



**UNIVERSIDAD DE MURCIA
FACULTAD DE QUÍMICA**

Tesis Doctoral

**ESTUDIO DE LA FORMACIÓN DE
TRIHALOMETANOS EN LAS FASES DE
ELABORACIÓN DE TRANSFORMADOS VEGETALES Y
EN PROCESOS AUXILIARES DE LA INDUSTRIA
ALIMENTARIA.**

**FUENSANTA MELENDRERAS RUIZ
2015**

*"La imaginación importa más que el conocimiento.
Hay una fuerza mayor que la energía nuclear: La Voluntad."
Albert Einstein*

A mi marido y mis hijos

A mis padres

AGRADECIMIENTOS

La vida te va guiando, y te va haciendo responsable de tus aciertos y errores, te otorga la sabiduría que somos capaces de guardar de lo aprendido, de Dios y de las personas que te vas encontrando a lo largo del recorrido, por ello quiero agradecer la ejecución de este trabajo a:

El Departamento de Química Agrícola, Geología y Edafología, y en especial al Grupo de Investigación de Química de Plaguicidas, Contaminación Agroalimentaria, Ecoeficiencia y Toxicología, con los que anduve mis primeros pasos en el mundo de la investigación.

A mis directores de tesis: a José Oliva Ortiz, que fue mi primer jefe hace ya algún tiempo y cuyo tesón ha sido fundamental para la finalización de este proyecto; a Mercedes Alacid Cárceles y Luís Miguel Ayuso García, compañero además en el Centro Tecnológico del que he aprendido mucho a lo largo de estos años.

Al Centro Tecnológico Nacional de la Conserva, en la figura de su director Luís Dussac y de Jenaro Garre, coordinador de laboratorios, por su apoyo; a mis compañeros Aurelio Fuster y José Fernández. Especial mención a mis compañeras del laboratorio de Análisis Físico Químico y Control de Calidad: Lina, Esther y Mercedes, que han trabajado un poco más durante estos últimos meses y que han sido de gran ayuda para mí.

Y por último a mi familia, a mi marido Juan, por el que doy todos los días gracias a Dios por ponerlo en mi camino, que ha sabido pacientemente suplir ausencias y frenar agobios; a mis hijos Santi y Juan que me han proporcionado la fuerza para continuar cada día y que han dado sentido a todo esto, porque en los tiempos que estamos viviendo creo que es fundamental dar ejemplo a nuestros hijos e

inculcarles el valor del trabajo y el esfuerzo, si luego queremos que ellos lo incluyan en sus vidas.

A mis padres; a mi padre, porque esta tesis es una forma de agradecerle todo lo que ha hecho por mí, porque cuando los años te cambian la perspectiva ves las exigencias de otro modo; a mi madre por estar siempre ahí, por su dedicación como madre y abuela que me han concedido un tiempo precioso para poder realizarme como madre y profesional ; a mis hermanos: Rafa, Ramiro, Ramón y Raúl, que junto con mis cuñadas y sobrinos cierran el círculo sobre el que se apoya mi existencia. Os quiero.



ÍNDICE.

ÍNDICE

1. OBJETIVOS.	1
2. INTRODUCCIÓN.	7
2.1. El agua como recurso natural	9
2.1.1. Importancia química y vital	10
2.1.2. El ciclo hidrológico	11
2.1.3. Disponibilidad y suministro	13
2.2. Aguas en la industria. Consumo humano y vertidos. Legislación aplicable	15
2.2.1. Agua de consumo humano	15
2.2.2. Agua de torres de refrigeración	19
2.2.3. Agua residual	24
2.3. Usos del agua en la industria de la conserva	28
2.3.1. Procesos industriales. Vertidos y carga contaminante	29
2.3.1.1. Lavado de materia y eliminación de partes	31
2.3.1.2. Escaldado-Enfriamiento	31
2.3.1.3. Pelado	32
2.3.1.4. Transporte de materia prima o subproducto	33
2.3.1.5. Esterilización-Enfriamiento	34
2.3.1.6. Limpieza y desinfección	34
2.3.2. Factores influyentes en la composición de los vertidos	35
2.3.3. Funcionamiento y tipos de torres	36
2.3.3.1. Funcionamiento	36
2.3.3.2. Tipos de torres de refrigeración	37

2.4. Desinfección de aguas de consumo	41
2.4.1. Contaminación y contaminantes del agua	42
2.4.2. Tratamientos de desinfección.	44
2.4.2.1. Cloración.....	49
2.4.2.1.1. Historia del cloro	49
2.4.2.1.2 Propiedades beneficiosas del cloro asociado a la desinfección de aguas	51
2.4.2.1.3. Sistemas de cloración y formas de cloro	52
2.4.2.1.4. Efectos tóxicos de los subproductos de la cloración	55
2.5. Trihalometanos	57
2.5.1. Definición y tipos	57
2.5.2. Formación de trihalometanos.....	58
2.5.2.1. Precursores y reacciones de formación	58
2.5.3. Legislación	65
2.5.4. Efectos de los THMs en la salud	67
2.6. Metodología de control de trihalometanos.....	69
3. EXPERIMENTAL.	
.....	73
3.1. Planteamiento y esquema de trabajo.....	75
3.2. Materiales de estudio	76
3.2.1. Aguas y lodos	76
3.2.2. Trihalometanos	76
3.3. Muestreo	77
3.3.1. Toma de muestras durante el procesado industrial	77
3.3.2. Toma de muestras en distintos tipos de torre de refrigeración	78
3.4. Métodos.....	79
3.4.1. Trihalometanos	79
3.4.2. Carbono orgánico total (COT)	81
3.4.3. pH.....	82
3.4.4. Cloro residual libre y combinado	83
3.5. Estudio 1: Validación de la metodología para el control de trihalometanos	84
3.5.1. Linealidad y límite de detección.....	85
3.5.2. Precisión (Repetibilidad y reproducibilidad)	86
3.5.3. Exactitud	88
3.6. Estudio 2: Influencia del procesado industrial en la formación de THMs.....	89
3.6.1. Esquema de procesos	90
3.6.2. Niveles de THMs en aguas de consumo humano	91
3.6.3. Influencia de las distintas fases del procesado industrial en los niveles de THMs en aguas residuales.....	93
3.6.4. Efecto de la etapa de refrigeración en la formación de THMs en aguas residuales	107
3.6.5. Influencia de la depuración en la presencia de THMs en aguas residuales .	109
3.7. Estudio 3: Formación de THMs en torres de refrigeración	113
3.7.1. Planteamiento de trabajo	115

3.7.2. Estudio de la dinámica de uso y mantenimiento de las torres de refrigeración.....	115
3.7.3. Estudio del contenido en trihalometanos en diferentes tipos de torres de refrigeración.....	120
4. CONCLUSIONES.	125
5. BIBLIOGRAFÍA.	131
ÍNDICE DE TABLAS.	145
ÍNDICE DE FIGURAS.	149
ANEXO I.	153
ANEXO II.	193



1. OBJETIVOS.

1. OBJETIVOS.

La industria de transformados de productos vegetales utiliza la mayor parte del agua destinada al consumo (3,5 a 6,0 m³/t de producto). Esta agua se destina para uso del personal, limpieza, servicios auxiliares y procesos de elaboración, siendo estos dos últimos los que mayor volumen consumen. Proporcional al volumen de agua que se usa, es el de agua de vertido, donde aproximadamente un 75% del agua consumida se transforma en agua residual y el 25% restante se incorpora de nuevo al producto o se pierde por evaporación.

Para este tipo de industria, la carga contaminante de los vertidos se compone básicamente de materia orgánica y sólidos en suspensión. Productos que posteriormente, y antes de su vertido a la red de alcantarillado o a su reutilización, deben disminuirse a través de sistemas de depuración.

Como hemos apuntado, parte de las aguas utilizadas en la industria conservera son reutilizadas sobre todo para procesos auxiliares, lo cual implica una desinfección de la misma. El método de desinfección más utilizado, en el momento actual, es la cloración, debido a diversos factores como que es efectivo para la eliminación de

microorganismos patógenos, es fácil de usar y controlar, es persistente y relativamente barato.

Ahora bien, como ya hemos comentado, las aguas que provienen de esta industria contienen una alta carga de materia orgánica que reacciona con el cloro, lo que da lugar a subproductos de desinfección como los trihalometanos. Debemos tener en cuenta, que el cloro es altamente oxidante y además suele usarse en exceso (2 mg/l) para asegurar que quede el suficiente cloro residual en el agua y ésta se encuentre protegida frente a microorganismos patógenos.

Los trihalometanos según diversos estudios son compuestos considerados cancerígenos, y además son volátiles, por lo que sus vías de exposición son variadas: ingestión, dérmica e inhalación. Por lo tanto, para aguas de consumo humano la principal vía de exposición es la ingestión. En el caso de la industria, la presencia de estos compuestos en aguas residuales, puede producir una exposición por vía dérmica e inhalación. Además, la Organización Mundial de la Salud, recomienda unos valores límite, que posteriormente han sido traspuestos a nuestra legislación, adoptando unos niveles máximos de trihalometanos totales de 100 ppb.

Por lo anteriormente expuesto, hemos redactado la presente Memoria, cuyo objetivo básico ha sido aportar nuevos datos que contribuyan a conocer los niveles de trihalometanos generados en la industria de transformados vegetales y determinar las etapas críticas en la formación de los mismos. Para llevar a cabo este objetivo general se proponen a su vez los siguientes objetivos específicos:

- 1) Obtención y validación de la metodología analítica para el control de trihalometanos en aguas de acuerdo con unos criterios de calidad establecidos a priori.
- 2) Determinar la carga de trihalometanos presentes en el agua de consumo suministrada a las industrias objeto de estudio.

- 3) Cuantificar la formación de trihalometanos en las diferentes etapas de fabricación de diversos transformados vegetales y en sus procesos auxiliares.

- 4) Estudio pormenorizado de las etapas críticas en la generación de trihalometanos.



2. INTRODUCCIÓN.

2. INTRODUCCIÓN.

2.1. EL AGUA COMO RECURSO NATURAL.

El agua al mismo tiempo que constituye el líquido más abundante en la Tierra, representa el recurso natural más importante y la base de toda forma de vida. El objetivo general es velar por que se mantenga un suministro suficiente de agua de buena calidad para toda la población del planeta y preservar al mismo tiempo las funciones hidrológicas, biológicas y químicas de los ecosistemas, adaptando las actividades humanas a los límites de la capacidad regenerativa de la naturaleza y combatiendo los vectores de las enfermedades relacionadas con el agua. Es preciso contar con tecnologías innovadoras para aprovechar plenamente los recursos hídricos limitados y protegerlos contra la contaminación.

“La escasez generalizada de recursos de agua dulce, su destrucción gradual y su creciente contaminación, así como la implantación progresiva de actividades incompatibles en muchas regiones del mundo, exigen una planificación y una ordenación integradas de los recursos hídricos. Esa integración debe abarcar todos los tipos de masas interrelacionadas de agua dulce, tanto las aguas superficiales como las

subterráneas, y debe tener debidamente en cuenta los aspectos de la cantidad y calidad del agua" (Cumbre de la Tierra, 1992).

2.1.1. IMPORTANCIA QUÍMICA Y VITAL.

El agua es el compuesto químico más abundante de la biosfera y, también, una de las más importantes sustancias del medio natural, ya que es imprescindible para el sustento de la vida en nuestro planeta; así, podemos decir que el agua constituye el verdadero medio para la vida. Varias investigaciones han revelado que la vida se originó en el agua y que los grupos zoológicos que han evolucionado hacia una existencia terrestre, siguen manteniendo dentro de ellos su propio medio acuático, encerrado y protegido contra la evaporación excesiva. El agua constituye más del 80% del cuerpo de la mayoría de los organismos e interviene en la mayor parte de los procesos metabólicos que se realizan en los seres vivos. Desempeña de forma especial un importante papel en la fotosíntesis de las plantas y además sirve de hábitat a una gran parte de organismos. Además, los océanos del mundo ayudan a regular el clima del planeta, diluyen y degradan parte de nuestros residuos y son el hábitat de muchas de las criaturas vivientes. Los organismos terrestres están constituidos en su mayor parte por agua (Miller, 2002).

La abundancia del agua y su importancia se deben a sus particulares propiedades fisicoquímicas, que favorecen el desarrollo de un gran número de procesos químicos y biológicos en su seno. Lo que la hace tan especial es su estructura molecular, formada por un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, aportándole unas propiedades que son importantes tanto como medio de vida, comportamiento ambiental y en usos industriales. Sus características principales son:

- La asimetría de la molécula
- Su naturaleza polar
- La capacidad de formar enlaces o puentes de hidrógeno

El agua es un disolvente excelente para varias sustancias, incluyendo las sales, ácidos, bases y sustancias que tienen átomos de hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, capaces de formar enlaces de puente de hidrógeno. El agua tiene una tensión superficial muy alta. Por su transparencia a la luz visible y a la fracción de la radiación ultravioleta de mayor longitud de onda, permite que ocurra la fotosíntesis en las algas suspendidas bajo la superficie del agua. Pero posiblemente, la propiedad física más importante del agua es su comportamiento con el calor, ya que se requiere mucha energía calorífica para romper los enlaces de la molécula (Manahan, 2007).

2.1.2. EL CICLO HIDROLÓGICO.

Es uno de los principales ciclos de la naturaleza. El agua de la Tierra, que constituye la hidrósfera, se distribuye en tres reservorios principales: los océanos, los continentes y la atmósfera, entre los que existe una circulación continua conocida como el ciclo del agua o el ciclo hidrológico. El movimiento del agua en el ciclo hidrológico es provocado por la energía radiante del sol y por la fuerza de la gravedad e implica básicamente los siguientes procesos físicos:

- Evaporación de los océanos y otras masas de agua y transpiración de los seres vivos hacia la atmósfera.
- Precipitación originada por la condensación de vapor de agua y que puede adoptar múltiples formas.
- Escorrentía o movimiento de las aguas superficiales hacia los océanos.

La energía del sol calienta la tierra, generando corrientes de aire que hacen que el agua desde los mares, ríos, lagos e incluso desde los seres vivos, se evapore constantemente hacia la atmósfera, hasta que llega un momento en que ese agua se precipita de nuevo hacia la superficie. La transferencia de agua desde la superficie de la Tierra hacia la atmósfera, en forma de vapor de agua, se debe a la evaporación

directa, a la transpiración por las plantas y animales y a la sublimación. Aunque la cantidad de agua movida por este último fenómeno es insignificante en relación a las cantidades transferidas por evaporación y transpiración.

El vapor de agua es transportado por la circulación atmosférica y se condensa tras haber recorrido distancias que pueden sobrepasar los 1000 km. El agua condensada da lugar a la formación de nieblas y nubes y posteriormente, a precipitaciones. El agua que precipita en la tierra puede tener varios destinos. Una parte es devuelta directamente a la atmósfera por evaporación; otra parte escurre por la superficie del terreno (escorrentía superficial) hasta los ríos, lagos, lagunas y océanos. El agua restante se infiltra en las capas de la tierra y fluye también subterráneamente hacia ríos, lagos y océanos, o profundiza hasta alcanzar las capas freáticas. Parte de este agua subterránea es la que utilizan los vegetales y que después devuelven de nuevo a la atmósfera.

Como observamos en la figura 1.2, al volver el agua a la atmósfera se completa el ciclo. De esta manera la naturaleza garantiza que el agua no se pierda y pueda volver siempre a ser utilizada por los seres vivos.



Figura 2.1.- El ciclo hidrológico (U.S. Geological Survey).

2.1.3. DISPONIBILIDAD Y SUMINISTRO.

Vivimos en el planeta del agua, con una gran capa de la misma que cubre aproximadamente el 71% de la superficie de la Tierra y de la que gran parte es salada,. El contenido de agua del planeta se estima en 1.300 trillones de litros. Los océanos son un inmenso depósito de agua constituyendo un 97% del agua total de la Tierra. La mayoría de agua dulce restante está en forma de hielo y nieve sólida en las capas de hielo polares y en los glaciares. Una pequeña fracción del agua total está presente como vapor en la atmósfera. El agua dulce líquida restante, una fracción verdaderamente pequeña de menos del 0,02%, es la que se encuentra disponible para las plantas y otros organismos y para usos industriales y agrícolas. Este agua puede estar presente en la superficie, como lagos, ríos, depósitos, arroyos, o puede estar en el subsuelo como agua subterránea. En la figura 2.2 se expone un gráfico sobre la distribución del agua en la Tierra.

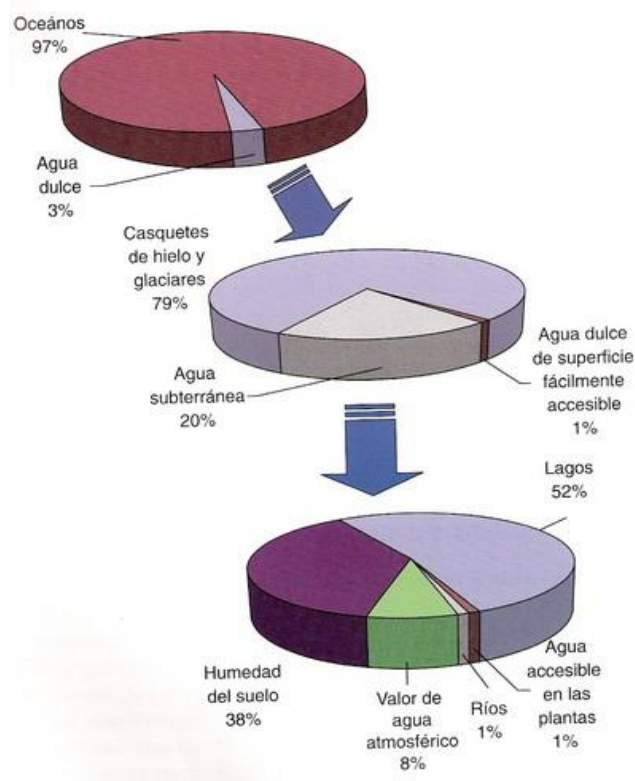


Figura 2.2.-Distribución del agua en la Tierra.

Por lo tanto, el agua dulce es un recurso limitado y su calidad está bajo presión constante. El agua potable es un bien escaso por la cantidad de energía que hay que invertir en su obtención. El agua de los polos no es directamente utilizable a gran escala, y es necesario recurrir a los ríos y a los acuíferos, algunos de los cuales son fósiles, es decir, no renovables. Por ello, preservar la calidad del agua dulce es importante para el abastecimiento del agua potable o la producción de alimentos.

También, la escasez de agua dulce es uno de los principales problemas ambientales ante los que nos encontramos. De forma sencilla se puede decir que estamos alcanzando el límite de extracción de agua dulce de la superficie terrestre, pero el consumo no deja de aumentar; además, debemos tener en cuenta la gran amenaza que constituye el efecto del cambio climático sobre el ciclo hidrológico y la disponibilidad de agua dulce. Básicamente se agravarán las condiciones de escasez de las zonas que ya son áridas (menos lluvias y mayor evaporación). Actualmente el 20% de la población no tiene acceso a agua de calidad suficiente y el 50% carece de saneamiento. África y Asia Occidental son las zonas de mayor carencia. En la figura 2.3 se muestra la disponibilidad de recursos hídricos a nivel mundial y su relación con la población de la zona.

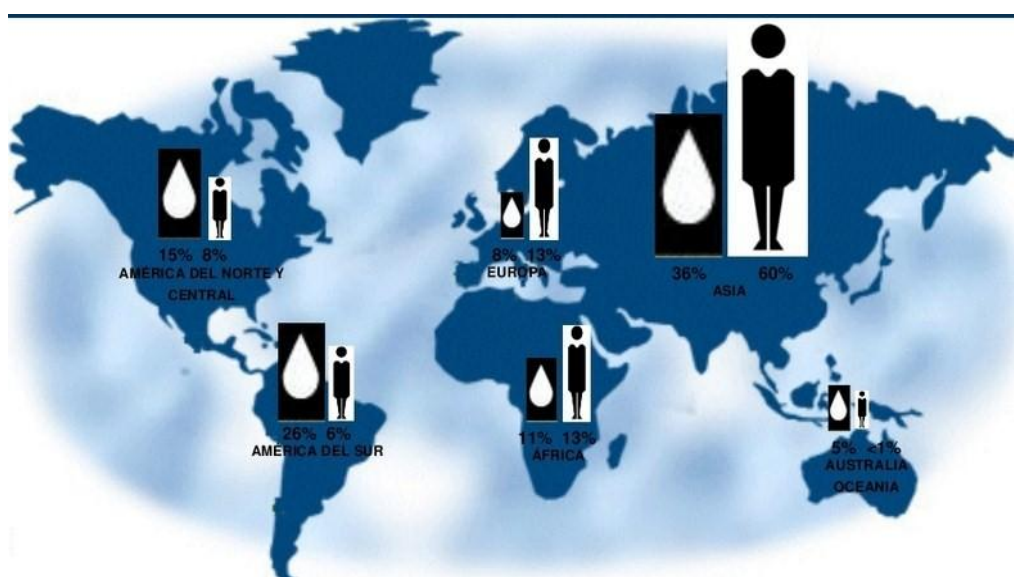


Figura 2.3.- Disponibilidad de recursos hídricos en el mundo (UNESCO).

La situación de la distribución de agua en Europa no es especialmente grave. La demanda de agua está en descenso gracias a la mejora en su gestión, reutilización y cambios de los procesos industriales; existiendo además abundancia de embalses e infraestructuras hidráulicas. El problema más grave ha sido siempre la contaminación de origen industrial sobre los ríos, sobre todo en Europa Central y en los países del Este. Sin embargo, se está produciendo una mejora general significativa en la situación de los ríos, gracias a la extensión de plantas de tratamiento, el endurecimiento del control y la legislación y el empleo de fondos estructurales para mejoras, infraestructuras e investigación medioambiental.

En España, donde las sequias son cada vez más frecuentes y virulentas, las polémicas sobre el abastecimiento y el uso del agua se agudizan, ya que no se están afrontando con seriedad factores tan vitales en esta escasez de agua como son: el cambio climático, la falta de bosques, la contaminación de las aguas, las pérdidas en el suministro y canalizaciones, la implantación de sistemas de riego localizado y el consumo excesivo de los ciudadanos; debemos tener en cuenta que tras EE.UU, Rusia y Canadá somos el cuarto país mayor consumidor de agua del mundo.

2.2. AGUAS EN LA INDUSTRIA. CONSUMO HUMANO Y VERTIDOS. LEGISLACIÓN APLICABLE.

2.2.1. AGUA DE CONSUMO HUMANO.

En la industria agroalimentaria y en particular, en el sector de transformados vegetales, el agua es una materia prima imprescindible para el desarrollo de su actividad. De hecho este sector es una de las actividades industriales que presenta mayor consumo y la que más utiliza si hablamos de agua consumo humano (Figura 2.4).

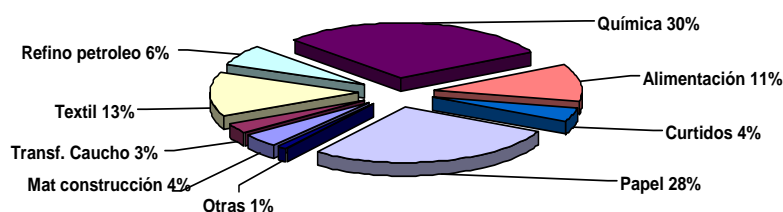


Figura 2.4.- Consumo de agua por sectores industriales (Hispania).

El agua de consumo utilizada en la industria proviene en su totalidad de red o de pozos, debiendo cumplir las especificaciones marcadas por el R.D. 140/2003 (Anexo I), aunque cuando el agua proviene de la red de abastecimiento ya cumple con los requisitos del mencionado R.D. desde el origen. En el caso de las industrias alimentarias, a efectos de este decreto, son consideradas como gestor, por lo que la empresa tendrá que realizar los controles pertinentes para comprobar si el agua cumple con las especificaciones del anexo I del citado R.D.

En este Real Decreto, se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo y como señala su artículo 2, es de aplicación a "Todas aquellas aguas utilizadas en la industria alimentaria para fines de fabricación, tratamiento, conservación o comercialización de productos o sustancias destinadas al consumo humano, así como a las utilizadas en la limpieza de las superficies, objetos y materiales que puedan estar en contacto con los alimentos". También a "Todas aquellas aguas suministradas para consumo humano como parte de una actividad comercial o pública, con independencia del volumen medio diario de agua suministrado". Quedando excluidas todas aquellas aguas de la industria alimentaria cuya calidad no afecte a la salubridad del producto alimenticio.

En la producción de conservas vegetales son numerosas las fases en las que se utiliza el agua de consumo, entre ellas: el lavado y transporte de materias primas,

escaldado y enfriamiento, tratamiento térmico, equipos auxiliares (producción de vapor y generación de frío), limpieza de instalaciones, etc. Por lo tanto, esta agua debe cumplir con los criterios sanitarios exigidos para ser un agua de calidad. Por otra parte, tal y como se establece en el Real Decreto 140/2003, los controles analíticos sobre la calidad sanitaria del agua deben realizarse a la salida de la planta de la Estación de Tratamiento de Aguas Potables (ETAP) o depósito de cabecera y a la salida del depósito de regulación y/o distribución, es decir se controla la calidad del agua después de la cloración y el agua clorada nos sirve para su utilización en las distintas fases de producción de las conservas.

Pero debido a la diversidad de operaciones y procesos en las que se utiliza el agua en la industria conservera, nos encontramos que se necesitan aguas de distintas calidades en función de su uso; ello es importante porque permite las recirculaciones y reutilizaciones adecuando la calidad del agua a las necesidades que el proceso u operación demande. Para alguna de estas recirculaciones también se practica la desinfección como método de prevención de contaminaciones microbiológicas. En realidad aquí se están tratando "aguas residuales" entendiendo como tales, en este caso, aguas que ya ha realizado alguna función y que mantienen un grado de calidad suficiente para poder ser reutilizadas en otra (o en la misma) etapa de la elaboración de vegetales o en tareas auxiliares, como si se tratase de agua de consumo.

Según el artículo 17.2 del mencionado R.D., el control de la calidad del agua de consumo humano engloba tres apartados: Autocontrol, vigilancia sanitaria y control del agua del grifo del consumidor. El autocontrol, a su vez consta de tres tipos de análisis: Examen organoléptico, análisis de control y análisis completo (tabla 2.1.). Los puntos de muestreo en las industrias alimentarias estarán definidos por ella, bajo la supervisión de la autoridad sanitaria y deberán ser representativos; la periodicidad de los análisis viene marcada por el anexo V del decreto y deberán distribuirse uniformemente a lo largo del año. Las industrias alimentarias conectadas a una red de distribución y que no utilizan como agua de consumo humano el agua de pozo, para llevar a cabo el autocontrol tendrán a su disposición un certificado analítico de la

calidad del agua, que les será proporcionado por el gestor o bien por el SINAC (Sistema de información nacional de aguas de consumo). Los parámetros a controlar vienen descritos en la tabla 2.1 y tendrán que cumplir con los valores paramétricos fijados en el anexo I del decreto citado, además los laboratorios públicos o privados que realicen el análisis de estos parámetros deberán estar certificados bajo UNE-EN ISO 9001 como mínimo, sino trabajan bajo normativa de calidad UNE-EN ISO IEC/17025 (ISO 17025, 2005; ISO 9001, 2008).

Tabla 2.1.- Parámetros a determinar en el Autocontrol de aguas de consumo.

Análisis	Organoléptico	De control	Completo
Parámetros	Color, Olor Sabor y Turbidez	Color, Olor, Sabor, Turbidez, pH, CE, Amonio, E.coli, bacterias coliformes. Nitrito o cloro libre residual o combinado residual*.	Anexo I

*La determinación de nitrito o el cloro combinado residual se realizará cuando la desinfección se realice con cloraminas y el cloro libre residual cuando se use el cloro o alguno de sus derivados.

En el caso de que la industria alimentaria efectúe algún tipo de tratamiento de potabilización, deberá realizar los controles de los posibles subproductos que puedan generarse de dicho tratamiento: Bromatos en ozonización, THMs en cloración, etc.

Hemos señalado la posibilidad de que la industria alimentaria utilice agua de pozo, es decir que posea un abastecimiento propio; en tal caso, el tratamiento de desinfección del agua ha de ser realizado por la propia empresa y se realizarán los tratamientos de potabilización necesarios para que el agua cumpla con los requisitos de el artículo 10.3 del R.D. mencionado.

Finalmente y como marca el R.D., la vigilancia sanitaria del agua de consumo es responsabilidad de la autoridad sanitaria correspondiente, que mediante un programa de vigilancia informará a los gestores y al Ministerio de Sanidad. Por otra parte, el control del agua del grifo del consumidor será responsabilidad del municipio o de los gestores que en su defecto se ocupen de la distribución, el cual velará porque la calidad del agua sea la adecuada, mediante la realización de análisis de: olor, color,

sabor, turbidez, CE, pH, amonio, bacterias coliformes, E.coli, cobre, cromo, níquel, hierro, plomo, y cloro libre residual y combinado residual.

También, dentro del autocontrol de la empresa, tanto si la industria alimentaria está conectada a una red de distribución pública o privada, dispone o no de depósito intermedio y no realiza ningún tratamiento al agua, deberá comprobar el desinfectante residual del agua del grifo semanalmente.

Las industrias alimentarias también trabajan con agua osmotizada que proviene bien del agua de red o de pozo. En la ósmosis hay una parte de rechazo que va directamente al alcantarillado y el permeado se usa para las calderas, las torres de refrigeración, líquidos de gobierno o reconstitución de zumos; este agua también está sujeta a las directrices del RD 140/2003. Dentro de las líneas de fabricación, como elementos auxiliares se disponen de torres de refrigeración para enfriar el agua utilizada en los procesos de escaldado, esterilizado, etc. El control del agua utilizada en las mismas está sujeto al mencionado RD, pero también al decreto sobre legionella. Por ello, en el siguiente apartado vamos a incidir en la legislación particular para las torres de refrigeración de la industria agroalimentaria.

2.2.2.- AGUA DE TORRES DE REFRIGERACIÓN.

Una torre de refrigeración es un equipo que normalmente se encuentra a continuación de los equipos de esterilización conectado mediante un circuito cerrado y que sirve para enfriar el agua. En las torres de refrigeración, el agua calentada por el contacto con el producto envasado caliente, va a un depósito desde donde pasa a la torre de refrigeración y se enfría de nuevo poniéndola en contacto con aire a contracorriente; una pequeña parte del agua se evapora y la otra parte se enfría en un proceso denominado enfriamiento evaporativo; el agua fría pasa a un segundo depósito de acumulación y se vuelve a utilizar en el enfriamiento del producto, cerrando así el circuito de enfriamiento.

Como se ha indicado anteriormente, las aguas que se usan para las torres de refrigeración, además de estar sujetas al RD 140/2003, también han de cumplir los requisitos que marca la legislación sobre Legionella (RD 865/2003) (Anexo II), puesto que han sido identificadas como fuentes de infección frecuentes.

La Legionella es una bacteria ambiental que se multiplica entre 20 °C y 45 °C, siendo su temperatura óptima de crecimiento entre 35 °C y 37 °C, su nicho ecológico natural son las aguas superficiales, formando parte de su flora bacteriana, desde donde puede colonizar los sistemas de abastecimiento a través de las redes de distribución de agua. En las torres de refrigeración, en algunas ocasiones se favorece el estancamiento de agua, la acumulación de nutrientes de la bacteria y además se da la temperatura propicia para la multiplicación de la Legionella; lo cual en parte se puede deber a un mal diseño de la torre o un mantenimiento inadecuado. Por ello, estas torres han sido incluidas junto con los condensadores evaporativos en el apartado de "Instalaciones con mayor probabilidad de proliferación y dispersión de Legionella" (Artículo 2 del R.D. 865/2003).

Tanto los titulares como las empresas instaladoras están obligadas a notificar a la administración sanitaria la puesta en marcha y el cese de este tipo de instalaciones, siendo los titulares los responsables del cumplimiento de lo dispuesto en este R.D., aunque se contrate a un servicio externo de mantenimiento. Como la finalidad de este decreto es la prevención, su aplicación se basará en dos principios: uno, la reducción de zonas sucias con un buen diseño y el mantenimiento de las instalaciones y dos la erradicación de las condiciones que favorecen la supervivencia y multiplicación de la Legionella, mediante el control de la temperatura del agua y la desinfección continua de la misma. Por ello, las torres y los sistemas análogos deberán estar instalados en lugares donde se minimice el riesgo para la salud de los trabajadores, los materiales de las que están hechas deberán ser resistentes al agua, cloro u otros desinfectantes para evitar la corrosión, el diseño debe ser accesible para su limpieza, con suficientes puntos de purga que permitan vaciar completamente y limpiar los sedimentos, deberán

de disponer de separadores de gotas de alta eficiencia y sistemas de dosificación en continuo de biocidas.

También, se deben diseñar programas de mantenimiento higiénico-sanitarios adecuados, donde se contemple la elaboración de un plano donde se recojan los puntos críticos de toma de muestra, un programa de tratamiento del agua, un programa de limpieza y desinfección y un registro del mantenimiento de la instalación. Además de lo anterior, las torres de refrigeración deben cumplir con un programa de revisión, limpieza y desinfección establecido en el anexo IV del R.D. 865/2003, que se compone de los siguientes apartados:

A) Revisión.

En la revisión de todas las partes de la instalación se comprobará su correcto funcionamiento y su buen estado de conservación y limpieza. La revisión de todas las partes de una instalación para comprobar su buen funcionamiento, se realizará con la siguiente periodicidad: anualmente el separador de gotas, semestralmente, el condensador y el relleno y mensualmente la bandeja. Se revisará el estado de conservación y limpieza general, con el fin de detectar la presencia de sedimentos, incrustaciones, productos de la corrosión, lodos y cualquier otra circunstancia que altere o pueda alterar el buen funcionamiento de la instalación. Si se detecta algún componente deteriorado se procederá a su reparación o sustitución. Se revisará también la calidad físico-química y microbiológica del agua del sistema determinando los parámetros expuestos en la tabla 2.2. Aunque en función de los resultados obtenidos la periodicidad y los parámetros pueden variar.

Tabla 2.2.- Periodicidad de control de los parámetros de calidad físico-química y microbiológica del agua utilizada en torres de refrigeración.

Periodicidad	Diario	Mensual	Trimestral
Parámetros	Cloro o Biocida	T, pH, CE, Turbidez Hierro y Aerobios totales	Legionella

Se incluirán, si fueran necesarios, otros parámetros que se consideren útiles en la determinación de la calidad del agua o de la efectividad del programa de mantenimiento de tratamiento del agua. Cuando se detecten cambios en los parámetros físico- químicos que miden la calidad del agua, se revisará el programa de tratamiento del agua y se adoptarán las medidas necesarias. Cuando se detecten cambios en el recuento total de aerobios y en el nivel de desinfectante, se procederá a realizar una determinación de Legionella y se aplicarán, en su caso, las medidas correctoras necesarias para recuperar las condiciones del sistema.

B) Limpieza y desinfección.

Se tendrá en cuenta que una desinfección no será efectiva si no va acompañada de una limpieza exhaustiva. La limpieza y desinfección del sistema completo se realizará, al menos, dos veces al año, preferiblemente al comienzo de la primavera y el otoño, cuando las instalaciones sean de funcionamiento no estacional y además en las siguientes circunstancias: cuando se ponga en marcha la instalación por primera vez, tras una parada superior a un mes, tras una reparación o modificación estructural, cuando una revisión general así lo aconseje y cuando lo determine la autoridad sanitaria. Cuando el tiempo de parada de la instalación supere la vida media del biocida empleado, se comprobará el nivel del biocida y la calidad microbiológica (aerobios totales) del agua antes de su puesta en funcionamiento. En caso necesario, se realizará una limpieza y desinfección de la instalación.

El procedimiento de limpieza y desinfección general para equipos que pueden cesar en su actividad, en caso de utilizar cloro, será el siguiente:

- a) Cloración del agua del sistema, al menos 5 mg/l de cloro residual libre y adición de biodispersantes capaces de actuar sobre la biocapa y anticorrosivos compatibles con el cloro y el biodispersante, en cantidad adecuada, manteniendo un pH entre 7 y 8.

- b) Recirculación del sistema durante 3 horas, con los ventiladores desconectados y cuando sea posible las aberturas cerradas para evitar la salida de aerosoles. Se medirá el nivel de cloro residual libre al menos cada hora reponiendo la cantidad perdida.
- c) Neutralizar el cloro, vaciar el sistema y aclarar con agua a presión.
- d) Realizar las operaciones de mantenimiento mecánico del equipo y reparar las averías detectadas.
- e) Limpiar a fondo las superficies con técnicas adecuadas que eliminen las incrustaciones y adherencias, y aclarar.
- f) Llenar de agua y añadir el desinfectante de mantenimiento. Cuando este desinfectante sea cloro, se mantendrán unos niveles de cloro residual libre de 2 mg/l mediante un dispositivo automático, añadiendo anticorrosivo, compatible con el cloro, en cantidad adecuada.

Las piezas desmontables serán limpiadas a fondo, sumergidas en una solución que contenga 15 mg/l de cloro residual libre, durante 20 minutos, aclarando posteriormente con abundante agua fría. Los elementos difíciles de desmontar o de difícil acceso se pulverizarán con la misma solución durante el mismo tiempo. En caso de equipos, que por sus dimensiones o diseño no admitan la pulverización, la limpieza y desinfección se realizará mediante nebulización eléctrica, utilizando un desinfectante adecuado para este fin (la nebulización eléctrica no se puede realizar con cloro).

El procedimiento de limpieza y desinfección general para equipos que no pueden cesar en su actividad, en caso de utilizar cloro, será el siguiente:

- a) Ajustar el pH entre 7 y 8, para mejorar la acción del cloro.

- b) Añadir cloro en cantidad suficiente para mantener en el agua de la balsa una concentración máxima de cloro libre residual de 5 mg/l.
- c) Añadir la cantidad adecuada de biodispersante para que actúe sobre la biocapa y permita el ataque del cloro en su interior, así como un inhibidor de la corrosión, específico para cada sistema.
- d) Recircular por espacio de 4 horas manteniendo los niveles de cloro residual libre. Se realizarán determinaciones del mismo cada hora, para asegurar el contenido de cloro residual previsto. Es obligatoria la utilización de dosificadores automáticos.

Una vez finalizada la operación de limpieza en caso de que la calidad del agua no sea aceptable se podrá renovar la totalidad del agua del circuito a criterio del responsable de mantenimiento, abriendo la purga al máximo posible y manteniendo el nivel de la balsa.

2.2.3.- AGUA RESIDUAL.

Una vez usada el agua en el proceso de fabricación, ésta se transforma en un agua residual, la cual puede ser vertida a la red de saneamiento, que es lo más común o a una cuenca. Tanto en un caso como en el otro ha de cumplir una serie de requisitos para que el vertido se ajuste a lo que marca la ley.

Para ello las empresas disponen de sistemas de depuración, debido a que las aguas procedentes de las industrias alimentarias tienen una elevada carga orgánica biodegradable, un contenido medio en sólidos en suspensión y escasa presencia de contaminantes de naturaleza tóxica. El sistema de depuración más usado es el de fangos activos de media carga, que además de ser el idóneo para este tipo de vertidos por su versatilidad es económico.

Los sistemas de depuración utilizados en la industria conservera constan de las siguientes fases:

- A) Tratamiento primario. Tratamiento físico, ya que la presencia de sólidos es muy importante en las aguas que provienen de la industria agroalimentaria, los cuales han de ser eliminados para evitar que atasquen y dañen las bombas y la maquinaria. Debido a que el tamaño de partícula es muy variable, su eliminación puede ir desde la filtración, hasta tratamientos de coagulación, floculación y decantación o flotación posterior para partículas coloidales. Mediante este tratamiento puede llegar a eliminarse del 80 al 90% de la materia total suspendida, del 40 al 70% de la DBO₅ y del 30 al 40% de la DQO.

- B) Tratamiento secundario. Mediante procesos biológicos se reduce materia orgánica del agua y las sustancias solubles se transforman en sólidos precipitables, eliminándose hasta un 85% de la DBO₅. Aquí el mecanismo más usados, son los lodos activados, donde a medida que los microorganismos van creciendo se van aglutinando formándolos, y estos van consumiendo la materia orgánica.

- C) Tratamiento terciario. Permite la eliminación de contaminantes específicos, tóxicos y no biodegradables, como: fósforo, amoníaco, nitrógeno, etc., mediante una filtración con arena y/o grava; también se usa el carbón activo para eliminar materia orgánica residual. Existen tratamientos más avanzados, como ultrafiltración, ósmosis inversa, electrodiálisis, ozonificación, etc., que mejoran la calidad del efluente, aunque a día de hoy su uso todavía no está muy extendido.

El vertido de agua residual de las industrias agroalimentarias al alcantarillado está regulado por Decreto 16/1999 de 22 de Abril (BOE, 1999), y éste debe ser autorizado por el ayuntamiento correspondiente, previa presentación de una solicitud donde se indiquen los datos de consumo, actividad, volumen de vertido, instalaciones,

etc. Las industrias recogidas en el Anexo I del decreto son las que tienen permitido el vertido, siempre y cuando cumplan con los límites de los parámetros recogidos en el Anexo III, en el caso de no cumplir las aguas deberán ser depuradas antes del vertido.

Teniendo en cuenta que el agua es el recurso natural más escaso en la Región de Murcia, donde la actividad socioeconómica depende de su disponibilidad, desde el año 2000 existe una ley 3/2000 de 12 de Julio (BOE, 2000), donde se establece un canon de saneamiento, dentro del Plan de Saneamiento y Depuración de la Región de Murcia, bajo el principio de que quien contamina paga y cuyo objetivo es mantener las instalaciones de saneamiento y depuración y facilitar la construcción de nuevas plantas depuradoras (EDAR). El canon será abonado por los usuarios del agua y las competencias corresponderán a la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, que tendrá la obligación de destinar lo recaudado en este impuesto para la financiación, gestión y mantenimiento de las instalaciones de saneamiento y depuración públicas.

Para el cálculo del canon se tendrán en cuenta la incorporación de agua a los productos fabricados, la carga contaminante, la deducción por depuración propia, la regularidad del vertido y el volumen del mismo. Los parámetros de contaminación serán: la demanda química de oxígeno (DQO), sólidos en suspensión, nitrógeno total, fósforo total, sales solubles, y pueden contemplarse otros parámetros en función de necesidades técnicas. Para el cálculo la fórmula es:

Tarifa del canon= (Agua consumida x Cuota de consumo x Cc x Cv)

Cuota de consumo: 0,4 €/m³

Cc: coeficiente de carga, que expresa la relación de la carga contaminante con la contaminación estándar doméstica referida a un habitante (333 mg/l de DQO, 300 mg/l de materias en suspensión, 50 mg/L de nitrógeno total, 14 mg/l de fósforo total y 2000 µS/cm de conductividad), varía entre 0.5 y 0.8, y se calcula según:

$$C_c = \frac{(F_{MES} X_{MES} / 300 + F_{DQO} X_{DQO} / 333 + F_{NT} X_{NT} / 50 + F_{PT} X_{PT} / 14 + F_{S.SOL} X_{S.SOL} / 2000)}{(F_{MES} + F_{DQO} + F_{NT} + F_{PT} + F_{S.SOL})}$$

F es el coeficiente ponderador del coste de la eliminación y X es el resultado analítico en mg/L de cada parámetro, y en el caso de sales solubles en µS/cm.

La F para los sólidos en suspensión es 1, para las materias oxidables es 2, para el nitrógeno total 1.3, para el fósforo total 2.6 y para las sales solubles 3

Cv: coeficiente de volumen que varía entre 0 y 1, y se calcula según:

$$C_v = (A-B)/A$$

A: agua consumida total y B: total de detracciones antes del vertido,
(A-B): volumen total anual de vertido a la red

En cuanto a los vertidos que se hacen a cuenca, están recogidos en los Planes de Cuenca (Ley 29/85 de 2 de agosto) (BOE, 1985), donde es obligatoria la definición de las características básicas de calidad de las aguas y la ordenación de los vertidos de aguas residuales (Art. 40), esta ley establece la regulación del uso del agua que cada

cuenca hidrográfica ha de llevar a cabo. En nuestro caso, el "Plan Hidrológico de la Cuenca del Segura", es el que es de aplicación en la Región de Murcia, que dentro de su planificación hidrológica contempla el desarrollo urbanístico e industrial. Las distintas actuaciones que se contemplan en el P.H. Segura vienen recogidas en programas de acompañamiento y dentro de sus objetivos encontramos el de sanamiento y depuración, cuyo programa entre otros incluye el de "abastecimiento, desalación, depuración y reutilización de aguas residuales".

Además el Reglamento del Dominio Público Hidráulico RD 849/1986 de 11 de abril (BOE, 1986a), es un decreto que complementa la Ley 29/1985 de 2 de agosto de aguas, modificada por la Ley 46/1999 de 13 de diciembre, donde además de definir el uso y concesión de las aguas superficiales y subterráneas integradas en el ciclo hidrológico y que forman parte del dominio público estatal hidráulico, define la gestión de vertidos en el Título 3, capítulo 2. Los vertidos han de estar autorizados por la Administración hidráulica competente en base a objetivos medioambientales, por lo que se fijan límites de emisión definidos en este reglamento (Anexo II, III, IV). Además para el control de vertidos la administración cuenta con las Entidades colaboradoras para labores de apoyo en materia de control y vigilancia de la calidad de las aguas, dichas entidades han de reunir unos requisitos entre los cuales destacan: capacidad técnica y económica, independencia, imparcialidad, posesión de un seguro de responsabilidad civil y cumplir con lo establecido en la norma UNE-EN ISO/IEC 17025.

2.3.- USOS DEL AGUA EN LA INDUSTRIA DE LA CONSERVA.

Las empresas pueden consumir desde menos de 30000 m³ de agua/año hasta más de 200000 m³/año, las primeras corresponden a empresas pequeñas, pero muy numerosas en la Región de Murcia, mientras que el rango mayor se encuentra en las grandes conserveras. También se producen diferencias entre los distintos subsectores, ya que el consumo de agua depende del procesado que recibe cada tipo de materia

prima para obtener un producto concreto. Así, las diferentes fases de su proceso, como son lavado de la materia prima, pelado, tratamientos térmicos con vapor de agua, etc., junto con otras etapas de limpieza de las instalaciones hacen de la industria conservera una gran consumidora de agua y que sus aguas residuales sean una posible fuente de impacto ambiental.

