

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**“ESTUDIO DE LAS INCIDENCIAS DE LAS RADIACIONES  
ULTRAVIOLETA (UV) EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN  
DE AGUA ENVASADA PARA MESA”**

## **TRABAJO MONOGRÁFICO**

**PARTE COMPLEMENTARIA DE LA MODALIDAD “D”  
EXAMEN DE HABILITACIÓN PROFESIONAL MEDIANTE  
CURSOS DE ACTUALIZACIÓN**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**PRESENTADA POR LA BACHILLER:  
DEYSI JUDITH SAUCEDO JULCAMORO**

**ASESORES:**

**Ing. M. Sc. JESÚS HIPÓLITO DE LA CRUZ ROJAS**

**Ing. M. Sc. JOSÉ GERARDO SALHUANA GRANADOS**



# Universidad Nacional de Cajamarca

Norte de la Universidad Peruana

Fundada por Ley 14015 del 13 de febrero de 1962

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias

Telefax 076-365846 – Anexos 107- 108

## ACTA DE SUSTENTACIÓN

## DE TRABAJO MONOGRÁFICO

En Cajamarca, a los dos días del mes de diciembre del año dos mil trece, se reunieron en el ambiente 2C-201, de la Facultad de Ciencias Agrarias, los integrantes del Jurado designados por Consejo de la Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad 312-2013-FCA-UNC, con el objetivo de evaluar la sustentación del Trabajo Monográfico Titulado: “ESTUDIO DE LAS INCIDENCIAS DE LAS RADIACIONES ULTRAVIOLETA (UV) EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE AGUA ENVASADA PARA MESA”; bajo la Modalidad “D” – Examen de habilitación Profesional mediante Cursos de Actualización, el mismo que fue sustentado por la Bachiller en Industrias Alimentarias Srta. **DEYSI JUDITH SAUCEDO JULCAMORO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias.

A las dieciséis horas y cinco minutos y de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el acto. Después de la exposición del Trabajo Monográfico, formulación de preguntas y de la deliberación del Jurado, el Presidente del Jurado anunció la **aprobación por unanimidad**, con el calificativo de **quince (15)**, que constituye el 50 % de la nota final del curso de Actualización con fines de Titulación correspondiente.

A las diecisiete horas y cuarenta minutos, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Cajamarca, 02 de diciembre del 2013

Ing. M.Sc. Segundo C. Guevara Cieza.  
**PRESIDENTE**

M.Cs. Ricardo Uripl Valverde.  
**SECRETARIO**

Lic. José Fernando Escalante Noriega.  
**VOCAL**

Ing. M.Sc. Jesús M. De La Cruz Rojas.  
**ASESOR**

Ing. M.Sc. José G. Salmuana Granados.  
**ASESOR**

## DEDICATORIA

*A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud y fortaleza para lograr mis objetivos.*

*A mis padres Santos y Lilia quienes confiaron plenamente en mí, me brindaron su apoyo económico y moral en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que me han infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante pero más que nada por su amor.*

*A mis hermanas Katherine y Milagros quienes fueron mi incentivo para seguir con este fin trazado.*

*A mis familiares por estar conmigo en momentos difíciles darme confianza y brindarme sus consejos entusiastas.*

*A mis maestros por sus enseñanzas y sabiduría necesaria a fin de plasmar estos conocimientos en este trabajo monográfico que permita brindar mayores luces respecto al tema.*

*A mis amigos y compañeros, con quienes nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional desde que empezamos este camino en especial a Mariela del Carmen y Gabriela Guerrero y a todos aquellos que colaboraron en el desarrollo de esta monografía.*

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios por la vida y la salud, por haberme permitido conocer personas que me ayudaron en mi formación profesional y como persona; por haberme permitido concluir con éxito mis estudios.*

*Agradezco a las personas que más amo; mis padres, por su trabajo, esfuerzo y sacrificio para educarme y porque creyeron siempre en mí, son mi mayor tesoro.*

*Agradezco a mis hermanas Katherine y Milagros por su cariño, apoyo y consideración en todo momento, son mi mejor compañía y alegría.*

*Agradezco a la Universidad Nacional de Cajamarca por haberme formado en sus aulas durante mi vida de estudiante, así mismo a mis queridos docentes quienes me impartieron sus conocimientos; a mis compañeros por haber compartido lazos de amistad y compañerismo en nuestra convivencia estudiantil.*

*Agradezco a Luis por su voz de aliento y su compañía en este camino, ser bueno es tu virtud.*

*De manera muy especial a mis asesores Ing. José Salhuana Granados e Ing. Hipólito de la Cruz Rojas por sus consejos, apoyo y colaboración en brindarme su tiempo para hacer realidad mi trabajo monográfico.*

## Resumen

El presente trabajo monográfico tiene por objetivo revisar y analizar las incidencias de la aplicación de las radiaciones ultravioleta (UV) en el proceso de elaboración de agua envasada para mesa y determinar su inocuidad pues la aplicación de la radiación UV en la desinfección, de agua demanda bajo costo de inversión y operación en la planta envasadora de agua, en comparación con otros procesos; no emplea productos químicos ni reacciona con los constituyentes del agua y por tanto no genera subproductos ni origina sabores ni olores y a su vez es compatible con otros procesos de desinfección que aporten un efecto residual más permanente; es precisamente esta característica, la posible desventaja de las radiaciones UV como desinfectante único; otra ventaja es no necesita tanques de mezcla o de contacto; el uso de radiación UV elimina la necesidad de transportar, almacenar y manipular productos químicos peligrosos, a diferencia de algunos desinfectantes químicos, las tasas de inactivación microbiana por radiación UV no dependen del pH ni de la temperatura.

## Abstract

This monograph is to review and analyze the impact of the application of ultraviolet radiation (UV) in the preparation of bottled water for table and determine its safety because the application of UV disinfection, water demand low investment and operation cost of the water bottling plant, compared to other processes does not use chemicals or constituents react with water and therefore does not generate by products or flavors or odors causes and in turn is compatible with other processes complementary disinfection residual to provide more permanent effect, It is precisely this feature, the possible disadvantage of UV radiation as a disinfectant only, Another advantage is you do not need tanks or contact mixture; UV use eliminates the need to transport, store and handle hazardous chemicals, Unlike some chemical disinfectants microbial inactivation rates by UV not depend on pH or temperature.

## ÍNDICE

Introducción .....	1
CAPÍTULO I	
EL AGUA .....	2
1.1. Definición .....	2
1.2. Composición .....	3
1.3. Estructura del agua.....	3
1.4. Propiedades físicas.....	5
1.5. Propiedades químicas .....	5
1.6. El agua como solvente.....	5
1.7. Osmosis y difusión.....	6
1.8. Clasificación.....	6
1.9. Microbiología de las aguas .....	8
1.10. Importancia del agua .....	14
CAPÍTULO II	
AGUA ENVASADA .....	15
2.1. Generalidades.....	15
2.2. Tipos de productos .....	15
2.3. Fuentes de agua .....	17
2.4. Procesos de purificación de agua .....	17
2.5. Procesos generales de envasado de agua .....	22
2.6. Consumo de agua envasada .....	25
2.7. Producción de agua envasada en Perú .....	25
2.8. Servicio y usos del agua envasada.....	26
2.9. Normas nacionales relacionadas al agua envasada .....	27
2.10. Marco Legal base y guías de referencias relacionadas al agua envasada .....	27
CAPÍTULO III	
RADIACION ULTRAVIOLETA .....	29
3.1. Generalidades.....	29
3.2. Definición .....	29
3.3. Las aplicaciones en la industria de alimentos .....	30
3.4. Características de la radiación ultravioleta.....	32
3.5. Fuentes.....	32
3.6. Componentes de la lámpara y generación de luz ultravioleta.....	32
3.7. Sistema de desinfección de agua por radiación ultravioleta .....	33

## CAPÍTULO IV

INSIDENCIAS DE LA RADIACION ULTRAVIOLETA.....	35
4.1. Generalidades.....	35
4.2. Mecanismos de la desinfección por radiación ultravioleta .....	35
4.3. Explicación del proceso de absorción de radiación ultravioleta .....	37
4.4. Cómo funciona la desinfección .....	41
4.5. Parámetros de desinfección con radiación ultravioleta .....	42
4.6. Dosis de ultravioleta.....	44
4.7. Sub productos de la desinfección con rayos ultravioleta.....	47
4.8. Mecanismos de reparación .....	47
4.9. Factores que impactan la administración de la dosis Ultravioleta .....	48
4.10. Costos de desinfección ultravioleta.....	50
4.11. Ventajas y desventajas .....	51
4.12. Parámetros de calidad del agua .....	53

## CAPÍTULO V

CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y FISICOQUÍMICA DEL AGUA ENVASADA.....	54
5.1. Generalidades.....	54
5.2. Contaminantes microbiológicos .....	55
5.3. Contaminantes de origen químico .....	62
5.4. pH .....	69
5.5. Color .....	69
5.6. Dureza .....	69
5.7. Turbidez.....	70
5.8. Sólidos totales disueltos y conductividad eléctrica.....	71
Conclusiones .....	72
Referencias bibliográficas.....	73
Anexos .....	79

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Disponibilidad de agua en el mundo .....	2
Figura 2. Componentes de la molécula del Agua .....	3
Figura 3. Molécula tetraédrica del Agua .....	4
Figura 4. Puentes de hidrógeno en el agua. ....	4
Figura 5. Botellones de agua .....	24
Figura 6. Franja del espectro electromagnético .....	30
Figura 7. Componentes de la lámpara .....	32
Figura 8. Generación de luz ultravioleta .....	33
Figura 9. Instalación típica de un equipo de radiación ultravioleta con lámpara sumergida.....	34
Figura 10. Secuencia de ADN normal y modificado .....	36
Figura 11. Formación de dímeros .....	37
Figura 12. Efecto fotoeléctrico. ....	39
Figura 13. Efecto compton.....	40
Figura 14. Efecto de radiación ultravioleta en un microorganismo.....	42
Figura 15. Planta Cajamarquina que emplea dentro de su proceso radiación UV.....	79
Figura 16. Área de proceso – (Tratamiento con radiación UV).....	80
Figura 17. Lámpara UV doble .....	80
Figura 18. Filtros de arena, cuarzo y grava; filtro de carbón activado y filtro multimedia .....	81
Figura 19. Filtros de 25 - 5 $\mu$ . ....	81
Figura 20. Equipo inyector de ozono. ....	82
Figura 21. Desinfección, enjuagado y llenado de envases. ....	82

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dureza del agua.....	7
Tabla 2. Virus patógenos humanos típicos de las aguas .....	12
Tabla 3. Algunas enfermedades de carácter hídrico.....	13
Tabla 4. Métodos empleados en desinfección del agua. ....	21
Tabla 5. Dosis ultravioleta necesaria para destruir microorganismos patógenos. ....	46
Tabla 6. Comparación de precios de equipos para desinfección de agua en Perú .....	51

## Introducción

Menos del 1 % de los recursos de agua dulce del mundo están disponibles para el consumo humano, lo que ha generado una enorme demanda en la última década, además la preocupación sobre la calidad del agua, el sabor y algunos problemas asociados con el agua potable han sido la causa del aumento en el consumo de agua envasada. El agua es uno de los bienes más importantes y escasos que tienen las personas alrededor del mundo, nuestro país no es una excepción; muchas de nuestras poblaciones se ven obligados a beber de fuentes cuya calidad deja mucho que desear y produce un sin fin de enfermedades a niños y adultos.

El agua envasada se designa a aquellas aguas de origen subterráneo o procedente de un abastecimiento público, para recibir tratamientos físicos y químicos, y que está libre de agentes infecciosos, comercializándose envasada; los administradores de agua y reguladores gubernamentales han enfocado su atención cada vez más en el uso de luz ultravioleta para este tratamiento ya que tienen mayor eficiencia.

La aplicación de la radiación ultravioleta (UV) en la desinfección de agua, demanda bajo coste de inversión y operación en la planta envasadora, en comparación con otros procesos; no emplea productos químicos ni reacciona con los constituyentes del agua y por tanto no genera subproductos ni origina sabores ni olores, a su vez es compatible con otros procesos de desinfección.

El objetivo de la presente monografía es revisar y analizar las incidencias de la aplicación de las radiaciones ultravioleta en el proceso de elaboración de agua envasada para mesa y determinar su inocuidad además como objetivos secundarios; explicar bibliográficamente información general del agua y la radiación UV, los efectos, ventajas y desventajas de su aplicación en el proceso; dando a conocer características de calidad de agua envasada para mesa, tratada con radiación ultravioleta.

## CAPÍTULO I

## EL AGUA

## 1.1. Definición

El agua es un líquido incoloro, inodoro e insípido, El origen de los sabores y olores en las aguas de consumo puede ser natural; por contaminación antropogénica, por efecto de su tratamiento, distribución o envasado (Sancho *et al.* 1999).

Según Palomino (2004) es un agente y sustancia de la vida; un recurso natural esencial, además, Gaona *et al.* (2005) añaden que de toda el agua que cubre la superficie del planeta, El 97 % del agua es salada y sólo el 3 % restante es agua dulce.

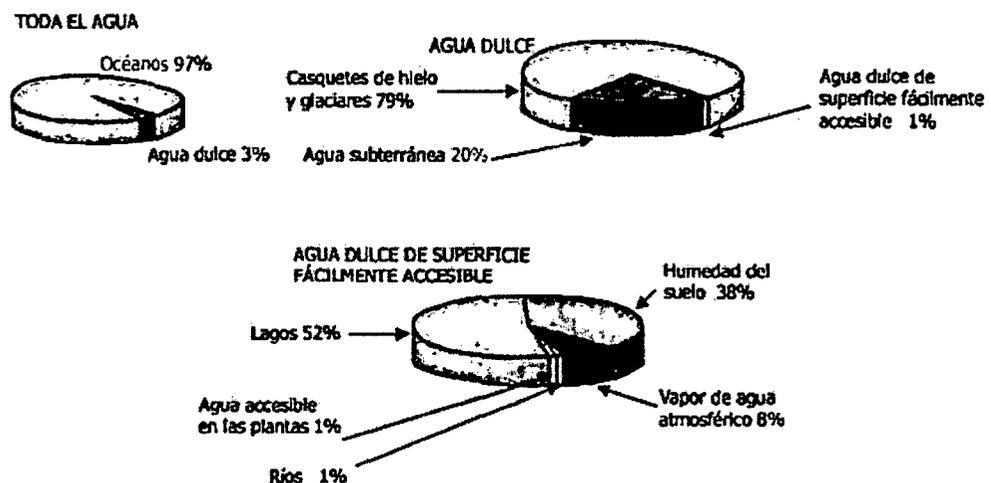


Figura 1. Disponibilidad de agua en el mundo (Gaona *et al.* 2005).

En la figura 1 podemos observar que del 3 % de agua dulce, solo 1 % es agua de superficie fácilmente disponible, en lagos 52 %; vapor de agua 8 %, humedad del suelo 38 %, agua accesible en plantas 1 % y ríos 1 %.

## 1.2. Composición

Según Teijón y Garrido (2006) se compone de tres átomos, dos de hidrógeno y una de oxígeno que unidos forman una molécula de  $H_2O$ ; la forma en que estas moléculas se unen entre sí determinará la forma en que encontramos el agua en nuestro entorno; como líquidos, en lluvias, ríos, etc., como sólidos en témpanos y nieves o como gas en las nubes. La molécula de agua es triangular y el ángulo de los dos enlaces es de  $104,5^\circ$ , además la distancia de enlace es de  $0,96 \text{ \AA}$ ; el enlace es covalente, con una cierta participación del enlace iónico debido a la diferencia de electronegatividad entre los átomos que la forman.

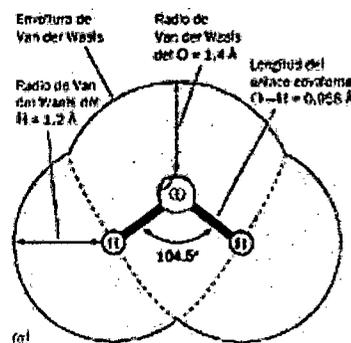


Figura 2. Componentes de la molécula del Agua (Voet *et al.* 2007).

En la figura 2 se observa los componentes del agua con sus respectivas características, que son la envoltura de Vand der Waals; Radio Van der Waals de H y O, longitud del enlace covalente y su ángulo de formación.

## 1.3. Estructura del agua

Según Voet *et al.* (2007) mencionan que la estructura de una molécula de agua está formada por dos átomos de hidrogeno unidos a uno de oxígeno; los átomos de hidrógeno no están ubicados de manera lineal, dado que los cuatro orbitales híbridos  $sp^3$  del átomo de oxígeno se extienden aproximadamente hacia los vértices de un tetraedro, los átomos de hidrógeno ocupan dos vértices del tetraedro y los pares de electrones no apareados del oxígeno ocupan los otros dos vértices.

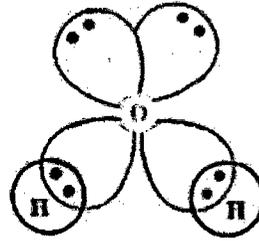


Figura 3. Molécula tetraédrica del Agua (Voet *et al.* 2007).

En la figura 3 podemos observar los orbitales  $sp^3$  del átomo de oxígeno que están ordenados de manera tetraédrica; dos orbitales contienen pares de electrones que no forman parte de uniones.

a. Puentes de hidrógeno del agua

Voet *et al.* 2007 mencionan que las moléculas de agua vecinas tienden a orientarse de manera que el enlace O — H de una molécula (el extremo positivo), apunten hacia uno de los pares de electrones de la otra molécula de agua (el extremo negativo); la asociación intermolecular direccional resultante se conoce como puente (enlace) de hidrogeno; Estos son los que dan lugar al aumento de volumen del agua sólida y a las estructuras hexagonales de la ya mencionada.

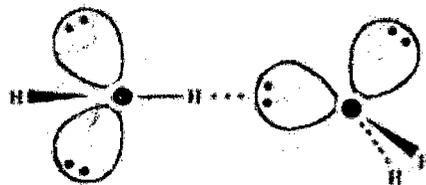


Figura 4. Puentes de hidrógeno en el agua (Voet *et al.* 2007).

En la figura 4 se observa que la fuerza de interacción es máxima cuando el enlace covalente O — H de la molécula apunta directamente hacia la nube de los electrones del par libre de la otra.

#### 1.4. Propiedades físicas

Según Teijón *et al.* (2006) mencionan que son; el elevado calor específico entre 14,5 y 15,5 °C, calor de vaporización de 536 cal, conductividad térmica que permite regular la temperatura, máxima densidad a 4 °C basado en la presencia de enlaces de hidrógeno y la diferencia entre la estructuras del hielo y del agua líquida; elevada tensión superficial en el caso del agua la presencia de biomoléculas como las proteínas, disminuye la tensión superficial facilitando la osmosis.

Según Voet *et al.* (2007) las propiedades físicas únicas entre las moléculas de tamaño similar le brindan una fuerza sin igual como solvente, e incluso sus limitaciones como tal tienen consecuencias de suma importancia para las estructuras y las funciones de las moléculas biológicas.

#### 1.5. Propiedades químicas

Normalmente se dice que el agua es el disolvente universal, puesto que todas las sustancias son de alguna manera solubles en ella; no posee propiedades ácidas ni básicas, combina con ciertas sales para formar hidratos, reacciona con los óxidos de metales formando ácidos y actúa como catalizador en muchas reacciones químicas (Teijon y Garrido 2006).

