arena y así quitarle la característica turbia que esta presenta. Estos filtros se regeneran periódicamente por medio de un lavado a presión para así ir eliminando las impurezas retenidas al momento de estar filtrando. <sup>(20)</sup>
- Macro filtración: medios múltiples. Las hiladas de filtros de arena son los sistemas más familiares de cualquier planta de tratamiento de agua. Los principales inconvenientes son el área que ocupan y además si se sitúan en el exterior son expuestas al medio ambiente y a su contaminación biológica. Los recipientes de filtración a presión ocupan mucho menos espacio para un determinado volumen de producción. De forma convencional, se introduce el agua en la parte superior mediante algún tipo de distribuidor. Luego ésta se conduce hacia abajo a través de un medio de filtración hasta que sale por un dispositivo de recogida en la parte inferior. Los medios minerales de uso normal son la arena granulosa, pedernal agrietado y la grava. Materiales especializados como la antracita, el carbono activo o la arena húmeda de manganeso se utilizan para situaciones específicas como la absorción de colores o sabores. Finalmente los sólidos son eliminados y el lecho se expande mediante la inversión del flujo (la operación dura entre 15 y 30 minutos). Existen diseños de filtros a presión que utilizan un lavado a contracorriente ó una forma de retirada/recirculación continúa del medio. <sup>(17)</sup>
- Micro filtración: filtros de tamaño inferior a micras. La retirada de partículas más y más finas requiere técnicas que son todavía más sofisticadas y caras tanto para su instalación como para su realización. Los microfiltros son productos de precisión que garantizan la retención de los tamaños de partículas especificados y que

soportan las presiones más elevadas que se han de aplicar. Debido a que la eliminación de la materia atrapada es cada vez más difícil, a menudo se utilizan elementos desechables. Generalmente son cartuchos compuestos por polímeros o lana de vidrio utilizado en cadena para lograr una productividad concreta, sin embargo se debe tomar en cuenta que el problema se encuentra en la desinfección de estas unidades, ya que no siempre es posible. <sup>(17)</sup>

- Ultrafiltración: ósmosis inversa. El medio de filtrado para estas dos tecnologías es una membrana semipermeable, normalmente de un polímero sintético. Para permitir un flujo suficiente, estas membranas deben ser delgadas y, por ello, necesitan un sustrato que actúe como soporte. Por ello, muchos diseños utilizan fibras huecas finas o láminas enrolladas en espiral, selladas en sus extremos y organizadas en cadena. <sup>(17)</sup> El agua de interés se suministra a presión utilizando bombas. Un porcentaje pasa a través de la membrana para su posterior procesamiento, mientras que el resto que es la mayor parte se elimina como deshecho. Las membranas poliméricas tienen una vida útil limitada y puede ser necesario sustituirlas en intervalos de pocos años. <sup>(17)</sup> Las aplicaciones de estas tecnologías son la mejora de las aguas salinas o el control de las especies disueltas. Entre los problemas operativos se encuentran obstrucción de las membranas, degradación de las mismas por cloruros residuales y ruptura de los componentes por las altas presiones aplicadas. <sup>(2)</sup>
- Ósmosis inversa: La ósmosis natural es el mecanismo de transferencia de nutrientes en las células de los seres vivos a través de las membranas que la recubren. Cuando se ponen en contacto dos soluciones de diferentes concentraciones de un determinado soluto (sales, por ejemplo), se genera un flujo de solvente (agua, por ejemplo) desde la solución más diluida a la más concentrada, hasta igualar ambas concentraciones. <sup>(20)</sup> Es decir, si ponemos en contacto, a través de una membrana, agua salada y agua destilada obtendremos un equilibrio entre ambas y quedarán moderadamente saladas. El agua que atraviesa la membrana es “llevada” por la presión osmótica de la solución más salada y el equilibrio del proceso se alcanza cuando la columna hidrostática iguala dicha presión osmótica. <sup>(20)</sup>

**Figura 1. Proceso de ósmosis inversa**



(Excel Water Technologies, Inc; A commercial Watertight Company). Descargado el 02/01/09.  
[http://www.excelwater.com/spa/b2c/water\\_tech\\_3.php](http://www.excelwater.com/spa/b2c/water_tech_3.php)

Para el tratamiento de ósmosis inversa el objetivo es obtener una corriente de agua lo más diluida posible, para dicho proceso se debe vencer la presión osmótica natural mediante la aplicación en sentido contrario de una presión mayor. (Ver Figura 1, arriba; recuadro de Figura 3). Con el mecanismo antes descrito se obtienen dos corrientes; una que atraviesa la membrana y queda libre de sólidos disueltos (minerales, materia orgánica, etc.) y de microorganismos (virus, bacterias, etc.); la otra se va concentrando de esos mismos productos sin que lleguen a depositarse en la membrana, porque la taparían y se eliminarían en forma continua. <sup>(20)</sup>

La relación entre producto y concentrado constituye la recuperación, expresada en porcentaje los rechazos para: sulfatos (98%), arsénico (99%), fluoruros (97%), nitratos (91%), bacterias, virus y hongos más del 98%. <sup>(20)</sup>

La membrana que se utiliza para el proceso de ósmosis inversa es una membrana semipermeable que tiene un área “micro porosa” que rechaza las impurezas y que no impide el paso del agua. La membrana rechaza las bacterias, y 85% - 95% de sólidos inorgánicos. Los sólidos orgánicos con un peso molecular superior a 300 son rechazados por la membrana, pero los gases pasan a través. La ósmosis inversa es una tecnología de rechazo en porcentaje. <sup>(20)</sup>

Los factores del agua de alimentación que afectan la membrana que se utiliza en el proceso de ósmosis inversa son los siguientes:

Presión: La presión del agua de alimentación afecta la cantidad y la pureza del agua producida por la ósmosis inversa. Baja presión del agua de alimentación causa baja corriente al igual que baja pureza. <sup>(20)</sup>

pH: Determinar la variedad del pH en agua de alimentación es muy importante. Es recomendado de usar una variedad más amplia de membranas cuando el agua de alimentación es básica, ácida o inestable. <sup>(20)</sup>

Cloro libre y bacterias (TFC): Las membranas de acetato de celulosa necesitan una limpieza constante de TFC para impedir la propagación de bacterias y que se dañe la membrana. El carbón activado es usado para remover el TFC cuando la poliamida y las membranas finas lo necesitan. <sup>(20)</sup>

Temperatura: La duración de la membrana se basa sobre la temperatura del agua de alimentación que debe ser de 25° C. Por cada 1° C bajo 25° C, la cantidad de la producción del agua es reducida por 3%. Cuando el agua de alimentación tiende a quedarse bajo 25° C, se recomienda mezclar el agua fría y caliente para lograr los 25° C. El agua de alimentación que tiene una temperatura superior a 35° C dañará la mayoría de las membranas. <sup>(20)</sup>

Índice de densidad: El IDS es una medida que sirve para medir las partículas de sub-micrones que tienden a bloquear las membranas. La corriente del agua a una presión específica es filtrada a través de una membrana en forma de disco y que es recuperada

durante un periodo de tiempo fijo. La rapidez de la corriente del agua y el volumen total recogido determina el índice. <sup>(20)</sup>

Turbidez: L turbidez es la medida que sirve para detectar las partículas suspendidas de sub-micrón que oscurecen los rayos de luz. <sup>(20)</sup>

- Procesos de absorción: filtración con carbón activado: La aplicación más familiar de absorción es el uso con el agua de un filtro de carbono activo. Dicho carbón se ha utilizado para “convertir en dulce” el agua potable mediante contacto y percolación a través de él. Los colores, sabores no deseables, restos orgánicos y algunos metales son eliminados con facilidad mediante este sistema. <sup>(2)</sup> El agua a tratar, pasa a columnas con Carbón Activado. Con el carbón activado se obtiene eficiencia en la eliminación de cloro, sabores y olores característicos del agua de pozo , y una gran variedad de contaminantes químicos orgánicos categorizados como productos químicos dañinos de origen "moderno" tales como: pesticidas, herbicidas, metilato de mercurio e hidrocarburos clorinados. <sup>(20)</sup>
- Desgasificado: Muchas aguas de pozo contienen gases disueltos a presión. Los principales ejemplos con el dióxido de carbono y el sulfuro de hidrógeno; algunas veces se encuentra metano. El proceso de desgasificado consiste en pasar el agua mediante una columna empaquetada o utilizando una presión reducida en una cámara especial. Rápidamente se alcanza el equilibrio con la atmósfera, al mismo tiempo se absorbe oxígeno del ambiente y así se elimina el exceso de gases. <sup>(17)</sup>

#### 3.4.2 Procesos de aditivos

- Ajuste de pH
- Adición de reactivos
- Ajuste de pH: aunque la eliminación del dióxido de carbono por desgasificado puede resultar en un incremento del valor de pH, de otro modo el ajuste del pH supone la adición de las cantidades apropiadas de ácido (para bajar el pH) o álcalis (para subirlo). Instrumentalmente, los electrodos de cristal deben sumergirse en el agua así generando un voltaje, el cual se transmite por un circuito apropiado que da una lectura en la escala logarítmica del pH. Se pueden introducir puntos de calibrado de manera que la adición de reactivos para ajustar el pH a cualquier valor deseado pueda realizarse automáticamente. Generalmente, el ajuste de pH se hace en conjunto a otros procesos de tratamiento, por ejemplo la precipitación de iones metálicos con coagulante, o para facilitar la retirada de dióxido de carbono por desgasificado. Los reactivos ácidos comunes incluyen al sulfúrico, clorhídrico y a veces al dióxido de carbono. Los reactivos alcalinos comunes utilizados son el hidróxido sódico/potásico, el hidróxido y el carbonato cálcico. <sup>(17)</sup>
- Adición de reactivos: se dispone de oxidantes, tanto en estado líquido como sólido, para tratar compuestos orgánicos y compuestos inorgánicos reducidos. El más conocido es el hipoclorito sódico (como fluido blanqueador) y el hipoclorito cálcico (como polvo blanqueador). Son fáciles de almacenar, aplicar y controlar,

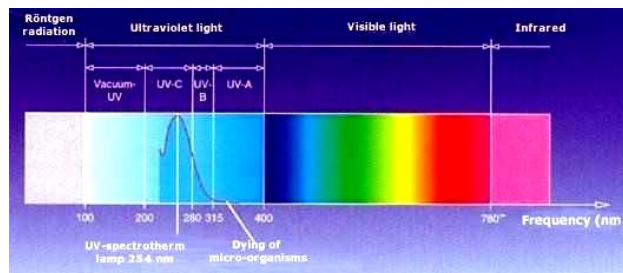
pero ambos afectan de forma adversa a la alcalinidad del agua. El peróxido de hidrógeno tiene un alto potencial redox y no deja residuos pero necesita almacenaje y una manipulación cuidadosos. Ciertos esporos bacterianos que resisten a otros oxidantes pueden ser destruidos por dióxido de cloro. Este se genera en el agua a partir de una disolución estabilizada y resulta efectiva a pHs más altos que los del mismo cloro. Por otro lado, se ha demostrado que los iones de plata en cantidades mínimas son muy eficaces frente a muchas especies de bacterias. La plata deja un residuo, pero no da subproductos ni altera el flavor. El mayor inconveniente del uso de la plata es el costo que este implica. <sup>(2)</sup> Los coloides, compuestos coloreados y los que confieren sabores desagradables pueden coagularse y/o absorberse de forma eficaz mediante la adición de sales de metales trivalentes: ión férrico y aluminio. En algunas circunstancias, los coloides y los sólidos finos en suspensión pueden agregarse eficientemente y depositados o flotados mediante la adición de floculantes naturales o sintéticos. A menudo, los floculantes se utilizan con coagulantes y con ajuste de pH (especialmente con arcilla). <sup>(17)</sup>

Cloración: la cloración del agua es un proceso universalmente utilizado, ya que el cloro es un desinfectante con efecto tóxico en bacterias nocivas y otros organismos causantes de enfermedades, además durante dicho proceso se eliminan otros cuerpos no deseados en el producto final como el hierro, manganeso y materia orgánica. Para obtener una desinfección adecuada, el cloro deberá estar en contacto con el agua por lo menos durante veinte minutos; transcurrido ese tiempo podrá considerarse el agua como sanitariamente segura. Para desinfectar el agua para consumo humano generalmente se utiliza hipoclorito de sodio al 5.1%. Se agrega una gota por cada litro a desinfectar. Una concentración de 0-5ppm es suficiente para alcanzar el objetivo, después de un tiempo la concentración de cloro es verificada por análisis utilizando el método de Ortolidina. <sup>(20)</sup>

### 3.4.3 Procesos de campos de energía

- ❖ Desinfección por ultravioleta: este paso del proceso funciona como un germicida, ya que anula la vida de las bacterias, gérmenes, virus, algas y esporas que vienen en el agua, mediante la luz ultravioleta, los microorganismos no pueden proliferarse ya que mueren al contacto con la luz. El agua al salir de la tubería del rayo ultravioleta va libre de gérmenes vivos. <sup>(20)</sup> Cuando la energía ultravioleta es absorbida por el mecanismo reproductor de las bacterias y virus, el material genético (ADN/ARN) es modificado de manera que no puede reproducirse. Los microorganismos se consideran muertos y los riesgos de enfermedades son eliminados. <sup>(20)</sup> Los rayos ultravioleta emiten una energía fuerte, electromagnética, estos rayos se encuentran en el aspecto natural de la luz del sol. Ellos están en la escala de ondas cortas, invisibles, con una longitud de onda de 100 a 400 nm (1nm = 10m). <sup>(20)</sup>

**Figura 2. Distintas longitudes de onda de la luz**



(Excel Water Technologies, Inc; A commercial Watertech Company). Descargado el 15/01/09.  
[http://www.excelwater.com/spa/b2c/water\\_tech\\_3.php](http://www.excelwater.com/spa/b2c/water_tech_3.php)

La luz ultravioleta, desinfecta el agua sin necesidad de compuestos químicos; y además conserva los minerales obtenidos por el ser humano por medio del consumo de agua pura. <sup>(20)</sup>

A continuación se muestran las tablas con los datos de las dosis de rayos ultravioleta que se requieren para destruir 99.9 % de microorganismos; mediciones hechas en micro watts/segundo por centímetro cuadrado

**Tabla 1.** Dosis de rayos ultravioleta que requieren algunas bacterias para ser destruidas; micro watts/segundo por centímetro cuadrado. (Ver Tabla 1 en Apéndice).

**Tabla 2.** Dosis de rayos ultravioleta que requieren algunas levaduras para ser destruidas; micro watts/segundo por centímetro cuadrado. (Ver Tabla 2 en Apéndice).

**Tabla 3.** Dosis de rayos ultravioleta que requieren algunas esporas para ser destruidas; micro watts/segundo por centímetro cuadrado. (Ver Tabla 3 en Apéndice).

**Tabla 4.** Dosis de rayos ultravioleta que requieren algunas algas para ser destruidas; micro watts/segundo por centímetro cuadrado. (Ver Tabla 4 en Apéndice).

**Tabla 5.** Dosis de rayos ultravioleta que requieren algunos virus para ser destruidas; micro watts/segundo por centímetro cuadrado. (Ver Tabla 5 en Apéndice).

Como se puede observar existe una gran variedad de procesos que se pueden incluir en la secuencia de tecnología de purificación de agua; todos los procesos son conocidos globalmente, sin embargo cada país como cada empresa que se dedica a producir agua embotellada posee su propia tecnología de purificación y tratado según sus necesidades.

En Guatemala, cada empresa nacional que se dedica a producir y embotellar agua pura tiene su propia tecnología para tratar y purificar el agua y así, según sus necesidades, son los procesos que éstas han elegido.

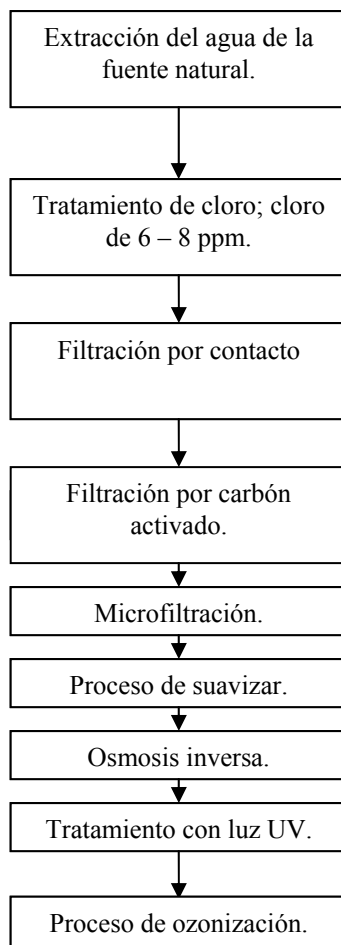
Entre los procesos que utilizan las industrias nacionales, en común, están por ejemplo, la cloración del agua, distintos tipos de filtraciones, adición de aditivos químicos, tratamientos energéticos y ozonificación, entre otros.

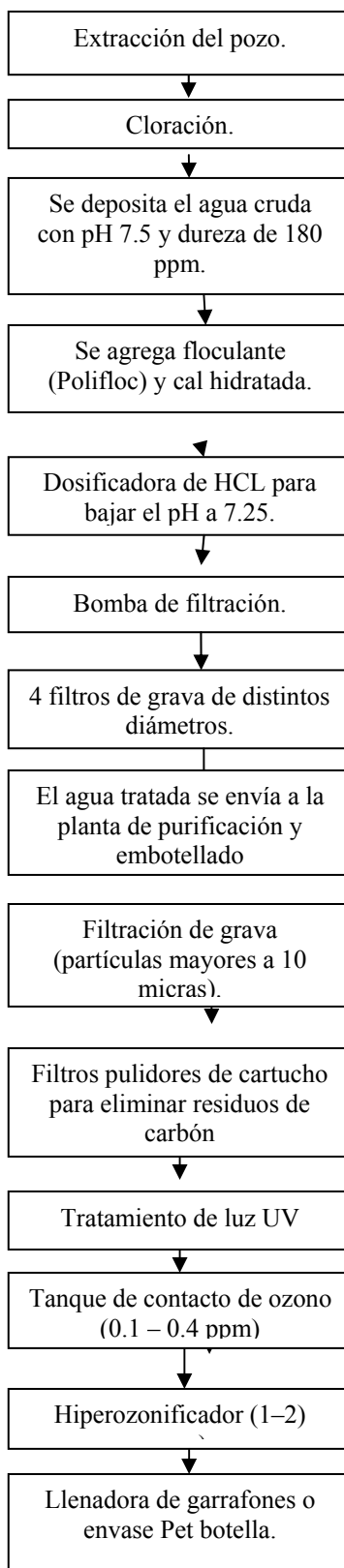
A continuación se presentan varios ejemplos de las tecnologías de purificación, es decir los procesos utilizados por varias industrias de renombre en Guatemala, con el objetivo de ofrecer un agua pura segura y de buena calidad tanto fisicoquímica, como también microbiológica.

Se puede observar que los tratamientos de purificación de agua de las tres empresas guatemaltecas es bastante parecido; aplican el proceso de cloración del agua después de su extracción de la fuente natural, luego de ajustar las propiedades fisicoquímicas del agua como pH y dureza, prosiguen a filtrarla con filtros ya sea de grava y/o también con filtros de carbón activado para eliminarle todas las partículas grandes y muy pequeñas, luego por lo general siguen con un proceso de ósmosis inversa para asegurarse de obtener un producto libre de partículas. Para asegurar la calidad microbiológica del agua pura, se observa que las tres tecnologías de purificación de las tres empresas nacionales citadas utilizan tratamientos de luz ultravioleta y como último proceso ozonifican el agua para luego ser embotellada.

Los procesos utilizados a nivel nacional son procesos reconocidos mundialmente por ser indispensables en la purificación del agua destinada a agua embotellada, así persiguiendo el mismo propósito, el cual consiste en asegurarse que el producto que se está ofreciendo cumple con los estándares de calidad química, física y bacteriológica.

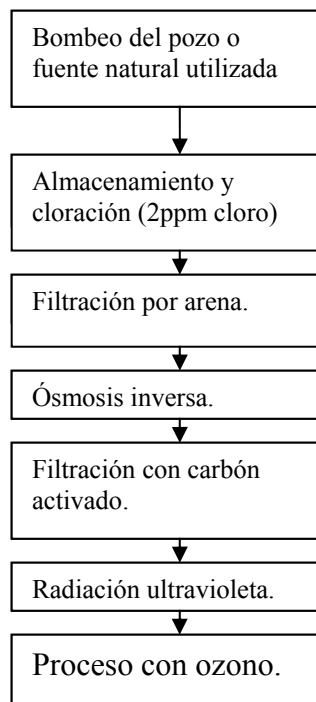
Ejemplos específicos de la secuencia de tratamientos de purificación de agua utilizados en algunas empresas nacionales productoras de agua embotellada.

**Empresa 1 Diagrama 1.** Ejemplo de proceso de purificación para agua embotellada

**Empresa 2 Diagrama 2.** Ejemplo de proceso de purificación para agua embotellada

### Empresa 3

**Diagrama 3.** Ejemplo de proceso de purificación para agua embotellada



3.4.4 Peligros microbiológicos: debido a que la materia fecal puede accidentalmente alcanzar una fuente de abastecimiento de agua, comprometiendo así su calidad microbiológica; ésta puede frecuentemente actuar como vehículo de transmisión de microorganismos entéricos. <sup>(9)</sup> El peligro más común y más relacionado al agua es el de su contaminación microbiológica, sea directa o indirecta, debido a aguas servidas, otros desechos o de la excreta del hombre o de los animales. Beber agua contaminada, o emplearla en la preparación de determinados alimentos, puede producir mayor número de casos de enfermedades gastrointestinales. <sup>(27)</sup> La Organización Mundial de la Salud (OMS) en sus Guías para la calidad del agua potable, la Directiva 98/83/CE1 y otras normas internacionales, establecen requisitos de calidad para el agua de consumo humano. En general, dicha normativa establece que el agua es apta bacteriológicamente para consumo si se encuentra libre de microorganismos patógenos de origen entérico y parásitos intestinales. <sup>(9)</sup> Los microorganismos patógenos pueden transmitir enfermedades tales como salmonelosis (*Salmonella*), shigelosis (*Shigella*), cólera (*Vibrio Cholerae*), amebiasis (*Entamoeba histolytica*), alteraciones gastrointestinales (*Aeromonas*, *Helicobacter pylori*, *Campylobacter*); giardiasis (*Giardia lamblia*), criptosporidiosis (*Cryptosporidium*), esquistosomiasis (*Schistosoma*), desórdenes hepáticos (virus de hepatitis), entre otras. <sup>(9)</sup> Uno de los problemas de salud más relevantes en Guatemala y los demás países centroamericanos son las enfermedades gastrointestinales como consecuencia del consumo de aguas contaminadas; debido a que no se invierten los recursos para garantizar la disponibilidad de agua potable, por lo cual parte de la población que posee el poder adquisitivo, elige comprar agua purificada, para así evitar cualquier riesgo de enfermedades por aguas contaminadas. <sup>(9)</sup> Por motivos antes

mencionados, y a la proliferación de embotelladoras clandestinas de agua, se agudiza la necesidad de controlar la calidad microbiológica de las distintas empresas que se dedican a la producción de agua embotellada.<sup>(9)</sup>

### 3.4.5 Microbiología del agua

3.4.5.1 Posibles microorganismos presentes en agua: El recuento de microorganismos presentes en el agua, resultan difíciles de llevar a cabo debido a la gran variedad de bacterias cultivables, al costo y dificultad de los ensayos de aislamientos; y a la presencia en baja concentración de varias especies altamente agresivas. Por esta razón, los análisis bacteriológicos se limitan a la detección de microorganismos indicadores de contaminación fecal y en la cuantificación de coliformes, siendo *Escherichia coli* el indicador universal de contaminación fecal.<sup>(9)</sup>

Los microorganismos indicadores de contaminación deben cumplir los siguientes requisitos: fáciles de aislar y crecer en el laboratorio; y animales; y presencia en agua relacionada, cuali y cuantitativamente con la de otros microorganismos patógenos de aislamiento más difícil.<sup>(9)</sup>

Entre los indicadores más comúnmente utilizados se encuentran:

- Aerobias mesófilas: determinan efectividad del tratamiento de aguas.
- Coliformes totales: Bacterias encontradas en distintos sustratos. Su ausencia indica que el agua es bacteriológicamente segura.
- *Escherichia coli*: indican contaminación fecal.
- *Pseudomonas*: señalan deterioro en la calidad del agua o una recontaminación.