Los usos del agua se pueden englobar en cuatro grandes apartados:

- a) Uso del personal. El agua gastada como servicios para el personal puede ser importante dependiendo de la mano de obra.
- b) Agua de procesos. Son las aguas que se utilizan a lo largo de todo el curso de transformación de las materias primas en producto acabado. Se utiliza agua en casi todas las etapas del procesado industrial, por lo que la cantidad de agua de procesos que se vierte supone un caudal mayor que los tres apartados restantes juntos.
- c) Agua de limpieza de suelos, maquinaria, cintas, etc. El porcentaje de gasto de agua correspondiente a limpieza es muy variable.
- d) Agua de servicios auxiliares. Tratamiento térmico (vapor de agua) y refrigeración. En todas las fábricas hay instalado un sistema para producir vapor de agua (caldera), que es el agente encargado de calentar y esterilizar, y otro sistema para enfriar agua, que generalmente es una torre de refrigeración o enfriamiento.

2.3.1.- PROCESOS INDUSTRIALES. VERTIDOS Y CARGA CONTAMINANTE.

De forma genérica el proceso de elaboración de los transformados vegetales se puede describir de la siguiente manera

- Las materias primas (generalmente son productos estacionales que hay que elaborar durante el periodo de recolección) recibidas en la fábrica pueden ser conservadas durante un periodo de tiempo limitado.
- Los productos vegetales deben ser sometidos a una serie de operaciones de preparación, encaminadas a darles la forma deseada (mediante corte o troceado), eliminar la piel que los recubre (pelado), inactivar las enzimas y eliminar el aire que forma parte de su estructura (escaldado y enfriado), etc.
- El tratamiento de conservación aplicado, en el caso de las conservas, consiste en el cierre hermético de los envases que contienen el producto y en la aplicación de calor.

En todo este proceso se producen vertidos con diferentes cargas contaminantes. En la figura 2.5 se muestran las etapas consideradas críticas del proceso de transformación de vegetales, en cuanto a volumen de vertido y carga contaminante.

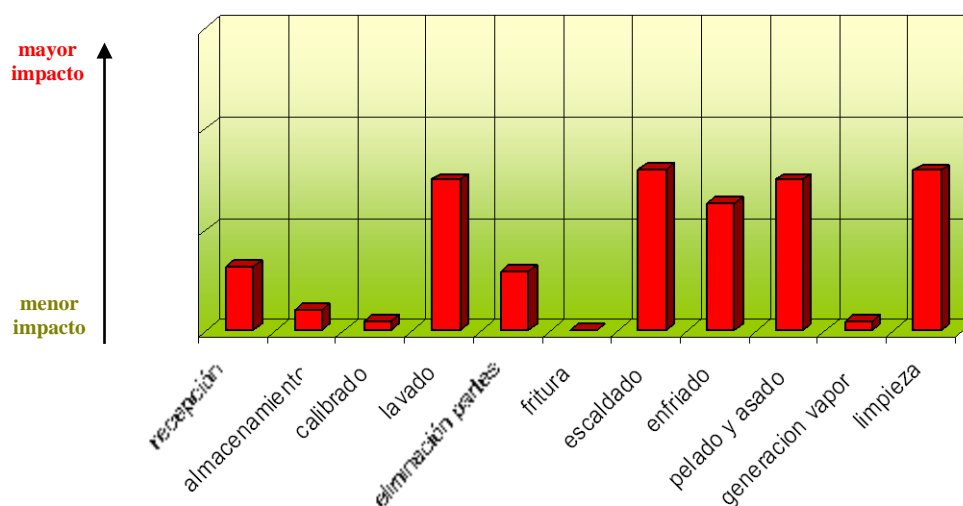


Figura 2.5.- Contenido en carga contaminante de las diferentes fases del procesado industrial en las conservas.

En los siguientes apartados se describe cada una de las fases del procesado industrial y el tipo y cantidad de carga contaminante que aporta al vertido de aguas residuales de la empresa conservera.

2.3.1.1.- LAVADO DE MATERIA Y ELIMINACIÓN DE PARTES.

Las operaciones de lavado de la materia prima tras su recepción o tras operaciones de corte, troceado o deshuesado suponen en ocasiones hasta el 50% del consumo total de agua. Además, al haber un contacto directo entre la materia prima y el agua, ésta puede recoger sales, partes de materia prima desprendida y materia orgánica disuelta.

El lavado con agua se realiza frecuentemente por inmersión de la materia vegetal en tanques con agua. Una manera de reducir el consumo de agua respecto al sistema por inmersión es la utilización de duchas o aspersores, pero generalmente y debido a la posible obstrucción de las duchas por la recirculación de caudales, se suelen combinar los métodos de inmersión y de duchas dentro del mismo equipo. Así, los tanques de inmersión con agitación mecánica o por aire reciben a la materia más sucia y esta después pasa por las duchas con bombos rotatorios y lavadores de cinta con duchas.

La carga contaminante de esta etapa es generalmente baja y suele estar compuesta de tierra, restos vegetales, materia orgánica disuelta, sólidos en suspensión y sales.

2.3.1.2.- ESCALDADO-ENFRIAMIENTO.

El sistema de escaldado-enfriamiento más tradicional consiste en realizar un escaldado por inmersión en agua calentada por inyección directa de vapor y un enfriamiento por inmersión en agua fría. Este sistema es bastante eficaz y homogéneo aunque puede ser mejorado para reducir el volumen de los vertidos utilizando otras

técnicas donde el agua empleada se calienta mediante intercambiadores de calor, se emplea vapor directamente sobre la materia prima, o también el empleo de duchas de agua caliente y agua fría de aplicación sobre la materia prima en lugar de inmersión. La utilización de una u otra depende de la materia prima, su estado de madurez y el objetivo que se persiga con el escaldado.

El volumen de agua utilizado en el escaldado es bajo ya que se utiliza el mismo agua durante toda la jornada, sin embargo, el enfriamiento posterior al escaldado sí que consume grandes volúmenes de agua, siendo la carga contaminante alta y estando compuesta por materia orgánica disuelta, nutrientes y sales.

2.3.1.3.- PELADO.

El pelado químico, el más utilizado, y el lavado posterior al mismo supone uno de los efluentes más contaminantes debido a la adición de reactivos químicos (habitualmente NaOH, pero también podría ser KOH). Además, se necesita un lavado para evitar restos de hidróxidos en el producto, lo que convierte esta etapa en gran consumidora de agua, que acaba recibiendo las pieles y restos de materia orgánica.

Existen diversos tipos de pelado: mecánico, químico, a la llama (asado), térmico y termofísico, pero en todos los tipos se utiliza agua para la eliminación de los restos de pieles tras el proceso de pelado.

El pelado químico utiliza la inmersión de frutos enteros o duchas para mitades de frutos, para aplicar la disolución del reactivo. La solución química disuelve las sustancias pécticas que unen las células y permiten la disolución y el desprendimiento de la piel, prácticamente sin pérdidas de mesocarpio. Posteriormente, la piel se retira por chorros a alta presión o duchas, combinados en algunos casos con el rozamiento del fruto con las paredes de bombos giratorios. Debido a la necesidad de optimizar el consumo de agua de este tipo de pelado, existen técnicas de menor consumo de agua como la denominada pelado caustico en seco.

La opción de menor impacto ambiental en lo que se refiere a las aguas residuales es el pelado mecánico, pues apenas se utiliza agua en este proceso. Pero el rendimiento del proceso es menor porque pierde más producto, por lo que comúnmente se utiliza para retirar las pieles más resistentes.

Los vertidos de esta etapa tienen una carga contaminante orgánica y química muy alta debido a la presencia de sosa o potasa caustica, pieles, materia orgánica, sólidos en suspensión, sales y se caracterizan por conductividades altas y pH básico extremo.

2.3.1.4.- TRANSPORTE DE MATERIA PRIMA O SUBPRODUCTO.

En muchas ocasiones la materia prima después de pelada o cortada suele transportarse con agua mediante canalizaciones a la siguiente etapa del proceso. E igualmente, las partes desechadas tras el corte pueden ser transportadas con agua a una tolva de almacenamiento. Esta agua suele recircularse pero hay continuas pérdidas y reboses que producen un elevado volumen de vertido, que presenta elevada carga debido al contacto directo con la materia vegetal. Debido a que en muchas ocasiones este transporte es de materia prima partida y/o pelada, se facilita la transferencia de materia orgánica del producto al agua.

Como medida de ahorro de agua, el transporte de materia prima o subproducto utilizando agua, que pueden estar combinadas o no con tecnologías de transporte mecánico, como cintas transportadoras o sistemas de vibración.

La carga contaminante en el agua utilizada en el transporte tiene un valor medio y está compuesta de restos vegetales, materia orgánica y sólidos en suspensión.

2.3.1.5.- ESTERILIZACIÓN-ENFRIAMIENTO.

La esterilización puede ser sobre botes del producto en autoclaves o directamente sobre el producto con esterilizadores en continuo, requiriéndose en ambos casos el calentamiento de agua, para lo que se utiliza vapor de agua. Después del proceso de esterilización es necesario un enfriamiento de los envases (o del propio producto antes de envasar, en el caso de la producción de pulpa o trozos en aséptico) para lo que se requiere agua fría que proviene de torres de enfriamiento.

La composición del vertido de esta etapa es mayoritariamente materia orgánica, sólidos en suspensión y sales; y la carga contaminante que aporta es baja.

2.3.1.6.- LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN.

La limpieza de equipos e instalaciones en el sector de transformados vegetales se realiza por medio de agua y productos de limpieza (detergentes y desinfectantes) mediante sistemas manuales o automatizados que arrastran la suciedad. Los sistemas más utilizados para la limpieza de los equipos y las instalaciones son los manuales: se aplican los productos químicos a las superficies a limpiar y se retiran por medio de agua, también son muy utilizados los equipos de agua a presión que son más efectivos y tienen un menor consumo de agua. Por otro lado, los equipos formados por tuberías por las que discurre el producto (tomate triturado, zumos, etc.) son limpiados mediante sistemas CIP (Clean In Place), que economizan el consumo de agua, energía y productos.

La carga contaminante es media y es debida a restos de producto, materia orgánica, sólidos en suspensión, restos de productos limpieza y desinfectantes.

2.3.2.- FACTORES INFLUYENTES EN LA COMPOSICIÓN DE LOS VERTIDOS.

Por lo descrito en los apartados anteriores, los vertidos que pueden generar las empresas del sector conservero se caracterizan, entre otras muchas cosas, por una elevada carga orgánica, a causa de la aportación de contaminantes procedentes de la materia prima como piedras, tierra o restos vegetales (recortes, pieles, etc.); de compuestos de la materia prima solubilizados (proteínas, carbohidratos, compuestos fenólicos, etc.); o bien de restos de aceites y grasas empleados en las recetas del proceso industrial. El rango de esta carga contaminante depende sobre todo de la materia prima, de las técnicas empleadas, de los sistemas de reutilización de agua y del tratamiento de aguas residuales instalado en la empresa.

Por lo tanto, podemos decir que el nivel de carga contaminante de un vertido, puede estar influenciado por varios aspectos, entre los que destacamos:

- El tipo de materia prima procesada (características propias)
- El sistema de producción empleado (pelado térmico, mecánico o químico; lavado con duchas o por inmersión; etc.)
- Si hay implantadas buenas prácticas de gestión medioambiental (menor consumo de agua que da origen a vertidos más concentrados, recirculaciones de flujos más o menos frecuentes, etc.).

Además puede existir otro tipo de contaminación por cloro. En las aguas utilizadas en la industria conservera y en aquellas etapas del proceso de elaboración donde habitualmente se recircula agua, principalmente en el enfriamiento tras la esterilización se hace necesario un control de las aguas para evitar su contaminación microbiológica. Para ello se suelen añadir sustancias biocidas oxidantes al agua (generalmente hipoclorito sódico), de manera que se evite la proliferación de

microorganismos que pudieran contaminar el producto o que se creen biopelículas en los conductos que transportan el agua de enfriamiento las cuales reducen el rendimiento de la transferencia de calor. Este procedimiento puede dar lugar a la formación de trihalometanos si la carga orgánica lo favorece y en la corriente de agua hay una alta concentración de cloro residual. Por ello, y debido a que el mayor peligro de formación de los trihalometanos lo encontramos en las torres de refrigeración, en el siguiente apartado nos vamos a centrar en describir el funcionamiento y los tipos de torres de enfriamiento o refrigeración más usados en la industria conservera regional.

2.3.3.- FUNCIONAMIENTO Y TIPOS DE TORRES.

2.3.3.1.- FUNCIONAMIENTO.

En general, una torre de refrigeración es un equipo auxiliar muy utilizado por la industria de transformados vegetales fundamentalmente en la etapa de enfriamiento después de la esterilización y en ocasiones en otras etapas, este sistema permite un ahorro muy importante de agua, hasta el 80%, respecto al sistema convencional. De forma resumida, el diseño tipo de los circuitos de refrigeración es el siguiente: En la fase de esterilización el producto envasado sufre una fase de calentamiento (con temperaturas y tiempos ajustados para asegurar la esterilidad del producto) y posteriormente una fase de enfriamiento que consiste en poner en contacto el envase calentado con agua fría. Actualmente este proceso se realiza mediante circuito cerrado utilizando para ello torres de refrigeración. En las torres de refrigeración el agua calentada por el contacto con el producto envasado caliente pasa a un depósito desde donde pasa a la torre de refrigeración y se enfría de nuevo poniéndola en contacto con aire a contracorriente, una pequeña parte del agua se evapora y la otra parte se enfría en un proceso denominado enfriamiento evaporativo; el agua fría pasa a un segundo depósito de acumulación y se vuelve a utilizar en el enfriamiento del producto, cerrando así el circuito de enfriamiento (Adroer-Martoni et al., 2010; Lamúa, 2012).

2.3.3.2.- TIPO DE TORRE DE REFRIGERACIÓN.

En el mercado existen diversos diseños de circuitos de refrigeración; en nuestro caso, vamos a describir cuatro de ellos, ya que son los que encontramos en las empresas que han participado en este estudio.

El primer tipo de circuito (tipo 1) es el que pone en contacto parte del producto con el agua de refrigeración y se emplea para recoger los condensados que genera la etapa de concentración de cremogenados de frutas y hortalizas. La etapa de concentración consiste en la eliminación de la mayor parte del contenido inicial de agua de los cremogenados. En este caso, la fase de concentración se realiza con un evaporador de triple efecto, donde los vapores producidos se reutilizan como medio de calentamiento (vapor primario) en otro paso de evaporación. La utilización de múltiples efectos tiene como objetivo la recuperación de energía. En la figura 2.6 se esquematiza el proceso de concentración del producto.

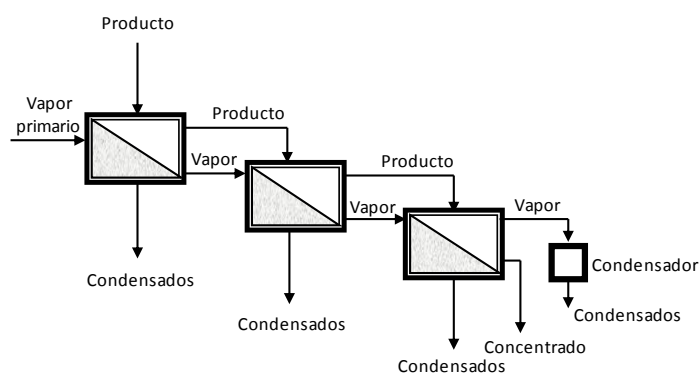


Figura 2.6.- Esquema del concentrador de triple efecto.

En este tipo de diseño, la aplicación del circuito de refrigeración se utiliza para eliminar los condensados y así favorecer la generación de vacío. En definitiva el sistema consta del concentrador de doble o triple efecto conectado a un equipo donde el agua fría del circuito de refrigeración cae haciendo una cascada y arrastra el vapor de agua que va perdiendo el producto, y que debemos eliminar para que el sistema

siga funcionando; este equipo está conectado con una bomba de vacío que mantiene el vacío del sistema. Los condensados son aguas procedentes del producto, que en principio están más o menos limpias, pero que inevitablemente arrastran compuestos orgánicos volátiles y a veces restos del producto, por lo que el agua de refrigeración se puede contaminar de materia orgánica. El diseño de este circuito se muestra en la figura 2.7.

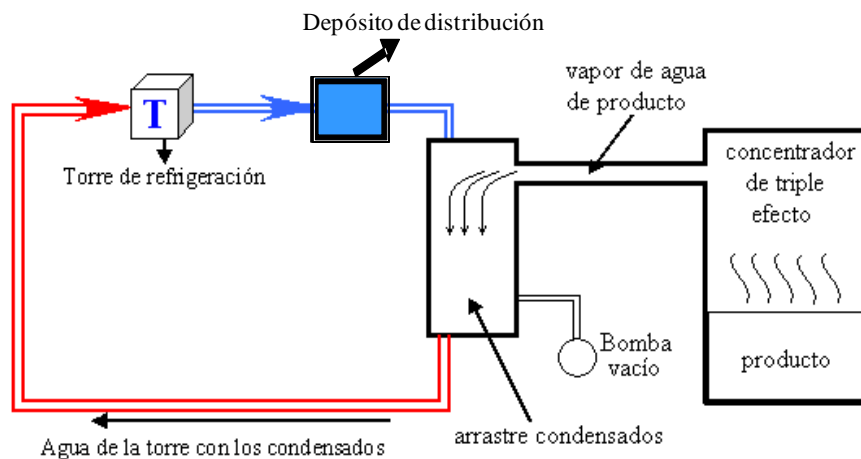


Figura 2.7.- Esquema del circuito de refrigeración con etapa de concentración.

El segundo sistema de refrigeración (tipo 2), es el que se utiliza para enfriar los botes de producto una vez esterilizado. En este caso no hay contacto entre ningún componente del producto y el agua de refrigeración, pero sí entre los botes de conserva esterilizados y aquella. Se supone que los botes están limpios y más después de haber sufrido una fase de esterilización/pasteurización con agua caliente, sin embargo la experiencia demuestra que algo de producto llega al agua de refrigeración. En este caso, se trata de un esterilizador en discontinuo que se compone de un depósito lleno de agua fría del circuito de refrigeración donde se introducen los botes de conservas calientes en unas cestas grandes. El agua del tanque sale por rebose y se recoge en una canalización que la vuelve a llevar a la torre de refrigeración, las pérdidas del sistema se van reponiendo con agua de red. En la figura 2.8 se esquematiza este tipo de circuito de refrigeración.

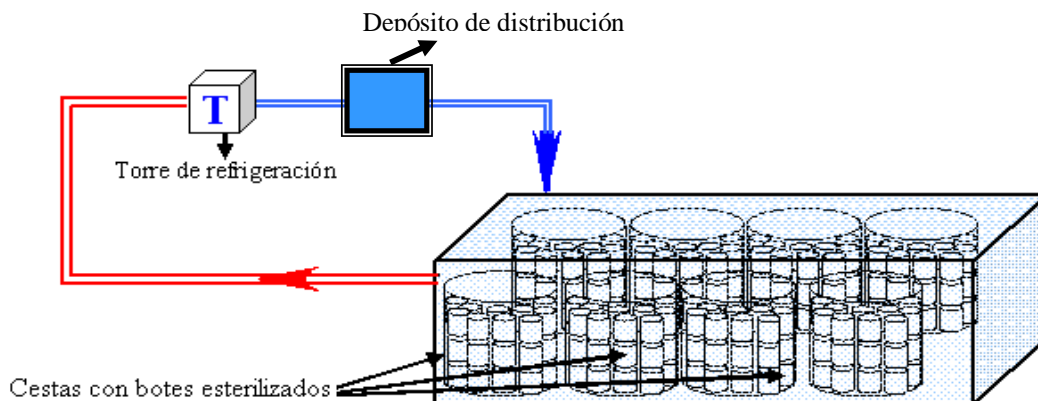


Figura 2.8.- Esquema del circuito de refrigeración tipo 2. Sistema en discontinuo.

El tercer tipo de circuito, corresponde a un sistema de esterilización-enfriamiento con un esterilizador en continuo, que también pone en contacto los botes de conserva con el agua de refrigeración. En la figura 2.9 se muestra este sistema que consiste en un cinta transportadora que lleva los botes por el esterilizador, el cual está compartimentado y donde en la parte superior, a los botes se les somete a una ducha con agua caliente (la temperatura y el tiempo que tarda la cinta en recorrer este primer compartimento está regulado), esta sería la fase de esterilización propiamente dicha; a continuación la cinta conduce a los botes por un segundo compartimento donde se produce la fase de enfriamiento y es aquí donde se instala el circuito de refrigeración.

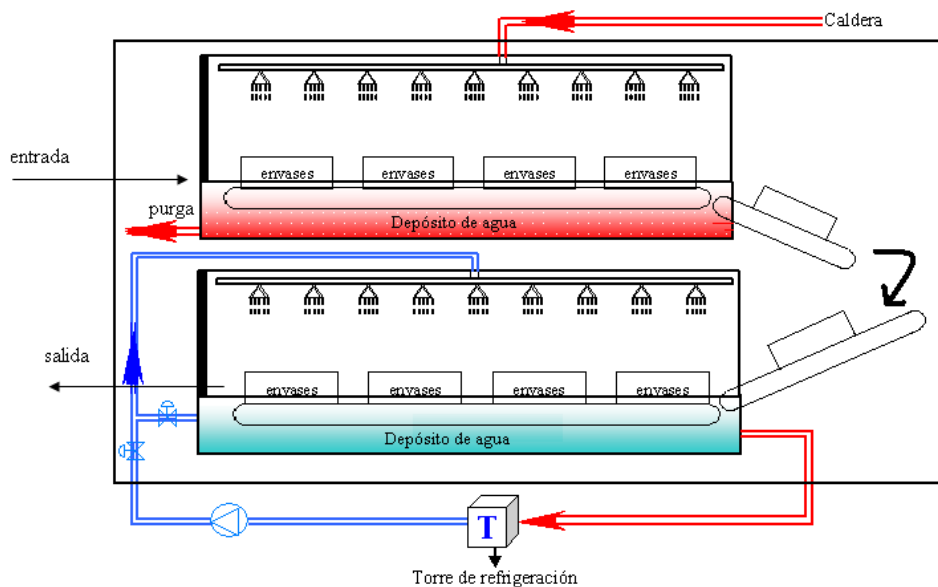


Figura 2.9.- Esquema del circuito de refrigeración tipo 3. Sistema en continuo.

Por último, el cuarto caso es un sistema de refrigeración aplicado después de la esterilización en discontinuo en dos fases, con un intercambiador de calor, de manera que no hay contacto entre los botes o el producto y el agua de refrigeración (Figura 2.10). El sistema consiste en una fase de calentamiento donde está abierto el paso de vapor de agua procedente de la caldera y se mantiene el producto envasado a una temperatura definida y un tiempo determinado en el equipo, una vez que ha pasado el tiempo se para el aporte de vapor y se procede a una ducha con agua fría procedente del depósito que está asociado al esterilizador y que es enfriada por el agua de la torre de refrigeración mediante un intercambiador (en el intercambiador de calor se lleva a cabo la transferencia de calor entre el agua enfriada y el agua del proceso de enfriamiento, ésta una vez enfriada es bombeada a las duchas y el agua del circuito de enfriamiento que se calienta retorna a la torre de refrigeración para ser enfriada de nuevo). Con este procedimiento del intercambiador de calor la única contaminación del agua del circuito de refrigeración es la de la propia torre que es abierta.

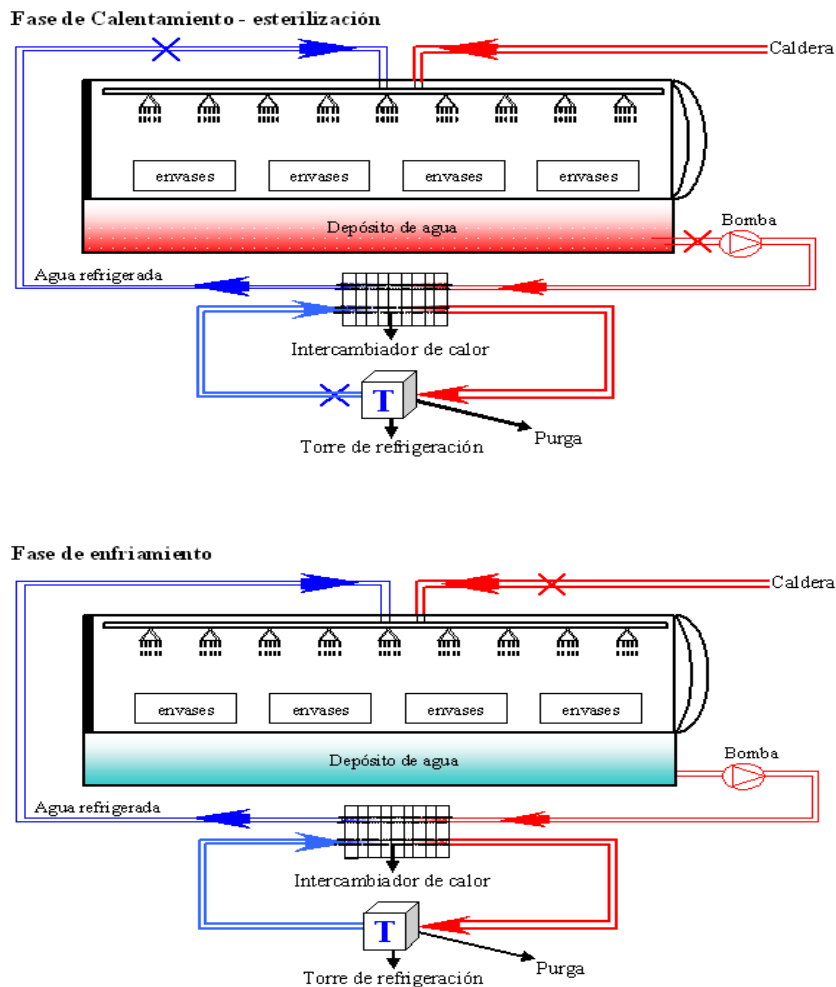


Figura 2.10.- Esquema del circuito de refrigeración de la etapa de enfriamiento después de la esterilización. Sistema en dos fases con intercambiador de calor.

2.4. DESINFECCIÓN DE AGUAS DE CONSUMO.

Escritos que datan del año 2000 a.C., hablan de la necesidad de “tratar el agua” para su consumo, así, los egipcios descubrieron los principios de la coagulación, Hipócrates en el 500 a.C. diseñó un filtro cuyo propósito era la filtración del agua para eliminar sedimentos, también los romanos con la construcción de acueductos fueron los pioneros en el transporte del agua. Más adelante, en 1627, Sir Francis Bacon utilizó la filtración del agua a través de la arena para eliminar partículas de sal, y con el

descubrimiento del microscopio en 1676, Van Leeuwenhoek observó por primera vez microorganismos en el agua. En 1804 en Escocia se construye la primera planta municipal de tratamiento de agua basada en la filtración lenta del agua a través de arena; y en ese mismo siglo, se descubrió que el cólera se propagaba a través del agua y se empezaron a aplicar los tratamientos de desinfección con cloro.

A principios del siglo XX, se comenzaron a usar otros desinfectantes, como el hipoclorito cálcico y el cloruro férrico. En 1906, en Francia, se aplica por primera vez el ozono para desinfectar y los intercambiadores de cationes (Rice et al., 1980). En 1974, en Estados Unidos se formuló La ley de Agua Potable (SDWA), y en esa misma época se reguló la contaminación industrial y se definieron las plantas de tratamiento de agua. En la década de los 80, se empiezan a aplicar las técnicas de aireación, floculación, adsorción por carbón activo y ósmosis inversa.

Actualmente los estudios sobre tratamientos de aguas, están enfocados a minimizar la aparición de subproductos de la desinfección como los trihalometanos y cloraminas.

2.4.1.- CONTAMINACIÓN Y CONTAMINANTES DEL AGUA.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), cada año, casi 1.500 millones de personas padecen de enfermedades evitables propagadas por el agua, tales como cólera, disentería y hepatitis A. También se calcula que más de nueve millones de personas mueren cada año a causa de aguas contaminadas (Garrido, 2003).

Por ello, la desinfección se considera el principal mecanismo para la destrucción de organismos patógenos con el fin de prevenir las enfermedades transmitidas a través del agua. Por lo tanto, es muy importante que el agua sea tratada adecuadamente antes de realizarle las actividades de desinfección, para que la acción del desinfectante sea eficaz.

Se puede definir la contaminación del agua como “La adición de todo elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiación, o una combinación de ellos, cuya presencia en el agua, en ciertos niveles, concentraciones o periodos de tiempo, pueda constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o la conservación del patrimonio ambiental”.

Existen diferentes criterios para clasificar los contaminantes. Una sencilla es clasificarlos en función de la naturaleza de la contaminación (Rodier, 1998):

- **Contaminación física:** La provocada por contaminantes que causan cambios no deseados de temperatura, color, sabor, turbidez, etc. También se incluye en este grupo los contaminantes que generan radiaciones perjudiciales.
- **Contaminación química:** La provocada por contaminantes que incluyen compuestos orgánicos e inorgánicos disueltos o dispersos en el agua. Los principales contaminantes inorgánicos son las sales de nitratos, fosfatos, cloruros, sulfuros, amonio y los metales pesados. También se incluyen los compuestos de naturaleza ácida o alcalina que pueden modificar significativamente el pH del agua. Los principales contaminantes orgánicos provienen de desechos domésticos, agrícolas e industriales. Son desechos humanos y animales, materia orgánica de origen natural disuelta en las aguas residuales generadas del tratamiento de productos vegetales y diversos productos químicos sintéticos como hidrocarburos, plaguicidas, etc.
- **Contaminación biológica:** La producida por contaminantes que provocan el aumento de la actividad microbiológica o la presencia de microorganismos patógenos. Normalmente se corresponden con compuestos orgánicos de naturaleza biodegradable. Otro tipo de contaminación biológica es la originada por la aparición de microorganismos indeseables motivada por las condiciones ambientales y las características del agua.

De estos tres tipos de contaminación, la más peligrosa por tratarse de una contaminación extremadamente frecuente y con gran repercusión en la salud humana, dado su importante papel como mecanismo de transmisión de microorganismos que provocan enfermedades, es la contaminación biológica. Este hecho implica la necesidad de que el agua destinada al consumo humano, antes de su distribución, sea sometida a tratamiento de desinfección.

2.4.2.- TRATAMIENTOS DE DESINFECCIÓN.

La Ley General de Sanidad 14/1986 (BOE, 1986b), obligó a las administraciones públicas sanitarias a actuar prioritariamente en la salud y en la prevención de enfermedades, mediante actuaciones sobre actividades y productos que pudieran ser peligrosos para la salud, entre ellas la mejora de los sistemas de abastecimiento de agua. Posteriormente el RD 1138/1990, estableció la Reglamentación técnico-sanitaria para abastecimiento y control de calidad de aguas potables (BOE, 1990). A raíz de lo cual fueron incorporadas a nuestro ordenamiento jurídico la Directiva Comunitaria 80/778/CEE y la 98/83/CE, donde se recogen especificaciones de carácter científico y técnico y se posibilita un marco legal acorde con los avances de los últimos años, en lo que se refiere a aguas de consumo humano (CEE, 1980; CE, 1998).

A partir de este punto y dada la importancia de este tema para la salud humana, quedan establecidos los criterios de calidad del agua de consumo humano, aplicables a todas aquellas aguas que, independientemente de su origen y del tratamiento de potabilización recibido, se usen en la industria alimentaria o se suministren a través de redes, depósitos o cisternas; fijándose parámetros y valores paramétricos según recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud.

Actualmente, como ya hemos indicado aplica el RD 140/2003, de 7 de febrero, cuyo objeto es establecer los criterios sanitarios que deben de cumplir las aguas de consumo humano y las instalaciones que permiten su suministro, para garantizar la protección de la salud de las personas. Este Real Decreto establece en el punto 2 de su

Artículo 10. "Tratamiento de potabilización del agua de consumo humano", que: "Las aguas de consumo humano distribuidas al consumidor por redes de distribución públicas o privadas, cisternas o depósitos deberán ser desinfectadas. En estos casos, los subproductos derivados de la desinfección deberán tener los niveles más bajos posibles, sin comprometer en ningún momento la eficacia de la desinfección"

Por lo tanto, la desinfección del agua desempeña una función primordial en el control de los agentes patógenos presentes en la misma. El beneficio principal de la desinfección es la protección de la salud pública a través del control de las enfermedades transmitidas por el agua. Existen varias tecnologías relacionadas con la desinfección de aguas, entre los agentes químicos de desinfección más usados destacan el cloro elemental gaseoso (Cl_2), el hipoclorito (ClO^-), la mezcla de cloro con amoníaco (Cl_2/NH_3) que forman cloramina, el dióxido de cloro (ClO_2), el ozono (O_3) y el permanganato potásico (KMnO_4); también se usa la luz ultravioleta, y otros métodos que se basan en la generación de oxígeno singulete por absorción de radiación por un colorante, la irradiación con rayos γ y la fotocatalisis heterogénea UV/ TiO_2 (Garcés Giraldo, 2011).

La evaluación de la eficiencia de las distintas técnicas para la desinfección y la inactivación de microorganismos, demuestra que cada una de ellas presenta ventajas y desventajas; como se observa en la tabla 2.3 donde se especifica el efecto bactericida y el efecto remanente de cada una de ellas.

Tabla 2.3.- Efecto bactericida y remanente de algunos de los tratamientos comunes de aguas.

Tipo	Efecto bactericida	Efecto remanente
O_3	+++	0
Cl_2	++	+
ClO_2	++	+
Cloraminas	+	++
UV	++	0
Colorantes/luz visible	+	En estudio
Irradiación	+++	+++
UV/ TiO_2	Esterilización	En estudio

A continuación se exponen las ventajas y desventajas de las distintas técnicas de desinfección:

☑ La ozonización implica la generación de ozono (O_3), que es un oxidante muy eficaz y un desinfectante poderoso, que oxidará la materia orgánica e inorgánica favoreciendo así su eliminación (lo cual implicará mayores consumos si la calidad del agua no es buena). Su poder de oxidación es tal que puede degradar compuestos como fenoles, detergentes orgánicos y algunos pesticidas. Precipita sólidos orgánicos como el Fe^{+2} y Mn^{+2} oxidándolos y también oxida a compuestos como S^{-2} , NO_2^- o CN^- a otras formas menos tóxicas (Lorenzo et al., 2010).

Pero hemos de tener en cuenta, que se trata de un gas tóxico y corrosivo que debe generarse en el sitio donde va a ser utilizado. Además, los gases que puedan liberarse en la cámara de contacto deben tratarse para eliminar el ozono residual.

El coste de estos sistemas es elevado, aunque en los últimos años ha disminuido haciéndolos más competitivos. También, puede producir algunos subproductos de la oxidación, como bromatos o algunos compuestos orgánicos.

☑ El dióxido de cloro se obtiene por reacción de Cl_2 , $HClO$ ó HCl con el clorito de sodio; también por reacción del clorato de sodio ($NaClO_3$) con HCl . Es más soluble en agua que el Cl_2 , y su efectividad no depende tanto del pH, además su actuación es más prolongada. Es un oxidante muy fuerte (oxida al Fe, fenoles, sulfuros, etc.), pero no mineraliza la materia orgánica ni oxida al amoníaco, aunque tiene un alto poder biocida (Miller et al., 1999). Debe producirse *in situ*, pues es un gas explosivo a altas presiones, y no puede comprimirse ni transportarse. Es un oxidante eficiente, no produce trihalometanos, pero genera como subproducto ClO_2^- y ClO_3^- , iones sospechosos de causar anemia.

☑ Las cloraminas se forman por reacción del cloro con el amoníaco. De todas las especies formadas en esta reacción, la monocloramina (NH_2Cl) es la activa para la desinfección de agua potable. Posee un efecto residual que la hace útil como

desinfectante secundario, para evitar el crecimiento biológico en tanques de almacenamiento y puntos finales de redes. Donde se utiliza, la presencia de trihalometanos es muy baja (Ramírez Quirós, 2005; Rodríguez, 2007).

☑ La irradiación UV no genera residuos, implica la generación de luz en unas longitudes de onda determinadas que mata o inactiva genéticamente a los microorganismos, es una desinfección puntual y no deja el agua protegida una vez tratada, es decir no protege la fase de transporte y distribución del agua. Para una mayor eficacia del proceso de irradiación, el agua debe estar perfectamente clara, libre de partículas, turbidez o hierro, lo cual requiere un adecuado tratamiento previo.

Se emplean lámparas de vapor de mercurio como fuente de radiación, ésta se genera mediante una descarga eléctrica a través de vapor de mercurio; el problema es que las lámparas se ensucian y pierden efectividad, por lo cual hay que limpiarlas periódicamente con ácido cítrico. Su mayor ventaja es que no participa en la formación de compuestos tóxicos, ni genera subproductos (Guerra, 2001).

☑ El permanganato se obtiene a partir del dióxido de manganeso (MnO_2). Es bastante oxidante, y se usa principalmente para el control de olor y sabor, elimina el color y controla el crecimiento de microorganismos en estaciones de tratamiento de aguas. Elimina hierro y manganeso, y es útil en el control de precursores de THMs y otros subproductos. Inhibe el crecimiento de bacterias y virus (Cox et al., 2002).

☑ El uso de UV/TiO₂ es una técnica que evita la formación de compuestos halogenados, no es una técnica cara y parece actuar sobre todos los tipos de bacterias y algunos microorganismos. El fotocatalizador es abundante, barato, su recuperación es fácil y puede ser inmovilizado sobre soportes adecuados; no requiere de suministro eléctrico de alto voltaje y puede ser usado con luz solar. El

problema, es que la materia orgánica interfiere con este método, por lo cual se debe aplicar como paso final de un tratamiento de desinfección por etapas (Garcés et al., 2006)

☑ Entre los métodos físicos, destacamos el tratamiento de aguas por ultrasonidos, que mediante la utilización de frecuencias de alta intensidad origina en el agua el fenómeno conocido como cavitación. Se trata de un proceso cíclico de crecimiento y colapso de burbujas de gas en el cual pueden alcanzarse presiones y temperaturas muy elevadas. El mecanismo de degradación puede deberse a la rotura térmica debida a las altas temperaturas alcanzadas y/o a la acción oxidante de determinados radicales, como el hidroxilo, que también se forman en el proceso a partir del agua (Andreu et al., 2009).

☑ Los métodos mecánicos de desinfección consisten en la filtración con membranas, cuyo tamaño de poro define el método: microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración y ósmosis inversa. Este mecanismo de desinfección consiste en una retención física. La operación está condicionada por el tamaño de los patógenos y de los poros de la membrana. Las membranas no prolongan la acción biocida más allá de la propia operación de desinfección. La desinfección debe completarse con la adición final de un desinfectante que mantenga un nivel residual en consonancia con la aplicación que se le vaya a dar al agua. La ventaja del uso de las membranas radica en la reducción del contenido de materia orgánica que se va a poner en contacto con el cloro (Sens et al., 2013).

☑ La cloración de las aguas se considera como el método más efectivo y económicamente factible para la desinfección. Las formas más usuales de añadir cloro al agua son, como cloro gaseoso (Cl_2), el cual se hidroliza débilmente en ácido clorhídrico y ácido hipocloroso, o directamente como hipocloritos (ClO^-) de calcio o sodio.

Al aumentar el valor del pH, se favorece la disociación del ácido hipocloroso; tanto el HClO, como el ClO^- son especies bactericidas (aunque la primera es bastante más eficaz que la segunda); y el descenso del pH favorece la acción bactericida. La suma de estas dos especies se denomina cloro residual libre, siempre que se clore debe añadirse una cantidad que asegure la obtención de cloro residual libre; con ello se conseguirá desinfectar el agua (Trapote, 2013).

El principal problema que presenta la cloración viene originada por la presencia de materia orgánica en el agua a clorar, esto provocará por una parte un mayor consumo de cloro hasta llegar a los niveles de cloro residual necesarios, y por otra la formación de compuestos organoclorados, muchos de ellos, como los trihalometanos (THMs) o los ácidos haloacéticos (HAASs) de conocido efecto tóxico (Wong et al., 2007). Las soluciones a este problema pueden pasar por el empleo de otros métodos alternativos de desinfección, o por eliminar previamente del agua a desinfectar la mayor cantidad de materia orgánica precursora.

2.4.2.1.- CLORACIÓN.

2.4.2.1.1.- Historia del cloro.

El cloro se descubre en 1774 por el farmacéutico sueco C.W.Scheele, que lo llamó "ácido muriático deflogistificado" (sin hidrógeno), del latín "muria" ó salmuera, es un gas de color amarillo-verdoso brillante, por la reacción del ácido muriático (clorhídrico) con pirolusita (bióxido de manganeso); en 1786, a su muerte, se seguía pensando que no tenía usos, pero la investigación y el desarrollo en lo referente a las técnicas de producción y a los usos del cloro siguen estando de máxima actualidad. En 1810, Sir Humphry Davy, considerado como el pionero de la Electroquímica demostró que era un elemento químico y lo denominó cloro por su coloración amarillo-verdosa del griego "chloros".

En base a las afirmaciones de Pasteur "Nos bebemos el 80% de las enfermedades" y el Dr. Marañón comentaba que "La mayor parte de nuestras enfermedades nos las bebemos"; podemos afirmar que la salud de las personas está ligada al papel del cloro y su relación con el agua y con los seres vivos.

Entre un 55 y un 60% de la industria química está basada en la química del cloro. Además, el cloro es "una necesidad médica" y es esencial para la medicina moderna, contribuyendo al logro de una mayor esperanza de vida (45 años en 1900 y próximos a 80 en el momento actual) y a una drástica disminución de la tasa de mortalidad infantil. Por ello, gracias al cloro se salvan más vidas que con cualquier otro producto químico. Este hecho motivó que la revista Life citara la filtración y cloración del agua potable como "probablemente el más significativo avance en salud pública del milenio".

Las vacunas, los antibióticos y la desinfección, incluida la de las aguas, han sido quizás los tres descubrimientos médicos más importantes debido al genio de los doctores: Pasteur, Fleming y Ernst Chain y que junto con los inestimables trabajos de Berthollet han hecho disminuir las enfermedades infecciosas en el mundo en menos de un siglo y por tanto garantizar la calidad de vida para la especie humana. El tifus, el cólera y la disentería, han desaparecido prácticamente en el mundo por el uso del cloro para la desinfección del agua; otras epidemias y enfermedades como hepatitis viral, salmonelas, gastroenteritis y malaria se han minimizado drásticamente en el mundo civilizado gracias a la cloración del agua o al eficaz uso de algún derivado clorado; las recientes apariciones en Europa y más específicamente en España de la bacteria de la legionelosis en circuitos de agua de refrigeración se ha podido combatir mediante el uso de agua clorada además de la limpieza de las instalaciones (Flannery et al., 2006).

2.4.2.1.2.- Propiedades beneficiosas del cloro asociado a la desinfección de aguas.

La generalización del uso del cloro en la desinfección de agua se basa en muchos factores, un estudio realizado por J. Carrell Morris, de la Escuela de Medicina de la Universidad de Harvard, identificó los siguientes beneficios del cloro en el tratamiento del agua:

Germicida potente.

Se ha demostrado que el uso del cloro reduce el nivel de los microorganismos patógenos en el agua potable hasta niveles casi imposibles de medir. En general, todos los microorganismos como bacterias, virus, mohos, levaduras, esporas, algas y protozoos se ven inhibidos o destruidos en mayor o menor medida.

Cualidades residuales.

El cloro produce una acción desinfectante residual sostenida que es única entre los desinfectantes de agua en gran escala. La superioridad del cloro como desinfectante residual sigue siendo válida hasta hoy. Ello implica que el agua queda protegida, por la presencia de un residuo sostenido que mantiene la higiene del agua de consumo humano en las fases de transporte y distribución hasta su llegada al consumidor.

Control del gusto y olores.

La cloración del agua potable reduce los gustos y olores. El cloro oxida muchas sustancias que se presentan naturalmente, tales como las secreciones de algas malolientes y los olores de la vegetación en descomposición, lo que da como resultado agua potable inodora y con mejor sabor.

Control químico.

El cloro en el tratamiento del agua destruye el sulfuro de hidrógeno y elimina el amoníaco y otros compuestos nitrogenados que tienen sabores desagradables y obstaculizan la desinfección.

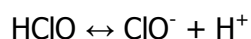
Si bien las propiedades más importantes del cloro son su potencia germicida de amplio espectro y la persistencia de este poder germicida en los sistemas de distribución de agua, también la sencillez del tratamiento, la no necesidad de un equipamiento complejo y el bajo coste del tratamiento han contribuido enormemente a su amplio y extendido uso, siendo el tratamiento de desinfección mayoritariamente utilizado por los distintos países y los diferentes sectores industriales que utilizan agua de consumo humano. A este respecto el país que emplea la cloración de forma más generalizada, a mayor concentración y aplicándola en todos los niveles es USA. En Europa, todos los países mediterráneos y el Reino Unido emplean el hipoclorito de forma generalizada, mientras que los países nórdicos y Alemania no lo hacen debido a que no aceptan de buen grado el aroma y sabor que le confiere el cloro, y desinfectan el agua mediante el empleo de ozonización.

2.4.2.1.3.- Sistema de cloración y formas del cloro.

Cuando se añade cloro al agua en forma de Cl_2 se producen dos reacciones: la reacción de hidrólisis y la de disociación. La de hidrólisis se puede definir de la siguiente manera:



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



A 20° C y pH = 7,5, hay una distribución igual de HClO y el ión hipoclorito (ClO⁻). A pH = 8, cerca del 20% del cloro residual libre está presente como ClO⁻; y a pH 6,5 el 90% como HClO. El término "cloro residual libre" se refiere a la suma de HClO y de ClO⁻. Se recomienda que la desinfección final produzca una concentración residual de cloro libre de 0,5 mg/l después de 30 minutos de contacto en agua a pH < 8,0. El término "cloro residual combinado" se refiere al cloro ligado al nitrógeno, presente en la formación de cloraminas (Ramírez Quirós, 2005).