#### 1.6. El agua como solvente

Según Voet *et al.* (2007) el agua es un "solvente universal"; en particular, el carácter polar del agua la hace un solvente excelente para materiales polares y iónicos, que se denominan hidrófilos (del griego: hydro, agua + philos, amante); por otro lado, las sustancias no polares son prácticamente insolubles en agua ("el aceite y el agua no se mezclan") y en consecuencia, se describen como hidrófobas (del griego: phobos, miedo).

## 1.7. Ósmosis y difusión

Según Voet *et al.* (2007) el líquido que está dentro de las células y el que las rodea en los organismos multicelulares está lleno de sustancias disueltas que van desde pequeños iones inorgánicos hasta agregados moleculares enormes; las concentraciones de estos solutos afectan las propiedades físicas del agua que dependen de la concentración de las sustancias disueltas más que de sus características químicas. Por ejemplo, los solutos disminuyen el punto de congelación y aumentan el de ebullición del agua; esto dificulta la cristalización de las moléculas en el hielo o su escape de la solución hacia la fase gaseosa, la presión osmótica también depende de la concentración de solutos; cuando se separa una solución de agua pura por medio de una membrana semipermeable que permita solamente el pasaje de moléculas de agua pero no de solutos.

## 1.8. Clasificación

### a. Según sus propiedades para el consumo:

#### Potable

Según Roldan (2002) son las aguas aptas para el consumo humano; se consideran aptas aquellas aguas que no tienen materia disueltas perjudiciales para la salud.

#### No potables

Aguas no aptas para el consumo humano; las que no cumplen las normativas sanitarias y de calidad, puede no ser directamente venenosa, pero como mínimo es perjudicial a corto plazo (Clases de...2013).

- b. Según la cantidad de minerales que tengan disueltos:

### Duras

Son los que tienen minerales como calcio y magnesio; producen poca espuma cuando se junta con el jabón, dejan residuos en el vaso cuando el agua se evapora después de hervirla, también suelen proceder de fuentes subterráneas en las que el agua ha tenido que atravesar diferentes capas de minerales, la disolución y arrastre de estos minerales es la que le proporciona la dureza (Roldan 2002).

Tabla 1. Dureza del agua

Denominación	ppm de $\text{CaCO}_3$
Muy suaves	0 - 15
Suaves	16 - 75
Medias	76 - 150
Duras	150 - 300
Muy duras	mayor a 300

Fuente: Pimienta 1980.

En la Tabla 1, se observa la denominación de agua según la cantidad de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) en ppm.

### Suaves

Según Pimienta (1980) son las que tienen poca presencia de carbonatos de calcio y producen mucha espuma cuando se les mezcla con el jabón; las aguas que suelen ser suaves o blandas son las de pozo o aquellas que proceden de aguas superficiales, es pero el agua más blanda es el agua destilada que no posee ningún mineral y es apta para el consumo humano.

c. Según la procedencia de las aguas:

Aguas superficiales

Kramer (2003) menciona que son las que proceden de los ríos, los lagos, los pantanos o el mar, deben someterse a un tratamiento que elimine elementos no deseados como las partículas en suspensión al igual que los microorganismos patógenos; estas partículas son arcilla que el río arrastra y restos de plantas y animales que flotan en ella, vertidos que realizan las fábricas, para eliminarlas se utilizan procedimientos de decantación que la hacen precipitar al fondo; las bacterias son eliminadas por procedimientos químicos o biológicos.

Aguas subterráneas

Según Kramer (2003) proceden de un manantial del interior de la tierra o que se obtiene de las pozas, presentan un grado de contaminación inferior a las superficiales, deben tener un tratamiento previo antes de ser aptas para el consumo humano; el agua de los pozos se utiliza para el suministro de las aguas potables, el agua de manantial puede suministrarse a través de la red agua potable o utilizarse para embotellarse o envasarse.

### 1.9. Microbiología de las aguas

Marín (2003) menciona que la microbiología de las aguas se ocupa de las relaciones de los microorganismos con su medio ambiente (el agua) y con los organismos presentes en aquel; los más numerosos son: bacterias, cianofíceas, hongos, protozoos, algas y virus, además las características biológicas y microbiológicas de un agua vienen regidas por la población de microorganismos que alberga y que afectan su calidad; algunos de estos pueden dañar la salud humana, dando lugar a las denominadas "enfermedades hídricas".

El contenido microbiológico de un agua puede afectar al desarrollo de olores y sabores en el agua (después de su potabilización), promover o favorecer procesos de corrosión en tuberías de distribución de aguas y depósitos de almacenamiento (Marín 2003).

a. Clasificación de los organismos según sus requerimientos nutricionales

Según Marín (2003) podemos establecer una clasificación de organismos atendiendo a dos parámetros:

- La fuente de energía que emplean para su ciclo vital.
- La fuente mayoritaria de carbono que metabolizan.

b. Bacterias de las aguas

Según Marín (2003) la flora bacteriana de cualquier agua la conforman dos grupos típicos:

- Bacterias autóctonas, con hábitat en el agua y que sólo pueden desarrollarse óptimamente aquí.
- Bacterias procedentes de otros biótupos; especialmente procedentes de la tierra, sobre las aguas superficiales cae constantemente una lluvia de bacterias procedentes del aire, estas bacterias ocasionales permanecen vivas en el agua un tiempo limitado, que si se dilata las convierte en organismos facultativos de las aguas.

Bacterias de aguas subterráneas manantiales y arroyos

Marín (2003) detalla que las bacterias de este tipo de aguas también viven en el suelo, dado que el agua subterránea es pobre en sustancias nutritivas a consecuencia de la filtración que sufre mediante su permeación a través de las distintas capas de un suelo su contenido bacteriano, salvo contaminación, no es alto.

Algunos de los géneros de bacterias son:

- *Achnobacter* y *Flavobacterium*
- *Microcycclus*, *Hyphomicrobium*, y *clostridium*
- *Leptothrix ochracea* y *Crenothrix polyspora* (manantiales en aguas ferrosas).
- *Pseudomonáceas*
- *Enterobacterias* (de origen fecal).

c. Hongos de las aguas

Marín (2003) menciona que son ficomicetos que pueden ser saprofitos, parásitos (que atacan a muchas variedades de plantas y animales, permanente u ocasionalmente) o depredadores de protozoos, rotíferos o nematodos; la mayoría de los hongos acuáticos necesitan  $N_2$  libre, pudiendo degradar proteínas, azúcares almidón, grasas, pectina, celulosas, lignina, etc.

Algunos de estos géneros son:

- *Achlya racemosa* (lagos volcánicos de Japón).
- *ficomicelos Chyridiales* (depredadores de algas planctónicas y larvas de peces).
- *Olpidium*, *Polyphagus* y *Chytridium* (hospedados en corrientes fluviales).
- *Saprolegniales* (frecuentes en los ríos).
- *Pythium Peronosporales* (especies fluviales son saprofitas).
- *Olpidium* y *Ancylistes* (muy extendidos en pantanos y lagos poco contaminados).
- *Rhizophyidium pollinispinis* (granos de polen sumergidos).
- *Polyphagus euglenae* (lagos oligotróficos poco contaminados por materias orgánicas).
- *Zoopagus insidians* (lagos y ríos).
- *Anquillospora*, *Dendrospora* y *Clavariopsis* (lagos pequeños con importante cantidad de acumulación de restos vegetales).
- *Arthrobotrys* (sedimentos de aguas continentales).

d. Algas fitoplanctónicas

Marín (2003) menciona que la clasificación de las algas está basada en sus propiedades celulares; naturaleza química de la pared celular, materiales orgánicos de reserva producidos, tipo de pigmentos fotosintéticos y existencia y tipo de flagelos.

Algunas de las algas principales en aguas son:

- *Euglenophyta*
- *Desmidiáceas*
- *Diatomeas*
- *Leucofitos*
- *clorofitas*
- *cianofíceas*
- *Crisofitas*
- *Dinofíceas*

e. Virus

Los virus encontrados en aguas con más frecuencia responden a enterovirus, poliomielíticos, *Coxsacky*, virus *ECHO*, Reovirus, Adenovirus y virus de la Hepatitis, todos ellos aislados en aguas contaminadas (Marín 2003).

Muchas especies de virus se transmiten vía aguas naturales, ríos, arroyos, lagos y embalses; en concreto los virus acuáticos suelen ser parásitos de organismos superiores o de organismos o microorganismos típicamente encontrados en las aguas; los bacteriófagos son virus ADN (Ácido desoxirribonucleico) y están muy difundidos en las aguas estos pueden atacar las especies halófilas del genero *Agrobacterium*; una variedad importante son los virus entéricos, que parasitan las enterobacterias, estando presentes en aguas residuales (Marín 2003).

Tabla 2. Virus patógenos humanos típicos de las aguas

Familia	Género	Especies principales
Picornaviridae	Enterovirus	<i>Virus poliomiélticos 1, 2 y 3</i> <i>Coxsackey virus A - A22 y A24</i> <i>Coxsackey virus B1 - 6</i> <i>ECHO virus 1 - 9, 11 - 27 y 29 - 34</i> <i>Enterovirus 68 - 71</i> <i>Virus de Hepatitis A</i>
Reoviridae	Reovirus Rotavirus	<i>Reovirus 1, 2 y 3</i> <i>Rotavirus 1, 2, 3 y 4</i>
Coronaviridae	Coronavirus	<i>Coronavirus humanos</i>
Caliciviridae	Calicivirus Astrovirus	<i>Calicivirus humanos</i> <i>Astrovirus humanos</i>
Adenoviridae	Mastadenovirus	<i>Adenovirus humanos 1 - 33</i> <i>Virus Norwalk</i> <i>Virus de Hepatitis no - A y no - B</i>

Fuente: Marín 2003.

En la tabla 2, se muestra los principales virus patógenos humanos presentes en aguas en los que se especifica la familia, género y especies principales.

Tabla 3. Algunas enfermedades de carácter hídrico

Enfermedad	Organismo productor
	Bacterias
Fiebre tifoidea	<i>Salmonella thyphosa</i>
Fiebre paratifoidea	<i>Salmonella paratyphi</i>
Disentería	<i>Shighella dysenteria</i>
Cólera	<i>Vivrio comma</i>
Tuberculosis	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>
Diarreas	<i>Proteus morganii.</i>
Ictericia hemorrágica	<i>Leptospira</i>
Colibacilosis	<i>Escherichia coli</i>
Turalemia	<i>Pasteurelia tularensis</i>
	Virus
Poliomielitis	<i>Enterovirus</i>
Diarreas	<i>Virus ECHO</i>
Meningitis, miocardiopatías	<i>Coxacky virus</i>
Hepatitis infecciosa	<i>Virus</i>
Conjuntivitis, faringitis	<i>Adenovirus</i>
Infecciones cutáneas	<i>Papillomavirus</i>
	Varios
Enfermedades cutáneas	<i>Histoplasma Capsulatum (hongo)</i>
Disentería amebiana	<i>Entamoeba histolytica (protozoo)</i>
Esquistosomiasis	<i>Bilharzia (helminto)</i>
Vías urinarias	<i>Eustrongylus gigas (helminto)</i>
Ascariasis	<i>Ascaris lumbricoides (helminto)</i>
Paludismo	<i>Anófeles (insecto vector)</i>
Fiebre amarilla	<i>Aedes aegypti (insecto vector)</i>

Fuente: Marin 2003.

En la tabla 3, se muestran algunas enfermedades de carácter hídrico generado por bacterias, virus y otros.

### 1.10. Importancia del agua

Palomino (2004) menciona que su importancia se evidencia cuando se afirma que cubre tres cuartas partes de la tierra y constituye alrededor del 80 % de los seres vivos; de ella dependen muchas de las funciones corporales, incluyendo la digestión, absorción, circulación y excreción; representa el 60 % de todo el peso corporal, el agua entra en nuestro organismo todos los días, está presente en cada célula y tejido de nuestro cuerpo.

## CAPÍTULO II

### AGUA ENVASADA

#### 2.1. Generalidades

La fácil disponibilidad de agua corriente incita a especular sobre la popularidad del agua envasada, ya que el volumen de agua que se consume de esta forma es muy grande y muestra un crecimiento estable en muchos países (Zavalaga 2012).

Una interesante observación sobre la naturaleza humana es que el agua envasada es percibida como de mayor calidad que el agua proveniente del grifo, esto es casi del todo cierto en el caso de las aguas envasadas de mayor estándar (aguas minerales naturales); es mucho menos cierto para otras aguas envasadas (Ashurst y Sénior 2001).

#### 2.2. Tipos de productos

Según la FAO (1997) considera que las aguas envasadas pueden ser diversas de acuerdo a sus características y proceso de embotellamiento; Hay dos tipos principales de aguas envasadas: con gas y sin gas; el agua con gas se obtiene mediante la disolución en la misma del gas dióxido de carbono, aunque puede obtenerse carbonatada de forma natural a partir de algunos manantiales, mientras que el agua sin gas se utiliza como agua de bebida.

Según Ashurst y Sénior (2001) las aguas presentes pueden incluirse dentro de las siguientes categorías:

##### a. Aguas de mesa o purificadas

Menos controlada en términos correspondientes a su calidad; en muchos países, no hay ningún mecanismo para evitar que ciertos individuos sin escrúpulos envasen agua prácticamente de cualquier calidad y se la vendan a incautos (Ashurst y Sénior 2001).

b. Aguas de manantial

No existe una definición legal relevante y se acepta que provienen de cualquier fuente y son procesadas antes de su embotellado; algunos países tienen un código de prácticas o una normativa similar acerca de lo que puede constituir un agua con esta descripción. (British Soft Drinks Association, BSDA) tiene un acuerdo con sus miembros por el cual una designación concreta de agua de manantial sólo se aplica a agua proveniente de una única fuente subterránea (Ashurst y Sénior 2001).

c. Aguas minerales naturales

Para ajustarse a la norma para aguas minerales naturales en la Comunidad Europea, un 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 otro tratamiento aparte de la filtración (ya que ésta no alterará, de alguna forma, la composición del agua o su estado microbiológico desde la fuente), la carbonatación o la adición de dióxido de carbono.
- Debe embotellarse en la fuente.
- Debe estar registrada por la autoridad correspondiente.
- Someterse a pruebas regulares en un laboratorio aprobado para asegurar el cumplimiento continuado de los criterios de calidad.
- Etiquetarse de forma apropiada con una declaración de un análisis oficial y la procedencia del agua, su nombre registrado y el país de origen.

En muchos lugares del mundo, es una denominación reservada, reflejada en un estatuto legal, para las fuentes subterráneas de agua de la más alta calidad (Zavalaga 2012).

#### d. Aguas aromatizadas

Se ha desarrollado un rango de productos en los cuales se añade al agua saborizantes o pequeñas cantidades de zumos de frutas. La mayoría de las autoridades parecen tomar la postura de que se deje de denominar como "aguas" a estos productos para que entren en la categoría de bebidas refrescantes y se acentúa lo dicho, cuando se utilizan edulcorantes y pequeñas cantidades de ácidos y otros ingredientes (Pascual 2000).

#### e. Aguas minerales

El término "agua mineral" se refiere a un agua que contenga cantidades significativas de minerales disueltos y puede caer fuera de los criterios generales requeridos para las bebidas además no cumplir todavía los estrictos criterios de las aguas minerales naturales; algunos países pueden tener una categoría particular para este tipo de productos (Ashurst y Sénior 2001).

### 2.3. Fuentes de agua

Las fuentes de agua son tanto aguas superficiales, como ríos o embalses de abastecimiento, o aguas subterráneas provenientes de las lluvias que se han filtrado a través del suelo para alcanzar el manantial subterráneo; la calidad del agua variará considerablemente y depende, en muchos casos, del área en la que se encuentre (Ashurst y Sénior 2001).

### 2.4. Procesos de purificación de agua

Para el consumo humano significa la extracción, desactivación o eliminación de los microorganismos patógenos que existen en el agua; supone el final de la reproducción y crecimiento de estos microorganismos, si estos no son eliminados el agua no es potable y es susceptible de causar enfermedades (Torres 2011).

a. Purificación de agua por sedimentación

Es el proceso a través del cual el material sólido, se deposita en el fondo del río, embalse, canal artificial, o dispositivo construido especialmente para tal fin; toda corriente de agua, que tenga un caudal de agua, tiene la capacidad de transportar material sólido en suspensión, al tener el líquido en reposo puede hacer que el material transportado se sedimente (Ashurst y Sénior 2001).

b. Purificación del agua por filtración

Es el proceso de remover sólidos suspendidos del agua al pasar ésta a través de una estructura permeable o un lecho poroso de materiales; el agua subterránea es filtrada naturalmente cuando fluye a través de capas porosas del suelo, sin embargo, las aguas superficiales y el agua subterránea bajo la influencia de agua superficial están sujetas a contaminación de varias fuentes; algunos de estos contaminantes ponen en riesgo la salud humana, y la filtración es uno de los métodos más antiguos y simples para removerlos (Torres 2011).

c. Purificación del agua por desinfección

Ashurst y Sénior (2001) mencionan que tiene por finalidad la eliminación de los microorganismos patógenos contenidos en el agua que no han sido eliminados en las fases iniciales del tratamiento del agua; es necesaria como uno de los últimos pasos en la planta de tratamiento, para prevenir que esta sea dañina para nuestra salud, muchas veces, tratándose de agua de manantiales naturales o de pozo, es el único tratamiento que se le da al agua para obtener agua potable (Torres 2011).

d. Ebullición del agua

Torres (2011) menciona que es un método efectivo para desinfectar pequeñas cantidades de agua, aun si presenta contenido de materia orgánica; al hervir se logra la

destrucción de los agentes patógenos presentes en ella, para ello se debe garantizar la ebullición vigorosa de todo el líquido durante, al menos, uno o tres minutos. Es una buena práctica almacenar el agua en el mismo recipiente en el que se hirvió, si es necesario el almacenamiento del agua hervida en otro recipiente, es importante que éste sea desinfectado antes de transferir el agua.

e. Desinfección química

Existen diferentes sustancias químicas que pueden utilizarse para la desinfección del agua para consumo humano, siendo de las más utilizadas el cloro y el yodo, tanto en compuestos líquidos como sólidos (Torres 2011).

- Cloro: Se encuentra a la venta en diferentes formulaciones y presentaciones, relativamente sencillas de aplicar al agua, siendo un bactericida y virucida eficaz en la mayoría de las situaciones, además, proporciona un residual que puede medirse fácilmente y ayuda a proteger el agua contra la recontaminación microbiana.
- Yodo: No es muy recomendable ya que puede ocasionar problemas en la salud de personas sensibles a su composición y además por su alto costo.

f. Desinfección por rayos ultravioleta

Según Torres (2011) es un procedimiento físico, que no altera la composición química, ni el sabor ni el olor del agua, constituye una alternativa segura, eficaz, económica y ecológica frente a otros métodos de desinfección del agua, como la cloración; la irradiación de los gérmenes presentes en el agua con rayos ultravioleta (UV), provoca una serie de daños en su molécula de ADN (Ácido desoxirribonucleico), que impiden la división celular y causan su muerte.

g. Purificación del agua por ozono

Se utiliza para la desinfección de agua ya que descompone agresivamente a los organismos vivos sin dejar residuos químicos que puedan afectar la salud o el sabor del agua (Torres 2011).

De manera general se puede decir que el ozono tiene las siguientes ventajas:

- Eliminación del color, olor y sabor del agua.
- Reducción de la turbiedad, contenido de sólidos en suspensión y de las demandas químicas (DQO) y bioquímicas del oxígeno (DBO).