Desde el punto de vista bacteriológico, para definir la potabilidad del agua, es preciso investigar bacterias aerobias mesófilas y, coliformes totales, y *Escherichia coli*. La gran sensibilidad de las bacterias aerobias mesófilas a los agentes de cloración, las ubica como indicadores de la eficacia del tratamiento de potabilización del agua.<sup>(9)</sup>

Los coliformes totales indican contaminación sin indicar su origen, y por otro lado los coliformes termo tolerantes indican posible contaminación fecal, mientras que *Escherichia coli* confirma la presencia de dicha contaminación.<sup>(9)</sup>

3.4.5.2 Bacterias patógenas transmitidas por el agua: la contaminación fecal del agua potable puede incorporar una variedad de diversos organismos patógenos intestinales; bacterianos, virales y parasitarios cuya presencia está relacionada con enfermedades que puedan existir en ese momento en la comunidad. Las bacterias patógenas intestinales que han sido detectadas en agua potable contaminada incluyen: *Salmonella*, *Shigella*, *Escherichia coli* enterotoxigena, *Vibrio cholerae*, *Yersinia enterocolitica*, *Campylobacter*, *Arcobacter*; entre otros. Estos organismos pueden ser causantes de enfermedades cuyo índice de gravedad va desde una ligera gastroenteritis hasta casos graves y fatales de cólera o tifoidea.<sup>(27)</sup> Otros organismos en el agua que no son patógenos pero sí pueden causar enfermedades infecciosas en personas de avanzada

edad o personas inmunológicamente comprometidas, son microorganismos como Pseudomonas, Flavobacterium, Acinetobacter, Klebsiella y Serratia. <sup>(27)</sup>

❖ Descripción de los algunos microorganismos que pueden estar presentes en el agua

Algas: estos microorganismos contienen necesariamente clorofila para la actividad fotosintética, sin embargo el color verde puede estar enmascarado por otros pigmentos (carotenoides) presentes. Son aerobias, y en ambientes con poco oxígeno, mueren, flotan y se descomponen produciendo mal olor. <sup>(9)</sup>

Protozoarios: frecuentemente en el agua contaminada con heces se encuentran protozoarios con incidencia en salud humana, responsables de epidemias, tales como:

- Giardia lamblia
- Cryptosporidium parvum
- Cyclospora

<sup>(9)</sup>

Virus: el 87% de las enfermedades virales transmitidas por el agua son causadas por el virus de la hepatitis (adenovirus y rotavirus). <sup>(9)</sup>

Bacterias: a continuación se mencionan y describen algunas de las más importantes. <sup>(9)</sup>

- Bacterias Gram negativas

Entre las especies que se han aislado de aguas, podemos mencionar a las pertenecientes a los géneros Pseudomonas, Flavobacterium, Gallionella, Enterobacteriaceae, Aeromonas, Vibrio, Achromobacter, Alcaligenes, Bordetella, Neisseria, Moraxella y Acinetobacter. <sup>(9)</sup> Pseudomonas sp. Es una de las bacterias más comunes en capas freáticas debido a su adaptabilidad respecto a fuentes de carbono, y a sus bajos requerimientos nutricionales. La morfología y el hábitat de muchas especies de Pseudomonas sp., coinciden con el de bacterias entéricas como Escherichia coli, pero se diferencian en que no fermentan azúcares. Poseen la mayor relevancia sanitaria, y se considera un indicador de eficiencia de la cloración, por su resistencia al cloro. El control de Pseudomonas sp, al igual que el de bacterias aeróbicas, debe intensificarse en redes expuestas a contaminación o cuando se comprueba cloración deficiente. <sup>(9)</sup>

Flavobacterium es un género ampliamente distribuido en aguas y suelos. No ha sido encontrado en sedimentos de acuíferos profundos pero si en las aguas que se extraen de ellos. Por esta razón, se duda si las flavobacterias se encuentran naturalmente en un acuífero o simplemente colonizan el pozo luego de su perforación. Son bacilos que se caracterizan por falta de movilidad y producción de pigmentos de color amarillo. <sup>(9)</sup>

La Gallionella se caracteriza por ser quimiolitótrofas, obtienen energía por oxidación de Fe<sup>2+</sup> a Fe<sup>3+</sup> y la precipitación usualmente de hidróxidos de (III), en o sobre

las colonias, les otorga una coloración marrón característica. Crecen en lugares donde existen mezclas de aguas aerobias y anaerobias, y donde abunda el ion  $Fe^{2+}$ . Así, en pozos donde existe una interfaz aero-anaeróbica, su desarrollo causa obstrucción por la precipitación de oxihidróxidos de hierro (III).<sup>(9)</sup>

Las enterobacterias son las más importantes dentro de los anaerobios facultativos y su presencia en agua está asociada a posible contaminación fecal. Este grupo de bacterias habita naturalmente el intestino de los animales. Generalmente se identifican por su capacidad para fermentar glucosa por vía glucolítica dando ácidos como producto final.<sup>(9)</sup>

*Escherichia coli*, habitante normal del intestino humano, es utilizada como indicador de contaminación fecal de aguas. Las cepas patógenas de *E. coli* causan infecciones del tracto intestinal (generalmente agudas y no presentan mayores complicaciones, excepto en niños y adultos con deficiencias nutricionales).<sup>(6)</sup>

Otros ejemplos de patógenos humanos de este grupo son *Shigella*, *Salmonella* y *Klebsiella*. *Shigella dysenteriae* es causante de la disentería bacilar, *Salmonella typhimurium* y *Salmonella typhi* producen gastroenteritis y fiebre tifoidea respectivamente.<sup>(9)</sup>

El género *Vibrio* se encuentra presente en aguas dulces o marinas, del cual *Vibrio cholerae* es la especie más representativa. Es patógeno para los humanos y causante del cólera. Su transmisión es predominantemente por vía hídrica.<sup>(9)</sup>

- Bacterias Gram positivas

No representan un grupo muy difundido en agua, sin embargo incluye algunos patógenos humanos aislados especialmente de aguas subterráneas. Los cocos más comunes pertenecen a los géneros *Micrococcus*, *Staphylococcus* y *Streptococcus*. El género *Streptococcus* incluye a *Enterococcus faecalis*, patógeno humano que habita normalmente en el intestino de hombres y animales por lo que es un indicador de contaminación fecal de aguas.<sup>(9)</sup>

Las bacterias esporulantes, pertenecientes a los géneros *Bacillus* y *Clostridium* presentan metabolismo aeróbico y anaeróbico respectivamente. A partir de suelos y acuíferos aeróbicos se aíslan especies incluidas en el género *Bacillus*; y a partir de suelos, sedimentos y aguas subterráneas anaerobias.<sup>(9)</sup>

3.4.5.3 Fundamentos para el uso de organismos indicadores: el reconocimiento que las infecciones microbianas pueden ser transmitidas por el agua ha dado lugar al desarrollo de métodos para efectuar análisis microbiológicos de rutina que garanticen que el agua destinada al consumo humano se halla libre de contaminación fecal. Aunque es posible detectar la presencia de múltiples organismos patógenos en el agua, los métodos de aislamiento y enumeración suelen ser complejos y demandar demasiado tiempo. Por lo anteriormente expuesto, es poco rentable analizar cada posible patógeno, y una opción más lógica es detectar los organismos que normalmente están presentes en las heces de los

seres humanos y animales de sangre caliente como indicadores de contaminación fecal, así como de la eficacia de los sistemas de tratamiento de purificación de agua. <sup>(27)</sup> La presencia de dichos organismos también indica la existencia de materia fecal, o sea que existe la posibilidad de que estén presentes organismos patógenos intestinales. A la inversa, la ausencia de organismos asociados fecales indicará, asimismo, que con toda probabilidad no habrá organismos patógenos.

La búsqueda de dichos indicadores de contaminación fecal proporciona de esa forma medio de controlar la calidad. También es importante vigilar la calidad bacteriana del agua, no sólo con el fin de evaluar el grado de contaminación, sino igualmente para la selección del mejor tratamiento de sanitización de agua. <sup>(27)</sup> Los exámenes bacteriológicos ofrecen la prueba más sensible para detectar la contaminación fecal y proporcionan una evaluación sanitaria de la calidad del agua. Todo lo que un análisis bacteriológico puede probar es que, en el momento del examen, se puede o no se puede demostrar presencia de contaminación, o de bacterias indicativas de contaminación fecal, en una muestra de agua utilizando métodos de cultivo específicos. <sup>(27)</sup>

3.4.5.4 Organismos indicativos de contaminación fecal: el uso de organismos intestinales normales como indicadores de contaminación fecal, en lugar de los organismos patógenos mismos, es un principio de aceptación universal en la vigilancia y evaluación de la seguridad microbiana en los sistemas de agua. <sup>(24)</sup> Para ser buenos microorganismos indicadores estos deben abundar en el material fecal, pero estar ausentes, o existir sólo en números reducidos, en otras fuentes. Asimismo deben ser relativamente sencillos de aislar, identificar, enumerar y ser incapaces de desarrollarse en el agua. Igualmente deben sobrevivir más tiempo en el agua que los gérmenes patógenos y ser más resistentes a los desinfectantes.

En la práctica, todos estos criterios no pueden darse en un solo organismo, aunque las bacterias coliformes cumplen muchos de ellos, especialmente la *Escherichia Coli.*, que es el principal indicador de contaminación por materia fecal de origen humano o animal. Existen otros microorganismos que satisfacen algunos de estos criterios, aunque sin alcanzar el grado de las bacterias coliformes, y que en determinadas circunstancias, pueden usarse también como indicadores suplementarios de contaminación fecal. La significación que puede adjudicarse a la presencia o ausencia de determinados indicadores fecales varía con cada organismo y especialmente con el grado de relación que dicho organismo guarda con las heces. <sup>(24)</sup>

Entre los microorganismos que se usan como indicadores bacterianos de contaminación está todo el grupo de bacterias coliformes: la *E. coli* y los organismos coliformes que han sido descritos como “coliformes termo tolerantes”, estreptococos fecales y clostridios reductores de sulfito, en especial el *Clostridium perfringens*. Las bacterias anaeróbicas, como las bifidobacterias y *Bacteroides*, son más abundantes que las bacterias coliformes en las heces; sin embargo, aún no se dispone de métodos sistemáticos que permitan su detección y enumeración. <sup>(24)</sup> Los otros grupos de organismos también proceden de fuentes no fecales en el ambiente, e incluso pueden desarrollarse en un medio acuático, y en consecuencia, disminuye la certeza de que su presencia sea indicativa de contaminación fecal. Para lograr la identificación total de estos organismos indicadores,

sería necesario realizar una serie de exámenes extensos que resulta poco práctico y poco rentable.

Por la razón antes mencionada, los bacteriólogos que analizan la calidad del agua han ampliado las definiciones de especies y grupos que sirven de indicadores desde un punto de vista práctico más que taxonómico, y que principalmente se basa en su detección y enumeración en el agua, por lo general utilizando métodos de análisis como el uso de tubos múltiples o técnicas filtración de membrana. <sup>(24)</sup>

- *Organismos del grupo Coliforme (Coliforme total):* se reconoce que los organismos del grupo Coliforme son un buen indicador microbiano de la calidad del agua para beber, debido principalmente a que son fáciles de detectar y enumerar en el agua. En general, se caracterizan por su capacidad para fermentar la lactosa en cultivos a 35° C ó 37° C, y entre ellos se encuentran las especies E. coli, Citrobacter, Enterobacter y Klebsiella. <sup>(27)</sup> Se sabe que algunos quistes de parásitos son más resistentes a la desinfección que algunos organismos coliformes, lo que lleva a concluir que la ausencia de parásitos en agua que solamente ha sido desinfectada, no indica necesariamente que hay ausencia de amebas y otros parásitos. Hay que tener en cuenta que las bacterias coliformes no provienen solo de las heces de los animales de sangre caliente, sino también de la vegetación y el suelo. Bajo ciertas condiciones estas bacterias también pueden vivir en nutrientes que provienen de materiales de construcción no metálicos. <sup>(11)</sup> Por razones expuestas, la presencia de algunos organismos coliformes (1-10mL microorganismos por 100mL) puede tener poca importancia desde el punto de vista sanitario, siempre que haya ausencia de organismos coliformes fecales. <sup>(27)</sup>

- *Organismos coliformes termo tolerantes o termo resistentes:* estos son los organismos coliformes que son capaces de fermentar la lactosa a temperaturas de 44° C ó 45° C; entre ellos se encuentran los del género Escherichia y, menor grado, algunas cepas de Enterobacter, Citrobacter y Klebsiella. De todos los microorganismos, solo E. coli tienen un origen específicamente fecal, pues están siempre presentes en grandes cantidades en las heces humanas, de los animales y de los pájaros, y rara vez se encuentran en el agua o suelo que no hayan sufrido algún tipo de contaminación fecal. <sup>(27)</sup> En conclusión al hacer los análisis microbiológicos si se detectan coliformes fecales y luego se identifica que el microorganismo encontrado pertenece al género de E.coli, indica sin ninguna duda que una de las fuentes por las cuales se contaminó el agua es fecal proveniente de desechos de animales de sangre caliente (incluyendo el hombre), ya que la E.coli se encuentre exclusivamente en heces de hombre y animales. (Se han aislado algunas cepas de E. coli de no origen fecal, pero el aislamiento de esta bacteria en el agua da alto grado de certeza de contaminación de origen fecal (99%), porcentaje suficiente para certificar contaminación de ese origen). <sup>(27)</sup> Si aún no se ha identificado que tipo de bacteria Coliforme es, indica que hay contaminación que puede ser fecal u de otro origen (plantas, suelo o ambiente, que es donde se encuentran por ejemplo la Klebsiella, Citrobacter, Enterobacter o también E. coli). <sup>(9)</sup> Es difícil que estos microorganismos se desarrollen nuevamente en el agua, ocurriría solamente con las condiciones específicas; suficientes nutrientes bacterianos, temperatura del agua >13° C y que ausencia de cloro residual libre. <sup>(27)</sup>

Otros indicadores de contaminación fecal: si existen dudas, especialmente cuando se han encontrado organismos coliformes y hay ausencia de bacterias coliformes fecales y *E. coli*, se pueden usar otros microorganismos indicadores que confirmen que la contaminación es de naturaleza excrementicia. Entre estos indicadores secundarios están los estreptococos fecales y las clostridios reductores de sulfito, en especial *C. Perfringens*.<sup>(27)</sup>

.- *Streptococos Fecales*: la presencia de estreptococos fecales en el agua indica la presencia de contaminación fecal, estos normalmente se encuentran en las heces de los seres humanos o animales. Entre ellos están los *S. faecalis*, *S. faecium*, *S. durans*, *S. bovis* *S. avium*.<sup>(27)</sup> Estos microorganismos rara vez se multiplican en el agua contaminada y pueden ser algo más resistentes a la desinfección que los organismos coliformes. Sin embargo, muy pocas veces se ha recomendado el uso de este grupo indicador para controlar la calidad del agua potable, debido a su persistencia en el agua con concentraciones moderadas de sal, como puede ocurrir en sistemas de abastecimiento donde el agua ha sido mezclada.<sup>(11)</sup> Estos organismos pueden usarse para evaluar el significado de resultados inciertos obtenidos con la prueba del grupo Coliforme, especialmente si se han hallado organismos coliformes y hay ausencia de organismos coliformes fecales.<sup>(27)</sup>

.- *Clostridios reductores de sulfito*: estos son organismos anaeróbicos esporulados, de los cuales el más conocido es *C. perfringens* (*C. welchii*), normalmente presenta en las heces, aunque en cantidades mucho más pequeñas que *E. coli*. Las esporas clostridiales pueden subsistir en el agua por periodos más prolongados que las bacterias del grupo Coliforme, y pueden resistir a la desinfección si el grado de concentración, el tiempo de contacto o el pH son inadecuados. Su persistencia en el agua desinfectada indica deficiencias en el tratamiento.<sup>(27)</sup>

.- *Indicadores de la calidad del agua*: aparte del uso de colonias, también se han utilizado otros microorganismos, entre los que se encuentran las *Pseudomonas aeruginosa*, para evaluar la calidad del agua potable. Sin embargo, no es necesario realizar exámenes de estos organismos ni efectuar recuento de colonias de forma sistemática cuando se tiene la vigilancia adecuada de la calidad sanitaria. Tienen valor en determinadas circunstancias, ya que proporcionan indicios en cuanto a la limpieza general del sistema de distribución y asimismo sirven para evaluar la calidad del agua embotellada.<sup>(27)</sup>

.- *Pseudomonas aeruginosa*: este organismo a menudo está presente en las heces humanas, pero en cantidades mucho menores que los organismos coliformes. Es un germen patógeno de tipo oportunista que afecta a los niños muy pequeños o a los adultos de edad avanzada, o a las personas debilitadas a causa de alguna enfermedad, y frecuentemente se pueden aislar de personas que padecen infecciones del tracto urinario o quemaduras en la piel. Es común, que se encuentre en el agua natural, generalmente en presencia de organismos coliformes. En el agua potable, puede estar presente aunque no haya presencia de organismos coliformes.<sup>(27)</sup> Aunque no debe ignorarse la presencia de este microorganismo en el agua potable, en los exámenes sistemáticos del agua para determinar la presencia de contaminación fecal no es necesario su análisis. El examen de

*P. aeruginosa* puede ser útil en ciertas circunstancias, como por ejemplo, en la elaboración de mezclas rehidratantes, alimentos de bebés y sobre todo para la vigilancia sanitaria de sistemas de dotación de agua a hospitales y de agua embotellada.<sup>(27)</sup>

.- *Recuento de Bacterias Aerobias Mesófilas*: el recuento de Bacterias Aerobias Mesófilas puede emplearse para evaluar el contenido bacteriano general del agua. Las colonias no representan el número total de microorganismos presentes en el agua, sino simplemente aquellos que tienen la capacidad de formar colonias visibles en medios nutrientes bajo condiciones de cultivo específicas. No tienen gran valor para detectar la presencia de contaminación fecal y no deberán considerarse esenciales al evaluar la inocuidad de los abastecimientos de agua potable.<sup>(27)</sup> Son útiles para evaluar la eficiencia de los sistemas de tratamiento de agua, específicamente la coagulación, la filtración, y la desinfección, siendo el objetivo mantener una densidad tan baja como sea posible en el agua tratada. También sirven para evaluar el grado de limpieza e integridad del sistema de distribución y si el agua es adecuada para su uso en la elaboración de alimentos y bebidas.<sup>(27)</sup>

.- *Especificaciones sanitarias*: el producto de agua embotellada debe cumplir con las especificaciones sanitarias requeridas en cada país. Existen algunas especificaciones de organizaciones que son válidas a nivel mundial; como por ejemplo, el Codex Alimentarius, la OMS (Organización Mundial de la Salud) y la CEE en Europa:

**CUADRO 1.** Límites microbiológicos para agua embotellada establecidos por distintas organizaciones alrededor del mundo. (Ver Cuadro 1 en Apéndice)

Se observa que todas las normas de los países y de las distintas organizaciones (Cuadro 1) tienen como microorganismos indicadores de la calidad del agua embotellada a los Coliformes totales, *E. coli* y bacterias mesófilas. Al igual se puede observar que los estándares esperados en los análisis de detección de dichos parámetros son relativamente los mismos; ausencia de coliformes en 100 mL de muestra, ausencia de *E. coli* en 100 mL de muestra y se espera en promedio aproximadamente menos de 100 UFC por 100 mL de muestra de agua.

Por otra parte algunos países, como Argentina y el Salvador (ver cuadro 1) o también algunas organizaciones reconocidas internacionalmente como el Codex Alimentarius o la CEE, por razones de las condiciones de sus suministros de agua, por deficiencias en sus tratamientos de purificación o bien por indicios de brotes de enfermedades transmitidas por el agua, se han visto en la necesidad de agregar otros tipos de análisis, como por ejemplo la detección de otras bacterias como *Pseudomonas aeruginosa*, para asegurar la calidad del producto y así evitar el riesgo a la salud pública.

### 3.5 Técnicas microbiológicas y medios de cultivo

3.5.1 Introducción a las técnicas de microbiología utilizadas en el análisis de agua embotellada: la técnica de filtración por membrana, que detecta y estima la densidad de

coliformes totales, es tan efectiva como el método de fermentación de los tubos múltiples para detectar bacterias del grupo de coliformes. Las modificaciones que se han hecho en los procesos, sobre todo de los medios de cultivo, han hecho los resultados de ambos métodos comparables. <sup>(13)</sup> Se acostumbra reportar los resultados del método de los tubos múltiples como MNP (número más probable), el cual no es una enumeración en sí, solamente es el número más probable que puede haber de bacterias coliformes en la muestra analizada por el laboratorio.

Por el contrario técnicas de cultivo directo como la filtración por membrana proporciona un recuento directo de las colonias de coliformes por 100 mL de muestra. <sup>(13)</sup> El uso de cualquiera de las dos técnicas permite conocer la calidad sanitaria del producto, como también la eficacia del proceso de tratamiento. Como no siempre es necesario conocer un resultado cuantitativo, se puede obtener un resultado cualitativo con el método de ausencia-presencia. <sup>(13)</sup> Los métodos para verificar la presencia de coliformes termo tolerante son importantes en los análisis de agua embotellada. Las bacterias coliformes presentes en el tracto intestinal y en la sangre de los animales de sangre caliente generalmente incluyen microorganismos capaces de producir gas a través de la lactosa en un medio de cultivo adecuado a una temperatura de 44.5° C; por el contrario los coliformes provenientes de otras fuentes no tienen la misma capacidad, por lo que dicho criterio se utiliza para definir los componentes fecales del grupo Coliforme. Tanto la técnica de tubos múltiples como el proceso de filtración por membrana se modifican para incorporar la incubación en test de confirmación a temperaturas de 44.5° C que proporcionan estimados de la densidad de coliformes fecales. Esta diferenciación proporciona información relevante sobre la posible fuente de contaminación del agua. <sup>(13)</sup> Los análisis para el grupo Coliforme pueden realizarse por tres métodos estándares: filtración por membrana, la técnica de fermentación en tubos múltiples o bien el test de sustrato enzimático. <sup>(13)</sup> Las bacterias aeróbicas mesófilas se determinan utilizando métodos como recuento en placa, esparcido, o bien la técnica de filtración por membrana; los cuáles proporcionan un recuento del número total de las bacterias viables que pueden ayudar a indicar la calidad del agua; éste análisis es útil para juzgar la eficacia de los procesos de tratamiento. También es de mucho valor para la verificación de la calidad del agua embotellada, ya que se utiliza como indicador de un re crecimiento microbiológico. <sup>(13)</sup>

#### 3.5.1.1 Técnicas utilizadas según el Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 1999

.- *Técnica de tubos múltiples*: la técnica de tubos múltiples consiste en inocular los microorganismos de interés, utilizando los medios de cultivo adecuados, en varios tubos. <sup>(13)</sup> Los medios más utilizados en dicha técnica, dependiendo del microorganismo de interés y el objetivo de la prueba, son el LES Endo agar, el caldo de lauril triptosa, caldo verde brillante lactosa, caldo EC MUG, caldo EC, caldo P-A, caldo de esparagina, entre otros. Los resultados de los tubos incubados, según la temperatura y el tiempo de incubación que requiera el medio, son reportados en términos del número más probable o NMP de organismos presentes. Este número, basado en ciertas fórmulas de probabilidad, es un estimado de la densidad de microorganismos en la muestra. La precisión de cada prueba depende del número de tubos inoculados, es decir que la cantidad de tubos a

utilizar se selecciona según la precisión que se busque en el resultado. Las tablas utilizadas para estimar el MNP se basa en una dispersión aleatoria. Sin embargo, es importante homogenizar correctamente los tubos antes de incubarlos, de lo contrario los resultados se afectarán. <sup>(13)</sup> Para el análisis de agua embotellada se establece utilizar 10 tubos para el análisis de cada muestra. Entre las ventajas encontradas en esta técnica es el bajo costo que conlleva, sin embargo las desventajas son mayores, por ejemplo, es una prueba que toma mucho tiempo, el medio a utilizar se debe preparar lo que también requiere tiempo, luego de la prueba se necesita realizar una etapa de confirmación y el recuento que se obtiene no es número exacto solamente es una estimación de la cantidad de bacterias presentes en una muestra representativa del producto. <sup>(13)</sup>

*-Técnica de filtración por membrana:* la técnica de la filtración por membrana se basa en la filtración de volúmenes, establecidos según la muestra a analizar, que se hacen pasar por membranas con tamaños de poros específicos útiles según el microorganismo de interés. Luego de la filtración, la membrana debe colocarse en cajas Petri que contengan el medio de cultivo adecuado para el organismo en estudio y así incubarlos a la temperatura y el tiempo especificado por el medio utilizado. <sup>(13)</sup> Los medios de cultivo más utilizados en esta técnica son agar LES Endo, agar M Endo, agar m FC, agar m PA, agar Standard y R<sub>2</sub>A. La técnica de filtración por membrana es altamente reproducible, puede ser utilizada para analizar volúmenes relativamente grandes de agua, y además proporciona resultados cuantitativos de forma más rápida que otras técnicas. La técnica de filtración por membrana es reconocida como una técnica extremadamente útil para el monitoreo de agua embotellada (según la EPA, Environmental Protection Act). Sin embargo, esta técnica también tiene limitaciones, particularmente cuando se analizan pruebas con alta turbidez o que contengan un número alto de bacterias no coliformes, además se debe considerar que es una técnica muy costosa. <sup>(13)</sup>

*-Técnica de sustrato enzimático:* la técnica de sustrato enzimático, que puede ser utilizada en técnicas de los tubos múltiples como también en las pruebas de ausencia-presencia, consiste en la hidrolización del sustrato contenido en la prueba, por parte de las enzimas específicas de un microorganismo, es decir del microorganismo de interés. Cuando se utiliza la técnica de la enzima el recuento se basa en todos los microorganismo que poseen dicha enzima para hidrolizar el sustrato específico encontrado en la prueba y se reporta como MNP.

**Cuadro 2.** Información acerca del sustrato y la enzima propia de bacterias pertenecientes al grupo Coliforme y E-coli respectivamente. (Ver Cuadro 2 en Apéndice).