En las aguas naturales el cloro reacciona fácilmente con varias sustancias dando lugar a un consumo del cloro residual libre. Esta reducción del cloro libre se conoce como "demanda de cloro". Cuando se añade el cloro al agua, se producen diferentes reacciones químicas, la primera es la combinación con la materia orgánica; y después reacciona con compuestos nitrogenados (Trapote, 2013). Algunos productos de estas reacciones, como el cloruro férrico, no tienen propiedades desinfectantes, mientras que otros como las cloraminas sí las tienen, considerándolo como cloro residual combinado.

El tratamiento de cloración supone aplicar cloro en exceso de manera que pueda satisfacer la demanda de cloro y elimine los microorganismos presentes en el agua y que reste una cantidad de cloro (cloro residual) que siga actuando después del tratamiento propiamente dicho.

Como hemos indicado anteriormente, al agregar el cloro al agua, lo primero que ocurre es una hidrólisis, luego se combina con el amoníaco presente y con la materia orgánica, así como con ciertas sustancias químicas para producir una gran diversidad de compuestos, entre los cuales se encuentran algunos que tienen propiedades desinfectantes y otros son compuestos organoclorados indeseables. Básicamente podemos agrupar estas reacciones en dos grandes tipos (Ramírez Quirós, 2005):

1.- Las de hidrólisis, en las que el cloro reacciona con el agua, produciendo ácido hipocloroso (HClO) e ión hipoclorito (ClO^-). A estos compuestos se les llama cloro libre o residual.

Para producir el efecto desinfectante, el cloro dosificado sólo debe ser consumido parcialmente. Es decir, después del período de contacto debe mantenerse un nivel adecuado de cloro residual. A esta variación, entre el nivel de cloro teórico alcanzado después de la dosificación y el nivel de cloro residual, se le denomina "demanda de cloro", y se debe a la gran variedad de reacciones entre el cloro activo y los compuestos presentes en el agua.

2.- Las de oxido-reducción, en las que el cloro se combina, de dos maneras:

a) Con el nitrógeno amoniacal para producir cloraminas: monocloroaminas (NH_2Cl) y dicloroamina (NHCl_2), a las cuales se les llama cloro combinado utilizable. También se puede producir tricloruro de nitrógeno NCl_3 .

b) Con los aminoácidos, materiales proteínicos y orgánicos y sustancias químicas (Fe^{+2} , Mn^{+2} , NO_2^- , H_2S), con los cuales produce distintos compuestos clorados que forman el cloro combinado no utilizable o demanda.

Siendo el cloro un fuerte oxidante puede reaccionar con muchas de las sustancias orgánicas e inorgánicas presentes en el agua y en especial con los compuestos nitrogenados. El cloro reacciona con el nitrógeno amoniacal para formar cloraminas. Éstas tienen un poder bactericida varias veces menor que el del ácido hipocloroso, pero en cambio son mucho más estables y por consiguiente su efecto dura más tiempo en el agua. Las cloraminas son tóxicas para los peces y son perjudiciales para los pacientes de diálisis.

2.4.2.1.4.- Efectos tóxicos de los subproductos de la cloración.

La existencia de riesgo en el consumo de agua clorada radica en la toxicidad indirecta de sus subproductos. Así, durante la cloración, se producen una serie de subproductos debido a la reacción del cloro con la materia orgánica presente. Otros compuestos proceden de la degradación de material animal. Los compuestos organoclorados son típicamente tóxicos y a menudo cancerígenos para el ser humano como para otros organismos. El cloro también puede reaccionar con otra serie de compuestos orgánicos para formar un sinnúmero de subproductos de la cloración (SPC), algunos de los cuales se han identificado como cancerígenos, mutagénicos, teratogénos o tóxicos (Sánchez Zafra, 2008).

Los SPC relacionados con el cloro se pueden separar en: trihalometanos, acetonitrilos halogenados, aldehídos halogenados, cetonas halogenadas y los fenoles clorados.

□ Trihalometanos (THMs): A mediados de los años 70's varios químicos indicaron la presencia de cloroformo y de otros trihalometanos en agua potable. Inicialmente se sugirió que era contaminación industrial o impurezas del cloro gas, lo que originó la suspensión de éste, sin embargo posteriormente se demostró que las fuentes de estos compuestos se originaban por la materia orgánica presente en el agua. Los trihalometanos constituyen un grupo de compuestos orgánicos derivados del metano (CH_4), en cuya molécula, tres átomos de hidrógeno han sido sustituidos por igual número de halógenos (cloro, flúor, bromo o yodo). En relación con la contaminación del agua potable, el problema hasta el momento se ha ceñido a la presencia de cuatro compuestos del grupo que son: Cloroformo (CHCl_3), bromodiclorometano (CHBrCl_2), dibromoclorometano (CHBr_2Cl) y bromoformo (CHBr_3) el cual se asocia estrechamente con la ozonación.

□ Los ácidos acéticos halogenados: se forman a partir de la materia orgánica durante la cloración del agua. Aunque no se han investigado tan a fondo como los

THMs, son probablemente los principales subproductos de la cloración del agua. Los ácidos mono, di y tricloroacéticos, así como los ácidos mono y dibromoacéticos, se han medido en agua potable. Si disminuye el pH, la concentración de ácidos acéticos trihalogenados tiende a aumentar y la de ácidos acéticos dihalogenados permanece constante. Los niveles típicos de los ácidos acéticos clorados en los suministros de agua potable varían de 0,03 a 0,15 mg/l.

□ Acetonitrilos halogenados: se han identificado sólo como subproductos de la cloración de aguas superficiales y subterráneas. Los precursores potenciales para la formación de estos compuestos durante la cloración son: las algas, las sustancias húmicas y material proteínico, presentes de forma natural en el agua. El más abundante de los acetonitrilos es el dicloroacetonitrilo. En varios estudios se encontró este compuesto en los suministros de agua muy clorada, a concentraciones hasta de 0,02 mg/l.

□ El hidrato de cloral: se forma como subproducto de la reacción del cloro con sustancias húmicas. También se puede producir en el agua a partir de descargas industriales.

□ Los clorofenoles: están presentes en el agua como subproductos de la reacción del cloro con compuestos fenólicos, tales como los biocidas, o productos de la degradación de herbicidas del grupo fenoxi. Los tres clorofenoles más probables que pueden resultar de la cloración son 2-clorofenol, 2,4-diclorofenol y 2,4,6-triclorofenol. Los umbrales gustativos oscilan entre 0,3 y 2 mg/l. Las concentraciones de los clorofenoles en el agua potable son generalmente menos de 1 mg/l.

De todos los subproductos referenciados, nos vamos a centrar en el próximo apartado en los trihalometanos, ya que en los últimos años se han encontrado niveles significativos de estos compuestos en aguas de consumo humano e industriales.

2.5. TRIHALOMETANOS.








Sin obviar los grandes beneficios que tiene el proceso de desinfección por cloración y sin llegar a cuestionar su validez, no es menos cierto que en estos últimos años, se está debatiendo la necesidad de optimizar el sistema y la mecánica del tratamiento de cloración del agua de consumo humano a causa de la formación de subproductos de naturaleza tóxica durante dicho tratamiento, en algunos casos se discute incluso la oportunidad de sustitución de este sistema de desinfección por otro de los descritos anteriormente. La toxicidad de las aguas que contienen cloro, ácido hipocloroso o hipoclorito es muy similar ya que estos compuestos están en equilibrio dinámico, además la necesidad de contar con un nivel de desinfección residual, y la gran reactividad de estos compuestos, hacen que la formación de subproductos tóxicos sea altamente probable. Entre los posibles subproductos perjudiciales que se forman durante la cloración del agua, los que han despertado una mayor alarma es la formación de los trihalometanos (THMs), por su naturaleza tóxica y tener carácter mutagénico (Sánchez Zafra, 2008).

2.5.1. DEFINICIÓN Y TIPOS.

Los trihalometanos, son compuestos orgánicos basados en una molécula de metano (CH_4) en la que los átomos de hidrógeno presentes habitualmente han sido reemplazados por tres átomos de elementos halogenados (cloro, bromo, flúor y/o yodo). En la tabla 2.4 se muestran algunos de los más conocidos. En general, con el término trihalometanos totales hacemos referencia a la suma de varios subproductos de cloración: cloroformo, bromodiclorometano, dibromoclorometano y bromoformo. También, para el estudio de los THMs, se utiliza el indicador de THMs potenciales, que aunque no representan necesariamente la concentración de éstos en un agua tratada, son un buen indicador de los que pueden formarse en esa agua. Los trihalometanos potenciales son útiles para la estimación de la cantidad de los precursores de éstos y además están influenciados por la concentración y las características químicas de la

materia orgánica disuelta, el clima, la vegetación y el tipo de suelo de las zonas adyacentes al agua, así como la comunidad bacteriana que allí habita (Singer, 1995; Galvín, 2015).

Tabla 2.4.- Tipos de trihalometanos.

Fórmula Molecular	Nombre IUPAC	Nombre común	Otros nombres	Molécula
CHF_3	Trifluorometano	Fluoroformo	Freón 23, R-23, HFC-23, metil trifluoruro	
CHClF_2	Clorodifluorometano	-	R-22, HCFC-22	
CHCl_3	Triclorometano	Cloroformo	Metil tricloruro	
CHBrCl_2	Bromodiclorometano	-	-	
CHBr_2Cl	Dibromoclorometano	-	-	
CHBr_3	Tribromometano	Bromoformo	Metil tribromuro	
CHI_3	triiodometano	Iodoformo	Metil triioduro	

2.5.2. FORMACIÓN DE TRIHALOMETANOS.

2.5.2.1. PRECURSORES Y REACCIONES DE FORMACIÓN.

La formación de los THMs en las aguas desinfectadas mediante la cloración es debida a la reacción del cloro con ciertos precursores orgánicos disueltos en las aguas tratadas y fueron descubiertos en 1974 por investigadores de la USEPA y los Países Bajos (Bellar et al., 1974). Los estudios realizados sobre la formación de los THMs han concluido que la presencia de compuestos orgánicos de naturaleza húmica reaccionan en una mayor extensión con el cloro a través de reacciones de oxidación y sustitución.

Estos compuestos presentes en el agua proceden de la degradación de materia orgánica de origen vegetal y/o animal, o bien de la disolución del suelo y escorrentías, que contaminan el agua de origen. Las sustancias húmicas son una parte importante de materia oscura del humus y consisten en mezclas heterogéneas de moléculas de pequeño tamaño (con una masa molecular <1000 Da) que se forman a partir de la transformación biológica de células muertas y se asocian mutuamente en estructuras supramoleculares de gran tamaño mediante interacciones débiles tales como las fuerzas de Van der Waals, π - π , e interacciones CH- π .

La materia orgánica natural consiste en una mezcla heterogénea de compuestos orgánicos con distintas propiedades físicas y químicas (estructura, grupos funcionales, masa molecular, absorbancia en el ultravioleta, fluorescencia, etc.) (Thurman, 1985; Tan et al, 2005). Se clasifica en sustancias húmicas y no húmicas. Aproximadamente el 50% del carbono disuelto en el agua son sustancias húmicas, que a su vez se clasifican en ácidos húmicos, fúlvicos y huminas. Las huminas (insolubles en agua) son moléculas de un peso molecular considerable y se forman por entrelazamiento de los ácidos húmicos. Éstos se forman a su vez por polimerización de los ácidos fúlvicos, que provienen de la descomposición de la lignina, o por la acción de animales como la lombriz, termita, etc. Esta clasificación se define basándose estrictamente en su solubilidad ya sea en ácido o álcali. Los ácidos húmicos son solubles en medios alcalinos y los ácidos fúlvicos se mantienen en solución independientemente del pH y la fuerza iónica. El componente mayoritario de las sustancias húmicas disueltas en el agua son los ácidos fúlvicos, con tamaño inferior a 2000 Daltons (Da). Los ácidos húmicos, con un tamaño entre 2000 y 5000 Da, se considerarían coloides. El 50% restante del carbono disuelto en el agua son sustancias no húmicas, que consisten mayoritariamente en ácidos hidrofílicos (Chin et al., 1994).

Los ácidos fúlvicos son susceptibles de experimentar floculación en determinadas condiciones de pH y concentración de las soluciones de cationes no alcalinos. Los ácidos húmicos, generalmente insolubles en agua y en casi todos los disolventes no polares, son fácilmente dispersables en las soluciones acuosas de los

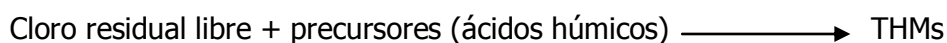
hidróxidos y sales básicas de los metales alcalinos, constituyendo un hidrosol que puede experimentar floculación mediante el tratamiento de los ácidos o los demás cationes. Estas sustancias están constituidas por polímeros tridimensionales de elevado peso molecular, de carácter ácido, enlazados a ciertos grupos funcionales: un núcleo (grupos aromáticos nitrogenados, como el indólico y el pirrólico, y grupos bencénicos aromáticos, como el naftaleno y el benceno), grupos reactivos (responsables de importantes propiedades de la materia orgánica: hidroxilo, carboxilo, amino, metoxilo, etc.) y puentes de unión (nitrilo, amino, cetónicos, etc.) y cadenas alifáticas (Chow et al., 2005).

Pero la materia orgánica acuática dispone de otros precursores, además de los ácidos fúlvicos y húmicos. Así, compuestos con algunos grupos químicos tales como ácidos carboxílicos alifáticos, ácidos hidroxibenzoicos, fenoles y derivados de pirroles pueden formar carbaniones activos (un lugar reactivo para el ataque del cloro y paso intermedio en la formación de THMs), siendo éstos componentes de muchas sustancias naturales, entre ellas, determinados pigmentos (clorofilas y xantofilas) de plantas superiores y algas.

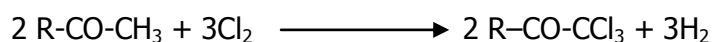
Por ello, la formación de trihalometanos potenciales está influenciada por la cantidad y características químicas de la materia orgánica natural y/o disuelta, y a su vez, estas características dependen de la fuente del agua o localización y de la época del año. Por esta razón, para prevenir la formación de subproductos de cloración, la materia orgánica natural y/o disuelta debe ser eliminada del agua bruta antes de la adición de cloro. Pero en la industria del tratamiento de aguas, la efectividad del proceso en la eliminación de la materia orgánica varía con la naturaleza de la misma (peso molecular, densidad de carga, polaridad, etc.) y con algunas de sus propiedades como turbidez y dureza (Bolto et al., 2002)

En lo referente, a las reacciones de formación de los trihalometanos, éstas obedecen a un complicado mecanismo, por el cual las especies químicas que el

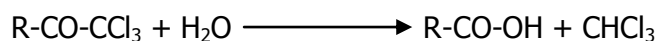
halógeno forma en el agua, reaccionan con los derivados del humus que ese medio habitualmente contiene.



La formación de trihalometanos se puede explicar por los mecanismos que implican la denominada "haloform reaction". Pero ésta sólo ocurrirá cuando las sustancias húmicas suministren los grupos funcionales necesarios para dicha reacción, entre ellos, moléculas como etanol, acetaldehído y alcoholes secundarios. El cloro reacciona con el carbono, de la molécula reactiva, adyacente al que porta el oxígeno. Este ataque, donde los átomos de hidrógeno son sucesivamente reemplazados por cloro, está precedido por la disociación de un protón para producir un carbanión ($-\text{CH}_2^-$) que puede reaccionar con cloro (Olmedo, 2008).



El paso final implica una hidrólisis posterior del carbono trihalogenado para formar el trihalometano:



La concentración y tipos de subproductos de desinfección dependen de la estructura química de la materia orgánica disuelta, como su aromaticidad y grupos funcionales (Kim y Yu, 2005). La materia orgánica hidrófoba consiste en compuestos con alta aromaticidad. Las moléculas con grupos aromáticos activados consumen gran parte del cloro en el proceso de desinfección y los grupos fenólicos tienen un alto potencial de formación de THMs. En los estudios estadísticos sobre formación de THMs, la absorbancia UV y la absorbancia UV específica a 245 nm son dos de los parámetros más correlacionados (Korshin, 1997; Kitis, 2004). La absorbancia UV específica a 245 nm está relacionada con la aromaticidad y el carácter hidrofóbico.

Además de la presencia de cloro residual libre y materia orgánica, la formación de THMs se ve afectada por los siguientes factores:

- Temperatura: la formación de THMs aumenta con el incremento de la temperatura del agua. Se ha comparado la formación de trihalometanos en invierno y en verano, siendo esta última de 2,5 a 5 veces superior (Rodríguez et al, 2003).
- pH: Mayor formación cuando se incrementa el valor del pH del agua (Rodríguez et al, 2007).
- Tiempo de contacto: Con el aumento del tiempo de contacto entre el cloro residual libre y los precursores orgánicos, aumenta la concentración final de los trihalometanos. Éstos no se forman exclusivamente durante la fase del tratamiento del agua. Por depender de la concentración de los precursores y de la dosis de cloro residual libre, la reacción que da origen a los mismos, puede continuar desarrollándose en el sistema de distribución siempre que el agua contenga estos elementos.

Así, Poleneni (Poleneni e Inniss, 2013) recomiendan que se suministre una dosis de cloro de recuerdo a las aguas de abastecimiento para mantener el nivel de cloro residual libre, pero esta dosis debe suministrarse a la salida del tanque de almacenamiento, para minimizar el tiempo de contacto entre los precursores, y consecuentemente, la formación de THMs. Rodríguez et al. (Rodríguez et al, 2003) investigaron la formación de THMs en pequeños sistemas de distribución en Quebec, encontrando que las concentraciones de estos subproductos que llegaban a los hogares, y las presentes en los termos de agua caliente de los mismos, eran de 1,3 a 2,5 veces superiores a las de las propias redes de distribución. La causa de esta mayor concentración se debe al mayor tiempo de contacto.

Se ha estudiado también el impacto del material con que está construido el sistema de distribución de agua en la formación de THMs. Li et al. (Li et al., 2012) encontraron que la constante de decaimiento del Cl_2 es mayor para tuberías de acero inoxidable que en las de polietileno. En consecuencia, la velocidad de formación de THMs sigue el orden inverso: mayor para las tuberías de polietileno que para las de acero inoxidable. También se investigó el efecto de diferentes tuberías poliméricas en la formación de THMs en agua desalinizada en tres redes a escala de laboratorio construidas con distintos materiales: cloruro de polivinilo, polietileno y polipropileno. Los resultados muestran que las tuberías de cloruro de polivinilo presentan el mayor potencial de formación de THMs, seguidas por las de polietileno y por último, las de polipropileno.

- Concentración del ion Bromuro. La presencia de Br^- produce un aumento en el impacto de los THMs debido a dos circunstancias:
 - 1) Su masa atómica dobla a la del cloro, por lo que la concentración en THMs totales se ve muy afectada por la presencia de Br en éstos.
 - 2) El impacto sobre la salud de los THMs de bromo es mayor (Hong et al, 2007; Chowdhury et al, 2010; Wang et al, 2010).

La distribución entre cloroformo y otras especies de THM bromadas depende fuertemente de la concentración de bromuro (Al-Omari et al, 2004; Chowdhury et al, 2010; Watson et al, 2014). La distribución de subproductos de desinfección clorados y bromados se ve afectada por la relación HClO/Br^- (102), $\text{Br}^-/\text{materia orgánica}$ y $\text{Br}^-/\text{cloro libre}$ (Shukairy et al, 1995; Chang et al, 2001; Uyak y Toroz, 2007).

La interacción entre el ion bromuro y la materia orgánica se explica a través de la formación del ácido hipobromoso a partir de Br^- y HClO . Esta reacción transcurre muy rápidamente, antes de la interacción entre la materia orgánica y el HClO (Cowman

y Singer, 1996). Una vez formado el ácido hipobromoso, éste reacciona con la materia orgánica siguiendo el mismo mecanismo que el HClO, sólo que a una velocidad 20 veces superior (Symons et al, 1993; Uyak y Toroz, 2007) ya que se trata de un ácido más oxidante. La relación HBrO/HClO juega un papel importante en el tipo de THMs formados (Uyak y Toroz, 2007). En la Tabla 2.5 se muestra a modo de resumen algunos estudios de modelización de la formación de THMs.

Tabla 2.5.- Estudios de modelización de formación de trihalometanos .

Factor*	Tipo de agua	Localización	Limitaciones	Referencia
COT, UV, T	Agua de 30 plantas de tratamiento	Carolina del Norte	Coefficientes de correlación bajos; no considerados tiempo de reacción y $[Br^-]$	Singer et al (64)
UV ₂₅₄ , pH, $[Cl_2]$, T	Aguas no potables de río y embalse	Massena, Nueva York	No se consideró el tiempo de reacción como parámetro	Edzwald et al (24)
COT, UV, T, Dosis Cl_2 , $[Br^-]$, t, pH	Agua natural	Varios estados de USA	Se estudiaron aguas no potables cloradas en el laboratorio, por lo que las características de estas aguas son diferentes de las de los sistemas reales de distribución.	Amy et al (65)
COT, pH, T, Cl_2 res, t	Agua natural	Denver	Se utilizaron bases de datos a escala laboratorio, que no representan las características de los sistemas de distribución de aguas	Montgomery Watson (67)
COT, pH, T, Cl_2 res	Aguas de manantial y de plantas potabilizadoras	Fairfield (California)	Los datos experimentales del estudio se obtuvieron en ensayos de laboratorio, que pueden ser diferentes de las condiciones de las redes de distribución.	Clark (70)
$[Cl_2]$, T, $[Br^-]$	Agua potable desalinizada	Emiratos Árabes	No se introdujeron en el modelo parámetros como COT y pH.	Eishorbagy (63)
Dosis Cl_2 , Clorofila A, T, pH, $[Br^-]$	Tanques de agua para distribución.	Atenas	El único índice para la cuantificación de la materia orgánica fue la Clorofila A. El cumplimiento del modelo resultó bastante pobre.	Golfinopoulos y Arhonditsis (71)
COD, UVA ₂₅₄ THMPF	Agua potable	Corea del Sur	Utilizan un modelo desarrollado por otros autores, que, en consecuencia, produjo unas predicciones pobres.	Youn et al. (72)
Cl_2 res, T	Agua potable en el punto final de la red de distribución	Quebec	Resultados del modelo pobres debido a unos datos muy limitados.	Rodriguez et al. (79)
$[Cl_2]$, T, $[Br^-]$, pH COT	Agua superficial no potable	Amman, Jordania	Modelo desarrollado a la temperatura constante de 20°C	Al-Omari et al. (74)

*Abreviaturas: COT: carbono orgánico total; CC: Consumo de cloro; UV: Absorbancia en ultravioleta; T: temperatura; Cl_2 res: Cloro residual; t: tiempo de contacto; COD: carbono orgánico disuelto; THMPF: potencial de formación de THMs; UVA₂₅₄: absorción ultravioleta a 254 nm.

En esta tabla resumen de la bibliografía consultada se indica el precursor de THMs estudiado, el tipo de agua sobre la que se ha hecho el estudio y la localización. Como puede observarse en esta Tabla, existen diferentes parámetros para cuantificar y caracterizar el tipo de materia orgánica presente en el agua: carbono orgánico total, absorción ultravioleta, absorción ultravioleta a 254 nm, carbono orgánico disuelto, materia orgánica natural y materia orgánica disuelta. No existe un modelo claramente superior a los demás, y cada modelo puede resultar más o menos bueno dentro del rango de datos experimentales a partir de los que se ha construido, pero suele resultar deficiente cuando se aplica a otros estudios.

2.5.3. LEGISLACIÓN.

A pesar de que fue en 1970 cuando se identificaron los trihalometanos y en esta década se realizaron los primeros estudios sobre la naturaleza tóxica de los mismos, la Unión Europea no tuvo una reglamentación que regulara la concentración de los mismos en las aguas de consumo humano hasta 1998, Directiva 98/83/CE del Consejo. Entre los efectos tóxicos de los THMs podemos destacar que actúan como depresores del sistema nervioso central y afectan las funciones del hígado y los riñones, en los últimos años han surgido numerosos estudios intentando asociar los THMs con el cáncer de vejiga y de colon, aunque actualmente es difícil determinar el nivel de riesgo para la salud y los estudios epidemiológicos hasta ahora realizados tampoco son determinantes (Sánchez, 2008).

Hasta la transposición de la citada directiva europea, la normativa vigente en España relativa a la calidad de las aguas destinadas a consumo humano era el Real Decreto 1138/1990 . En lo referente a las sustancias objeto de este trabajo, los trihalometanos, esta normativa no establece ningún límite o concentración máxima, indicando tan sólo como recomendación o criterio a cumplir que el nivel de los mismos debía ser lo más bajo posible y se habrá de reducir en la medida de lo posible. Sin embargo, ya en esas fechas la Organización Mundial de la Salud recomendaba un nivel de THM en agua potable de 100 µg/l, aunque permitía hasta 200 µg/l.

Con la aprobación de la Directiva 98/83/CE del Consejo relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano que recogía lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud en relación a los niveles guía de THMs -. La O.M.S. precisa que el cumplimiento de dichos niveles guía no debe obtenerse en ningún caso en detrimento de las normas microbiológicas y en la Directiva se establece que deben adoptarse todas las disposiciones necesarias para que cualquier contaminación generada por productos derivados de la desinfección sea lo más baja posible, sin poner en peligro la desinfección.

En el 2001, los trihalometanos despertaron una alarma social importante con la publicación en algunos medios de comunicación de un estudio independiente que señalaba la presencia en el agua de grifo de THMs en niveles en algunos casos por encima de las recomendaciones de la OMS, resultados que fueron corroborados posteriormente por un segundo estudio en el que participó la OCU y el Instituto Nacional de Consumo. Desde entonces se ha intensificado la investigación de los THMs y se han propuesto varias alternativas para prevenir o eliminar su formación (las alternativas van orientadas en unos casos a la mejora de los pretratamientos del agua previo a la cloración y en otros a la sustitución del sistema de desinfección). Como ya apuntamos existen otros sistemas de desinfección que actualmente están siendo utilizados, pero por ahora ninguno es capaz de mantener el efecto posterior del cloro residual; por lo tanto debemos considerar la mejora de los tratamientos enfocados a eliminar los precursores de los THMs, mediante tratamientos de preoxidación, biológicos y filtraciones previas a la desinfección (Mosteo et al, 2009).

En España, la Directiva 98/83/CE - se pasó al ordenamiento interno mediante la promulgación del Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, en este Real Decreto se regulan por primera vez los THMs y se establecen los niveles máximos permitidos, que fueron de 150 µg/l hasta el 31 de diciembre de 2008 y 100 µg/l desde ese momento hasta la fecha actual.

2.5.4.- EFECTOS DE LOS THMs EN LA SALUD.

Una parte de las enfermedades de origen hídrico es endémica, por lo que son difíciles de reconocer, sus síntomas suelen ser trastornos gastrointestinales pero la mayoría de la gente que los experimenta no acude al médico, por lo que el número real de brotes no está adecuadamente contabilizado. Los microorganismos implicados en este tipo de enfermedades son protozoos, virus y bacterias; y suelen aparecer en aguas contaminadas no tratadas o con tratamientos inadecuados (Cox et al., 2002).

La desinfección del agua como ya hemos indicado es uno de los mayores avances del siglo XX, sobre todo porque ha contribuido a la erradicación de enfermedades como el tifus, cólera, disentería, etc. (Sánchez, 2008). Por ello la OMS recomienda asegurar la calidad sanitaria del agua de consumo mediante la adición de cloro al agua. El problema es que, aunque reducen el riesgo de enfermedades hídricas, el cloro es una sustancia altamente activa, por lo que en los tratamientos de desinfección en el agua reacciona con la materia orgánica, produciendo subproductos de desinfección tóxicos.

Los THMs son compuestos volátiles y tóxicos y su principal vía de contacto con el hombre es el agua, ya que como hemos indicado anteriormente, su formación se produce por la reacción del cloro y bromo principalmente, con la materia orgánica en los procesos de desinfección. De entre ellos el cloroformo y el bromodiclorometano están incluidos en el grupo 2B de la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer, donde se incluyen las sustancias que posiblemente puedan causar cáncer en humanos, además existen estudios que asocian cáncer y agua clorada en función de la edad y tiempo de exposición (Sánchez, 2008). Existen diferentes rutas de exposición a los THMs: ingestión oral, inhalación y absorción dérmica, de las cuales la de mayor riesgo de producir cáncer es la ingestión oral y la de menor la absorción dérmica (Wang et al., 2007).

El cloroformo se usa como sedante ya que produce pérdida de conciencia a dosis bajas, pero a dosis más elevadas puede ser letal, la ingesta diaria tolerable por inhalación está fijada en $0,14 \text{ mg/m}^3$ (Hernandez et al., 2011). Los THMs iodados y sobre todo los bromados son muy tóxicos debido a las rutas metabólicas que utilizan y son mucho más cancerígenos que los clorados, además de débilmente mutagénicos (Richardson et al., 2007). Todos ellos, pueden afectar al hígado, riñones, sistema reproductivo y nervioso, de ahí que en estudios epidemiológicos se asocian a cáncer de vejiga y colorrectal (Lee et al, 2001; Xu et al, 2002; Gold et al, 2003; Hrudehy y Charrois, 2012). Llopis-González (Llopis-Gonzalez et al, 2011) han encontrado una posible asociación entre el cáncer de vejiga en mujeres y su exposición a THMs por debajo de los límites legales en la Unión Europea. La exposición a THMs se ha relacionado también con abortos espontáneos (Gold et al, 2003). Multitud de estudios sugieren un aumento en el riesgo de padecer cáncer de vejiga, estómago, intestino delgado y recto en lugares donde las aguas de consumo proceden de aguas superficiales, con mayor carga orgánica (Craun, 1991; Black et al, 1996; Gallard y Gunter, 2002). Otros estudios sugieren una posible relación entre las malformaciones producidas durante el embarazo y la exposición a subproductos de desinfección (Dodd et al, 1999; Yang et al, 2000; Chowdhury et al, 2010), y también se sospecha que el cloroformo es carcinógeno para animales (Golfinopoulos, 2000).

En España, para cuantificar la incidencia del cáncer de vejiga provocado por la presencia de trihalometanos, debemos tener en cuenta que en nuestro país los niveles de éstos son más altos que los de los demás países de la Unión Europea. Además, en la zona mediterránea estos niveles se acentúan debido a la peor calidad de sus aguas superficiales; aún así el cáncer es una enfermedad con un largo periodo de latencia y los niveles de THMs hace unos años eran inferiores a los actuales; por otro lado, el consumo de agua embotellada está aumentando, por lo que el riesgo del que estamos hablando sería de un 20%, lo que equivaldría a unos 600 fallecimientos anuales (Sánchez, 2008). En lo referente al cáncer colorrectal, diversos estudios estiman que el 25% de ellos estarían relacionados con los THMs, pero sería necesario ampliar los estudios en este campo (Restrepo et al., 2011).

En cuanto a las enfermedades cardiovasculares, hay estudios que indican un aumento de los serolípidos en animales expuestos a aguas cloradas, los cuales son un indicador de este tipo de enfermedad. También, la incidencia de la disminución de peso de los recién nacidos, la prematuridad, el retraso en el crecimiento intrauterino, y los defectos tubo-renales están relacionados con los THMs (Sanchez et al., 2011).

Por otro lado, también se han investigado los peligros para la salud que supone el contacto dérmico o por inhalación. En este sentido, varios autores han investigado el riesgo de contraer cáncer de piel por contacto con THMs en piscinas (Mallika et al, 2008; Chowdhury et al, 2011). Otra afección relacionada con la exposición a THMs en piscinas es el asma (Goodman y Hays, 2008), a pesar de que Font-Rivera et al. (Font-Rivera et al., 2011) encontraron que el riesgo de asma en niños no se ve incrementado por su asistencia asidua a la piscina. Reghi et al. (Righi et al., 2014) investigaron la exposición de los nadadores a subproductos de desinfección en piscinas en recintos cerrados, y encontraron que había presencia de THMs en todas las muestras analizadas, con una concentración promedio de $36,9 \pm 28,2 \mu\text{g/l}$.

Por otro lado, también se ha estudiado la exposición a los THMs presentes en el agua del grifo, donde existen tres vías de exposición: ingestión, dérmica e inhalación. Chowdhury introduce también el factor temperatura en este estudio, ya que el riesgo por ingestión se produce con aguas frías mientras que el riesgo por inhalación y dérmico se produce por contacto con agua caliente durante la ducha. Se encontró que el contacto dérmico y por inhalación supone del 25 al 60% de la exposición total a los THMs del agua del grifo y que la frecuencia y tiempo de la ducha aumenta el riesgo de contraer cáncer por exposición a las THMs del agua del grifo (Chowdhury, 2013).

2.6. METODOLOGÍA DE CONTROL DE TRIHALOMETANOS.

El control analítico rutinario de los trihalometanos en aguas es la herramienta fundamental para garantizar la calidad sanitaria de éstas. Además nos permite

asegurar el cumplimiento de los niveles guía dados por la OMS y sobre todo de los valores paramétricos establecidos por la Directiva 98/83/CE y su transposición al R.D. 140/2003. Sin equipos instrumentales apropiados, actualizadas metodologías analíticas y personal adecuadamente formado, difícilmente se podrá afrontar las tolerancias cada vez más bajas impuestas por la UE.

Debido a la relevancia del análisis de trihalometanos para la salud de los consumidores, hay una continua necesidad de revisión en busca de nuevos métodos analíticos que sean fiables, más sensibles y más selectivos, de forma que permitan el cumplimiento de los requisitos establecidos en los reglamentos nacionales e internacionales. La fiabilidad de un método la asegura un correcto procedimiento de validación. Y como la validez de los resultados depende fundamentalmente del protocolo que se sigue en los métodos analíticos, sería aconsejable la utilización de métodos armonizados en todos los laboratorios.

En el análisis de trihalometanos en aguas, el objetivo principal para el desarrollo de un nuevo método analítico es obtener un procedimiento que cumpla científicamente los criterios establecidos en la validación, para que el método sea ampliamente aceptado y utilizado para determinar el cumplimiento de los valores paramétricos establecidos en las normativas. Otros aspectos que se deben considerar en la aceptabilidad de un nuevo método es que sea económico, sencillo y rápido.

La aceptabilidad de los resultados analíticos se corresponde directamente con los criterios fijados a priori para validar el método. Estos criterios son complementarios a las exigencias de la norma ISO/IEC 17025:2005 . Esta norma europea especifica los requisitos generales en las competencias para llevar a cabo ensayos y/o calibraciones, incluida la toma de muestras; cubriendo los ensayos y calibraciones realizados mediante métodos estandarizados, métodos no estandarizados y aquellos desarrollados en los laboratorios .

La técnica utilizada para la cuantificación de los trihalometanos, desde el inicio de su control, ha sido la cromatografía de gases, evolucionando los detectores utilizados del captura de electrones (ECD) al detector de espectrometría de masas (MS) (Hernández et al., 2011).

En lo referente a la preparación de la muestra para su posterior inyección en el cromatógrafo existen diversas variantes. Además, la preparación de la muestra es una de las fases más críticas del análisis. En este proceso los trihalometanos son separados de agua y preconcentrados para mejorar la selectividad, sensibilidad, exactitud y precisión del análisis. Entre las técnicas más empleadas para la determinación de estos compuestos en matrices acuosas cabe destacar las siguientes:

- 1) Inyección acuosa directa. Consiste en la inyección directa de la muestra sin preconcentración, por lo que se produce una menor pérdida de compuestos volátiles, aunque esta técnica implica un deterioro más rápido de la columna por los volátiles y las sales inorgánicas (Polkowska, 2004).
- 2) Extracción líquido-líquido. Utilización de disolventes de diferente polaridad para producir una partición de los compuestos de interés y posterior inyección del disolvente (Nikolau et al., 2002).
- 3) Técnica de espacio de cabeza (Headspace). La principal ventaja de esta técnica es la volatilización, en vial cerrado, de la muestra y posterior inyección del gas generado en el espacio de cabeza. La manipulación de la muestra es mínima por lo que se disminuye el error cometido. Dentro de esta técnica, la más utilizada es la de HS-SPME (Headspace Solid Phase MicroExtraction), que consiste en la captación de los volátiles del espacio de cabeza por una fibra de sílice recubierta por un polímero y posterior desorción de los mismos en el inyector del cromatógrafo (Perez et al., 2008).

- 4) Técnica de muestreo de membrana o microextracción en fase líquida (HF-LPME). Donde se utiliza una membrana de fibra hueca que puede ser automatizada y no utiliza disolventes. La introducción de los analitos se realiza directamente a través de la membrana por medio de un proceso llamado pervaporación, consiguiendo rebajar los límites de detección (Cardador, 2014).

Por todo lo anteriormente expuesto, el trabajo desarrollado en esta Memoria pretende aportar nuevos datos sobre el efecto que cada etapa del procesado industrial de conservas vegetales tiene sobre la formación de trihalometanos y compara su generación en los distintos tipos de circuitos de refrigeración.



3. EXPERIMENTAL.

3. EXPERIMENTAL.

3.1. PLANTEAMIENTO Y ESQUEMA DE TRABAJO.

El trabajo experimental desarrollado en la presente Memoria, se ha realizado en tres fases, tal y como se expone en la figura 3.1.

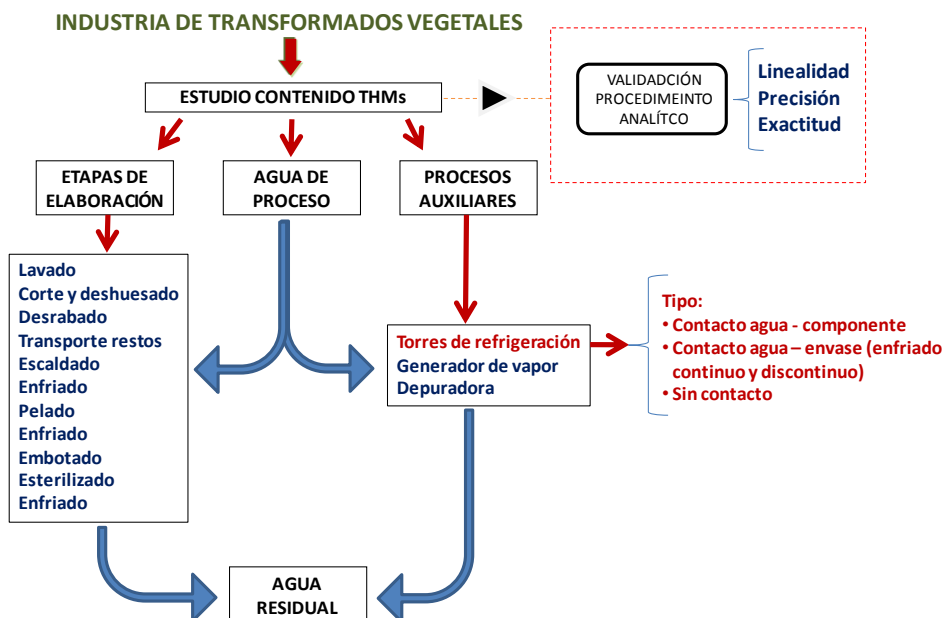


Figura 3.1.-Esquema de trabajo.

Dado que el objeto fundamental del trabajo es el estudio de la generación de trihalometanos en las distintas etapas de la elaboración de transformados vegetales y sus procesos auxiliares en la industria alimentaria, el primer estudio ha consistido en la validación de la metodología analítica para el control de trihalometanos en aguas de consumo y residuales. El segundo estudio se centra en la determinación de estos compuestos, generados en las distintas etapas de elaboración de conservas vegetales, haciendo especial hincapié en el proceso de refrigeración; también se controla el efecto de la depuración en la presencia de THMs y su eliminación a través de los lodos. Finalmente, y debido a que la mayoría de los THMs se generan en la etapa de refrigeración, en un tercer estudio se determina el grado de formación de los mismos en función del tipo de torre de refrigeración estudiada.

3.2. MATERIALES DE ESTUDIO.

3.2.1. AGUAS Y LODOS.

Los materiales utilizados en este estudio fueron: aguas de consumo, tanto de la red pública como de pozos propios de las principales empresas conserveras de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia; así como aguas residuales, tomadas en las distintas etapas de elaboración de las conservas vegetales y aguas depuradas de estas industrias y los lodos generados en las mismas.

3.2.2. TRIHALOMETANOS.

Como estándar analítico para el control de trihalometanos se utilizó una mezcla de 200 µg/ml de cada uno de los cuatro THMs estudiados en metanol (Bromodiclorometano, Bromoformo, Cloroformo, Dibromoclorometano) proporcionada por el Dr. Ehrenstorfer.

3.3. MUESTREO

3.3.1. TOMA DE MUESTRAS DURANTE EL PROCESADO INDUSTRIAL.

Inicialmente se muestrearon 135 muestras de aguas de consumo de un total de 32 industrias conserveras. El agua fue tomada de la red pública a la entrada de las instalaciones industriales. Estas aguas son las que se utilizan en las distintas fases del proceso de elaboración de conservas; y se muestrearon para determinar las características objeto de este estudio en el agua de entrada y contrastarla con el agua residual que se obtiene después del procesado. Los análisis realizados fueron: cloro residual, carbono orgánico total (COT) y trihalometanos.

También se han caracterizado estos parámetros, además del pH, en el agua residual obtenida tras cada fase del proceso de elaboración de distintos tipos de conservas, concretamente de alcachofa, mandarina, albaricoque, melocotón y pimiento. Las fases muestreadas fueron: lavado de materia prima, escaldado y posterior enfriado, corte y troceado, pelado químico, desgajado, esterilizado y posterior enfriado, transporte de restos orgánicos, entrada y salida depuradora y limpieza instalaciones. Para la elaboración de conserva de mandarina, alcachofa, pimiento y melocotón, se realizaron dos muestreos sobre 11, 10, 9 y 9 fases del procesado, respectivamente; para albaricoque sólo se realizó un muestreo y en 8 fases del procesado.

Debido a que los resultados obtenidos en la etapa de enfriamiento después de la esterilización presentaban una mayor frecuencia de resultados positivos que en las otras fases, probablemente motivado por las características del tratamiento del agua en esta fase (se utilizan torres de refrigeración que continuamente están recirculando y clorando el agua utilizada en el enfriamiento), circunstancias que conjuntamente con la contaminación orgánica, confieren a esta fase una especial relevancia en la generación de THMs, se realizó un muestreo adicional de un total de 64 muestras de las torres de

refrigeración utilizadas en las industrias conserveras estudiadas en el apartado anterior. Los parámetros analizados fueron los mismos que en las aguas residuales de cada fase, excepto el pH.

Asimismo, se muestrearon un total de 100 aguas residuales, procedentes de 16 industrias conserveras, generadas en diferentes campañas (en concreto en las de alcachofa, mandarina, pera, pimiento, fresa, albaricoque y melocotón). Del total de muestras estudiadas, la mitad fueron aguas residuales antes de entrar en la depuradora y la otra mitad a la salida de la misma. Al igual que en el caso anterior los parámetros analizados fueron: cloro residual, carbono orgánico total y trihalometanos.

Finalmente se analizó el contenido en THMs en un total de 36 lodos de depuradora. Todos ellos se corresponden con depuradoras de tipo biológico y se han muestreado simultáneamente con la toma de muestras de aguas residuales de entrada y salida de la depuradora. El número de muestras de lodos es menor que el de aguas residuales de entrada y salida (50 de cada una) porque no siempre fue posible tomar muestras de lodo.

3.3.2. TOMA DE MUESTRAS EN DISTINTOS TIPOS DE TORRES DE REFRIGERACIÓN.

En este apartado, se profundiza en el efecto que los diferentes tipos de diseño de torre de refrigeración tiene sobre el contenido en THMs de las aguas residuales producidas durante la fase de enfriamiento, tras la esterilización de las conservas. Para ello, se muestrearon en 10 empresas, 16 torres (algunas empresas disponían de más de una) con cuatro diseños de circuito de refrigeración diferentes, el total de muestras analizadas fue de 25, ya que en alguna torre se tomaron varias muestras en distintos días.

Como hemos indicado en las 16 torres muestreadas podemos encontrar cuatro posibles diseños de circuitos de refrigeración, que a efectos de trabajo los vamos a denominar como:

- **Circuito tipo 1:** ponen en contacto componentes del producto con el agua de refrigeración (concentración de cremogenados de frutas y hortalizas)
- **Circuito tipo 2:** pone en contacto los botes con el agua de refrigeración (enfriamiento en discontinuo después de la esterilización)
- **Circuito tipo 3:** pone en contacto los botes con el agua de refrigeración (enfriamiento en continuo después de la esterilización)
- **Circuito tipo 4:** no pone en contacto nada con el agua de refrigeración (enfriamiento después de la esterilización utilizando un intercambiador de calor)

3.4. MÉTODOS.

3.4.1. TRIHALOMETANOS.

Se ha utilizado la metodología de análisis de THMs en aguas de consumo, para la que está optimizada y se ha adaptado tanto a matrices de aguas residuales con carga orgánica variable, como a matrices de lodos de depuradora.

El método analítico desarrollado está basado en la cromatografía de gases con detector selectivo de masas con el sistema RTL (retention time locking) que mejora notablemente la calidad de los análisis, obteniendo límites de cuantificación similares a los cuantificados por un detector específico (ECD), con la ventaja, que en una sola inyección de la muestra se puede cuantificar a límites adecuados y confirmar los resultados.

La cuantificación se realizó con un cromatógrafo de Gases- Masas HP-6890, dotado del sistema RTL, con un sistema de inyección multiposicional (Gerstel Multi Purpose Sampler-MPS) y dotado de espacio de cabeza (Head Space-HS).

Las condiciones analíticas del cromatógrafo fueron las siguientes:

- Inyector Split-Splitless
- Temperatura del inyector: 200 °C
- Gas portador : Helio
- Presión: 20 psi
- Split ratio 1:1
- Columna HP 5-MS (30 m x 0,25 mm x 0,25 μ m)
- Temperatura del detector: 250 °C
- Modo de adquisición: SIM
- Volumen de inyección: 250 μ l
- La rampa de temperatura utilizada en el horno fue la siguiente: temperatura inicial de 35°C mantenida durante 3 minutos, con un aumento de velocidad de 15°C/min hasta 70°C, y posterior aumento a 45°C/min hasta 250°C.