Es un gas desinfectante y no solo elimina las bacterias patógenas, además crea un residual que inactiva los virus y otros microorganismos que no son sensibles a la desinfección con cloro.

El equipo consta de un generador de ozono, dos válvulas y un secador de aire, y tiene la capacidad para purificar aproximadamente 300 litros de agua diarios por alrededor de 6 años; su principal desventaja es su elevado costo; además, requiere mantenimiento constante, instalación especial y utiliza energía eléctrica (Torres 2011).

h. Purificación del agua por osmosis inversa

Utiliza una membrana semipermeable que separa y elimina del agua sólidos, sustancias orgánicas, virus y bacterias disueltas en el agua; puede eliminar alrededor de 95 % de los sólidos disueltos totales (SDT) y 99 % de todas las bacterias, las membranas sólo dejan pasar las moléculas de agua, atrapando incluso las sales disueltas, por cada litro que entra a un sistema de ósmosis inversa se obtienen 500 mL de agua de la más alta calidad, sin embargo, deben desecharse los otros 500 mL que contienen los SDT y por ultimo durante la operación, la misma agua se encarga de limpiar la membrana, disminuyendo los gastos (Torres 2011).

i. Comparación de métodos de desinfección aplicados en agua.

Según Gonzáles (2001) como tratamientos en la desinfección se encuentran: el ozono, la cloración y la luz ultravioleta (UV); el cloro es el más utilizado por su economía y porque ofrece la ventaja de una desinfección continúa después del tratamiento inicial, el cloro permanece residualmente en el agua, actuando sobre los probables gérmenes que puedan aparecer en ella, sin embargo, esta misma característica lo hace negativo para la salud porque los residuos órgano clorados THMs (trihalometanos), son cancerígenos; en cuanto al ozono, que tiene un excelente resultado oxidante, no es muy utilizado por su alto precio y por ser muy sensible a las altas temperaturas.

Tabla 4. Métodos empleados en desinfección del agua.

Ítem comparativos	UV	Ozono	Cloro
T° de contacto	1 - 10 s	10 - 20 min	30 - 50 min
Tanque reacción	No	Necesario	Necesario
Influencia de los SS	Fuerte	Fuerte	Fuerte
Temperatura	No	Fuerte	Fuerte
Modifica el pH	No	Ligero	Fuerte
Residuos en el agua	Ninguno	Poco	Si
Influencia en el agua	Ninguna	Si - residuos	Si - THMs
Corrosión	Ninguna	Si	Si
Toxicidad	Ninguna	Si	Si
Costo operativo	Bajísimo	Alto	Mediano
Costo de instalación	Simple	Complejo	Complejo
Costo de mantención	Mínimo	Considerable	mediano
Daños personas	Medio: ojos	Alto: irritante	Alto: Tóxico

Fuente: Gonzáles 2001.

En la tabla 4, se observa ítems comparativos respecto a los diferentes tratamientos para la desinfección de agua, se muestra que se requiere una menor dosis de luz ultravioleta que de cloro u ozono para obtener el mismo efecto de desinfección.

## 2.5. Procesos generales de envasado de agua

### a. Abastecimiento de agua

El agua bruta puede provenir de aguas superficiales (ríos, lagos, embalses, canales) o de aguas subterráneas (pozos, manantiales); cuanto mayor calidad tenga, menores serán los tratamientos de potabilización a los que habrá que someterla, en ocasiones se construyen depósitos de reserva de agua bruta, que aseguran el suministro durante un cierto tiempo en caso de cortes de la fuente de abastecimiento; las fuentes subterráneas son preferibles porque requieren menos tratamiento, especialmente si se trata de agua procedente de manantiales cuyo flujo es movido por la gravedad, es decir, sin que haya necesidad de utilizar bombas de extracción; es necesario mantener la vigilancia de todas las fuentes de agua para evitar la explotación excesiva (Torres 2011).

### b. Recepción

Desde el punto de abastecimiento hasta la planta de envasado se ha de hacer en un material apto para el contacto con alimentos, como el acero inoxidable, algunos materiales plásticos, etc. La recepción debe ser inspeccionable, cerrada, continúa y estar totalmente protegida frente a la eventual contaminación; no son recomendables los almacenamientos de grandes masas de agua en recintos previos a la planta, pues esta práctica conlleva una proliferación de la flora bacteriana hasta límites no deseados (Torres 2011).

### c. Purificación

En general se permite la oxigenación, decantación y filtración para la separación de elementos inestables, tales como el hierro, azufre y otros, siempre que no persiga modificar la composición de aquellos constituyentes del agua que le confieren sus propiedades esenciales (Torres 2011).

d. Limpieza de envases

Se realiza con chorros de agua bajo presión internos y externos; una operación de cepillado externo, facilitada por la rotación de los botellones, permite remover inclusive los sedimentos más resistentes (Torres 2011).

Las distintas estaciones de lavado se basan en:

- Vaciado de los botellones.
- Prelavado interno y externo en recirculación.
- Escurrido.
- Lavado interno y externo en recirculación y estaciones de cepillado externo.
- Escurrido/Vaciado por medio de chorros de aire bajo presión.
- Enjuagado interno y externo, seguido de escurrido.
- Enjuagado más desinfectante interno y externo con agua, más desinfectante, seguido de escurrido.
- Enjuague final interno y externo con agua ozonizada corriente.
- Escurrido / Vaciado por medio de chorros de aire bajo presión.

e. Envasado

Torres (2011) menciona que los equipos de llenado son sistemas de manejo de productos diversos que son dosificados a un envase por medio de una válvula o boquilla mediante el uso de presión, gravedad o la combinación de ambos factores y usan para este fin sistemas de control como son la volumetría, gravimetría, peso, control de flujo, etc. Si el envase se llena en un lugar abierto el contenido de mesófilos aerobios del agua se sale de la norma, y de todas maneras no es nada higiénico hacerlo de esta manera (Torres 2011).

f. Tapado y sellado

Tanto a envases retornables y no retornables, el desempeño de la taponadora y la selladora deben ser monitoreados y los envases llenados deben ser inspeccionados visual o electrónicamente, para asegurar que han sido tapados y sellados apropiadamente; los envases que no sean satisfactorios deben ser reprocesados o rechazados, deben ser utilizados envases, tapones y sellos no tóxicos, además deben ser muestreados e inspeccionados para asegurar que están libres de contaminación (Torres 2011).

g. Etiquetado

Es necesario para la imagen del producto, la marca será visible en esta para que los clientes puedan reconocerla; además tendrá la descripción del producto así como su composición, este proceso puede ser manual o automatizado, la etiqueta será fabricada en un material plástico o de papel plastificado que por su reverso tenga un material adherente para fijarla en el envase de manera segura (Torres 2011).

Producto Etiquetado

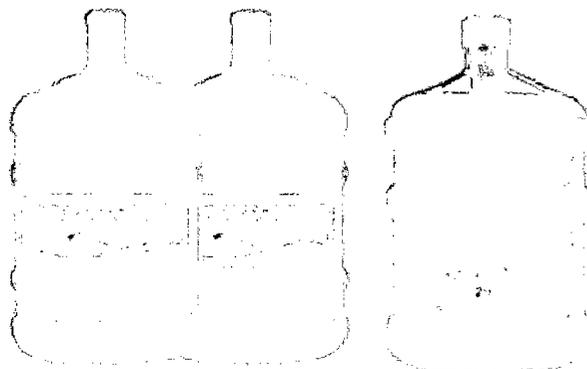


Figura 5. Botellones de agua (Guerrero 2012).

En la figura 5 se observa muestras de botellones de agua adecuadamente etiquetados, con su respectiva información, para su identificación en el mercado.

#### h. Almacenamiento del producto

El almacenamiento del producto consiste en llevar los envases desde el fin de la línea de producción hasta la bodega de producto terminado, el mismo que lo adecuamos para almacenarlo y su posterior despacho, la bodega debe contener una limpieza óptima, tamaño adecuado y su ubicación debe ser el apropiado dentro de la planta, haciendo uso adecuado de pallets o parihuelas (Torres 2011).

### 2.6. Consumo de agua envasada

A nivel mundial, existen estudios que demuestran que las agua envasada tienen una calidad semejante al agua suministrada por cañería, y que las aguas tratadas por ósmosis inversa prácticamente no aportan nada a la nutrición del consumidor (Mora et al. 2010).

Los hábitos bajo el concepto de una vida sana acompañados de mejores ingresos de la población por un crecimiento sostenido de la actividad económica del país han originado que se incremente el consumo de agua envasada en el Perú, así la categoría de agua ha ido ganando terreno a categorías como la de gaseosas; lo anterior se evidencia en la tendencia al alza en el consumo de agua, así el consumo per cápita de agua envasada pasó de 4,9 litros por habitante en el 2004 a 11,7 L. por habitante el 2010, lo que representa una tasa de crecimiento media anual de 15,6 %, y respecto al 2009 creció 16,1 %. Las ventas de la categoría de agua embotellada o envasada tienen gran margen para crecer en los sub siguientes años en el mercado peruano (Informe de...2011).

### 2.7. Producción de agua envasada en Perú

El agua envasada se está convirtiendo en la bebida preferida para aplacar la sed de los peruanos; según la consultora Maximixe, se estima que en 2012 la producción de agua envasada crecerá 15 %, no obstante, el consumo per cápita de 14 litros al año se mantiene muy por debajo que el de otros mercados como el mexicano, cuyo consumo asciende a 150 litros (América Economía... 2012).

Respecto a la participación en el mercado nacional, según la revista Biznews, éste es dominado en 90 % sólo por dos empresas que son Corporación José R. Lindley S.A. con su marca San Luis, y Ajeper S.A. con Cielo, aunque hay otras marcas como Agua Demesa de Embotelladora Demesa S.A., Agua Vida de Embotelladora Don Jorge S.A.C., Agua San Mateo y Cristalina de Corporación Backus, y Agua San Carlos de PepsiCo Inc., entre otras (biznews 2011).

Por otro lado, la comercialización de este próspero negocio está a cargo de multinacionales como Nestlé, Coca Cola, Pepsi Cola, Danone a nivel mundial (Mora 2010).

El reporte de la SIN (2005) también da cuenta que el sector agua envasada es un negocio con alto potencial de crecimiento y rentabilidad, pues en los últimos años ha reportado tasas de crecimiento superiores a las bebidas gaseosas y otras bebidas.

## 2.8. Servicio y usos del agua envasada

Ashurst y Sénior (2001) mencionan que puede beberse como tal, o acompañando a bebidas alcohólicas o licores de frutas; existen numerosas posibilidades de preparar cócteles que incorporen agua o agua con gas.

Para los puristas no hay nada como un agua de calidad sola, servida bien a temperatura ambiente (el cuerpo la asimila más rápidamente a esta temperatura) o ligeramente fría; cuando se utiliza hielo tanto en casa como en un hotel, restaurante o bar, es preferible preparar el hielo a partir de la misma agua envasada: el uso de hielo preparado con agua del grifo puede alterar las propiedades organolépticas del agua envasada, en los restaurantes debería de ofrecerse el hielo en lugar de asumir que se desea. Algunas personas prefieren que el agua se sirva con una rodaja de limón o lima; es correcto que en establecimientos públicos se ofrezca esta opción, pero demasiado a menudo se asume que es lo preferido, cuando se pide un agua envasada en un hotel restaurante, debe, como con el vino, ser abierta en la mesa en presencia del cliente.

## 2.9. Normas nacionales relacionadas al agua envasada

DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental) es el Órgano Técnico Normativo en los aspectos relacionados al Saneamiento Básico, Salud Ocupacional, Higiene Alimentaria, Zoonosis y Protección del Ambiente; la normatividad usada actualmente relacionada al agua envasada, la NTS N° 071 – MINSA/DIGESA - V.01 del 27 de agosto del 2008, "Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para los alimentos y bebidas de Consumo Humano", consultada en el caso de los parámetros microbiológicos, ya que establece las condiciones microbiológicas de calidad sanitaria e inocuidad que deben cumplir los alimentos y bebidas en estado natural, elaborados o procesados, para ser considerados aptos para el consumo humano (Zavalaga 2012).

La calidad fisicoquímica del agua envasada es considerada como uno de los requisitos para el otorgamiento del Registro Sanitario, por ellos se toman los parámetros fisicoquímicos del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano: DS N° 031 – 2010 - SA/ Ministerio de Salud. Dirección de Salud Ambiental – Lima, 2011, utilizado para agua potable; cubriendo así el vacío legal que existe en cuanto a estos parámetros; cabe señalar que la OMS en "Guías para la Calidad del Agua Potable", señala que estas guías son aplicables al agua envasada destinada al consumo humano, por ser un requisito lógico que toda agua envasada debe cumplir obligatoriamente con los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos que rigen al agua potable (Zavalaga 2012).

## 2.10. Marco Legal base y guías de referencias relacionadas al agua envasada

- NTS N° 071 – MINSA/DIGESA - V.01 del 27 de agosto del 2008, "Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para los alimentos y bebidas de Consumo Humano" para los parámetros microbiológicos (Zavalaga 2012).
- Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano: DS N° 031 - 2010 - SA/ Ministerio de Salud. Dirección de Salud Ambiental–Lima: Ministerio de Salud, 2011, para los parámetros fisicoquímico (Zavalaga 2012).

## Guías de referencias

Zavalaga (2012) considera las siguientes guías de referencia:

- Decreto Supremo N° 007 – 98 - SA17 Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas, para la evaluación de la información al consumidor y registro sanitario.
- ITINTEC 214.024, AGUA MINERAL, Octubre, 1988.
- ITINTEC 214.004, AGUA DE MESA, Junio, 1984.
- Guías para la Calidad del Agua Potable ( OMS 2006).

Normas del CODEX para agua y códigos de prácticas de higiene

Zavalaga (2012) considera las siguientes normas:

- CODEX STAN 108 – 1981, Norma Codex para las aguas minerales naturales.
- CODEX STAN 227 – 2001, Norma general para las aguas potables embotelladas/envasadas (Distintas de las aguas minerales naturales).
- CAC/RCP 48 – 2001, Código de prácticas de higiene para las aguas potables embotelladas/envasadas (Distintas de las aguas minerales naturales).
- CAC/RCP 33 – 1985, Código internacional recomendado de prácticas de higiene para la captación, elaboración y comercialización de las aguas minerales naturales.

## CAPÍTULO III

### RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

#### 3.1. Generalidades

Domínguez (2011) menciona que los distintos métodos de conservación de alimentos pretenden incrementar la vida útil de los productos durante su almacenamiento, aplicando técnicas que logren impedir alteraciones microbiológicas pero manteniendo la calidad; la eficacia de estos métodos depende del cuidado de la higiene durante su producción, siendo su objetivo disminuir la carga microbiana y evitar su desarrollo; para tal fin muchos productos son tratados térmicamente, técnica que modifica las características, tanto sensoriales (textura, sabor y color), como nutricionales (pérdidas de vitaminas, principalmente) del alimento; debido a esto, se encuentran en desarrollo procesos no térmicos de conservación, también denominados tecnologías suaves, son poco agresivos y tienen la ventaja de ofrecer productos semejantes a los frescos y por lo tanto acorde con las demandas actuales del mercado, pero sin perder sus garantías en materia de inocuidad.

#### 3.2. Definición

Llamamos radiaciones ultravioleta (UV) al conjunto de radiaciones del espectro electromagnético con longitudes de onda menores que la radiación visible (luz), con longitudes de onda entre 100 y 400 nm aproximadamente; se extiende desde la parte violeta del espectro visible hasta la zona de rayos X aunque ambos límites son arbitrarios, Cuanto menor la longitud de onda, mayor la energía producida (Gonzales 2001).

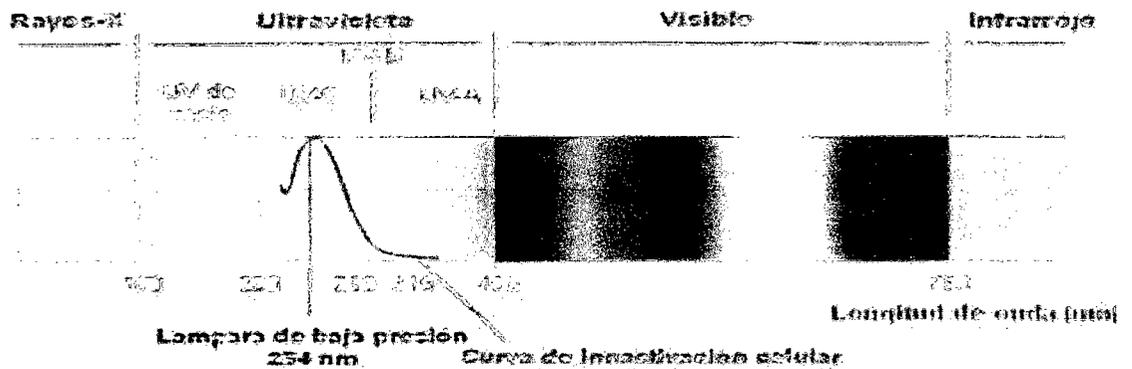


Figura 6. Franja del espectro electromagnético (Gonzales 2001).

En la figura 6 Se observa la ubicación exacta de luz ultravioleta dentro de la franja del espectro electromagnético.

### 3.3. Las aplicaciones en la industria de alimentos

Domínguez (2011) menciona que se emplea para desinfectar aire, agua y superficies de materiales con posible contaminación biológica (virus, bacterias, esporas, mohos, levaduras); en la industria de alimentos se utiliza para desinfectar por ejemplo cintas transportadoras, láminas y tapas de cierre, envases; como también superficies de algunos alimentos sólidos entre los que se pueden mencionar frutas, verduras, pescados y líquidos como jugos y agua. Asimismo se emplea en acuicultura por ejemplo para protección del flujo y de la recirculación en acuarios de agua dulce o salada.

#### a. Alimentos sólidos

Se pueden tratar distintos tipos de carne (pescado, pollo, carne bovina), antes de su refrigeración, con radiación UV en la superficie para reducir la carga microbiana en dos o tres ciclos logarítmicos (dependiendo de la dosis aplicada), lo que puede aumentar varios días su vida útil; no obstante, es posible que se generen sustancias iniciadoras de la oxidación del alimento por lo que pueden modificarse las características organolépticas del producto, por esto, hace un tiempo se comenzó a investigar su aplicación en forma pulsada; este método se basa en la utilización de flashes o pulsos de luz intensa sobre el producto, de manera que se libera energía rápidamente a la

superficie del producto. El escaso tiempo de exposición limita la formación de estos componentes, lo que evitaría dichas modificaciones químicas indeseables (Dominguez 2011).

Existen diversos alimentos en los que el tratamiento con radiación UV podría ser especialmente interesante; uno de ellos son las especias, que en general poseen elevada contaminación en origen, lo que puede provocar que la mayor parte de la carga de microorganismos en un alimento especiado provenga de estas y no del alimento fresco. Otro grupo con potencial es el de las harinas y cereales, donde la luz UV podría reducir la carga microbiana, especialmente, la descontaminación de patógenos como *Bacillus cereus*; también es importante su aplicación en aquellos productos que no poseen en su proceso alguna etapa de reducción de microorganismos, como el tratamiento térmico (Dominguez 2011).

#### b. Alimentos líquidos

La radiación UV se utiliza para desinfectar agua, ya sea para ser comercializada como tal o en la industria de bebidas; asimismo se emplea para desinfectar agua de proceso, por ejemplo en transporte de peces a criaderos, en la desinfección del agua que resulta de la depuración de moluscos, ya que no deja residuos químicos que puedan afectar la vida de los animales, asegurando una elevada reducción de microorganismos, sin alterar olor, color o pH; También, se utiliza para desinfectar y aumentar la vida útil de jugos de frutas y verduras (Dominguez 2011).