Como toda técnica posee ventajas y desventajas; una de las ventajas es que los resultados son muy confiables, lo que la hace una técnica muy utilizada para el monitoreo de la calidad de agua embotellada, esto se debe a que es muy poco probable los resultados positivos falsos porque las bacterias, por ejemplo no coliformes, no tienden a interferir en los resultados solamente si están presentes en cantidades muy grandes. Otra ventaja de esta prueba es el corto tiempo en el que se obtienen los resultados, y además no necesita pruebas de verificación, lo que reduce costos. Entre las desventajas de esta técnica es el alto costo de la utilización de los sustratos y que los resultados solamente son estimaciones de las colonias presentes. <sup>(13)</sup>

.- *Técnica de recuento en placa*: esta técnica consiste en colocar una cantidad de la muestra en placas Petri y luego cubrirlo con el medio de cultivo a una temperatura de 45° C y dejar que solidifique por 15 minutos. Luego se invierten las placas Petri y se incuban a las temperaturas y tiempos que requiera el medio de cultivo utilizado y los microorganismos en estudio. Los medios de cultivo más utilizados en esta técnica son R2A, LES Endo, y agar Standard. Las ventajas de esta técnica es su bajo costo, sin embargo, entre las desventajas está que el medio de cultivo debe prepararse lo que requiere mucho tiempo y este no debe servirse en las placas a temperaturas mayores de 40° C de lo contrario se mueren las bacterias de interés; es una técnica que solamente se puede utilizar para volúmenes de agua no mayores a 0.5 mL y es una prueba muy larga.<sup>(13)</sup>

### 3.6 MEDIOS DE CULTIVO

Medios utilizados para el análisis microbiológico de agua embotellada (basado en las recomendaciones establecidas por el Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 20th Edition, 1999): existe una gran variedad de medios de cultivos que poseen distintas características para los distintos usos que se requieren en los análisis microbiológicos. Para realizar los análisis microbiológicos de calidad del agua embotellada existen varias opciones de medios de cultivo para identificar y hacer recuento de los microorganismos involucrados de interés. Para la elección del medio de cultivo se deben tomar en cuenta aspectos de costos, eficiencia del medio, tiempo de cultivo, requerimientos del microorganismo de interés, técnica o método a utilizar, confiabilidad de los resultados, recursos del laboratorio, entre otros.<sup>(13)</sup> Las distintas empresas en Guatemala que se dedican a producir y embotellar agua, deben realizar rutinariamente análisis microbiológicos para controlar la calidad del producto y así poder asegurar la inocuidad del mismo.<sup>(13)</sup>

Generalmente, a nivel nacional se utilizan en las distintas empresas embotelladoras, las mismas técnicas y/o métodos así como medios de cultivo para analizar las muestras. Como se ha indicado durante el informe presente, los microorganismos de interés para el control de la calidad microbiológica de las muestras de agua embotellada son los Coliformes totales, E. coli, las bacterias aeróbicas mesófilas y en algunos casos también se analizan las bacterias Pseudomonas aeruginosa para verificar la eficiencia del tratamiento de purificación.<sup>(13)</sup>

La elección de los distintos medios de cultivos, como se ha mencionado, depende de los recursos del laboratorio, como también de la eficiencia del medio y de la confiabilidad de los resultados, además es importante tener presente que cada medio de cultivo tiene ventajas y desventajas.<sup>(13)</sup>

La detección y cuantificación de coliformes totales y E. coli como microorganismos indicadores de contaminación fecal de las aguas es llevado a cabo por tres métodos diferentes, estos son: filtración a través de membranas, sustrato enzimático y el método de los números más probables o tubos múltiples de fermentación, todos se

basan en la capacidad que tienen los organismos coliformes de producir ácido y gas a partir de la lactosa. <sup>(13)</sup>

Para el análisis de bacterias Coliformes y *E. coli* pueden utilizarse medios de cultivo como el Endo agar, que es el más utilizado en las industrias guatemaltecas para la detección de los microorganismos ya mencionados. Este es un medio que puede ser utilizado en las técnicas de filtrado por membrana, la técnica de tubos múltiples ó bien la técnica de vertido; es muy utilizado por ser un medio sensible y selectivo para el microorganismo. Para la detección de coliformes totales y *E. coli*, utilizando la técnica de tubos múltiples, tradicionalmente se utilizan el medio caldo lactosado, el caldo bilis verde brillante y el caldo EC. <sup>(13)</sup>

El caldo lactosado es un medio rico en nutrientes, y no contiene inhibidores del crecimiento bacteriano; debe ser incubado a  $35 \pm 2^\circ \text{C}$  para bacterias Coliformes. En el caldo bilis verde brillante la peptona aporta los nutrientes para el adecuado desarrollo bacteriano, la bilis y el verde brillante son los agentes selectivos que inhiben el desarrollo de bacterias Gram positivas y Gram negativas a excepción de coliformes, razón por la cual en los análisis de agua embotellada se utilizan para la etapa de verificación de Coliformes. <sup>(13)</sup>

El contenido de lactosa en el medio caldo EC, favorece el crecimiento de bacterias lactosa positivas, mientras que las sales biliares inhiben el crecimiento de gran parte de la flora acompañante. Este caldo es recomendado por el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater para el recuento de coliformes. <sup>(13)</sup>

Para la detección y cuantificación de bacterias aeróbicas mesófilas en el agua embotellada, en Guatemala, se utilizan los métodos de filtrado por membrana o la técnica de vertido. Ya sea para el método de filtrado por membrana o la técnica de vertido, se utiliza generalmente el medio de cultivo nutritivo Estándar, el cuál es un método deshidratado que proporciona un recuento general, es decir sin especificar la bacteria encontrada; este es un medio de cultivo que depende de la temperatura, para la detección de bacterias patógenas es necesario incubarlo a una temperatura de  $35 \pm 2^\circ \text{C}$ . La última versión del SMEWWA sugiere utilizar agar R2A debido a que provee de una recuperación mejor en el recuento de aerobios mesófilas. <sup>(13)</sup>

Las *Pseudomonas aeruginosa* es un microorganismo muy utilizado en el análisis de agua embotellada para asegurar la eficacia de los tratamientos purificadores utilizados en la industria. Por esta razón los medios de cultivo para la detección de dicho microorganismo se han vuelto más eficientes y confiables; los más utilizados son el caldo cetramide, utilizado en la técnica de filtración por membrana, el cuál proporciona un recuento de las colonias de *Pseudomonas* presentes mostrando un color verdoso entre 24 - 48 horas de incubación a  $35 \pm 2^\circ \text{C}$ .

Un método estandarizado para la detección de *Pseudomonas* es el requerido por el SMEWWA, que es la técnica por filtración por membrana utilizando el medio de cultivo M - PA. La eficacia de dicho método se otorga a que es específico para el microorganismo en estudio.

**Cuadro 3.** Temperaturas de incubación de los medios de cultivos para los microorganismos de interés respectivos. (Ver Cuadro 3 en Apéndice)

#### IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

El ser humano es 80% agua, lo que hace de este un producto esencial para vivir, y no puede ser sustituido ni eliminado de nuestra dieta diaria.

En la ciudad de Guatemala, que consta aproximadamente de 3.5 millones de habitantes, la preferencia por el agua embotellada ha aumentado por razones estéticas, sanitarias y socioeconómicas, pero sobre todo por la preocupación de contraer enfermedades causadas por las aguas potables provenientes de fuentes de abastecimiento municipal, cuyas características físicoquímicas y organolépticas la vuelven no adecuada para el consumo humano. La división de estratificación social es muy marcada en nuestra población, siendo este el caso en el que solamente las personas con recursos económicos y conocimiento acerca del tema de salud relacionada con el consumo de agua, tienen el hábito de consumir un producto certificado de alto costo como es el agua embotellada proveniente de empresas registradas y controladas que aseguran la inocuidad y calidad del artículo.

Sin embargo, por otra parte, la población cuyo ingreso monetario es limitado y carece de conocimiento, busca otras alternativas de conveniencia económica como el agua potable suministrada por la municipalidad, o bien productos envasados y distribuidos por vendedores clandestinos quienes no llevan un control de la calidad del producto según normas establecidas, así poniendo en peligro la salud de los ciudadanos.

En Guatemala se conocen varias empresas embotelladoras certificadas, que tienen buen control de sus procesos de purificación, sin embargo, por la razón del incremento en el consumo de dicho producto, el interés por parte de nuevos productores es cada vez mayor y así, en pocos años, se han creado empresas pequeñas y medianas; de las cuáles se desconoce la eficiencia de sus tratamientos de purificación, como de la calidad bacteriológica de su producto final. A su vez han surgido vendedores clandestinos, quienes utilizan envases de marcas prestigiosas para envasar agua del grifo y otras fuentes de agua no potable, que no conlleva ningún tratamiento de purificación, para venderlas como un producto seguro e inocuo, y al mismo precio de un producto certificado que cumple las normas de calidad nacional. La producción anual de agua embotellada se encuentra aproximadamente arriba de los cincuenta y dos millones de litros (Fuente: SAT-Intendencia de Recaudación, Ver Tabla 1 en Apéndice) con un consumo también aproximado que supera los sesenta y cuatro millones de litros (Fuente: SAT-Intendencia de Recaudación, Ver Tabla 3 en Apéndice). Las anteriores son cifras significativas considerando que se habla de un producto relativamente nuevo en Guatemala y de alto costo económico para un país en desarrollo.

Del 2008 al 2009, la producción ha aumentado un 15%. El consumo que se observa durante los meses es variante (Ver Tabla 3 en Apéndice), ya que depende mucho de la estación del año, siendo éste mayor en los meses de marzo y mayo por el aumento en la temperatura del clima y por ser época de vacaciones en el país.

Son muy pocas las empresas que se encuentran registradas legalmente frente a las autoridades y por lo mismo existen muy pocos datos publicados acerca de la calidad del producto. Por ejemplo, la información sobre la calidad microbiológica del agua embotellada del país es muy limitada, en consecuencia no se tiene información de posibles brotes de enfermedades que pueden haber sido transmitidas por dicho producto.

El producto de agua embotellada se ha convertido en una preocupación de salud pública por ser un vehículo potencial de organismos patógenos, que pueden causar la muerte a los ciudadanos.

El consumo actual sobrepasa los sesenta y cuatro millones de litros anuales en la capital, y ha sido reportado un consumo per capita de casi 22 litros al año; cifras que se predicen aumentarán con el transcurso del tiempo, razón por la cual un producto no inocuo, es decir que no cumpla con las especificaciones microbiológicas, representaría un peligro latente de transmisión de enfermedades por agua contaminada entre la población guatemalteca, y un impacto muy fuerte para la economía del país por gastos asociados a tratamiento de enfermedades gastrointestinales; entre otros.

Para poder obtener un monitoreo de la inocuidad del producto presentado es necesario realizar una serie de análisis microbiológicos de los distintos marcas de agua embotellada disponibles en el mercado guatemalteco, como también de vendedores clandestinos y de los filtros encontrados en algunos puntos de la ciudad, con el objetivo de verificar la calidad microbiológica del alimento y asegurar al consumidor la calidad del producto por las que está pagando y de las que tanto confía.

Así mismo, con ayuda de este monitoreo y control se asegura la salud de todas las clases sociales de la población, y se brinda una mejor calidad de vida, lo que se resume en un mejor desempeño en sus actividades diarias.

Es importante dar a conocer los resultados de los análisis mencionados y determinar si estos cumplen con las normas de calidad establecidas por instituciones nacionales como COGUANOR y otras normas internacionales, de lo contrario es necesario tomar acciones correctivas.

## V. IMPACTO DEL TEMA

Este trabajo se considera que representa un alto impacto en la sociedad de Guatemala, ya que con los resultados obtenidos se evaluará si la población corre algún peligro sanitario por el consumo de agua embotellada, tanto de marcas conocidas, clandestinas como también por medio llenado de filtros encontrados en los distintos puntos de la capital. De ser así se decidirá qué acciones sanitarias pueden ser tomadas con respecto al control y distribución del producto.

Con la ayuda del monitoreo en puntos de venta de los productos de agua envasados que presentan mayor problema de contaminación, se podrán evitar posibles brotes de enfermedades transmitidas por patógenos presentes en el agua, que pueden causar la muerte. Y además, se podrá identificar a los microorganismos que reflejan los problemas más comunes de control de los procesos de purificación para contribuir a asegurar la calidad de los productos nacionales en las distintas empresas embotelladoras ya existentes o potenciales.

Todos los aspectos anteriores ayudarán a asegurar un producto seguro e inocuo, y en consecuencia se asegura la calidad de vida del consumidor y se evitan gastos monetarios por parte tanto del guatemalteco como de las instituciones de salud pública del país.

## VI. DISEÑO

### 6.1 HIPÓTESIS

Más del 70% del agua envasada distribuida en la ciudad de Guatemala, no cumple con las especificaciones microbiológicas, establecidas en la Norma Coguanor, NGO29005:99: Norma de Agua Envasada para consumo humano.

### 6.2 MATERIALES Y MÉTODOS

Parte del apoyo otorgado por el Laboratorio Nacional de Salud es la recolección de las muestras, las cuáles se analizarán con el fin de cumplir con los objetivos del estudio. Las muestras serán recolectadas por el personal del departamento de regulación y control de alimentos (DRCA) de acuerdo a sus programas de muestreo regulares. Por razones monetarias, el tamaño del muestreo será de cien muestras.

El programa de recolección de muestras consiste en recolectar 15 muestras cada semana hasta cumplir con el número de muestras previsto; se recolectarán solamente 15 muestras semanales por cuestiones de tiempo, tomando en cuenta el período de tiempo que toma hacer cada análisis y el tiempo de demora entre los análisis realizados y las lecturas de los resultados.

Como mínimo se debe recolectar 600 mL de cada muestra; generalmente para poder cumplir con este volumen es necesario recolectar dos unidades de los envases de cada muestra; así mismo el responsable debe asegurarse de que el lote de estos envases sea el mismo, como también debe verificar que la fecha de expiración aún sea vigente.

Al ingresar las muestras al laboratorio se les otorga un código, para poder ser ingresadas al área de Microbiología de Alimentos (MIA) donde se realizarán los análisis programados.

Métodos analíticos de laboratorio: los análisis microbiológicos serán realizados según los siguientes protocolos referidos del Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (SMWWE).

#### 6.2.1 METODOLOGÍA

La metodología que se desarrolle dentro del esquema de investigación de La verificación de La calidad microbiológica del agua embotellada, se basara en el apoyo de métodos para el analisis del agua, los cuales se elaboraran dentro de un ambiente adecuado, tomando en consideración que el área de trabajo este limpia, cuyo

procedimiento se hará con alcohol y procediendo a encender los mecheros para evitar contaminación en el ambiente.

Los análisis microbiológicos serán realizados según los siguientes protocolos referidos del Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (SMWWE):

- ✓ *Método Colilert*  
Este método se basa en la técnica de sustrato enzimático para la detección de Coliformes totales y Escherichia coli.
- ✓ *Método de filtración por membrana utilizando el medio de cultivo TTC*
- ✓ *Método de vertido en placa con el medio de cultivo R2A*
- ✓ *Método para el recuento de Pseudomonas aeruginosa*
- ✓ *Método de análisis*
- ✓ *Método para el recuento de microorganismos*

Este método se realiza por medio de la técnica de filtración por membrana utilizando el medio de cultivo M PA.

(Ver Apéndice; Preparación del ambiente de trabajo, Procedimiento de preparación de diluciones, Métodos de análisis, Descarte de las muestras.)

## VII. RESULTADOS

Recolección de las muestras: la forma de selección de las muestras fue aleatoria; por lo cual se eligieron como mínimo 15 muestras de las distintas marcas tanto nacionales como internacionales, en el punto de venta respectivo, ya sea tienda, expendio y/o supermercado. De todas las marcas comerciales obtenidas, solamente una es importada, siendo el resto de las mismas producidas en Guatemala. De igual manera, se utilizó una selección al azar de los diferentes distribuidores de agua pura que llenan garrafones que operan en distintas colonias de la ciudad de donde se tomaron muestras para analizar.

Las muestras obtenidas para el análisis estaban contenidas en distintos envases: botella plástica de diferentes capacidades (75%), bolsas plásticas (14%) y garrafones de 5 galones (11%), (Ver Gráfica 1, Apéndice). De cada muestra se debía recolectar como mínimo un volumen de 600ml. Al ser recolectadas las muestras envasadas con marca comercial, no todas las muestras presentaban fecha de vencimiento así como el número de lote (en particular las muestras envasadas en bolsa); sin embargo, fueron incluidas en el presente estudio debido que independientemente de este hecho, se encontraban disponibles al consumidor.

El área geográfica de recolección de muestras se circunscribió a la ciudad capital y en total, se analizaron 100 muestras, de las cuales el 82% fueron recolectadas por el personal del departamento de regulación y control de alimentos (DRCA) de acuerdo a sus programas de muestreo regulares; y el 18% de muestras restantes fueron obtenidas de forma particular.

Todas las muestras recolectadas por el DRCA fueron transportadas hacia el Laboratorio Nacional de Salud, en donde se les asignó un código alfa único numérico. Posteriormente fueron ingresadas al Área de Microbiología de Alimentos (MIA) como muestras de vigilancia; éste es un programa en el cuál se realizan los análisis microbiológicos y fisicoquímicos necesarios, con el fin de monitorear y verificar la calidad del producto y así asegurar la inocuidad del mismo durante el tiempo que dura el registro sanitario

Ya en el área de MIA fueron registradas en los libros correspondientes y almacenadas a temperatura ambiente, en un área libre de la luz solar, verificando que no exceda la fecha de expiración de cada muestra.

Los resultados obtenidos de los recuentos de Bacterias Aerobias Mesófilas, Coliformes totales y E. coli en cada una de las 100 muestras, fueron comparados con los parámetros establecidos por la norma nacional Coguanor NGO 29005:99; y los resultados de los análisis obtenidos para el recuento de P. aeruginosa se evalúan con los estándares europeos (Ver Cuadro 1, Apéndice); debido a que la norma nacional no incluye especificaciones para dicho microorganismo. Dichas comparaciones se realizaron con el fin de verificar si los valores obtenidos en los recuentos exceden o no los límites máximos permitidos de dichas normas.

Procedimientos analíticos: todas las muestras fueron analizadas de acuerdo a la metodología descrita en el inciso de MATERIALES Y MÉTODOS del presente documentos. Se realizó una modificación al Método analítico para el recuento de *Pseudomonas aeruginosa* según el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, la cual consiste en lo siguiente: al preparar el medio de cultivo M PA se deben verter 3 mL del mismo en cada caja petri; sin embargo al ser utilizado e incubado bajo las condiciones indicadas en el procedimiento, el volumen del medio de cultivo formaba una capa tan delgada que este se deshidrató, evitando el desarrollo de las bacterias. En consecuencia se realizaron varias pruebas para la preparación del medio de cultivo, combinando distintos volúmenes del medio en las cajas petri y diferentes condiciones de tiempo y temperatura de incubación; así obteniendo el mejor resultado de crecimiento del microorganismo utilizando cajas petri con un volumen del medio de 5 mL incubado a una temperatura de  $41 \pm 1^\circ \text{C}$  por 48 horas.

## 7.4 Resultados analíticos

### 7.4.1 Resultados generales

Del total de las muestras de agua envasada analizadas, 16 muestras (16%) no cumplen con el recuento de coliformes totales, mientras que 84 (84%) muestras sí lo cumplen, siendo el límite máximo  $< 1.1 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$ . Con respecto a los resultados de *E. coli* cabe mencionar que 2 muestras (2 %) de las muestras no cumplen en este parámetro y 98 muestras (98%), que representan el del total de muestras, sí cumplen con el límites establecido, el cual es también  $< 1.1 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$ .

El análisis de filtración por membrana fue llevado a cabo utilizando el medio de cultivo TTC, con excepción de las primeras 10 muestras por no disponer en ese momento del medio de cultivo; sin embargo se procedió a analizar las cien muestras con la técnica de vertido en placa con medio R2A; ambos métodos con el objetivo de obtener el recuento de bacterias aerófilas mesófilas presentes en las muestras.

Con un total de 90 muestras analizadas, los resultados del análisis de filtración por membrana, presentaron 24 (21.6%) muestras que no cumplieron con los límites máximos del recuento de bacterias aeróbias mesófilas y 66 (59.4%) de dichas muestras si los cumplen. Con respecto a la técnica de vertido con el medio de cultivo R2A, si se realizaron las 100 muestras, de las cuáles el 53% no cumplieron con la norma. Tomando en cuenta los límites establecidos en la norma de referencia de  $< 200 \text{ UFC}/ \text{ml}$  de muestra.

En general, para *Pseudomonas aeruginosa* la mayoría de las 100 muestras cumplieron con el límite máximo de  $2 \text{ UFC}/\text{mL}$  según los Estándares Europeos, con la excepción de 5 muestras (5%) que presentaron un recuento mayor. (Resultados Generales: Ver Cuadro 4, Apéndice).

## 7.1.2 Resultados por tipo de envase

### 7.1.2.1. Muestra botella

Resultados de las muestras por tipo de envase; botella (ver Gráfica 3, Apéndice): De las 100 muestras analizadas 75 eran muestras en botella de distintas marcas y procedentes de distintos supermercados y tiendas encontradas en la ciudad capital. Los resultados de Coliformes totales mostraron 4 (5.33%) muestras que no cumplen y 71 (94.66%) muestras que sí cumplen. Todas las muestras envasadas en botella, independiente de su volumen o marca, cumplieron satisfactoriamente con el límite máximo para *Escherichia coli*, es decir todas cumplieron con dicho parámetro.

Con respecto al recuento de bacterias mesófilas, las 10 muestras que no pudieron analizarse por no disponer del material, formaban parte de esta categoría de envase, por lo que solamente se analizaron 65 muestras en botella por la técnica de filtración por membrana (TTC). De las 65 muestras analizadas 3 (4.15%) no cumplieron con la norma Coguanor y 62 (85.38%) si lo hicieron.

Con el método de vertido en placa con el medio R2A se analizaron 74, con excepción a una por no contar con material, de las cuáles un 29% no cumplieron con los parámetros de la norma de referencia.

Los resultados de análisis para determinar la concentración de *Pseudomonas aeruginosa* de las 75 muestras presentaron 5 (6.66%) muestras que no cumplieron y 70 (93.33%) si cumplieron con la norma referida.

### 7.1.2.2 Muestra garrafón de 5 galones

Resultados de las muestras en presentación de garrafón de 5 galones. (Ver Gráfica 3, Apéndice): de las 100 muestras analizadas, 11 fueron llenadas en garrafón de 5 galones que provenían de los filtros llenadores ambulantes o semiestablecidos de distintas colonias de la ciudad capital.

Los resultados de Coliformes totales de las 11 muestras analizadas, presentan 2 muestras (18.18%) de estas no cumplen y 9 (81.81%) si cumplen con la norma Coguanor. Las 11 muestras presentaron valores de recuento para *E coli* aceptables es decir, todas las muestras cumplían con las especificaciones de la norma de referencia.

En el análisis de filtración por membrana con TTC solamente 1 (9.09%) muestra cumple con los límites máximos, es decir, las 10 (90.91%) muestras restantes no cumplen con dichas especificaciones, mientras que con lo que respecta al de vertido en placa con medio R2A, ninguna de las 11 (100%) muestras cumplieron con los límites máximos establecidos. Las 11 muestras (100%) cumplieron con lo

establecido por la norma referente, con lo que respecta a *Pseudomonas aeruginosa*.

#### 7.1.2.3 Muestra bolsa plástica

Resultados de las muestras en presentación de bolsa. (Ver Gráfica 3, Apéndice): de las 100 muestras analizadas 14 fueron envasadas en bolsa y las mismas fueron recolectadas en tiendas de diversos barrios de la ciudad capital. De estas 14 muestras, 10 (71.43%) no cumplieron con los parámetros establecidos para Coliformes totales, de las cuáles 2 (14.28%) presentaron presencia de *E. coli*, es decir no cumplían con dicho parámetro.

En el análisis de filtración por membrana con TTC, 11 (78.57%) muestras presentaron un recuento de bacterias aeróbicas mesófilas que superaba el límite máximo permitido por la norma de Coguanor para agua envasada. Los resultados de la técnica de vertido en placa con R2A presentaron 13 (92.86%) muestras que no cumplían con los parámetros establecidos.

Para *Pseudomonas*, las 14 muestras cumplían con los parámetros de los estándares europeos referidos. (Ver Cuadro 1, Apéndice).

## VIII. DISCUSIÓN

*<<Más del 70% del agua envasada distribuida en la ciudad de Guatemala, no cumple con las especificaciones microbiológicas, establecidas en la Norma Coguanor, NGO29005:99: Norma de Agua Envasada para consumo humano>>*, hipótesis, cuya comprobación, se busca con el presente estudio, y la cuál es rechazada en base a los resultados de los análisis realizados a las cien muestras de agua pura envasada.

De los parámetros analizados en este estudio, algunos microorganismos se utilizan como indicadores de la calidad general del producto de agua envasada, de la eficiencia de los tratamientos de purificación y otros como indicadores de la inocuidad del mismo; los resultados obtenidos fueron comparados con los estándares establecidos por la norma nacional Coguanor, NGO29005:99,(Ver Cuadro 1, Apéndice.): Norma de Agua Envasada para consumo humano y por Estándares Europeos (Ver Cuadro 1, Apéndice.): en el caso del recuento de *Pseudomonas aeruginosa*, cuyo límite máximo no se encuentra especificado en la norma nacional de referencia. El recuento de Bacterias Aerobias Mesófilas se emplea como indicador del contenido bacteriano general del agua. Además, también se utiliza como indicador de la eficiencia y calidad del proceso de purificación del producto. Para el análisis de este parámetro se utilizaron dos métodos analíticos, sin embargo, por falta de material no se pudieron analizar las cien muestras por medio de ambos métodos. Por medio de la técnica de filtración por membrana (TTC) se analizaron 90 muestras, y por vertido en placa (R2A) se realizaron las cien muestras. Por lo tanto, por fines de descripción, el n para el análisis de vertido en placa (R2A) será de 100 y el n para la FM (TTC) será de 90; de la misma manera se reportarán los resultados en el presente trabajo. Los resultados de los análisis de vertido en placa (R2A) muestran un 53% de no cumplimiento de las cien muestras; cumpliendo así 47% de las muestras. Los análisis del método de filtración por membrana presentaron un 24% de las 90 muestras que no cumplían con la norma de referencia.

La falta de cumplimiento de dicho parámetro no conlleva implicaciones graves directas con respecto a la salud del consumidor, sin embargo sí indica que el proceso de tratamiento del producto se encuentra fuera de control y no es el adecuado para proporcionar la higiene del mismo.(Rossenberg, 2003). Se utilizó dos distintos métodos y medios de cultivos para el análisis del recuento de bacterias aerófilas mesófilas con el fin de compararlos (por medio del modelo estadístico para comparación de medias), y conocer de forma experimental, las ventajas y desventajas de ambas técnicas analíticas. Sin embargo, los resultados que se obtuvieron de ambos métodos no reflejaron concordancia entre sí, lo que hizo imposible su comparación estadística, motivo por el cual, los resultados se analizaron de forma independiente. Una de las ventajas que posee el medio de cultivo TTC sobre el R2A, es que el primero se encuentra en una forma que solamente necesita ser rehidratado con agua estéril, mientras que el segundo debe ser preparado y luego, para poder ser utilizado se debe calentar, dejar enfriar y existe el riesgo de eliminar bacterias por un mal control de la temperatura a la hora de ser vertido sobre la muestra o dilución. De igual manera, se encuentra la ventaja a la hora de la lectura que las colonias en el medio TTC se tiñen de color rojo lo que las hace más fácil de detectar por el

ojo humano, en el medio R2A son generalmente muy pequeñas y blancas. Con respecto a las técnicas, se considera que la filtración de membrana requiere más tiempo durante el proceso, pero sin embargo este tiempo se compensa por la razón de que el medio de cultivo ya está listo solo para ser rehidratado y utilizado, sin necesidad de calentarlo o enfriarlo; el grado de dificultad de ambos métodos es el mismo.

Con respecto a los resultados obtenidos se puede observar que en las primeras diez muestras existe contradicción en los resultados de ambos métodos, es decir, mientras los resultados de un método cumple con la norma referida ocurre lo contrario con los resultados del otro método de la misma muestra, problema que se le atribuye a la falta de experiencia del experimentador, cuya técnica mejoró en las muestras posteriores. Para la discusión de los siguientes datos se tomarán en cuenta únicamente los resultados de la técnica de vertido en placa (R2A), ya que con este método fue posible analizar el total de las muestras en estudio. El 53% del agua envasada no cumplió respecto al Recuento de bacterias aerobias mesófilas con la norma referida, es decir, se rechaza la hipótesis planteada. Sin embargo, este porcentaje del producto que no cumple es de suma importancia, ya que la relevancia bacteriológica recae en el hecho de que una concentración que exceda el parámetro establecido por la norma puede indicar una posible presencia de patógenos en el agua, y así mismo problemas de higiene e inocuidad durante el proceso de envasado. (Venieri, 2005).

Se analizaron los resultados de 100 muestras de las cuáles, 53 unidades no cumplen con respecto a la norma de referencia. Al asociar dicho porcentaje de no cumplimiento con el consumo de agua envasada a nivel de la capital en el año 2008, que fue cercano a los 65 millones de litros (Ver Tabla 3, Apéndice), existe un peligro potencial con respecto al consumo de dicho producto si no se presta atención a su calidad como producto de consumo humano. De esta relación, se puede observar lo significativo que se convierte el 53% de no cumplimiento, y las implicaciones que este podría ocasionar en un futuro si no es controlado, ya sea por los productores de agua envasada o por otras autoridades.