El cromatograma tiene una duración de 9,33 minutos. Los distintos THMs se cuantifican mediante un método SIM (Selected Ion Monitoring), en función del tiempo de retención (t_r) y del ión precursor (Target ion), y la confirmación se realiza en base a tres de sus iones característicos, utilizados como cualificadores. En la tabla 3.1 se muestran los tiempos de retención (t_r) de los distintos THMs analizados y las relaciones de carga/masa de sus iones característicos (Q) y de su ión precursor (Target ion):

Tabla 3.1.- *Tiempos de retención, iones precursores e iones cualificadores de los THMs estudiados.*

Trihalometano	tr (min)	Target ion	Q₁	Q₂	Q₃
Cloroformo	2	83	85	47	48
Bromodiclorometano	3	83	85	47	48
Dibromoclorometano	4.6	129	127	131	48
Bromoformo	6	173	175	171	93

El proceso de extracción de los THMs fue el siguiente: 10 ml de la muestra de agua se trata previamente con 0,1 g de tiosulfato sódico, para eliminar las interferencias provocadas por el cloro libre, posteriormente, la muestra se introduce en un vial de cristal con 2 gramos de sulfato sódico e inmediatamente se encapsula y se agita para su análisis mediante un sistema de espacio de cabeza (Headspace) donde la muestra es agitada y calentada durante 15 minutos, provocando que los THMs que son volátiles queden en la parte superior del vial en forma gaseosa. Los lodos se analizan tratándolos de igual manera que un agua residual, pero previamente se realiza una dilución 1:5 con agua destilada y se agita durante dos horas.

3.4.2. CARBONO ORGÁNICO TOTAL (COT).

La determinación de carbono orgánico total, engloba a compuestos orgánicos fijos y volátiles presentes en el agua, entre ellos materia orgánica natural en descomposición y compuestos químicos sintéticos.

El método consiste en una oxidación catalítica a una temperatura superior a 650°C, donde los elementos carbonados dan anhídrido carbónico que se determina en un analizador de infrarrojos. El carbono de origen mineral se elimina previamente, acidificando las muestras a $\text{pH} \leq 2$. En concreto, en nuestro caso la fracción de carbono inorgánico se elimina previamente por acidificación de las muestras a $\text{pH} \leq 2$ con ácido clorhídrico 2M, lo que garantiza que todos los carbonatos y bicarbonatos se convierten en CO_2 al desplazarse totalmente el equilibrio; a continuación se purga la muestra con

un gas puro para eliminar ese CO₂. La muestra de agua, libre de carbono inorgánico, se inyecta en una cámara de reacción, a 680°C, rellena con un catalizador oxidante, previamente atraviesa un filtro de halógeno, debido a que el catalizador se envenena fácilmente con la presencia de halógenos. El agua se vaporiza y el carbono orgánico se oxida a CO₂. Éste se transporta, en corriente de aire, y se mide en un analizador de infrarrojos no dispersivo.

La cuantificación se llevó a cabo con un Analizador de Carbono Orgánico Total Shimadzu TOC 5050 (figura 3.2.), previamente calibrado con una disolución patrón y cuyas condiciones de trabajo fueron:

- Temperatura horno: >650°C
- Volumen inyección: 250 µl
- Velocidad de inyección: 0.5 ml/min
- Flujo de aire: 130 ml/min



Figura 3.2.- Analizador de Carbono Orgánico Total Shimadzu TOC 5050.

3.4.3. pH.

La medida del pH consiste en el cálculo de la concentración de iones hidrógeno libres de la muestra a través de una medida potenciométrica y su posterior conversión a una escala logarítmica. Para ello, disponemos de un pHmetro Crison modelo GLP 21, con electrodo Crison modelo 5014 y sonda C.A.T pt 1000 (figura 3.3). Para la calibración

y verificación del mismo se utilizan soluciones tampón certificadas (Crison) de pH 3, 4, 5, 7, 8, 9 y 10.



Figura 3.3.- pHmetro Crison modelo GLP 21.

Previo a la medida de las muestras de agua se calibra el pHmetro con tampones 4, 7 y 9; una vez calibrado se verifica con los tampones 3, 5, 8 y 10. El valor del pH de la muestra se mide a $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. El ensayo se efectuó por duplicado y se aceptó el valor cuando la diferencia entre las dos medidas era menor de 0.03 unidades de pH.

3.4.4. CLORO RESIDUAL LIBRE Y COMBINADO.

La determinación de cloro residual en las aguas se realizó mediante volumetría usando como indicador el dietil-p-fenilen diamina (DPD) y como reactivo valorante una disolución de sulfato ferroso amoniacal, ya que nos permite valorar exactamente el contenido en cloro residual libre del agua, separadamente del contenido en cloro residual combinado.

En nuestro estudio sólo se determinó el cloro libre residual, siguiendo la siguiente metodología: en un matraz se toman 100ml de agua, se le añaden 5ml de solución reguladora (Tampón fosfato) y 5ml de DPD. Se agita en placa y se valora inmediatamente con la sal de Mohr ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).

3.5. ESTUDIO 1: VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE TRIHALOMETANOS.

En este apartado se expone la validación del método para el análisis de los cuatro trihalometanos en matriz de aguas residuales por el procedimiento analítico descrito anteriormente. En la figura 3.4 se muestra un ejemplo de un cromatograma de gases-masas en el que se visualizan los picos cromatográficos y el tiempo de retención de todos los compuestos analizados y otros THMs que no son objeto de nuestro estudio.

Para la validación del método se utilizaron patrones de calibración que se prepararon partiendo de un multipatrón certificado proporcionado por el Dr. Ehrenstorfer, con una concentración en cada uno de los trihalometanos estudiados de 200 mg/l en metanol. A partir de este multipatrón se prepara otro, mediante dilución con agua, de concentración 10 mg/l y de éste, mediante diluciones seriadas de agua en matraces de 10 ml, se preparan patrones que van desde 0,05 a 1,0 mg/l que se introducen en los viales de vidrio con 2 gramos de sulfato sódico.

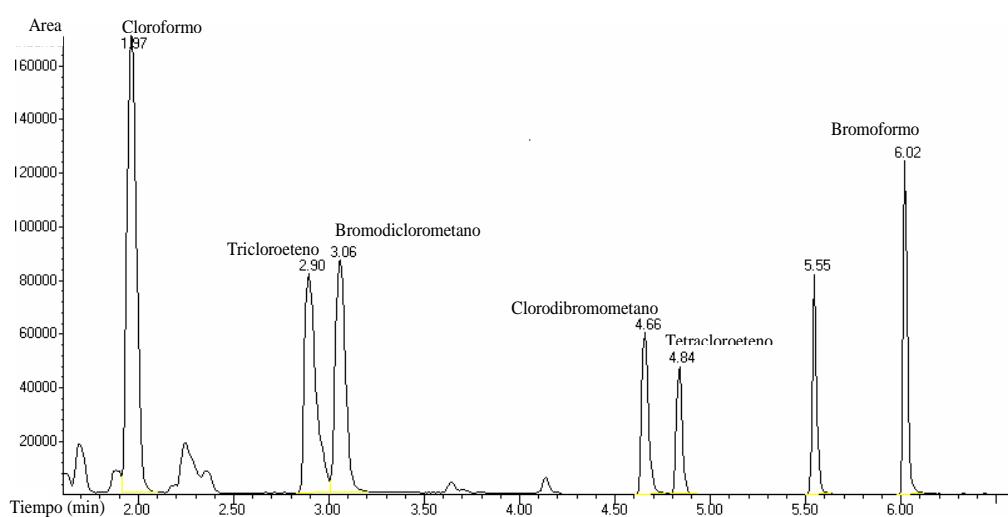


Figura 3.4.- Ejemplo de cromatograma de un patrón de 0,5 ppm en matriz de agua residual.

3.5.1.- LINEALIDAD Y LÍMITE DE DETECCIÓN.

Se ha estudiado la linealidad del método mediante la inyección de cinco repeticiones con patrones de concentraciones de 0,05; 0,1; 0,3; 0,5 y 1,0 ppm de cada uno de los compuestos estudiados en matriz de agua residual exenta de trihalometanos y en distintos días, preparando los patrones según lo descrito en el apartado anterior. Se ha establecido el rango lineal hasta 1,0 mg/l. Se ha considerado como criterio de aceptación para las rectas de calibrado un $r^2 \geq 0,995$ y se ha determinado el límite de detección (LD) según la siguiente definición: menor concentración de disolución de patrón que puede ser detectada en las condiciones experimentales del instrumento utilizado, teniendo en cuenta que la respuesta dada presente una relación señal/ruido > 3 .

En la tabla 3.2 se muestran los valores medios de la pendiente y ordenada de las rectas de calibrado obtenidas en el estudio de linealidad para cada THM, los coeficientes de correlación y los LD obtenidos en el estudio de validación del método de análisis de trihalometanos en aguas residuales.

Tabla 3.2.- Rectas de calibrado, coeficientes de correlación (r^2) y límites de detección de trihalometanos en matriz de agua residual.

THMs	Rectas	r^2	LD (ng)
Cl₃CH	$y = 6272131x - 168873$	0,998	0,010
BrCl₂CH	$y = 4749203x - 46272$	0,999	0,004
ClBr₂CH	$y = 2865602x - 41589$	0,998	0,006
Br₃CH	$y = 1757341x - 22704$	0,998	0,005

Para todos los compuestos estudiados los coeficientes de correlación son superiores al valor adoptado como criterio de aceptación ($r^2 \geq 0,995$) y en función de los límites de detección calculados, se consideró como LD teórico, para cada uno de ellos, el valor de 0,01 ng. También, hemos adoptado como límite de cuantificación

teórico el valor mínimo de la recta de calibrado, es decir 0,05 mg/l, valor inferior al establecido en la normativa como valor máximo permitido en aguas (0,1 mg/l).

En la tabla 3.3 se establecen los intervalos de ordenada en el origen ($b \pm 2$ veces la desviación estándar) y pendiente ($m \pm 2$ veces la desviación estándar), calculados en el estudio de rectas de la validación, que sirven como criterio para la aceptación de las rectas de calibrado de cada secuencia de análisis en los distintos estudios realizados en esta Memoria.

Tabla 3.3.- Intervalos de ordenada en el origen y pendiente para aceptación de las rectas de calibrado.

THMs	b-2DS	b+2DS	m-2DS	m+2DS
Cl₃CH	-426910.81	89164.81	-5141868.52	17686130.52
BrCl₂CH	-311710.28	219165.48	-1553364.20	11051771.80
ClBr₂CH	-153108.79	69930.79	898125.19	4833080.41
Br₃CH	-68630.74	23221.94	549979.54	2964704.06

3.5.2.- PRECISIÓN (REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD).

La repetibilidad nos permite determinar el grado de concordancia entre los resultados de mediciones obtenidas de forma independiente bajo unas mismas condiciones experimentales y por un mismo operador; para el cálculo de este parámetro se han realizado de forma consecutiva cinco pinchazos de una muestra de agua residual exenta de trihalometanos y fortificada con un multipatrón de éstos a concentraciones que estén incluidas en el rango de linealidad de la recta de calibrado (en este caso se han ensayado muestras con 0,05; 0,5 y 1,0 mg/l de cada uno de los trihalometanos estudiados). Con los datos obtenidos se ha determinado el coeficiente de variación (% CV), aceptando como válido un coeficiente de variación igual o inferior al 20%.

En la tabla 3.4 se muestran los coeficientes de variación para las tres concentraciones ensayadas.

Tabla 3.4.- Coeficientes de variación (%CV) en el cálculo de la repetibilidad.

THMs	% CV (Repetibilidad)		
	0,05 (mg/l)	0,5 (mg/l)	1,0 (mg/l)
Cl₃CH	12,41	3,39	6,26
BrCl₂CH	11,81	3,22	4,33
ClBr₂CH	7,66	3,38	7,94
Br₃CH	10,52	4,69	3,29

Como podemos observar los coeficientes de variación de la repetibilidad obtenidos para los cuatro trihalometanos estudiados y en las tres concentraciones consideradas están por debajo del valor marcado, por nosotros, como criterio de aceptación/rechazo. Los coeficientes de variación son ligeramente más elevados para la concentración de 0,05 mg/l que para las otras dos concentraciones pero también por debajo del límite de aceptación ($CV \leq 20\%$).

En el estudio de la reproducibilidad, se analizaron cinco muestras iguales, en días diferentes, manteniendo el mismo operador y sistema analítico. También, se realizó el estudio con agua residual exenta de trihalometanos, fortificada con ellos a tres concentraciones (0,05; 0,5 y 1,0 mg/l). El criterio de aceptación fue el mismo que para la repetibilidad ($CV \leq 20\%$). La Tabla 3.5 nos muestra los valores de coeficiente de variación en el estudio de reproducibilidad para las tres concentraciones ensayadas.

Al igual que ocurre para la repetibilidad, en todos los casos los valores del coeficiente de variación son inferiores al 20%, e incluso son menores que los obtenidos para repetibilidad, excepto para la concentración de 0,5 mg/l, donde son ligeramente superiores.

Tabla 3.5.- Coeficientes de variación (%CV) en el cálculo de la reproducibilidad.

THMs	% CV (Reproducibilidad)		
	0,05 (mg/l)	0,5 (mg/l)	1,0 (mg/l)
Cl₃CH	9,02	5,29	2,63
BrCl₂CH	5,64	4,54	3,39
ClBr₂CH	7,11	2,26	6,06
Br₃CH	5,80	4,35	2,29

3.5.3.- EXACTITUD.

Para el cálculo de la exactitud se ha procedido al análisis de muestras de aguas residuales fortificadas a los mismos niveles que en el estudio de precisión y con las mismas repeticiones (cinco). La exactitud del método se ha realizado en condiciones de reproducibilidad. De la comparación de los resultados obtenidos con el valor teórico fortificado se han calculado los porcentajes de recuperación para cada uno de los THMs estudiados. Para establecer un criterio de aceptación hemos seguido normativas internacionales (AOAC, SANCO, etc.) ampliamente utilizadas en laboratorios europeos que llevan a cabo este tipo de estudios (DG Sanco, 2013). En nuestro caso, hemos definido como porcentaje de recuperación aceptable el intervalo comprendido entre 70-120%. En la tabla 3.6 se observan los porcentajes medios de recuperación para cada compuesto y en los tres niveles de fortificación.

Tabla 3.6.- Porcentaje de recuperación medios en el estudio de exactitud del método.

THMs	% Recuperación (Reproducibilidad)		
	0,05 (mg/l)	0,5 (mg/l)	1,0 (mg/l)
Cl₃CH	104,8	101,4	102,4
BrCl₂CH	98,4	102,2	102,8
ClBr₂CH	110,0	102,1	105,5
Br₃CH	91,2	100,7	99,0

En todos los casos, los valores de recuperación medios se encuentran dentro del intervalo de aceptación fijado, siendo el valor más bajo 91,2% y el más alto de 110,0 %, ambos en el nivel del límite de cuantificación. Aunque no hemos aportado los datos en la tabla, ningún valor individual supera el intervalo establecido de 70-120%.

Como conclusión final de este primer estudio, podemos afirmar que el método utilizado para la determinación de trihalometanos en aguas residuales es lineal, preciso y exacto en el rango de trabajo establecido. Por ello, los datos de la validación realizada, junto con los controles de calidad que se introducen en cada secuencia de análisis, muestran que el método es fiable y robusto para su utilización en rutina.

3.6. ESTUDIO 2: INFLUENCIA DEL PROCESADO INDUSTRIAL EN LA FORMACIÓN DE TRIHALOMETANOS.

Como se ha indicado en los antecedentes, la formación de los THMs en las aguas desinfectadas mediante la cloración es debida a la reacción del cloro con ciertos precursores orgánicos disueltos en las aguas tratadas. Entre los responsables de la formación de los THMs se encuentran las sustancias húmicas (ácidos húmicos, fúlvicos y huminas) presentes en el agua que proceden de la degradación de materia orgánica de origen vegetal y/o animal; otros precursores, son compuestos con algunos grupos químicos tales como ácidos carboxílicos alifáticos, ácidos hidroxibenzóicos, fenoles y derivados de pirroles, siendo éstos componentes de muchas sustancias naturales, entre ellas, determinados pigmentos (clorofilas y xantofilas) de plantas superiores y algas.

Por lo tanto, para prevenir la formación de subproductos de la cloración (THMs), la materia orgánica natural y/o disuelta debe ser eliminada del agua antes de la adición de cloro. Sin embargo, en la industria conservera, muchas veces el agua se reutiliza previa cloración, sin la eliminación de la materia orgánica disuelta tras el procesado industrial en el que se ha utilizado.

Por ello, el objeto de este estudio es determinar el contenido de trihalometanos en muestras de aguas residuales y lodos de depuradora generados en la elaboración de conservas vegetales y en las aguas utilizadas en distintas fases de su procesado industrial, con el fin comprobar, para distintas matrices vegetales, que fases del procesado contienen mayor concentración en THMs y en qué proporción pueden ser eliminados durante la depuración de las aguas residuales.

3.6.1.- ESQUEMAS DE PROCESOS.

En la figura 3.5 se esquematiza un diagrama general de las principales etapas de elaboración de distintas conservas vegetales objeto de nuestro estudio.

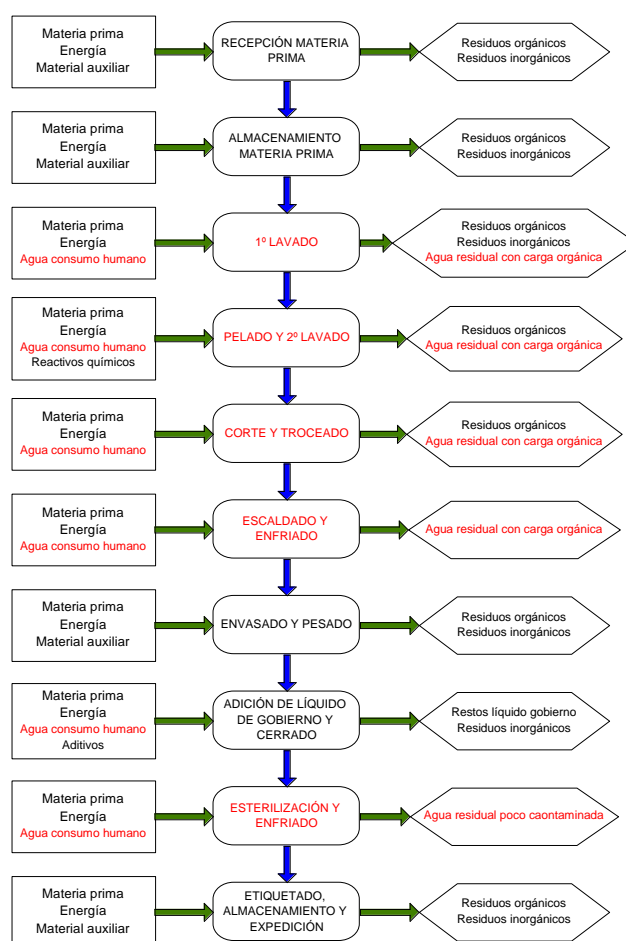


Figura 3.5.- Diagrama de flujo general de la elaboración de conservas.

En la figura 3.6 se muestran los principales procesos auxiliares en la industria conservera.

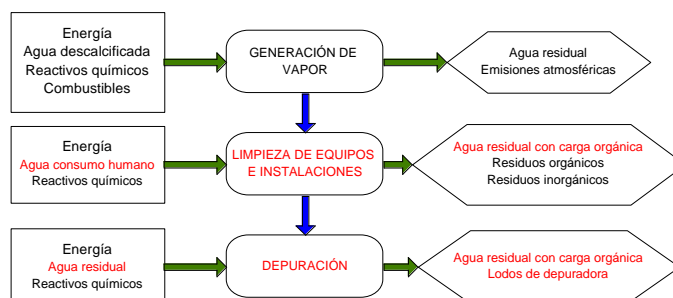


Figura 3.6.- Diagrama de los procesos auxiliares en la industria conservera.

En función de los gráficos anteriores se han seleccionado las fases críticas (marcadas en los gráficos en rojo) para la toma de muestras de agua residual, procesos con mayor posibilidad de encontrar THMs, tal y como se indica en el apartado 3.3.1 de la parte experimental.

3.6.2.- NIVELES DE THMs EN AGUAS DE CONSUMO HUMANO.

En este apartado se estudian los niveles de cloro residual, carbono orgánico total y trihalometanos para las 135 muestras de agua de consumo humano tomadas a la entrada de 32 empresas conserveras de la Región de Murcia, utilizadas para la mayor parte de las fases del proceso de elaboración de las distintas conservas vegetales (en realidad para todas las etapas, lo que ocurre es que para algunas etapas se realiza algún tratamiento adicional como descalcificación, cloración, ósmosis, etc). Estas muestras corresponden en su mayoría a agua de la red pública, pero algunas de ellas provienen de pozos propios de la empresa, que cloraban y almacenaban para consumo humano.

Los resultados obtenidos se exponen en la tabla 3.7. En la misma se observa que un 52,6% de las aguas presentan un contenido en cloro residual por debajo de 0,5

ppm y más de un 80 % están por debajo de 1 mg/L. Como es lógico la concentración de carbono orgánico total en las aguas de consumo es baja, en realidad menos de un 10 % pasan de 10 ppm y casi el 30 % contiene niveles por debajo de 1 mg/L. De todas las muestras analizadas un 86,7% tienen un contenido en trihalometanos por debajo del establecido en la normativa (100 ppb) y aproximadamente el 14 % tenían contenidos por encima del límite legal, en general, se corresponden con aguas de pozo cloradas y almacenadas por la propia industria, aunque en algunos casos eran aguas de red suministradas por los municipios.

Tabla 3.7.- Concentraciones de cloro residual, COT y trihalometanos en aguas de consumo a la entrada de fábrica.

Cloro libre residual (mg/l)						
% de muestras con diferentes concentraciones						
< 0,2	0,2-0,5	0,5-1	1-1,5	1,5-2	2-3	> 3
44	27	42	9	6	3	4
muestras	muestras	muestras	muestras	muestras	muestras	muestras
32,6 %	20,0 %	31,1 %	6,7 %	4,4 %	2,2 %	3,0 %
COT (mg/l)						
% de muestras con diferentes concentraciones						
< 1		1-5		5-10		> 10
39 muestras		58 muestras		26 muestras		12 muestras
28,9 %		43,0 %		19,3 %		8,9 %
Trihalometanos (ppb)						
% de muestras con diferentes concentraciones						
< 100		100 - 500			> 500	
117 muestras		17 muestras			1 muestras	
86,7 %		12,6 %			0,7 %	

En la tabla 3.8 se muestran los valores puntuales de las muestras de trihalometanos que han superado el límite legal de 100 ppb; además también se exponen los niveles de cloro residual y carbono orgánico total para esas muestras. De los resultados obtenidos se observa que no existe una correlación entre el contenido en THMs con los de COT y cloro residual, ya que contenidos mayores o menores en

COT o cloro residual no se corresponden con un mayor o menor contenido en THMs, posiblemente esté más relacionado con el tipo de materia orgánica que con la concentración de la misma en el agua, teniendo en cuenta que siempre estamos en niveles muy bajos de carbono orgánico total.

Tabla 3.8.- Concentraciones de cloro residual, COT y trihalometanos en las aguas de consumo que superan el límite legal de trihalometanos.

THM (ppb)	COT (mg/l)	Cloro res. (mg/l)
211	4	< 0.1
201	< 1	< 0.1
402	< 1	0.2
318	2	0.3
242	< 1	0.4
209	< 1	< 0.1
309	< 1	0.3
762	5	< 0.1
258	2	0.8
186	< 1	0.4
500	< 1	0.3
322	3	0.3
286	2	< 0.1
446	4	0.2
266	< 1	0.4
124	< 1	< 0.1
139	< 1	< 0.1
115	<1	<0.1

3.6.3.- INFLUENCIA DE LAS DISTINTAS FASES DEL PROCESADO INDUSTRIAL EN LOS NIVELES DE THMs EN AGUAS RESIDUALES.

Para caracterizar la influencia de cada fase de elaboración de conservas en la presencia de trihalometanos en el agua residual generada en cada una de estas

etapas, se realizó un muestreo sobre cinco tipos de conserva: mandarina, alcachofa, pimienta, melocotón y albaricoque. Para todos ellos, excepto el albaricoque se llevaron a cabo 2 muestreos de cada una de las etapas. La mayor o menor selección de etapas a muestrear, como punto crítico, se debe a las singularidades de cada proceso de fabricación de la conserva; por ello, para mandarina se seleccionaron 11, para alcachofa 10, para pimienta y melocotón 9, y para albaricoque 8. Los parámetros analizados para caracterizar estas aguas residuales fueron: pH, cloro residual (en agua de entrada y salida), COT y trihalometanos. En las tablas 3.9 a 3.13 se exponen los resultados, de los parámetros anteriores, de las aguas residuales generadas en las distintas fases de elaboración seleccionadas para cada tipo de conserva vegetal estudiada.

Tabla 3.9.- Niveles de los parámetros estudiados en las aguas residuales generadas en las distintas fases de la elaboración de mandarina.

<i>Campaña:</i>	MANDARINA									
	Cloro entrada (mg/l)		Cloro salida (mg/l)		pH		COT (mg/l)		THMs (ppb)	
	Muestra		Muestra		Muestra		Muestra		Muestra	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Agua de proceso (red)	0,8	0,3	---	---	8,61	8,51	2	3	<100	<100
Lavado materia prima	0,8	0,3	< 0,2	< 0,2	4,65	5,26	740	530	<100	<100
Escaldado	0,8	0,3	< 0,2	< 0,2	4,84	5,12	>1000	>1000	<100	<100
Enfriado después escaldado	0,8	0,3	< 0,2	< 0,2	5,12	5,62	>1000	>1000	<100	<100
Desgajadora	0,8	0,3	< 0,2	< 0,2	4,24	4,06	>1000	820	<100	<100
Pelado Químico-lavado	0,8	0,3	< 0,2	< 0,2	12,68	12,95	>1000	>1000	<100	<100
Embotado y Esterilizado	0,8	0,3	< 0,2	< 0,2	6,85	7,11	114	83	<100	<100
Enfriado después esterilización (Torre de refrigeración)	1,6	2,8	1,3	2,2	8,65	7,95	12	6	>500	380
Transporte restos vegetales (con recirculación)	0,8	0,3	< 0,2	< 0,2	4,16	4,81	>1000	>1000	<100	<100
Entrada depuradora	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	9,62	8,39	>1000	>1000	<100	215
Salida depuradora	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	6,83	6,23	680	560	<100	369

Tabla 3.10.- Niveles de los parámetros estudiados en las aguas residuales generadas en las distintas fases de la elaboración de alcachofa.

<i>Campaña:</i>	ALCACHOFA									
Fases	Cloro entrada (mg/l)		Cloro salida (mg/l)		pH		COT (mg/l)		THMs (ppb)	
	Muestra		Muestra		Muestra		Muestra		Muestra	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Agua de proceso (red)	0,4	0,2	---	---	8,42	8,13	5	2	<100	<100
Escaldado	0,4	0,2	< 0,2	< 0,2	5,90	5,26	>1000	>1000	<100	<100
1º Enfriado después escaldado (con recirculación)	0,4	0,2	< 0,2	< 0,2	5,28	4,95	>1000	>1000	<100	<100
2º Enfriado después escaldado	0,4	0,2	< 0,2	< 0,2	5,88	6,06	220	310	<100	<100
Transporte restos vegetales	0,4	0,2	< 0,2	< 0,2	3,87	3,95	190	350	<100	<100
Desbractado y corte	0,4	0,2	< 0,2	< 0,2	5,26	5,81	>1000	>1000	<100	<100
Embotado y Esterilizado	0,4	0,2	< 0,2	< 0,2	6,91	6,82	83	56	<100	<100
Enfriado después esterilización (Torre de refrigeración)	2,3	2,8	1,9	2,6	8,69	8,72	6	11	> 500	> 500
Entrada depuradora	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	4,54	4,03	>1000	>1000	< 100	< 100
Salida depuradora	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	6,34	6,91	>1000	460	< 100	524

Tabla 3.11.- Niveles de los parámetros estudiados en las aguas residuales generadas en las distintas fases de la elaboración de pimiento.

Campaña:	PIMIENTO									
	Cloro entrada (mg/l)		Cloro salida (mg/l)		pH		COT (mg/l)		THMs (ppb)	
	Muestra		Muestra		Muestra		Muestra		Muestra	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Agua de proceso (red)	0,5	0,7	---	---	8,06	8,16	2	1	<100	<100
Pelado Químico-lavado	0,5	0,7	< 0,2	< 0,2	12,3	12,0	>1000	>1000	<100	<100
Quitapieves-lavado	0,5	0,7	< 0,2	< 0,2	10,5	9,6	340	440	<100	<100
Desrabado-lavado	0,5	0,7	< 0,2	< 0,2	8,6	8,4	270	410	<100	<100
Escaldado - Enfriado después escaldado	0,5	0,7	< 0,2	< 0,2	6,8	6,8	>1000	850	<100	<100
Embotado y Esterilizado	0,5	0,7	< 0,2	< 0,2	7,2	6,8	55	38	<100	<100
Enfriado después esterilización (Torre de refrigeración)	1,8	2,3	0,8	0,7	8,8	8,7	16	8	<100	260
Entrada depuradora	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	9,7	10,1	860	750	<100	<100
Salida depuradora	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	8,4	8,7	260	100	<100	<100

Tabla 3.12.- Niveles de los parámetros estudiados en las aguas residuales generadas en las distintas fases de la elaboración de melocotón.

<i>Campaña:</i>	MELOCOTÓN									
Fases	Cloro entrada (mg/l)		Cloro salida (mg/l)		pH		COT (mg/l)		THMs (ppb)	
	Muestra		Muestra		Muestra		Muestra		Muestra	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Agua de proceso (red)	0,4	0,2	---	---	8,1	8,1	2	3	<100	<100
Lavado	0,4	0,2	< 0,2	< 0,2	6,8	7,1	260	100	<100	<100
Corte y deshuesado	0,4	0,2	< 0,2	< 0,2	6,6	6,3	120	90	<100	<100
Pelado químico-1º lavado	0,4	0,2	< 0,2	< 0,2	11,8	12,2	>1000	>1000	<100	<100
2º y 3º lavado	0,4	0,2	< 0,2	< 0,2	7,6	7,8	190	350	<100	<100
Embotado y Esterilizado	0,4	0,2	< 0,2	< 0,2	7,4	7,3	55	38	<100	<100
Enfriado después esterilización (Torre de refrigeración)	1,6	1,8	0,3	0,5	8,1	7,9	16	8	<100	<100
Entrada depuradora	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	9,6	10,2	>1000	>1000	185	<100
Salida depuradora	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	8,2	8,6	460	320	<100	<100

Tabla 3.13.- Niveles de los parámetros estudiados en las aguas residuales generadas en las distintas fases de la elaboración de albaricoque.

<i>Campaña:</i>	ALBARICOQUE				
Fases	Cloro entrada (mg/l)	Cloro salida (mg/l)	pH	COT (mg/l)	THMs (ppb)
	Muestra	Muestra	Muestra	Muestra	Muestra
	1	1	1	1	1
Agua de proceso (red)	0,2	---	8,6	4	<100
Lavado	0,2	< 0,2	7,1	82	<100
Partido, deshuesado y transporte mitades	0,2	< 0,2	7,9	260	<100
Transporte huesos	0,2	< 0,2	8,0	350	<100
Embotado y Esterilizado	0,2	< 0,2	7,6	36	<100
Enfriado después esterilización (Torre de refrigeración)	2,1	0,4	8,7	16	<100
Entrada depuradora	< 0,2	< 0,2	8,2	760	<100
Salida depuradora	< 0,2	< 0,2	7,2	60	<100

Para todas las campañas muestreadas podemos observar que en todas las fases propiamente dichas del proceso de elaboración (la torre de refrigeración la consideramos una operación auxiliar) el agua de entrada presenta un contenido de cloro residual habitual para un agua de consumo humano (todas las aguas utilizadas en estas operaciones son por ley consideradas aguas de consumo humano) y que todo este cloro se consume durante la actividad de cada fase quedando en todas las ocasiones concentraciones de cloro residual por debajo de 0,2 mg/l. Las distintas fases y operaciones de las campañas muestreadas generan al agua residual un pH diferente según la operación, así nos encontramos pHs muy elevados cuando se utiliza el pelado químico (este se realiza con hidróxido sódico) y los lavados posteriores, además esta etapa confiere un pH elevado a las aguas residuales antes de la entrada en la depuradora, otras etapas proporcionan un pH ácido a las aguas residuales generadas en las mismas (por ejemplo en las campañas de mandarina y alcachofa) y otras no suponen un cambio demasiado significativo de pH entre el agua utilizada y el agua residual generada. El contenido en carbono orgánico total (materia orgánica) de las aguas residuales generadas varía en función de la etapa estudiada, oscilando entre valores de 36 y >1000 mg/l, por lo que, podemos concluir que son concentraciones elevadas y que los máximos niveles se producen en las etapas de escaldado, transporte de restos, desbractado de las hojas de alcachofa, pelado químico, etc., siendo estas fases las principales en el aporte de restos orgánicos a las aguas residuales generadas.

También, se observa que no existe una correlación entre el contenido en materia orgánica en las aguas residuales y la formación de trihalometanos, en todo caso siempre hay suficiente materia orgánica como para que se pueda producir esta reacción, pero es posible que el bajo contenido en cloro residual del agua de salida en las distintas etapas del proceso sea el motivo de la baja formación de trihalometanos en las mayoría de éstas. Esta hipótesis se confirma en las torres de refrigeración, que con un contenido alto de cloro residual y la cloración continuada del agua, incluso con baja contaminación orgánica, es más determinante en la formación de trihalometanos que una alta concentración en COT y bajo contenido en cloro residual.

Por otra parte, las tablas muestran que para todas las campañas estudiadas en la única fase o proceso que se forman trihalometanos, por encima del nivel de 100 ppb, es en la de enfriamiento después de la esterilización mediante la torre de refrigeración, aunque también encontramos, en algunos casos, valores superiores a este nivel en las aguas de entrada y salida de la depuradora. Lo anterior, puede ser debido a lo expuesto en el apartado anterior, es decir que la cloración continuada en las torres de refrigeración favorezca la reacción de formación de THMs. En todas las demás fases la concentración de trihalometanos está por debajo de 100 ppb con independencia del contenido en carbono orgánico que contenga las aguas residuales, de su pH y de su temperatura, hay que pensar que hay etapas que elevan notablemente la temperatura como el escaldado y la esterilización y en estas etapas tampoco se generan THMs. La materia orgánica precursora de la formación de THMs debe ser humificada (Camargo y Cruz, 1999); en nuestro caso no ocurre ésto, ya que la materia orgánica procede en su totalidad de productos vegetales frescos y posiblemente no sea la adecuada para formar THMs.

Por lo tanto, la presencia de THMs en alguna de las aguas residuales globales generadas por las diferentes campañas no parece ser debido, presumiblemente a las etapas o a las purgas de la torre de refrigeración (es necesario destacar que las aguas residuales procedentes de las purgas de la torre de refrigeración no son vertidas diariamente sino que depende del mantenimiento de la torre), lo que parece indicar que los trihalometanos presentes en las aguas residuales antes de su entrada en la depuradora, suma de la generada en todas las etapas y procesos realizados en la empresa, y en la salida de la depuradora deben formarse posteriormente y no inmediatamente después de cada etapa. En el caso de una de las dos aguas residuales posterior a la depuración, la de mayor contenido en THMs, hay que señalar que sufre un proceso de cloración para su desinfección y posterior reutilización agrícola, posiblemente sea esta la causa de su alto contenido en THMs.

Como conclusión, de los datos obtenidos en las tablas 3.9 a 3.13, podemos afirmar que el contenido de trihalometanos en las aguas residuales, suma de todas las producidas en las distintas fases y generadas en la elaboración de conservas vegetales es en general bajo o muy bajo, para todos los muestreos y productos estudiados. Prácticamente todas tienen contenidos en THMs por debajo de 100 ppb. En realidad, si cuantificásemos el contenido que ha salido en los análisis la mayoría de las aguas residuales estarían por debajo de 50 ppb. Es importante destacar que estamos tratando con aguas residuales y que el límite establecido de <100 ppb es para aguas de consumo, que es en todo caso un límite bajo para las aguas residuales.

Para una mejor comprensión de los datos obtenidos y de la interrelación entre la presencia de cloro y materia orgánica (COT) en la formación de los trihalometanos, en las figuras 3.7 a 3.10 se han representado los tres parámetros en cada una de las fases del proceso industrial para los distintos productos vegetales estudiados. Así la figura 3.7 nos muestra los contenidos de estos parámetros en el pretratamiento de la materia prima (corte, transporte, deshuesado, etc.). La figura 3.8, nos aporta los contenidos para las etapas de lavado tras pelado químico. La siguiente, figura 3.9, nos indica el contenido para el escaldado y posterior lavado, y por último, la figura 3.10 nos presenta los datos del agua de proceso y las etapas de lavado de la materia prima y del embotado y escaldado. También en la figura 3.11 se exponen los datos para estos tres parámetros en las torres de enfriamiento y en el sistema de depuración de las aguas residuales recolectadas en cada etapa.

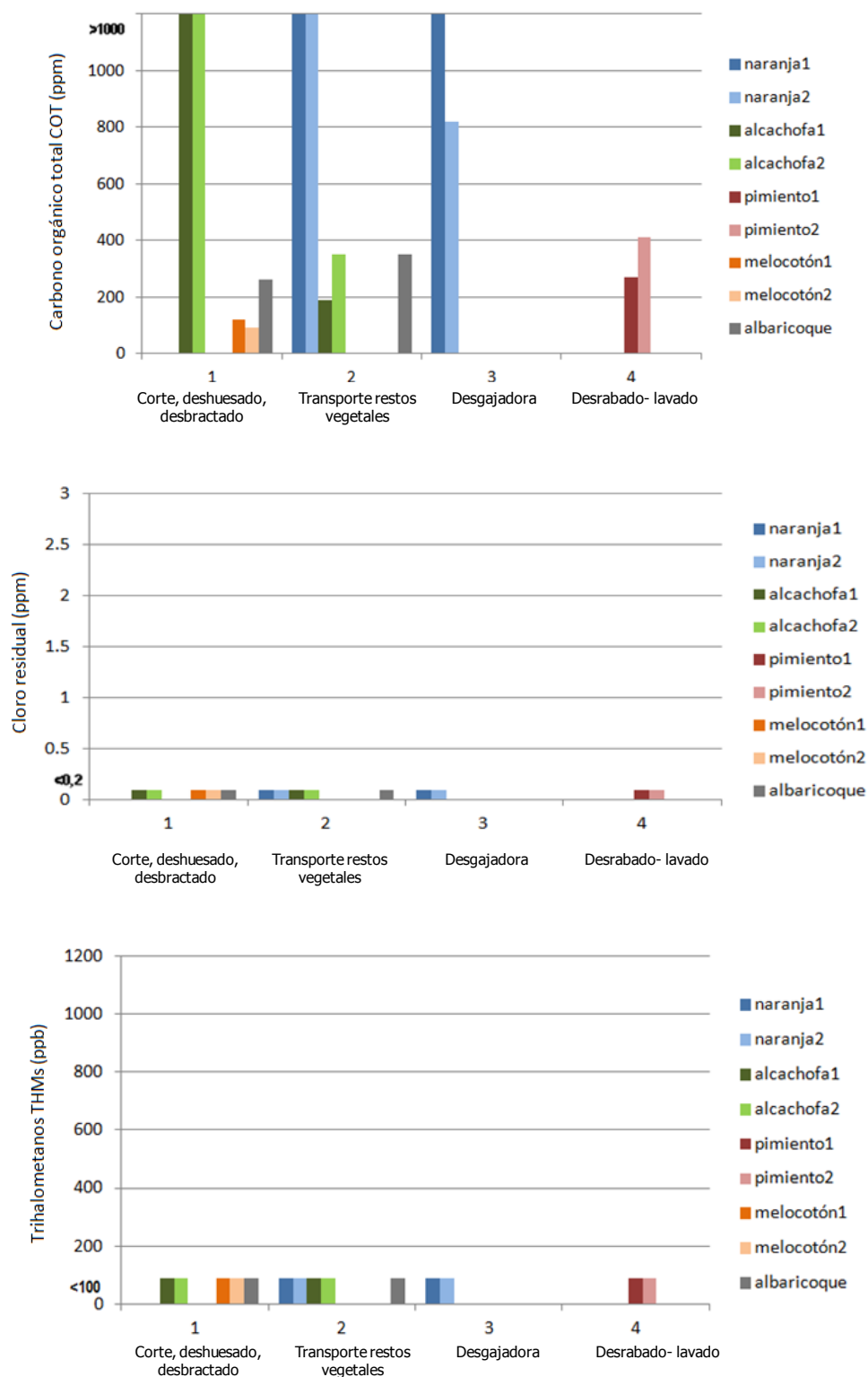


Figura 3.7.- Contenido en carbono orgánico total, cloro residual y trihalometanos en las etapas de corte del material vegetal.

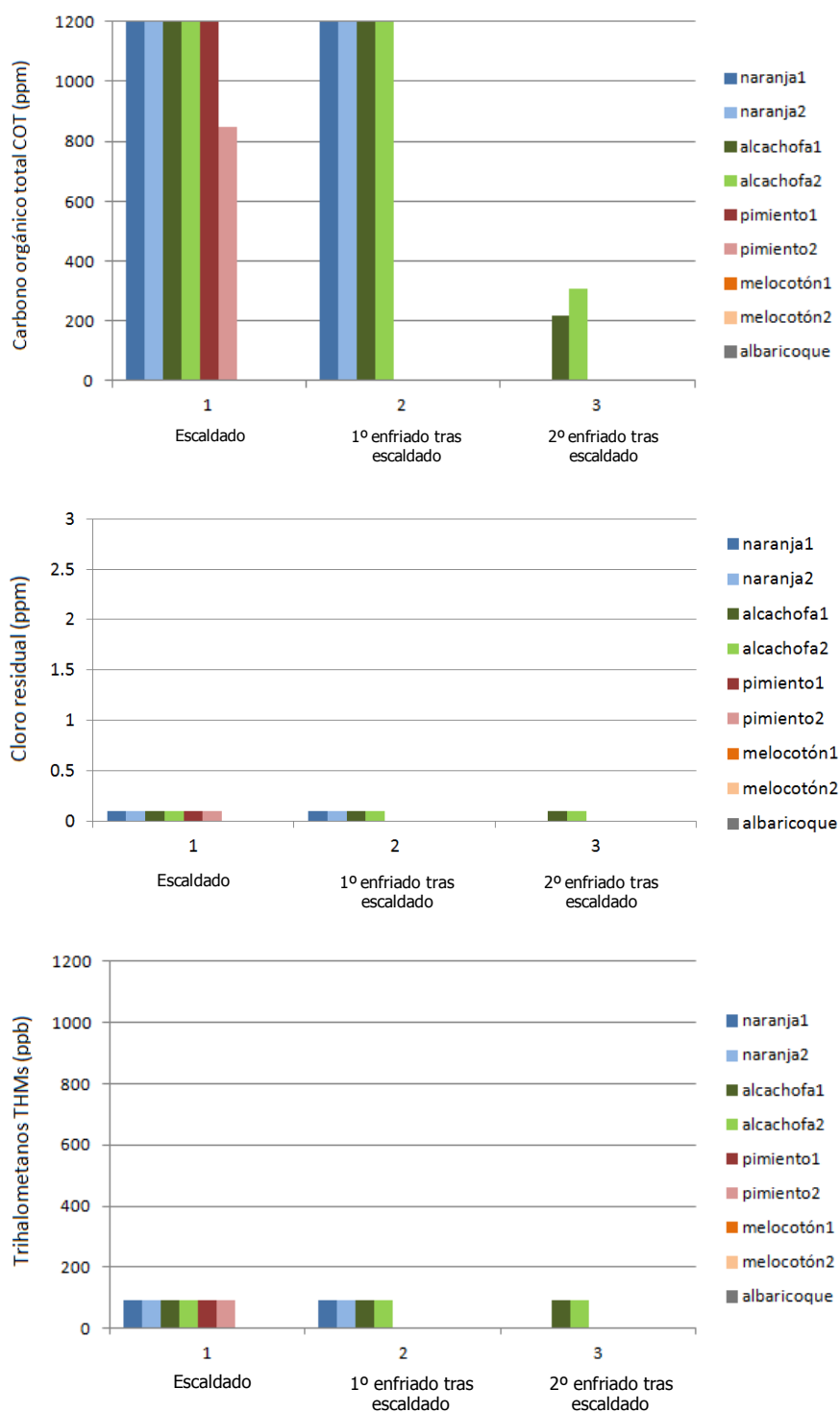


Figura 3.8.- Contenido en carbono orgánico total, cloro residual y trihalometanos en las etapas de escaldado y sus lavados posteriores.