La radiación UV a pesar de ser una tecnología aplicable a muchos alimentos, es necesario tener en cuenta cual es la composición de estos productos, ya que se requieren dosis distintas de radiación UV según la matriz (composición química y ordenamiento estructural) propia del alimento.

### 3.4. Características de la radiación ultravioleta

Solsona y Méndez (2002) mencionan que la radiación ultravioleta se caracteriza por que sus longitudes de onda son muy cercanas a las de la luz del sol.

Longitud de onda: Se ha definido cuatro regiones del espectro:

- UV Vacío (100 - 200 nm), Ozono
- UV – C de onda corta (200 - 280 nm), Rango Germicida.
- UV – B de onda media (280 - 315 nm), Eritema o golpe solar.
- UV – A de onda Larga (315 - 400 nm), Luz negra, onda larga.

### 3.5. Fuentes

Wright y Cairns (2010) mencionan que el sol es una fuente de luz ultravioleta; la absorción de radiación de longitud de onda corta por la capa de ozono de la tierra impide que alcancen a la tierra cantidades significativas de UVB y UVC, por ello, las aplicaciones prácticas de desinfección por radiación UV dependen de fuentes artificiales de UV.

### 3.6. Componentes de la lámpara y generación de luz ultravioleta

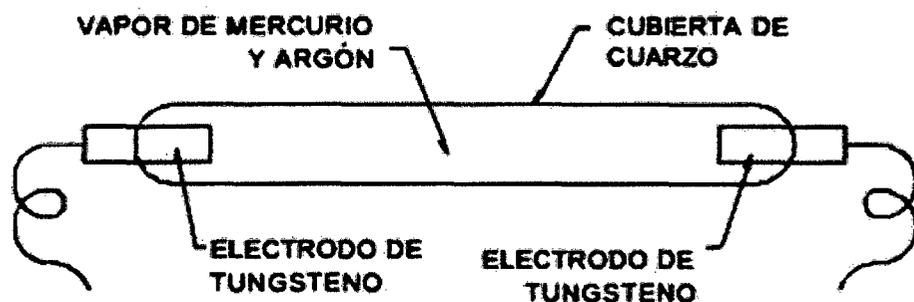


Figura 7. Componentes de la lámpara (Wright y Cairns2010).

En la figura 7, se observa los componentes de una lámpara generadora de luz ultravioleta llenada con gas mercurio (Hg), cubierta de cuarzo y electrodos de tungsteno.

Wright y Cairns (2010) sustentan que una lámpara típica de arco de mercurio consiste de un tubo herméticamente cerrado de sílice vítrea o cuarzo (transmisores ambos de UV), con electrodos a ambos extremos; el tubo es llenado con una pequeña cantidad de mercurio (emisor) y un gas inerte, usualmente argón. Los electrodos están compuestos usualmente de tungsteno con una mezcla de metales de tierra alcalinos para facilitar la formación del arco voltaico dentro de la lámpara, que ioniza a los átomos de mercurio (Hg); una descarga de gas es producida por un voltaje elevado a través de los electrodos, en donde los electrones incrementan su energía hasta que son convertidos en fotones de luz, la lámpara emite luz UV cuando el vapor de mercurio excitado por la descarga, retorna a un nivel menor de energía; además el argón (Ar) presente ayuda el arranque de la lámpara, extender la vida del electrodo, y reducir las pérdidas térmicas.

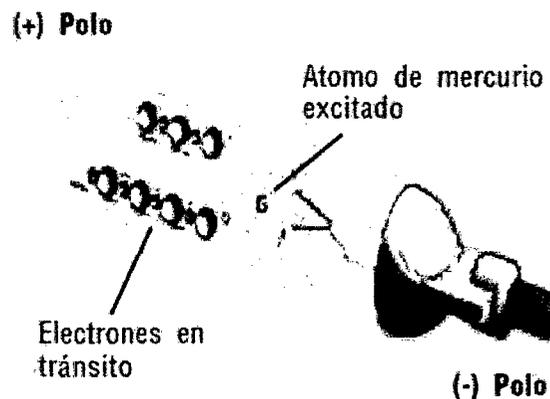


Figura 8. Generación de luz ultravioleta (Díaz 2002).

En la figura 8, se observa el tránsito de electrones incrementando su energía hasta que son convertidos en fotones para emitir luz UV.

### 3.7. Sistema de desinfección de agua por radiación ultravioleta

Según Domínguez (2011) un sistema de desinfección de agua puede incluir lo siguiente:

- Una cámara de exposición de material anticorrosivo (acero inoxidable), el cual alberga el sistema.
- Lámpara ultravioleta.

- Limpiadores mecánicos, limpiadores ultrasónicos u otros mecanismos de auto limpieza.
- Sensores conectados a sistemas de alarma para el monitoreo de la intensidad de la luz ultravioleta.
- Dispositivo de control de velocidad de flujo y temperatura.
- Dispositivo de control de funcionamiento de las lámparas (dosis, fallas de encendido, etc.).
- Balasto (ordena el flujo de electrones).

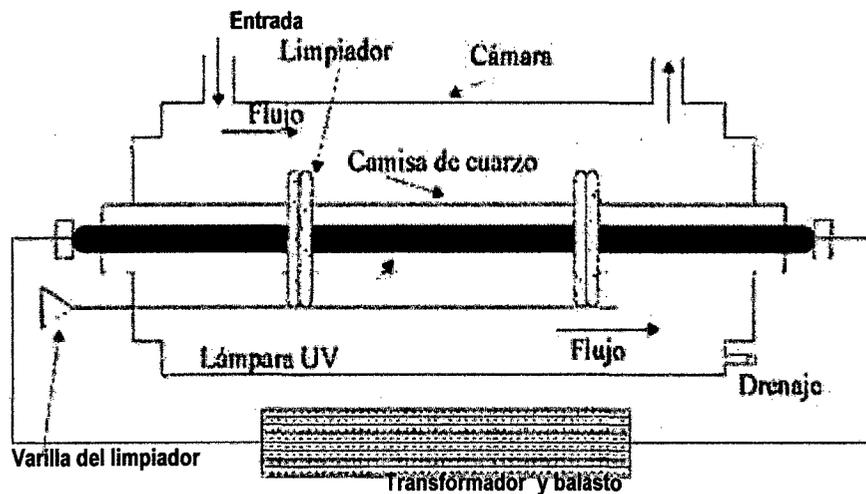


Figura 9. Instalación típica de un equipo de radiación ultravioleta con lámpara sumergida (Domínguez 2011).

En la figura 9 se puede apreciar un sistema de desinfección por radiación ultravioleta con sus respectivas partes.

## CAPÍTULO IV

### INSIDENCIAS DE LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA EN AGUA ENVASADA

#### 4.1. Generalidades

Según Gobulukoglu *et al.* (s.f) mencionan que los productos de agua envasada se producen utilizando un enfoque multibarreras, desde la fuente de origen hasta el producto final, que ayuda a prevenir que los posibles microorganismos o sustancias químicas dañinas que contaminen el producto final o el equipo de almacenamiento, producción y transporte; las medidas que se toman al utilizar un enfoque multibarreras pueden incluir la protección de la fuente manantial de agua, monitoreo del manantial, ósmosis inversa, destilación, filtración, o zonación, o luz UV.

Cuando el principal ingrediente del producto es el agua, su calidad es esencial, es crítico usar agua que sea tan pura y natural como sea posible; sin embargo, aun las aguas puras y naturales tienen un sabor distinto, y el tratamiento puede darle consistencia al sabor de las bebidas carbonatadas y productos de agua, la desinfección UV es una tecnología flexible, segura y económica que desactiva efectivamente las bacterias patogénicas, esporas, virus y protozoos.

#### 4.2. Mecanismos de la desinfección por radiación ultravioleta

Se basa en un fenómeno físico por el cual las ondas cortas de la radiación ultravioleta inciden sobre el material genético ADN (Ácido desoxirribonucleico) de los microorganismos y los virus, y los destruye en corto tiempo, sin producir cambios físicos o químicos notables en el agua tratada (Solsona y Méndez 2002).

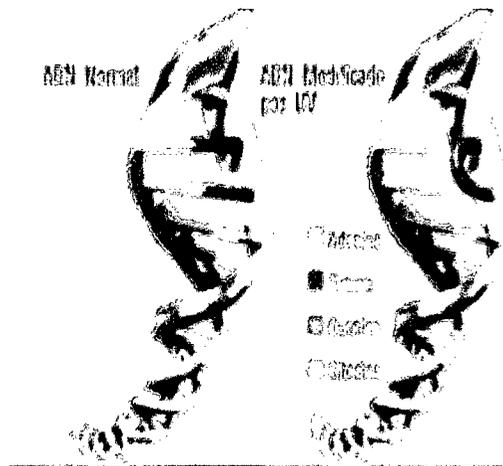


Figura 10. Secuencia de ADN normal y modificado (Díaz y Serrano 2002).

En la figura 10 se observa la secuencia del ADN modificado después del tratamiento con radiación UV.

#### Dimerización ADN

Wright y Cairns (2010) mencionan que los microorganismos son inactivados por luz ultravioleta (UV) como resultado del daño fotoquímico a sus ácidos nucleicos; la radiación UV es absorbida por nucleótidos, los bloques de construcción del ADN (Ácido desoxirribonucleico) y ARN (Ácido ribonucleico) celulares en una manera dependiente de la longitud de onda con picos de cerca de 200 y 280 nm. La radiación UV absorbida promueve la formación de uniones entre nucleótidos adyacentes, creando moléculas dobles o dímeros; Mientras que la formación de dímeros de timina - timina son los más comunes, también suelen ocurrir dímeros de citosina - citosina, citosina - timina, y dimerización del uracilo; la formación de un número suficiente de dímeros dentro de un microorganismo impide que éste duplique su ADN y ARN, impidiendo así su reproducción.

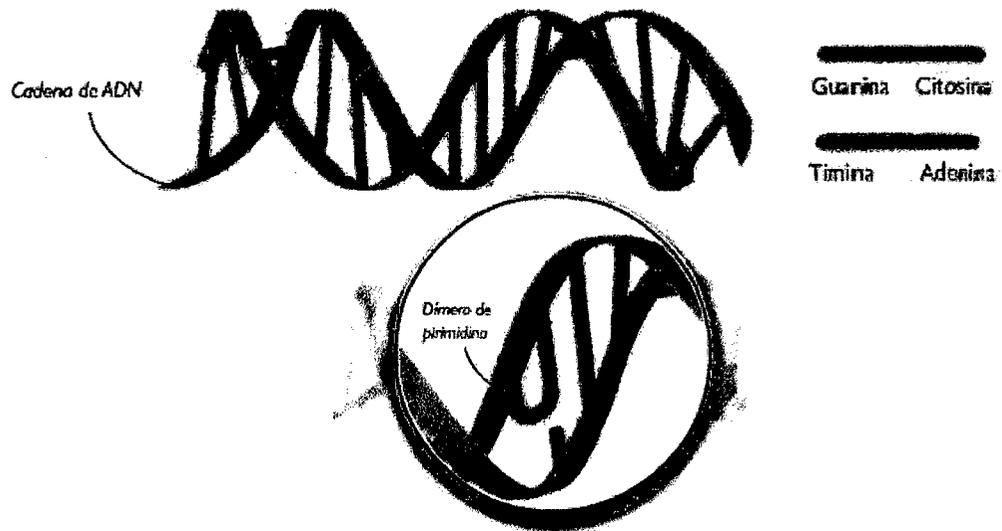


Figura 11. Formación de dímeros (Domínguez 2011).

En la figura 11, se observa la formación de dímeros bajo la incidencia de radiación ultravioleta sobre el material genético ADN.

#### 4.3. Explicación del proceso de absorción de radiación ultravioleta

##### Teoría cuántica de Max Planck

Cuevas *et al.* (2004) mencionan que el trabajo de Max Planck dio comienzo a una disciplina conocida como mecánica cuántica, que ha servido de base al concepto moderno de la estructura atómica y molecular.

Este físico alemán, desarrolló en 1900 una ecuación matemática que relacionaba la intensidad de la radiación con la longitud de onda.

Descubrió que la energía podría expresarse por:

$$E = h\nu$$

En donde:

$E$  = Energía

$h$  = Constante de Planck ( $6.626 \times 10^{-27}$  erg – s)

$\nu$  = Frecuencia de la radiación.

Se deduce que la energía de la radiación se incrementa a medida que aumenta la frecuencia de la radiación; esta ecuación explica por qué la luz violeta tiene mayor energía que la luz roja.

Cuevas *et al.* (2004) mencionan que una serie de experimentos determinaron que la energía se libera o se absorbe en porciones elementales separadas que reciben el nombre de cuantos; esta teoría se debe a Max Planck, la cual establece que:

- La energía radiante es emitida o absorbida en porciones elementales llamadas "cuantos".
- Los "cuantos" poseen diversos contenidos energéticos.
- La energía de un "cuanto" es directamente proporcional a la frecuencia de la onda a la cual da origen, a los "cuantos" que forman la luz se les llama fotones.
- La existencia de fotones ha demostrado por diversas pruebas, el efecto fotoeléctrico.

#### Efecto fotoeléctrico

Phillips y Priwer (2005) mencionan que Einstein en el año 1905 publicó tres artículos, uno de ellos es el efecto fotoeléctrico que consiste en la emisión de electrones de un metal expuesto a la luz. La superficie del metal absorbe suficiente energía de la luz como para que algunos de sus electrones se liberen de sus átomos y escapen al exterior desde la superficie, por lo tanto la energía de un fotón de luz debe tener un valor mínimo para lograr expulsar un fotoelectrón de la superficie del metal que se ilumina con luz de alta frecuencia.

Einsten propuso que la radiación electromagnética tenía naturaleza de onda – partícula, por tanto, un fotón es una partícula de radiación electromagnética, sin masa, que transporta un "cuanto" de energía.

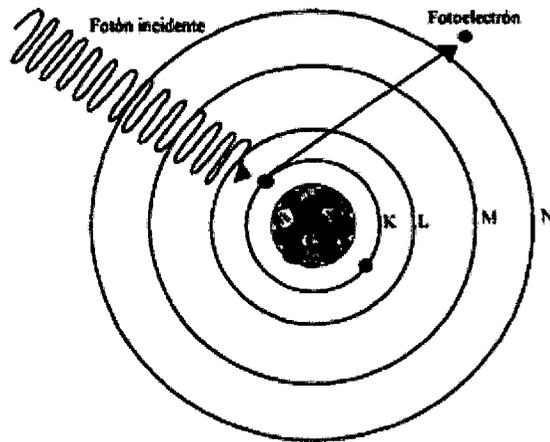


Figura 12. Efecto fotoeléctrico (Iturbe 2001).

En la figura 12, se observa como la radiación electromagnética incide en un electrón desplazándolo de su órbita.

#### Efecto Compton

Piris (1999) menciona que es una interacción elástica entre el fotón incidente y un electrón libre, supuestamente en reposo, o un electrón unido. En este efecto, el fotón sólo cede al electrón con el que choca una parte de su energía, convirtiéndose en otro fotón de menor energía y, por tanto, de menor frecuencia; además, se desvía de su trayectoria inicial. En esta interacción se conserva la energía y la cantidad de movimiento.

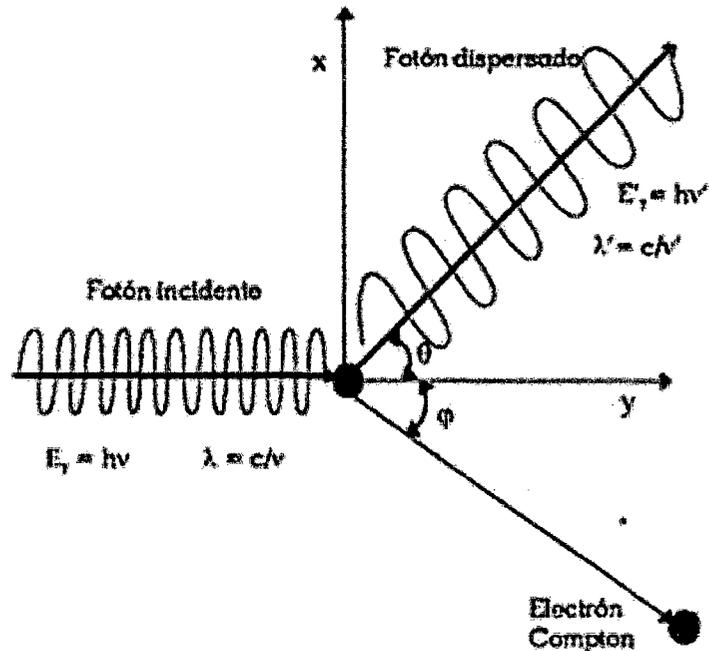


Figura 13. Efecto compton (Piris 1999).

La figura 13, representa el efecto compton en donde el electrón se encuentra desplazado, el fotón es dispersado un ángulo  $\theta$  en relación con la dirección incidente y su energía también disminuye.

La Universidad complutense...(1999) menciona que el efecto de las ondas electromagnéticas en los sistemas biológicos está determinado en parte por la intensidad del campo y en parte por la cantidad de energía contenida en cada fotón.

Las ondas electromagnéticas de baja frecuencia se denominan "campos electromagnéticos", y las de muy alta frecuencia, "radiaciones electromagnéticas". Según sea su frecuencia y energía, las ondas electromagnéticas pueden clasificarse en "radiaciones ionizantes" o "radiaciones no ionizantes" (Universidad complutense... 1999).

Las radiaciones ionizantes son ondas electromagnéticas de frecuencia extremadamente elevada (rayos X y gamma), que contienen energía suficiente para producir la ionización (conversión de átomos o partes de moléculas en iones con carga eléctrica positiva o

negativa) mediante la ruptura de los enlaces atómicos que mantienen unidas las moléculas en la célula (Universidad complutense... 1999).

Las radiaciones no ionizantes constituyen, en general, la parte del espectro electromagnético cuya energía es demasiado débil para romper enlaces atómicos. Entre ellas cabe citar la radiación ultravioleta, la luz visible, la radiación infrarroja, los campos de radiofrecuencias y microondas, los campos de frecuencias extremadamente bajas y los campos eléctricos y magnéticos estáticos (Universidad complutense... 1999).

Las radiaciones no ionizantes, aun cuando sean de alta intensidad, no pueden causar ionización en un sistema biológico. Sin embargo, se ha comprobado que esas radiaciones producen otros efectos biológicos, como por ejemplo calentamiento, alteración de las reacciones químicas o inducción de corrientes eléctricas en los tejidos y las células (Universidad complutense... 1999).

#### 4.4. Cómo funciona la desinfección

El método de desinfección es sencillo, consiste en poner en contacto el flujo de agua con una lámpara ultravioleta, de tal manera que la radiación ultravioleta (UV) actúe sobre los microorganismos del agua (Solsona y Méndez 2002).

Pietrobon (2002) menciona que un "Microorganismo" es un término amplio que incluye varios grupos de gérmenes patógenos; difieren en forma y ciclo de vida, pero son semejantes por su pequeño tamaño y simple estructura relativa; los cinco grupos principales son virus, bacterias, hongos, algas y protozoarios; observando una célula básica de bacteria, nos interesa la pared de la célula, la membrana citoplasmática y el ácido nucleico, el blanco principal de la desinfección mediante la luz ultravioleta es el material genético (ácido nucleico).