El porqué de los resultados obtenidos es incierto, sin embargo existen factores relevantes a tomar en cuenta. Como parte del tratamiento de purificación del agua para envasar se encuentra la etapa de desinfección, cuyo objetivo es reducir la concentración bacteriana, sin embargo se debe tener presente que desinfección no es sinónimo de esterilización y algunas bacterias permanecerán en el producto terminado. Al ser envasada el agua éste forma un sistema cerrado, en el cual, dependiendo la fuente de procedencia de la misma y la eficacia del tratamiento de purificación, así será la cantidad de materia orgánica en el producto; las bacterias que se encuentran en el producto se multiplicarán a expensas de dicha materia orgánica. El tiempo de envasado de las cien muestras y el tiempo en el cual se realizaron los análisis no fueron determinados por falta de trazabilidad. Éste es un factor a tomar en cuenta por la razón de que entre más tiempo transcurre más posibilidad de proliferación bacteriana existe. De la misma forma estudios recientes sugieren que al envasar en recipientes plásticos la proliferación es mayor a otros tipos de material como el vidrio, ya que el plástico es más permeable al oxígeno y otros gases. (Venieri, 2005).

Otro factor importante es la condición de almacenamiento en los lugares donde fueron compradas las muestras, las cuales no se pueden evaluar con certeza, ya que éstas pueden haber estado en refrigeración, condiciones a las que es posible retardar la proliferación bacteriana, o bien a condiciones ambientales que es cuando la concentración de bacterias aumenta. (Rossenberg, 2003)

Es decir, los resultados obtenidos en este estudio se le pueden atribuir a varios aspectos antes mencionados, o bien a la deficiencia de los tratamientos de purificación de las empresas envasadoras de botellas plásticas u otros establecimientos envasadores de bolsas plásticas, o bien a los puntos discutidos acerca de las ventajas y desventajas de los métodos analíticos utilizados en el presente estudio.

El porcentaje obtenido de las cien muestras que no cumple con la norma de referencia con respecto al parámetro de bacterias Coliformes totales es del 16% (Ver Gráfica 3, Apéndice). Los Coliformes totales, cuya ausencia indica que el agua es bacteriológicamente segura, son microorganismos que contaminan el agua generalmente en su fuente de abastecimiento y pueden ser eliminados por un adecuado tratamiento de purificación. La mayoría de muestras (93%) que presentan que excede el límite de coliformes totales, son aquellas envasadas en bolsa plástica, producto que es envasado en bodegas en donde no se asegura que utilicen un tratamiento de purificación del agua o buenas prácticas de manufactura. Por el contrario, en lo que respecta a las muestras envasadas en botella, la mayoría cumplieron con la norma, estas son muestras procesadas por empresas nacionales e internacionales que utilizan procesos de purificación y embalaje adecuados, con excepción de dos muestras que no cumplieron con la norma. Lo anteriormente descrito sugiere que el mayor porcentaje de esta contaminación en la ciudad de Guatemala se encuentra en el producto de agua pura envasada en bolsas plásticas, seguido por los envases de garrafones (91%) y por último el producto envasado en botella plástica (7.81%). (Ver Gráfica4, Apéndice).

Con la misma técnica analítica (Colilert) utilizada para el recuento de Coliformes Totales, se obtiene también un recuento y verificación de la presencia de *Escherichia Coli*. De las cien muestras analizadas, solamente el 2% presenta una prueba positiva, a pesar de ser un porcentaje bajo es muy preocupante, ya que esto puede traer implicaciones muy graves para la salud del consumidor por la presencia de algún patógeno o bien por la falta de higiene. Es necesario recalcar que las únicas muestras que no cumplen con la norma referente para *E. coli* son parte de las muestras envasadas en bolsa. Como se observa, las muestras que presentaron la presencia de *Escherichia coli* eran muestras que habían presentado un recuento mayor de Coliformes totales, al permitido en la norma referente.

Debido a que este microorganismo pueden ser controlados o bien eliminados con adecuados procesos de purificación; como la filtración y clorificación, se debe profundizar en la asociación del envase, el proceso y el hallazgo de microorganismos (Vernier, 2005).

Un porcentaje del 2% de muestras que no cumplen de cien muestras es alto si se consideran la cantidad de millones de agua envasada consumida en un año por la población guatemalteca (Ver Tabla 3, Apéndice), ya que como se ha mencionado anteriormente esta contaminación indica la presencia de heces fecales, las cuales pueden

contener microorganismos patógenos, que pueden provocar la muerte a la población guatemalteca más susceptible, como niños, ancianos, y personas que padecen de alguna enfermedad y tienen afectado el sistema inmune.

La presencia de patógenos en agua envasada es muy rara y ocurre solamente si existe una contaminación en la planta de procesamiento, ya sea por la contaminación del entorno que lo rodea o bien por contaminación fecal. (Waeburton, 2000)

Un microorganismo patógeno de interés, por las muchas implicaciones que han ocurrido por su presencia, es *Pseudomonas aeruginosa*. Según los resultados obtenidos se observa que 5% (Ver Gráfica 3, Apéndice) no cumple con la norma referida para dicho microorganismo. (Ver Tabla 3, Apéndice). Este microorganismo no se encuentra comúnmente en agua envasada, y su detección en este tipo de alimento indica contaminación durante el proceso de envasado, falta de limpieza general del sistema de distribución y asimismo sirven para evaluar la calidad del agua embotellada. (Rossenberg, 2003). En Guatemala aún no existen parámetros específicos para el recuento de dicho microorganismo, sin embargo, en otros países ha sido de importancia su detección por las implicaciones a la salud que este puede representar, por ser un microorganismo patógeno de tipo oportunista sobre todo en la población más susceptible como niños, ancianos, mujeres embarazadas y personas inmunológicamente comprometidas.<sup>(11)</sup>

Es interesante observar, en los resultados del presente estudio, que de las cinco muestras que presentan un recuento alto de *Pseudomonas aeruginosa*, todas presentan un alto recuento de bacterias aerófilas mesófilas y tres de estas, tienen de igual manera un recuento alto de Coliformes totales. Es decir, se puede detectar una relación con la presencia de este microorganismo patógeno y la presencia de los microorganismos indicadores mencionados.

La presencia de esta bacteria en las cinco muestras pudo haber ocurrido luego de ser envasadas y a la hora de distribución por no cumplir con las buenas prácticas de manufactura.

Cuando no se da seguimiento a un buen programa de limpieza del sistema de distribución o envasado en las plantas, existe la posibilidad de que se formen biopelículas de microorganismos en las tuberías y otras partes del equipo, en donde permanecen estos microorganismos patógenos como también otros no patógenos los cuáles provocan recontaminación del producto. (Bharath, 2002).

La hipótesis de este estudio planteaba que el 70% del agua envasada no cumpliría con la calidad microbiológica exigida por la norma de referencia, sin embargo se puede observar con los resultados que el 53% (Ver Gráfica 2, Apéndice) de las cien muestras analizadas no cumplían con alguno de los límites máximos establecidos. Sin embargo, a pesar de ser un porcentaje con un valor debajo que lo previsto, se debe tomar en cuenta que la presencia de una flora bacteriana de cualquiera de los microorganismos indicadores analizados, representa un problema potencial, tanto a corto como a largo plazo.

Los resultados del no cumplimiento de la norma referente con lleva al hecho de que es necesario, y es el momento, de hacer consciencia tanto al consumidor como al productor de agua envasada, de los aspectos perjudiciales que puede representar un producto envasado que no cumpla con las normas referentes; ya que si la situación sigue de esta forma se podrá llegar a aceptar la hipótesis planteada en este estudio.

## IX. CONCLUSIONES

- En general, los resultados obtenidos de las cien muestras de distintas marcas analizadas el 53% no cumplen con alguno de los parámetros analizados y, por lo tanto no cumplen con la calidad microbiológica establecida por la norma Coguanor; es decir la hipótesis se rechaza.
- El agua envasada distribuida en la ciudad capital presenta alrededor de un 16% y un 2% de contaminación, con Coliformes totales y Escherichia coli respectivamente.
- A pesar que el porcentaje de muestras de agua envasada que no cumplen con la norma nacional es menor al planteado en la hipótesis, dicho porcentaje refleja deficiencias sustanciales en los procesos de manufacturación de dicho producto
- Los resultados obtenidos por la técnica de vertido (R2A) y la filtración por membrana (TTC) no reflejaron la concordancia entre sí esperada por la literatura.

## X. RECOMENDACIONES

Con base a los resultados obtenidos en este estudio, se recomienda lo siguiente:

- Mejorar de manera significativa los procesos de producción, y distribución de agua envasada. Por ejemplo, con respecto a los procesos de purificación, se debe estudiar cada etapa del proceso y verificar si se está realizando de la manera correcta según estándares, de igual manera se debe verificar si los pasos de los procesos de purificación utilizados son los correctos y si no hace falta alguno para asegurar la higiene e inocuidad del producto terminado. Con respecto al proceso de distribución se debe asegurar que cada etapa se lleva a cabo de forma higiénica y segura con el material y equipo adecuado y en buenas condiciones.
- Concientizar a la industria sobre la importancia y el riesgo relacionado con el consumo de agua envasada por la población; lo cual puede hacerse por medio de capacitaciones.
- Educar a la población en general con respecto a los peligros y riesgos asociados al consumo de agua envasada de calidad microbiológica inaceptable. No adecuada para su consumo; lo cual puede llevarse a cabo a través de capacitaciones.

Con respecto a futuros estudios se recomienda lo siguiente:

- Ampliar el número de muestras y la distribución geográfica para obtener estadísticas más precisas con respecto a la calidad microbiológica del agua envasada en el país.
- Reenfocar los futuros estudios para poder comparar de forma específica y directa la calidad microbiológica del producto según el tipo de envase y determinar si influye en la misma.
- Comparar el desempeño obtenido por la técnica de filtración con R2A contra la técnica de vertido con el mismo medio de cultivo para evaluar su utilización en este tipo de muestras.
- Generar sistemas de información comprensibles y accesibles a la población en general, para promover su educación en cuanto a los temas relacionados al agua envasada.

## XI. BIBLIOGRAFÍA

### Referencias bibliográficas

- (1) Barrell RAE; Hunter, PR y Nichols, G. 2000. *Microbiological standards for water and their relationship to health risk*. Communicable disease and Public Health, Vol. 3 No 1.
- (2) Borchardt, J.A and Walton, G. 1971. *Water Quality. In Water Quality and Treatment: a Handbook of Public Water Supplies*. 3<sup>rd</sup> ed. American Water Works Association. McGraw Hill, New York.
- (3) Brenner, K; Rankin, C; Sivaganesan, M and Scarpino, P. *Comparison of the Recoveries of Escherichia coli and Total Coliforms from Drinking Water by the MI Agar*. 1996. Method and the U.S. Environmental Protection Agency- Approved Membrane Filter Method. Applied and Environmental Microbiology, American Society for Microbiology. Vol. 62, No. 1. 208 páginas.
- (4) C.L, Chan; Zalifah, M.K. and Norrakiah, S.A. *Microbiological and Physicochemical Quality of Drinking Water*. 2007. The Malaysian Journal of Analytical Sciences. Food Science Programme, School of Chemical Sciences and Food Technology, Faculty of Science and Technology. National University of Malaysia, 43600 Bangi, Selangor, Malaysia. Vol. 11. 420 páginas.
- (5) Eckner, K. *Comparison Of Membrane Filtration And Multiple-Tube Fermentation By The Colilert And Enterolert Methods For Detection Of Waterborne Coliform Bacteria, Escherichia Coli, And Enterococci Used In Drinking And Bathing Water Quality Monitoring In Southern Sweden*. 1998. Applied and Environmental Microbiology. Vol. 64, No. 8. 3083 páginas.
- (6) Erdberg, S; Allen, M; Smith, D and Kriz, N. *Enumeration of Total Coliforms and Escherichia coli from Source Water by the Defined Substrate Technology*. 1990. Applied and Environmental Microbiology, American Society for Microbiology. Vol. 56, No. 2. 369 páginas.
- (7) Murray; Baron; Pfaller; Tenover and Tenover. *Manual of clinical microbiology*. 1999. 7<sup>th</sup> ed. American Society for Microbiology, Washington, D.C.
- (8) Lalumandier, James and Ayers, Leona. *Fluoride and Bacterial Content of Bottled Water vrs Tap Water*. 2000. American Medical Association, Arch FAM Med. From the Department of Community Dentistry western Reserve University, Ohio and Ohio State University College of Medicine and Public Health, Cleveland.
- (9) Letterman, R. American Water Works Association. 2002. *Calidad y tratamiento del agua: Manual de suministros de agua comunitaria*. Editorial McGraw-Hill. España.
- (10) Lightfoot, N.F y Maier, E.A. *Análisis microbiológico de alimentos y aguas; Directrices para el aseguramiento de la calidad*. 2002. Institut Pasteur de Lille. Editorial Acribia, S. A. España.
- (11) Beisker, Loy and Meier, H. *Diversity of Bacteria Growing in Natural Mineral Water after Bottling*. 2005. American Society for Microbiology, Applied and Environmental Microbiology, 3632 páginas.

- (12) Norma Oficial Mexicana NOM-041-SSA1-1993, Bienes y Servicios. Agua purificada envasada. Especificaciones Sanitarias.
- (13) Olson, B.H; Clark, D.L; Milner, B. B, Stewart, M.H and Wolfe, R.L. *Total Coliform Detection in Drinking Water: Comparison of Membrane Filtration With Colilert And Coliquik*. 1991. Applied and Environmental Microbiology, American Society for Microbiology. 1539 páginas.
- (14) Rosenberg, B; Costa, M.L; Ferreira, J.B; Guimarães, P.S and Gangarosa, E.J. *Cholera in Portugal, Modes of Transmission*. 1977. American Journal of Epidemiology, 343 páginas.
- (15) Rosenberg, Fred. *The Microbiology of bottled Water*. 2003. Clinical Microbiology Newsletter. California Lutheran University, Thousands Oaks. CA.
- (16) Salomón, A; Navarrete, MR and García, O. *Coliformes fecales y mesofílicos aerobios en alimentos, superficies y manos del personal y niños de una guardería*. 2006. Rev. Biomed. 95 págs.
- (17) Senior, Dorothy and Ashurst, Philip. *Tecnología del agua embotellada*. 1998. Editorial Acirbia, S.A. España.
- (18) Venieri, D; Vantarakis, A; Komminuo, G. and Papapetropoulou, M. *Microbiological evaluation of bottled non-carbonated ("still") water from domestic brands in Greece*. 2005. International Journal of Food Microbiology.

#### Referencias de Internet

- (19) *Normas oficiales para la calidad del agua Argentina; disposiciones de la ley 18284 (código alimentario argentino) sobre aguas*. Agua potable. Descargado el 10/01/09. <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/e/normas2/Norma-Arg.pdf>
- (20) *Norma Salvadoreña de Agua Embotellada*, NSO 13.07.02:08. [http://www.mspas.gob.sv/regulacion/pdf/norma/norma\\_obligatoria\\_agua\\_ensasad\\_a.pdf](http://www.mspas.gob.sv/regulacion/pdf/norma/norma_obligatoria_agua_ensasad_a.pdf) (descargada 22 de enero del 2009).
- (21) *Academia Nacional de Ciencias. Global Health and Education Fundation*. 2008. El agua potable segura es esencial. <http://www.drinking-water.org/html/es/Sources/index.html>.
- (22) Excel Water Technologies, Inc; A commercial Watertech Company. [http://www.excelwater.com/spa/b2c/water\\_tech\\_3.php](http://www.excelwater.com/spa/b2c/water_tech_3.php). (descargado el 15 de enero 2009).

#### Guías y códigos

- (23) *Criterios relativos a la salud y otra información de base*. 1987. Guías para la calidad del agua potable. Organización Panamericana de la Salud. Publicación Científica 2 (506).
- (24) Guía para calidad del agua potable. Organización Mundial de la Salud. 2008. ISBN 92 4 154696 4. 1.
- (25) International Bottled Water Association, *Bottled Water Code of Practice*. 2007.
- (26) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 1995. 19ª ed. APHA, AWWA, y WPCF. Washington, D.C.

Normas nacionales e internacionales

- (27) Coguanor, NGO29005: 99. Agua envasada para consumo humano.
- (28) Norma Oficial Mexicana NOM-041-SSA1-1993, Bienes y Servicios. Agua purificada envasada. Especificaciones Sanitarias
- (29) Estándares Europeos de la calidad del agua potable. Directiva 98/83/EC sobre la calidad del agua destinada a consumo humano; parámetros microbiológicos.

## XII. APÉNDICE

**TABLA 1.** Cifras de producción de agua envasada en la ciudad de Guatemala durante cada mes del año 2008.

<b>Mes</b>	<b>Producción de agua envasada en la ciudad de Guatemala (millones de litros)</b>
Enero	5, 032, 413.67
Febrero	3, 547, 062. 63
Marzo	1, 132, 883. 86
Abril	3, 299, 059. 96
Mayo	4, 825, 120. 62
Junio	4, 288, 115. 16
Julio	5, 163, 384. 63
Agosto	5, 620, 776. 55
Septiembre	5, 615, 123. 06
Octubre	4, 810, 232. 70
Noviembre	3, 929, 923. 62
Diciembre	5, 217, 414. 31
Total	52, 481, 510. 77

(Fuente: SAT-Intendencia de Recaudación)

**TABLA 2.** Cifras de producción de agua envasa en la ciudad de Guatemala durante los meses de enero y febrero del 2009.

<b>Mes</b>	<b>Producción de agua envasa en la ciudad de Guatemala (millones de litros)</b>
Enero	5, 395, 646. 09
Febrero	4, 468, 173. 57
Total	9, 863, 819.66

**TABLA 3.** Consumo de agua envasada en la ciudad de Guatemala durante el año 2008.

<b>Mes</b>	<b>Consumo de agua envasada en la ciudad de Guatemala (millones de litros)</b>
Enero	4, 726, 556. 65
Febrero	5, 195, 264.66
Marzo	7, 052, 062.09
Abril	6, 241, 879.32
Mayo	6, 968, 414.83
Junio	4, 209, 658.71
Julio	4, 842, 899.68
Agosto	5, 911, 950.36
Septiembre	5, 804, 690.33
Octubre	4, 404, 014. 76
Noviembre	4, 177, 269.67
Diciembre	5, 140, 217.02
<b>Total</b>	<b>64, 674, 878. 08</b>

(Fuente: SAT-Intendencia de Recaudación)

**TABLA 4.** Consumo de agua envasada en la ciudad de Guatemala durante los meses de enero y febrero del año 2009.

<b>Mes</b>	<b>Consumo de agua envasada en la ciudad de Guatemala (millones de litros)</b>
Enero	4, 548, 412.41
Febrero	4, 310, 031. 11
Total	8, 858, 443.52

(Fuente: SAT-Intendencia de Recaudación)

**TABLA 5.** Dosis de rayos ultravioleta que requieren algunas bacterias para ser destruidas; micro watts/segundo por centímetro cuadrado.

Agrobacterium tumefaciens	8500
Bacillus anthracis	8700
Bacillus megaterium (vegatative)	2500
Bacillus subtills (vegatative)	11000
Clostridium Tetani	22000
Corynebacterium diphtheria's	6500
Escherichia coli	7000
Legionella bozemanii	3500
Legionella micdadel	3100
Legionella pneumophilla (legionnaires disease)	3800
Mycobaterium tuberculosis	10000
Neisseria catarrhalls	8500
Proteus vulgaris	6600
Pseudomonas seruginosa (laboratory strain)	3900
Pseudomonas aeruginosa (environmental strain)	10500
Rhodospirillum rubrum	6200
Salmonella enteritidis	7800
Salmonella paratyphi (enteric fever)	6100
Salmonella typhimunum	15200
Salmonella typhosa (typhoid fever)	6000
Seratia marcescens	6200
Shigella dysenterai (dysentery)	4200
Shigella Flexneri (dysentery)	3400
Shigella sonnell	7000
Staphylococcus epidermidis	5800
Staphylococcus aureus	7000
Streptococcus faecalls	10000
Streptococcus hemolyicus	5500
Streptococcus lactis	8800
Vibrio cholerae	6500

(Excel Water Technologies, Inc; A commercial Watertech Company.  
[http://www.excelwater.com/spa/b2c/water\\_tech\\_3.php](http://www.excelwater.com/spa/b2c/water_tech_3.php)).

**TABLA 6.** Dosis de rayos ultravioleta que requieren algunas levaduras para ser destruidas; micro watts/segundo por centímetro cuadrado.

Bakers yeast	8800
Brewers yeast	6600
Common yeast cake	13200

(Excel Water Technologies, Inc; A commercial Watertech Company.  
[http://www.excelwater.com/spa/b2c/water\\_tech\\_3.php](http://www.excelwater.com/spa/b2c/water_tech_3.php)).

**TABLA 7.** Dosis de rayos ultravioleta que requieren algunas esporas para ser destruidas; micro watts/segundo por centímetro cuadrado.

Penicillum digitatum (olive)	8800
Penicillum expensum (olive)	22000
PeniciHum roqueforti (green)	26400

(Excel Water Technologies, Inc; A commercial Watertech Company.  
[http://www.excelwater.com/spa/b2c/water\\_tech\\_3.php](http://www.excelwater.com/spa/b2c/water_tech_3.php)).

**TABLA 8.** Dosis de rayos ultravioleta que requieren algunas algas para ser destruidas; micro watts/segundo por centímetro cuadrado.

Chlorella vulgaris (algae)	22000
----------------------------	-------

(Excel Water Technologies, Inc; A commercial Watertech Company.  
[http://www.excelwater.com/spa/b2c/water\\_tech\\_3.php](http://www.excelwater.com/spa/b2c/water_tech_3.php))

**TABLA 9.** Dosis de rayos ultravioleta que requieren algunos virus para ser destruidas; micro watts/segundo por centímetro cuadrado.

Bacteriophage (E. coli)	6600
Hepatitis virus	8000
Influenza virus	6600
Poliovirus (poliomyelitis)	2100
Rotavirus	2400

(Excel Water Technologies, Inc; A commercial Watertech Company. Descargado el 15/02/09.  
[http://www.excelwater.com/spa/b2c/water\\_tech\\_3.php](http://www.excelwater.com/spa/b2c/water_tech_3.php))

**CUADRO 1.** Límites microbiológicos para Agua Embotellada establecidos por distintas organizaciones alrededor del mundo.

	<b>Aeróbias Mesófilas(UFC/mL)</b>	<b>E. Coli (UFC/100mL)</b>	<b>Coliformes totales (UFC/100mL)</b>	<b>Pseudomonas aeruginosa</b>
Coguanor, NGO29005:99: Norma de Agua Envasada para consumo humano. <sup>(27)</sup>	< 200	< 1.1 NMP/100ml < 1 UFC/ml (Filtración por membrana MF).	< 1.1 NMP/100ml < 1 UFC/ml (Filtración por membrana).	--
Norma oficial Mexicana NOM-041-SSA1-1993 <sup>(27)</sup>	100	No detectable.	Cero.	--
Normas de OMS (organización mundial de la salud) <sup>(28)</sup>	--	No detectable.	No detectable.	--
IBWA Standard of Product Quality <sup>(19)</sup>	--	No detectable.	No detectable.	--
FDA <sup>(19)</sup>	--	NMP < 2.2 organismos. MF: <4 UFC.	NMP < 2.2 organismos. MF: <4 UFC.	--
EPA <sup>(19)</sup>	--	No más de 5% de las muestras monitoreadas válidas.	No más del 5% de las pruebas monitoreadas válidas.	--
Codex Alimentarius: Normas para las aguas minerales naturales; Codez Stan 108 – 1981. <sup>(19)</sup>	--	No detectable.	No detectable.	Si > 2 en 250mL, se rechaza.
Codex Alimentarius: Norma general para las aguas embotelladas codex stan 227. <sup>(19)</sup>	--	No detectable.	No detectable.	--
Estándares Europeos <sup>(20)</sup>	100 UFC/mL (22° C) 10 UFC/mL ( 37° C)	No detectable.	No detectable.	0/250mL
Normas oficiales de Argentina, ley 18284 <sup>(19)</sup>	A 37° C: valor máx: <500	No detectable.	37° C: < 3 NMP/100ml.	No detectable/ 100MI
Normas oficiales salvadoreñas <sup>(23)</sup>	Técnica filtración por membrana: 100 UFC/mL  Técnica de placa vertida: 100UFC/MI	Filtración por membrana: 0 NMP: < 1.1 Placa vertida: ausencia.	Filtrado por membrana: 0 NMP: < 1.1 Placa vertida: ausencia.	Filtración por membrana: ausencia t. tubos múltiples: N/A t. placa vertida: ausencia

-- indica que no hay especificaciones para dicho parámetro

Símbolos y abreviaturas:

mL	Cuando en las normas anteriores se hace referencia a los siguientes símbolos y abreviaturas se entienden por: mililitro
NMP	número más probable
UFC	unidades formadores de colonia
NA	no aplicable
--	no hay especificaciones para dicho parámetro en la norma correspondiente.

**CUADRO 2.** Información acerca del sustrato y la enzima propia de bacterias pertenecientes al grupo Coliforme y E. coli respectivamente.

Microorganismo	Sustrato en la prueba	Enzima del microorganismo que hidroliza el sustrato	Respuesta
Bacterias coliformes	ONPG	B-D-galactosidasa	Cambio de color
E. coli	MUG	B-glucuronidasa	Fluorescencia bajo luz UV (366 nm)

(13)

**CUADRO 3.** Temperaturas de incubación de los medios de cultivos para los microorganismos de interés respectivos.

Medio de cultivo	Técnica/s que lo utiliza	Temperatura y tiempo de incubación	Microorganismos de interés	Cómo se ven las colonias del MO	Principio del medio
LES Endo agar	FM NMP	37° C / 24 h	Coliformes totales	Colonias rojas con amarillo metálico.	Fermentación de la lactosa por medio de los MOs.
M Endo	FM	35 – 37° C/24 h	Coliformes totales	Colonias color rojizo.	Posee los nutrientes necesarios para el desarrollo del microorganismo.
Caldo de lauril triptosa	(verificación) Ausencia – presencia. NMP (requiere confirmación.:BGLB)	35° C/ 48 h	Coliformes totales	Producción de gas	
Caldo verde brillante lactosa (BGLB)	(verificación) Cuantificación	35° C/ 48 h	Coliformes totales.	Producción de gas.	Fermentación de lactosa.
Agar m TEC	FM	44.5° C/ 48 h	E. coli	Colonias color púrpura-rojo	La E. coli fermenta la lactosa del agar.
EC-MUG	(detección)FM NMP	44.5° C/ 24 h	E. coli	Fluorescente azul rodea la colonia	Hidrolización de MUG.
Caldo EC	FM NMP	44.5° C /24 h	Coliformes termo tolerantes	Producción de gas.	Fermentación de lactosa a 44° C.
Agar m FCIC (necesita ser preparado)	FM	35° C/ 24 h	Coliformes totales (sobre todo Klebsiella)	(Klebsiella)color azul	Fermentación de lactosa
M FC	FM	44.5° C/24 h	Coliformes termo tolerantes	Colonias azules.	
Agar M PA	FM	41.5° C/72 h	Pseudomonas aeruginosa	Pigmentación amarillo-verde (después de confirmación.)	Se confirma con agar de leche (35° C/24h); hidroliza la caseína.
Caldo de cetramide	FM	35-37° C/ 18 - 24 h	Pseudomona aeruginosa	Colonias color verdoso.	Degradación de cetramide.
Pseudomonas agar F-PAF (Flo Agar)	NMP Vertido en placa	35-37° C/ 18-24 h	Pseudomona aeruginosa.	Las colonias confirmadas producen un amarillo – verde fluorescente.	El contenido de caseína junto con la peptona conduce a la producción de fluorescencia por parte de la Pseudomona.
Pseudomonas agar P-PAP (Tech Agar)	NMP Vertido en placa	35-37° C/ 18-24 h	Pseudomonas aeruginosa.	Las colonias confirmadas producen un pigmento azul.	Contiene gelatina con bajo contenido de fósforo para minimizar la inhibición de la producción de pigmento pyocianina.
Caldo de asparagina	NMP	37° C/24 h	Pseudomonas aeruginosa	Verde fluorescente. Color morado (después de confirmación)	Se confirma con caldo de acetamida (37° C/24h)
Agar Plate count (agar Standard)	FM Vertido en Placa	35° C/24 h	Bacterias aeróbicas mesófilas	Colonias rojizas	
R2A	Vertido en Placa Eparcido FM	35° C/48 h	Bacterias heterotróficas	Colonias blancas.	