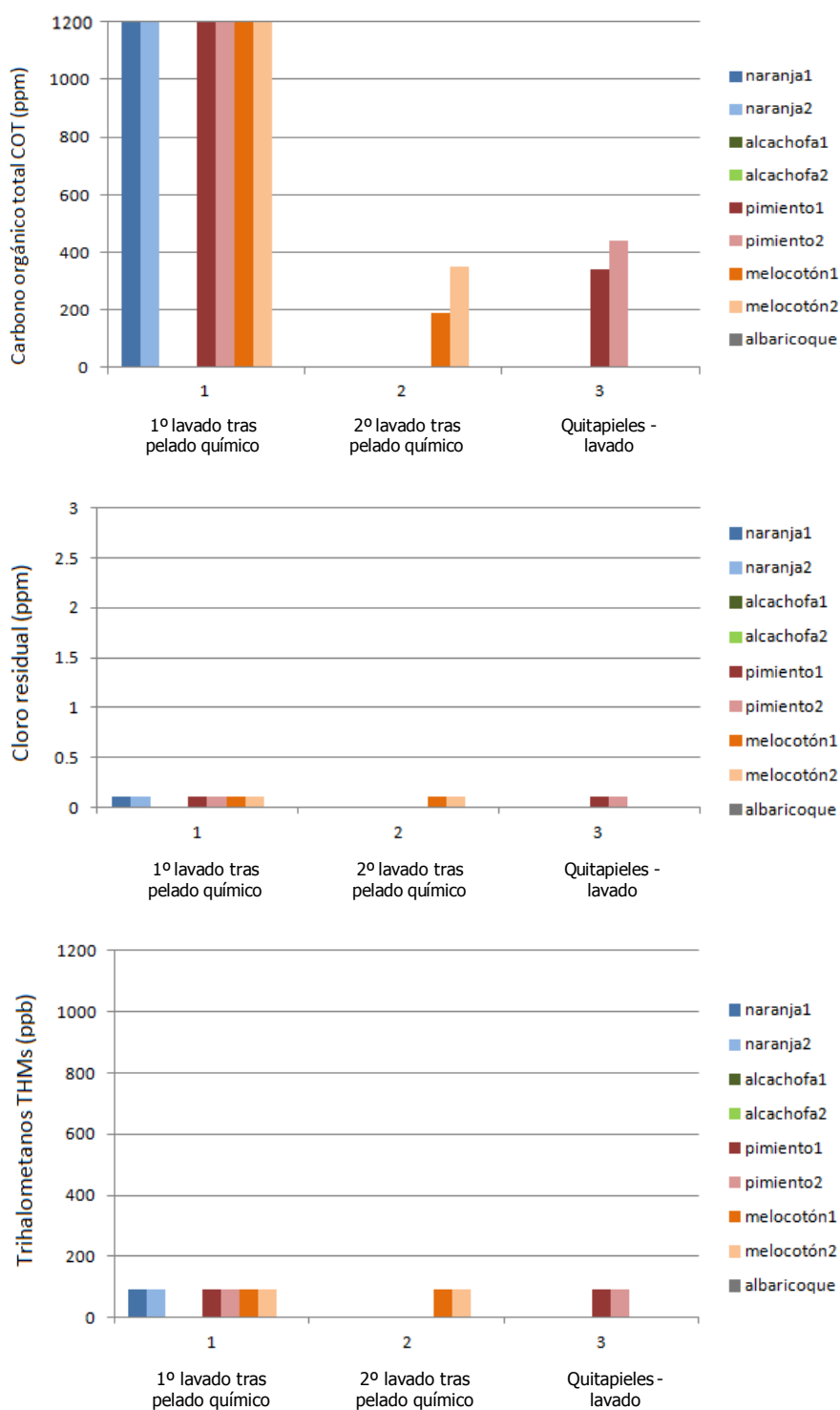


Figura 3.9.- Contenido en carbono orgánico total, cloro residual y trihalometanos en las etapas de lavados posteriores al pelado químico.

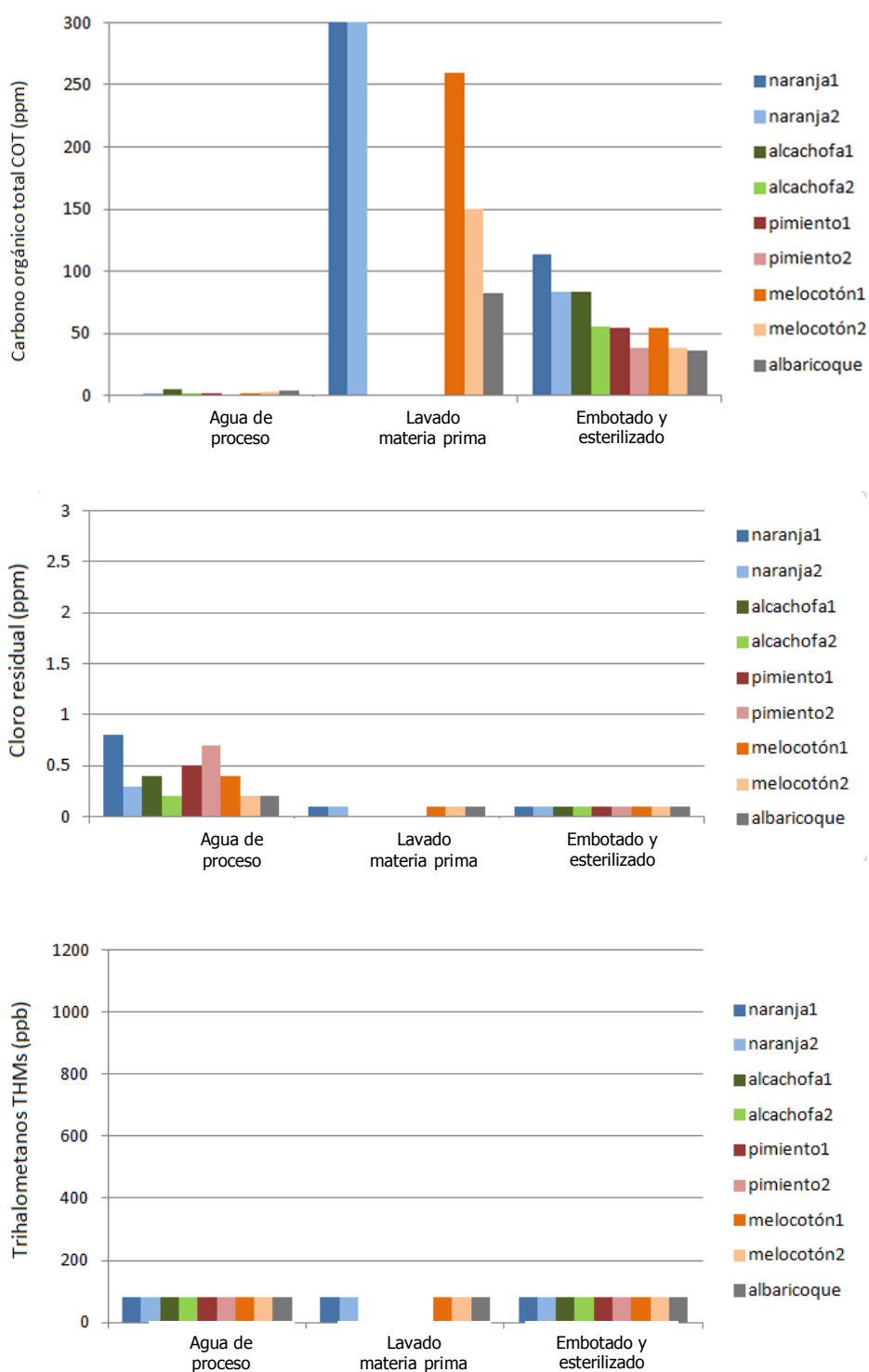


Figura 3.10.- Contenido en carbono orgánico total, cloro residual y trihalometanos en el agua de proceso y en las etapas de lavado de materia prima y embotado-esterilizado.

De los datos expuestos en las figuras 3.7 a 3.10, podemos concluir, que todas las etapas del procesado de transformados vegetales incorporan materia orgánica al agua en mayor o menor intensidad. Las etapas que mayor cantidad de COT incorporan al agua de proceso son el 1º lavado después del pelado químico y el escaldado, siendo la fase de enfriamiento la etapa que menor cantidad de COT incorpora. Casi todas las etapas utilizan agua clorada como agua de proceso, con la excepción de la adición de líquido de gobierno y embotado que utiliza agua exenta de cloro para no modificar la calidad organoléptica del producto y por lo tanto en casi todas las etapas se pone en contacto cloro activo con materia orgánica.

Por otra parte, se observa que prácticamente en todas las aguas de proceso una vez utilizadas se pierde el cloro residual que contienen, con la excepción de la etapa de enfriamiento que, una vez utilizada, mantiene contenidos en cloro residual apreciables, por encima de 1 y 2 mg/l. Este hecho es consecuente con el elevado contenido en materia orgánica que incorporan al agua las diversas fases del proceso de elaboración de transformados vegetales que reacciona con el cloro residual formando diferentes compuestos, cloraminas, THMs, etc. Por ello, que aparezcan THMs por debajo de 100 ppb no significa que no se generen, sino que debido al bajo contenido en cloro, que podemos decir que actúa de factor limitante, se consume rápidamente y no da lugar a la formación de cantidades demasiado apreciables de aquellos, además el elevado volumen de agua utilizada produce también un efecto dilución importante (Figura 3.11.).

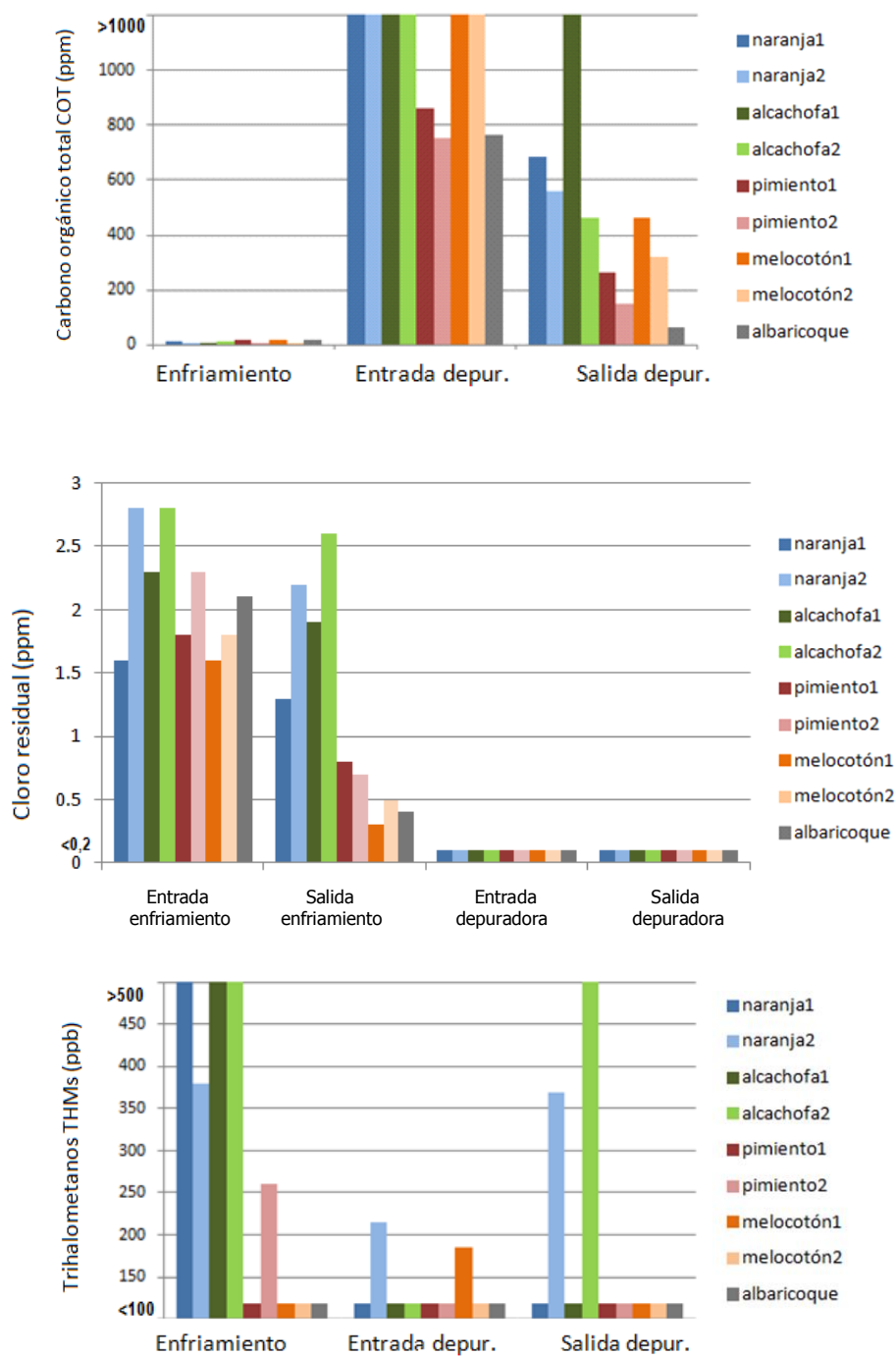


Figura 3.11.- Contenido en carbono orgánico total, cloro residual y trihalometanos en las aguas de enfriamiento, entrada y salida de depuradora en las muestras analizadas. El cloro residual se analizó antes y después de poner en contacto el agua con los botes.

De esta última figura, es importante destacar que la etapa de enfriamiento es la que genera mayor cantidad de THM a pesar de que, como hemos apuntado anteriormente, es la etapa que menor contaminación orgánica incorpora. En esta etapa el cloro residual no actúa como factor limitante ya que su contenido se mantiene más o menos constante en cada ciclo de enfriado y por tanto siempre está presente. Además, a pesar de que la contaminación por COT es baja porque los envases ya vienen limpios de la fase de esterilizado/pasteurizado y la contaminación aérea es también pequeña en las torres de refrigeración abierta, la contaminación es continua en el tiempo ya que el agua se recircula continuamente. Por lo tanto siempre tenemos cloro en contacto con la poca pero continuada contaminación orgánica del agua y por ello los THMs se van acumulando en esta fase.

Por último, en el proceso auxiliar de la depuración de las aguas residuales se observa, que el agua de entrada tiene elevados contenidos de materia orgánica, en ningún caso aparece cloro por encima del límite de cuantificación y solo esporádicamente aparecen THMs en cantidades por encima de las 100 ppb. En los dos casos que encontramos valores superiores a 100 ppb, corresponden a una empresa que cloraba fuertemente sus aguas residuales depuradas con el fin de asegurar su desinfección y poder reutilizarlas para uso agrícola.

3.6.4.- EFECTO DE LA ETAPA DE REFRIGERACIÓN EN LA FORMACIÓN DE THMs EN AGUAS RESIDUALES.

Para corroborar los resultados obtenidos de trihalometanos en la etapa de refrigeración después del proceso de esterilización en las distintas campañas, se realizó un muestreo adicional de 64 muestras de aguas residuales de las torres de refrigeración de las industrias conserveras donde se realizaron los estudios de las fases del procesado industrial. En la tabla 3.14 se observa la distribución y los porcentajes de muestras en función de la concentración de los tres parámetros estudiados (cloro residual, COT y trihalometanos).

Como se ha indicado en el apartado anterior, la etapa de refrigeración después del proceso de esterilización parece ser, por varias razones, una etapa clave en la formación de THMs; por una parte es un agua que está en continua recirculación, mediante torres de refrigeración (ello es así porque se consigue un importante ahorro de agua) y que se está clorando de forma continuada para mantener un nivel de cloro activo suficiente para controlar la presencia de legionella. Por otra parte aunque el grado de contaminación orgánica en esta etapa es pequeño, en todo caso esta se produce, aunque como se puede ver en la tabla 3.14, con pequeñas cantidades de carbono orgánico total; hay que tener en cuenta que parte de la materia orgánica que contamina el agua se elimina con el proceso de cloración, que es justo lo que conlleva la posibilidad de formación de compuestos de reacción y entre ellos los trihalometanos.

Tabla 3.14.- Concentraciones de cloro residual, COT y THMs en la etapa de refrigeración después de la esterilización en circuito cerrado mediante torres de refrigeración.

Cloro residual (mg/L)						
% de muestras con diferentes concentraciones						
< 0,2	0,2-0,5	0,5-1	1-1,5	1,5-2	2-3	> 3
6	7	6	7	7	15	16
muestras	muestras	muestras	muestras	muestra	muestras	muestras
9,4 %	10,9 %	9,4 %	10,9 %	10,9 %	23,4 %	25,0 %
COT (mg/L)						
% de muestras con diferentes concentraciones						
< 1	1-5	5-10	>10			
6 muestras	19 muestras	17 muestras	22 muestras			
9,4 %	29,7 %	26,6 %	34,3 %			
Trihalometanos (ppb)						
% de muestras con diferentes concentraciones						
< 100	100 – 500		> 500			
36 muestras	19 muestras		9 muestras			
56,2 %	29,7 %		14,1 %			

De los resultados de la tabla anterior se desprende que tenemos más de un 43 % de muestras que contienen THMs, en realidad contenidos en cloroformo, ya que ninguna de las muestras positivas tenían otro tipo de trihalometano en cantidades apreciables. Es importante saber el funcionamiento y mantenimiento de la torre para poder decidir alguna actuación que minimice este problema. De todas maneras, también hay que decir que el contenido en cloroformo en el agua de la torre no quedaba reflejado en el vertido general de agua residual de las empresas, debido a que debemos tener en cuenta que el volumen de las purgas es muy pequeño respecto al volumen total vertido y por lo tanto el efecto dilución es muy elevado, por ello no hay una correlación entre los contenidos de trihalometanos del agua de la torre y los vertidos finales.

3.6.5.- INFLUENCIA DE LA DEPURACIÓN EN LA PRESENCIA DE THMs EN AGUAS RESIDUALES.

Como complemento a los estudios anteriores, también se determinó la presencia de cloro residual, COT y sobre todo de trihalometanos en las aguas residuales de entrada a depuradora y las aguas depuradas. Las muestras se tomaron en empresas conserveras provistas de depuradoras propias y aquellas fueron recolectadas durante las campañas de fabricación de conservas de alcachofa, mandarina, pera, pimiento, fresa, albaricoque y melocotón. No todas las muestras fueron tomadas en las mismas empresas conserveras y en las mismas campañas que en los estudios anteriores, ya que alguna de ellas no disponía de depuradora propia.

En las tablas 3.15 y 3.16 se muestran los resultados obtenidos en 100 muestras de aguas residuales recogidas antes y después de su paso por la depuradora (50 de entrada en la depuradora y las mismas 50 a la salida de la misma). En todos los casos la depuración es biológica por fangos activos ya sea mediante depuración biológica en continuo o secuencial (SBR), se han tomado muestra teniendo la precaución de que las depuradoras estuvieran funcionando de forma correcta y tuvieran una actividad depuradora normal, como se puede comprobar, ya que la mayor parte de las muestras

a la entrada de la depuradora tienen un carbono orgánico total alto y a la salida de la misma relativamente bajo.

Tabla 3.15.- *Parámetros de las aguas residuales generadas en la elaboración de conservas antes de su entrada a la depuradora.*

Cloro residual (mg/l)						
% de muestras con diferentes concentraciones						
< 0,2	0,2-0,5	0,5-1	1-1,5	1,5-2	2-3	> 3
50 muestras	---	---	---	---	---	---
100 %						
COT (mg/l)			% de muestras con diferentes concentraciones			
< 500		500-1000		> 1000		
8 muestras		14 muestras		28 muestras		
16 %		28 %		56 %		
Trihalometanos (ppb)						
% de muestras con diferentes concentraciones						
< 100		100 - 500		> 500		
44 muestras		6 muestras		---		
88 %		12 %				

En la tabla 3.16 se puede observar que un 90 % de las aguas residuales que se vierten al alcantarillado una vez depuradas están exentas de trihalometanos, el 8 % tienen una concentración de trihalometanos (cloroformo en todas las ocasiones) que oscilan entre 164 y 369 ppb y sólo un agua residual (2 %) presentaba un contenido de 524 ppb. Para las aguas residuales muestreadas antes de su entrada a la depuradora (tabla 3.15) los porcentajes son prácticamente iguales que a la salida, el 88 % de las muestras están por debajo de 100 ppb y el 12 % tenían concentraciones que oscilaban

entre 185 y 391 ppb de cloroformo (en dos casos contenían bajas concentraciones de clorodibromoformo, 42 y 53 ppb).

Tabla 3.16.- *Parámetros de las aguas residuales generadas en la elaboración de conservas a la salida de la depuradora.*

Cloro residual (mg/l)						
% de muestras con diferentes concentraciones						
< 0,2	0,2-0,5	0,5-1	1-1,5	1,5-2	2-3	> 3
50 muestras	---	---	---	---	---	---
100 %						
COT (mg/l)			% de muestras con diferentes concentraciones			
< 500		500-1000		> 1000		
41 muestras		8 muestras		1 muestras		
82 %		16 %		2 %		
Trihalometanos (ppb)						
% de muestras con diferentes concentraciones						
< 100		100 - 500		> 500		
45 muestras		4 muestras		1 muestra		
90 %		8 %		2 %		

Los resultados obtenidos evidencian que de las seis muestras en que las aguas residuales contenían THMs por encima de 100 ppb a la entrada de la depuradora sólo una seguía conteniendo THMs por encima de ese nivel a la salida, las otras cinco daban valores a la salida de la depuradora inferiores a 100 ppb; lo que pone de manifiesto que el proceso de depuración puede producir una eliminación de los trihalometanos. Las cuatro muestras restantes cuyos valores de THMs son superiores a 100 ppb en la salida de la depuradora, provienen de aguas que a la entrada tenían niveles inferiores al valor paramétrico (100 ppb), esto puede ser debido a que estas

aguas depuradas sufrían cloración al final del proceso con el fin de desinfectarlas para su reutilización agrícola, incluida la que contenía THMs a la entrada y a la salida de la depuradora; por ello, es posible que la cloración tras la depuración sea la responsable de la formación de THMs en estas muestras.

Por último, se analizó el contenido en THMs en un total de 36 lodos de depuradora. Todos ellos se corresponden con depuradoras de tipo biológico y se han muestreado simultáneamente con la toma de muestras de aguas residuales de entrada y salida de la depuradora. El número de muestras de lodos es menor que el de aguas residuales de entrada y salida (50 de cada una) porque no siempre era posible tomar muestras de lodo.

Tabla 3.17.- *Contenido en trihalometanos en muestras de lodo de depuradora.*

Trihalometanos (ppb)		
% de muestras con diferentes concentraciones		
< 100	100 - 500	> 500
36 muestras	0 muestras	0 muestras
100 %	0 %	0 %

En la tabla 3.17 se puede observar que todas las muestras de lodos de depuradora analizadas contienen <100 ppb de trihalometanos (valor paramétrico según la legislación). Por lo tanto, podemos indicar que no se produce una transferencia de los trihalometanos desde las aguas residuales de entrada hacia los lodos de depuración, e incluso para muestras con niveles altos de estos compuestos, la eliminación no se produce por transferencia a los lodos. En todo caso, parece claro que de una forma u otra los lodos procedentes de depuradoras de industrias de conservas vegetales no contienen trihalometanos en niveles superiores a los estipulados en la legislación.

3.7. ESTUDIO 3: FORMACIÓN DE THMs EN TORRES DE REFRIGERACIÓN.

El funcionamiento de las torres de refrigeración se esquematiza en la figura 3.12. Así, para la esterilización, el producto, primero sufre una fase de calentamiento (con temperaturas y tiempos ajustados para asegurar la esterilidad del producto) y posteriormente una fase de enfriamiento que se hace mediante agua fría. Actualmente, este proceso se realiza mediante circuito cerrado utilizando para ello torres de refrigeración. Hace algún tiempo se hacía en circuito abierto, sin recirculación del agua.

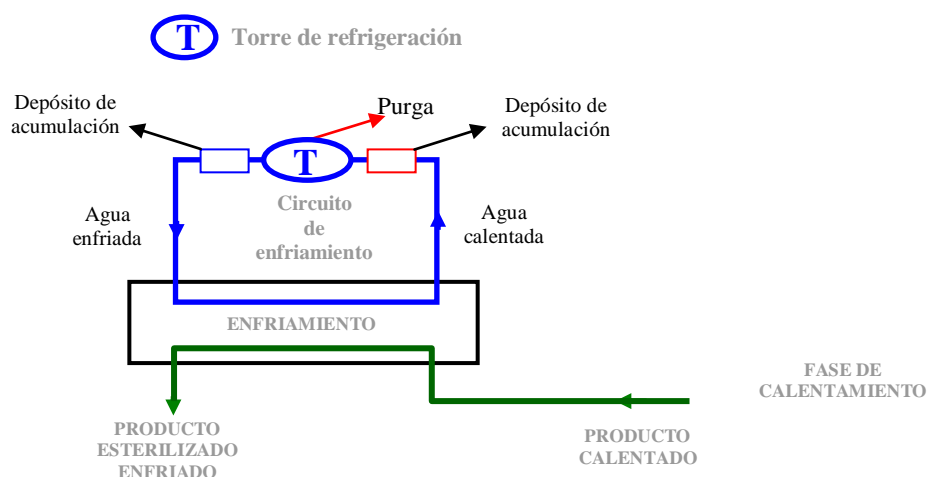


Figura 3.12.- Esquema del proceso de esterilización con torre de refrigeración en circuito cerrado.

En las torres de refrigeración, el agua calentada por el producto se enfría de nuevo poniéndola en contacto con aire a contracorriente. Una pequeña parte del agua se evapora y la otra parte se enfría en un proceso denominado enfriamiento evaporativo; el agua fría se vuelve a utilizar en el enfriamiento del producto, cerrando así el circuito de enfriamiento. Como parte del agua se va evaporando, la resultante se queda más fría pero también se va cargando de sales por lo que es necesario efectuar purgas y reponer agua para mantener la salinidad del agua en niveles que aseguren el

buen funcionamiento de las torres de refrigeración. Así mismo, es obligado por Ley mantener un nivel mínimo de desinfectante para asegurar la ausencia de legionella, por lo que son aguas que se cloran continuamente. Por tanto, habitualmente en las torres de refrigeración se controla automáticamente el nivel de sales, mediante el control de la conductividad, el nivel de cloro residual y el pH. Las purgas se realizan a partir de cierta conductividad que varía en función de la conductividad máxima permitida en el programa de tratamiento del agua, en general el valor más habitual es de 3000 a 3500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El volumen de las purgas es el necesario para bajar la conductividad hasta 2000-2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

La periodicidad del vaciado y limpieza de la torre también es muy variable, aunque lo más general es efectuar la limpieza a final de campaña, por lo que tampoco es regular desde el punto de vista del tiempo ya que depende de la duración de la campaña y de si se solapa o no con otra, etc. El volumen de agua del circuito y la torre de refrigeración también es un dato muy variable, aunque como media podemos estimar entre 50 y 75 m^3 .

Por ello, la gran variabilidad de tipos de torres de refrigeración y criterios de utilización y mantenimiento, así como la falta de uniformidad en el número y momento de las purgas, la falta de uniformidad en los tiempos y formas de limpieza, en la capacidad de las torres, en los contenidos de THMs en las aguas de las mismas, etc., hace muy difícil extraer conclusiones que nos permitan proponer opciones de mejora en el manejo y gestión de las torres de refrigeración que sirvan de forma general para mejorar la calidad de las aguas en relación a la formación de THMs. Por lo tanto, sería necesario un estudio en profundidad para evaluar por qué en unas torres de refrigeración sí y en otras no se forman THMs; además de conocer la carga orgánica susceptible de generar THMs y la correlación entre los niveles de cloro residual y el de THMs.

En función de lo expuesto y de las conclusiones del estudio 2 sobre la formación de THMs en la industria de transformados vegetales, donde se concluía que

la única etapa susceptible de provocar la formación de THMs en el procesado de los mismos era la de refrigeración después de la esterilización con torres de refrigeración, y teniendo en cuenta que también se llegaba a la conclusión de que los resultados obtenidos eran dispares, encontrando resultados positivos y negativos sin ningún hecho aparente diferenciable, hemos llevado a cabo un tercer estudio que consiste en cuantificar la formación de trihalometanos en las torres de refrigeración utilizadas en la industria de transformados vegetales.

3.7.1.- PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO.

Para la consecución de este objetivo principal se proponen una serie de objetivos secundarios en función de las distintas tareas a desarrollar durante el estudio, así tenemos:

1. Estudio de la dinámica de uso y mantenimiento de las torres de refrigeración en la industria de transformados vegetales.
2. Estudio del contenido de trihalometanos en las torres de refrigeración con el fin de realizar un diagnóstico de la situación real asociándola con las prácticas de manejo de las mismas.

3.7.2.- ESTUDIO DE LA DINÁMICA DE USO Y MANTENIMIENTO DE LAS TORRES DE REFRIGERACIÓN.

Nuestro primer objetivo fue llevar a cabo un estudio sobre las distintas prácticas de uso, mantenimiento y gestión de las torres de refrigeración que tienen las empresas de transformados vegetales. Para ello, hemos cogido un espacio muestral de 10 empresas del sector. Todas menos dos, utilizan el circuito cerrado de refrigeración para la etapa de enfriamiento que sigue a la fase de esterilización o pasteurización, es decir no hay un contacto directo entre el agua del circuito y la fruta u hortaliza procesada. Sí puede haber o no contacto entre el agua de la torre de refrigeración y los envases

esterilizados o pasteurizados en función del diseño del circuito de refrigeración. Una empresa utiliza el sistema de torre de refrigeración para enfriar la materia prima después de escaldada, en este caso sí había contacto entre la materia prima procesada (en concreto alcachofa) y el agua del circuito de refrigeración y otra empresa utiliza una torre de refrigeración para recoger los condensados después de la fase de concentrado de frutas, en este caso no hay contacto entre el agua del circuito de refrigeración y la materia prima, pero sí con los condensados, que es el agua (en forma de vapor) que pierde la fruta u hortaliza para concentrarse y que arrastra algunos volátiles y en ocasiones pequeñas cantidades del triturado/tamizado de fruta u hortaliza.

También hay disparidad de formas de realizar el mantenimiento, en general las empresas realizan dos tipos de mantenimiento, uno interno y diario y otro externo generalmente subcontratado a una empresa de servicio de mantenimiento de torres de refrigeración. En el mantenimiento interno de las torres hay diferencias notables entre las empresas. Hay empresas que tienen un control automático de las condiciones del agua de la torre de refrigeración (conductividad y cloro residual). La conductividad se controla porque es el parámetro utilizado para realizar las purgas necesarias para mantener unas características del agua apropiadas para su uso, y el cloro para mantener el agua desinfectada y evitar el peligro de aparición de legionella; otras controlan el pH y la conductividad de forma manual y otras sólo controlan el pH y el cloro residual y no la conductividad porque no hacen purgas. Todas las empresas tienen automatizado el sistema de cloración del agua en un rango de 2 a 3 mg/l de cloro, y también todas además de tener este sistema automatizado realizan un control manual y periódico del contenido de cloro en el agua de la torre (la frecuencia del control manual es diferente: algunas lo realizan cada hora, otras tres veces al día, otras solo una vez o dos al día, etc.). A pesar de estos controles, en algunos casos el nivel de cloro encontrado en aguas es superior a 3 mg/l.

No todas las empresas realizan purgas del circuito de agua de refrigeración, y, de las que las realizan, no siempre lo tienen automatizado. De las diez empresas

participantes en el estudio cuatro realizan purgas de forma automática y utilizan la conductividad como parámetro para determinar el número de purgas. Éstas se realizan cuando la misma se sitúa entre 2500 y 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Otra empresa cambia el agua de la torre de forma periódica todas las semanas y con ello evita que el agua se concentre tanto en sales como en suciedad. De las otras cinco empresas, cuatro no realizan ningún tipo de purgas porque van reponiendo agua continuamente al circuito de refrigeración, ya que estas empresas tienen un sistema discontinuo de esterilización y enfriamiento y las pérdidas de agua que tienen se van reponiendo, por lo que no necesitan purgas. Finalmente, la otra empresa analizada no tiene un sistema de purgas definido, ya que maneja un agua con baja conductividad, descalcificada y se realizan purgas de forma irregular y espaciadas en el tiempo. La mayoría de las empresas utilizan agua descalcificada u osmotizada de pozo o de red, y, además, al agua utilizada en el circuito de refrigeración se le añaden antioxidantes, antiincrustantes y, en algunos casos, algicidas con el fin de mantener los elementos de las torres y las conducciones en buenas condiciones de uso.

Por otra parte y para cumplir las exigencias Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis, muchas empresas tienen subcontratado el mantenimiento a una empresa externa especializada en ello, en nuestro caso, siete de las diez empresas participantes tienen subcontratado este servicio y tres lo realizan ellas mismas. Por lo tanto, el mantenimiento continuo y diario lo realizan todas las empresas y el que tienen subcontratado es el mantenimiento y limpieza más exhaustiva que con una periodicidad mínima semestral establece el Real Decreto 865/2003.

El anexo IV de este Real Decreto establece los procedimientos y la periodicidad mínima de revisión, limpieza y desinfección de las torres de refrigeración; estos procedimientos han sido detallados en el apartado de antecedentes.

Como hemos indicado, 7 de las 10 empresas participantes en el estudio, subcontratan el mantenimiento de las torres de refrigeración; siendo dos empresas

diferentes las que llevan el mantenimiento de aquellas. A pesar de las diferencias entre las conservas estudiadas, el mantenimiento realizado por ambas empresas subcontratadas es muy similar en lo referente al contenido, aunque difiere algo en la forma. Esto es lo esperado, ya que deben de cumplir lo establecido en el Real Decreto 865/2003.

Una de las empresas utiliza el siguiente plan de mantenimiento: En primer lugar se desconecta el ventilador y la bomba y se vacía la torre. A continuación se desmontan todos los elementos desmontables. Se limpian todos los equipos y elementos desmontados con agua a presión usando cepillos y detergente con desinfectante. Si hay cal se aplica ácido clorhídrico. Los separadores de gotas, los pulverizadores de agua de retorno y el material de relleno también se lavan con agua a presión. Si hay incrustaciones de cal se sumergen en ácido clorhídrico y después en hipoclorito sódico (en una concentración de 15 ppm, al menos, de cloro libre residual durante 20 minutos). A continuación se aclara con agua y se montan en su sitio.

Después de que estén todos los elementos montados, se llena el sistema y se pone en funcionamiento la bomba del sistema para que se produzca la recirculación del agua por todo el circuito. Se mide la temperatura del agua y se controla que el pH esté en torno a 7,5, adicionando ácido clorhídrico o hidróxido sódico hasta llegar a él. Se adiciona el anticorrosivo, biodispersante y ox-aire torres de refrigeración según el volumen de agua siguiendo las recomendaciones del fabricante. Seguidamente se procede a la hipercloración del sistema, para lo que ha de mantenerse durante 3 horas una concentración de, al menos, 5 mg/l de cloro residual libre en el sistema aportando hipoclorito sódico al agua del circuito. Esta concentración se comprueba cada 30 minutos y si es necesario se aporta la perdida. En este tiempo se comprueba que el pH esté en torno a 7,5 y si no es así se controla como anteriormente. Posteriormente se neutraliza el cloro y una vez verificado se procede al vaciado del sistema proyectando al mismo tiempo agua a presión para el enjuague del sistema. Los restos acumulados en la balsa de la torre se aspiran. Después se limpia el exterior de los equipos. Finalmente se vuelve a llenar el sistema para ponerlo en funcionamiento habitual

midiendo la temperatura y adicionando el desinfectante y anticorrosivo de mantenimiento.

Por lo tanto, los productos utilizados por esta empresa en el mantenimiento de las torres de refrigeración fueron: Anticorrosivo (hexametáfosfato sódico 100 g/l), desinfectante (hipoclorito sódico, ox-aire torres de refrigeración), neutralizador (bisulfito sódico en disolución), ácido clorhídrico 33% y detergente con desinfectante.

La otra empresa realiza el siguiente mantenimiento: En primer lugar se procede al vaciado del sistema con el ventilador y la bomba desconectados y se desmonta el equipo en la medida de lo posible. Le sigue la limpieza y desinfección de todas las partes con agua a presión y desinfectante, aplicando hipoclorito sódico a 15 ppm de cloro residual libre. Después se aclara con agua y se vuelve a montar las partes del equipo. Seguidamente se llena el sistema y se añade hipoclorito sódico para tener 10 ppm de cloro residual libre en el sistema, anticorrosivo, ácido sulfúrico para regular el pH, biodispersante y antiespumante. Se conecta la bomba de recirculación y se tiene funcionando durante 3 horas con el ventilador desconectado. Ha de mantenerse una concentración de 10 ppm de cloro residual, en caso de no ser así hay que adicionar más hipoclorito sódico. A continuación se neutraliza el cloro residual libre. Posteriormente se vacía y aclara el sistema con agua. La retirada de sedimentos de la balsa se realiza mediante aspiración. Finalmente se monta completamente la instalación, se prepara y se pone en marcha la cloración automática, que es de 2 ppm de cloro residual libre habitualmente.

Esta empresa utiliza los siguientes productos para realizar el mantenimiento: desinfectante (hipoclorito sódico), anticorrosivo/antiincrustante, biodispersante, antiespumante, regulador pH (ácido sulfúrico) y neutralizante (bisulfito sódico).

3.7.3.- ESTUDIO DEL CONTENIDO EN TRIHALOMETANOS EN DIFERENTES TIPOS DE TORRES DE REFRIGERACIÓN.

Para alcanzar el segundo objetivo de este estudio se muestrearon las torres de refrigeración de las 10 empresas que participan en el mismo. En el total de las torres muestreadas encontramos cuatro posibles diseños de circuitos de refrigeración que a efectos del trabajo vamos a denominar:

- **Circuito tipo 1:** ponen en contacto componentes del producto con el agua de refrigeración (concentración de cremogenados de frutas y hortalizas)
- **Circuito tipo 2:** pone en contacto los botes con el agua de refrigeración (enfriamiento en discontinuo después de la esterilización)
- **Circuito tipo 3:** pone en contacto los botes con el agua de refrigeración (enfriamiento en continuo después de la esterilización)
- **Circuito tipo 4:** no pone en contacto nada con el agua de refrigeración (enfriamiento después de la esterilización utilizando un intercambiador de calor)

En total se tomaron 25 muestras, ya que de alguna torre se tomó más de una muestra y en algunas empresas había más de una torre, incluso en la empresa nº 10 se dispone de tres torres de dos tipos diferentes. Así, de las empresas nº 2, 3, 5, 8 y 9 se tomó una sola muestra; de la 1 y 7 se tomaron 3 muestras de la misma torre. La nº 4 dispone de cuatro torres del mismo tipo, de la que se tomo una muestra por torre, excepto de una que se tomaron 2; la nº 6 tiene dos torres del mismo tipo y se tomaron una muestra de una de las torres y dos de la otra. Por último, la nº 10 dispone de tres torres, dos de tipo 1 y otra de tipo 4, de una de las torres de tipo 1 se

tomaron 3 muestras y de la otra 1, mientras que de la torre tipo 4 se tomaron 2 muestras.

En la tabla 3.18 se muestran los resultados de cloro residual y trihalometanos, y también, de forma general, las características de diferentes aspectos relacionados con el mantenimiento y gestión de las torres de refrigeración: tipo de circuito, tipo de agua utilizada y tipo de mantenimiento. El tipo de control de la cloración no se indica porque todas las empresas realizan la dosificación automática de cloro y un control manual posterior, variando, como ya hemos dicho la frecuencia de este control. La nomenclatura de las muestras es la siguiente: E nº (Empresa 1 a 10)-T nº (cuando se dispone de más de una torre en la misma empresa)- A, B, C, ... (indica el nº de muestra tomada de la misma torre).

Los datos obtenidos ponen de manifiesto que en 16 muestras el resultado es superior al límite de cuantificación adoptado por nosotros (50 ppb), y de ellas sólo 10 superar el valor paramétrico fijado en el Real Decreto de Aguas (100 ppb). Los trihalometanos individuales encontrados, y que pueden ser cuantificables con precisión y exactitud, son cloroformo en 14 muestras y bromodichlorometano en 2 muestras, mientras que de bromoformo y dibromodichlorometano no aparecen en ninguna muestra por encima de este nivel. De las 16 torres muestreadas, siete presentan niveles superiores a 100 ppb, incluso algunas, como la torre de la empresa 7 en las tres muestras recogidas (650, 697 y 2612 ppb). Cuando se valora el tipo de circuito, observamos que 7 de las muestras positivas corresponden a circuito de tipo 2, 2 a los de tipo 1 y 1 a los de tipo 3; no existiendo ningún positivo en el circuito tipo 4.

De los resultados expuestos en la tabla 3.18 podemos indicar lo siguiente:

1) La cloración continuada y la contaminación con materia orgánica del agua de refrigeración dan como resultado la formación de trihalometanos.

Tabla 3.18.- Resultados de las muestras tomadas en las torres de refrigeración de los diferentes tipos de diseño del circuito de refrigeración.

Muestra	Tipo de circuito	Mantenimiento	Tipo de agua	Datos analíticos	
				Cloro Residual (mg/l)	THMs (ppb)
E1-A	Tipo 3	Diario: interno RD 865/2003-Anexo IV: interno	Descalcificada	1,9	129
E1-B	Tipo 3	Diario: interno RD 865/2003-Anexo IV: interno	Descalcificada	> 5	59
E1-C	Tipo 3	Diario: interno RD 865/2003-Anexo IV: interno	Descalcificada	> 5	< 50
E2-A	Tipo 2	Diario: interno RD 865/2003-Anexo IV: externo	Descalcificada	> 5	194
E3-A	Tipo 4	Diario: interno RD 865/2003-Anexo IV: externo	Descalcificada	1,1	< 50
E4-T1-A	Tipo 2	Diario: interno RD 865/2003-Anexo IV: externo	Agua de red	1,5	113
E4-T2-A	Tipo 2	Diario: interno RD 865/2003-Anexo IV: externo	Agua de red	< 0,1	56
E4-T3-A	Tipo 2	Diario: interno RD 865/2003-Anexo IV: externo	Agua de red	> 5	326
E4-T3-B	Tipo 2	Diario: interno RD 865/2003-Anexo IV: externo	Descalcificada	2,4	506
E4-T4-A	Tipo 2	Diario: interno RD 865/2003-Anexo IV: externo	Agua de red	< 0,1	< 50
E5-A	Tipo 4	Diario: interno RD 865/2003-Anexo IV: externo	Descalcificada	2,1	< 50
E6-T1-A	Tipo 4	Diario: interno RD 865/2003-Anexo IV: externo	Descalcificada	0,12	< 50
E6-T1-B	Tipo 4	Diario: interno RD 865/2003-Anexo IV: externo	Descalcificada	0,2	< 50
E6-T2-A	Tipo 4	Diario: interno RD 865/2003-Anexo IV: externo	Descalcificada	0,1	< 50
E7-A	Tipo 2	Diario: interno RD 865/2003-Anexo IV: interno	Agua de red	1,6	650
E7-B	Tipo 2	Diario: interno RD 865/2003-Anexo IV: interno	Agua de red	2,8	697
E7-C	Tipo 2	Diario: interno RD 865/2003-Anexo IV: interno	Agua de red	0,22	2612
E8-A	Tipo 2	Diario: interno RD 865/2003-Anexo IV: externo	Descalcificada	2,3	< 50
E9-A	Tipo 3	Diario: interno RD 865/2003-Anexo IV: interno	Ósmosis	0,22	< 50
E10-T1-A	Tipo 1	Diario: interno RD 865/2003-Anexo IV: externo	Agua de pozo	> 5	81
E10-T1-B	Tipo 1	Diario: interno RD 865/2003-Anexo IV: externo	Agua de pozo	2,8	308
E10-T1-C	Tipo 1	Diario: interno RD 865/2003-Anexo IV: externo	Agua de pozo	2,5	90
E10-T2-A	Tipo 1	Diario: interno RD 865/2003-Anexo IV: externo	Agua de pozo	2,6	111
E10-T3-A	Tipo 4	Diario: interno RD 865/2003-Anexo IV: externo	Agua de pozo	> 5	59
E10-T3-B	Tipo 4	Diario: interno RD 865/2003-Anexo IV: externo	Agua de pozo	1,3	99

Límite de cuantificación = 50 ppb individual para cada trihalometano

2) De todos los trihalometanos estudiados, el cloroformo es, como esperábamos, el que más se genera con mucha diferencia respecto al bromodiclorometano que es el otro que, sólo en ocasiones, se genera; no apareciendo en ningún caso los otros dos THMs estudiados.

3) De los circuitos de refrigeración muestreados, el tipo 1 (ponen en contacto componentes del producto con el agua de refrigeración) y tipo 2 (pone en contacto los botes con el agua de refrigeración en la etapa de enfriamiento después de la esterilización en discontinuo) son los que generan trihalometanos en mayor concentración. En cambio, el circuito tipo 4 (no pone en contacto nada con el agua de refrigeración, produciendo el enfriamiento después de la esterilización utilizando un intercambiador de calor), es el que menos trihalometanos genera, no llegando a pasar del valor paramétrico (100 ppb) en ningún caso. Concretamente, en las torres del tipo 1 (contacto del producto con el agua de refrigeración), 2 de las 4 muestras analizadas presentaron un contenido en THMs superior a 100 ppb. En las de tipo 2, de un total de 10 muestras analizadas, 7 muestras sobrepasaron este valor, y en las del tipo 3, sólo una de las cuatro muestras analizadas dio un contenido en THMs superior a 100 ppb.

4) La empresa 7 (torre de tipo 2) es la que más trihalometanos genera, con valores absolutos muy superiores a las otras torres y con respecto al valor paramétrico, llegando incluso en una muestra a ser 26 veces superior al permitido. Esto puede ser debido a que las purgas que realizaba la empresa eran escasas y de volúmenes muy bajos, además esta empresa no subcontrataba el mantenimiento.



4. CONCLUSIONES.

4. CONCLUSIONES.

Como resumen del trabajo realizado y expuesto en la presente Memoria, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

A) ESTUDIO 1. VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA EL CONTROL DE TRIHALOMETANOS.

- 1) La utilización de la cromatografía de gases, como técnica instrumental, con columnas capilares y detector selectivo de masas e inyección de espacio de cabeza (Head Space) permite la correcta identificación y cuantificación de los trihalometanos seleccionados en este estudio, que son los que establece la normativa sobre aguas.
- 2) En función de los límites de detección y cuantificación calculados, se ha adoptado como límite de cuantificación teórico el valor mínimo de la recta de calibrado, es decir 0,05 mg/l, valor inferior al establecido en la normativa como valor máximo permitido en aguas (0,1 mg/l).

3) Los resultados obtenidos de linealidad, precisión y exactitud, cumplen con los criterios de aceptación/rechazo fijados a priori para la validación del método. Por ello, podemos afirmar que la metodología analítica utilizada para la determinación de trihalometanos en aguas residuales es lineal, precisa y exacta en el rango de trabajo establecido. Además, los controles de calidad que se introducen en cada secuencia de análisis, muestran que el método es fiable y robusto para su utilización en rutina.

B) ESTUDIO 2: INFLUENCIA DEL PROCESADO INDUSTRIAL EN LA FORMACIÓN DE TRIHALOMETANOS.

1) En las aguas de consumo (red o pozo) utilizadas en la industria conservera de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia se observa que el 86,7% tienen un contenido en trihalometanos por debajo del establecido en la normativa (100 ppb) y el resto se encuentran por encima del límite legal. En general, estas muestras se corresponden con aguas de pozo cloradas y almacenadas por la propia industria, aunque en algunos casos puntuales eran aguas de red suministrada por los municipios.

2) En las muestras que han superado el límite legal, los valores de trihalometanos no tienen una correlación con los contenidos en cloro residual y materia orgánica total. Teniendo en cuenta que siempre estamos en niveles muy bajos de carbono orgánico total en agua, la formación de trihalometanos posiblemente esté más relacionada con el tipo de materia orgánica que con la concentración de la misma en el agua.