Los microorganismos son destruidos por la radiación ultravioleta cuando la luz penetra a través de la célula y es absorbida por el ácido nucleico; la absorción de la luz ultravioleta por

el ácido nucleico provoca una reordenación de la información genética, lo que interfiere con la capacidad reproductora de la célula, por consiguiente, los microorganismos son inactivados por la luz UV como resultado del daño fotoquímico que sostiene el ácido nucleico.

El ADN (Ácido desoxirribonucleico) es una molécula en forma de doble hélice, compuesta de bases nitrogenadas o nucleótidos de bases púricas (adenina, timina) y pirimidicas, (citosina y guanina), almacena toda la información necesaria para crear un ser vivo; el gen es la unidad de ADN capaz de sintetizar una proteína; el cromosoma es una secuencia larga de ADN parecida a un hilo; el genoma es el conjunto completo de los genes de una especie (Pietrobon 2002).

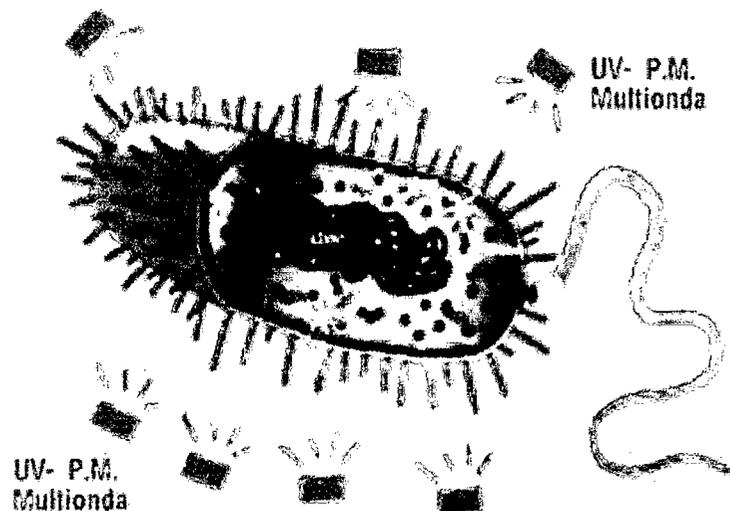


Figura 14. Efecto de radiación ultravioleta en un microorganismo (Díaz y Serrano 2002).

En la figura 14 se muestra la acción de la luz ultravioleta para destruir un microorganismo.

#### 4.5. Parámetros de desinfección con radiación ultravioleta

Solsona y Méndez (2002) mencionan que los parámetros más importantes de la radiación ultravioleta (UV) relacionados con la desinfección del agua son:

a. Longitud de onda

La luz ultravioleta, conocida generalmente como UV, es emitida en tres diferentes bandas UV - A, UV - B y UV - C, así pues, la radiación con mayor efecto germicida y máxima eficiencia para la desinfección se encuentra en la banda UV-C correspondiendo a 200 nm a 280 nm.

b. Calidad del agua

La temperatura del agua tiene poca o ninguna influencia en la eficacia de la desinfección con luz ultravioleta, pero afecta el rendimiento operativo de la lámpara de luz ultravioleta, cuando la misma está inmersa en el agua; la radiación ultravioleta es absorbida por el agua, pero en mucho mayor grado es absorbida por los sólidos en suspensión o disueltos, turbiedad y color, la concentración de los sólidos en suspensión es generalmente inferior a 10 ppm, nivel al que empieza a experimentar problemas con la absorción de la luz ultravioleta. en todo caso, deben evitarse turbiedades mayores de 5 UTN (Unidades Nefelométricas de Turbidez) (Solsona y Méndez 2002).

c. Intensidad de la radiación

A menor distancia del agua respecto al punto de emisión de los rayos, mayor será la intensidad de los mismos y por tanto la desinfección será más eficiente; con respecto a esta condición, existe una regla general que dice que no debe haber más de 75 mm de profundidad de agua para asegurar que cada porción de la misma sea alcanzada por los rayos adecuadamente (Solsona y Méndez 2002).

d. Tipo de microorganismos

La radiación ultravioleta (UV) se mide en microvatios por centímetro cuadrado ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) y la dosis en microvatios segundo por centímetro cuadrado ( $\mu\text{Ws}/\text{cm}^2$ ), lo que equivale a (radiación x tiempo). La resistencia al efecto de la radiación dependerá del tipo de

microorganismo; la dosificación de luz ultravioleta requerida para destruir los microorganismos más comunes (*Coliformes*, *Pseudomonas*, etc.) varía entre 6,000 y 10,000  $\mu\text{Ws}/\text{cm}^2$ , las normas para la dosificación de luz ultravioleta en diferentes países varían entre 16,000 y 38,000  $\mu\text{Ws}/\text{cm}^2$  (Solsona y Méndez 2002).

e. Tiempo de exposición

El tiempo de exposición es vital para asegurar un buen desempeño; no es fácil determinar con exactitud el tiempo de contacto (ya que éste depende del tipo de flujo y de las características del equipo), pero el periodo debería estar relacionado con la dosificación necesaria, de cualquier modo, las exposiciones normales son del orden de 10 a 20 segundos.

Para un grado determinado de inactivación de microorganismos, el tiempo requerido de exposición del agua a la luz ultravioleta es inversamente proporcional a la intensidad de la luz que penetra el agua, teniendo en cuenta la capacidad de absorción del agua y la dispersión de la luz debido a la distancia.

Estos factores están relacionados principalmente con la exposición de los contaminantes en el agua y la transmisión eficiente de luz UV para una activación adecuada; los problemas incluyen el sombreado (cuando los contaminantes pequeños son ofuscados por otros contaminantes presentes en el agua), incrustación o decoloración del tubo de cuarzo, intensidad de la lámpara y flujos no adecuados.

#### 4.6. Dosis de ultravioleta

La efectividad de la desinfección por medio de rayos ultravioleta (UV) está basada en la dosis de ultravioleta a la cual los microorganismos son expuestos (Desinfección...2005).

Díaz y Serrano (2002) mencionan que al cálculo que relaciona la intensidad de energía aplicada durante cierto tiempo de exposición se le ha denominado dosis.

La sensibilidad de los microorganismos a la radiación UV varía, ya que algunos tienen mayor resistencia y no se destruyen en la misma proporción; no obstante, teniendo en claro el microorganismo que se desea inactivar, es posible establecer la dosis adecuada.

La dosis UV es directamente proporcional a la intensidad del emisor, multiplicado por el tiempo que un microorganismo está en contacto con la radiación dentro de la cámara de contacto, se calcula de la siguiente manera:

$$D_{10} = \frac{(I)(t_{exp})}{A_{rad}} = \frac{(\mu W)(s)}{(cm^2)}$$

Dónde:

$D_{10}$  = Dosis, expresada en ( $\mu Ws/cm^2$ ).

$I$  = Intensidad UV, expresada en microwatts ( $\mu W$ ).

$T_{exp}$  = Tiempo de exposición, expresado en segundos (s).

$A_{rad}$  = Área de radiación, expresada en centímetros cuadrados ( $cm^2$ ).

Tabla 5. Dosis ultravioleta necesaria para destruir microorganismos patógenos del agua hasta un 99.99 %.

Microorganismo	Dosis $\mu\text{Ws}/\text{cm}^2$	Microorganismo	Dosis $\mu\text{Ws}/\text{cm}^2$
<b>Bacterias:</b>		<i>Shigella sonnei</i>	6,600
<i>Agro bacterium lumefaciens</i>	3,500	<i>Spirillum rubrum</i>	6,160
<i>Bacillus anthracis</i>	8,700	<i>Staphylococcus albus</i>	5,720
<i>Bacillus anthracis (espora)</i>	46,200	<i>Staphylococcus aureus</i>	6,600
<i>Bacillus megatherium sp (veg)</i>	2,500	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	5,800
<i>Bacillus megatherium sp (espora)</i>	5,200	<i>Streptococcus hemolyticus</i>	10,000
<i>Bacillus paratyphosus</i>	6,100	<i>Streptococcus lactis</i>	5,500
<i>Bacillus subtilis</i>	11,000	<i>Streptococcus pyrogenes</i>	8,800
<i>Bacillus subtilis (espora)</i>	22,000	<i>Streptococcus salvarius</i>	4,200
<i>Clostridium tetani</i>	23,100	<i>Streptococcus viridans</i>	3,800
<i>Clostridium botulinum</i>	11,200	<i>Vibrio comma o cholerae (colera)</i>	6,500
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	6,500	<b>Virus:</b>	
<i>Dysenteria bacilli</i>	4,200	<i>Adeno virus tipo III</i>	4,500
<i>Eberthella typhosa</i>	4,100	<i>Bacteriophage (E, coli)</i>	6,600
<i>Escherichia coli (gastroenteritis)</i>	6,600	<i>Coxsackie A2</i>	6,300
<i>Fiebre tifoidea</i>	4,100	<i>Hepatitis infecciosa (virus)</i>	8,000
<i>Legionella bozemanii</i>	3,500	<i>Influenza (virus)</i>	6,600
<i>Legionella dumoffill</i>	5,500	<i>Mosaico del tabaco</i>	440,000
<i>Legionella gormanil</i>	4,900	<i>Poliovirus (poliomelittis)</i>	21,000
<i>Legionella micdadei</i>	3,100	<i>Rotavirus</i>	24,000
<i>Legionella longbeachae</i>	2,900	<b>Hongos y mohos:</b>	
<i>Legionella pneumophila</i>	2,900	<i>Aspergillus amstelodami</i>	77,000
<i>(enfermedades de Legionnaire)</i>	2,760	<i>Aspergillus flavus</i>	99,000
<i>Leptospiracanicola infecciosa de jaundice</i>	6,000	<i>Aspergillus glaucus</i>	88,000
<i>Leptospira interrogans</i>	8,000	<i>Aspergillus niger (hongo del pan)</i>	330,000
<i>Micrococcus candidus</i>	12,3000	<i>mucor mucedo</i>	77,000
<i>Micrococcus sphaeroides</i>	15,400	<i>Mucor racemosus(A)</i>	35,200
<i>Micobacterium tuberculosis</i>	10,000	<i>Mucor racemosus(A)</i>	35,000
<i>Neisseria catarrhalis</i>	8,500	<i>Oospora lactis</i>	11,000
<i>Phytomonas tumafaciens</i>	10,500	<i>Penicillium chrysogenum</i>	56,000
<i>Proteus vulgaris</i>	3,900	<i>Penicillium digitatum</i>	88,000
<i>Pseudomonas aeruginosa (cepa ambiental)</i>	6,600	<i>Penicillium expansum</i>	22,000
<i>Pseudomona aeuroginosa (cepa de laboratorio)</i>	6,200	<i>Penicillium roqueforti</i>	26,400
<i>Pseudomona aeuroginosa(env,)</i>	10,500	<i>Rhizopus nigricans(hongo del queso)</i>	220,000
<i>Pseudomona fluorescens</i>	7,600	<b>Algas:</b>	
<i>Rhodospirillum rubrum</i>	6,100	<i>Alga verde-azulada</i>	420,000
<i>Salmonella enteritis(gastroent,)</i>	10,000	<i>Chorella vulgaris</i>	22,000
<i>Salmonella paratyphi</i>		<i>Giradia lamdia (espora)</i>	100,00
<i>(Fiebre entérica- paratifus)</i>	15,200	<b>Levaduras:</b>	
<i>Salmonella spp</i>	7,000	<i>Levadura de baker</i>	8,800
<i>Salmonella typhimurium</i>	10,500	<i>Levadura de brewer</i>	6,600
<i>(fiebre tifoidea)</i>	26,400	<i>Saccharomyces cereisiae</i>	13,200
<i>Salmonella</i>	6,1160	<i>Saccharomyces elipsoideus</i>	13,200
<i>Sarcina lutea</i>	4,200	<i>Saccharomyces sp,</i>	17,800
<i>Serratia marcescens</i>	3,400	<b>Protozoos:</b>	
<i>Shigella dysenteriae (disentería)</i>	3,400	<i>E, hystolytica</i>	84,000
<i>Shigella flexneri (disentería)</i>	7,000	<i>Huevos de nemátodo</i>	40,000
<i>Shigella paradysenteriae</i>	8,500	<i>Paramecium</i>	200,000

Fuente: Gonzales 2001.

En la tabla 5, se muestran valores de dosis ultravioleta para eliminar microorganismos; estos dan una idea del rango y orden de la magnitud de la exposición.

#### 4.7. Sub productos de la desinfección con radiación ultravioleta

Como se ha expresado, la radiación ultravioleta tiene la capacidad de tratar el agua sin producir cambios físicos o químicos considerables en el agua; no se conoce que haya efectos directos adversos sobre la salud de los consumidores de agua desinfectada con luz ultravioleta. En el proceso de desinfección no se le agrega ninguna sustancia al agua, por lo que no hay riesgos de formación de SPD (Subproducto de desinfección) y la luz ultravioleta no altera el sabor ni el olor del agua tratada; a la dosificación y frecuencia utilizada para la desinfección, no se conoce que exista la formación de derivados por sobredosis de luz ultravioleta tampoco genera ningún efecto nocivo; no obstante, el operador del equipo de desinfección con luz ultravioleta debe usar anteojos y ropa protectora para evitar exponerse a la radiación de alta energía (Solsona y Méndez 2002).

#### 4.8. Mecanismos de reparación

Según Wright y Cairns (2010) mencionan que muchos microorganismos que tienen un sistema metabólico funcional tienen varios mecanismos de reparación de los ácidos nucleicos dañados; el mecanismo de reparación que es único a la desinfección ultravioleta (UV) es el de foto reactivación. La fotodimerización de tiaminas adyacentes resultantes de la absorción UV de los ácidos nucleicos puede ser invertida por una enzima fotoreactivada, que usa luz entre 300 y 500 nm para activar la partición del dímero.

Otras transformaciones inducidas por UV en los ácidos nucleicos incluyendo dímeros que se componen de citosina no pueden ser reparados excepto por mecanismo de reparación oscuro en el cual segmentos enteros de ácido nucleico son extraídos y el segmento complementario sin dañar es usado como molde para reparar y reemplazar el segmento dañado.

Los virus no tienen mecanismos de reparación para invertir el daño creado por la luz UV. La habilidad de la bacteria y otros microorganismos para fotorepararse está relacionada directamente a la extensión del daño ultravioleta, la exposición a la luz reactivadora entre 300 y 500 nm y al pH y temperatura del agua; una relación inversa significativa ha sido reportada entre la dosis UV aplicada y la fotoreactivación de bacteria coliforme con menos reparación a dosis mayores, debe ocurrir exposición a luz entre 300 y 500 nm dentro de dos a tres horas para que pueda propiciarse el efecto fotoreparador; de acuerdo con ello, el tiempo de residencia dentro de un sistema de tratamiento de agua reducirá el potencial de fotoreparación (Wright y Cairns 2010).

#### 4.9. Factores que impactan la administración de la dosis Ultravioleta

Wright y Cairns (2010) afirman que los factores operativos que impactan la administración de dosis por un reactor ultravioleta (UV) a los microorganismos incluyen:

- Suministro de electricidad
- Envejecimiento de la lámpara
- Incrustación de la camisa de cuarzo
- Los aspectos hidráulicos del reactor
- Absorbencia de UV por el agua
- Temperatura del agua y
- La localización de los microorganismos dentro de la partícula.

Los sistemas de desinfección UV requieren una fuente confiable de electricidad para operar sensores, válvulas, mandos y controles electrónicos y lámparas; en la eventualidad de una falla de energía, los sistemas UV deben ser diseñados para cortar el suministro de agua a través de la unidad.

La energía de salida de la lámpara UV decaerá con el tiempo debido al envejecimiento de la lámpara; el envejecimiento de la lámpara puede ser atribuible a tres mecanismos falla de

electrodos, solarización de la cobertura de la lámpara e impregnación de mercurio dentro de la envoltura de la lámpara (Wright y Cairns 2010).

La falla de electrodo está relacionada directamente al número de ciclos on/off (encendido/apagado) experimentados por la lámpara y es por tanto un mecanismo de falla controlable, puede esperarse que las lámparas UV usadas en la desinfección de agua permanezcan encendidas 24 horas al día reduciendo así el potencial de falla de electrodo; se espera que con una operación normal, las lámparas de arco de mercurio de baja presión tendrán una vida útil entre 7 000 y 14 000 horas (Wright y Cairns 2010).

El ensuciado de la camisa de cuarzo debido a la acumulación de incrustaciones inorgánicas y biopelículas orgánicas reducirá la dosis UV entregada al agua; se formarán biopelículas sobre las lámparas cuando no están en operación a un ritmo que dependerá de la presencia de nutrientes orgánicos e inorgánicos en el agua. La acumulación de incrustaciones inorgánicas sobre las camisas de cuarzo ocurrirá cuando las lámparas están operando; la tasa de acumulación de incrustaciones dependerá de la temperatura de la superficie de la camisa de cuarzo y las concentraciones de agua de hierro catiónico, magnesio, calcio, aluminio, manganeso y sodio y carbonato aniónico, fosfato, y sulfato (Wright y Cairns 2010).

Con sistemas de lámparas de baja presión y una calidad típica de agua potable, la frecuencia de limpieza de camisas puede esperarse que varíe de una vez al mes a dos veces por año; los aspectos hidráulicos del reactor serán una función del diseño del reactor y del caudal pasando a través del mismo. Para un diseño de reactor no ideal, el impacto de corto circuito, espacios muertos, dispersión longitudinal excesiva y una falta de mezcla transversal sobre la dosis UV administrada variará con el caudal a través del reactor (Wright y Cairns 2010).

Un incremento en la absorbancia UV del agua bajará la dosis entregada por un reactor UV; la absorbancia UV en agua potable puede ser atribuida a la presencia de hierro, ácidos húmicos y taninos dentro del agua y puede esperarse que varíen por estación y

temporalmente, la absorbancia UV puede ser medida usando un espectrofotómetro (Wright y Cairns 2010).

Mientras que la temperatura del agua no tiene un impacto sobre la tasa de inactivación microbiana por UV, la temperatura del agua puede tener un impacto directo sobre la energía UV de salida de una lámpara de arco de mercurio de baja presión. El impacto dependerá en la transmisión de calor de la lámpara al agua circundante y depende por tanto de cuan bien el diseño de la camisa de cuarzo mantiene la lámpara dentro de su temperatura óptima de operación. Dado que las lámparas de arco de mercurio de mediana presión operan a temperaturas muy por encima de la del agua, la energía de salida de la lámpara de mediana presión no se ve afectada por cambios en la temperatura del agua (Wright y Cairns 2010).

La dosis administrada a los microorganismos en el agua variará dependiendo de si los microorganismos están presentes como células individuales o si están encerrados dentro de materia particulada. Los microorganismos individuales serán más susceptibles de ser desinfectados que los asociados con partículas. La inactivación de microorganismos dentro de partículas dependerá del tamaño, estructura, y composición. La presencia de materiales absorbentes de UV (hierro y ácidos húmicos) dentro de las partículas protegerá a los microorganismos de ser alcanzados por la radiación UV; se pueden usar contadores de partículas para cuantificar su presencia en agua potable. Mediciones de Salidas Suspendidas Totales (SST) y turbiedad pueden ser usadas también para evaluar la presencia de partículas. La concentración de partículas en el agua así como la absorbancia UV puede variar por estación y temporalmente (Wright y Cairns 2010).