CUADRO 4. Resultados de los análisis microbiológicos realizados a las cien muestras en estudio.

#	PRESENTACIÓN	Coliformes Totales	E. coli	TTC	TTC	R2A	Pseudomona ps.
		Total (NMP/100mL)	Total (NMP/100mL)	(UFC/100mL)	(UFC/1 MI)	(UFC/1mL)	Total(UFC/200mL)
1	Botella	270	< 1	x	x	40	NP
2	Botella 600mL	< 1	< 1	x	x	8	NP
3	Botella 600mL	< 1	< 1	x	x	2900	NP
4	Botella 600mL	< 1	< 1	x	x	700	NP
5	Botella 600mL	1	< 1	x	x	2100	NP
6	Botella 600mL	< 1	< 1	x	x	10	NP
7	Botella 600mL	< 1	< 1	x	x	3300	NP
8	Botella 600mL	< 1	< 1	x	x	x	NP
9	Botella 600mL	< 1	< 1	x	x	90	NP
10	Botella 600mL	< 1	< 1	x	x	100	NP
11	Botella 600mL	< 1	< 1	30000	300	2850	NP
12	Botella 600mL	< 1	< 1	0	0	20	NP
13	Botella 600mL	< 1	< 1	200000	2000	200	NP
14	Botella 600mL	< 1	< 1	2500	25	300	NP
15	Botella 600mL	< 1	< 1	150	1.5	100	NP
16	Botella 600mL	< 1	< 1	300	3	100	NP
17	Botella 600mL	< 1	< 1	20	0.2	200	NP
18	Botella 600mL	< 1	< 1	3200	32	200	NP
19	Botella 600mL	< 1	< 1	300	3	100	NP
20	Botella 600mL	< 1	< 1	100	1	20	NP
21	Botella 600mL	< 1	< 1	100	1	160	NP
22	Botella 600mL	< 1	< 1	100	1	600	NP
23	Botella 600mL	< 1	< 1	300	3	600	NP
24	Botella 600mL	< 1	< 1	500	5	200	NP
25	Botella 600mL	< 1	< 1	300	3	300	NP
26	Botella 600mL	< 1	< 1	200	2	600	NP
27	Botella 600mL	< 1	< 1	1	0.01	10	NP
28	Botella 600mL	< 1	< 1	15200	152	1000	NP
29	Botella 600mL	< 1	< 1	20	0.2	0	NP

Continuación Cuadro 4.							
#	PRESENTACIÓN	Coliformes Totales Total (NMP/100mL)	E. coli Total (NMP/100mL)	TTC (UFC/100mL)	TTC (UFC/1 MI)	R2A (UFC/1mL)	Pseudomona ps. Total(UFC/200mL)
30	Botella 600mL	< 1	< 1	20	0.2	0	NP
31	Botella 600mL	< 1	< 1	20	0.2	900	NP
32	Botella 600mL	< 1	< 1	0	0	20	NP
33	Botella 600mL	< 1	< 1	100	1	400	NP
34	Botella 600mL	< 1	< 1	1	0.01	100	NP
35	Botella 600mL	< 1	< 1	10	0.1	2800	NP
36	Botella 600mL	< 1	< 1	10	0.1	1000	NP
37	Botella 600mL	< 1	< 1	1	0.01	10	NP
38	Botella 600mL	5	< 1	6000	60	12500	6900
39	Botella 600mL	< 1	< 1	8000	80	12500	100
40	Botella 600mL	4.1	< 1	5200	52	12500	7800
41	Botella 600mL	2	< 1	6900	69	13600	200
42	Botella 600mL	< 1	< 1	10	0.1	100	NP
43	Botella 600mL	< 1	< 1	6	0.06	190	NP
44	Botella 600mL	< 1	< 1	0	0	3	NP
45	Botella 600mL	< 1	< 1	100	1	0	NP
46	Botella 600mL	< 1	< 1	100	1	200	NP
47	Botella 600mL	< 1	< 1	100	1	1200	NP
48	Botella 600mL	< 1	< 1	2200	22	5200	NP
49	Botella 600mL	< 1	< 1	200	2	1	NP
50	Botella 600mL	< 1	< 1	300	3	2300	NP
51	botella 600mL	< 1	< 1	1	0.01	20	NP
52	botella 600mL	< 1	< 1	1	0.01	20	NP
53	botella 600mL	< 1	< 1	0	0	3	NP
54	botella 600mL	< 1	< 1	700	7	9	NP
55	botella 600mL	< 1	< 1	500	5	3900	NP
56	botella 600mL	< 1	< 1	0	0	1	NP
57	botella 600mL	< 1	< 1	1	0.01	1	NP
58	botella 600mL	< 1	< 1	1	0.01	1	NP
59	botella 600mL	< 1	< 1	1	0.01	10	NP

Continuación Cuadro 4.							
#	PRESENTACIÓN	Coliformes Totales Total (NMP/100mL)	E. coli Total (NMP/100mL)	TTC (UFC/100mL)	TTC (UFC/1 MI)	R2A (UFC/1mL)	Pseudomona ps. Total(UFC/200mL)
60	Botella 1 L	< 1	< 1	300	3	10	NP
61	Botella 1L	< 1	< 1	3300	33	50	NP
62	Botella 294mL	< 1	< 1	4600	46	300	NP
63	Botella 280mL	< 1	< 1	100	1	1600	NP
64	Galón	< 1	< 1	3	0.03	2	NP
65	1GALON	< 1	< 1	0	0	500	NP
66	1 GALÓN	< 1	< 1	0	0	2	NP
67	botella 600mL	< 1	< 1	10000	100	20000	NP
68	botella 1.5L	< 1	< 1	200	2	100	NP
69	botella 600mL	< 1	< 1	200	2	60	NP
70	botella 600mL	< 1	< 1	1	0.01	5	NP
71	botella 600mL	< 1	< 1	10	0.1	4900	NP
72	botella 600mL	< 1	< 1	4900	49	2	NP
73	botella 600mL	< 1	< 1	1	0.01	0	NP
74	botella 600mL	< 1	< 1	100	1	10	NP
75	botella 600mL	< 1	< 1	158000	1580	17000	33000

76	garrafón 5gl	< 1	< 1	250000	2500	40000	NP
77	garrafón 5gl	21.2	< 1	500000	5000	40000	NP
78	garrafón 5gl	1	< 1	2000	20	40000	NP
79	garrafón 5gl	< 1	< 1	63000	630	50000	NP
80	garrafón 5gl	28.2	< 1	1800000	18000	30000	NP
81	garrafón 5gl	1	< 1	9800000	98000	170000	NP
82	garrafón 5gl	< 1	< 1	2600000	26000	140000	NP
83	garrafón 5gl	< 1	< 1	10600000	106000	2000	NP
84	garrafón 5gl	< 1	< 1	2000000	20000	130000	NP
85	garrafón 5gl	< 1	< 1	8000000	80000	100000	NP
86	garrafón 5gl	< 1	< 1	500000	5000	5000	NP

Continuación Cuadro 4.							
		Coliformes Totales	E. coli	TTC	TTC	R2A	Pseudomona ps.
#	PRESENTACIÓN	Total (NMP/100mL)	Total (NMP/100mL)	(UFC/100mL)	(UFC/1 MI)	(UFC/1mL)	Total(UFC/200mL)
87	Bolsa	12.2	3.1	1500000	150000	2000000	NP
88	Bolsa	223	1	3000000	30000	3000000	NP
89	Bolsa	> 2419.6	< 1	3000000	30000	5850	NP
90	bolsa	72.8	< 1	134000000	1340000	34000000	NP
91	Bolsa	9.7	< 1	1000000	10000	600	NP
92	Bolsa	9.8	5.1	33000000	330000	1000000	NP
93	bolsa	5.2	< 1	15000000	150000	800	NP
94	Bolsa	4	< 1	4000000	40000	3000000	NP
95	Bolsa	> 2419.6	< 1	162000000	1620000	3000000	NP
96	Bolsa	> 2419.6	< 1	4000000	40000	800	NP
97	bolsa	< 1	< 1	420000	4200	320000	NP
98	bolsa	< 1	< 1	200	2	100	NP
99	bolsa	< 1	< 1	6200	62	4300	NP
100	bolsa	< 1	< 1	3400	34	3300	NP

NOTA: los resultados del análisis de filtración por membrana (TTC) se dividieron dentro de 100 con el fin de obtener el resultado por mL de muestra; para poder ser comparados con la norma de referencia.

NP = no hay presencia del microorganismo de interés.

- MATERIALES Y MÉTODOS

#### 12.4 MÉTODOS ANALÍTICOS DE LABORATORIO

Los análisis microbiológicos serán realizados según los siguientes protocolos referidos del Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (SMWWE):

- ✓ Método Colilert

Este método se basa en la técnica de sustrato enzimático para la detección de Coliformes totales y *Escherichia coli*.

Materiales:

- Algodón con alcohol al 70%
- Kit de Colilert:
  - Charolas
  - Frascos estériles
  - Cápsulas con sustrato deshidratado
  - Sellador Quanty Tray
- Incubadora a temperatura  $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .
- Cámara de UV a una longitud de 360 nm.

- ✓ Métodos para el recuento total de bacterias aerófilas mesófilas

*Método de filtración por membrana utilizando el medio de cultivo TTC*

Materiales:

- Manifold
- Unidades de filtración estériles
- Bomba de vacío
- Membranas de poro 0.45  $\mu\text{m}$  para filtrar agua
- Probetas de 100 mL
- Pinzas estériles
- Cajas petri con medio TTC deshidratado.
- Incubadora a una temperatura de  $30^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .
- Cámara cuenta colonias.

*Método de vertido en placa con el medio de cultivo R2A*

Materiales:

Preparación del medio R2A.

- Balanza semianalítica.
- Estufa
- Autoclave a temperatura  $125^{\circ}\text{C}$  y 15 psi.
- Botellas
- Refrigerado a una temperatura aprox. de  $8^{\circ}\text{C}$ .

#### Análisis

- Medio de cultivo R2A.
- Autoclave (125° C y 15 psi).
- Pipeta automática de 1 mL
- Cajas Petri
- Incubadora a una temperatura de 35° C  $\pm$  1° C.
- Cámara cuenta colonias.

#### ✓ Método para el recuento de Pseudomonas aeruginosa

Este método se realiza por medio de la técnica de filtración por membrana utilizando el medio de cultivo M PA.

#### Materiales:

##### Preparación de medio M PA

- Balanza semianalítica.
- Estufa
- Autoclave a temperatura 125° C y 15 psi.
- Cajas Petri
- Refrigerado a una temperatura aprox. de 8° C.

##### Análisis

- Manifold
- Unidades de filtración estériles
- Bomba de vacío
- Membranas de poro 0.45  $\mu$ m para filtrar agua.
- Probetas de 100 mL
- Pinzas estériles
- Cajas Petri con medio M PA.
- Incubadora a una temperatura de 30° C  $\pm$  1° C.
- Cámara cuenta colónias.

## 1.0 METODOLOGÍA

4.0.1 Preparación del ambiente de trabajo: antes de empezar a analizar una muestra se debe asegurar de limpiar con alcohol el área de trabajo y encender los mecheros con el fin de minimizar la contaminación en el ambiente, mantener encendidos los mecheros durante la realización de todos los análisis; la calidad microbiológica del ambiente del área de trabajo se controla colocando una caja petri con agar nutritivo por 15 minutos y luego se incuba por 48 horas a una temperatura de 35  $\pm$  1° C; el límite máximo permitido es de 10 colonias por caja.

Si el recuento sobrepasa el límite permitido debe tomarse medidas correctivas ya que esto puede afectar los resultados de los análisis realizados a las muestras de agua, y deben de repetirse los análisis. La muestra a analizar se debe limpiar por fuera con alcohol para asegurar la limpieza y evitar contaminación cruzada por el ambiente o bien suciedad de su procedencia.

4.0.2 Diluciones: al tener lista la muestra para analizar se agita durante 15 segundos para asegurar su homogeneidad y se procede a hacer las diluciones respectivas según la norma Coguanor, NGO29005:99: Norma de Agua Envasada para consumo humano de agua envasada. Todo el material de vidrio utilizado para la realización de las diluciones es previamente esterilizado. La muestra original representa la dilución 0, luego para realizar las respectivas diluciones de cada muestra, se colocan 450 mL de agua estéril en frascos de vidrio y con una pipeta, se colocan 50 mL de la muestra; luego se homogeniza en un Vortex cada dilución por un período de 2 minutos.

Las siguientes diluciones se realizan de la misma manera.

#### 4.0.2.1 Métodos de análisis

Los parámetros a evaluar serán:

- Bacterias aerobias mesófilas
- Coliformes totales
- E. coli
- Pseudomonas aeruginosa
- Técnicas analíticas

#### Métodos para el recuento de microorganismos

Los recuentos serán realizados por los siguientes métodos según microorganismo de interés:

##### **.- Coliformes totales y E. coli**

Se utilizará el método de Colilert

- Agitar bien la muestra en su recipiente
- Colocar 100 mL del agua directamente a un frasco esterilizado que es parte del equipo de Colilert.
- Agitar el frasco cerrado 15 veces hasta lograr homogeneidad.
- Verter el líquido en las charolas para inocular y sellarlas con el sellador Quanty Tray (es parte del kit).
- Incubar a  $35 \pm 1^\circ \text{C}$  por un período de 18- 24 horas.
- Lectura: utilizar la misma prueba incubada para los la detección de ambos microorganismos.

.- Para detectar Coliformes totales la solución incolora se torna amarillo, lo que verifica una prueba positiva con presencia de Coliformes totales. El resultado presuntivo se obtiene con ayuda de la tabla de lectura (es parte del equipo Colilert).

- Para detectar E. coli colocar la muestra en luz UV a una longitud de 366 nm. Un color fluorescente indica que la muestra es positiva y que contiene E. coli. Para obtener resultados presuntivos se utiliza el mismo método con ayuda de la tabla de lectura.  
(18)

o **Bacterias aeróbias mesófilas**

Técnica de vertido en placa con medio de cultivo R2A

- Preparar el agar R2A: pesar el agar base, agregar la cantidad de agua estéril correspondiente y esterilizar. Mantener en refrigeración (aprox. 8° C) hasta su utilización.
- Licuar el medio R2A en la autoclave a una temperatura de 125° C y una presión de 15 psi.
- En duplicado, colocar 1 mL de muestra en cajas Petri y luego de atemperado el medio a 45 ± 1° C verter este sobre las muestras en cada caja Petri, e incubar a 35 ± 1° C durante 48 horas.

Contar todas las colonias, expresando el resultado en UFC (unidades formadoras de colonias) por ml de muestra de agua.

Sólo son significativas para la enumeración las placas que presenten recuentos entre 30-300 colonias. Si el recuento es superior a 300 colonias por ml, deberá repetirse el ensayo aumentando las diluciones.  
(18)

Fórmula para poder calcular el Recuento de bacterias aeróbias mesófilas en placas con 25 – 250 UFC:

$$N = \sum C / [(1 * n1) + (0.1 * n2)] * (d)$$

Dónde,

N... # de colonias por mL o g de producto  
 $\sum C$ ..... suma de colonias en todos los petri  
 n1..... # de placas para el recuento de la primera dilución  
 n2..... # de placas para el recuento de la segunda dilución  
 d... dilución en la cual fue obtenida el primer recuento

(Referencia: BAM, Manual Analítico Bacteriológico de la FDA, Food and Drug Administration.)

Se utilizará la filtración por membrana con agar Standard TTC (cloruro de trifetil tretazolio)

- Asegurar que el equipo de filtración esté limpio y las unidades de filtración estériles.
- Desinfectar el área de trabajo con alcohol.
- Encender el mechero para asegurar la esterilización del ambiente de trabajo. Procurar de trabajar lo más cercano al mechero posible, para evitar contaminación externa del material y muestras.
- Siempre esterilizar en el mechero las pinzas y dejar que se enfríen para manipular las membranas.
- Con las pinzas estériles agarrar la membrana con poros de 0.45 um, colocarla en el filtro y filtrar con ayuda del vacío. toda muestra se hace en duplicado.

- Cerrar el vacío y colocar la membrana con ayuda de la pinza estéril en el Petri que ya contiene el agar TTC.
- Cerrar la placa Petri, invertirla y colocarla en la incubadora a  $30 \pm 2^\circ \text{C}$  durante 48 horas.
- Lectura: Las colonias deben ser contadas directamente como unidades formadoras de colonias (UFC). La mayoría de colonias de bacterias presentan un color rojo por la reducción del TTC.<sup>(18)</sup>

o **Pseudomonas aeruginosa**

Se realizará la técnica de filtración por membrana con el medio de cultivo M-PA

- Asegurar que el equipo de filtración esté limpio.
- Colocar una membrana de poro 0.45  $\mu\text{m}$  filtrante estéril, bajo condiciones asépticas, sobre el centro del portafiltro, usando pinzas estériles.
- Verter 200 mL de la muestra de agua y filtrar.
- Remover la parte superior del portafiltro, y con una pinza estéril transferir la membrana a la placa de Petri que contiene el medio de cultivo correspondiente.
- Cerrar la placa Petri, identificarla y colocarla en la incubadora a una temperatura y tiempo que requiera el medio utilizado.
- Las colonias de Pseudomona aeruginosa presentan una forma esférica de color verde café.
- Lectura: en la superficie de las cajas Petri de cada agar se deben contar todas las colonias presentes, cada colonia se reporta como unidad formadora de colonia (UFC) por 200 mL de muestra.
- El procedimiento de filtración por membrana se realizará utilizando el medio de cultivo M PA, este es un medio que no está disponible en forma deshidratada por lo que debe prepararse como indica el Standard Methods of Water and Wastewater:

Preparación de medio de cultivo M PA:

Agar M – PA: este agar no se encuentra disponible en forma deshidratada razón por la cuál debe ser preparado a partir de los ingredientes básicos.

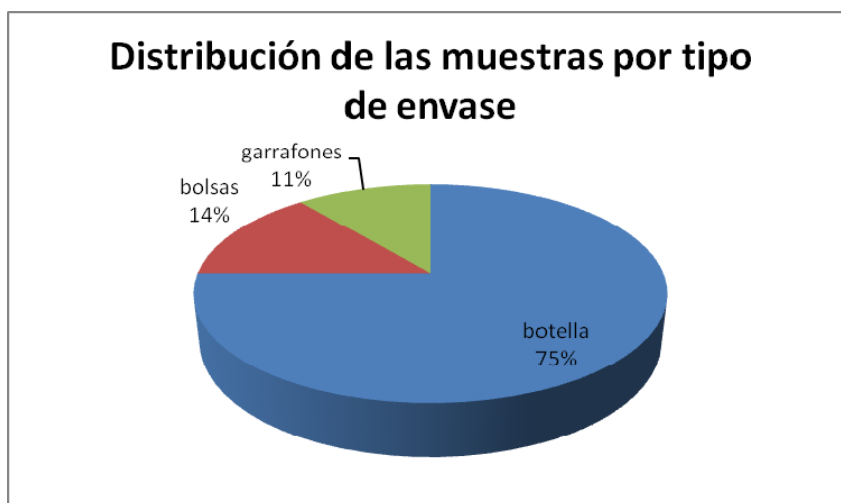
L-lisina HCL.....	5g
Cloruro de Sodio, NaCL.....	5g
Extracto de Levadura.....	2g
Xilosa.....	2.5g
Sucarosa.....	1.25g
Lactosa.....	1.25g
Rojo Fenol.....	0.08g
Citrato Amonio Ferrico.....	0.8g
Tiosulfato de Sodio.....	6.8g
Agar.....	15g
Agua desmineralizada.....	1L

Ajustar el pH a  $6.5 \pm 0.1$  y esterilizar en la autoclave. Enfriar hasta un rango de temperatura de  $55^{\circ}\text{C}$  a  $60^{\circ}\text{C}$ ; reajustar el pH a  $7.1 \pm 0.2$  y añadir los siguientes antibióticos en seco por litro del agar base; sulfapiridina, 176 mg; kanamicina, 8.5 mg; ácido nalidíxico, 37 mg; y cycloheximida, 10 mg. Después de mezclar todos los ingredientes dispensar cantidades de 3 mL en cajas petri de 50 x 12 mm. Almacenar las cajas petri a temperatura entre  $2^{\circ}\text{C}$  a  $8^{\circ}\text{C}$ . Descartar las cajas con el medio que no han sido utilizadas luego de un mes.

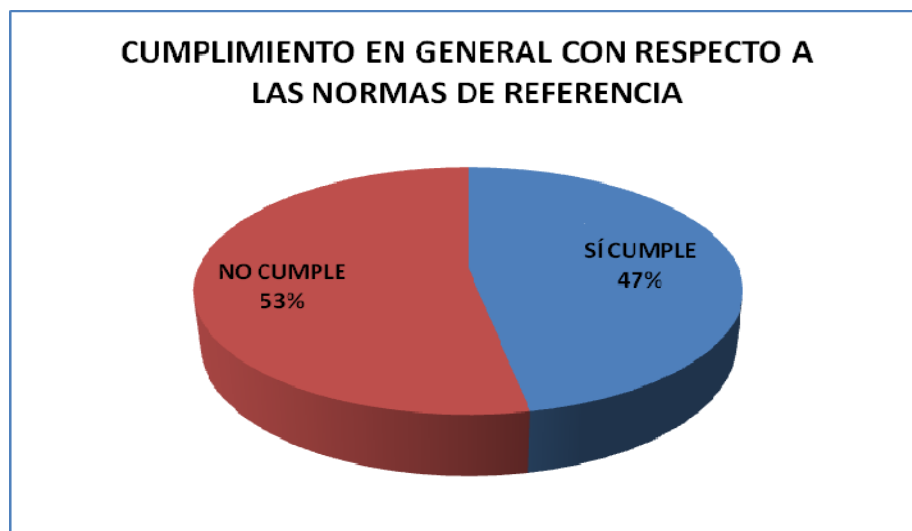
(Referencia: Standard Methods for examination of Water and Wastewater (SMAWW), 2000. Recreational Waters (9213) E./ Membrane Filter Technique for *Pseudomonas aeruginosa*.)

- 1.02 Descarte de las muestras: luego de leer y obtener los resultados de la muestra se prosigue a descartar las muestras en bolsas de descarte las cuáles deben ser eliminadas de forma segura y estéril para evitar algún daño a terceras personas tanto propias del laboratorio como ajenas a éste.

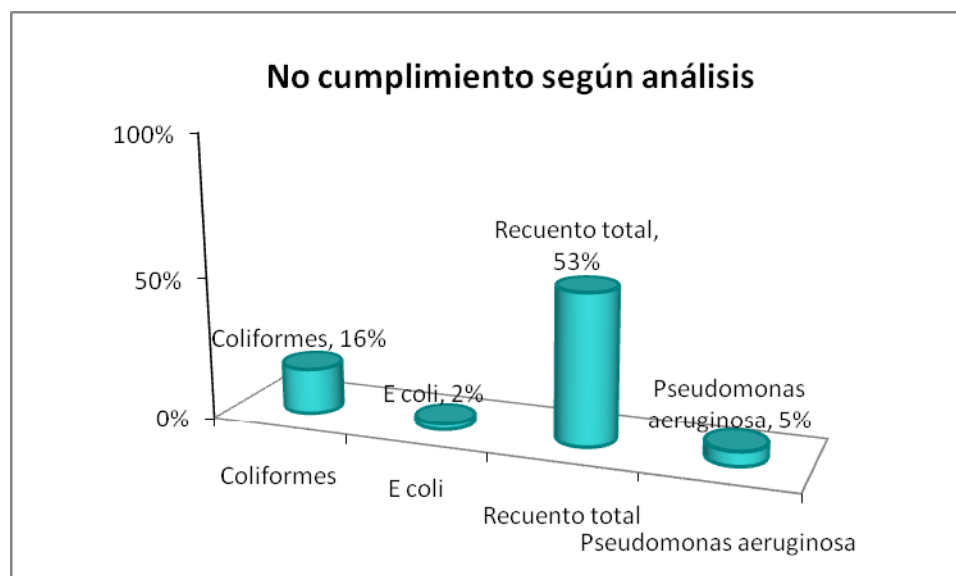
**GRÁFICA 1.** Distribución de las muestras analizadas por tipo de envase



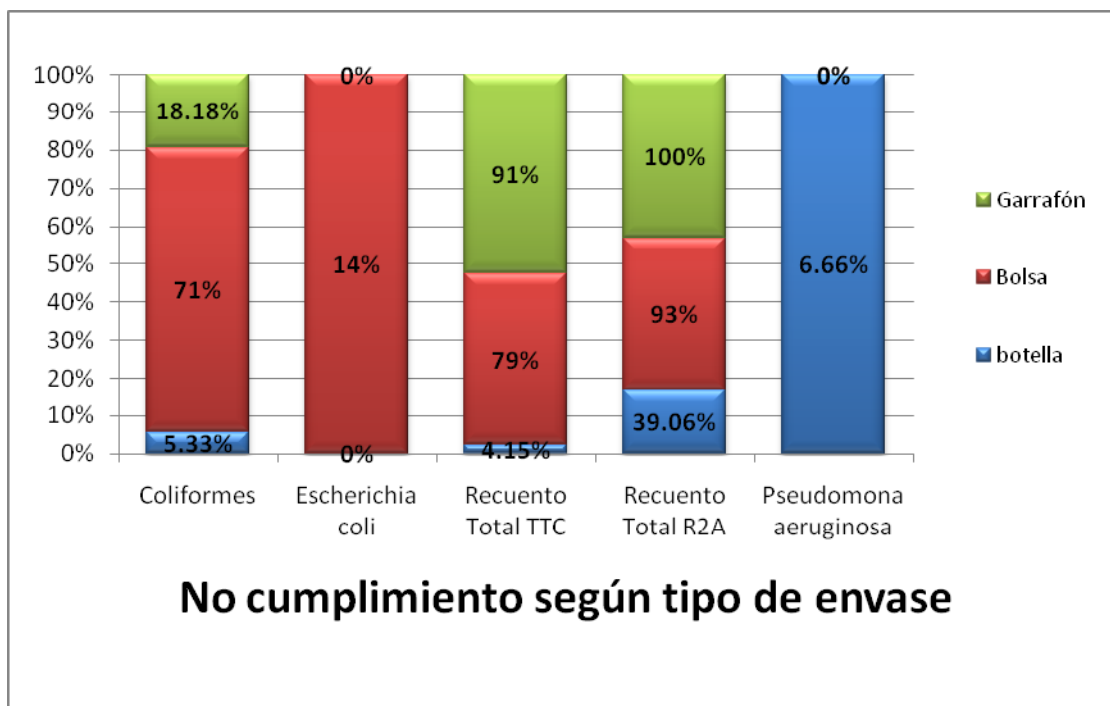
**GRÁFICA 2.** Cumplimiento en general de los resultados de las muestras analizadas con respecto a la norma de referencia.