3) Cuando estudiamos la formación de trihalometanos en el agua residual generada en cada una de las fases de elaboración de conservas vegetales, podemos indicar que, en general, en todas ellas se produce una disminución del cloro residual como consecuencia de un aporte de materia orgánica.

Aunque en todas las etapas existe materia orgánica suficiente para que se pueda producir la formación de trihalometanos, el contenido de estos en las distintas fases es inferior al límite legal, excepto para la etapa de enfriamiento en torres de refrigeración. El bajo contenido en cloro, puede actuar de factor limitante, ya que se consume rápidamente y no da lugar a la formación de cantidades demasiado apreciables de trihalometanos; además el elevado volumen de agua utilizada produce también un efecto dilución importante. Otro factor a considerar es que, en nuestro caso, la materia orgánica proviene de productos vegetales frescos (no humificada) y posiblemente no sea la adecuada para generar los trihalometanos.

- 4) En todas las campañas estudiadas en la única fase o proceso que se forman trihalometanos, por encima del nivel de 100 ppb, es en la de enfriamiento después de la esterilización mediante el uso de torres de refrigeración. Estos datos se ven corroborados por el estudio adicional de muestras procedentes de las torres de refrigeración. Ello puede ser debido a que la cloración continuada en las torres de refrigeración favorezca la reacción de formación de trihalometanos, al no actuar en este caso el cloro como factor limitante.
- 5) El contenido en trihalometanos en el agua de la torre no queda reflejado en el vertido general de agua residual de las empresas, debido a que el volumen de las purgas es muy pequeño respecto al volumen total vertido y por lo tanto el efecto dilución es muy elevado, por ello no hay una correlación entre los contenidos de trihalometanos del agua de la torre y los vertidos finales.
- 6) El proceso de depuración puede producir una eliminación de trihalometanos, ya que la mayoría de las muestras que a la entrada a la depuradora contenían valores superiores al límite legal, a la salida de la misma eran inferiores a éste. Las muestras cuyos valores son superiores a 100 ppb en la salida de la depuradora, que provienen de aguas que a la entrada tenían niveles inferiores

a este valor, eran aquellas que sufrían cloración al final del proceso con el fin de desinfectarlas para su reutilización agrícola; por ello, la cloración tras la depuración es la responsable de la formación de trihalometanos en estas muestras.

- 7) No se produce transferencia de trihalometanos desde las aguas residuales de entrada hacia los lodos de depuración, incluso para muestras con niveles altos de estos compuestos.

C) ESTUDIO 3: FORMACIÓN DE TRIHALOMETANOS EN TORRES DE REFRIGERACIÓN.

- 1) De la comprobación de la dinámica de uso y mantenimiento de las torres de refrigeración en la industria de transformados vegetales, se concluye que todas las empresas estudiadas cumplen con la normativa vigente.
- 2) De los cuatro diseños de circuitos de refrigeración estudiados, el de tipo 2 (contacto de los botes con el agua de refrigeración) es en el que encontramos el mayor número de muestras positivas (> 100 ppb). Por el contrario, en el tipo 4 (enfriamiento utilizando un intercambiador de calor) no se encuentra ninguna muestra con trihalometanos. Por ello, el tipo de circuito de refrigeración utilizado, junto con el agua usada y el mantenimiento realizado es el principal responsable en el nivel de trihalometanos finales.



5. BIBLIOGRAFÍA.

5. BIBLIOGRAFÍA.

Adroer Martoni, N.; Aumatell Collom, J. y Navarro Soria, I. 2010. Programas para el control de la calidad microbiológica del agua de refrigeración. Estudio de su eficacia en torre de refrigeración piloto y evaluación del riesgo de una torre de refrigeración industrial para la prevención y control de la legionelosis. *Ingeniería Química*, 480: 92-98.

Al-Omari, .A;Fayyad, M. y Abdel Qader, A. 2004. Modeling trihalomethane formation for jabal amman water supply in Jordan. *Environmental Modeling Assessment*, 4: 245-252.

Andreu, P. S.; Mifsut, C. L.; Romero, L. V.; Cañas, P. P.; Sánchez, P. P. y Pérez, A. R. 2009. Efecto del pretratamiento con ultrasonidos sobre la desinfección de agua depurada. *Tecnología del agua*, 29(309): 44-53.

Bellar, T.; Lichtenberg, J. y Kroner, R. 1974. The occurrence of organohalides in chlorinated drinking water. *Journal American Water Works Association*, 66(12): 703-706.

Black, B.D.; Harrington, G.W. y Singer, P.C. 1996. Reducing cancer risks by improving organic carbon removal. *Journal American Water Works Association*, 88: 40–52.

BOE. 1985. Ley 29/85, de 2 de agosto, de aguas. Boletín Oficial del Estado, nº 189 (8/8/1985), 25123-25135.

BOE. 1986a. Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos Preliminar, I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/85, de 2 de agosto, de aguas. Boletín Oficial del Estado, nº 103 (30/4/1986), 15500-15537.

BOE. 1986b. Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad. Boletín Oficial del Estado, nº 102 (29/4/1986), 15207-15224.

BOE. 1990. Real Decreto 1138/1990, de 14 de septiembre, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público. Boletín Oficial del Estado, nº 226 (20/9/1990), 27488-27497.

BOE. 2000. Ley 3/200, de 12 de julio, de saneamiento y depuración de aguas residuales de la Región de Murcia e implantación del canon de saneamiento. Boletín Oficial del Estado, nº 8 (9/1/2001), 883-891.

BORM. 1999. Decreto 16/1999, de 22 de abril, sobre vertidos de aguas residuales industriales al alcantarillado. Boletín Oficial de la Región de Murcia, nº 97 (29/4/1999), 5459-5464.

Bolto, B.; Dixon, D.; Eldridge, R. y King, S. 2002. Removal of THM precursor by coagulation or ion Exchange. *Water Research*, 36: 5066-5073.

Camargo, M. y Cruz, L.E. 1999. Sustancias húmicas en aguas para abastecimiento. *Revista Ingeniería e Investigación*, 44: 63-72.

CE. 1998. Directiva 98/83/CE del Consejo, de 3 de noviembre de 1998, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano. En: DOCE L 330 de 5/12/1998. Ed. Parlamento Europeo, Consejo Europeo, Bruselas, Bélgica.

CEE. 1980. Directiva 80/778/CEE del Consejo, de 15 de julio de 1980, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano. En: DOCE 229/L de 30/08/1980. Ed. Parlamento Europeo, Consejo Europeo, Bruselas, Bélgica.

Cox, M.; Cohn, P. D. y Beger, P. S. 2002. Aspectos de la calidad del agua. Salud y estética. En: *Calidad y tratamiento del agua: manual de suministros de agua comunitaria*. Ed. McGraw-Hill Interamericana de España, p. 47-130.

Craun, G.F. 1991. Epidemiological study of organic micropollutants in drinking water. In: *Handbook of Environmental Chemistry Water Pollution*. Ed.: O. Hutzinger, Vol. 5A, Springer, Berlin.

Chang, E.E.; Lin, Y.P. y Chiang, P.C. 2001. Effects of bromide on the formation of THMs and HAAs. *Chemosphere*, 43: 1029–1034.

Chin, Y.; Aiken, G. y O`Loughlin, E. 1994. Molecular weight, polydispersity, and spectroscopic properties of aquatic humic substances. *Environmental Science and Technology*, 28: 1853-1858.

Chow, A.T.; Gao, S. y Dahlgren, R.A. 2005. Physical and chemical fractionation of dissolved organic matter and trihalometane precursor: A Review. *Journal of Water Supply Research and Technology*, 54 (8): 475-507.

Chowdhury, S. 2013. Exposure assessment for trihalomethanes in municipal drinking water and risk reduction strategy. *Science of the Total Environment*, 463-464: 922–930.

Chowdhury, S.; Champagne, P. y McLellan, P.J. 2010. Investigating effects of bromide ions on trihalomethanes and developing model for predicting bromodichloromethane in drinking water. *Water Research*, 44 (7): 2349–2359.

Chowdhury, S.; Rodriguez, M.J. y Sadig, R. 2011. Disinfection by-products in canadian provinces: associated cancer risks and medical expenses. *Journal of Hazardous Materials*, 187 (1): 574–584.

Cumbre de la Tierra. 1992. Declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo. *Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio ambiente y el Desarrollo*. Río de Janeiro. Brasil.

DG SANCO. European Commission Health and Consumer Protection Directorate General. 2013. Guidance document on analytical quality control and validation procedures for pesticide residues analysis in food and feed. SANCO/12571/2013, Brussels, Belgium.

Dodds, L.; King, W.D; Woolcott, C y Pole, J. 1999. Trihalomethanes in public water supplies and adverse birth outcomes. *Epidemiology*, 10 (3): 233–237.

Flannery, B.; Gelling, L. B;, Vugia, D. J.; Weintraub, J. M.; Salerno, J. J.; Conroy, M. J. y Besser, R. E. 2006. Reducing legionella colonization of water systems with monochloramine. *Emerging Infectious Diseases*, 12: 588–596.

Font-Ribera, L; Villanueva, C.M.; Nieuwenhuijsen, M.J.; Zock, J.P.; Kogevinas, M. y Henderson, J. 2011. Swimming pool attendance, asthma, allergies, and lung function in the avon longitudinal study of parents and children cohort. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 183: 582–588.

Galvín, R. M. 2015. Evolución de compuestos orgánicos y subproductos de desinfección en sistemas de potabilización de agua. *Retema: Revista técnica de medio ambiente*, 28(183): 78-87.

Gallard, H. y Gunten, U. 2002. Chlorination of natural organic matter: kinetics of chlorination and of THM formation. *Water Research*, 336: 65-74.

Garcés Giraldo, L.F. 2011. Uso de dos fotosensibilizadores para el tratamiento de aguas residuales coloreadas: un análisis desde el modelo factorial. Ed. Corporación Universitaria Lasallista. Caldas (Colombia).

Garcés, L. F.; Hernández, M. L.; Peñuela, G. A.; Rodríguez, A. y Salazar, J. A. 2012. Fotodegradación sensibilizada con TiO₂ del colorante rojo recoltive utilizando lámpara de luz UV. *Producción + Limpia*. N° 1: páginas:1–9.

Garrido, S.E. 2003. Consideraciones sobre los subproductos de la desinfección. *En: Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas*. Delgado, C.D., Fall, C., Quentin, E., Jiménez, M.C., Esteller, M.V., Garrido, S.E., López, C.M. y García, D. (editores). México, D.F.: Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua, CYTED Press, pp. 172-174.

Gold, L.S.; Gaylor, D.W. y Slone, T.H. 2003. Comparison of cancer risk estimates based on a variety of risk assessment methodologies. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 37: 45–53.

Golfinopoulos, S.K. 2000. The occurrence of trihalomethanes in the drinking water in Greece. *Chemosphere*, 41: 1761–1767.

Goodman, M y Hays, S. 2008. Asthma and swimming: A meta analysis. *Journal of Asthma*, 45: 639-647.

Guerra, L. 2001. Desinfección del agua con luz ultravioleta y energía solar fotovoltaica. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 22 (4): 36–38.

Hernandez, C.; Gonzalez, L.; Rubio, C.; Caballero, J.M.; Ben-Charki, El-Mousati y Hardisson de laTorre, A. 2011. Trihalometanos en aguas de consumo humano. *Revista Toxicológica*, 28: 109-114.

Hong, H.; Liang, Y.; Han, B.; Mazumder, A. y Wong, M. 2007. Modeling of trihalomethane (THM) formation via chlorination of the water from Dongjiang River (Source Water For Hong Kong's Drinking Water). *Science of the Total Environment*, 385: 48-54.

Hrudey, S.E; Charrois, J.W.A. 2012. Disinfection by-products (DBPs) as a public health issue: disinfection by-products and human health. IWA Publishing, London.

ISO 17025. 2005. ISO/IEC 17025:2005: General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. Ed. ISO, Geneva, Switzerland, p. 28.

ISO 9001. 2008. ISO 9001:2008: Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos. Ed. ISO, Geneva, Switzerland, p. 42.

Kim, H. y Yu, M. 2005. Characterization of natural organic matter in conventional water treatment processes for selection of treatment processes focused on DBPs control. *Water Research*, 39: 4779-4789.

Kitis, M.; Karanfil, T. y Kilduff, J. 2004. The reactivity of dissolved organic matter for disinfection by-product formation. *Turkish Journal Engineering Environmental Sciences*, 28: 167-179.

Korshin, G.V.; Benjamin, M.M. y Sletten, R.S. 1997. Adsorption of natural organic matter (NOM) on iron oxide: Effects on NOM composition and formation of organohalide compounds during chlorination. *Water Research*, 31: 1643-1650.

Lamúa, M. 2012. El tratamiento del agua en las torres de refrigeración y condensadores evaporativos: eficiencia energética y responsabilidad social. *Revista Técnica de Medio Ambiente*, 25(159): 96.

Lee, K.J.; Kim, B.H.; Hong, J.U.; Pyo, H.S.; Park, S. y Lee, D.W. 2001. A study on the distribution of chlorination by-products (CBPs) in treated water in Korea. *Water Research*, 35: 2861–2872.

Li, C.; Yang, J.Y.; Yu, J.; Zhang, T.; Mao, X. y Shao, W. 2012. Second order chlorine decay and trihalomethanes formation in pilot scale water distribution systems. *Water Environment Research*, 84 (8): 656-661.

Lorenzo, V.; Ocaña, L.; Guadalupe, J.; García, F.; Asela, L. y Venta, B. 2010. Evaluación de la eficiencia de los procesos de coagulación-floculación y ozonización a escala de laboratorio en el tratamiento de aguas residuales municipales. *Ciencias Químicas*, 41: 49–56.

Llopis-Gonzalez, A.; Sagrado-Vives, S.; Gimeno-Clemente, N.; Yusà- Pelecha, V.; Martí-Requena, P.; Monforte-Monleón, L. y Morale- Suarez- Varela, M. 2011. Ecological study on digestive and bladder cancer in relation to the level o of trihalomethanes in drinking water. *Journal of Environmental Research*, 5 (3): 613–620.

Mallika, P.; Sariska, S. y Pongsri, P. 2008. Cancer risk assessment from exposure to trihalomethanes in tap water and swimming pool water. *Journal of Environmental Science*, 20 (3): 372–378.

Manahan, S.E. 2007. Introducción a la Química Ambiental. Ed. Reverte, Barcelona.

Miller, et al. 1999. Sustancias húmicas en aguas para abastecimiento. *Ingeniería e Investigación*, 44: 63-72.

Miller, T.G. 2002. Introducción a la ciencia ambiental. Desarrollo sostenible de la tierra. 5ª edición. Ed. Thomson. Madrid. España.

Mosteo, R.; Miguel, N.; Martín-Muniesa, S.; Ormad, M.P. y Ovelleiro, J.L. 2009. Evaluation of trihalomethane formation potential in function of oxidation processes used during the drinking water production process. *Journal of Hazardous Materials*, 172 (2-3): 661–666.

Nikolau, A.D.; Lekkas, T.D.; Golfinopoulos, S.K. y Kostopoulo, M.N. 2002. Application of different analytical methods for determination of volatile chlorination by-products in drinking water. *Talanta*, 56: 717-726.

Olmedo, M.T. 2008. Subproductos de la desinfección del agua por el empleo de compuestos de cloro. Efectos sobre la salud. *Higiene y Sanidad Ambiental*, 8: 335-342.

Perez, J.L., Herrero, S., García, C. y Moreno, E. 2008. Determination of trihalomethanes in water samples: a review. *Analytica Chimica Acta*, 629: 6-23.

Poleneni, S.R. y Inniss, E.C. 2013. Small water distribution system operations and disinfection by product fate. *Journal Water Resources Protection*, 5: 35-41.

Polkowska, Z. 2004. Determination of volatile organohalogen compounds in urban precipitation in Tricity area (Gdansk, Gdynia, Sopot). *Chemosphere*, 57: 1265-1274.

Ramírez Quirós, F. 2005. Desinfección del agua con cloro y cloraminas. *Revista Técnica Industrial*, 260: 55-63.

Restrepo, P. J.; González, A. L.; y Suárez-Varela, M. M. 2011. Influencia de los trihalometanos según la clasificación climatológica de Koppén y el índice de Lang, sobre la mortalidad asociada al cáncer de estómago y vejiga por áreas geográficas en España. *Revista de Salud Ambiental*, 11(1-2): 64-69.

Rice, R.G.; Farquhar, J.W. y Bollyky, L.J. 1982. Review of the applications of ozone for increasing storage times of perishable foods. *Ozone: Science & Engineering*, 4: 147-163.

Richardson, S. D.; Plewa, M. J.; Wagner, E. D.; Schoeny, R. y DeMarini, D. M. 2007. Occurrence, genotoxicity, and carcinogenicity of regulated and emerging disinfection by-products in drinking water: A review and roadmap for research. *Mutation Research - Reviews in Mutation Research*, 636: 178–242.

Righi, E.; Fantuzzi, G.; Predieri, G. y Aggazzotti, G. 2014. Bromate, chlorite, chlorate, haloacetic acids, and trihalomethanes occurrence in indoor swimming pool waters in Italy. *Microchemical Journal*, 113: 23–29.

Rodier, J. 1998. Análisis de las aguas. Aguas naturales, aguas residuales y agua de mar. Ed. Omega. Barcelona.

Rodrigues, P.; Silva, J. y Antunes, M. 2007. Factorial analysis of the trihalomethane formation in water disinfection using chlorine. *Analytica Chimica Acta*, 595 (1-2): 266-274.

Rodríguez, M. J.; Rodríguez, G.; Serodes, J. y Sadiq, R. 2007. Subproductos de la desinfección del agua potable: Formación, aspectos sanitarios y reglamentación. *Interciencia*, 32: 749–756.

Rodriguez, M.J.; Vinette, Y.; Sérodes, J.B. y Bouchard, C. 2003. Trihalomethanes in Drinking Water of Greater Québec Region (Canada): Occurrence, Variations and Modelling. *Environmental Monitoring Assessment*, 89 (1): 69-93.

Sánchez Zafra, A. 2008. Efectos de los trihalometanos sobre la salud. *Higiene y Sanidad Ambiental*, 8: 280-290.

Sánchez, C. H.; González, G. L.; Armendáriz, C. R.; Mesa, J. C.; El-Mousati, N. B. C., y de la Torre, A. H. 2011. Trihalometanos en aguas de consumo humano. *Revista de Toxicología*, 28(2): 109-114.

Sens, M. L.; Pizzolatti, B. S.; Mondardo, R. I. y Romero, L. G. 2013. La filtración inducida como una alternativa de tratamiento de agua para remover cianobacterias y cianotoxinas. *Interciencia*, 3: 253–259.

Shukairy, H.M.; Miltner, R.J. y Summers, R.S. 1995. Bromide's effect on DBP formation, speciation, and control, part 2. Biotreatment. *Journal American Water Works Association*, 87: 71-82.

Singer, P.C. 1995. Humic substances as precursors for potentially harmful disinfection by-products. *Water Science Technology*, 40: 25-30.

Symons, M.; Krasner, S.W.; Simms, L.A. y Selimenti, M. 1993. Measurement of THM and precursor concentrations revisited: The effect of bromide ion. *Journal American Water Works Association*, 85 (1): 51–62.

Tan, Y.; Kilduff, J.E.; Kitis, M. y Kranfil, T. 2005. Dissolved organic matter removal and disinfection by-product formation control using ion exchange. *Desalination*, 176: 189–200.

Thurman, E.M. 1985. Organic geochemistry of natural waters. Ed. Kluwer Academic Publishers. Norwell, MA.

Trapote, A. 2013. Depuración y regeneración de aguas residuales urbanas. *Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alicante*. Alicante.

Uyak, V. y Toroz, I. 2007. Investigation of bromide ion effects on disinfection by-products formation and speciation in an Istanbul water supply. *Journal of Hazardous Materials*, 149: 445-451.

Wang, G.-S.; Deng, Y.C. y Lin, T.F. 2007. Cancer risk assessment from trihalomethanes in drinking water. *The Science of the Total Environment*, 387: 86–95.

Wang, H.; Liu, D. y Zhao, Z. 2010. Factors influencing the formation of chlorination brominated trihalomethanes in drinking water. *Journal Zhejiang University Applied Physics Engineering*, 11 (2): 143-150.

Watson, K.; Farré, M. J.; Birt, J.; McGree, J. y Knight, N. 2014. Predictive models for water sources with high susceptibility for bromine-containing disinfection by-product formation: implications for water treatment. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(3): 1963-1978.

Wong, H.; Mok, K. M.; y Fan, X. J. 2007. Natural organic matter and formation of trihalomethanes in two water treatment processes. *Desalination*, 210: 44–51.

Xu, X.; Mariano, T.M.; Laskin, J.D. y Weisel, P. 2002. Percutaneous absorption of trihalomethanes, haloacetic acids, and haloaromatics. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 184: 19–26.

Yang, C.Y; Cheng, B.H; Tsai, S.S; Wu, T.N; Lin, M.C y Lin, K.C. 2000. Association between chlorination of drinking water and adverse pregnancy outcome in Taiwan. *Environmental Health Perspectives*, 108: 765–768.



ÍNDICE DE TABLAS.

ÍNDICE DE TABLAS

2. ANTECEDENTES.	7
Tabla 2.1.- Parámetros a determinar en el Autocontrol de aguas de consumo	18
Tabla 2.2.- Periodicidad de control de los parámetros de calidad físico-química y microbiológica del agua utilizada en torres de refrigeración	21
Tabla 2.3.- Efecto bactericida y remanente de algunos de los tratamientos comunes de aguas	45
Tabla 2.4.- Tipos de trihalometanos	58
Tabla 2.5.- Estudios de modelización de formación de trihalometanos	64
3. EXPERIMENTAL.	73
Tabla 3.1.- Tiempos de retención, iones precursores e iones cualificadores de los THMs estudiados	81
Tabla 3.2.- Rectas de calibrado, coeficientes de correlación (r^2) y límites de detección de trihalometanos en matriz de agua residual	85
Tabla 3.3.- Intervalos de ordenada en el origen y pendiente para aceptación de las rectas de calibrado	86

Tabla 3.4.- Coeficientes de variación (%CV) en el cálculo de la repetibilidad.....	87
Tabla 3.5.- Coeficientes de variación (%CV) en el cálculo de la reproducibilidad	88
Tabla 3.6.- Porcentaje de recuperación medios en el estudio de exactitud del método..	88
Tabla 3.7.- Concentraciones de cloro residual, COT y trihalometanos en aguas de consumo a la entrada de fábrica.....	92
Tabla 3.8.- Concentraciones de cloro residual, COT y trihalometanos en las aguas de consumo que superan el límite legal de trihalometanos	93
Tabla 3.9.- Niveles de los parámetros estudiados en las aguas residuales generadas en las distintas fases de la elaboración de mandarina.....	94
Tabla 3.10.- Niveles de los parámetros estudiados en las aguas residuales generadas en las distintas fases de la elaboración de alcachofa.....	95
Tabla 3.11.- Niveles de los parámetros estudiados en las aguas residuales generadas en las distintas fases de la elaboración de pimiento.....	96
Tabla 3.12.- Niveles de los parámetros estudiados en las aguas residuales generadas en las distintas fases de la elaboración de melocotón	97
Tabla 3.13.- Niveles de los parámetros estudiados en las aguas residuales generadas en las distintas fases de la elaboración de albaricoque.....	97
Tabla 3.14.- Concentraciones de cloro residual, COT y THMs en la etapa de refrigeración después de la esterilización en circuito cerrado mediante torres de refrigeración	108
Tabla 3.15.- Parámetros de las aguas residuales generadas en la elaboración de conservas antes de su entrada a la depuradora.....	110
Tabla 3.16.- Parámetros de las aguas residuales generadas en la elaboración de conservas a la salida de la depuradora	111
Tabla 3.17.- Contenido en trihalometanos en muestras de lodo de depuradora	112
Tabla 3.18.- Resultados de las muestras tomadas en las torres de refrigeración de los diferentes tipos de diseño del circuito de refrigeración.....	122



ÍNDICE DE FIGURAS.

ÍNDICE DE FIGURAS

2. ANTECEDENTES.	7
Figura 2.1.- El Ciclo Hidrológico (U.S. Geological Survey).....	12
Figura 2.2.- Distribución del agua en la Tierra	13
Figura 2.3.- Disponibilidad de recursos hídricos en el mundo (UNESCO).....	14
Figura 2.4.- Dotación de agua por sectores industriales (Hispagua).....	16
Figura 2.5.- Contenido en carga contaminante de las diferentes fases del procesado industrial en las conserveras	30
Figura 2.6.- Esquema del concentrador de triple efecto	37
Figura 2.7.- Esquema del circuito de refrigeración con etapa de concentración.....	38
Figura 2.8.- Esquema del circuito de refrigeración tipo 2. Sistema en discontinuo	39
Figura 2.9.- Esquema del circuito de refrigeración tipo 3. Sistema en continuo	40
Figura 2.10.- Esquema del circuito de refrigeración de la etapa de enfriamiento después de la esterilización. Sistema en dos fases con intercambiador de calor	41
3. EXPERIMENTAL.	73
Figura 3.1.- Esquema de trabajo	75

Figura 3.2.- Analizador de Carbono Orgánico Total Shimadzu TOC 5050	82
Figura 3.3.- pHmetro Crison modelo GLP 21.	83
Figura 3.4.- Ejemplo de cromatograma de un patrón de 0,5 ppm en matriz de agua residual.....	84
Figura 3.5.- Diagrama de flujo general de la elaboración de conservas	90
Figura 3.6.- Diagrama de los procesos auxiliares en la industria conservera	91
Figura 3.7.- Contenido en carbono orgánico total, cloro residual y trihalometanos en las etapas de corte del material vegetal	101
Figura 3.8.- Contenido en carbono orgánico total, cloro residual y trihalometanos en las etapas de escaldado y sus lavados posteriores.....	102
Figura 3.9.- Contenido en carbono orgánico total, cloro residual y trihalometanos en las etapas de lavado posteriores al pelado químico.....	103
Figura 3.10.- Contenido en carbono orgánico total, cloro residual y trihalometanos en el agua de proceso y en las etapas de lavado de materia prima y embotado-esterilizado	104
Figura 3.11.- Contenido en carbono orgánico total, cloro residual y trihalometanos en las aguas de enfriamiento, entrada y salida de depuradora en las muestras analizadas. El cloro residual se analizó antes y después de poner en contacto el agua con los botes.....	106
Figura 3.12.- Esquema del proceso de esterilización con torre de refrigeración en circuito cerrado.....	113



ANEXO I.



LEGISLACIÓN CONSOLIDADA

Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

Ministerio de la Presidencia
«BOE» núm. 45, de 21 de febrero de 2003
Referencia: BOE-A-2003-3596

TEXTO CONSOLIDADO

Última modificación: 11 de octubre de 2013

La Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad, estableció la obligación de las Administraciones públicas sanitarias de orientar sus actuaciones prioritariamente a la promoción de la salud y la prevención de las enfermedades.

La citada Ley prevé que las actividades y productos que, directa o indirectamente, puedan tener consecuencias negativas para la salud, sean sometidos por las Administraciones públicas a control por parte de éstas y a llevar a cabo actuaciones sanitarias para la mejora de los sistemas de abastecimiento de las aguas.

El Real Decreto 1138/1990, de 14 de septiembre, por el que se aprueba la Reglamentación técnico-sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público, incorporó a nuestro ordenamiento jurídico la Directiva comunitaria 80/778/CEE, de 15 de julio de 1980.

La publicación de la Directiva 98/83/CE, de 3 de noviembre de 1998, exige la incorporación de la misma al derecho interno español con la elaboración de un nuevo texto que recoja las nuevas especificaciones de carácter científico y técnico y posibiliten un marco legal más acorde, tanto con las necesidades actuales, como con los avances y progresos de los últimos años en lo que a las aguas de consumo humano se refiere, estableciendo las medidas sanitarias y de control necesarias para la protección de la salud de los consumidores, siendo éste el objeto principal de esta disposición.

Dada la importancia de este tema para la salud humana, se hace necesario el establecimiento a escala nacional de criterios de calidad del agua de consumo humano.

Estos criterios se aplicarán a todas aquellas aguas que, independientemente de su origen y del tratamiento de potabilización que reciban, se utilicen en la industria alimentaria o se suministren a través de redes de distribución públicas o privadas, depósitos o cisternas.

Se fijan parámetros y valores paramétricos a cumplir en el punto donde se pone el agua de consumo humano a disposición del consumidor. Estos valores se basan principalmente en las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud y en motivos de salud pública aplicándose, en algunos casos, el principio de precaución para asegurar un alto nivel de protección de la salud de la población.

Los programas de control de calidad del agua de consumo humano deberán adaptarse a las necesidades de cada abastecimiento y cumplir los criterios de calidad previstos en esta disposición.

Las sustancias utilizadas en el tratamiento de potabilización del agua y productos de construcción instalados en el abastecimiento y en las instalaciones interiores pueden afectar

a la calidad y salubridad de la misma, por ello, y sin perjuicio de lo previsto en esta norma, se regularán por normativa específica.

Ante incumplimientos de los criterios de calidad que señala esta disposición, será necesaria la investigación de la causa subyacente y garantizar que se apliquen lo antes posible las medidas correctoras y preventivas para la protección de la salud de la población abastecida. En determinadas condiciones se podrá conceder excepciones, cuando el suministro de agua en el abastecimiento no pueda mantenerse por ningún otro medio razonable y siempre y cuando no haya un riesgo potencial para la salud de la población.

Las decisiones sobre el control de la calidad del agua de consumo humano, así como la adopción de medidas correctoras ante los incumplimientos detectados, se ejecutarán en el nivel local, en virtud de las competencias atribuidas a los entes locales en la Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases del Régimen Local, siguiendo, en su caso, las indicaciones de la administración sanitaria autonómica competente y contando con su asesoramiento.

Los consumidores deberán recibir información suficiente y oportuna de la calidad del agua de consumo humano, situaciones de excepción, medidas correctoras y preventivas, así como de todos aquellos aspectos que afecten al abastecimiento y que puedan implicar un riesgo para la salud de la población.

El Ministerio de Sanidad y Consumo coordina el Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo y elabora los informes nacionales anuales destinados a la información pública y, en cumplimiento con las obligaciones comunitarias, a la Comisión Europea.

El presente Real Decreto, que tiene carácter de norma básica, se dicta al amparo de lo dispuesto en el artículo 149.1.16.^a de la Constitución y de acuerdo con lo dispuesto en los artículos 18.6, 19.2, 23, 24, 40.2, 40.13 y en la disposición adicional segunda de la Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad.

En la elaboración de este Real Decreto han sido oídos los sectores afectados, las comunidades autónomas y ha emitido su preceptivo informe la Comisión Interministerial para la Ordenación Alimentaria (CIOA).

En su virtud, a propuesta de los Ministros de Sanidad y Consumo, de Agricultura, Pesca y Alimentación, de Medio Ambiente, de Economía y de Ciencia y Tecnología, con la aprobación previa del Ministro de Administraciones Públicas, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros del día 7 de febrero de 2003,

DISPONGO:

Artículo 1. Objeto.

El presente Real Decreto tiene por objeto establecer los criterios sanitarios que deben cumplir las aguas de consumo humano y las instalaciones que permiten su suministro desde la captación hasta el grifo del consumidor y el control de éstas, garantizando su salubridad, calidad y limpieza, con el fin de proteger la salud de las personas de los efectos adversos derivados de cualquier tipo de contaminación de las aguas.

Artículo 2. Definiciones.

A los efectos de esta disposición se entenderá por:

1. Agua de consumo humano:

a) Todas aquellas aguas, ya sea en su estado original, ya sea después del tratamiento, utilizadas para beber, cocinar, preparar alimentos, higiene personal y para otros usos domésticos, sea cual fuere su origen e independientemente de que se suministren al consumidor, a través de redes de distribución públicas o privadas, de cisternas, de depósitos públicos o privados.

b) Todas aquellas aguas utilizadas en la industria alimentaria para fines de fabricación, tratamiento, conservación o comercialización de productos o sustancias destinadas al consumo humano, así como a las utilizadas en la limpieza de las superficies, objetos y materiales que puedan estar en contacto con los alimentos.

c) Todas aquellas aguas suministradas para consumo humano como parte de una actividad comercial o pública, con independencia del volumen medio diario de agua suministrado.

2. Autoridad sanitaria: a la Administración sanitaria autonómica competente u otros órganos de las comunidades autónomas en el ámbito de sus competencias.

3. Gestor y/o gestores: persona o entidad pública o privada que sea responsable del abastecimiento o de parte del mismo, o de cualquier otra actividad ligada al abastecimiento del agua de consumo humano.

4. Abastecimiento: conjunto de instalaciones para la captación de agua, conducción, tratamiento de potabilización de la misma, almacenamiento, transporte y distribución del agua de consumo humano hasta las acometidas de los consumidores, con la dotación y calidad previstas en esta disposición.

5. Agua destinada a la producción de agua de consumo humano: aquellas aguas que, independientemente de su origen, sufran o no un tratamiento, vayan a ser utilizadas para el consumo humano.

6. Fuente natural: las captaciones no utilizadas con fines comerciales y no conectadas a depósitos, cisternas o redes de distribución.

7. Punto de muestreo: el lugar para la toma de muestras de agua de consumo humano para el control de la calidad de ésta.

8. Valor paramétrico: el nivel máximo o mínimo fijado para cada uno de los parámetros a controlar.

9. Resultado: el valor cuantificado de un parámetro con un método de ensayo concreto y expresado en las unidades fijadas en el anexo I.

10. Plaguicida: los insecticidas, herbicidas, fungicidas, nematocidas, acaricidas, alguicidas, rodenticidas, molusquicidas orgánicos, metabolitos, productos de degradación o reacción y los productos relacionados como los reguladores de crecimiento.

11. Sustancia: todo producto (sustancia o preparado) que se agregue al agua o sea empleado en su potabilización o mejora, así como los utilizados para la limpieza de superficies, equipos, recipientes o utensilios que estén en contacto con el agua de consumo humano.

A estos efectos se dividen en los siguientes grupos:

a) «Desinfectantes para agua»: productos empleados para la desinfección del agua de consumo humano.

b) «Desinfectantes para superficies»: productos empleados para la desinfección de equipos, recipientes, utensilios para el consumo, superficies o tuberías relacionadas con la producción, transporte, almacenamiento y distribución del agua de consumo humano.

c) «Alguicidas y antiincrustantes»: productos que eliminan o impiden el desarrollo de algas en el agua destinada a la producción del agua de consumo humano o tengan acción antiincrustante o desincrustante.

d) «Otras sustancias»: todo producto que no esté incluido en los apartados anteriores.

12. Estación de tratamiento de agua potable (ETAP): conjunto de procesos de tratamiento de potabilización situados antes de la red de distribución y/o depósito, que contenga más unidades que la desinfección.

13. Producto de construcción en contacto con agua de consumo humano: todo producto de construcción, de revestimiento o utilizado en los procesos de montaje de las captaciones, conducciones, ETAPs, redes de abastecimiento y distribución, depósitos, cisternas e instalaciones interiores que estén situadas desde la captación hasta el grifo del consumidor.

14. Conducción: cualquier canalización que lleva el agua desde la captación hasta la ETAP o, en su defecto, al depósito de cabecera.

15. Depósito: todo receptáculo o aljibe cuya finalidad sea almacenar agua de consumo humano ubicado en la cabecera o en tramos intermedios de la red de distribución.

16. Red de distribución: conjunto de tuberías diseñadas para la distribución del agua de consumo humano desde la ETAP o desde los depósitos hasta la acometida del usuario.

17. Punto de entrega: lugar donde un gestor de una parte del abastecimiento entrega el agua al gestor de la siguiente parte del mismo o al consumidor.

18. Acometida: la tubería que enlaza la instalación interior del inmueble y la llave de paso correspondiente con la red de distribución.

19. Instalación interior: el conjunto de tuberías, depósitos, conexiones y aparatos instalados tras la acometida y la llave de paso correspondiente que enlaza con la red de distribución.

20. Aparatos de tratamiento en edificios: cualquier elemento o accesorio instalado tras la acometida o llave de paso o en la entrada a la instalación interior o en el grifo del consumidor, con el objeto de modificar u optimizar la calidad del agua de consumo humano.

21. Zona de abastecimiento: área geográficamente definida y censada por la autoridad sanitaria a propuesta del gestor del abastecimiento o partes de éste, no superior al ámbito provincial, en la que el agua de consumo humano provenga de una o varias captaciones y cuya calidad de las aguas distribuidas pueda considerarse homogénea en la mayor parte del año.

Cada zona de abastecimiento vendrá definida por cuatro determinantes:

- a) Denominación única dentro de cada provincia.
- b) Código de identificación.
- c) Número de habitantes abastecidos.
- d) Volumen medio diario de agua suministrada considerando el cómputo anual.

Artículo 3. *Ámbito de aplicación.*

1. La presente disposición será de aplicación a las aguas definidas en el artículo 2.1.

2. Quedan excluidas del ámbito de aplicación de este Real Decreto:

a) Todas aquellas aguas que se rijan por el Real Decreto 1074/2002, de 18 de octubre, por el que se regula el proceso de elaboración, circulación y comercio de aguas de bebida envasadas.

b) Todas aquellas aguas que se rijan por la Ley 25/1990, de 20 de diciembre, del Medicamento.

c) Todas aquellas aguas mineromedicinales de establecimientos balnearios que se rijan por el Real Decreto Ley 743/1928, de 25 de abril, que aprueba el Estatuto, sobre la explotación de manantiales de aguas mineromedicinales, y por la Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas.

d) Todas aquellas aguas destinadas exclusivamente a usos para los cuales conste a la autoridad sanitaria que la calidad de aquéllas no afecte, directa ni indirectamente, a la salud de los consumidores que las usan.

e) Todas aquellas aguas de la industria alimentaria que conste a la autoridad sanitaria que la calidad de aquéllas no afecta a la salubridad del producto alimenticio.

f) Todas aquellas aguas de consumo humano procedentes de un abastecimiento individual y domiciliario o fuente natural que suministre como media menos de 10 m³ diarios de agua, o que abastezca a menos de 50 personas, excepto cuando se perciba un riesgo potencial para la salud de las personas derivado de la calidad del agua, en cuyo caso la autoridad sanitaria requerirá a la Administración local que adopte, para estos abastecimientos, las medidas necesarias para el cumplimiento de lo dispuesto en este Real Decreto.

Artículo 4. *Responsabilidades y competencias.*

Sin perjuicio de lo establecido en la Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad, y en la Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases de Régimen Local, se establecen las siguientes responsabilidades en el ámbito de este Real Decreto:

1. Los municipios son responsables de asegurar que el agua suministrada a través de cualquier red de distribución, cisterna o depósito móvil en su ámbito territorial sea apta para el consumo en el punto de entrega al consumidor.

2. Cuando la captación o la conducción o el tratamiento o la distribución o el autocontrol del agua de consumo lo realice un gestor o gestores distintos del municipio, éste velará por el cumplimiento de este Real Decreto por parte de los mismos.

La responsabilidad de los gestores finaliza en el punto de entrega a otro gestor o en la llave de paso general de la acometida del consumidor.

3. Los municipios velarán por el cumplimiento de las obligaciones de los titulares de los establecimientos que desarrollen actividades comerciales o públicas en relación con lo que señala esta disposición. Los titulares de dichos establecimientos deberán poner a disposición de sus usuarios agua apta para el consumo.

4. Corresponde a los municipios el autocontrol de la calidad y el control en grifo del agua que consume la población en su municipio cuando la gestión del abastecimiento sea de forma directa.

5. Cuando la gestión del abastecimiento sea de forma indirecta, el autocontrol de la calidad del agua de consumo humano es responsabilidad de los gestores, cada uno en su propia parte del abastecimiento.

6. Si la calidad del agua de consumo humano sufre modificaciones que impliquen que de forma temporal o permanente no sea apta para el consumo, en cada uno de los casos que señalan los apartados 1, 2 y 3 del presente artículo, el gestor deberá poner en conocimiento de la población y/o de los otros gestores afectados, así como del municipio, en su caso, dicha situación de incumplimiento, las medidas correctoras y preventivas previstas, a través de los medios y en la forma que considere más adecuada, de acuerdo con la autoridad sanitaria, a fin de evitar cualquier riesgo que afecte a la protección de la salud humana.

7. Los propietarios del resto de los inmuebles que no estén recogidos en el apartado 3, son responsables de mantener la instalación interior a efectos de evitar modificaciones de la calidad del agua de consumo humano desde la acometida hasta el grifo.

Artículo 5. *Criterios de calidad del agua de consumo humano.*

El agua de consumo humano deberá ser salubre y limpia.

A efectos de este Real Decreto, un agua de consumo humano será salubre y limpia cuando no contenga ningún tipo de microorganismo, parásito o sustancia, en una cantidad o concentración que pueda suponer un riesgo para la salud humana, y cumpla con los requisitos especificados en las partes A y B del anexo I.

Artículo 6. *Punto de cumplimiento de los criterios de calidad del agua de consumo humano.*

El agua de consumo humano que se pone a disposición del consumidor deberá cumplir los requisitos de calidad señalados en esta disposición, en los siguientes puntos:

a) El punto en el cual surge de los grifos que son utilizados habitualmente para el consumo humano, para las aguas suministradas a través de una red de distribución, dentro de los locales, establecimientos públicos o privados y domicilios particulares.

b) El punto en que se pone a disposición del consumidor, para las aguas suministradas a partir de una cisterna, de depósitos móviles públicos y privados.

c) El punto en que son utilizadas en la empresa, para las aguas utilizadas en la industria alimentaria.

Artículo 7. *Captación del agua para el consumo humano.*

1. Sin perjuicio de lo que disponga la autoridad sanitaria en cada caso, el agua destinada a la producción de agua de consumo humano podrá proceder de cualquier origen, siempre que no entrañe un riesgo para la salud de la población abastecida.

La dotación de agua deberá ser suficiente para las necesidades higiénico-sanitarias de la población y el desarrollo de la actividad de la zona de abastecimiento, como objetivo mínimo debería tener 100 litros por habitante y día.

2. Los organismos de cuenca y las Administraciones hidráulicas de las comunidades autónomas facilitarán periódicamente a la autoridad sanitaria y al gestor los resultados analíticos del agua destinada a la producción de agua de consumo humano, de los parámetros descritos en el Real Decreto 927/1988, de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica y de toda aquella legislación que le sea de aplicación.

Ante la sospecha de presencia en el agua de contaminantes que entrañen un riesgo para la salud de la población, los organismos de cuenca y las Administraciones hidráulicas de las

comunidades autónomas en coordinación con la autoridad sanitaria determinarán y evaluarán la presencia de dichas sustancias.

3. Todo proyecto de nueva captación deberá contar con un informe sobre las características más relevantes que pudieran influir en la calidad del agua del área de captación, además de lo previsto en el artículo 13.

La calidad del agua de la captación deberá ser tal que pueda ser potabilizada con los tratamientos de potabilización previstos en el abastecimiento.

4. La entidad pública o privada responsable de la construcción de la captación deberá instalar las medidas de protección adecuadas y señalar de forma visible para su identificación como punto de captación de agua destinada al abastecimiento de la población, según establezca la autoridad sanitaria, con el fin de evitar la contaminación y degradación de la calidad del agua.

El gestor de la captación mantendrá las medidas de protección propias de su competencia sin perjuicio de las competencias del organismo de cuenca y las Administraciones hidráulicas de las comunidades autónomas.

Artículo 8. *Conducción del agua.*

1. Antes de su puesta en funcionamiento, se realizará un lavado y/o desinfección de las tuberías.

El material de construcción, revestimiento, soldaduras y accesorios no transmitirán al agua sustancias o propiedades que contaminen o empeoren la calidad del agua procedente de la captación.

2. En el caso que la conducción fuera abierta, el gestor de la misma deberá proceder a su cerramiento siempre que la autoridad sanitaria considere que existe un riesgo para la salud de la población.

Artículo 9. *Sustancias para el tratamiento del agua.*

1. Cualquier sustancia o preparado que se añada al agua de consumo humano deberá cumplir con la norma UNE-EN correspondiente para cada producto y vigente en cada momento.

El Ministerio de Sanidad y Consumo actualizará la relación que figura en el anexo II mediante desarrollo normativo.

2. Las sustancias o preparados que a la fecha de entrada en vigor de esta disposición estén comercializados tendrán un plazo de un año para cumplir con cada una de las normas UNE-EN que le afecten.

3. Sin perjuicio de lo anterior, toda sustancia o preparado que se añada al agua de consumo humano y la industria relacionada con ésta, deberán cumplir con lo dispuesto en el Real Decreto 1054/2002, de 11 de octubre, por el que se regula el proceso de evaluación para el registro, autorización y comercialización de biocidas, o en el Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de las sustancias peligrosas, o en el Real Decreto 1078/1993, de 2 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos, y en el Real Decreto 1712/1991, de 29 de noviembre, sobre el Registro general sanitario de alimentos, o cualquier otra legislación que pudiera ser de aplicación.

4. El gestor del tratamiento de potabilización del agua deberá contar con una fotocopia del certificado o autorización sanitaria correspondiente a cada sustancia utilizada o, en su caso, de la empresa que lo comercialice.

Artículo 10. *Tratamiento de potabilización del agua de consumo humano.*

1. Cuando la calidad del agua captada tenga una turbidez mayor de 1 unidad Nefelométrica de Formacina (UNF) como media anual, deberá someterse como mínimo a una filtración por arena, u otro medio apropiado, a criterio de la autoridad sanitaria, antes de desinfectarla y distribuirla a la población. Asimismo, cuando exista un riesgo para la salud, aunque los valores medios anuales de turbidez sean inferiores a 1 UNF, la autoridad sanitaria podrá requerir, en función de la valoración del riesgo existente, la instalación de una filtración previa.

2. Las aguas de consumo humano distribuidas al consumidor por redes de distribución públicas o privadas, cisternas o depósitos deberán ser desinfectadas. En estos casos, los subproductos derivados de la desinfección deberán tener los niveles más bajos posibles, sin comprometer en ningún momento la eficacia de la desinfección.

Cuando no haya riesgo de contaminación o crecimiento microbiano a lo largo de toda la red de distribución hasta el grifo del consumidor, el gestor podrá solicitar a la autoridad sanitaria, la exención de contener desinfectante residual.