#### 4.10. Costos de desinfección ultravioleta

La industria de desinfección por ultravioleta (UV) está ganando participación de mercado de la industria de desinfección por cloro gracias a la ausencia de subproductos de la desinfección por UV y a la habilidad de UV de cumplir con las regulaciones relativas al agua y al medio ambiente. Aproximadamente 56 % de las instalaciones alternativas al cloro se

pronostican serán tecnologías UV; los costos de uso de UV para desinfección primaria han sido comparados a los costos de usar cloro u ozono. Dado que se requiere un desinfectante residual para los sistemas de distribución en América del Norte, los costos se basaron en la complementación de la desinfección ultravioleta con cloro como desinfectante secundario (Wright y Cairns 2010).

Tabla 6. Comparación de precios de equipos para desinfección de agua en Perú

Inversión		
Equipos		Precio mercado
Osmosis inversa	S/.	4 770,00
Desinfección UV	S/.	2 650,00
Desinfección Ozono	S/.	3 180,00
Total	S/.	10 600,00

Fuente: Guerrero *et al.* 2012.

La tabla 6, muestra diferentes equipos comunes empleados para la desinfección en la industria de agua envasada.

La EPA (2006) concluye que la desinfección ultravioleta es una tecnología económicamente viable y adecuada especialmente para sistemas pequeños de agua. Basados en los costos de energía y de capital en diferentes países y regiones del mundo.

#### 4.11. Ventajas y desventajas

El uso de tecnología de radiación ultravioleta (UV) para el tratamiento del agua tiene varias ventajas inherentes; la luz UV no le añade nada indeseado a la corriente de agua, dentro de las ventajas y beneficios que aporta tenemos:

- No se requieren químicos consumibles ni tóxicos.
- No existe riesgo de sobredosis.
- Es ambientalmente amigable.
- Bajo consumo de energía.

- Bajo costo de inversión y funcionamiento.
- Inactivación de patógenos en fracciones de segundo.
- No daña las instalaciones hidráulicas.
- De fácil aplicación.
- El equipo de desinfección con luz UV requiere menos espacio que otros métodos.
- Se perfila como la tecnología con mayor aplicación en el futuro.

En oposición, las principales desventajas son:

- La notable reducción de la eficiencia cuando aumenta la turbiedad o el color del agua, debido a que los microorganismos pueden protegerse de los efectos de la luz ultravioleta en las partículas en suspensión.
- La dificultad de medir la eficacia de la desinfección, excepto si se hace un análisis microbiológico para determinar la presencia de organismos indicadores después del tratamiento con luz ultravioleta.
- la gran desventaja del método es que la luz ultravioleta no proporciona efecto residual, esto quiere decir que después de la desinfección por este sistema hay que aplicar un compuesto químico para garantizar la seguridad microbiológica del agua durante todo su trayecto.
- La amenaza de una nueva contaminación o recrudescimiento de bacterias en un sistema de distribución de agua son razones imperiosas que han cuestionado el uso generalizado de la desinfección con luz ultravioleta sin añadir un desinfectante secundario que proporcione un residual eficaz.
- La eficacia dudosa de los rayos ultravioleta contra algunos de los quistes de protozoos y huevos de nematodos patógenos requiere que las aguas superficiales reciban filtración u otro tratamiento para su remoción antes de la desinfección con rayos ultravioletas

#### 4.12. Parámetros de calidad del agua

Según Pietrobon (2002) menciona que para efectuar la desinfección de agua potable e industrial, deben satisfacerse ciertas condiciones:

- Filtro de partículas de 5 micras, ya que los virus o bacterias pueden no ser alcanzados cuando existen partículas.
- Dependiendo de la calidad del agua, podrán ser necesarios filtros de carbón para la retención de material orgánico, para evitar que interfiera en la transmisión de la luz ultravioleta.

Será necesario reducir los niveles de hierro y de manganeso a 0.3 partes por millón (ppm) y 0.05 ppm, respectivamente, y reducir la dureza por debajo de 100 ppm. Hierro, manganeso y dureza (calcio y magnesio), pueden precipitarse en el tubo de cuarzo, lo que perjudicará la transmisión de luz; dado que los filtros de carbón y resinas pueden acelerar la multiplicación de bacterias, los reactores de ultravioleta deben ser instalados al final de la línea, es decir, detrás de los mismos (Pietrobon 2002).

## CAPÍTULO V

### CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y FISICOQUÍMICA DEL AGUA ENVASADA

#### 5.1. Generalidades

Chaidez (2002) menciona que el agua envasada debe ser procesada, empacada y almacenada de manera sanitaria y libre de contaminación; como casi todos los productos alimenticios, el agua envasada no es un producto libre de microorganismos, específicamente de bacterias que se encuentra en forma natural en los suministros de agua; se tiene la percepción de que una vez que el agua es envasada, el producto es estéril, pero en realidad, el agua que es usada para envasado puede contener grandes cantidades de cuenta total bacteriana las cuales se originan antes del envasado, y que después de haberse envasado, éstas se reproducen a concentraciones que podrían representar un riesgo a la salud incluye las siguientes especies:

- *Achromobacter spp.*
- *Aeromonas spp.*
- *Flavobacterium spp.*
- *Alcaligenes spp.*
- *Acinetobacter spp.*
- *Cytophaga spp.*
- *Moraxella spp.*
- *Pseudomonas spp.*

Estas bacterias se encuentran en pequeñas cantidades, pero pueden multiplicarse rápidamente durante el envasado y almacenamiento del agua; existe mucha controversia sobre el efecto que pueda tener la microflora del agua para consumo humano, la mayoría de estos organismos no son patogénicos en condiciones normales, pero han sido responsables de infecciones oportunistas en pacientes hospitalizados, siendo los de más alto riesgo aquellos con tratamiento de antibióticos e inmunodeprimidos.

## 5.2. Contaminantes microbiológicos

### a. Microorganismos indicadores e índices

El uso de la presencia de microorganismos indicadores como indicio de contaminación fecal es una práctica bien establecida en la evaluación de la calidad del agua de consumo; se determinó que estos indicadores, además de no ser patógenos, debían cumplir los criterios siguientes:

- Estar universalmente presentes, en grandes concentraciones, en las heces de personas y animales.
- No proliferar en aguas naturales.
- Tener una persistencia en agua similar a la de los agentes patógenos fecales.
- Estar presentes en concentraciones mayores que las de los agentes patógenos fecales.
- Responder a los procesos de tratamiento de forma similar a los agentes patógenos fecales.
- Poder detectarse fácilmente mediante métodos sencillos y baratos.

Estos criterios dan por supuesto que el mismo microorganismo indicador puede utilizarse como índice de contaminación fecal y como indicador de la eficacia de un tratamiento o proceso, no obstante, se ha comprobado que un solo indicador no puede cumplir ambas funciones, se ha prestado una creciente atención a las limitaciones de los indicadores tradicionales, como *E. coli*, como indicadores indirectos de la presencia de protozoos y virus entéricos, y se ha sugerido el uso de otros indicadores para estos agentes patógenos, como bacteriófagos y esporas bacterianas (OMS 2006).

Es importante distinguir entre los análisis microbiológicos realizados para detectar la presencia de agentes patógenos fecales y los que miden la eficacia de tratamientos o procesos; se ha propuesto el uso de dos términos diferentes: índice e indicador, que se definen así:

- Un microorganismo índice es el que señala la presencia de microorganismos patógenos; por ejemplo, como índice de agentes patógenos fecales.
- Un microorganismo indicador es el que se utiliza para medir la eficacia de un proceso; por ejemplo, un indicador de proceso o un indicador de desinfección.

b. Cepas patógenas de *Escherichia coli*

Descripción general

*Escherichia coli* está presente en grandes concentraciones en la microflora intestinal normal de las personas y los animales donde, por lo general, es inocua; sin embargo, en otras partes del cuerpo *E. coli* puede causar enfermedades graves, como infecciones de las vías urinarias, bacteriemia y meningitis; un número reducido de cepas enteropatógenas pueden causar diarrea aguda. Se han determinado varios tipos de *E. coli* enteropatógenas, basándose en diferentes factores de virulencia: *E. coli* enterohemorrágica (ECEH), *E. coli* enterotoxigénica (ECET), *E. coli* enteropatógena (ECEP), *E. coli* enteroinvasiva (ECEI), *E. coli* enteroagregativa (ECEA) y *E. coli* de adherencia difusa (ECAD) (OMS 2006).

Efectos sobre la salud humana

Los serotipos de ECEH, como *E. coli* O157:H7 y *E. coli* O111, producen diarrea que puede ser desde leve y no hemorrágica hasta altamente hemorrágica, siendo esta última indistinguible de la colitis hemorrágica; entre el 2 % y el 7 % de los enfermos desarrollan el síndrome hemolítico urémico (SHU), que puede ser mortal y se caracteriza por insuficiencia renal aguda y anemia hemolítica; los niños menores de cinco años son los que tienen más riesgo de desarrollar el SHU, la infectividad de las cepas ECEH es sustancialmente mayor que la de otras cepas: tan solo 1 000 bacterias pueden causar una infección. ECET produce enterotoxinas de *E. coli* termolábiles o termoestables, o ambas simultáneamente, y es una causa importante de diarrea en países en desarrollo,

sobre todo en niños de corta edad; los síntomas de la infección por ECET son diarrea acuosa ligera, cólicos, náuseas y cefalea (OMS 2006).

La infección por ECEP se ha asociado con diarrea no hemorrágica crónica e intensa, vómitos y fiebre en los lactantes; las infecciones por ECEP son poco frecuentes en países desarrollados, pero comunes en países en desarrollo, donde produce desnutrición, pérdida de peso y retraso del crecimiento en los lactantes; ECEI produce diarrea acuosa y, en ocasiones hemorrágica; estas cepas invaden las células del colon mediante un mecanismo patógeno similar al de *Shigella* (OMS 2006).

#### Fuentes y prevalencia

Las *E. coli* enteropatógenas son microorganismos entéricos y las personas son el reservorio principal, sobre todo de las cepas de ECEP, ECET y ECEI; el ganado, como las vacas y ovejas y, en menor medida, las cabras, los cerdos y los pollos, son una fuente importante de cepas de ECEH, las cuales también se han asociado con hortalizas crudas, como los brotes de frijoles; estos agentes patógenos se han detectado en diversos ambientes acuáticos (OMS 2006).

#### Vías de exposición

La infección se asocia con la transmisión de persona a persona, el contacto con animales, los alimentos y el consumo de agua contaminada; la transmisión de persona a persona es particularmente frecuente en comunidades donde hay personas en proximidad estrecha, como en residencias y guarderías (OMS 2006).

Usando la técnica de agar en placa sumada a la de microscopía electrónica,

Hamilton y Rosenberg (1991) mostraron que la bacteria *E. coli* adherida en los bidones de agua envasada comprados en supermercados, siguió el aumento de números en el biofilm; de la misma manera, cuando estos contenían el agua, presentaron un aumento rápido de cuentas bacteriales. Este aumento sigue un crecimiento típico, que declina

hasta que el material orgánico se ha agotado, si el agua es almacenada a temperatura ambiente, como es común en supermercados y a menudo en la casa, esto no tomará más que unos días para que las concentraciones sean tan altas como  $10^4$  a  $10^5$  CFU/mL; la refrigeración retarda este proceso (Díaz 2007).

c. Total de bacterias coliformes

Descripción general

El "total de bacterias coliformes" o "coliformes totales" incluye una amplia variedad de bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gramnegativos y no esporulantes capaces de proliferar en presencia de concentraciones relativamente altas de sales biliares fermentando la lactosa y produciendo ácido o aldehído en 24 h a 35 – 37 °C. *Escherichia coli* y los coliformes termotolerantes son un subgrupo del grupo de los coliformes totales que pueden fermentar la lactosa a temperaturas más altas; los coliformes totales producen, para fermentar la lactosa, la enzima  $\beta$  - galactosidasa (OMS 2006).

Tradicionalmente, se consideraba que las bacterias coliformes pertenecían a los géneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* y *Enterobacter*, pero el grupo es más heterogéneo e incluye otros géneros como *Serratia* y *Hafnia*; el grupo de los coliformes totales incluye especies fecales y ambientales (OMS 2006).

Valor como indicador

El grupo de los coliformes totales incluye microorganismos que pueden sobrevivir y proliferar en el agua; por consiguiente, no son útiles como índice de agentes patógenos fecales, pero pueden utilizarse como indicador de la eficacia de tratamientos y para evaluar la limpieza e integridad de sistemas de distribución y la posible presencia de biopelículas, no obstante, hay mejores indicadores para estos fines (OMS 2006).

El análisis de los coliformes totales, como indicador de desinfección, es mucho más lento y menos fiable que la medición directa de la concentración residual de desinfectante; además, los coliformes totales son mucho más sensibles a la desinfección que los protozoos y virus entéricos (OMS 2006).

#### Fuentes y prevalencia

Las bacterias pertenecientes al grupo de los coliformes totales (excluida *E. coli*) están presentes tanto en aguas residuales como en aguas naturales, algunas de estas bacterias se excretan en las heces de personas y animales, pero muchos coliformes son heterótrofos y capaces de multiplicarse en suelos y medios acuáticos, los coliformes totales pueden también sobrevivir y proliferar en sistemas de distribución de agua, sobre todo en presencia de biopelículas (OMS 2006).

#### Aplicación en la práctica

Los coliformes totales se miden generalmente en muestras de 100 mL de agua; existen diversos procedimientos relativamente sencillos basados en la producción de ácido a partir de la lactosa o en la producción de la enzima ( $\beta$  - galactosidasa), los procedimientos incluyen la filtración del agua con una membrana que después se incuba en medios selectivos a 35 - 37°C; transcurridas 24 h, se realiza un recuento de colonias; otros métodos son los procedimientos de "número más probable" en los que se utilizan tubos de ensayo o placas de microvaloración y pruebas de presencia/ausencia (P/A) (OMS 2006).

#### Relevancia de su presencia en el agua de consumo

Debe haber ausencia de coliformes totales inmediatamente después de la desinfección, y la presencia de estos microorganismos indica que el tratamiento es inadecuado; la presencia de coliformes totales en reservas de agua almacenada puede revelar una

reproliferación y posible formación de biopelículas, o bien contaminación por la entrada de materias extrañas, como tierra o plantas (OMS 2006).

d. *Pseudomonas aeruginosa*

Descripción general

*Pseudomonas aeruginosa* pertenece a la familia *Pseudomonadaceae* y es un bacilo gramnegativo aerobio con un flagelo polar; cuando se cultiva en medios adecuados produce piocianina, un pigmento azulado no fluorescente; muchas cepas producen también el pigmento verde fluorescente pioverdina, *Pseudomonas aeruginosa*, al igual que otras *Pseudomonas* fluorescentes, produce catalasa y oxidasa, así como amoniaco a partir de la arginina, y puede utilizar citrato como única fuente de carbono (OMS 2006).

Efectos sobre la salud humana

Puede causar diversos tipos de infecciones pero rara vez causa enfermedades graves en personas sanas sin algún factor predisponente; coloniza predominantemente partes dañadas del organismo, como quemaduras y heridas quirúrgicas, el aparato respiratorio de personas con enfermedades subyacentes o las lesiones físicas en los ojos; desde estos lugares puede invadir el organismo y causar lesiones destructivas o septicemia y meningitis. Las personas con fibrosis quística o inmunodeprimidas son propensas a la colonización por *P. aeruginosa*, que puede conducir a infecciones pulmonares progresivas graves. Las foliculitis y las otitis relacionadas con el agua se asocian con ambientes húmedos y cálidos como las piscinas y bañeras de hidromasaje. Muchas cepas son resistentes a diversos antibióticos, lo que puede aumentar su relevancia en el ámbito hospitalario (OMS 2006).

## Fuentes y prevalencia

*Pseudomonas aeruginosa* es un microorganismo común en el medio ambiente y puede encontrarse en las heces, el suelo, el agua y las aguas residuales; puede proliferar en ambientes acuáticos, así como en la superficie de materias orgánicas propicias en contacto con el agua. *Pseudomonas aeruginosa* es una fuente conocida de infecciones intrahospitalarias y puede producir complicaciones graves, se han aislado en gran variedad de ambientes húmedos, como fregaderos, baños de agua, sistemas de distribución de agua caliente, duchas y bañeras de hidromasaje (OMS 2006).

La presencia de *Pseudomonas* oportunistas en el agua es un problema potencial para una población inmunodeficiente; la *P. aeruginosa* no se encuentra con frecuencia en el agua envasada, cuando esto ocurre generalmente es un indicador de la contaminación durante el proceso de embotellado (Díaz 2007)

## Relevancia de su presencia en el agua de consumo

Aunque la presencia de *P. aeruginosa* puede ser significativa en algunos entornos como en centros sanitarios, no hay evidencia de que los usos normales del agua de consumo sean una fuente de infección para la población general, no obstante, puede asociarse la presencia concentraciones altas de *P. aeruginosa* en el agua potable, especialmente en el agua envasada, con quejas sobre su sabor, olor y turbidez; *Pseudomonas aeruginosa* es sensible a la desinfección, por lo que una desinfección adecuada puede minimizar su entrada en el agua envasada (OMS 2006).

### 5.3. Contaminantes de origen químico

#### a. Arsénico

El arsénico es un elemento distribuido extensamente por toda la corteza terrestre, en su mayoría en forma de sulfuro de arsénico o de arseniatos y arseniuros metálicos; la principal fuente de arsénico del agua de consumo es la disolución de minerales de origen natural. Excepto en las personas expuestas al arsénico por motivos laborales, la vía de exposición más importante es la vía oral, por el consumo de alimentos y bebidas; en ciertas regiones, las fuentes de agua de consumo, particularmente las aguas subterráneas, pueden contener concentraciones altas de arsénico; en algunas zonas, el arsénico del agua de consumo afecta significativamente a la salud, y el arsénico se considera una sustancia a la que debe darse una prioridad alta en el análisis sistemático de fuentes de agua de consumo, con frecuencia, su concentración está estrechamente relacionada con la profundidad del pozo (OMS 2006).

#### Reseña toxicológica

No se ha demostrado que el arsénico sea esencial en el ser humano, es un contaminante importante del agua de consumo, ya que es una de las pocas sustancias que se ha demostrado que producen cáncer en el ser humano por consumo de agua, hay pruebas abrumadoras, de estudios epidemiológicos, de que el consumo de cantidades altas de arsénico en el agua potable está relacionado causalmente con el desarrollo de cáncer en varios órganos, en particular la piel, la vejiga y los pulmones (OMS 2006).

La OMS (2006) recomendaron una concentración máxima admisible de arsénico de 0,2 mg/L, basándose en sus posibles efectos perjudiciales para la salud.

## b. Aluminio

El aluminio es el elemento metálico más abundante y constituye alrededor del 8 % de la corteza terrestre; es frecuente la utilización de sales de aluminio en el tratamiento del agua como coagulantes para reducir el color, la turbidez, y el contenido de materia orgánica y de microorganismos, este uso puede incrementar la concentración de aluminio en el agua tratada; una concentración residual alta puede conferir al agua color y turbidez no deseables. La principal vía de exposición al aluminio de la población general es el consumo de alimentos, sobre todo de los que contienen compuestos de aluminio utilizados como aditivos alimentarios, la contribución del agua de consumo a la exposición total por vía oral al aluminio suele ser menor que el 5 % de la ingesta total (OMS 2006).