**GRÁFICA 3.** No cumplimiento de los resultados según la norma de referencia; según el tipo de análisis.



**GRÁFICA 4.** No cumplimiento de los resultados de las muestras analizadas; según el tipo de envase.



#### 12.2.1 NORMAS DE REFERENCIA

Se adjuntan los siguientes documentos:

12.2.2 Norma COGUANOR NGO 29 005:99; CDU 628.1.033: 628.13 norma guatemalteca obligatoria, marzo 1999. Agua envasada para el consumo humano. Publicada en el diario oficial 27 de septiembre de 1999.

12.2.3 Directiva 98/83/CE del consejo de 3 de noviembre de 1998 relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano. Publicación en el Diario oficial de las comunidades europeas.

**AGUÁ ENVASADA PARA CONSUMO HUMANO**

**COGUANOR  
NGO 29 005:99**

12.3 NORMA DE COGUANOR

COMISION GUATEMALTECA DE NORMAS -COGUANOR- MINISTERIO DE ECONOMIA, GUATEMALA, C.A.

**1. OBJETO**

La presente norma tiene por objeto establecer los valores de las características que definen la calidad del agua envasada para consumo humano.

Nota 1. En Guatemala a este producto se le denomina también como agua pura.

**2. CAMPO DE APLICACIÓN**

Esta norma se aplica al agua envasada, proveniente de una fuente que ha sido sometida a tratamientos que la hacen apta para consumo humano. Esta norma no se aplica al agua mineral carbonatada.

**3. NORMAS COGUANOR A CONSULTAR**

COGUANOR NGO 4 010	Sistema Internacional de Unidades (SI).
COGUANOR NGO 29 001	Agua potable. Especificaciones.
COGUANOR NGO 29 011 h2	Agua. Ensayos físicos. Determinación del color. Método de referencia.
COGUANOR NGO 29 011 h12	Aguas. Ensayos físicos. Determinación de la turbiedad.
COGUANOR NGO 29 012 h11	Aguas. Determinación de metales. Calcio. Método de referencia.
COGUANOR NGO 29 012 h15	Aguas. Determinación de metales. Hierro.
COGUANOR NGO 29 013 h7	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Cloruro. Método de referencia.
COGUANOR NGO 29 013 h13	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Fluoruro. Método de referencia.
COGUANOR NGO 29 013 h18	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Nitrógeno (nitrito).
COGUANOR NGO 29 013 h19	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Nitrógeno (nitrito). Método de referencia.

**Continúa**

COGUANOR NGO 29 013 h23	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Potencial de hidrógeno (pH). Método de referencia.
COGUANOR NGO 34 039	Etiquetado de productos alimenticios envasados para consumo humano.
COGUANOR NGO 49 016	Productos envasados. Verificación del volumen neto y variaciones permitidas para el mismo.

#### 4. DEFINICIONES Y TERMINOLOGÍA

4.1 Agua envasada para consumo humano. Es el agua envasada que por sus características de origen o por el tratamiento a que ha sido sometida, cumple con los requisitos de esta norma.

4.2 Agua artesiana. Agua que proviene de un pozo perforado en un acuífero confinado, en el cual el agua puede extraerse con o sin bombeo.

4.3 Agua de manantial. Agua derivada de una formación subterránea de la cual el agua fluye naturalmente a la superficie de la tierra.

4.4 Agua de pozo. Es el agua subterránea obtenida de la capa freática.

4.5 Agua natural. Se refiere al agua de manantial, mineral, artesiana o de pozo, derivada de una formación subterránea o de agua superficial, y que no es derivada de un sistema municipal o de abastecimiento público.

4.6 Agua subterránea. Agua que se obtiene generalmente de pozos poco profundos y galerías de infiltración y de pozos profundos. Su calidad depende de las formaciones geológicas con las que entra en contacto y casi siempre es clara debido a que es filtrada cuando pasa a través de los diferentes estratos del suelo. Es frecuente que tenga dureza de carbonatos y de no carbonatos.

4.7 Agua superficial. Agua que se encuentra en los lagos, lagunas y corrientes de agua tales como ríos y manantiales. Su calidad depende de las formaciones geológicas con las que entra en contacto y varía con la época del año y las condiciones del tiempo. Contiene sólidos disueltos, sólidos orgánicos e inorgánicos en suspensión y gases disueltos.

4.8 Envase.

4.8.1 Envase primario. Es todo recipiente que tiene contacto directo con el producto, con la misión específica de protegerlo de su deterioro, contaminación o adulteración y de facilitar su manipuleo.

Nota 2. También se le designa simplemente como "envase".

4.8.2 Envase secundario. Es todo recipiente que tiene contacto con uno o más envases primarios, con el objeto de protegerlos y facilitar su comercialización hasta llegar al consumidor final. El envase secundario usualmente es usado para agrupar en una sola unidad de expendio, varios envases primarios.

Continúa

Nota 3. El envase secundario se denomina también como "empaque".

4.9 Fuente de agua. Cuando se usa en referencia a productos de plantas de agua envasada o agua utilizada en la operación de plantas, se refiere a la fuente de agua si ésta proviene de manantial, pozo artesiano, pozo taladrado, sistemas de agua públicos o comunales. Esta fuente podrá ser aprobada por la autoridad sanitaria correspondiente.

4.10 Tratamiento. Proceso químico, físico o biológico, mediante el cual las sustancias objetables contenidas en el agua, son removidas o transformadas en sustancias inócuas.

## 5. ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS

### 5.1 Características físicas.

Cuadro 1. Características físicas del agua envasada para consumo humano

Característica	Valor máximo admisible
Sabor	No rechazable
Color	<5 unidades (1)
Turbiedad	<0.5 unidades (2)
pH	6.5-8.5
Olor	No rechazable
Sólidos disueltos	<500 mg/L

- (1) Unidad de color en la escala de platino-cobalto.  
 (2) En unidades nefelométricas de turbiedad (UNT). Estas siglas deben considerarse en la expresión de los resultados.

### 5.2 Características químicas.

Cuadro 2. Sustancias inorgánicas con significado para la salud (continuación)

Característica	Valor máximo admisible, en miligramos/litro
Aluminio	0.2
Antimonio	0.006
Arsénico	0.05
Bario	1.0
Berilio	0.004
Cadmio	0.005
Cianuro	0.1
Cloro	<0.1
Cloruro*	250.0
Cobre*	1.0
Cromo	0.05
Fluoruro	1.3
Hierro*	0.3
Manganeso*	0.05
Mercurio	0.001
Níquel	0.1
Nitrato	10.0
Nitrito	1.0
Total Nitrato/Nitrito	10.0
Plata	0.025

Continúa

Cuadro 2. Sustancias inorgánicas con significado para la salud (conclusión)

Característica	Valor máximo admisible, en miligramos/litro
Selenio	0.01
Sulfato*	250.0
Talio	0.002
Zinc*	5.0

\* Estos compuestos están clasificados como contaminantes secundarios del agua para beber; por ejemplo, pueden tener implicaciones estéticas, no relacionadas con la salud.

Cuadro 3. Niveles máximos aceptables de sustancias biocidas

Sustancia	Nivel máximo permitido, en miligramos/litro
Alaclor	0.002
Atrazina	0.003
Carbofurano	0.04
Clordano	0.002
Dibromocloropropano	0.0002
Dibromuro de etileno	0.00005
2,4-D Acido diclorofenoxiacético	0.07
Endrín	0.0002
Fenólicos	0.001
Heptacloro	0.0004
Heptacloro epóxido	0.0002
Lindano	0.0002
Metoxicloro	0.04
PCB (Bifenilos policlorados)	0.0005
Acido 2, 4, 5 - triclorofenoxipropiónico	0.01
Toxafeno	0.003

Cuadro 4. Sustancias orgánicas volátiles

Sustancia	Límite máximo permitido, en miligramos/litro
Benceno	0.005
Cloruro de vinilo	0.002
o-diclorobenceno	0.600
p-diclorobenceno	0.075
1,2 - dicloroetano	0.005
1,1 - dicloroetileno	0.007
1,1,1 - tricloroetano	0.200
cis - 1,2 - dicloroetileno	0.070
trans - 1,2 - dicloroetileno	0.100
1,2 - dicloropropano	0.005
Estireno	0.100
Etilbenceno	0.700
Monoclorobenceno	0.100
Tetracloruro de carbono	0.005
Tetracloroetileno	0.005
Tricloroetileno	0.005
Trihalometano	0.010
Tolueno	1.000
Xileno	10.000

Continúa

5.3 Cuando el agua envasada para consumo humano sea sometida a desinfección por cloración, en el momento de ser envasada deberá cumplir con lo siguiente:

- Contenido máximo de cloro residual libre = 0.1 mg/L

5.4 Cuando el agua envasada para consumo humano sea sometida a desinfección con ozono, en el momento de ser envasada deberá cumplir con lo siguiente:

- Contenido de ozono: 0.2 mg/L - 0.5 mg/L

5.5 Características microbiológicas. El agua envasada para consumo humano deberá cumplir con las características microbiológicas que se indican a continuación.

5.5.1 Recuento aeróbico total.

Método de vaciado en placa o filtración por membrana  $\leq 200$  UFC/ mL

5.5.2 Coliformes totales.

Método de fermentación de los tubos múltiples  $< 1.1$  NMP/100 mL utilizando 10 tubos de 10 mL ó 5 tubos de 20 mL

Método Ausencia-Presencia = Ausencia

Método de filtración por membrana = 0 UFC/mL

5.6 Características radiológicas. Las características radiológicas del agua envasada se indican en el cuadro 5 siguiente.

Cuadro 5. Características radiológicas del agua envasada para consumo humano

Magnitud	Límite permisible, en bequerel/litro
Radioactividad alfa	0.1
Radioactividad beta	1.0

## 6. MUESTREO

6.1 Inspección y control. La inspección y verificación de la calidad del agua envasada serán practicadas por el organismo legalmente competente para tal fin, el cual deberá contar con el equipo y el personal técnico competente para llevar a cabo la toma de muestras destinadas a los análisis, la ejecución de los análisis correspondientes y demás requisitos que exige la presente norma. Las muestras se deberán tomar en el comercio.

6.2 Número de unidades de muestreo. El número de muestras que se deben tomar para efectuar los análisis es de 5 (1). En caso de que se detecten problemas de incumplimiento con los requisitos microbiológicos y/o físico-químicos se procederá a realizar un muestreo en la planta envasadora, analizando el número de muestras que se indica en el cuadro 6 siguiente.

**Continúa**

Cuadro 6. Número de unidades de muestreo

Número de envases primarios en el lote (N)	Número de envases a seleccionar (n) (1)
1- 2000	4
2001- 3000	6
3001- 4000	8
4001- 9500	10
9501-15000	12
15001-25000	14
25001-35000	16
> 35000	20

- (1) Para las presentaciones de contenidos menores de 1.5 L, el número de muestras a tomar deberá ser tal que permita obtener una muestra compuesta de 4 L para análisis físico-químicos.

### 6.3 Procedimiento operatorio

6.3.1 La selección de las unidades de un lote se debe hacer al azar y de manera que se tengan unidades de todas las partes del lote; para realizar la selección se numeran las unidades 1, 2, 3..., r comenzando por cualquier unidad y en el orden que se desee y cada  $r$ ésima unidad constituirá la unidad de muestreo a seleccionar. El valor  $r$  resulta de dividir el tamaño del lote (N), entre el número de unidades de muestreo a seleccionar (n).

6.3.2 Para el análisis microbiológico se extrae de cada envase las alícuotas necesarias para el mismo. Para el análisis físico-químico, se prepara una muestra compuesta mediante la mezcla del contenido remanente de volúmenes iguales de todos los envases, para un volumen equivalente a 4 L.

6.4 Criterio de aceptación. Un lote se considerará aceptable si todas las muestras analizadas satisfacen los requerimientos especificados en la presente norma.

## 7. MÉTODOS DE ANÁLISIS

7.1 Las determinaciones de las especificaciones y características físico-químicas y microbiológicas del agua envasada para consumo humano, deben realizarse de acuerdo con las normas COGUANOR correspondientes, véase capítulo 3. En ausencia de normas COGUANOR podrán emplearse los métodos de la "American Water Works Association" o de otra entidad reconocida internacionalmente.

## 8. ENVASE Y ROTULADO

8.1 Envase. Los envases usados para el agua envasada para consumo humano, deberán ser de material inócuo que no altere las características físicas, químicas, microbiológicas y sensoriales del producto, y deberán contar con un sistema de sellado que garantice la inviolabilidad del mismo hasta el momento de su consumo.

8.1.1 Los envases podrán ser de cualquiera de los materiales siguientes:

8.1.1.1 Material retornable:

- Vidrio
- Policarbonato
- Polietilentereftalato (PET)

Continúa

### 8.1.2 Material no retornable:

- Polietilentereftalato (PET)
- Plásticos de polietileno de alta o baja densidad de grado alimenticio
- Poli (cloruro de vinilo) (PVC) grado alimenticio
- Otros materiales poliméricos de grado alimenticio

8.1.2 Podrán emplearse envases de otros materiales autorizados por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, de acuerdo con los avances tecnológicos en este campo.

8.2 Rótulo o etiqueta. El rótulo o etiqueta deberá cumplir con la norma COGUANOR NGO 34 039.

## 9. **CORRESPONDENCIA**

Para la elaboración de la presente norma se han tomado en cuenta los siguientes documentos:

- a) International Bottled Water Association Model Bottled Water Regulation, 1998.
- b) Norma Oficial Mexicana NOM-041-SSA1-1993 Bienes y servicios. Agua purificada envasada. Especificaciones sanitarias.
- c) Norma Colombiana ICONTEC 3525 Productos alimenticios. Bebidas no alcohólicas. Agua potable tratada envasada.
- d) Literatura Técnica.

- Última línea -

## DIRECTIVA 98/83/CE DEL CONSEJO

de 3 de noviembre de 1998

relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano

EL CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA,

miembros la posibilidad de añadir otros parámetros si lo consideran oportuno;

Visto el Tratado constitutivo de la Comunidad Europea y, en particular, el apartado 1 de su artículo 130 S,

(3) Considerando que, con arreglo al principio de subsidiariedad, la acción de la Comunidad debe apoyar y completar las que llevan a cabo las autoridades competentes de los Estados miembros;

Vista la propuesta de la Comisión <sup>(1)</sup>,Visto el dictamen del Comité Económico y Social <sup>(2)</sup>,

(4) Considerando que, de acuerdo con el principio de subsidiariedad, las diferentes características naturales y socioeconómicas de las regiones de la Unión requieren que la mayoría de las decisiones sobre el seguimiento, el análisis y las medidas que deben adoptarse para corregir los incumplimientos se tomen a nivel local, regional o nacional, en la medida en que dichas diferencias no supongan un perjuicio para el establecimiento del marco legislativo, reglamentario y administrativo contemplado en la presente Directiva;

Visto el dictamen del Comité de las Regiones <sup>(3)</sup>,Con arreglo al procedimiento establecido en el artículo 189 C del Tratado <sup>(4)</sup>,(1) Considerando que es necesario adaptar al progreso científico y técnico la Directiva 80/778/CEE del Consejo, de 15 de julio de 1980, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano <sup>(5)</sup>; que la experiencia adquirida en la aplicación de la Directiva demuestra la necesidad de crear un marco legal adecuado, flexible y transparente que permita a los Estados miembros abordar los casos de incumplimiento de las normas; que debe reexaminarse la Directiva en función del Tratado de la Unión Europea y, en particular, del principio de subsidiariedad;

(5) Considerando que las normas comunitarias relativas a parámetros de calidad y salubridad esenciales y preventivos de las aguas destinadas al consumo humano resultan necesarias para definir los objetivos mínimos de calidad del medio ambiente que deben alcanzarse en relación con otras medidas comunitarias, para mantener y fomentar el uso sostenible de las aguas destinadas al consumo humano;

(2) Considerando que, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 3 B del Tratado, según el cual la acción de la Comunidad no excederá de lo necesario para alcanzar los objetivos del Tratado, es necesario revisar la Directiva 80/778/CEE para centrarse en el cumplimiento de unos parámetros de calidad y salubridad esenciales, brindando a los Estados

(6) Considerando que la importancia para la salud humana de la calidad de las aguas destinadas al consumo humano hace necesario el establecimiento a escala comunitaria de normas de calidad básicas que deben cumplir las aguas destinadas a este fin;

(7) Considerando que es necesario incluir las aguas utilizadas en la industria alimentaria a menos que pueda establecerse que el uso de dichas aguas no afecta a la salubridad de los productos elaborados;

<sup>(1)</sup> DO C 131 de 30.5.1995, p. 5 y DO C 213 de 15.7.1997, p. 8.<sup>(2)</sup> DO C 82 de 19.3.1996, p. 64.<sup>(3)</sup> DO C 100 de 2.4.1996, p. 134.<sup>(4)</sup> Dictamen del Parlamento Europeo de 12 de diciembre de 1996 (DO C 20 de 20.1.1997, p. 133), Posición común del Consejo de 19 de diciembre de 1997 (DO C 91 de 26.3.1998, p. 1) y Decisión del Parlamento Europeo de 13 de mayo de 1998 (DO C 167 de 1.6.1998, p. 92).<sup>(5)</sup> DO L 229 de 30.8.1980, p. 11; Directiva cuya última modificación la constituye el Acta de Adhesión de 1994.

(8) Considerando que, a fin de que las compañías suministradoras puedan cumplir las normas de calidad, deben adoptarse medidas de protección adecuadas para asegurar la pureza de las aguas de superficie y de las aguas subterráneas, que puede alcanzarse el mismo objetivo mediante medidas de tratamiento del agua antes de su distribución;

- (9) Considerando que la coherencia de la política europea relativa a las aguas presupone que se adopte oportunamente una directiva marco adecuada;
- (10) Considerando que es necesario excluir del ámbito de aplicación de la presente Directiva las aguas minerales naturales y las aguas que son productos medicinales, pues ya existen normas especiales en relación con estos tipos de aguas;
- (11) Considerando que es necesario adoptar medidas para todos los parámetros que afectan directamente a la salud y otros parámetros si se ha producido un deterioro de la calidad; que, otrosí, esas medidas deben coordinarse cuidadosamente con la aplicación de la Directiva 91/414/CEE del Consejo, de 15 de julio de 1991, relativa a la comercialización de productos fitosanitarios <sup>(1)</sup> y la Directiva 98/8/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de febrero de 1998, relativa a la comercialización de biocidas <sup>(2)</sup>;
- (12) Considerando que es necesario fijar valores individuales para los parámetros de sustancias que son significativas en toda la Comunidad, en un nivel suficientemente estricto para asegurar que pueda lograrse la finalidad de la Directiva;
- (13) Considerando que, puesto que los valores paramétricos se basan en los conocimientos científicos disponibles y que también se ha tenido en cuenta el principio de prevención, estos valores se han seleccionado para que las aguas destinadas al consumo humano puedan consumirse con seguridad durante toda la vida y representen, por tanto, un alto nivel de protección de la salud;
- (14) Considerando que debe establecerse un equilibrio con el fin de prevenir los riesgos microbiológicos y químicos; que para ello, y a la luz de una futura revisión de los valores paramétricos, la fijación de los valores paramétricos debería estar basada en motivos de salud pública y en un método de evaluación del riesgo;
- (15) Considerando que, si bien en la actualidad no existen pruebas concluyentes en las que puedan basarse los valores paramétricos comunitarios para las sustancias químicas que perturban el sistema endocrino, sí existe una creciente preocupación acerca de las posibles repercusiones en los seres humanos y la fauna silvestre de los efectos de las sustancias nocivas para la salud;
- (16) Considerando que las normas del anexo I se basan en general en las recomendaciones sobre calidad del agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y en el dictamen del Comité científico consultivo de la Comisión para el estudio de la toxicidad y de la ecotoxicidad de los compuestos químicos;
- (17) Considerando que los Estados miembros deben fijar valores para parámetros distintos de los incluidos en el anexo I en los casos en que sea necesario para proteger la salud humana en sus territorios respectivos;
- (18) Considerando que los Estados miembros podrán fijar valores para parámetros no incluidos en el anexo I cuando lo consideren necesario para garantizar la calidad de la producción, distribución e inspección de las aguas destinadas al consumo humano;
- (19) Considerando que, cuando los Estados miembros estimen necesario adoptar normas más estrictas que las establecidas en las partes A y B del anexo I, o bien normas para parámetros no incluidos en el anexo I pero necesarios para proteger la salud humana, habrán de notificar dichas normas a la Comisión;
- (20) Considerando que los Estados miembros, al introducir o mantener medidas de protección más estrictas, están obligados a respetar los principios y normas del Tratado tal como los interpreta el Tribunal de Justicia;
- (21) Considerando que los valores paramétricos deben cumplirse en el punto en que las aguas destinadas al consumo humano están a disposición del consumidor;
- (22) Considerando que la calidad de las aguas destinadas al consumo humano puede verse afectada por el sistema de distribución domiciliaria; que se admite, además, que la responsabilidad del sistema de distribución domiciliaria o de su mantenimiento no puede corresponder a los Estados miembros;
- (23) Considerando que conviene que cada Estado miembro establezca programas de control para comprobar si las aguas destinadas al consumo humano cumplen los requisitos de la presente Directiva; que tales programas de control deben adaptarse a las necesidades locales y cumplir los requisitos mínimos de control establecidos en la presente Directiva;
- (24) Considerando que los métodos utilizados para analizar la calidad de las aguas destinadas al consumo humano deben garantizar unos resultados fiables y comparables;

<sup>(1)</sup> DO L 230 de 19.8.1991, p. 1. Directiva cuya última modificación la constituye la Directiva 96/68/CE de la Comisión (DO L 277 de 30.10.1996, p. 25).

<sup>(2)</sup> DO L 123 de 24.4.1998, p. 1.

- (25) Considerando que en caso de incumplimiento de las normas de la presente Directiva los Estados miembros deben investigar la causa subyacente y garantizar que se apliquen lo antes posible las medidas correctivas necesarias para restablecer la calidad de las aguas;
- (26) Considerando que es importante impedir que las aguas contaminadas puedan ser causa de peligro para la salud humana; que debería prohibirse el suministro de estas aguas o restringirse su utilización;
- (27) Considerando que, en caso de incumplimiento de un parámetro con función indicadora, el Estado miembro afectado deberá considerar si tal incumplimiento representa un riesgo para la salud humana; que dicho Estado miembro debería adoptar en caso necesario medidas correctivas para restablecer la calidad de las aguas con el fin de proteger la salud humana;
- (28) Considerando que, si resultara necesario adoptar medidas correctivas para restablecer la calidad de las aguas destinadas al consumo humano, de acuerdo con el apartado 2 del artículo 130 R del Tratado, debe darse prioridad a la acción encaminada a rectificar el problema en la fuente;
- (29) Considerando que conviene autorizar a los Estados miembros a que, en determinadas condiciones, puedan establecer excepciones a la presente Directiva; que es necesario establecer un marco adecuado para la concesión de tales excepciones, siempre y cuando éstas no puedan constituir un peligro para la salud humana y el suministro de agua destinada al consumo humano en la zona no pueda mantenerse por ningún otro medio razonable;
- (30) Considerando que, puesto que en la preparación y distribución de las aguas destinados al consumo humano puede ser preciso utilizar algunas sustancias o materiales, debe regularse su uso para evitar posibles efectos perjudiciales para la salud humana;
- (31) Considerando que el progreso científico y técnico puede exigir una rápida adaptación de los requisitos técnicos establecidos en los anexos II y III; que además, para facilitar la aplicación de las medidas exigidas a este efecto, conviene establecer un procedimiento con arreglo al cual la Comisión pueda adoptar tales adaptaciones con el asesoramiento de un comité compuesto por representantes de los Estados miembros;
- (32) Considerando que los consumidores deben recibir información suficiente y oportuna de la calidad de

las aguas destinadas al consumo humano, las excepciones concedidas por los Estados miembros y toda medida correctiva adoptada por las autoridades competentes; que deben además tenerse en cuenta tanto las necesidades técnicas y estadísticas de la Comisión como los derechos de los ciudadanos de obtener una información adecuada sobre la calidad de las aguas destinadas al consumo humano;

- (33) Considerando que en circunstancias excepcionales o para zonas geográficas definidas puede ser necesario conceder a los Estados miembros un calendario más amplio para cumplir determinadas disposiciones de la presente Directiva;
- (34) Considerando que la presente Directiva en nada afecta a las obligaciones de los Estados miembros con respecto al plazo de incorporación a la legislación nacional y de aplicación establecido en el anexo IV,

HA ADOPTADO LA PRESENTE DIRECTIVA:

#### *Artículo 1*

##### **Objetivo**

1. La presente Directiva se refiere a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano.
2. La presente Directiva tiene por objeto proteger la salud de las personas de los efectos adversos derivados de cualquier tipo de contaminación de las aguas destinadas al consumo humano garantizando su salubridad y limpieza.

#### *Artículo 2*

##### **Definiciones**

A efectos de la presente Directiva se entenderá por:

1. «aguas destinadas al consumo humano»:
  - a) todas las aguas, ya sea en su estado original, ya sea después de tratamiento, para beber, cocinar, preparar alimentos u otros usos domésticos, sea cual fuere su origen e independientemente de que se suministren a través de una red de distribución, a partir de una cisterna o envasadas en botellas u otros recipientes;
  - b) todas las aguas utilizadas en empresas alimentarias para fines de fabricación, tratamiento, conservación o comercialización de productos o sustancias destinados al consumo humano, a menos que a las autoridades nacionales competentes les conste que

la calidad de las aguas no puede afectar a la salubridad del producto alimenticio final;

2. «sistema de distribución domiciliaria»: las tuberías, conexiones y aparatos instalados entre los grifos que normalmente se utilizan para el consumo humano y la red de distribución, pero únicamente en caso de que no sea responsable de ellos el distribuidor de aguas en su carácter de tal, conforme a la legislación nacional pertinente.