3. Los procesos de tratamiento de potabilización no transmitirán al agua sustancias o propiedades que contaminen o degraden su calidad y supongan el incumplimiento de los requisitos especificados en el anexo I y un riesgo para la salud de la población abastecida, ni deberán producir directa o indirectamente la contaminación ni el deterioro del agua superficial o subterránea destinada a la producción del agua de consumo humano.

4. Los aparatos de tratamiento de agua en edificios, según se definen en el artículo 2.20, no deberán transmitir al agua sustancias, gérmenes o propiedades indeseables o perjudiciales para la salud y debe cumplir con lo dispuesto en el artículo 14 y garantizar que el agua cumpla con el anexo I.

5. Los fabricantes de aparatos de tratamiento de agua en instalaciones interiores deberán cumplir con:

a) El Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación en particular, con lo señalado en la Sección HS4. Suministro de agua, si los aparatos de tratamiento de agua se instalan en la entrada de los edificios.

b) La norma UNE 149101. Equipo de acondicionamiento de agua en el interior de los edificios. Criterios básicos de aptitud de equipos utilizados en el tratamiento del agua de consumo humano en el interior de edificios, u otra norma o estándar análogo que garantice un nivel de protección de la salud, al menos, equivalente, si los aparatos de tratamiento de agua se instalan en los grifos.

Los fabricantes tendrán un periodo de dos años para adecuarse a lo dispuesto en este apartado.

6. Los responsables de las instalaciones donde se instalen los aparatos de tratamiento de agua en la entrada de la instalación o los responsables de las instalaciones públicas o con actividad comercial que instalen estos aparatos en los grifos, deberán estar en posesión de la documentación del fabricante conforme señalan los apartados 5.a) y b).

La actualización del apartado 4 y la inclusión de los apartados 5 y 6 entra en vigor el 11 de diciembre de 2013.

Redacción vigente:

4. Los aparatos de tratamiento en edificios no podrán transmitir al agua sustancias, gérmenes o propiedades indeseables o perjudiciales para la salud y deberán cumplir con lo dispuesto en el artículo 14.

La comercialización de estos aparatos estará sujeta a su homologación previa.

Artículo 11. Depósitos y cisternas para el agua de consumo humano.

1. Los depósitos públicos o privados, fijos o móviles, de la red de abastecimiento, de distribución o de instalaciones interiores y cisternas para agua de consumo humano deberán cumplir con lo dispuesto en el artículo 14.

Todo depósito de una instalación interior deberá situarse por encima del nivel del alcantarillado, estando siempre tapado y dotado de un desagüe que permita su vaciado total, limpieza y desinfección.

2. La entidad pública o privada responsable de la construcción del depósito deberá instalar las medidas de protección y señalizar de forma visible, para su identificación como punto de almacenamiento de agua para el abastecimiento, con el fin de que no se contamine o empeore la calidad del agua almacenada.

El gestor mantendrá estas medidas de protección.

3. Cuando en un abastecimiento deba recurrirse al uso de cisternas o depósitos móviles, éstos serán sólo para el transporte de agua y tendrán claramente señalado y suficientemente visible la indicación «para transporte de agua de consumo humano», acompañado del símbolo de un grifo blanco sobre fondo azul.

El gestor de la cisterna o depósito móvil solicitará la autorización administrativa correspondiente para darse de alta en esta actividad.

En cada suministro de este tipo, el gestor deberá contar con el informe vinculante de la autoridad sanitaria.

En todo momento, el responsable del transporte del agua adoptará las medidas de protección oportunas para que la calidad del agua de consumo humano no se degrade, así como aquellas medidas correctoras que en su caso señale la autoridad sanitaria.

4. El gestor de los depósitos públicos o privados de la red de abastecimiento o la red de distribución, cisternas, y el propietario de los depósitos de instalaciones interiores, vigilará de forma regular la situación de la estructura, elementos de cierre, valvulería, canalizaciones e instalación en general, realizando de forma periódica la limpieza de los mismos, con productos que cumplan lo señalado en el artículo 9. La limpieza deberá tener una función de desincrustación y desinfección, seguida de un aclarado con agua.

Artículo 12. *Distribución del agua de consumo humano.*

1. Las redes de distribución pública o privada serán en la medida de lo posible de diseño mallado, eliminando puntos y situaciones que faciliten la contaminación o el deterioro del agua distribuida.

Dispondrán de mecanismos adecuados que permitan su cierre por sectores, con objeto de poder aislar áreas ante situaciones anómalas, y de sistemas que permitan las purgas por sectores para proteger a la población de posibles riesgos para la salud.

2. Antes de su puesta en funcionamiento y después de cualquier actividad de mantenimiento o reparación que pueda suponer un riesgo de contaminación del agua de consumo humano, se realizará un lavado y/o desinfección del tramo afectado de tuberías con sustancias que señala el artículo 9, y los productos de construcción de éstas deberán cumplir con lo dispuesto en el artículo 14.

3. Las características y funcionamiento de la instalación interior no deberán contaminar o empeorar la calidad del agua de consumo humano con gérmenes o sustancias que puedan suponer un riesgo para la salud de los consumidores.

Artículo 13. *Inspecciones sanitarias previas de nuevas instalaciones.*

1. En todo proyecto de construcción de una nueva captación, conducción, ETAP, red de abastecimiento o red de distribución (con una longitud mayor a 500 metros), depósito de la red distribución o remodelación de lo existente, la autoridad sanitaria elaborará un informe sanitario vinculante, antes de dos meses tras la presentación de la documentación por parte del gestor.

2. A la puesta en funcionamiento de la nueva instalación, la autoridad sanitaria realizará un informe basado en la inspección y en la valoración y seguimiento, durante el tiempo que crea conveniente, de los resultados analíticos realizados por el gestor, de los parámetros que ésta señale.

3. Estos requisitos se aplicarán a las instalaciones citadas en los artículos 7, 8, 10, 11 y 12, excepto para lo señalado en el apartado 3 del artículo 11 e instalaciones interiores.

Artículo 14. *Productos de construcción en contacto con el agua de consumo humano.*

1. Los productos que estén en contacto con el agua de consumo humano, por ellos mismos o por las prácticas de instalación que se utilicen, no transmitirán al agua de consumo humano sustancias o propiedades que contaminen o empeoren su calidad y supongan un incumplimiento de los requisitos especificados en el anexo I o un riesgo para la salud de la población abastecida.

2. Para los productos de construcción referidos a las actividades descritas en los artículos 10.4, 11 y 12 las autorizaciones para el uso e instalación de estos productos estarán sujetas a las disposiciones que regulará la Comisión Interministerial de Productos de Construcción (CIPC) y, en su caso, por lo dispuesto en el Real Decreto 363/1995, de 10 de

marzo, por el que se aprueba el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de las sustancias peligrosas, o en el Real Decreto 1078/1993, de 2 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos, o cualquier otra legislación o normativa técnica que pudiera ser de aplicación, en lo que no se oponga a lo dispuesto en este Real Decreto.

Artículo 15. Personal.

El personal que trabaje en el abastecimiento en tareas en contacto directo con agua de consumo humano deberá cumplir los requisitos técnicos y sanitarios que dispone el Real Decreto 202/2000, de 11 de febrero, por el que se establecen las normas relativas a los manipuladores de alimentos.

Artículo 16. Laboratorios de control de la calidad del agua de consumo humano.

1. Todo laboratorio público o privado que realice determinaciones para los análisis de control y análisis completo del autocontrol, vigilancia sanitaria o control en grifo del consumidor deberá implantar un sistema de aseguramiento de la calidad y validarlo ante una unidad externa de control de calidad, que realizará periódicamente una auditoría.

Toda entidad pública o privada que realice dicha auditoría deberá estar acreditada por el organismo competente.

2. Los laboratorios a los que se refiere el apartado 1, si no están acreditados por la UNE-EN ISO/IEC 17025 o la vigente en ese momento para los parámetros realizados en el laboratorio que señala esta disposición, al menos deberán tener la certificación por la UNE-EN ISO 9001 o la vigente en ese momento.

Los laboratorios que superen 5.000 muestras anuales deberán estar acreditados por la UNE-EN ISO/IEC 17025 o la vigente en ese momento para los parámetros que señala esta disposición y con las especificaciones que señala el anexo IV, realizados en dicho laboratorio.

Todo laboratorio acreditado y los laboratorios certificados que gestionen más de 500 muestras al año remitirán a la Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo el impreso del anexo III cumplimentado y una fotocopia del alcance de la acreditación o de la certificación.

3. Los métodos de ensayo utilizados por los laboratorios se ajustarán a lo especificado en el anexo IV.

En el seno de la Ponencia de Sanidad Ambiental, dependiente del Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud, se estudiarán otros métodos de ensayo oficiales distintos de los que figuran en el anexo IV para determinados parámetros cuyos resultados sean tan fiables como los obtenidos con los métodos especificados en dicho anexo, así como los métodos de ensayo para los parámetros del anexo IV, apartado C.

Artículo 17. Control de la calidad del agua de consumo humano.

1. En términos generales, en cada abastecimiento se controlarán los parámetros fijados en el anexo I. Cuando la autoridad sanitaria lo disponga se controlarán aquellos parámetros o contaminantes que se sospeche puedan estar presentes en el agua de consumo humano y suponer un riesgo para la salud de los consumidores.

2. El control de la calidad del agua de consumo humano engloba los siguientes apartados:

- a) Autocontrol del agua de consumo humano.
- b) Vigilancia sanitaria.
- c) Control del agua en grifo del consumidor.

3. Todos los resultados derivados del control de la calidad del agua de consumo deberán estar recogidos en un sistema de registro para cada caso, preferiblemente en soporte informático y en concordancia con el Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo.

4. En toda muestra de agua de consumo humano para el autocontrol, vigilancia sanitaria y control en grifo del consumidor, el agua se podrá calificar como:

a) «Apta para el consumo»: cuando no contenga ningún tipo de microorganismo, parásito o sustancia, en una cantidad o concentración que pueda suponer un peligro para la salud humana ; y cumpla con los valores paramétricos especificados en las partes A, B y D del anexo I o con los valores paramétricos excepcionados por la autoridad sanitaria y sin perjuicio de lo establecido en el artículo 27.7, determinados en el análisis.

b) «No apta para el consumo»: cuando no cumpla con los requisitos del párrafo a). Si un agua «no apta para el consumo» alcanza niveles de uno o varios parámetros cuantificados que la autoridad sanitaria considere que han producido o puedan producir efectos adversos sobre la salud de la población, se calificará como agua «no apta para el consumo y con riesgos para la salud».

Artículo 18. Autocontrol.

1. El autocontrol de la calidad del agua de consumo humano es responsabilidad del gestor de cada una de las partes del abastecimiento y velará para que uno o varios laboratorios realicen los análisis descritos en este artículo.

2. Sin perjuicio de lo que dispone el artículo 6, para el agua de consumo humano suministrada a través de una red de distribución, los gestores tienen la posibilidad de tomar muestras para parámetros concretos dentro del abastecimiento, en puntos distintos a los que se refiere dicho artículo, si se puede demostrar que la validez de los resultados no afecta a la representatividad de la calidad del agua de consumo humano desde la salida de la ETAP o del depósito hasta el punto de entrega al consumidor.

3. Los puntos de muestreo para el autocontrol serán representativos del abastecimiento o partes del mismo y se fijarán por el gestor con la supervisión de la autoridad sanitaria.

A) Para el caso de redes de distribución, se fijarán, al menos, los siguientes puntos de muestreo:

a) 1 a la salida de la ETAP o depósito de cabecera.

b) 1 a la salida del depósito de regulación y/o distribución.

c) 1 en cada uno de los puntos de entrega entre los distintos gestores.

d) 1 en la red de distribución. En los abastecimientos que suministren más de 20.000 m³/día, el número de puntos de muestreo será de 1 por cada 20.000 m³ o fracción de agua distribuida por día como media anual.

B) Los puntos de muestreo para el autocontrol de la industria alimentaria serán determinados por ella con la supervisión de la autoridad sanitaria.

C) En el caso de cisternas y depósitos móviles, es responsabilidad del gestor de los mismos y los puntos de muestreo para el autocontrol serán los definidos en el artículo 6 de este Real Decreto.

La autoridad sanitaria podrá requerir el cambio de la localización de los puntos de muestreo determinados por el gestor o de la industria alimentaria, o aumentar su número si no responden a la representatividad necesaria.

4. Los tipos de análisis para el autocontrol son los siguientes:

1.º Examen organoléptico: consiste en la valoración de las características organolépticas del agua de consumo humano en base al olor, sabor, color y turbidez.

2.º Análisis de control: este tipo de análisis tiene por objeto facilitar al gestor y a la autoridad sanitaria la información sobre la calidad organoléptica y microbiológica del agua de consumo humano, así como información sobre la eficacia del tratamiento de potabilización.

A) Parámetros básicos incluidos en este tipo de análisis: olor, sabor, turbidez, color, conductividad, concentración del ión Hidrógeno o pH, amonio, «Escherichia coli» (E. coli) y bacterias coliformes.

B) Parámetros que al menos se determinarán a la salida de la ETAP/depósito de cabecera o en su defecto a la salida del depósito de regulación y/o distribución:

a) Hierro: cuando se utilice como floculante.

b) Aluminio: cuando se utilice como floculante.

c) Recuento de colonias a 22 °C.

d) «Clostridium perfringens» (incluidas las esporas).

C) Parámetros en función del método de desinfección:

- a) Nitrito: cuando se utilice la cloraminación.
- b) Cloro libre residual: cuando se utilice el cloro o derivados.
- c) Cloro combinado residual: cuando se utilice la cloraminación.

La autoridad sanitaria, si lo considera necesario para salvaguardar la salud de la población abastecida, podrá incluir para cada abastecimiento otros parámetros en el análisis de control.

3.º Análisis completo: tiene por objeto facilitar al gestor y a la autoridad sanitaria la información para determinar si el agua de consumo humano distribuida respeta o no los valores paramétricos definidos en esta disposición. Para ello se determinarán los parámetros del anexo I y los que la autoridad sanitaria considere oportunos para salvaguardar la salud de la población abastecida.

En el caso de los parámetros del análisis completo y tras dos años como mínimo de autocontrol, el gestor podrá presentar una solicitud a la autoridad sanitaria para reducir la frecuencia de análisis que señala esta disposición hasta un 50 por 100, para determinados parámetros, por no ser probable la presencia de ese parámetro en el agua de consumo humano en concentraciones que pudieran implicar un riesgo de incumplimiento con el valor paramétrico.

5. Cada gestor del abastecimiento o parte del mismo elaborará, antes del 1 de enero de 2005, un protocolo de autocontrol y gestión del abastecimiento. En este protocolo deberá incluirse todo lo relacionado con el control de la calidad del agua de consumo humano y el control sobre el abastecimiento, y deberá estar a disposición de la autoridad sanitaria y en concordancia con el Programa Autonómico de vigilancia sanitaria del agua de consumo humano.

6. Ante la sospecha de un riesgo para la salud de la población, la autoridad sanitaria podrá solicitar al gestor los muestreos complementarios que crea oportunos para salvaguardar la salud de la población.

Artículo 19. *Vigilancia sanitaria.*

La vigilancia sanitaria del agua de consumo humano es responsabilidad de la autoridad sanitaria, quien velará para que se realicen inspecciones sanitarias periódicas del abastecimiento.

Dicha vigilancia a cargo de la autoridad sanitaria correspondiente incluye las zonas de abastecimiento de gestión o de patrimonio del Estado.

La autoridad sanitaria elaborará y pondrá a disposición de los gestores, antes del 1 de enero de 2004, el programa de vigilancia sanitaria del agua de consumo humano para su territorio, que remitirá al Ministerio de Sanidad y Consumo.

Cualquier cambio en el programa, o si se realiza un desarrollo normativo autonómico de esta disposición, deberá notificarse al Ministerio de Sanidad y Consumo.

Artículo 20. *Control en el grifo del consumidor.*

1. Para las aguas de consumo humano suministradas a través de una red de distribución pública o privada, el municipio, o en su defecto otra entidad de ámbito local, tomará las medidas necesarias para garantizar la realización del control de la calidad del agua en el grifo del consumidor y la elaboración periódica de un informe sobre los resultados obtenidos.

2. Los parámetros a controlar en el grifo del consumidor son, al menos:

- a) Olor.
- b) Sabor.
- c) Color.
- d) Turbidez.
- e) Conductividad.
- f) pH.
- g) Amonio.
- h) Bacterias coliformes.

- i) «Escherichia coli» (E. coli).
- j) Cobre, cromo, níquel, hierro, plomo u otro parámetro: cuando se sospeche que la instalación interior tiene este tipo de material instalado.
- k) Cloro libre residual y/o cloro combinado residual: cuando se utilice cloro o sus derivados para el tratamiento de potabilización del agua.

En caso de incumplimiento de los valores paramétricos, se tomará una muestra en el punto de entrega al consumidor.

Artículo 21. *Frecuencia de muestreo.*

1. El número mínimo de muestras en el autocontrol deberá ser representativo del abastecimiento o partes de éste y de la industria alimentaria, distribuidos uniformemente a lo largo de todo el año.

a) La frecuencia mínima de muestreo para el análisis de control y el análisis completo se llevarán a cabo según lo especificado en el anexo V.

b) La frecuencia de muestreo del desinfectante residual podrá incrementarse cuando la autoridad sanitaria lo estime necesario.

c) El examen organoléptico se realizará al menos dos veces por semana y siempre y cuando no se realice otro tipo de análisis en ese período.

La autoridad sanitaria, cuando juzgue que pudiera existir un riesgo para la salud de la población, velará para que el gestor incremente la frecuencia de muestreo para aquellos parámetros que ésta considere oportunos.

2. La frecuencia de muestreo para cisternas y depósitos móviles se señalará en cada caso por la autoridad sanitaria.

3. El número de muestras anuales recogidas en el grifo del consumidor será, al menos, la que señala el anexo V.

Artículo 22. *Situaciones de excepción a los valores paramétricos fijados.*

El gestor podrá solicitar a la Administración sanitaria la autorización de situaciones de excepción temporal con respecto a los valores paramétricos fijados cuando el incumplimiento de un valor paramétrico de un determinado parámetro de la parte B del anexo I en un abastecimiento dado, se ha producido durante más de 30 días en total durante los últimos 12 meses y cuando el suministro de agua de consumo humano no se pueda mantener de ninguna otra forma razonable. La autoridad sanitaria establecerá un nuevo valor paramétrico, siempre que la excepción no pueda constituir un peligro para la salud de la población abastecida.

La Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo gestiona el Censo Nacional de las situaciones de excepción autorizadas por la autoridad sanitaria.

Artículo 23. *Autorización de excepción.*

1. El gestor presentará a la autoridad sanitaria la solicitud que constará, al menos, de:

a) Copia del escrito del gestor al municipio, en su caso, comunicando la solicitud de autorización de la excepción.

b) La solicitud, que se ajustará al modelo de impreso recogido en la parte A del anexo VI.

c) Original y copia de un «informe documental» con los apartados siguientes:

1.º Resultados del parámetro de los seis últimos meses.

2.º Informe sobre la causa de la solicitud, justificado, si procede, con un dictamen técnico.

3.º Informe justificando que no se puede mantener el suministro de agua de ninguna otra forma razonable.

4.º Comunicado y forma de transmisión a la población afectada de la situación de excepción.

5.º Programa de muestreo específico incrementando la frecuencia de muestreo para ese abastecimiento para el período solicitado.

6.º Plan de medidas correctoras, disposiciones para la evaluación del plan, cronograma de trabajo y estimación del coste.

2. La autoridad sanitaria tendrá un plazo de dos meses para notificar la autorización de la solicitud, a partir de la entrada de la documentación en el registro del órgano competente para su tramitación.

3. Una vez autorizada la excepción la autoridad sanitaria tendrá 15 días hábiles para comunicar la autorización de excepción a la Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo. La comunicación se realizará en el modelo de impreso recogido en la parte B del anexo VI y, si se trata de un abastecimiento que distribuya al día más de 1.000 m³ como media anual, se acompañará de un ejemplar del «informe documental» aportado junto al listado de industrias alimentarias pertinentes afectadas.

4. El Ministerio de Sanidad y Consumo notificará, a la Comisión Europea, conforme la normativa comunitaria vigente, la autorización de excepción, de abastecimientos que distribuyan al día más de 1.000 m³ como media anual.

5. Las excepciones deberán estar limitadas al menor tiempo posible y no excederán de tres años, al final de los cuales el solicitante presentará a la autoridad sanitaria un «estudio de situación» y el coste total de las medidas adoptadas.

6. Una vez autorizada la excepción, el gestor comunicará a los consumidores y a los otros gestores afectados del abastecimiento la nueva situación de excepción y, en coordinación con la autoridad sanitaria, facilitará recomendaciones sanitarias a la población en general y específicamente a aquellos grupos de población para los que la excepción pudiera representar un riesgo para su salud.

El plazo de comunicación no será superior a dos días a partir del día en que le sea notificada la autorización.

Artículo 24. *Primera prórroga de excepción.*

1. Cuando los tres años no hayan sido suficientes para resolver la causa que motivó la solicitud de excepción, el gestor podrá solicitar una prórroga de la excepción a la autoridad sanitaria.

En este caso, dos meses antes de que finalice el primer período autorizado, deberá presentar:

- a) Copia del escrito del gestor al municipio, en su caso, comunicando la solicitud de prórroga.
- b) La solicitud, que se ajustará al modelo de impreso recogido en la parte A del anexo VI.
- c) Original y copia de un nuevo «informe documental» actualizado.

Al finalizar el primer período autorizado, el gestor remitirá a la autoridad sanitaria original y copia del «estudio de situación» elaborado, que recogerá los progresos realizados desde la autorización.

2. La autoridad sanitaria tendrá un plazo de dos meses para notificar la autorización de la solicitud, a partir de la entrada de la documentación en el registro del órgano competente para su tramitación.

Esta prórroga de excepción no podrá exceder de tres años.

A partir de la autorización de la prórroga se seguirá la misma tramitación que lo previsto en los apartados 3, 4, 5 y 6 del artículo 23.

Artículo 25. *Segunda prórroga de excepción.*

1. En circunstancias excepcionales, cuando no haya sido corregida la causa que motivó la solicitud en los dos períodos autorizados, el gestor podrá solicitar una segunda prórroga que, con informes favorables del municipio, en su caso, y de la autoridad sanitaria, el Ministerio de Sanidad y Consumo tramitará la solicitud a la Comisión Europea por un período no superior a tres años.

2. En este caso, tres meses antes de que finalice el segundo período autorizado, el gestor deberá presentar a la autoridad sanitaria la siguiente documentación:

- a) Copia del escrito del gestor al municipio, en su caso, comunicando la solicitud de la segunda prórroga.

- b) La solicitud, que se ajustará al modelo de impreso recogido en la parte A del anexo VI.
- c) Original y copia de un nuevo «informe documental» actualizado.

Al finalizar el segundo período autorizado, el gestor remitirá a la autoridad sanitaria original y copia del nuevo «estudio de situación».

3. La autoridad sanitaria remitirá a la Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo la solicitud, el «informe documental» y el «estudio de situación», acompañados de un informe técnico de la autoridad sanitaria justificativo de la tramitación de la solicitud de la segunda prórroga de la autorización de excepción.

4. El Ministerio de Sanidad y Consumo, en coordinación con la autoridad sanitaria, el gestor y el municipio, en su caso, elaborarán un informe sobre la necesidad de una segunda prórroga que se remitirá a la Comisión Europea junto al resto de la documentación.

5. El Ministerio de Sanidad y Consumo notificará la decisión de la Comisión Europea a la autoridad sanitaria, al gestor y al municipio en un plazo no superior a una semana.

La comunicación a los consumidores y a los otros gestores afectados del abastecimiento de esta segunda prórroga de excepción se realizará según lo previsto en el apartado 6 del artículo 23.

Artículo 26. *Situación de excepción de corta duración.*

1. Cuando se prevea que con las medidas correctoras pueda resolverse el problema en un plazo máximo de 30 días y cuando el incumplimiento del valor paramétrico sea considerado por la autoridad sanitaria como insignificante, el gestor solicitará a la autoridad sanitaria la autorización de excepción de corta duración, siempre que el valor propuesto no pueda constituir un peligro para la salud humana.

2. La solicitud de autorización de excepción de corta duración constará, al menos, de:

- a) La solicitud, que se ajustará al modelo de impreso recogido en la parte A del anexo VI.
- b) Plan de medidas correctoras con el cronograma de trabajo previsto.
- c) Propuesta de comunicado para transmitir a la población afectada la situación.

3. La autoridad sanitaria tendrá un plazo de 10 días para notificar la autorización de la solicitud, a partir de la entrada de la documentación en el registro del órgano competente para su tramitación.

4. Una vez autorizada la excepción y notificada al gestor, éste comunicará antes de las 24 horas, a los consumidores y a los otros gestores afectados la nueva situación, y facilitará, en coordinación con la autoridad sanitaria, recomendaciones sanitarias a la población o a grupos de población para los que dicha excepción pudiera representar un riesgo para la salud.

Artículo 27. *Incumplimientos y medidas correctoras y preventivas.*

1. Cualquier incumplimiento detectado en el abastecimiento o en la calidad del agua de consumo humano, por el gestor, el municipio, el titular de la actividad o la autoridad sanitaria, deberá ser confirmado.

Esta confirmación se realizará, cuando sea necesario, con la toma de una muestra de agua antes de las 24 horas de haberse detectado el incumplimiento.

2. Tras la confirmación del incumplimiento, el gestor o el titular de la actividad, si existe una actividad pública o comercial o el municipio, en el caso de domicilios particulares, investigarán inmediatamente el motivo del mismo, dejando constancia de ello en un libro de incidencias, y notificarán antes de 24 horas a la autoridad sanitaria las características de la situación con un impreso que se ajustará al modelo recogido en el anexo VII y por el medio de transmisión que ésta determine para los parámetros contemplados en las partes A, B y D del anexo I.

En el caso de los parámetros de la parte C del anexo I, la comunicación se realizará semanalmente.

3. Una vez notificado el incumplimiento a la autoridad sanitaria o el detectado por ella, ésta valorará la apertura o no de una «situación de alerta».

La autoridad sanitaria estimará la importancia del incumplimiento, la repercusión sobre la salud de la población afectada y la realización de un estudio de evaluación del riesgo debido al episodio de incumplimiento, si lo considera necesario.

4. En cada situación de alerta o incumplimiento, la autoridad sanitaria valorará la posibilidad de prohibir el suministro o el consumo de agua, restringir el uso, aplicar técnicas de tratamiento apropiadas para modificar la naturaleza o las propiedades del agua antes de su suministro, con el fin de reducir o eliminar el riesgo del incumplimiento y la presentación de riesgos potenciales para la salud de la población.

5. El gestor, el municipio o el propietario del inmueble con actividad pública o comercial comunicará la situación de alerta, las medidas correctoras y preventivas a los consumidores y a los otros gestores afectados, antes de las 24 horas tras la valoración de la autoridad sanitaria.

Además, transmitirán, en coordinación con la autoridad sanitaria, las recomendaciones sanitarias para la población o grupos de población para los que el incumplimiento pudiera representar un riesgo para la salud.

6. Una vez tomadas las medidas correctoras, el gestor o el propietario del inmueble o el municipio realizarán una nueva toma de muestra en el punto que hubiera tenido lugar el problema para verificar la situación de normalidad y lo informarán a la autoridad sanitaria que valorará el cierre de la «situación de alerta», comunicándolo a los consumidores y los otros gestores afectados en un plazo de 24 horas.

7. En el caso de incumplimiento de parámetros del anexo I, parte C, la autoridad sanitaria valorará la calificación del agua como «apta o no apta para el consumo humano» en función del riesgo para la salud.

Artículo 28. Régimen sancionador.

Sin perjuicio de otra normativa que pudiera resultar de aplicación, las infracciones contra lo dispuesto en el presente Real Decreto constituirán infracción administrativa en materia de sanidad, de acuerdo con lo tipificado en el capítulo VI del Título I de la Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad, y serán objeto de sanción administrativa, previa la instrucción del oportuno expediente administrativo.

Artículo 29. Información al consumidor.

La información dada a los consumidores deberá ser puntual, suficiente, adecuada y actualizada sobre todos y cada uno de los aspectos descritos en este Real Decreto, a través de los medios de comunicación previstos por cada una de las Administraciones implicadas y los gestores del abastecimiento.

Artículo 30. Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo.

1. El Ministerio de Sanidad y Consumo establece un sistema de información relativo a las zonas de abastecimiento y control de la calidad del agua de consumo humano denominado Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo (SINAC).

La utilización y suministro de datos en soporte informático al SINAC será obligatorio para todas las partes implicadas en el suministro de agua de consumo humano contempladas en esta disposición.

El gestor, el municipio y la autoridad sanitaria velarán para que los datos generados en el autocontrol, vigilancia sanitaria o control en grifo del consumidor, estén recogidos en el SINAC.

2. La Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo coordinará el SINAC según lo especificado en los párrafos siguientes:

a) Se constituirá un Comité Técnico para el mantenimiento y vigilancia de la aplicación, el cual responderá de la definición y explotación de la información y estará formado por representantes de los usuarios de los niveles básico, autonómico y ministerial.

b) El SINAC será de aplicación a los siguientes agentes y organismos que intervienen en el sistema:

- 1.º Municipios.
- 2.º Gestores del abastecimiento o partes del mismo.
- 3.º Autoridades sanitarias autonómicas.
- 4.º Ministerio de Sanidad y Consumo.

c) La unidad de información del SINAC es la zona de abastecimiento.

d) El SINAC se estructura en tres niveles, cada uno con las siguientes funcionalidades:

1.º Nivel básico: captura y carga de datos básicos; depuración y validación interna de los datos; consultas; salidas; explotación de sus propios datos; administración del acceso a usuarios básicos propios. La información de los niveles básicos se agrega en el nivel autonómico del que dependen.

2.º Nivel autonómico: captura y carga de datos autonómicos; consultas; salidas; explotación de sus propios datos; administración del acceso a usuarios autonómicos y básicos. La información de los niveles autonómicos se agrega en el nivel ministerial.

3.º Nivel ministerial: carga de datos ministeriales, consultas, salidas, explotación estadística de ámbito nacional, difusión de la información a organismos nacionales e internacionales, administración del acceso a usuarios ministeriales.

Existirá un administrador de la aplicación que administrará con los siguientes criterios: usuarios, grupos de usuarios (comunidades autónomas, provincias, niveles, entidades, funciones y campos), tablas, ficheros de intercambio, parametrizaciones, etc.

Cada unidad de trabajo de cada nivel puede acceder a la totalidad de la propia información que haya generado o que le afecte, pero no a la información individualizada de otras unidades, y será responsable de su información que no podrá ser modificada por otra unidad de igual o diferente nivel.

e) La información del SINAC se divide en 10 entidades de información:

- 1.º Caracterización de la zona de abastecimiento.
- 2.º Captaciones.
- 3.º Tratamiento de potabilización.
- 4.º Depósitos y cisternas.
- 5.º Redes de distribución.
- 6.º Laboratorios.
- 7.º Muestreos o boletines analíticos.
- 8.º Situaciones de incumplimiento y/o alerta.
- 9.º Situaciones de excepción.
10. Inspecciones sanitarias.

Los datos básicos de cada una de las entidades podrán ser modificados por acuerdos del Comité Técnico.

f) La información de este sistema se tratará de forma escalonada, estructurándola según entidades de información (bloques o grupos homogéneos de información); estas entidades en campos (apartados o atributos); y algunos de estos campos en tablas (variables, categorías o contenidos de campo).

g) Para las entidades públicas o privadas que dispongan de sus propios sistemas de información, se declarará la estructura interna de la información contenida en el SINAC de forma que puedan transferir los datos relativos a los boletines de análisis al sistema mediante un fichero de intercambio.

3. El desarrollo de este artículo se llevará a cabo mediante Orden del Ministro de Sanidad y Consumo.

Disposición adicional primera. Programas nacionales.

Se planificarán programas de ámbito nacional de vigilancia epidemiológica y sanitaria destinados a prevenir riesgos específicos para la salud humana asociados al consumo de agua.

Los programas nacionales se planificarán, desarrollarán y evaluarán por el Ministerio de Sanidad y Consumo en coordinación con los órganos competentes de las comunidades autónomas, en el seno de la Ponencia de Sanidad Ambiental, dependiente del Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud, a propuesta de la Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo, en base a los avances científicos y técnicos.

Disposición adicional segunda. *Muestreo de la radiactividad.*

La Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo publicará, antes de cinco años desde la entrada en vigor de esta disposición, los muestreos, frecuencias, tipos de análisis y métodos de ensayo para la determinación de los parámetros correspondientes a la radiactividad.

Hasta la publicación del muestreo para la determinación de la radiactividad, la autoridad sanitaria podrá disponer, dentro de su territorio, que se determinen los parámetros descritos para la radiactividad en aquel abastecimiento que se sospeche que los niveles en agua puedan entrañar un riesgo para la salud de la población abastecida.

Disposición adicional tercera. *Muestreo de los parámetros relacionados con los materiales.*

Para los casos del cromo, cobre, níquel, plomo y cualquier otro parámetro que la autoridad sanitaria considere que pudiera estar relacionado con los materiales en contacto con el agua de consumo humano, la Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo establecerá un método de muestreo armonizado y lo publicará antes de cinco años desde la entrada en vigor de esta disposición.

Estos métodos de recogida de muestras deberán lograr que los valores aplicados para el control adecuado para estos parámetros relacionados con los materiales de las instalaciones interiores sean los obtenidos como valor medio semanal ingerido por los consumidores obtenidos de muestreos adecuados en grifo del consumidor y de forma representativa.

Disposición adicional cuarta. *Protocolos sanitarios.*

La Ponencia de Sanidad Ambiental elaborará, antes de enero de 2005, recomendaciones sanitarias para las situaciones más frecuentes de incumplimientos e incidencias, que servirán de orientación a la autoridad sanitaria y al gestor para los estudios de evaluación del riesgo, recomendaciones sanitarias y medidas correctoras y preventivas, medidas de protección; así mismo publicará directrices para la transmisión de la información al consumidor sobre las aguas de consumo humano, sus instalaciones y demás información a que se refiere este Real Decreto.

Disposición adicional quinta. *Informes de síntesis.*

Las comunidades autónomas publicarán periódicamente un informe sobre la calidad del agua de consumo humano y las características de las zonas de abastecimiento de su territorio, con el formato y contenido que cada una de ellas decida y en base al SINAC.

La Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo publicará, anualmente, un informe nacional sobre la calidad del agua de consumo humano y las características de las zonas de abastecimiento en base al SINAC, que se remitirá una vez publicado a la Comisión Europea.

Disposición adicional sexta. *Revisión de los criterios de calidad.*

Al menos cada cinco años, la Ponencia de Sanidad Ambiental revisará los criterios de calidad del agua de consumo humano y los requisitos sanitarios de las instalaciones, a tenor del progreso científico y técnico y formulará propuestas de modificaciones cuando sea necesario.

Disposición adicional séptima. *Competencias del Ministerio de Defensa.*

1. Las disposiciones de este real decreto, cuando afecten a las unidades, centros y organismos pertenecientes al Ministerio de Defensa y sus organismos públicos, serán aplicadas por la Inspección General de Sanidad de la Defensa, coordinando con el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, las comunidades autónomas y los municipios las acciones que sean necesarias.

2. En el marco del Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo, el Ministerio de Defensa comunicará al Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad la

información relativa al control del agua de consumo humano que recabe en el ejercicio de sus competencias previstas en el apartado anterior.

Disposición transitoria primera. *Actualización de instalaciones.*

Con anterioridad al 1 de enero de 2004 se llevarán a cabo la adecuación de los tratamientos de potabilización, previstos en el artículo 10, las medidas de protección, previstas en los artículos 7.4, 8.2 y 11.2, y la implantación del sistema de aseguramiento de calidad en los laboratorios que realicen el análisis de control y completo del autocontrol, vigilancia sanitaria y control en grifo del consumidor, previsto en el artículo 16.

Antes del 1 de enero de 2012 se llevarán a cabo las reformas y adaptaciones necesarias en las redes de distribución pública o privadas y las instalaciones interiores de edificios públicos y establecimientos con actividad pública o comercial, derivadas de las exigencias incorporadas en los artículos 8, 11, 12 y 14 y en el anexo I de este Real Decreto.

Disposición transitoria segunda. *Muestreo de instalaciones interiores.*

La autoridad sanitaria velará para que la administración local antes del 1 de enero del 2012 muestree el agua de consumo humano, en campañas periódicas, en locales, establecimientos públicos o privados y domicilios particulares, representativos de cada abastecimiento, construidos con anterioridad a 1980, con especial atención a la determinación de los parámetros relacionados con los materiales instalados en las instalaciones interiores y aquellos relacionados con el mal mantenimiento de la instalación interior que pudieran representar un riesgo para la salud.

Disposición transitoria tercera. *Cumplimiento con los valores paramétricos.*

A la entrada en vigor de este Real Decreto todo abastecimiento deberá cumplir con los requisitos relativos a los valores paramétricos en él fijados, excepto para: antimonio, arsénico, benceno, bromato, 1, 2-dicloroetano, microcistina, níquel, plomo, tetracloroetano, tricloroetano y trihalometanos, para estos parámetros, los plazos de cumplimiento serán los establecidos en la parte B del anexo I.

Disposición transitoria cuarta. *Censos de sustancias para el tratamiento del agua y de productos de construcción en contacto con el agua de consumo humano.*

Las empresas que comercialicen cualquier sustancia para el tratamiento del agua de consumo humano o productos de construcción en contacto con el agua de consumo humano deberán remitir, a la Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo, el impreso que figura en el anexo VIII o en el anexo IX, en el plazo de tres meses a partir de la entrada en vigor de este Real Decreto. Con ello se elaborará un censo de sustancias para el tratamiento del agua y un censo de productos de construcción en contacto con el agua de consumo humano.

El Ministerio de Sanidad y Consumo actualizará dichos censos.

Disposición transitoria quinta. *Autorizaciones de excepción vigentes.*

La autoridad sanitaria revisará y actualizará las autorizaciones de excepción vigentes a la entrada en vigor de este Real Decreto, comunicando antes de seis meses a la Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo las que permanezcan autorizadas con base en artículo 23 y correspondan a zonas de abastecimiento que suministren más de 1.000 m³ de agua de consumo humano por día.

Disposición transitoria sexta. *Usuarios del SINAC.*

A partir del 1 de junio de 2003 los usuarios ligados a zonas de abastecimiento con más de 500 habitantes podrán solicitar el alta como usuarios del SINAC a sus administradores autonómicos y a partir del 1 de enero de 2004 para el resto de los usuarios de zonas de abastecimiento menores.

Disposición derogatoria única. *Derogación normativa.*

Quedan derogadas cuantas disposiciones de igual o inferior rango se opongan a lo establecido en el presente Real Decreto y en particular el Real Decreto 1138/1990, de 14 de septiembre, por el que se aprueba la Reglamentación técnico-sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público.

Disposición final primera. *Habilitación normativa.*

Se faculta conjuntamente a los Ministros de Sanidad y Consumo, de Agricultura, Pesca y Alimentación, de Medio Ambiente, de Economía y de Ciencia y Tecnología para dictar, en el ámbito de sus respectivas competencias, las disposiciones necesarias para el desarrollo de lo establecido en el presente Real Decreto.

Disposición final segunda. *Título competencial.*

El presente Real Decreto, que tiene carácter de norma básica, se dicta al amparo de lo dispuesto en el artículo 149.1.16.ª de la Constitución y de acuerdo con lo dispuesto en los artículos 18.6, 19.2, 23, 24, 40.2, 40.13 y en la disposición adicional segunda de la Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad.

Disposición final tercera. *Entrada en vigor.*

El presente Real Decreto entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Dado en Madrid, a 7 de febrero de 2003.

JUAN CARLOS R.

El Vicepresidente Primero del Gobierno
y Ministro de la Presidencia,
MARIANO RAJOY BREY

ANEXO I

Parámetros y valores paramétricos

A. Parámetros microbiológicos.

Parámetro	Valor paramétrico	Notas
1. Escherichia coli	0 UFC en 100 ml	
2. Enterococo	0 UFC en 100 ml	
3. Clostridium perfringens (incluidas las esporas)	0 UFC en 100 ml	1 y 2

Notas:

(1) Cuando la determinación sea positiva y exista una turbidez mayor 5 UNF se determinarán, en la salida de ETAP o depósito, si la autoridad sanitaria lo considera oportuno, «Cryptosporidium» u otros microorganismos o parásitos.

(2) Hasta el 1 de enero de 2004 se podrá determinar «Clostridium» sulfito reductor en vez de «Clostridium perfringens». Las condiciones descritas en la nota 1 y el valor paramétrico serán los mismos para ambos.

B.1 Parámetros químicos

Parámetro	Valor paramétrico	Notas
4. Antimonio	5,0 µg/l	
Hasta el 31/12/2003	10,0 µg/l	
5. Arsénico	10 µg/l	

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO
LEGISLACIÓN CONSOLIDADA

Parámetro	Valor paramétrico	Notas
Hasta el 31/12/2003	50 µg/l	
6. Benceno	1,0 µg/l	
Hasta el 31/12/2003	– µg/l	
7. Benzo(α)pireno	0,010 µg/l	
8. Boro	1,0 mg/l	
9. Bromato:		1
A partir de 01/01/2009	10 µg/l	
De 01/01/2004 a 31/12/2008	25 µg/l	
Hasta el 31/12/2003	– µg/l	
10. Cadmio	5,0 µg/l	
11. Cianuro	50 µg/l	
12. Cobre	2,0 mg/l	
13. Cromo	50 µg/l	
14. 1,2-Dicloroetano	3,0 µg/l	
Hasta el 31/12/2003	– µg/l	
15. Fluoruro	1,5 mg/l	
16. Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HPA)	0,10 µg/l	
Suma de:		
Benzo(b)fluoranteno	µg/l	
Benzo(ghi)perileno	µg/l	
Benzo(k)fluoranteno	µg/l	
Indeno(1,2,3-cd)pireno	µg/l	
17. Mercurio	1,0 µg/l	
18. Microcistina	1 µg/l	2
Hasta el 31/12/2003	– µg/l	
19. Níquel	20 µg/l	
Hasta el 31/12/2003	50 µg/l	
20. Nitrato	50 mg/l	3
21. Nitritos:		3 y 4
Red de distribución	0,5 mg/l	
En la salida de la ETAP/depósito 0,1 mg/l	0,1 mg/l	
22. Total de plaguicidas	0,50 µg/l	5 y 6
23. Plaguicida individual	0,10 µg/l	6
Excepto para los casos de:		
Aldrín	0,03 µg/l	
Dieldrín	0,03 µg/l	
Heptacloro	0,03 µg/l	
Heptacloro epóxido	0,03 µg/l	
24. Plomo:		
A partir de 01/01/2014	10 µg/l	
De 01/01/2004 a 31/12/2013	25 µg/l	
Hasta el 31/12/2003	50 µg/l	
25. Selenio	10 µg/l	
26. Trihalometanos (THMs): Suma de:		7 y 8
A partir de 01/01/2009	100 µg/l	
De 01/01/2004 a 31/12/2008	150 µg/l	
Hasta el 31/12/2003	– µg/l	
Bromodiclorometano	µg/l	

Parámetro	Valor paramétrico	Notas
Bromoformo	µg/l	
Cloroformo	µg/l	
Dibromoclorometano	µg/l	
27. Tricloroeteno + Tetracloroeteno	10 µg/l	
Hasta el 31/12/2003	– µg/l	
Tetracloroeteno	µg/l	
Tricloroeteno	µg/l	

Notas:

(1) Se determinará cuando se utilice el ozono en el tratamiento de potabilización y se determinará al menos a la salida de la ETAP.

(2) Sólo se determinará cuando exista sospecha de eutrofización en el agua de la captación, se realizará determinación de microcistina a la salida de la ETAP o depósito de cabecera.

(3) Se cumplirá la condición de que $[\text{nitrato}]/50 + [\text{nitrito}]/3 < 1$. Donde los corchetes significan concentraciones en mg/l para el nitrato (NO₃) y para el nitrito (NO₂).

(4) Se determinará cuando se utilice la cloraminación como método de desinfección.

(5) Suma de todos los plaguicidas definidos en el apartado 10 del artículo 2 que se sospeche puedan estar presentes en el agua.

(6) Las comunidades autónomas velarán para que se adopten las medidas necesarias para poner a disposición de la autoridad sanitaria y de los gestores del abastecimiento el listado de plaguicidas fitosanitarios utilizados mayoritariamente en cada una de las campañas contra plagas del campo y que puedan estar presentes en los recursos hídricos susceptibles de ser utilizados para la producción de agua de consumo humano.

(7) Se determinará cuando se utilice el cloro o sus derivados en el tratamiento de potabilización.

Si se utiliza el dióxido de cloro, se determinarán cloritos a la salida de la ETAP o depósito de cabecera.

(8) En los casos de que los niveles estén por encima del valor paramétrico, se determinarán: 2,4,6-triclorofenol u otros subproductos de la desinfección a la salida de la ETAP o depósito de cabecera.

B.2 Parámetros químicos que se controlan según las especificaciones del producto

Parámetro	Valor paramétrico	Notas
28. Acrilamida	0,10 µg/l	1
29. Epiclorhidrina	0,10 µg/l	1
30. Cloruro de vinilo	0,50 µg/l	1

Nota:

(1) Estos valores paramétricos corresponden a la concentración monomérica residual en el agua, calculada con arreglo a las características de la migración máxima del polímero correspondiente en contacto con el agua.

La empresa que comercialice estos productos presentará a los gestores del abastecimiento y a los instaladores de las instalaciones interiores la documentación que acredite la migración máxima del producto comercial en contacto con el agua de consumo utilizado según las especificaciones de uso del fabricante.