### Reseña toxicológica

Hay escasos indicios de que la ingestión de aluminio por vía oral produzca toxicidad aguda en el ser humano, a pesar de la frecuente presencia del elemento en alimentos, agua de consumo y numerosos antiácidos. La exposición al aluminio es un factor de riesgo para el desarrollo o aparición temprana de la enfermedad de Alzheimer en el ser humano, en definitiva, la correlación positiva entre el aluminio del agua de consumo y la enfermedad de Alzheimer, detectada en varios estudios epidemiológicos, no se puede descartar totalmente (OMS 2006).

Se reconocen los efectos beneficiosos del uso de aluminio como coagulante en el tratamiento del agua. Teniendo esto en cuenta, y también los posibles efectos perjudiciales para la salud del aluminio (es decir, su posible neurotoxicidad), se calcula una concentración factible, basada en la optimización del proceso de coagulación en plantas de tratamiento de agua de consumo que utilizan coagulantes que contienen aluminio, para reducir al mínimo las concentraciones de aluminio en aguas tratadas (OMS 2006).

c. Boro

Los compuestos de boro se utilizan en la fabricación de vidrio, jabones y detergentes, y también como ignífugos; la mayor exposición al boro de la población general es mediante el consumo de alimentos, ya que se encuentra naturalmente en muchas plantas comestibles. El boro se encuentra de forma natural en aguas subterráneas, pero su presencia en aguas superficiales con frecuencia es consecuencia del vertido en aguas superficiales de efluentes de aguas residuales tratadas (a las que accede por su utilización en ciertos detergentes) (OMS 2006).

Reseña toxicológica

Las exposiciones tanto breves como prolongadas de animales de laboratorio al ácido bórico o al bórax por vía oral han demostrado, invariablemente, su toxicidad para el aparato reproductor masculino; se han observado lesiones testiculares en ratas, ratones y perros a los que se suministró ácido bórico o bórax en los alimentos o en el agua de consumo. Se ha demostrado experimentalmente su embriotoxicidad en ratas, ratones y conejos; los resultados negativos de numerosas pruebas de mutagenia indican que el ácido bórico y el bórax no son genotóxicos, en estudios a largo plazo en ratones y ratas, el ácido bórico y el bórax no aumentaron la incidencia de tumores (OMS 2006).

La OMS (2006) estableció un valor de referencia basado en efectos sobre la salud de 0,3 mg/L para el boro, y se señaló que la eliminación del boro mediante el tratamiento del agua de consumo parece ser deficiente.

d. Cloruro

Las altas concentraciones de cloruro confieren un sabor salado al agua y las bebidas; a concentraciones superiores a 250 mg/L es cada vez más probable que los consumidores detecten el sabor del cloruro, pero algunos consumidores pueden acostumbrarse al

sabor que produce en concentraciones bajas, no se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el cloruro en el agua de consumo (OMS 2006).

El cloruro presente en el agua de consumo procede de fuentes naturales, aguas residuales y vertidos industriales, sal de deshielo, e intrusiones salinas; la fuente principal de exposición de las personas al cloruro es la adición de sal a los alimentos y la ingesta procedente de esta fuente generalmente excede en gran medida a la del agua de consumo (OMS 2006).

Las concentraciones de cloruro excesivas aumentan la velocidad de corrosión de los metales en los sistemas de distribución, aunque variará en función de la alcalinidad del agua, lo que puede hacer que aumente la concentración de metales en el agua; no se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el cloruro en el agua de consumo; no obstante, las concentraciones de cloruro que excedan de unos 250 mg/L pueden conferir al agua un sabor perceptible (OMS 2006).

La OMS (2006) menciona que concentraciones de cloruro superiores a 600 mg/L afectarían notablemente a la potabilidad del agua, además se estableció un valor de referencia de 250 mg/L para el cloruro, basado en consideraciones gustativas.

#### e. Hierro

En las aguas subterráneas anaerobias puede haber concentraciones de hierro ferroso de hasta varios miligramos por litro sin que se manifieste alteración alguna del color ni turbidez al bombearla directamente desde un pozo; sin embargo, al entrar en contacto con la atmósfera, el hierro ferroso se oxida a férrico, tiñendo el agua de un color marrón rojizo no deseable (OMS 2006).

El hierro también potencia la proliferación de bacterias ferruginosas, que obtienen su energía de la oxidación del hierro ferroso a férrico y que, en su actividad, depositan una capa viscosa en las tuberías; en niveles por encima de 0,3 mg/L, el hierro mancha la ropa lavada y los accesorios de fontanería, por lo general, no se aprecia ningún sabor en

aguas con concentraciones de hierro menores que 0,3 mg/L, aunque pueden aparecer turbidez y coloración; no se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el hierro (OMS 2006).

El hierro es uno de los metales más abundantes de la corteza terrestre; está presente en aguas dulces naturales en concentraciones de 0,5 a 50 mg/L, también puede haber hierro en el agua de consumo debido a la utilización de coagulantes de hierro o a la corrosión de tuberías de acero o hierro colado durante la distribución del agua (OMS 2006).

El hierro es un elemento esencial en la nutrición humana, las necesidades diarias mínimas de este elemento varían en función de la edad, el sexo, el estado físico y la biodisponibilidad del hierro, y oscilan entre 10 y 50 mg/día; so se propone ningún valor de referencia para el hierro en el agua de consumo (OMS 2006).

La OMS (2006) menciona que concentraciones de hierro superiores a 1,0 mg/L afectarían notablemente a la potabilidad del agua; el hierro mancha la ropa lavada y los accesorios de fontanería en concentraciones mayores que 0,3 mg/L; concentraciones de hierro inferiores a 0,3 mg/L generalmente no confieren sabor apreciable al agua, y concentraciones de 1 - 3 mg/L pueden resultar aceptables para quienes beben agua de pozos anaerobios

#### f. Manganeso

La presencia de manganeso a concentraciones mayores que 0,1 mg/L produce un sabor no deseable en bebidas y mancha la ropa lavada y los aparatos sanitarios; el valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el manganeso es de 0,1 mg/L. El manganeso es uno de los metales más abundantes de la corteza terrestre, y su presencia suele estar asociada a la del hierro, en algunos lugares se utilizan arenas verdes de manganeso para el tratamiento del agua potable. El manganeso es un elemento esencial para el ser humano y otros animales y está presente de forma natural

en muchos alimentos; hay manganeso de origen natural en muchas fuentes de aguas superficiales y subterráneas, sobre todo en condiciones anaerobias o de microoxidación (OMS 2006).

#### Reseña toxicológica

Tanto la carencia como la sobreexposición pueden causar efectos adversos; se sabe que el manganeso produce efectos neurológicos tras la exposición por inhalación, especialmente de tipo laboral, y hay estudios epidemiológicos que han notificado efectos neurológicos adversos tras la exposición prolongada a concentraciones muy altas en el agua de consumo (OMS 2006).

La OMS (2006) menciona que concentraciones de manganeso superiores a 0,5 mg/L afectarían notablemente a la potabilidad del agua, los consumidores suelen considerar aceptable el agua con concentraciones inferiores a 0,1 mg/L.

#### g. Sodio

Las sales de sodio (por ejemplo, el cloruro sódico) se encuentran en casi todos los alimentos (la principal fuente de exposición diaria) y en el agua de consumo; aunque las concentraciones de sodio en el agua son inferiores a 20 mg/L, en algunos países pueden superar en gran medida esta cantidad, se debe señalar que algunos ablandadores del agua pueden incrementar notablemente el contenido de sodio del agua de consumo.

No se pueden extraer conclusiones definitivas con respecto a la posible asociación entre la presencia de sodio en el agua de consumo y la hipertensión; por consiguiente, no se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud, no obstante, si las concentraciones rebasan los 200 mg/L, el agua podría tener un gusto inaceptable (OMS 2006).

La ingesta de sodio en el agua de consumo puede afectar más a las personas que requieren una dieta baja en sodio y a los lactantes alimentados con biberón; se estableció un valor de referencia para el sodio de 200 mg/L, basado en consideraciones gustativas, si las concentraciones rebasan los 200 mg/L, el agua podría tener un gusto inaceptable (OMS 2006).

#### h. Sulfato

La presencia de sulfato en el agua de consumo puede generar un sabor apreciable y en niveles muy altos provocar un efecto laxante en consumidores no habituados; por lo general, se considera que el deterioro del sabor es mínimo cuando la concentración es menor que 250 mg/L; no se ha calculado ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el sulfato.

Los sulfatos están presentes de forma natural en muchos minerales y se utilizan comercialmente, sobre todo en la industria química, se liberan al agua, procedentes de residuos industriales y mediante precipitación desde la atmósfera; no obstante, las concentraciones más altas suelen encontrarse en aguas subterráneas y provienen de fuentes naturales; la ingesta diaria media de sulfato proceden del agua de consumo, el aire y los alimentos es de aproximadamente 500 mg, siendo los alimentos la principal fuente.

Debido a los efectos gastrointestinales de la ingestión de agua de consumo con concentraciones altas de sulfato, se recomienda notificar a las autoridades de salud las fuentes de agua de consumo en las que las concentraciones de sulfato rebasen los 500 mg/L (OMS 2006).

La OMS (2006) menciona que concentraciones de sulfato mayores que 400 mg/L afectarían notablemente a la potabilidad del agua; las concentraciones de magnesio y sulfato de sodio mayores que 1 000 mg/L afectarían notablemente a la potabilidad del agua de consumo, la presencia de sulfato en el agua de consumo también puede producir un sabor apreciable en concentraciones mayores que 250 mg/L.

#### 5.4. pH

Aunque el pH no suele afectar directamente a los consumidores, es uno de los parámetros operativos más importantes de la calidad del agua; se debe prestar mucha atención al control del pH en todas las fases del tratamiento del agua para garantizar que su clarificación y desinfección sean satisfactorias, para que la desinfección con cloro sea eficaz, es preferible que el pH sea menor que 8; no obstante, el agua con un pH más bajo será probablemente corrosiva, si no se reduce al mínimo, la corrosión puede provocar la contaminación del agua de consumo y efectos adversos en su sabor y aspecto. El pH óptimo necesario variará en distintos sistemas de abastecimiento en función de la composición del agua y la naturaleza de los materiales empleados en el sistema de distribución, pero suele oscilar entre 6,5 y 8 (OMS 2006).

No se ha propuesto ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el pH, aunque el pH no suele afectar directamente a los consumidores, es uno de los parámetros operativos más importantes de la calidad del agua (OMS 2006).

#### 5.5. Color

Idóneamente, el agua de consumo no debe tener ningún color apreciable; generalmente, el color en el agua de consumo se debe a la presencia de materia orgánica coloreada (principalmente ácidos húmicos y fúlvicos) asociada al humus del suelo, asimismo, la presencia de hierro y otros metales, bien como impurezas naturales o como resultado de la corrosión, también tiene una gran influencia en el color del agua, también puede proceder de la contaminación de la fuente de agua con vertidos industriales y puede ser el primer indicio de una situación peligrosa (OMS 2006).

#### 5.6. Dureza

La dureza del agua, derivada de la presencia de calcio y magnesio, generalmente se pone de manifiesto por la precipitación de restos de jabón y la necesidad de utilizar más jabón

para conseguir la limpieza deseada; la aceptabilidad por la población del grado de dureza del agua puede variar en gran medida de una comunidad a otra, en función de las condiciones locales. Los consumidores, en particular, notarán probablemente los cambios de la dureza del agua (OMS 2006).

El agua con una dureza mayor que aproximadamente 200 mg/L, en función de la interacción de otros factores, como el pH y la alcalinidad, puede provocar la formación de incrustaciones en las instalaciones de tratamiento, el sistema de distribución, y las tuberías y depósitos de los edificios, otra consecuencia será el consumo excesivo de jabón y la consiguiente formación de restos insolubles de jabón; las aguas duras, al calentarlas, forman precipitados de carbonato cálcico, por otra parte, las aguas blandas, con una dureza menor que 100 mg/L, pueden tener una capacidad de amortiguación del pH baja y ser, por tanto, más corrosivas para las tuberías (OMS 2006).

No se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para la dureza, no obstante, el grado de dureza del agua puede afectar a su aceptabilidad por parte del consumidor en lo que se refiere al sabor y a la formación de incrustaciones (OMS 2006).

### 5.7. Turbidez

La turbidez en el agua de consumo está causada por la presencia de partículas de materia, que pueden proceder del agua de origen, como consecuencia de un filtrado inadecuado, o debido a la suspensión de sedimentos en el sistema de distribución; También puede deberse a la presencia de partículas de materia inorgánica en algunas aguas subterráneas o al desprendimiento de biopelículas en el sistema de distribución. El aspecto del agua con una turbidez menor que 5 UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez) suele ser aceptable para los consumidores, aunque esto puede variar en función de las circunstancias locales; las partículas pueden proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección y pueden estimular la proliferación de bacterias, siempre que se someta al agua a un tratamiento de desinfección, su turbidez debe ser baja, para que el tratamiento sea eficaz, especialmente en la desinfección por radiación ultravioleta(OMS 2006).

La turbidez es un parámetro operativo importante en el control de los procesos de tratamiento, y puede indicar la existencia de problemas, sobre todo en la coagulación y sedimentación y en la filtración.

No se ha propuesto ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para la turbidez; la turbidez mediana debe ser menor que 0,1 UNT para que la desinfección sea eficaz, y los cambios en la turbidez son un parámetro importante de control de los procesos (OMS 2006).

#### 5.8. Sólidos totales disueltos y conductividad eléctrica

El agua es muy efectiva para disolver sales y algún tipo de materia orgánica debido a la naturaleza de polarización eléctrica de la molécula del agua y su tendencia a disociarse en sus iones constituyentes; estos iones cargados positiva y negativamente son extremadamente eficaces para su unión a iones minerales de carga contraria para dar iones hidratados, y así disolverlos.

La cantidad de materia disuelta en una muestra de agua se denomina Sólidos Totales disueltos (STD). Los STD se determinan sometiendo a calentamiento a la muestra hasta 180 °C de manera que se evapore el agua, dejando un residuo seco que pueda ser pesado; como estos componentes disueltos se encuentran principalmente en forma iónica las disoluciones de agua son unos conductores de la electricidad (determinada como conductividad eléctrica (CE) en microsiemens por centímetro  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Como la CE del agua aumenta con un incremento en el contenido iónico, la CE es aproximadamente proporcional a los STD; la CE es una medida de campo útil del grado de mineralización del agua (Senior 1998).

## Conclusiones

- La radiación ultravioleta es el método de desinfección idóneo por bajo costo de inversión y operación.
- La radiación ultravioleta no tiene efectos directos adversos sobre la salud de los consumidores, además no genera subproductos ni origina sabores ni olores.
- La radiación ultravioleta es un tratamiento físico complementario que necesita de otros elementos de desinfección que aporten un efecto residual más permanente.
- La baja concentración de sólidos totales en el agua aumenta la efectividad de la radiación ultravioleta.
- La alta concentración de sólidos totales ocasiona problemas con la absorción de la luz ultravioleta ya que estas partículas bloquean y generan sombras que protegen a los microorganismos de ser alcanzados por la radiación ultravioleta.
- En el proceso para obtener agua de mesa de calidad es recomendable utilizar filtros de arena; cuarzo y grava, filtro de carbón activado y filtro multimedia además de microfiltración de 20 y 5  $\mu$  que complementan y hacen más efectiva la desinfección con radiación ultravioleta.

## Referencias bibliográficas

- Arboleda, J. 2000. Teoría y Práctica de la Purificación del Agua, 3 ed., s.n.t. Colombia.
- Arboleda, J. 1976. Manual de desinfección del agua. s.n.t. Bogotá.
- Arboleda, J. 1990. Seminario Latinoamericano sobre nuevos conceptos sobre diseños de plantas de tratamiento. Tomo 4: Teoría de la desinfección del agua. Bogotá.
- Ashurst, P.; Sénior, D. 2001. Tecnología del agua embotellada. Acribia. España. 300p.
- Chaidez Q, C. 2002. Agua embotellada y su calidad bacteriológica. Agua Latinoamérica. s.n.t. México, DF. s.e.
- Chaidez, C. 1999. "Risk Assessment of selected opportunistic pathogens in drinking water". Dissertation, University of Arizona, ,s.n.t Tucson, US. s.e.
- Cuevas Q, A.; Branbila H, B.; Galindo T, A. Flores J, CP. 2004. Química II. Ed. Actualizada.umbral. Jalisco,ME.
- Guerrero, D.; Cáceres, E.; Artadi, J.; Caminati, A; Caqui, R.; Estrada, M.; Gutiérrez, P. 2012. Evaluación comparativa de dos sistemas de purificación de agua para consumo en la universidad de Piura. Área Departamental de Ingeniería Industrial y de Sistemas. s.n.t. Piura, PE. 332p.
- Iturbe G, JL. 2001. Fundamentos de radio química.snt. Toluca, ME.
- Kramer, F. 2003. Educación ambiental para el desarrollo sostenible. Los libros de la Catarata. Madrid.s.e 236p.
- March. 2000. The mechanism of ultraviolet disinfection, Trojan Technical Bulletin # 60, s.n.t. s.l. s.e. 20 p.
- Marín G, R. 2003. Físicoquímica y microbiología de los medios acuáticos: Tratamiento y Control de Calidad de Aguas. Díaz de Santos. Madrid,ES. 326p.
- Palomino, S. 2004. Manual de la Granja integral Autosuficiente. Ed. Rev. San Pablo. Bogotá. 304 p.
- Pascual A, MR. ; Calderón, VP. 2000. Microbiología Alimentaria: Metodología Analítica para Alimentos y Bebidas. 2 ed. Díaz de Santos. Madrid, EP
- Pimienta, J. 1980. La captación de aguas subterráneas. Trad. Sanz, D.; Torreano, R. Técnicos Asociados. Barcelona, EP. 202p.
- Phillips, C.; Priwer, S. 2005. Todo sobre Einstein. S.e. Robinbook. Barcelona, EP. 69p.

Roldan, J. 2002. Prontuario Básico de Fluidos. S.n.t. Paraninfo. Madrid, EP. 307p.

Sancho, J.; Valls, E; Bota, P; Joan, J.; Martín, I.1999. Introducción al Análisis Sensorial de los Alimentos, 1ed., Universidad de Barcelona, EP.

Slade, P.J.; Falan, MA.; Al-ghady, AM. 1986. Isolation Of Aeromonas Hydrophila From Bottled Waters And Domestic Water Supplies In Saudi Arabia: Journal Of Food Protection s.n.t. s.l. s.e.

Stanley, M. 2007. Introducción a la química ambiental. Trad. Mora, I. 1. ed. Reverte. México D.F. s.e. 698 p.

Solsona, F.; Méndez, JP. 2002. Desinfección del Agua: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente; División de Salud y Ambiente, Organización Panamericana de la Salud, Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud. S.n.t. Lima, PE. s.e. 158p.

Voet, D.; Voet, J.; Pratt, Ch. 2007. Fundamentos de Bioquímica "La vida a nivel molecular". Trad. Panamerica. 2 ed. Medica Panamericana. Madrid, EP.1280 p.

Teijón R, JM.; Garrido P, A; Blanco G, D; Villaverde G, C; Mendoza O, C; Ramírez R, J. 2006. Fundamentos de Bioquímica Estructural. 2 ed. Madrid, ES. Tébar. p. 27-34.

Gaona A, T; Peña S, CA; Venegas C, R; Corona Z, EA; Arredondo V, JA; Baeza H, O; Rojas C, RI. 2005. Planeación urbana y regional: un enfoque hacia la sustentabilidad. s.e. Plaza y Valdés s.l. p. 45.