### Artículo 3

#### Exenciones

1. La presente Directiva no se aplicará:
  - a) a las aguas minerales naturales reconocidas como tales por las autoridades nacionales competentes, de conformidad con la Directiva 80/777/CEE del Consejo, de 15 de julio de 1980, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre explotación y comercialización de aguas minerales naturales <sup>(1)</sup>;
  - b) a las aguas que son productos medicinales a efectos de la Directiva 65/65/CEE del Consejo, de 26 de enero de 1965, relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas sobre especialidades farmacéuticas <sup>(2)</sup>.
2. Los Estados miembros podrán disponer que la presente Directiva no se aplique:
  - a) a las aguas destinadas exclusivamente a usos para los cuales conste a las autoridades competentes que la calidad de aquéllas no afecta, directa ni indirectamente, a la salud de los consumidores que las usan;
  - b) a las aguas destinadas al consumo humano procedentes de una fuente de suministro individual que produzca como media menos de 10 m<sup>3</sup> diarios, o que abastezca a menos de cincuenta personas, a no ser que estas aguas sean suministradas como parte de una actividad comercial o pública.
3. Los Estados miembros que apliquen las excepciones previstas en la letra b) del apartado 2 velarán por que la población afectada sea informada de ello y de cualquier medida que pueda tomarse para proteger la salud humana de los efectos negativos derivados de una posible contaminación del agua destinada al consumo humano.

<sup>(1)</sup> DO L 229 de 30.8.1980, p. 1; Directiva cuya última modificación la constituye la Directiva 96/70/CE (DO L 299 de 23.11.1996, p. 26)

<sup>(2)</sup> DO 22 de 9.2.1965, p. 369; Directiva cuya última modificación la constituye la Directiva 93/39/CEE (DO L 214 de 24.8.1993, p. 22).

Asimismo, cuando se perciba un peligro potencial para la salud humana derivado de la calidad de dicha agua, la población afectada deberá recibir sin demora las recomendaciones oportunas.

### Artículo 4

#### Obligaciones generales

1. Sin perjuicio de sus obligaciones con arreglo a otras normas comunitarias, los Estados miembros adoptarán las disposiciones necesarias a fin de que las aguas destinadas al consumo humano sean salubres y limpias. A los efectos de los requisitos mínimos de la presente Directiva, las aguas destinadas al consumo humano son salubres y limpias cuando:

- a) no contienen ningún tipo de microorganismo, parásito o sustancia, en una cantidad o concentración que pueda suponer un peligro para la salud humana, y
- b) cumplen los requisitos mínimos especificados en las partes A y B del anexo I,

y cuando, con arreglo a las disposiciones pertinentes de los artículos 5 a 8 y 10, y de conformidad con el Tratado, los Estados miembros adopten todas las demás medidas necesarias para garantizar que las aguas destinadas al consumo humano cumplen los requisitos de la presente Directiva.

2. Los Estados miembros velarán por que las medidas que se tomen en aplicación de la presente Directiva no puedan tener en ningún caso el efecto de permitir, directa o indirectamente, la degradación de la calidad actual de las aguas destinadas al consumo humano, en la medida en que ello afecte a la protección de la salud humana, ni de aumentar la contaminación de las aguas destinadas a la producción de agua potable.

### Artículo 5

#### Normas de calidad

1. Los Estados miembros establecerán valores aplicables a las aguas destinadas al consumo humano en relación con los parámetros que figuran en el anexo I.

2. Los valores establecidos con arreglo al apartado 1 no serán menos restrictivos que los establecidos en el anexo I. Con respecto a los parámetros incluidos en la parte C del anexo I, estos valores deberán fijarse exclusivamente a efectos de control y para cumplir las obligaciones establecidas en el artículo 8.

3. Los Estados miembros fijarán valores para nuevos parámetros no incluidos en el anexo I si así lo exige la

protección de la salud humana en su territorio nacional o en parte del mismo. Los valores así establecidos deberán cumplir, como mínimo, los requisitos de la letra a) del apartado 1 del artículo 4.

#### Artículo 6

##### Punto de cumplimiento

1. Los valores paramétricos establecidos de acuerdo con el artículo 5 deberán cumplirse:

- a) para las aguas suministradas a través de una red de distribución, en el punto, dentro de los locales o establecimientos, en el cual surge de los grifos que son utilizados habitualmente para el consumo humano;
- b) para las aguas suministradas a partir de una cisterna, en el punto en que salen de dicha cisterna;
- c) para las aguas envasadas en botellas u otros recipientes destinados a la venta, en el punto de envasado;
- d) para las aguas utilizadas en empresas alimentarias, en el punto en que son utilizadas en la empresa.

2. Cuando se trate de las aguas a las que hace referencia la letra a) del apartado 1, se considerará que los Estados miembros han cumplido sus obligaciones derivadas del presente artículo, del artículo 4 y del apartado 2 del artículo 8, cuando se pueda determinar que la causa del incumplimiento de los valores paramétricos establecidos de conformidad con el artículo 5 radica en el sistema de distribución domiciliaria o en su mantenimiento, excepto en los locales y establecimientos en los que se suministra agua al público, como escuelas, hospitales y restaurantes.

3. En los casos en que sea aplicable el apartado 2 y exista riesgo de que las aguas contempladas en la letra a) del apartado 1 no cumplan los valores paramétricos establecidos de conformidad con el artículo 5, los Estados miembros velarán, no obstante, por que:

- a) se tomen medidas adecuadas para reducir o eliminar el riesgo de incumplimiento de los valores paramétricos, como facilitar asesoramiento a los propietarios de inmuebles sobre las posibles medidas correctivas, y/o

se tomen otras medidas, como técnicas de tratamiento apropiadas, para modificar la naturaleza o las propiedades del agua antes de su suministro, con el fin de reducir o eliminar el riesgo de que el agua incumpla los valores paramétricos después del suministro,

y

- b) se informe debidamente a los consumidores afectados y se les facilite asesoramiento sobre las posibles medidas correctivas adicionales que deberían adoptar.

#### Artículo 7

##### Control

1. Los Estados miembros adoptarán todas las disposiciones necesarias para garantizar que se lleve a cabo un control regular de la calidad de las aguas destinadas al consumo humano, con objeto de comprobar si las aguas suministradas a los consumidores cumplen los requisitos de la presente Directiva, en particular los valores paramétricos establecidos de conformidad con el artículo 5. Deberán tomarse muestras que sean representativas de la calidad del agua consumida a lo largo del año. Además, los Estados miembros adoptarán todas las disposiciones necesarias para que, en los casos en que la desinfección forme parte del proceso de preparación o distribución de las aguas destinadas al consumo humano, se verifique la eficacia del tratamiento desinfectante, y para que cualquier contaminación generada por productos derivados de la desinfección sea lo más baja posible, sin poner en peligro la desinfección.

2. Para cumplir las obligaciones establecidas en el apartado 1, las autoridades competentes elaborarán programas de control adecuados en relación con todas las aguas destinadas al consumo humano. Estos programas de control cumplirán los requisitos mínimos establecidos en el anexo II.

3. Las autoridades competentes determinarán los lugares de toma de muestras, que deberán cumplir los requisitos pertinentes del anexo II.

4. De conformidad con el procedimiento establecido en el artículo 12 podrán establecerse directrices comunitarias en relación con el control a que se refiere el presente artículo.

5. a) Para el análisis de los parámetros, los Estados miembros se ajustarán a las especificaciones expuestas en el anexo III.

b) Podrán utilizarse otros métodos distintos de los que figuran en la parte 1 del anexo III, siempre que pueda demostrarse que los resultados obtenidos serán al menos tan fiables como los producidos por los métodos especificados. Los Estados miembros que apliquen un método distinto facilitarán a la Comisión toda la información de interés sobre dicho método y su equivalencia.

c) Para los parámetros enumerados en las partes 2 y 3 del anexo III podrá utilizarse cualquier método de análisis siempre que cumpla los requisitos en ellas fijados.

6. Los Estados miembros dispondrán que se efectúen otros controles concretos de sustancias y microorganismos para los que no se hayan establecido valores paramétricos de conformidad con el artículo 5 si existen motivos para sospechar que pueden estar presentes en cantidades

o número que pudieran constituir un peligro para la salud humana.

#### Artículo 8

##### Medidas correctivas y restricciones de utilización

1. Los Estados miembros velarán por que se investigue inmediatamente todo incumplimiento de los valores paramétricos establecidos de conformidad con el artículo 5 para determinar su causa.

2. Si, a pesar de las disposiciones adoptadas a fin de cumplir las obligaciones establecidas en el apartado 1 del artículo 4, las aguas destinadas al consumo humano no cumplen los valores paramétricos establecidos de conformidad con el artículo 5, y sin perjuicio del apartado 2 del artículo 6, los Estados miembros afectados velarán por que se adopten lo antes posible las medidas correctivas necesarias para restablecer su calidad y darán prioridad a su cumplimiento. Para ello tendrán en cuenta, entre otras cosas, en qué medida se ha rebasado el valor paramétrico en cuestión y el peligro potencial para la salud humana.

3. Tanto si se ha producido algún incumplimiento de los valores paramétricos como si no se ha producido, los Estados miembros velarán por que se prohíba todo suministro de agua destinada al consumo humano que constituya un peligro potencial para la salud humana, o se restrinja su utilización, o se tomen las otras medidas que resulten necesarias con el fin de proteger la salud humana. En dichos casos se informará sin demora de ello a los consumidores y se les harán las recomendaciones necesarias.

4. Las autoridades u organismos competentes decidirán qué actuación deberá llevarse a cabo de conformidad con el apartado 3, teniendo en cuenta los riesgos para la salud humana que se derivarían de una interrupción del suministro o de una restricción de la utilización del agua destinada al consumo humano.

5. Los Estados miembros podrán establecer directrices para orientar a las autoridades competentes en el cumplimiento de sus obligaciones con arreglo al apartado 4.

6. En caso de incumplimiento de los valores paramétricos o de las especificaciones que figuran en la parte C del anexo I, los Estados miembros estudiarán si este incumplimiento implica algún riesgo para la salud humana, y adoptarán medidas correctivas para restablecer la calidad del agua si es necesario para proteger la salud humana.

7. Los Estados miembros dispondrán que, en caso de que se adopten medidas correctivas, ello se notifique a los consumidores, excepto cuando las autoridades competentes consideren insignificante el incumplimiento del valor paramétrico.

#### Artículo 9

##### Excepciones

1. Los Estados miembros podrán contemplar excepciones con respecto a los valores paramétricos fijados en la parte B del anexo I o establecidos de conformidad con el apartado 3 del artículo 5, hasta un valor máximo por ellos fijado, siempre que la excepción no pueda constituir un peligro para la salud humana y allí donde el suministro de agua destinada al consumo humano no se pueda mantener de ninguna otra forma razonable. Las excepciones deberán estar limitadas a una duración lo menor posible y no excederán de tres años, hacia el final de los cuales deberá realizarse un estudio para determinar si se ha progresado suficientemente. Cuando un Estado miembro tenga intención de conceder una excepción por segunda vez, remitirá a la Comisión el estudio junto con una exposición de los motivos que justifiquen su decisión de conceder una nueva excepción. Esta nueva excepción no podrá exceder de tres años.

2. En circunstancias excepcionales, un Estado miembro podrá solicitar a la Comisión una tercera excepción por un período no superior a tres años. La Comisión decidirá sobre cualquier solicitud de este tipo en un plazo de tres meses.

3. Toda excepción autorizada con arreglo a los apartados 1 o 2 especificará lo siguiente:

- a) los motivos de la excepción;
- b) los parámetros afectados, los resultados pertinentes de controles anteriores y el valor máximo admisible de acuerdo con la excepción;
- c) la zona geográfica, la cantidad de agua suministrada por día, la población afectada y si se vería afectada o no alguna empresa alimentaria pertinente;
- d) un mecanismo de control adecuado que prevea una mayor frecuencia de los controles cuando sea preciso;
- e) un resumen del plan con las medidas correctivas necesarias, que incluirá un calendario de trabajo, una estimación de costes y disposiciones para la revisión del plan;
- f) el plazo de vigencia de la excepción.

4. Si las autoridades competentes consideran que el incumplimiento de un valor paramétrico es insignificante y si las medidas correctivas adoptadas de conformidad con el apartado 2 del artículo 8 pueden resolver el problema en un plazo máximo de treinta días, no será necesario aplicar los requisitos establecidos en el apartado 3.

En este caso, las autoridades u otros organismos competentes sólo tendrán que fijar el valor máximo admisible para el parámetro y el plazo que se concede para resolver el problema.

5. Si el incumplimiento de un valor paramétrico concreto en un suministro de agua dado se ha producido durante más de treinta días en total a lo largo de los últimos doce meses, no se podrá seguir aplicando lo dispuesto en el apartado 4.

6. Todo Estado miembro que aplique las excepciones a que se refiere el presente artículo velará por que la población afectada por la excepción sea informada sin demora de la misma y de sus condiciones en una forma adecuada. Además, el Estado miembro procurará que, cuando sea necesario, se formulen recomendaciones a grupos de población particulares para los que la excepción pudiera representar un riesgo especial.

Estas obligaciones no se aplicarán en las circunstancias a que se refiere el apartado 4, a menos que las autoridades competentes decidan lo contrario.

7. Con la salvedad de las excepciones concedidas de conformidad con el apartado 4, los Estados miembros informarán a la Comisión en el plazo de dos meses de las excepciones establecidas con respecto a todo suministro que supere los 1 000 m<sup>3</sup> al día como media o que abastezca a más de 5 000 personas, adjuntando la información especificada en el apartado 3.

8. El presente artículo no se aplicará a las aguas destinadas al consumo humano comercializadas en botellas u otros recipientes.

#### *Artículo 10*

##### **Garantía de la calidad del tratamiento, equipos y materiales**

Los Estados miembros adoptarán todas las disposiciones necesarias para que ninguna de las sustancias o materiales que se utilicen en las nuevas instalaciones de preparación o distribución de las aguas destinadas al consumo humano, ni tampoco las impurezas asociadas a estas sustancias o materiales, permanezcan en las aguas destinadas al consumo humano en concentraciones superiores a lo que es necesario para cumplir su propósito, con el fin de que no supongan un menoscabo directo o indirecto para la protección de la salud humana objeto de la presente Directiva; los documentos interpretativos y las especificaciones técnicas a que se refieren el artículo 3 y el apartado 1 del artículo 4 de la Directiva 89/106/CEE del Consejo, de 21 de diciembre de 1988, relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros sobre los productos de construcción<sup>(1)</sup>, deberán ajustarse a los requisitos de la presente Directiva.

<sup>(1)</sup> DO L 40 de 11.2.1989, p. 12; Directiva cuya última modificación la constituye la Directiva 93/68/CEE (DO L 220 de 30.8.1993, p. 1).

#### *Artículo 11*

##### **Revisión de los anexos**

1. Por lo menos cada cinco años, la Comisión revisará el anexo I a tenor del progreso científico y técnico y formulará propuestas de modificaciones, cuando sea necesario, según el procedimiento establecido en el artículo 189 C del Tratado.

2. Por lo menos cada cinco años, la Comisión adaptará los anexos II y III al progreso científico y técnico. Las modificaciones necesarias se adoptarán de conformidad con el procedimiento previsto en el artículo 12.

#### *Artículo 12*

##### **Procedimiento de comité**

1. La Comisión estará asistida por un Comité compuesto por representantes de los Estados miembros y presidido por el representante de la Comisión.

2. El representante de la Comisión presentará al Comité un proyecto de las medidas que deban tomarse. El Comité emitirá su dictamen sobre dicho proyecto en un plazo que el presidente podrá determinar en función de la urgencia de la cuestión de que se trate. El dictamen se emitirá según la mayoría prevista en el apartado 2 del artículo 148 del Tratado para adoptar aquellas decisiones que el Consejo deba tomar a propuesta de la Comisión. Con motivo de la votación en el Comité, los votos de los representantes de los Estados miembros se ponderarán de la manera definida en el artículo anteriormente citado. El presidente no tomará parte en la votación.

3. La Comisión adoptará medidas que serán inmediatamente aplicables. No obstante, cuando no sean conformes al dictamen por el Comité, la Comisión comunicará inmediatamente dichas medidas al Consejo. En este caso:

- a) la Comisión podrá aplazar la aplicación de las medidas que haya decidido durante un período de tres meses a partir de la fecha de dicha comunicación;
- b) el Consejo, por mayoría cualificada, podrá tomar una decisión diferente dentro del plazo previsto en la letra a).

#### *Artículo 13*

##### **Información e informes**

1. Los Estados miembros adoptarán las disposiciones necesarias para que los consumidores dispongan de infor-

mación adecuada y actualizada sobre la calidad de las aguas destinadas al consumo humano.

2. Sin perjuicio de lo dispuesto en la Directiva 90/313/CEE del Consejo, de 7 de junio de 1990, sobre libertad de acceso a la información en materia de medio ambiente <sup>(1)</sup>, cada Estado miembro publicará un informe trienal sobre la calidad de las aguas destinadas al consumo humano, con el fin de informar a los consumidores. El primero de dichos informes cubrirá los años 2002, 2003 y 2004. Cada informe incluirá, como mínimo, los suministros de más de 1 000 m<sup>3</sup> diarios como promedio o que abastezcan a más de 5 000 personas, abarcará tres años naturales y se publicará antes del final del año natural siguiente al período sobre el que se informa.

3. Los Estados miembros enviarán sus informes a la Comisión en el plazo de dos meses contados a partir de su publicación.

4. El formato y la información mínima de los informes a que se refiere el apartado 2 se determinarán teniendo especialmente en cuenta las medidas a que se hace referencia en el apartado 2 del artículo 3, los apartados 2 y 3 del artículo 5, el apartado 2 del artículo 7, el artículo 8, los apartados 6 y 7 del artículo 9 y el apartado 1 del artículo 15 y, si es preciso, se modificarán de conformidad con el procedimiento descrito en el artículo 12.

5. La Comisión estudiará los informes de los Estados miembros y cada tres años publicará un informe de síntesis sobre la calidad de las aguas destinadas al consumo humano en la Comunidad. Este informe se publicará en el plazo de nueve meses a partir de la recepción de los informes de los Estados miembros.

6. Junto con el primer informe a que se refiere el apartado 2 del presente artículo, los Estados miembros elaborarán también un informe que transmitirán a la Comisión sobre las medidas que hayan adoptado o se propongan adoptar para cumplir las obligaciones derivadas del apartado 3 del artículo 6 y de la nota 10 de la parte B del anexo I. La Comisión presentará, si procede, una propuesta sobre el formato de dicho informe, de conformidad con el procedimiento establecido en el artículo 12.

#### Artículo 14

##### Calendario de aplicación

Los Estados miembros adoptarán las disposiciones necesarias a fin de que la calidad de las aguas destinadas al consumo humano se ajuste a lo dispuesto en la presente Directiva en un plazo de cinco años a partir de su entrada en vigor, sin perjuicio de las notas 2, 4 y 10 de la parte B del anexo I.

<sup>(1)</sup> DO L 158 de 23.6.1990, p. 56.

#### Artículo 15

##### Circunstancias excepcionales

1. Los Estados miembros podrán, en casos excepcionales y en lo relativo a zonas geográficamente delimitadas, presentar a la Comisión una solicitud especial de un plazo más amplio que el establecido en el artículo 14. Este plazo adicional no podrá superar los tres años, hacia el final de los cuales deberá realizarse un estudio que se transmitirá a la Comisión. Sobre la base de este estudio, la Comisión podrá autorizar un segundo período adicional de tres años como máximo. Esta disposición no se aplicará a las aguas destinadas al consumo humano comercializadas en botellas u otros recipientes.

2. La solicitud deberá estar debidamente motivada y exponer las dificultades encontradas, e incluirá, como mínimo, toda la información especificada en el apartado 3 del artículo 9.

3. La Comisión estudiará esta solicitud de conformidad con el procedimiento establecido en el artículo 12.

4. Los Estados miembros que se acojan a lo dispuesto en el presente artículo velarán por que la población afectada por la solicitud reciba información oportuna y adecuada sobre el curso dado a la misma. Por otra parte, los Estados miembros dispondrán que, cuando resulte necesario, se hagan recomendaciones a grupos concretos de población que pudieran correr riesgos particulares.

#### Artículo 16

##### Derogación

1. Queda derogada la Directiva 80/778/CEE, con efecto a los cinco años de la entrada en vigor de la presente Directiva. Siempre que se cumpla el apartado 2, esta derogación se entenderá sin perjuicio de las obligaciones de los Estados miembros con respecto a los plazos límite para la adaptación de la legislación nacional y para su aplicación de conformidad con el anexo IV.

Las referencias a la Directiva derogada se entenderán hechas a la presente Directiva, y deberán interpretarse de acuerdo con el cuadro de correspondencias que figura en el anexo V.

2. Tan pronto como cada Estado miembro haya puesto en vigor las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas necesarias para dar cumplimiento a la presente Directiva y haya adoptado las medidas a que se refiere el artículo 14, se aplicará a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano en dicho Estado miembro la presente Directiva en lugar de la Directiva 80/778/CEE.

*Artículo 17***Incorporación a la legislación nacional**

1. Los Estados miembros adoptarán las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas necesarias para cumplir la presente Directiva en un plazo de dos años a partir de su entrada en vigor. Informarán inmediatamente de ello a la Comisión.

Cuando los Estados miembros adopten dichas disposiciones, éstas incluirán una referencia a la presente Directiva o irán acompañadas de dicha referencia en su publicación oficial. Los Estados miembros establecerán las modalidades de la mencionada referencia.

2. Los Estados miembros comunicarán a la Comisión el texto de las disposiciones de Derecho interno que adopten en el ámbito regulado por la presente Directiva.

*Artículo 18***Entrada en vigor**

La presente Directiva entrará en vigor el vigésimo día siguiente al de su publicación en el *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*.

*Artículo 19***Destinatarios**

Los destinatarios de la presente Directiva serán los Estados miembros.

Hecho en Bruselas, el 3 de noviembre de 1998.

*Por el Consejo*

*El Presidente*

B. PRAMMER

## ANEXO I

## PARÁMETROS Y VALORES PARAMÉTRICOS

## PARTE A

## Parámetros microbiológicos

Parámetro	Valor paramétrico (número/100 ml)
<i>Escherichia coli</i> (E. coli)	0
Enterococos	0

A las aguas comercializadas en botellas u otros recipientes se aplicarán los valores siguientes:

Parámetro	Valor paramétrico
<i>Escherichia coli</i> (E. coli)	0/250 ml
Enterococos	0/250 ml
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0/250 ml
Recuento de colonias a 22 °C	100/ml
Recuento de colonias a 37 °C	20/ml

PARTE B  
Parámetros químicos

Parámetro	Valor paramétrico	Unidad	Notas
Acrilamida	0,10	µg/l	Nota 1
Antimonio	5,0	µg/l	
Arsénico	10	µg/l	
Benceno	1,0	µg/l	
Benzo(a)pireno	0,010	µg/l	
Boro	1,0	mg/l	
Bromato	10	µg/l	Nota 2
Cadmio	5,0	µg/l	
Cromo	50	µg/l	Nota 3
Cobre	2,0	mg/l	Nota 3
Cianuro	50	µg/l	
1,2-dicloroetano	3,0	µg/l	
Epiclorhidrina	0,10	µg/l	Nota 1
Fluoruro	1,5	mg/l	
Plomo	10	µg/l	Notas 3 y 4
Mercurio	1,0	µg/l	
Níquel	20	µg/l	Nota 3
Nitrato	50	mg/l	Nota 5
Nitrito	0,50	mg/l	Nota 5
Plaguicidas	0,10	µg/l	Notas 6 y 7
Total plaguicidas	0,50	µg/l	Notas 6 y 8
Hidrocarburos policíclicos aromáticos	0,10	µg/l	Suma de concentraciones de compuestos especificados; nota 9
Selenio	10	µg/l	
Tetracloroetano y tricloroetano	10	µg/l	Suma de concentraciones de parámetros especificados
Total trihalometanos	100	µg/l	Suma de concentraciones de compuestos especificados; nota 10
Cloruro de vinilo	0,50	µg/l	Nota 1

- Nota 1:* El valor del parámetro se refiere a la concentración monomérica residual en el agua, calculada con arreglo a las características de la migración máxima del polímero correspondiente en contacto con el agua.
- Nota 2:* Cuando sea posible sin que afecte a la desinfección, los Estados miembros deberán procurar obtener un valor más bajo.
- Para las aguas a que se refieren las letras a), b) y d) del apartado 1 del artículo 6, el valor se cumplirá, a lo sumo, a los diez años naturales de la fecha de entrada en vigor de la presente Directiva. Para el período comprendido entre el quinto y el décimo año a partir de la entrada en vigor de la presente Directiva, el valor paramétrico de bromato será de 25 µg/l.
- Nota 3:* El valor se aplica a una muestra de agua destinada al consumo humano, obtenida por un método adecuado de muestreo <sup>(1)</sup> en el grifo y recogida de modo que sea representativa de un valor medio semanal ingerido por los consumidores. Cuando proceda, los métodos de muestreo y control deberán efectuarse de una forma armonizada, que se establecerá con arreglo al apartado 4 del artículo 7. Los Estados miembros tendrán en cuenta la presencia de valores punta que puedan provocar efectos adversos en la salud humana.
- Nota 4:* Para las aguas a que se refieren las letras a), b) y d) del apartado 1 del artículo 6, el valor se cumplirá, a lo sumo, a los quince años naturales de la fecha de entrada en vigor de la presente Directiva. Para el período comprendido entre el quinto y el decimoquinto año a partir de la entrada en vigor de la presente Directiva, el valor del parámetro plomo será de 25 µg/l.
- Los Estados miembros velarán por que se adopten todas las disposiciones apropiadas a fin de reducir cuanto sea posible la concentración de plomo en las aguas destinadas al consumo humano durante el plazo necesario para cumplir el valor de este parámetro.
- Al poner en práctica las medidas necesarias para cumplir este valor, los Estados miembros darán progresivamente prioridad a las zonas con máximas concentraciones de plomo en las aguas destinadas al consumo humano.
- Nota 5:* Los Estados miembros velarán por que a la salida de las instalaciones de tratamiento de aguas se respete la cifra de 0,10 mg/l para los nitritos y se cumpla la condición de que  $[\text{nitrato}]/50 + [\text{nitrito}]/3 \leq 1$ , donde los corchetes significan concentraciones en mg/l para el nitrato (NO<sub>3</sub>) y para el nitrito (NO<sub>2</sub>).
- Nota 6:* Por «plaguicidas» se entiende:
- insecticidas orgánicos,
  - herbicidas orgánicos,
  - fungicidas orgánicos,
  - nematocidas orgánicos,
  - acaricidas orgánicos,
  - alguicidas orgánicos,
  - rodenticidas orgánicos,
  - molusquicidas orgánicos,
  - productos relacionados (entre otros, reguladores de crecimiento) y sus pertinentes metabolitos y productos de degradación y reacción.
- Sólo es preciso controlar aquellos plaguicidas que sea probable que estén presentes en un suministro dado.
- Nota 7:* El valor paramétrico se aplica a cada uno de los plaguicidas. En el caso de la aldrina, la dieldrina, el heptacloro y el heptaclorepóxido, el valor paramétrico es de 0,030 µg/l.
- Nota 8:* Por «total plaguicidas» se entiende la suma de todos los plaguicidas detectados y cuantificados en el procedimiento de control.
- Nota 9:* Los compuestos especificados son:
- benzo(b)fluoranteno
  - benzo(k)fluoranteno
  - benzo(ghi)perileno
  - indeno(1,2,3-cd)pireno
- Nota 10:* Cuando sea posible sin que afecte a la desinfección, los Estados miembros deberán procurar obtener un valor más bajo.
- Los compuestos especificados son: cloroformo, bromoformo, dibromoclorometano, bromodichlorometano.
- Para las aguas a que refieren las letras a), b) y d) del apartado 1 del artículo 6, el valor se cumplirá, a lo sumo, a los diez años naturales de la fecha de entrada en vigor de la presente Directiva. Para el período comprendido entre el quinto y el décimo año a partir de la entrada en vigor de la presente Directiva, el valor paramétrico de THM totales será de 150 µg/l.

<sup>(1)</sup> Se añadirá cuando se disponga de los resultados del estudio actualmente en curso.

Los Estados miembros se cerciorarán de que se adopten todas las medidas adecuadas para reducir la concentración de THM en el agua destinada al consumo humano en la mayor medida posible durante el período necesario para lograr el cumplimiento del valor paramétrico.

Al aplicar las medidas necesarias para cumplir este valor, los Estados miembros darán progresivamente prioridad a las zonas con máximas concentraciones de THM en el agua destinada al consumo humano.

### PARTE C

#### Parámetros indicadores

Parámetro	Valor paramétrico	Unidad	Notas
Aluminio	200	$\mu\text{g/l}$	
Amonio	0,50	$\text{mg/l}$	
Cloruro	250	$\text{mg/l}$	Nota 1
<i>Clostridium perfringens</i> (incluidas esporas)	0	número/100 ml	Nota. 2
Color	Aceptable para los consumidores y sin cambios anómalos		
Conductividad	2 500	$\mu\text{S cm}^{-1}$ a 20 °C	Nota 1
Concentración en iones hidrógeno	$\geq 6,5$ y $\leq 9,5$	unidades pH	Notas 1 y 3
Hierro	200	$\mu\text{g/l}$	
Manganeso	50	$\mu\text{g/l}$	
Olor	Aceptable para los consumidores y sin cambios anómalos		
Oxidabilidad	5,0	$\text{mg/l O}_2$	Nota 4
Sulfato	250	$\text{mg/l}$	Nota 1
Sodio	200	$\text{mg/l}$	
Sabor	Aceptable para los consumidores y sin cambios anómalos		
Recuento de colonias a 22 °C	Sin cambios anómalos		
Bacterias coliformes	0	número/100 ml	Nota 5
Carbono orgánico total (COT)	Sin cambios anómalos		Nota 6
Turbidez	Aceptable para los consumidores y sin cambios anómalos		Nota 7

## RADIATIVIDAD

Parámetro	Valor paramétrico	Unidad	Notas
Tritio	100	Bq/l	Notas 8 y 10
Dosis indicativa total	0,10	mSv/año	Notas 9 y 10

*Nota 1:* El agua no deberá contener materias corrosivas.

*Nota 2:* Este parámetro es necesario medirlo sólo si el agua procede total o parcialmente de agua superficial. En caso de incumplimiento de este valor paramétrico, el Estado miembro afectado investigará el suministro para asegurarse de que de la presencia de microorganismos patógenos como, por ejemplo, el *cryptosporidium* no se desprende peligro potencial alguno para la salud humana. Los Estados miembros incluirán en su informe los resultados de todas estas investigaciones, de conformidad con el apartado 2 del artículo 13.

*Nota 3:* Para el agua sin gas envasada en botellas u otros recipientes, el valor mínimo podrá reducirse a 4,5 unidades pH.

Para el agua envasada en botellas u otros recipientes que sea naturalmente rica en dióxido de carbono o con adición artificial de éste, el valor mínimo podrá ser inferior.

*Nota 4:* No es necesario medir este parámetro si se analiza el parámetro COT.

*Nota 5:* Para las aguas envasadas en botellas u otros recipientes, la unidad es número/250 ml.

*Nota 6:* No es necesario medir este parámetro para suministros de menos de 10 000 m<sup>3</sup> por día.

*Nota 7:* Cuando se trate de tratamiento de aguas superficiales, los Estados miembros deberán intentar lograr un valor paramétrico no superior a 1,0 NTU (unidades nefelométricas de turbidez) en el agua a la salida de las instalaciones de tratamiento.

*Nota 8:* La periodicidad del control se indicará posteriormente, en el anexo II.

*Nota 9:* Excluido el tritio, el potasio -40, el radón y los productos de desintegración del radón. La periodicidad del control, los métodos de control y los lugares más adecuados para la toma de muestras se indicarán posteriormente en el anexo II.

*Nota 10:* 1. Las propuestas requeridas por las notas 8 y 9 sobre la periodicidad del control, los métodos del control y los lugares más adecuados para los puntos de control que se indican en el anexo II se adoptarán con arreglo al procedimiento establecido en el artículo 12. Al elaborar dichas propuestas, la Comisión tomará en consideración *inter alia* las disposiciones pertinentes con arreglo a la legislación existente o a los programas de control adecuados incluidos los resultados del control que se deriven de los mismos. La Comisión presentará dichas propuestas, a más tardar, transcurridos 18 meses desde la fecha a que se refiere el artículo 18 de la presente Directiva.

2. No será necesario que los Estados miembros controlen el agua potable respecto del tritio ni la radiactividad para establecer la dosis indicativa total cuando consideren que sobre la base de otros controles llevados a cabo los niveles de tritio o de la dosis indicativa total del agua se encuentran muy por debajo del valor paramétrico. En ese caso comunicará las razones de su decisión a la Comisión, incluyendo los resultados de esos otros controles llevados a cabo.

## ANEXO II

## CONTROL

## CUADRO A

## Parámetros que deben analizarse

1. *Control de comprobación*

El control de comprobación tiene por objeto facilitar periódicamente información sobre la calidad organoléptica y microbiológica del agua destinada al consumo humano, así como información sobre la eficacia del tratamiento aplicado al agua potable (particularmente la desinfección) con el fin de determinar si el agua destinada al consumo humano es conforme o no a los correspondientes valores paramétricos de la presente Directiva.

El control de comprobación se efectuará sobre los parámetros siguientes. Los Estados miembros podrán añadir a esta lista otros parámetros, si lo consideran oportuno.

Aluminio (nota 1)

Amonio

Color

Conductividad

*Clostridium perfringens* (incluidas las esporas) (nota 2)

*Escherichia coli* (E. coli)

Concentración de iones hidrógeno

Hierro (nota 1)

Nitrito (nota 3)

Olor

*Pseudomonas aeruginosa* (nota 4)

Sabor

Recuento de colonias a 22 °C y 37 °C (nota 4)

Bacterias coliformes

Turbidez

*Nota 1:* Necesario solamente si se utiliza como floculante (\*).

*Nota 2:* Necesario solamente si el agua procede total o parcialmente de aguas superficiales (\*).

*Nota 3:* Necesario solamente si como desinfectante se utiliza la cloraminación (\*).

*Nota 4:* Necesario solamente para aguas comercializadas en botellas u otros recipientes.

(\*) En todos los demás casos, los parámetros figuran en la lista del control de auditoría.

2. *Control de auditoría*

El control de auditoría tiene por objeto facilitar la información necesaria para determinar si se respetan o no todos los valores paramétricos de la Directiva. Todos los parámetros establecidos de conformidad con los apartados 2 y 3 del artículo 5 estarán sujetos a control de auditoría, a menos que las autoridades competentes puedan establecer, durante un período que deben determinar ellas mismas, que no es probable que un parámetro esté presente en un suministro dado en concentraciones que pudieran implicar un riesgo de incumplimiento del valor del parámetro en cuestión. Este punto no se aplica a los parámetros de radiactividad que, de conformidad con las notas 8, 9 y 10 de la parte C del anexo I, serán controlados de acuerdo con los requisitos de control adoptados con arreglo al artículo 12.

CUADRO B1

**Frecuencia mínima de muestreo y análisis para las aguas destinadas al consumo humano suministradas a través de una red de distribución o desde una cisterna o utilizadas en una empresa alimentaria**

Los Estados miembros tomarán muestras en los puntos de cumplimiento definidos en el apartado 1 del artículo 6 para comprobar que el agua destinada al consumo humano cumple los requisitos de la Directiva. Sin embargo, en el caso de las redes de distribución, los Estados miembros dispondrán de la posibilidad de tomar muestras de parámetros concretos dentro de la zona de abastecimiento o en las instalaciones de tratamiento, si puede demostrarse que ello no afectará negativamente a los valores que se obtengan para los parámetros de que se trate.

Volumen de agua distribuida o producida por día en cada zona de abastecimiento (Notas 1 y 2) m <sup>3</sup>	Control de comprobación número de muestras por año (Notas 3, 4 y 5)	Control de auditoría número de muestras por año (Notas 3 y 5)
$\leq 100$	(Nota 6)	(Nota 6)
$> 100 \leq 1\,000$	4	1
$> 1\,000 \leq 10\,000$	4 + 3 por cada 1 000 m <sup>3</sup> /d y fracción del volumen total	1 + 1 por cada 3 300 m <sup>3</sup> /d y fracción del volumen total
$> 10\,000 \leq 100\,000$		3 + 1 por cada 10 000 m <sup>3</sup> /d y fracción del volumen total
$> 100\,000$		10 + 1 por cada 25 000 m <sup>3</sup> /d y fracción del volumen total

*Nota 1:* Una zona de abastecimiento es una área geográficamente definida en la que las aguas destinadas al consumo humano provienen de una o varias fuentes y en la que la calidad de las aguas puede considerarse aproximadamente uniforme.

*Nota 2:* Los volúmenes se calcularán como las medias de un año natural. Para determinar la frecuencia mínima, los Estados miembros podrán utilizar el número de habitantes de una zona de abastecimiento en lugar del volumen de agua, considerando un consumo de agua de 200 l diarios por persona.

*Nota 3:* Cuando se trate de suministros intermitentes a corto plazo, los Estados miembros de que se trate decidirán la frecuencia de control del agua distribuida por cisterna.

*Nota 4:* Para los distintos parámetros del anexo I, los Estados miembros podrán reducir el número de muestras especificado en el cuadro:

- cuando los valores de los resultados obtenidos a partir de muestras tomadas durante al menos dos años sucesivos sean constantes y significativamente mejores que los límites fijados en el anexo I, y
- cuando no sea probable que exista factor alguno que pueda deteriorar la calidad del agua.

La frecuencia mínima que se aplique no podrá ser inferior al 50 % del número de muestras especificadas en el cuadro, excepto en el caso concreto de la nota 6.

*Nota 5:* En la medida de lo posible, el número de muestras deberá distribuirse de manera pareja en el tiempo y en el espacio.

*Nota 6:* La frecuencia deberá determinarla el Estado miembro interesado.

## CUADRO B2

Frecuencia mínima de muestreo y análisis para las aguas envasadas en botellas u otros recipientes y destinadas a la venta

Volumen de agua producida por día para su venta en botellas u otros recipientes <sup>(1)</sup> m <sup>3</sup>	Control de comprobación número de muestras por año	Control de auditoría número de muestras por año
≤ 10	1	1
> 10      ≤ 60	12	1
> 60	1 por cada 5 m <sup>3</sup> y fracción del volumen total	1 por cada 100 m <sup>3</sup> y fracción del volumen total

<sup>(1)</sup> los volúmenes se calculan como promedios a lo largo de un año natural.

## ANEXO III

## ESPECIFICACIONES PARA EL ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS

Cada Estado miembro velará por que todos los laboratorios en que se analicen las muestras tengan un sistema de control de calidad de los análisis que sea comprobado periódicamente por una persona independiente del laboratorio que haya sido autorizada al efecto por la autoridad competente.

## 1. PARÁMETROS PARA LOS QUE SE ESPECIFICAN MÉTODOS DE ANÁLISIS

Los siguientes principios, relativos a los métodos que utilicen parámetros microbiológicos, se dan ya sea como referencia, en los casos en que se da un método CEN/ISO, o como guía, en espera de la posible adopción futura, conforme al procedimiento establecido en el artículo 12, de nuevos métodos internacionales CEN/ISO para dichos parámetros. Los Estados miembros podrán emplear métodos alternativos, siempre que se cumpla lo dispuesto en el apartado 5 del artículo 7.

Bacterias coliformes y *Escherichia coli* (E. coli) (ISO 9308-1)

Enterococos (ISO 7899-2)

*Pseudomonas aeruginosa* (prEN ISO 12780)

Enumeración de microorganismos cultivables — Recuento de colonias a 22 °C (prEN ISO 6222)

Enumeración de microorganismos cultivables — Recuento de colonias a 37 °C (prEN ISO 6222)

*Clostridium perfringens* (incluidas las esporas)

Filtrado sobre membrana e incubación anaerobia de la membrana en agar m-CP (nota 1) a  $44 \pm 1$  °C durante  $21 \pm 3$  horas. Recuento de las colonias de color amarillo opaco que cambien a color rosa o rojo al cabo de 20 a 30 segundos de exposición a vapores de hidróxido amónico.

Nota 1: La composición del agar m-CP es:

Medio de base	
Tryptosa	30 g
Extracto de levadura	20 g
Sacarosa	5 g
hidrocloruro de L-cisteína	1 g
MgSO <sub>4</sub> - 7H <sub>2</sub> O	0,1 g
Púrpura de bromocresol	40 mg
Agar	15 g
Agua	1 000 ml

Disolver los ingredientes en el medio de base, ajustar el pH a 7,6 y mantener en el autoclave a 121 °C durante 15 minutos. Dejar enfriar el medio y añadir:

D-cicloserina	400 mg
B-sulfato de polimixina	25 mg
β-D-glucosuro de indoxyl	60 mg
Deberá disolverse en 8 ml de agua destilada estéril antes de añadirse	
Solución de difosfato de fenoltaleína al 0,5 % esterilizada por filtración	20 ml
FeCl <sub>3</sub> - 6H <sub>2</sub> O al 4,5 % esterilizada por filtración	2 ml

## 2. PARÁMETROS PARA LOS QUE SE ESPECIFICAN RESULTADOS CARACTERÍSTICOS

2.1. En relación con los siguientes parámetros, los resultados característicos que se especifican suponen que el método de análisis utilizado será capaz, como mínimo, de medir concentraciones iguales al valor del parámetro con la exactitud, precisión, y límite de detección especificados. Sea cual fuere la sensibilidad del método de análisis empleado, el resultado se expresará empleando como mínimo la misma cantidad de decimales que para el valor paramétrico considerado en las partes B y C del anexo I.

Parámetros	Exactitud % del valor pa- ramétrico (Nota 1)	Precisión % del valor paramétrico (Nota 2)	Límite de detec- ción % del valor paramétrico (Nota 3)	Condiciones	Notas
Acrilamida				Controlar según la especificación del producto	
Aluminio	10	10	10		
Amonio	10	10	10		
Antimonio	25	25	25		
Arsénico	10	10	10		
Benzo(a)pireno	25	25	25		
Benceno	25	25	25		
Boro	10	10	10		
Bromato	25	25	25		
Cadmio	10	10	10		
Cloruro	10	10	10		
Cromo	10	10	10		
Conductividad	10	10	10		
Cobre	10	10	10		
Cianuro	10	10	10		Nota 4
1,2-dicloroetano	25	25	10		
Epiclorhidrina				Controlar según la especificación del producto	
Fluoruro	10	10	10		
Hierro	10	10	10		
Plomo	10	10	10		
Manganeso	10	10	10		
Mercurio	20	10	20		
Níquel	10	10	10		
Nitrato	10	10	10		
Nitrito	10	10	10		
Oxidabilidad	25	25	10		Nota 5
Plaguicidas	25	25	25		Nota 6
Hidrocarburos poli- cíclicos aromáticos	25	25	25		Nota 7

Parámetros	Exactitud % del valor pa- ramétrico (Nota 1)	Precisión % del valor paramétrico (Nota 2)	Límite de detec- ción % del valor paramétrico (Nota 3)	Condiciones	Notas
Selenio	10	10	10		
Sodio	10	10	10		
Sulfato	10	10	10		
Tetracloroetano	25	25	10		Nota 8
Tricloroetano	25	25	10		Nota 8
Total THM	25	25	10		Nota 7
Cloruro de vinilo				Controlar según la especificación del producto	

2.2. Con respecto a la concentración en ión hidrógeno, los resultados característicos especificados suponen que el método de análisis aplicado puede medir concentraciones iguales al valor del parámetro con una exactitud de 0,2 unidades pH y una precisión de 0,2 unidades pH.

*Nota 1 (\*)*: Por exactitud se entiende el error sistemático y representa la diferencia entre el valor medio del gran número de mediciones reiteradas y el valor exacto.

*Nota 2 (\*)*: Por precisión se entiende el error aleatorio y se expresa habitualmente como la desviación típica (dentro de cada lote y entre lotes) de la dispersión de resultados en torno a la media. Se considera una precisión aceptable el doble de la desviación típica relativa.

(\*) Estos términos se definen con mayor detalle en la norma ISO 5725.

*Nota 3*: El límite de detección es ya sea  
— el triple de la desviación típica relativa dentro del lote de una muestra natural que contenga una baja concentración del parámetro,  
o bien  
— el quíntuplo de la desviación típica relativa dentro del lote de una muestra en blanco.

*Nota 4*: El método debe determinar el cianuro total en todas las formas.

*Nota 5*: La oxidación deberá efectuarse durante 10 minutos a 100 °C en condiciones de acidez utilizando permanganato.

*Nota 6*: Los resultados característicos se aplican a cada uno de los plaguicidas y dependerán del plaguicida de que se trate. Aunque no sea posible, por el momento, hallar el límite de detección para todos los plaguicidas, los Estados miembros deberían tratar de cumplir esta norma.

*Nota 7*: Los resultados característicos se aplican a cada una de las sustancias especificadas al 25 % del valor paramétrico en el anexo I.

*Nota 8*: Los resultados característicos se aplican a cada una de las sustancias especificadas al 50 % del valor paramétrico en el anexo I.

### 3. PARÁMETROS PARA LOS QUE NO SE ESPECIFICA NINGÚN MÉTODO DE ANÁLISIS

Color  
Olor  
Sabor  
Carbono orgánico total  
Turbidez (nota 1)

*Nota 1*: Para el control de la turbidez en el agua superficial tratada, los resultados característicos especificados consisten en que el método de análisis utilizado deberá poder medir como mínimo las concentraciones iguales al valor paramétrico con una exactitud del 25 %, una precisión del 25 % y un límite de detección del 25 %.

ANEXO IV

PLAZOS DE INCORPORACIÓN A LA LEGISLACIÓN NACIONAL Y PLAZOS DE APLICACIÓN

Directiva 80/778/CEE Incorporación 17.7.1982 Aplicación 17.7.1985 Todos los Estados miembros excepto España, Portugal y los nuevos Estados federados de Alemania	Directiva 81/858/CEE (adaptación debida a la adhesión de Grecia)	Acta de adhesión de España y Portugal España: incorporación 1.1.1986 aplicación 1.1.1986 Portugal: incorporación 1.1.1986 aplicación 1.1.1989	Directiva 90/656/CEE par los nuevos Estados federados de Alemania	Acta de adhesión de Austria, de Finlandia y de Suecia Austria: incorporación 1.1.1995 aplicación 1.1.1995 Finlandia: incorporación 1.1.1995 aplicación 1.1.1995 Suecia: incorporación 1.1.1995 aplicación 1.1.1995	Directiva 91/692/CEE
Artículos 1 a 14			Aplicación 31.12.1995		
Artículos 15	Modificada con efectos a 1.1.1981	Modificada con efectos a 1.1.1986		Modificada con efectos a 1.1.1995	
Artículos 16					
Artículos 17					Añadido artículo 17 bis
Artículos 18					
Artículos 19		Modificada	Modificada		
Artículos 20					
Artículos 21					

## ANEXO V

## CUADRO DE CORRESPONDENCIAS

Presente Directiva	Directiva 80/778/CEE
Apartado 1 del artículo 1	Apartado 1 del artículo 1
Apartado 2 del artículo 1	—
Letras a) y b) del apartado 1 del artículo 2	Artículo 2
Apartado 2 del artículo 2	—
Letras a) y b) del apartado 1 del artículo 3	Apartado 1 del artículo 4
Letras a) y b) del apartado 2 del artículo 3	—
Apartado 3 del artículo 3	—
Apartado 1 del artículo 4	Apartado 6 del artículo 7
Apartado 2 del artículo 4	Artículo 11
Apartado 1 del artículo 5	Apartado 1 del artículo 7
Primera frase del apartado 2 del artículo 5	Apartado 3 del artículo 7
Segunda frase del apartado 2 del artículo 5	—
Apartado 3 del artículo 5	—
Apartado 1 del artículo 6	Apartado 2 del artículo 12
Apartados 2 y 3 del artículo 6	—
Apartado 1 del artículo 7	Apartado 1 del artículo 12
Apartado 2 del artículo 7	—
Apartado 3 del artículo 7	Apartado 3 del artículo 12
Apartado 4 del artículo 7	—
Apartado 5 del artículo 7	Apartado 5 del artículo 12
Apartado 6 del artículo 7	—
Artículo 8	—
Apartado 1 del artículo 9	Apartado 1 de los artículos 9 y 10
Apartados 2 y 6 del artículo 9	—
Apartado 7 del artículo 9	Apartado 2 del artículo 9 y apartado 3 del artículo 10
Apartado 8 del artículo 9	—
Artículo 10	Artículo 8

Presente Directiva	Directiva 80/778/CEE
Apartado 1 del artículo 11	—
Apartado 2 del artículo 11	Artículo 13
Apartado 1 del artículo 12	Artículo 14
Apartados 2 y 3 del artículo 12	Artículo 15
Apartado 1 del artículo 13	—
Apartados 2 y 5 del artículo 13	Letra a) del artículo 17 (incluida mediante la Directiva 91/692/CEE)
Artículo 14	Artículo 19
Artículo 15	Artículo 20
Artículo 16	—
Artículo 17	Artículo 18
Artículo 18	—
Artículo 19	Artículo 21

### XIII GLOSARIO

- **Agua purificada:** es aquella sometida a un tratamiento físico o químico que se encuentra libre de agentes infecciosos. Cuya ingestión no causa efectos, nocivos a la salud y que además debe cumplir con los requisitos que se establecen en las normas oficiales.
- **Agua potable:** es aquella que por sus características de calidad especificadas en una norma, es adecuada para consumo humano.
- **Envase:** al recipiente destinado a contener un producto que entra en contacto con el mismo.
- **Inocuo:** a lo que no hace o causa daño a la salud.
- **Límite máximo aceptable:** es el valor de concentración de cualquier característica del agua arriba del cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores, desde un punto de vista sensorial pero sin que implique un daño a la salud del consumidor.
- **Límite máximo permisible:** es la concentración de cualquier característica de calidad del agua, arriba del cual, el agua no es adecuada para el consumo humano.
- **Coliformes total:** son bacterias en forma de bacilos, aerobios y anaerobios facultativos, Gran negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y de gas a  $35 \pm 0.5^\circ \text{C}$  en un periodo de 24 horas a 48 horas, características cuando se investigan por el método de los tubos múltiples. Para el caso de la fermentación del grupo coliforme total empleando el método de filtración por membrana se define como todos los microorganismos que desarrollan una colonia rojiza con brillo metálico dorado en un medio tipo Endo (u otro medio de cultivo reconocido internacionalmente) después de una incubación de 24 horas a  $35^\circ \text{C}$ .
- **Coliformes fecales:** bacterias fermentadas de lactosa con producción de gas a  $44 \pm 0.2^\circ \text{C}$  en un periodo de 24 horas cuando se investigan por el método de los tubos múltiples. Para el método de filtración por membrana utiliza un medio de lactosa enriquecido y una temperatura de incubación de  $44.5 \pm 0.2^\circ \text{C}$  en un periodo de 24 horas. Al grupo de Coliformes fecales también se le conoce como termo tolerantes o termo resistentes.
- **E.coli:** bacterias fermentadoras de lactosa y otros sustratos adecuados como el manitol a  $44$  ó  $45^\circ \text{C}$  con producción de gas y que también producen indol a partir de triptófano.
- **Pseudomonas:** es un género bacilos rectos o ligeramente curvados, Gran negativas, oxidasa-positivos aeróbicos estrictos, crecen en medios simples. En caldo crecen abundantemente formando un anillo y un sedimento de color verde azulado. En agar simple forman colonias brillantes, confluentes, de borde

continuo y a veces ondulados con un centro opaco. El pigmento (piocianina) se difunde en el medio dándole una tonalidad verdosa. Este pigmento tiene cualidades bactericidas sobre otras bacterias Gran positivas y Gran negativas.

- **Bacterias Aerobias Mesofilas:** todas las bacterias aerobias, hongos y levadura capaces de formar colonias en medios, que poseen las condiciones necesarias para su desarrollo, como el agar R2A, el Standard, el Standar TTC, medio de extracto de levadura, entre otros.
- **Sistema de abastecimiento:** al conjunto de elementos integrados por las obras hidráulicas de captación, conducción, potabilización, desinfección, almacenamiento o regulación, y distribución, pudiendo ser públicos o privados.
- **Tratamiento:** a la operación o serie de operaciones a la que es sometida el agua o el hielo durante su elaboración con el propósito de eliminar o reducir su contaminación.
- **Filtración por membrana:** es una técnica que consiste en hacer pasar el líquido de interés a través de una membrana que detiene sólidos y otros cuerpos dependiendo en el tamaño de poro de la membrana utilizada. Es una técnica muy utilizada en los análisis de microbiología.
- **Sustrato de enzimático:** es un método utilizado para la verificación de microorganismos, utiliza un sustrato específico con el fin de ser hidrolizado por la enzima específica que la tiene los microorganismos de interés.
- **Mug:** 4-mehtylumbellifery- $\beta$ -D-glucuronido es un sustrato que es hidrolizado por la enzima  $\beta$ -glucuronidase. Esta enzima es propia de las bacterias fecales E. coli. el sustrato se utiliza en la técnica de sustrato definido para verificar la presencia de E. coli.
- **ONPG:** O-nitrofenil-b-D-galactopiranosido es un sustrato utilizado en la prueba de sustrato definido para verificar la presencia de Coliformes totales.