### Páginas web

Agua del grifo, embotellada y aguas de diseño: ¿Salud o Marketing?. s.f. (en línea). snt. Consultado el 21 Ago. 2013. Formato PDF. Disponible en <http://es.paperblog.com/agua-del-grifo-embotellada-y-aguas-de-diseno-salud-o-marketing-284127/>

América Economía 1986-2012. 2012. Las 500 Mayores Empresas de Perú 2012. (en línea). s.n.t. Consultado el 4 Oct. 2013. Disponible en <http://rankings.americaeconomia.com/2012/las-500-mayores-empresas-de-peru/sector-bebidas.php>

biznews.pe 2011. Producción de agua embotellada se triplica en la última década. (en línea). s.n.t. Consultado el 4 Oct. 2013. Disponible en <http://biznews.pe/noticias-empresariales-nacionales/produccion-agua-embotellada-triplica-en-la-ultima-decada>

Centro de Sanidad Ambiental: Efectos de la radiación ultravioleta sobre la salud s.f. (en línea) Snt. sl. Consultado el 20 ene. 2013. Disponible en <Http://www.envtox.ucdavis.edu/cehs/toxins/SPANISH2/ultravioletrad/uvhealtheffects.html>

Chacón, G. 2011. Cienciacierta: Revista de divulgación científica: Aplicación de Tecnologías Alternativas Para el Procesamiento de Jugos de Fruta. (en línea). Coahuila MX. Consultado el 20 Ago. 2013. Artículo científico. Disponible en <http://www.postgradoeinvestigacion.uadec.mx/CienciaCierta/CC27/11.html>

Chaidez Quiroz, C. Agua Embotellada y su Calidad Bacteriológica. s.f. (en línea). México, MX. Consultado el 20 ene. 2013. Formato PDF. Disponible en <Http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd56/agua.pdf>

Clases de Agua Botanical 2013. (en línea) Snt. Consultado el 25 Set. 2013. Disponible en <http://www.botanical-online.com/aguatipos.htm>.

CODEX alimentarius CAC/RCP 33. 1985. Código Internacional Recomendado de Prácticas de Higiene Para la Captación, Elaboración y Comercialización de las Aguas Minerales Naturales. (en línea). s.n.t. Consultado el 17Set. 2013. Formato PDF. Disponible en [http://www.codexalimentarius.org/input/download/standards/.../CXP\\_048s.pdf](http://www.codexalimentarius.org/input/download/standards/.../CXP_048s.pdf)

Del rosario, M. P.; Calderón, V. 2000. Microbiología Alimentaria metodología analítica para alimentos y bebidas (en línea). Snt. Consultado el 25 Jun. 2013. Libro. Disponible en <Http://books.google.com.pe/books?id=9eifkks8uxmc&pg=PA406&dq=Microbiolog%C3%ada+del+agua+seg%C3%ban+procedencia&hl=es&sa=X&ei=tdpmuf2jgjsy9gsy6ocodw&ved=0CDMQ6AAEwA#v=onepage&q=Microbiolog%C3%ADa%20del%20agua%20seg%C3%BAn%20procedenpro&f=false>

Desinfección. 2005. (en línea). Snt. s.l. Consultado el 20 ene. Formato PDF. Disponible en [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lic/hammeken\\_a\\_am/capitulo7.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/hammeken_a_am/capitulo7.pdf)

Díaz D, FM.; Serrano O, L. 2002. Desinfección de Agua con Luz ultravioleta. (en línea). Snt. Consultado el 20 ene. Formato PDF. Disponible en

[Http://faciasweb.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/archivopdf6/parte1/bioelementos\\_2\\_propiedades\\_fisico.pdf](http://faciasweb.uncoma.edu.ar/academica/materias/morfo/archivopdf6/parte1/bioelementos_2_propiedades_fisico.pdf).

DIGESA (Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud, PE). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano: DS N° 031-2010-SA. 2011. (en línea). 1 ed. Lima, PE. Consultado el 05 Mayo. 2013. Formato PDF. Disponible en [http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/reglamento\\_calidad\\_agua.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/reglamento_calidad_agua.pdf)

Domínguez, L.; Parzanese, M. 2011. Tecnologías para la Industria Alimentaria: Luz ultravioleta en la conservación de alimentos. (en línea.) s.n.t. Argentina. Consultado el 4 Oct. 2013. Formato PDF. . Disponible en [http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/tecnologia/ficha\\_02\\_ultravioleta.pdf](http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/tecnologia/ficha_02_ultravioleta.pdf)

El agua. s.f. (en línea). s.n.t. Consultado el 01 mar. 2013. Disponible en <http://aguasucias.galeon.com/aficiones1694972.html>.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2001 Norma general para las aguas potables embotelladas/envasadas. (en línea).s.n.t. Consultado el 20 ene.2013. Disponible en [http://www.fao.org/search/en/?cx=018170620143701104933%3Aqq82jsfba7w&q=MTODOS+DE+ANALISIS+Y+MUESTREO+DE+AGUA+ENVASADA+PARA+MESA&cof=FORID%3A9&siteurl=www.fao.org%2Fag%2Fportal%2Fhome%2Fen%2F&ref=www.fao.org%2Fdocuments%2Fheader%2Fdocrep\\_redirector\\_head\\_cache.asp%3Furl\\_file%3D%2Fdocrep%2Fmeeting%2F005%2Fx4296s%2Fx4296s0n.htm&ss=20970j13894448j63](http://www.fao.org/search/en/?cx=018170620143701104933%3Aqq82jsfba7w&q=MTODOS+DE+ANALISIS+Y+MUESTREO+DE+AGUA+ENVASADA+PARA+MESA&cof=FORID%3A9&siteurl=www.fao.org%2Fag%2Fportal%2Fhome%2Fen%2F&ref=www.fao.org%2Fdocuments%2Fheader%2Fdocrep_redirector_head_cache.asp%3Furl_file%3D%2Fdocrep%2Fmeeting%2F005%2Fx4296s%2Fx4296s0n.htm&ss=20970j13894448j63)

EPA (Environmental Protection Agency). 2006. Ultraviolet Disinfection Guidance Manual for the Final Long Term 2 Enhanced Surface Water Treatment Rule. (en línea). s.n.t. Consultado el 16 Set. 2013. s.n.t. US. Manual. Disponible en [http://www.epa.gov/ogwdw/disinfection/lt2/pdfs/guide\\_lt2\\_uvguidance.pdf](http://www.epa.gov/ogwdw/disinfection/lt2/pdfs/guide_lt2_uvguidance.pdf)

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1997 Anteproyecto de código internacional de prácticas de higiene para aguas potables envasadas (embotelladas). (en línea). s.n.t. Consultado el 16 Set. 2013. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/meeting/005/w7429s/w7429s0r.htm>

Gobulukoglu, I.; Vander L, G.; Chen, YJ. s.f. Desinfección UV en la Industria de Bebidas. (en línea). Snt. Consultado el 23 marz.2013. Formato PDF Disponible en [http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/Gobulukoglu\\_V10N9.pdf](http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/Gobulukoglu_V10N9.pdf)

González G, C; González F, L. 2001. La luz ultravioleta: una solución amigable con el medio ambiente para la desinfección del agua y del aire. (en línea) Consultado el 20 ene.2013. Formato PDF .Disponible en [Http://innovambiental.cl/008\\_Luz%20ultravioletadesinfaguayaire.pdf](Http://innovambiental.cl/008_Luz%20ultravioletadesinfaguayaire.pdf)

Gordillo de C, GE. s.f. Investigación técnica y económica sobre desinfección de aguas residuales por sistemas de oxidación (en línea). Snt. Consultado el 28 Jun. 2013. Formato PDF Disponible en [http://oa.upm.es/14415/1/Gerardo\\_Gordillo\\_de\\_Coss.pdf](http://oa.upm.es/14415/1/Gerardo_Gordillo_de_Coss.pdf)

Guimarães, JR.; Ibáñez, J.; Litter, MI.; Pizarro, R. S.f. Desinfección de agua. (en línea). Snt. Consultado el 23 marz.2013. Formato PDF Disponible en <http://www.cnea.gob.ar/xxi/ambiental/CYTED/22cap15.pdf>

ITINTEC (Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas). 214.024. 1988. AGUA MINERAL. (en línea). s.n.t. Consultado el 2 Oct. 2013. Disponible en [http://www.indecopi.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE\\_DetallarProducto.aspx?PRO=8566](http://www.indecopi.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PRO=8566)<http://>

ITINTEC (Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas) 214.004,1984. AGUA DE MESA. (en línea). s.n.t. Consultado el 2 Oct. 2013. Disponible en [http://www.indecopi.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE\\_DetallarProducto.aspx?PRO=8645](http://www.indecopi.gob.pe/0/modulos/TIE/TIE_DetallarProducto.aspx?PRO=8645)

Mora A, DA.; Coto C, M.; Méndez A, J. 2011. "Comercialización y calidad de las aguas envasadas en el contexto mundial" Informe de Estructura y Tendencias del Mercado de: Agua Embotellada. (en línea). s.n.t. Consultado el 4 Oct. 2013. Formato PDF. Disponible en [http://www.maximixe.com/alertaeconomica/fichas/agua\\_embotellada-marzo2011.pdf](http://www.maximixe.com/alertaeconomica/fichas/agua_embotellada-marzo2011.pdf)

Norma Codex Para las Aguas Minerales Naturales, s.f. (en línea). s.n.t. Consultado el 26 Set. 2013. Formato PDF. Disponible en [http://www.codexalimentarius.org/input/download/standards/.../CXS\\_108s.pdf](http://www.codexalimentarius.org/input/download/standards/.../CXS_108s.pdf)

Norma general para las aguas potables embotelladas/envasadas (Distintas de las Aguas Minerales Naturales). 2001. (en línea). s.n.t. Consultado el 17Set. 2013. Formato PDF. Disponible en [http://www.digesa.minsa.gob.pe/CodexPeru/doc\\_comi\\_tec/CXS\\_227s.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/CodexPeru/doc_comi_tec/CXS_227s.pdf)

NTS N° - MINS/DIGESA-V.01. 2003. Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano (en línea). s.n.t. Consultado el 28 Set. 2013. Formato PDF. Disponible en [http://www.digesa.sld.pe/norma\\_consulta/RM%20615-2003MINS.pdf](http://www.digesa.sld.pe/norma_consulta/RM%20615-2003MINS.pdf)

OMS (Organización Mundial de la Salud). 2006. Guías para la calidad del agua potable (en línea). 3 ed. S.I. Consultado el 2 Oct. 2013. Formato PDF. Disponible en [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_full\\_lowres.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf)

Pietrobon T, E. 2002. Desinfección por luz ultravioleta (en línea.) s.n.t. Consultado el 20 Ago. 2013. Artículo científico. Disponible en <http://www.agualatinoamerica.com/docs/PDF/3-4-02inter.pdf>

Radiación ultravioleta. 2004. (en línea). snt. Consultado el 2 Set. 2013. Formato PDF. Disponible en <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/desinfeccion/capitulo4.pdf>

## Anexos

Flujograma de empresa cajamarquina Aguas D' Manantial E.I.R.L. ubicada en Jr. 13 de Julio - Barrio Chontapaccha, empresa que emplea radiación ultravioleta como uno de los tratamientos físicos de desinfección de agua mineral natural para la obtención de agua envasada para mesa.

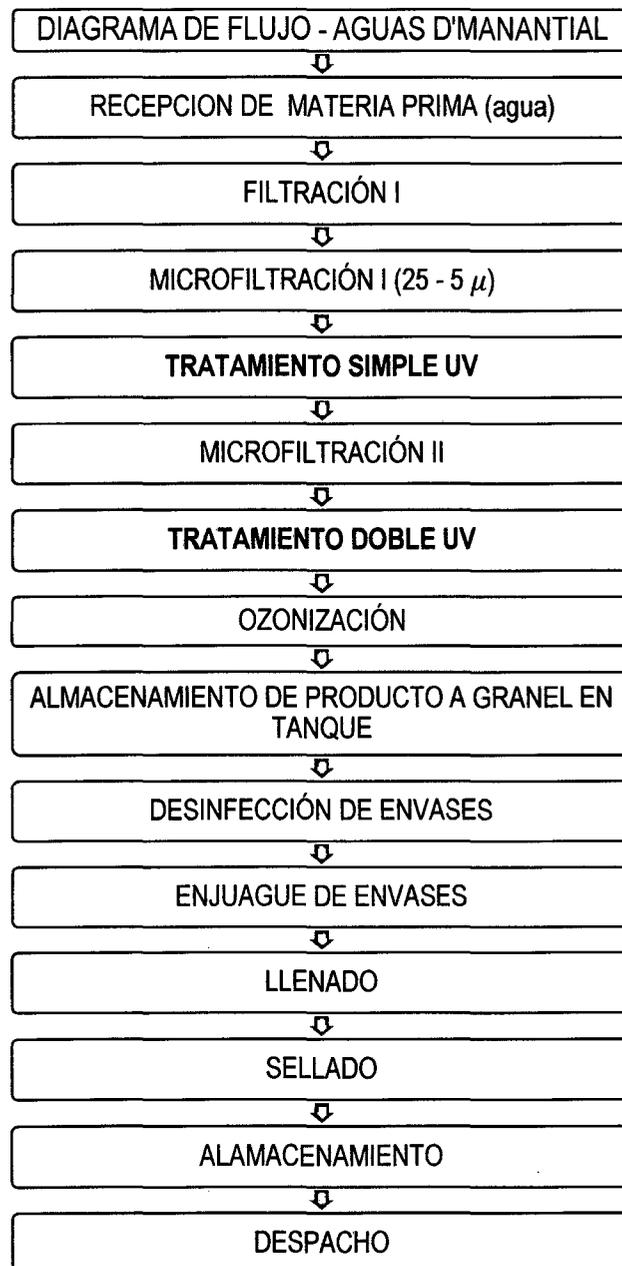


Figura 15. Planta Cajamarquina que emplea dentro de su proceso radiación UV.

## Imágenes planta Aguas D' Manantial



Figura 16. Área de proceso – (Tratamiento con radiación UV).

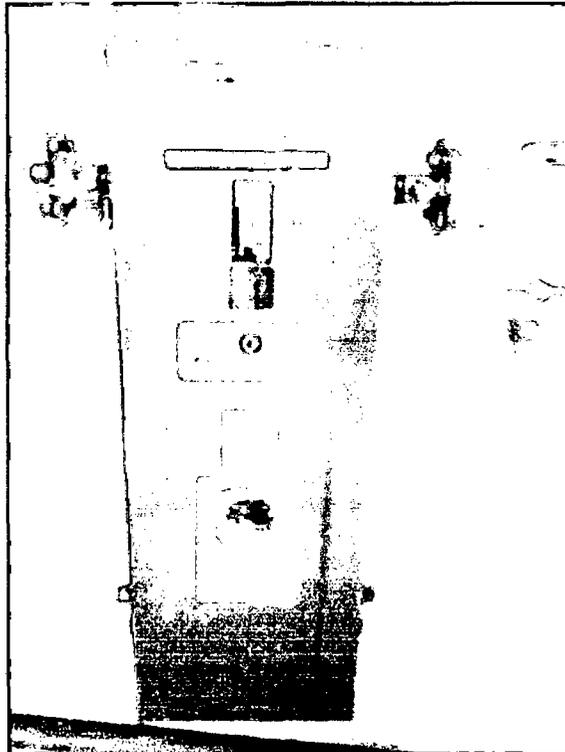


Figura 17. Lámpara UV doble



Figura 18. Filtros de arena, cuarzo y grava; filtro de carbón activado y filtro multimedia previos a radiación UV

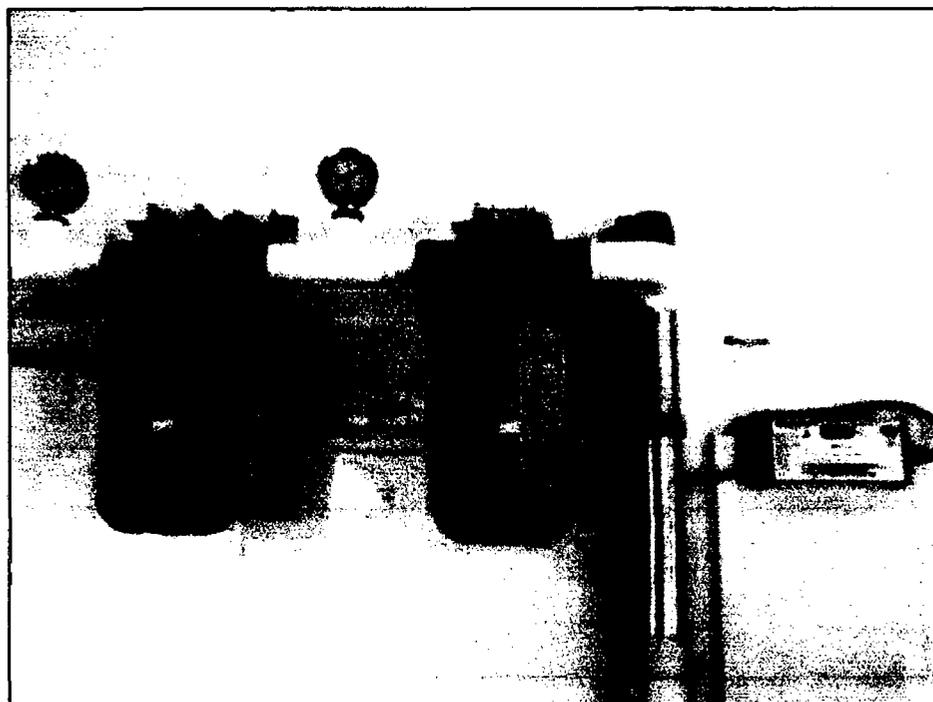


Figura 19. Filtros de 25 - 5  $\mu$ .

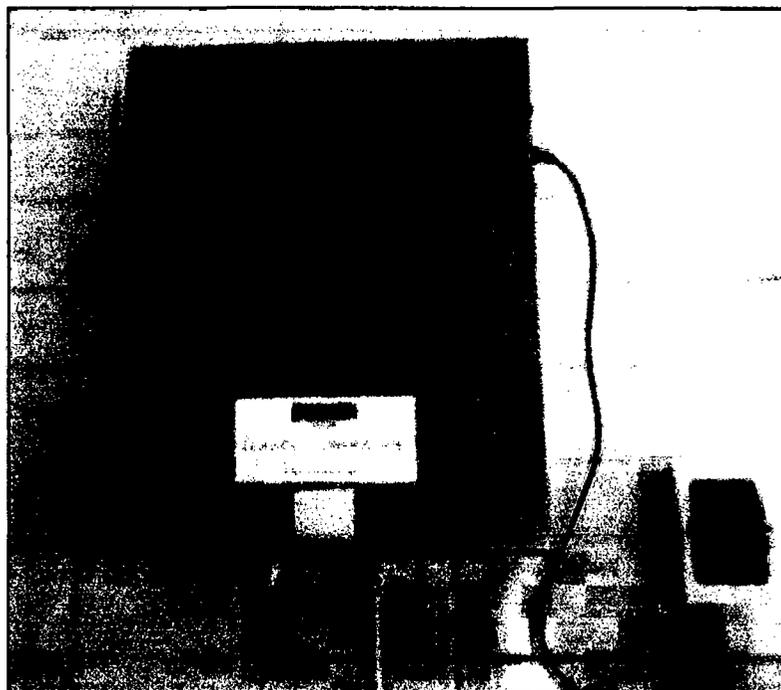


Figura 20. Equipo generador de ozono.



Figura 21. Desinfección, enjuagado y llenado de envases.