C. Parámetros indicadores

Parámetro	Valor paramétrico		Notas
31. Bacterias coliformes	0 UFC	En 100 ml	
32. Recuento de colonias a 22 °C			
A la salida de ETAP	100 UFC	En 1 ml	
En red de distribución	Sin cambios anómalos		
33. Aluminio	200	µg/l	
34. Amonio	0,50	mg/l	
35. Carbono orgánico total	Sin cambios anómalos	mg/l	1

Parámetro	Valor paramétrico		Notas
36. Cloro combinado residual	2,0	mg/l	2, 3 y 4
37. Cloro libre residual	1,0	mg/l	2 y 3
38. Cloruro	250	mg/l	
39. Color	15	mg/l Pt/Co	
40. Conductividad	2.500	$\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ a 20 °C	5
41. Hierro	200	$\mu\text{g}/\text{l}$	
42. Manganeseo	50	$\mu\text{g}/\text{l}$	
43. Olor	3 a 25 °C	Índice de dilución	
44. Oxidabilidad	5,0	mg O ₂ /l	1
45. pH:			5 y 6
Valor paramétrico mínimo	6,5	Unidades de pH	
Valor paramétrico máximo	9,5	Unidades de pH	
46. Sabor	3 a 25 °C	Índice de dilución	
47. Sodio	200	mg/l	
48. Sulfato	250	mg/l	
49. Turbidez: A la salida de ETAP y/o depósito	1	UNF	
En red de distribución	5	UNF	

Notas:

(1) En abastecimientos mayores de 10.000 m³ de agua distribuida por día se determinará carbono orgánico total, en el resto de los casos, oxidabilidad.

(2) Los valores paramétricos se refieren a niveles en red de distribución.

La determinación de estos parámetros se podrá realizar también «in situ».

En el caso de la industria alimentaria, este parámetro no se contemplará en el agua de proceso.

(3) Se determinará cuando se utilice el cloro o sus derivados en el tratamiento de potabilización.

Si se utiliza el dióxido de cloro se determinarán cloritos a la salida de la ETAP.

(4) Se determinará cuando se utilice la cloraminación como método de desinfección.

(5) El agua en ningún momento podrá ser ni agresiva ni incrustante.

El resultado de calcular el Índice de Langelier debería estar comprendido entre +/- 0,5.

(6) Para la industria alimentaria, el valor mínimo podrá reducirse a 4,5 unidades de pH.

D. Radiactividad

Parámetro	Valor paramétrico	Notas
50. Dosis indicativa total	0,10 mSv/año	1
51. Tritio	100 Bq/l	
52. Actividad α total	0,1 Bq/l	
53. Actividad β resto	1 Bq/l	2

Notas:

(1) Excluidos el tritio, el potasio⁴⁰, el radón y los productos de desintegración del radón.

(2) Excluidos el potasio⁴⁰ y el tritio.

ANEXO II

**Parte A. Sustancias destinadas al tratamiento del agua de consumo humano,
excepto biocidas notificados para tipo de producto 5**

Estas sustancias están afectadas por los requisitos contemplados en el Reglamento (CE) n.º 1907/2006 relativo al registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias y preparados químicos (REACH).

Nota 1. Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo 1 del RD 140/2003.

Nota 2. Según disponga la Autoridad sanitaria competente.

VP: Valor paramétrico conforme el anexo 1 del Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero.

UNE-EN	Nombre	Sinónimos	CAS	EINECS	Función principal	Control analítico adicional. Nota 2	Observaciones y condiciones de utilización
13194	Ácido acético.	Ácido acético glacial.	64-19-7	200-580-7	Desnitrificación.		
939	Ácido clorhídrico.	Ácido muriático, cloruro de hidrógeno.	7647-01-0	231-595-7	Corrector de pH. Regenerador de resinas. Precursor del dióxido de cloro.	Índice de Langelier.	Nota 1.
974	Ácido fosfórico.	Ácido ortofosfórico.	7664-38-2	231-633-2	Inhibidor de la corrosión.	Índice de Langelier.	Nota 1.
12175	Ácido hexafluorosilícico.	Ácido hidrofлуosilícico, dihidrógeno hexafluorosilicato. HFSA.	16961-83-4	241-034-8	Fluoración.	El fluoruro con niveles < VP.	Uso exclusivo para fluoración del agua de consumo.
15039	Ácidos Policarboxílicos: Únicamente: Ac. polimaleico. Ac. Poliaspártico.		26099-09-2 30915-61-8 25608-40-6	-	Antiincrustante para membranas.		Únicamente: Ac. polimaleico. Ac. Poliaspártico.
899	Ácido sulfúrico.		7664-93-9	231-639-5	Corrector de pH.	Índice de Langelier.	Nota 1.
15040	Ácidos fosfónicos y sus sales.		32545-75-8 6419-19-8 2809-21-4 15827-60-8 1429-50-1 5995-42-6 37971-36-1 23605-74-5	251-094-7 229-146-5 220-552-8 239-931-4 215-851-5 227-833-4 253-733-5 245-781-0	Antiincrustantes.	Índice de Langelier.	Uso exclusivo en fases previas a las membranas de ósmosis inversa. Estos ácidos pueden también utilizarse en forma de sales de sodio, de potasio y de amonio. No deben aparecer en agua producto por encima del límite de detección de la mejor técnica de análisis disponible.
1405	Alginato de sodio.	Alginato.	9005-38-3	232-68-01	Coagulante/floculante.	El sodio con niveles < VP.	
1406	Almidones modificados.	Almidón, floculante de almidón.	9005-25-8 (almidón no-iónico). 56780-58-6 (almidón catiónico). 9063-38-1 (almidón aniónico).	232-679-6 (almidón no-iónico).	Coagulante/floculante.		
13753	Alúmina activada granulada.	Óxido de aluminio.	1344-28-1		Coagulante/floculante.	El aluminio con niveles < VP.	
882	Aluminato de sodio.	Óxido de aluminio y sodio.	11138-49-1	234-391-6	Coagulante/floculante.	El sodio y el aluminio con niveles < VP.	

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO
LEGISLACIÓN CONSOLIDADA

UNE-EN	Nombre	Sinónimos	CAS	EINECS	Función principal	Control analítico adicional. Nota 2	Observaciones y condiciones de utilización
12905	Aluminosilicato expandido.	Arcilla expandida, pizarra expandida.	-	-	Filtración.	El aluminio con niveles < VP.	
15795	Aluminosilicatos naturales no expandidos.	Basalto. Arena volcánica. Fonolita.	-	-	Filtración.	El aluminio con niveles < VP.	
12126	Amoniaco licuado.		7664-41-7	231-635-3	Precursor de la cloraminación.	El amonio con niveles < VP.	Uso exclusivo para realizar cloraminación.
12122	Amoniaco.		1336-21-6	215-647-6	Precursor de la cloraminación.	El amonio con niveles < VP.	Uso exclusivo para realizar cloraminación.
12909	Antracita.	Antracita natural.	-	-	Filtración.		También se puede usar en procesos unitarios de tratamiento e instalación interior.
12911	Arena verde de manganeso.	Zeolita de manganeso, arena-hierro, arena verde.	90387-66-9 1313-13-9	291-341-6 215-202-6	Filtración.	El manganeso con niveles < VP.	También se puede usar en procesos unitarios de tratamiento e instalación interior.
12904	Arena y grava de cuarzo.	Sílice, dióxido de silicio.	-	-	Filtración.		También se puede usar en procesos unitarios de tratamiento e instalación interior.
12912	Barita.	Sulfato de bario.	13462-86-7	236-664-5	Filtración.		También se puede usar en procesos unitarios de tratamiento e instalación interior.
13754	Bentonita.		1302-78-9	201-108-5	Coadyuvante de la floculación.Adsorbente.		También se puede usar en procesos unitarios de tratamiento e instalación interior.
1204	Bis-dihidrógenofosfato de calcio.	Fosfato de calcio monobásico. Fosfato monocálcico.	7758-11-4	231-837-1	Inhibidor de la corrosión.	Índice de Langelier.	Nota 1.
12518	Cal.	Hidróxido cálcico, óxido cálcico.	1305-62-0 1305-78-8	215-137-3 215-138-9	Corrector de pH.Remineralización.Coprecipitación y ablandamiento del agua. Reducción de la agresividad.	Índice de Langelier.	Nota 1.
12903	Carbón activo en polvo.	Carbón activo, carbón activado,carbón vegetal activo.	7440-44-0	231-153-3	Adsorbente.		
12915-2	Carbón activo granulado reactivado.	Carbón activo reactivado, carbón activo granulado regenerado, carbón activo regenerado, carbón vegetal reactivado, carbón vegetal activo reactivado, carbón vegetal activo regenerado, carbono activo reactivado.	7440-44-0	231-153-3	Adsorbente.		El carbono activo granulado reactivado debe utilizarse en la misma ETAP de donde procede.
12915-1	Carbón activo granulado virgen.	Carbón activo granulado virgen, carbón activo virgen, carbono activado virgen.	7440-44-0	231-153-3	Adsorbente.		

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO
LEGISLACIÓN CONSOLIDADA

UNE-EN	Nombre	Sinónimos	CAS	EINECS	Función principal	Control analítico adicional. Nota 2	Observaciones y condiciones de utilización
12907	Carbón pirolizado.		-	-	Filtración.	Índice de Langelier.	Nota 1.
14368	Carbonato de calcio recubierto de dióxido de manganeso.	Óxido de manganeso (IV), pirolusita sobre un soporte de carbonato de calcio.	1313-13-9 471-34-1	215-202-6 207-439-9	Filtración.	Manganeso con niveles < VP. Índice de Langelier.	Nota 1.
16003	Carbonato de calcio y magnesio.	Dolomita.	16389-88-1	240-440-2	Ablandamiento del agua. Eliminación de dióxido de carbono.	Índice de Langelier.	
1018	Carbonato de calcio.	Roca caliza, piedra caliza, carbonato cálcico.	1317-65-3	215-279-6	Corrector de pH.Remineralización.Reducción de la agresividad.	Índice de Langelier.	Nota 1.
897	Carbonato de sodio.	Ceniza de sosa, carbonato de sodio anhidro, ceniza de sosa ligera, ceniza de sosa pesada.	497-19-8	207-838-8	Corrector de pH y alcalinidad.	El sodio con niveles < VP. Índice de Langelier.	Nota 1.
15028	Clorato de sodio.		7775-09-9	231-887-4	Precursor del dióxido de cloro.	Trihalometanos (THMs), asegurando que los valores en el punto de entrega al consumidor son < VP. Cloratos < 700 pg/L.	Uso exclusivo para generar dióxido de cloro.
938	Clorito de sodio.		7758-19-2	231-836-6	Precursor del dióxido de cloro.	Trihalometanos (THMs), asegurando que los valores en el punto de entrega al consumidor son < VP. Cloratos < 700 pg/L.	Uso exclusivo para generar dióxido de cloro.
891	Clorosulfato de hierro (III).	Clorosulfato férrico.	12410-14-9	235-649-0	Coagulante.	El hierro, el cloruro y el sulfato con niveles < VP. Índice de Langelier.	Nota 1.
881	Cloruro de aluminio (monómero), hidroxiclورو de aluminio (monómero) e hidroxiclورosulfato de aluminio (monómero).		7446-70-0 1327-41-9 14215-15-7 39290-78-3	231-208-1 215-477-2 238-071-7 254-400-7	Coagulante/floculante.	El cloruro, aluminio, sulfato con niveles < VP.	Nota 1.
935	Cloruro de aluminio y de hierro (III) (monómero) e hidroxiclورو de aluminio y de hierro (III) (monómero).	Para el hidroxidoruro de aluminio y de hierro III (monómero): hidroxidoruro de bauxita o de arcilla.	7446-70-0 7705-08-0 1327-41-9 14215-15-7	231-208-1 231-729-4 215-477-2 238-071-7	Coagulante/floculante.	El hierro, el cloruro y el aluminio con niveles < VP.	Nota 1.
1421	Cloruro de amonio.	Sal amónica.	12125-02-9	235-186-4	Precursor de la cloraminación.	El cloruro y el amonio con niveles < VP.	Nota 1. Uso exclusivo para realizar cloraminación.
888	Cloruro de hierro (III).	Cloruro férrico, Cloruro férrico anhidro. Cloruro férrico hexahidratado.Solución de cloruro férrico.	7705-08-0 10025-77-1	231-729-4	Coagulante/floculante.	El cloruro y el hierro con niveles < VP. Índice de Langelier.	Nota 1.
14805	Cloruro de sodio para la generación electroquímica de cloro utilizando tecnología sin membranas.	Sal común.	7647-14-5	231-598-3		El cloruro y el sodio con niveles < VP. Índice de Langelier.Sabor.	
973	Cloruro sódico para la regeneración de resinas de intercambio iónico.	Sal común.	7647-14-5	231-598-3		El cloruro y el sodio con niveles < VP. Índice de Langelier.Sabor.	
1201	Dihidrógeno fosfato de potasio.	Fosfato de potasio, monobásico.	7778-77-0	231-913-4	Inhibidor de la corrosión.	Índice de Langelier.	Nota 1.

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO
LEGISLACIÓN CONSOLIDADA

UNE-EN	Nombre	Sinónimos	CAS	EINECS	Función principal	Control analítico adicional. Nota 2	Observaciones y condiciones de utilización
1197	Dihidrógeno fosfato de zinc en solución.	Monozinc fosfato en solución, bis-dihidrógeno fosfato de zinc.	13598-37-3	237-067-2	Inhibidor de la corrosión.	El zinc con niveles < 3000 µg/L. Índice de Langelier.	Nota 1.
1198	Dihidrógenofosfato de sodio.	Fosfato de sodio monobásico. Fosfato monosódico.	7758-80-7	231-449-2	Inhibidor de la corrosión.	El sodio con niveles < VP. Índice de Langelier.	Nota 1.
1205	Dihidrógenopirofosfato de sodio.	Pirofosfato ácido de sodio.SAPP.	7758-16-9	231-835-0	Desincrustante.	El sodio con niveles < VP. Índice de Langelier.	Nota 1.
936	Dióxido de carbono.	Gas carbónico, ácido carbónico (anhídrido del ácido carbónico).	124-38-9	204-696-9	Corrector de pH.Remineralización. Reducción de la agresividad.	Índice de Langelier.	Nota 1.
13752	Dióxido de manganeso.	Óxido de manganeso (IV), pirolusita.	1313-13-9 (Dióxido de manganeso).	215-202-6 (Óxidos de manganeso).	Filtración.	Índice de Langelier.	
12121	Disulfito de sodio.	Metabisulfito de sodio, pirodisulfito de sodio.	7681-57-4	231-673-0	Agente reductor.	El sodio y el sulfato con niveles < VP.	Nota 1. También se puede usar en procesos unitarios de tratamiento e instalación interior.
1017	Dolomita semi-calcinada.		471-341 (Carbonato cálcico). 1309-48-4 (Óxido de magnesio).	207-439-9 (Carbonato cálcico). 215-171-9 (Óxido de magnesio).	Corrector de pH.	Índice de Langelier.	Nota 1.
12173	Fluoruro de sodio.	Fluoruro sódico.	7681-49-4	231-667-8	Fluoración.	El fluoruro y el sodio con niveles < VP.	Uso exclusivo para la fluoración de agua de consumo humano.
1203	Fosfato tripotásico.	Fosfato de potasio, tribásico. Ortofosfato tripotásico.	7778-53-2	231-907-1	Inhibidor de la corrosión.	Índice de Langelier.	Nota 1.
1200	Fosfato trisódico.	Fosfato de sodio, tribásico.	7601-54-9	231-509-8	Inhibidor de la corrosión.	El sodio con niveles < VP. Índice de Langelier.	Nota 1.
12910	Granate.		-	-	Filtración.		También se puede usar en procesos unitarios de tratamiento e instalación interior.
12174	Hexafluorosilicato de sodio.	Silicofluoruro de sodio, hexafluorosilicato sódico.	16893-85-9	240-934-8	Fluoración.	El fluoruro y el sodio con niveles < VP.	Uso exclusivo para la fluoración de agua de consumo humano.
898	Hidrógeno carbonato de sodio.	Bicarbonato de sodio, carbonato ácido de sodio, carbonato monosódico.	144-55-8	205-633-8	Corrector de pH y alcalinidad.	El sodio con niveles < VP. Índice de Langelier.	Nota 1.
1202	Hidrógeno fosfato de potasio.	Fosfato de potasio, dibásico.	7758-11-4	231-834-5	Inhibidor de la corrosión.	Índice de Langelier.	Nota 1.
1199	Hidrógeno fosfato de sodio.	Fosfato de sodio, dibásico.	7558-79-4	231-448-7	Inhibidor de la corrosión.	El sodio con niveles < VP. Índice de Langelier.	Nota 1.
16037	Hidrógeno sulfato de sodio.	Bisulfato sódico.	7681-38-1	231-665-7	Corrector del Ph. Precursor del dióxido de cloro. Regenerador de resinas.	Índice de Langelier. Sodio y sulfato con niveles < VP.	También se puede usar en procesos unitarios de tratamiento e instalación interior.

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO
LEGISLACIÓN CONSOLIDADA

UNE-EN	Nombre	Sinónimos	CAS	EINECS	Función principal	Control analítico adicional. Nota 2	Observaciones y condiciones de utilización
12120	Hidrógeno sulfito de sodio.	Bisulfito sódico.	7631-90-5	231-548-0	Agente reductor.	El sodio y el sulfato con niveles < VP.	También se puede usar en procesos unitarios de tratamiento e instalación interior.
896	Hidróxido de sodio.	Sosa cáustica.	1310-73-2	215-185-5	Corrector de pH y alcalinidad.	El sodio con niveles < VP. Índice de Langelier.	Nota 1.
14369	Hierro recubierto con alúmina granular activada.		1344-28-1 (Alúmina activada). 10028-22-5 (Sulfato de hierro III).	215-691-6 (Alúmina activada). 233-072-9 (Sulfato de hierro III).	Filtración. Adsorbente.	Hierro y aluminio con niveles < VP.	
16004	Óxido de magnesio.	Magnesita.	1309-48-4	215-171-9	Corrector del pH	Índice de Langelier	
15029	Óxido hidróxido de hierro (III).	Hidróxido férrico granular, óxido de hierro granulado, óxido hidróxido de hierro granulado, óxido de hierro sintético, óxido hidróxido de hierro sintético, geotita, akaganeita.	20344-49-4	243-746-4	Adsorbente.	Hierro con niveles < VP. Índice de Langelier.	
12876	Oxígeno.		7782-44-7	231-956-9	Oxigenación. Precursor de la ozonización.		Oxigenación del agua destinada a la producción de agua de consumo. También se puede usar en captaciones y conducciones.
1278	Ozono.		10028-15-6	-	Ozonización.	Bromato con niveles < VP y control de otros subproductos.	Uso exclusivo para la ozonización del agua de consumo. Se recomienda que tras la ozonización se instale una unidad de carbono activo granulado.
12914	Perlita en polvo.		-	-	Filtración.		También se puede usar en procesos unitarios de tratamiento e instalación interior.
12672	Permanganato de potasio.	Permanganato de potasa.	7722-64-7	231-76-03	Oxidante.	Manganeso con niveles < VP.	Uso exclusivo en preoxidación.
15482	Permanganato de sodio.	Sal sódica de ácido permangánico.	10101-50-5	233-251-1	Oxidante.	Manganeso on niveles < VP.	Uso exclusivo en preoxidación.
12906	Piedra pómez.		-	-	Filtración.		También se puede usar en procesos unitarios de tratamiento e instalación interior.
1207	Pirofosfato tetrapotásico.	Sal tetrapotásica de ácidodifosfónico. TKPP.	7320-34-5	230-785-7	Desincrustante.	Índice de Langelier.	Nota 1.
1206	Pirofosfato tetrasódico.	Difosfato tetrasódico. TKPP.	7722-88-5	231-767-1	Inhibidor de la corrosión.	El sodio con niveles < VP. Índice de Langelier.	Nota 1.

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO
LEGISLACIÓN CONSOLIDADA

UNE-EN	Nombre	Sinónimos	CAS	EINECS	Función principal	Control analítico adicional. Nota 2	Observaciones y condiciones de utilización
1408	Polí(cloruro de dialildimetilamonio).	Poli (cloruro de dialildimetilamonio), poli (cloruro de dimetildialilamonio), poliDADMAC.	26062-79-3	-	Coagulante/floculante.	El cloruro con niveles < VP.	
1208	Polifosfato de sodio y calcio.	Polifosfato de sodio y calcio vítreo. Polimetafosfato de sodio y calcio.	23209-59-8	245-490-9	Inhibidor de la corrosión.Desincrustante.	Sodio con niveles < VP. Índice de Langelier.	Nota 1.
1212	Polifosfato de sodio.	Sal sódica del ácido polifosfórico.	68915-31-1	272-808-3	Inhibidor de la corrosión.	El sodio con niveles < VP. Índice de Langelier.	Nota 1. También se puede usar en procesos unitarios de tratamiento e instalación interior.
15041	Polifosfatos.		-		Antiincrustantes.	Índice de Langelier.	Uso exclusivo en fases previas a las membranas de ósmosis inversa. No deben aparecer en agua producto por encima del límite de detección de la mejor técnica de análisis disponible.
885	Polihidroxilclorosilicato de aluminio.	Policloruro silicato de aluminio.	94894-80-1	Productos o materias primas: Hidroxilcloruro de aluminio: 215-477-2 Aluminosilicato: 215-475-1 Cloruro de sodio: 231-598-3	Coagulante/floculante.	El cloruro y el aluminio con niveles < VP. Índice de Langelier.	Nota 1.
883	Polihidroxilcloruro de aluminio y polihidroxilclorosulfato de aluminio.	Cloruro básico de aluminio BAC; policloruro de aluminio, PAC, PACI y Policloruro de aluminio, PAC; polihidroxilclorosulfato de aluminio, PACS.	1327-41-9 12042-91-0 10284-64-7 39290-78-3	215-477-2 234-933-1 233-632-2 254-400-7	Coagulante/floculante.	El cloruro, el aluminio, sulfato (si procede) con niveles < VP. Índice de Langelier.	Nota 1.
886	Polihidroxisulfatosilicato de aluminio.	Polisulfato silicato de aluminio, PASS.	131148-05-5	Productos o materias primas: Sulfato básico de aluminio, PAS: 259-881-7 Aluminosilicato: 215-475-1 Sulfato de sodio: 231-820-9	Coagulante/floculante.	El sulfato y el aluminio con niveles < VP. Índice de Langelier.	Nota 1.
1209	Silicato de sodio.	Vidrio soluble.	1344-09-8	215-687-4	Coagulante/floculante. Inhibidor de la corrosión.	El sodio con niveles < VP. Índice de Langelier.	Nota 1. También se puede usar en procesos unitarios de tratamiento e instalación interior.
887	Sulfato de aluminio y de hierro (III).		10043-01-3 (Sulfato de aluminio III). 10028-22-5 (Sulfato de hierro III).	233-135-0 (Sulfato de aluminio III). 233-072-9 (Sulfato de hierro III).	Coagulante.	El sulfato, el hierro y el aluminio con niveles < VP.	
878	Sulfato de aluminio.	Sulfato de aluminio, sulfato de alúmina.	10043-01-3 16828-11-8 7784-31-8	233-135-0	Coagulante/floculante.	El sulfato y el aluminio con niveles < VP.	

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO
LEGISLACIÓN CONSOLIDADA

UNE-EN	Nombre	Sinónimos	CAS	EINECS	Función principal	Control analítico adicional. Nota 2	Observaciones y condiciones de utilización
12123	Sulfato de amonio.		7783-20-2	213-984-1	Precursor de la cloraminación.	El amonio y el sulfato con niveles < VP.	Uso exclusivo para cloraminación de agua de consumo.
889	Sulfato de hierro (II).	Sulfato ferroso, vitriolo de hierro, caparrosa, protosulfato de hierro.	7782-63-0 (Sulfato de hierro II heptahidratado). 7720-78-7 (Sulfato de hierro II).	231-753-5 (Sulfato de hierro II).	Coagulante.	El sulfato y el hierro con niveles < VP.	Nota 1.
890	Sulfato de hierro (III) líquido.	Licor de sulfato férrico, licor rojo de hierro.	10028-22-5	233-072-9	Coagulante.	El sulfato y el hierro con niveles < VP.	Nota 1.
14664	Sulfato de hierro (III) sólido.	Sulfato férrico sólido.	10028-22-5	233-072-9	Coagulante.	El sulfato y el hierro con niveles < VP.	Nota 1.
12124	Sulfito de sodio.		7757-83-7	231-821-4	Agente reductor.	El sulfato y el sodio con niveles < VP. Índice de Langelier.	Nota 1. También se puede usar en procesos unitarios de tratamiento e instalación interior.
12913	Tierra de diatomeas en polvo.		61790-53-2 (seca y molida). 90053-39-3 (diatomea calcinada). 68855-54-9 (calcinada con fundente).	293-303-4 (calcinada).	Filtración.		También se puede usar en procesos unitarios de tratamiento e instalación interior.
12125	Tiosulfato de sodio.	Hiposulfato de sodio.	7772-98-7 10102-17-7	231-867-5	Agente reductor.	El sulfato y el sodio con niveles < VP. Índice de Langelier.	Nota 1. También se puede usar en Procesos unitarios de tratamiento e instalación interior.
1211	Tripolifosfato de potasio.	KTPP.	13845-36-8	237-574-9	Desincrustante.	Índice de Langelier.	Nota 1.
1210	Tripolifosfato de sodio.	Trifosfato pentasódico. STPP.	7758-29-4	231-838-7	Desincrustante.	El sodio con niveles < VP.	Nota 1.
16070	Zeolita Natural.	Analcima Clinoptilolita. Phillipsita.	1318-02-1 12173-10-3 12271-42-0	215-283-8	Adsorbente.		

PARTE B. Biocidas

B1. Sustancias activas incluidas en el tipo de Producto 5 «desinfectante para el agua potable, tanto para los seres humanos como para animales».

UNE-EN	Nombre	Sinónimos	CAS	EINECS	Lugar de aplicación	Control analítico adicional. Nota 2	Condiciones de utilización
937	Cloro.	Cloro líquido.	7782-50-5	231-959-5	Planta de tratamiento. Proceso unitario.	Cloro libre residual, cloro combinado residual y THMs, asegurando que los valores en el punto de entrega al consumidor son < VP, y control de otros subproductos de la cloración.	
1019	Dióxido de azufre.	Anhidro del ácido sulfuroso.	7446-09-5	231-195-2	Planta de tratamiento.	Sulfato con niveles < VP. Índice de Langelier.	

UNE-EN	Nombre	Sinónimos	CAS	EINECS	Lugar de aplicación	Control analítico adicional. Nota 2	Condiciones de utilización
12671	Dióxido de cloro.		10049-04-4	233-162-8	Planta de tratamiento.Proceso unitario.Instalaciones interiores.	THMs, asegurando que los valores en el punto de entrega al consumidor son < VP, 700 µg/L para cloritos y cloratos.	
900	Hipoclorito de calcio.		7778-54-3	231-908-7	Planta de tratamiento.Proceso unitario.Instalaciones interiores.	Cloro libre residual, cloro combinado residual, THMs, asegurando que los valores en el punto de entrega al consumidor son < VP, y control de otros subproductos de la cloración.	
901	Hipoclorito de sodio.	Lejía líquida, lejía sódica.	7681-52-9	231-668-3	Planta de tratamiento.Proceso unitario.Instalaciones interiores.	Cloro libre residual, cloro combinado residual, THMs, asegurando que los valores en el punto de entrega al consumidor son < VP, y control de otros subproductos de la cloración.	
902	Peróxido de hidrógeno.		7722-84-1	231-765-0	Planta de tratamiento.Proceso unitario.Instalaciones interiores.		
12678	Peroxomonosulfato de potasio.	Monopersulfato de potasio.	70693-62-8	274-778-7	Planta de tratamiento.	El sulfato con niveles < VP.	
12933	Ácido tricloroisocianúrico.	TCCA, sincloseno.	87-90-1	201-782-8			-Siempre se utilizarán como primera opción los biocidas anteriores, cuando no se disponga de ellos, se podrán utilizar, con previa autorización de uso por la autoridad sanitaria competente.
12931	Dicloroisocianurato de sodio, anhídrido.		2893-78-9	2-207-67-7			-Utilización temporal, nunca más de 50 días por año, mientras que no sea posible la utilización de desinfectantes anteriores.
12932	Dicloroisocianurato de sodio, dihidratado.		51580-86-0	-			-Como desinfectante del agua de consumo humano: según disponga la autoridad sanitaria competente.

B2. Situaciones especiales

En situaciones especiales, las Fuerzas Armadas podrán utilizar otros desinfectantes para el tratamiento de pequeños volúmenes de agua para consumo humano personal.

ANEXO III

Laboratorios de control de la calidad del agua de consumo humano

1. Laboratorio:
 - a) Nombre.
 - b) Dirección.
 - c) CP/Ciudad.
 - d) Teléfono.
 - e) Fax.
 - f) Correo electrónico.
2. Tipo de aseguramiento de la calidad:
 - a) Acreditación por la UNE-EN ISO/IEC 17025 (o 45001).
 - b) Certificación por la UNE EN ISO 9001.
3. Características de la acreditación y/o certificación:
 - a) Acreditación o certificación número.
 - b) Fecha de la obtención de la acreditación o de la certificación.
 - c) Fecha de la última renovación.
 - d) Sólo en el caso de acreditación, señalar los parámetros para los cuales se está acreditado.

4. Adjuntar aparte la fotocopia del alcance de acreditación o de la certificación.

Fecha y firma

Dirigir a:

Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo.

ANEXO IV

Métodos de ensayos

A. Parámetros para los que se especifican métodos de ensayo:

Los siguientes métodos de ensayo se dan ya sea como referencia, en los casos de métodos UNE, ISO o CEN, o como guía, en espera de la posible adopción de nuevos métodos nacionales para dichos parámetros.

Los laboratorios podrán emplear métodos alternativos, siempre que estén validados o acreditados o se haya demostrado su equivalencia y se cumpla lo dispuesto en el artículo 16.3.

Bacterias coliformes y «*Escherichia coli*» (*E. coli*): UNE EN ISO 9308-1:2000.

Enterococos: UNE EN ISO 7899-2:2001.

Enumeración de microorganismos cultivables-Recuento de colonias a 22 °C: UNE EN ISO 6222:1999.

«*Clostridium perfringens*» (incluidas las esporas)

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

Nota 1.

La composición del agar m-CP es:

Medio de base:

Triptosa: 30 g.

Extracto de levadura: 20 g.

Sacarosa: 5 g.

Hidrocloruro de L-cisteína: 1 g.

MgSO₄-7H₂O: 0,1 g.

Púrpura de bromocresol: 40 mg.

Agar: 15 g.

Agua: 1.000 ml.

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

Dejar enfriar el medio y añadir:

D-cicloserina: 400 mg.

B-sulfato de polimixina: 25 mg.

β-D-glucosuro de indoxyl deberá disolverse en 8 ml de agua destilada estéril antes de añadirse: 60 mg.

Solución de difosfato de fenoltaleína al 0,5 % esterilizada por filtración: 20 ml.

FeCl₃-6H₂O al 4,5 % esterilizada por filtración: 2 ml.

B. Parámetros para los que se especifican las características de los resultados:

1. En relación con los siguientes parámetros, las características que se especifican para los resultados suponen que, como mínimo, el método de ensayo utilizado tendrá el límite de detección indicado, y será capaz de medir concentraciones iguales al valor paramétrico (VP) con la exactitud y precisión especificadas.

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO
LEGISLACIÓN CONSOLIDADA

Sea cual fuere la sensibilidad del método de ensayo empleado, el resultado se expresará empleando como mínimo el mismo número de cifras decimales que para el valor paramétrico considerado en las partes B y C del anexo I.

Parámetros	Exactitud Porcentaje en el VP (nota 1)	Precisión Porcentaje en el VP (nota 2)	Límite de detección Porcentaje del VP (nota 3)	Condiciones	Notas
Acrilamida				Controlar según la especificación del producto.	
Aluminio	10	10	10		
Amonio	10	10	10		
Antimonio	25	25	25		
Arsénico	10	10	10		
Benceno	25	25	25		
Benzo(a)pireno	25	25	25		
Boro	10	10	10		
Bromato	25	25	25		
Cadmio	10	10	10		
Cianuro	10	10	10		4
Cloruro	10	10	10		
Cloruro de vinilo				Controlar según la especificación del producto.	
Cobre	10	10	10		
Conductividad	10	10	10		
Cromo	10	10	10		
1,2-dicloroetano	25	25	10		
Epiclorhidrina				Controlar según la especificación del producto.	
Fluoruro	10	10	10		
Hierro	10	10	10		
HPA	25	25	25		5 y 9
Manganeso	10	10	10		
Mercurio	20	10	20		
Níquel	10	10	10		
Nitrato	10	10	10		
Nitrito	10	10	10		
Oxidabilidad	25	25	10		6
Plaguicidas	25	25	25		7 y 9
Plomo	10	10	10		
Selenio	10	10	10		
Sodio	10	10	10		
Sulfato	10	10	10		
Tetracloroetano	25	25	10		8
THMs	25	25	10		5
Tricloroetano	25	25	10		8
Turbidez	25	25	25		

Notas:

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

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

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

(3) El límite de detección es:

Ya sea el triple de la desviación típica relativa dentro del lote de una muestra natural que contenga una baja concentración del parámetro, o bien el quintuplo de la desviación típica relativa dentro del lote de una muestra en blanco.

(4) El método debe determinar el cianuro total en todas sus formas, a partir del 1 de enero de 2004.

(5) Las características que se especifican para los resultados se aplican a cada una de las sustancias especificadas al 25 por 100 del valor paramétrico en el anexo I.

(6) La oxidación deberá efectuarse durante 10 minutos a ebullición en condiciones de acidez, utilizando permanganato.

(7) Las características que se especifican para los resultados se aplican a cada uno de los plaguicidas y dependerán del plaguicida de que se trate.

(8) Las características que se especifican para los resultados se aplican a cada una de las sustancias especificadas al 50 por 100 del valor paramétrico en el anexo I.

(9) Aunque no sea posible, por el momento, cumplir con el límite de detección para algún plaguicida e hidrocarburo policíclico aromático, los laboratorios deberían tratar de cumplir esta norma.

2. Con respecto a la concentración en ión hidrógeno, las características que se especifican para los resultados suponen que el método de ensayo aplicado puede medir concentraciones iguales al valor del parámetro con una exactitud de 0,2 unidades pH y una precisión de 0,2 unidades pH.

C. Parámetros para los que no se especifica ningún método de ensayo: carbono orgánico total, cloro libre residual, cloro residual combinado, clostridium sulfito reductor, color, criptosporidium, microcistina, olor y sabor.

ANEXO V

Número mínimo de muestras para las aguas de consumo humano suministradas a través de una red de distribución o utilizadas en la industria alimentaria

Nota:

Para el cálculo de la frecuencia en el caso de aguas suministradas a través de una red de distribución, se puede utilizar el número de personas abastecidas, considerando una dotación media de 200 litros por habitante y día.

A. Autocontrol:

1. Análisis de control:

a) A la salida de cada ETAP⁽¹⁾ o depósito de cabecera:

Volumen de agua tratada por día en m ³	Número mínimo de muestras al año
<100	1
>100 - <1.000	2
>1.000	2 por cada 1.000 m ³ /día y fracción del volumen total

b) A la salida de los depósitos de regulación y/o de distribución⁽²⁾ (incluido el de la industria alimentaria):

Capacidad del depósito en m ³	Número mínimo de muestras al año
<100	A criterio de la autoridad sanitaria
>100 - <1.000	1
>1.000 - <10.000	6
>10.000 - <100.000	12
>100.000	24

c) En la red de distribución e industria alimentaria:

Volumen de agua distribuido por día en m ³	Número mínimo de muestras al año
<100	1
>100 - <1.000	2

Volumen de agua distribuido por día en m ³	Número mínimo de muestras al año
>1.000	1 + 1 por cada 1.000 m ³ /día y fracción del volumen total

Notas:

(1) Cuando no exista una ETAP, la frecuencia mínima señalada para el análisis de control en ETAP se sumará a la frecuencia mínima establecida en los párrafos b) y c) según disponga la autoridad sanitaria.

(2) Cuando exista una ETAP, la frecuencia mínima en depósitos se podrá reducir según disponga la autoridad sanitaria.

2. Análisis completo:

a) A la salida de cada ETAP, o depósito de cabecera:

Volumen de agua tratada por día en m ³	Número mínimo de muestras al año
<100	A criterio de la autoridad sanitaria
>100 - <1.000	1
>1.000 - <10.000	1 por cada 5.000 m ³ /día y fracción del volumen total
>10.000 - <100.000	2 + 1 por cada 20.000 m ³ /día y fracción del volumen total
>100.000	5 + 1 por cada 50.000 m ³ /día y fracción del volumen total

b) A la salida de los depósitos de regulación y/o de distribución (incluido el de la industria alimentaria):

Capacidad del depósito en m ³	Número mínimo de muestras al año
<1.000	A criterio de la autoridad sanitaria
>1.000 - <10.000	1
>10.000 - <100.000	2
>100.000	6

c) En la red de distribución o industria alimentaria:

Volumen de agua distribuido por día en m ³	Número mínimo de muestras al año
<100	A criterio de la autoridad sanitaria
>100 - <1.000	1
>1.000 - <10.000	1 por cada 5.000 m ³ /día y fracción del volumen total
>10.000 - <100.000	2 + 1 por cada 20.000 m ³ /día y fracción del volumen total
>100.000	5 + 1 por cada 50.000 m ³ /día y fracción del volumen total

B. Control en grifo del consumidor:

Número de habitantes suministrados	Número mínimo de muestras al año
≤ 500	4
> 500- ≤ 5.000	6
> 5.000	6 + 2 por cada 5.000 hb. y fracción

ANEXO VI

A. Solicitud de autorización de excepción

1. Gestor:

a) Entidad.

- b) Dirección.
 - c) CP y ciudad (provincia).
 - d) Teléfono.
 - e) Fax.
 - f) Correo electrónico.
2. Zona de abastecimiento:
- a) Denominación.
 - b) Código.
 - c) Población afectada.
 - d) Volumen de agua distribuida por día (m³).
3. Tipo de excepción:
- a) Autorización.
 - b) 1.^a prórroga.
 - c) 2.^a prórroga.
 - d) Excepción de corta duración.
4. Características de la excepción:
- a) Parámetro.
 - b) Nuevo valor paramétrico propuesto.
 - c) Duración prevista de la excepción.
 - d) Motivos por los que se solicita la autorización de excepción.
5. Adjuntar aparte el informe documental (original y copia).
6. En caso de prórroga, adjuntar aparte el estudio de situación (original y copia).

Fecha y firma

Dirigir a:

Autoridad sanitaria.

B. Comunicación de la autorización de la excepción

- 1. Gestor: entidad.
- 2. Zona de abastecimiento:
 - a) Denominación.
 - b) Código de la zona de abastecimiento.
 - c) Población afectada.
 - d) Volumen de agua distribuida por día (m³).
- 3. Tipo de excepción:
 - a) Autorización.
 - b) 1.^a prórroga.
 - c) 2.^a prórroga.
- 4. Características de la excepción:
 - a) Parámetro.
 - b) Nuevo valor paramétrico autorizado.
 - c) Fecha de la autorización.
 - d) Duración prevista de la autorización.
 - e) Motivos de la solicitud de la excepción.
- 5. En todos los casos y para su remisión a la Comisión de la Unión Europea, adjuntar aparte:
 - a) Informe documental completo.
 - b) Listado de las industrias alimentarias pertinentes.

6. En caso de prórrogas, adjuntar aparte el estudio de situación.

Fecha y firma de la autoridad que autoriza la excepción

Dirigir a:

Dirección General de Salud Pública. Ministerio de Sanidad y Consumo.

ANEXO VII

Notificación de incumplimientos

1. Gestor:

- a) Entidad.
- b) Dirección.
- c) CP y ciudad (provincia).
- d) Teléfono.
- e) Fax.
- f) Correo electrónico.

2. Laboratorio: entidad.

3. Zona de abastecimiento:

- a) Denominación.
- b) Código de la zona de abastecimiento.
- c) Población afectada.
- d) Volumen de agua distribuida por día (m³).

4. Características del incumplimiento:

- a) Punto/s de muestreo en el que se ha detectado el incumplimiento.
- b) Fecha de la toma de muestra.
- c) Motivo/s que ha causado el incumplimiento.
- d) Parámetro/s y valor cuantificado.
- e) Fecha de confirmación del incumplimiento.
- f) Plazo propuesto para subsanar el incumplimiento.

5. Adjuntar aparte:

- a) Medidas correctoras y preventivas previstas.
- b) Propuesta de comunicación para transmitir a los consumidores.

Fecha y firma

Dirigir a:

Autoridad sanitaria.

ANEXO VIII

Sustancias utilizadas en el tratamiento de potabilización

1. Empresa comunicante:

- a) Nombre.
- b) Dirección.
- c) CP, ciudad (provincia).
- d) Teléfono.
- e) Fax.
- f) Correo electrónico.
- g) Número de registro sanitario de la empresa.

2. Sustancia o producto:

- a) Fabricante.
- b) Nombre comercial del producto.
- c) Clasificación del producto *.
- d) Etiquetado del producto:
 - (1) Frases de riesgo (R).
 - (2) Consejos de prudencia (S).
- e) Tamaño del envase.
- f) Forma de presentación del producto.
- g) Modo de empleo.
- h) Dosis de aplicación.
- i) Finalidad del producto.
- j) Número de registro sanitario o autorización del producto (si procede).
- k) Incompatibilidades con otros productos y/o materiales.

3. Notificación a la Unión Europea:

En el caso de sustancias incluidas en la definición del artículo 2.11.a), b) y c) del presente Real Decreto, que estén bajo el Reglamento 1896/2000 de la Comisión, de 7 de septiembre de 2000, relativo a la primera fase del programa contemplado en el apartado 2 del artículo 16 de la Directiva 98/8/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre Biocidas («DOCE» L 228, 08/09/2000), señalar la fecha de notificación a la Unión Europea.

4. Adjuntar aparte:

- a) Composición cualitativa y cuantitativa al 100 por 100, incluidas impurezas, n.º CAS y n.º CE.
- b) Etiqueta original del producto.

* Real Decreto 363/1995 y Real Decreto 1425/1998.

Fecha y firma

Dirigir a:

Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo.

ANEXO IX

Productos de construcción en contacto con agua de consumo humano

- 1. Empresa comunicante:
 - a) Nombre.
 - b) Dirección.
 - c) CP, ciudad (provincia).
 - d) Teléfono.
 - e) Fax.
 - f) Correo electrónico.
 - g) Número de registro sanitario de la empresa.
- 2. Producto:
 - a) Fabricante.
 - b) Nombre comercial del producto.
 - c) Finalidad del producto para:
 - 1.º Tubería.
 - 2.º Depósito.
 - 3.º Junta o soldadura.
 - 4.º Revestimiento.

- 5.º Accesorio.
- 6.º Membranas.
- 7.º Otra (especificar).

- d) Ubicación/es recomendada/s por el fabricante para el producto.
- e) ¿ Está en contacto directo con el agua de consumo humano?.
- f) Clasificación del producto * (si procede).
- g) Número de registro sanitario o autorización del producto (si procede).
- h) Incompatibilidades con otros productos, sustancias y/o desinfectantes.
- i) Ensayos de migración del producto al agua (si los tiene).
- j) Ensayos de reacción química del producto a 20 ppm de cloro (si lo tiene).

3. Adjuntar aparte:

- a) Composición cualitativa y cuantitativa al 100 por 100, incluidas impurezas, n.º CAS y n.º CE.
- b) Etiqueta original del producto.

* Real Decreto 363/1995 y Real Decreto 1425/1998.

Fecha y firma

Dirigir a:

Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo.

Este texto consolidado no tiene valor jurídico.
Más información en info@boe.es



ANEXO II.

Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.

Ministerio de Sanidad y Consumo
«BOE» núm. 171, de 18 de julio de 2003
Referencia: BOE-A-2003-14408

TEXTO CONSOLIDADO

Última modificación: 14 de julio de 2010

La legionelosis es una enfermedad bacteriana de origen ambiental que suele presentar dos formas clínicas diferenciadas: la infección pulmonar o «Enfermedad del Legionario», que se caracteriza por neumonía con fiebre alta, y la forma no neumónica, conocida como «Fiebre de Pontiac», que se manifiesta como un síndrome febril agudo y de pronóstico leve.

La infección por Legionella puede ser adquirida en dos ámbitos, el comunitario y el hospitalario. En ambos casos la enfermedad puede estar asociada a varios tipos de instalaciones, equipos y edificios. Puede presentarse en forma de brotes y casos aislados o esporádicos.

La Legionella es una bacteria ambiental capaz de sobrevivir en un amplio intervalo de condiciones físico-químicas, multiplicándose entre 20 °C y 45 °C, destruyéndose a 70 °C. Su temperatura óptima de crecimiento es 35-37 °C. Su nicho ecológico natural son las aguas superficiales, como lagos, ríos, estanques, formando parte de su flora bacteriana. Desde estos reservorios naturales la bacteria puede colonizar los sistemas de abastecimiento de las ciudades y, a través de la red de distribución de agua, se incorpora a los sistemas de agua sanitaria (fría o caliente) u otros sistemas que requieren agua para su funcionamiento como las torres de refrigeración. En algunas ocasiones, en estas instalaciones, mal diseñadas, sin mantenimiento o con un mantenimiento inadecuado, se favorece el estancamiento del agua y la acumulación de productos nutrientes de la bacteria, como lodos, materia orgánica, materias de corrosión y amebas, formando una biocapa. La presencia de esta biocapa, junto a una temperatura propicia, explica la multiplicación de Legionella hasta concentraciones infectantes para el ser humano. Si existe en la instalación un mecanismo productor de aerosoles, la bacteria puede dispersarse al aire. Las gotas de agua que contienen la bacteria pueden permanecer suspendidas en el aire y penetrar por inhalación en el aparato respiratorio.

Las instalaciones que con mayor frecuencia se encuentran contaminadas con Legionella y han sido identificadas como fuentes de infección son los sistemas de distribución de agua sanitaria, caliente y fría y los equipos de enfriamiento de agua evaporativos, tales como las torres de refrigeración y los condensadores evaporativos, tanto en centros sanitarios como en hoteles u otro tipo de edificios.

La Comisión de Salud Pública del Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud, en su reunión del 29 de octubre de 1999, con el objetivo de evitar o reducir al mínimo la aparición de brotes, estimó necesario disponer de criterios técnico-sanitarios coordinados y aceptados por las autoridades sanitarias de la administración estatal, autonómica y local. Por

ello se aprobó el Real Decreto 909/2001, de 27 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.

El avance de los conocimientos científico-técnicos y la experiencia acumulada en la aplicación del citado real decreto obligan a su derogación y a aprobar una nueva norma que contemple las innovaciones necesarias para un mayor control de la legionelosis. No obstante, se considera necesario seguir profundizando en aquellos aspectos que dan lugar a la proliferación de la Legionella, así como en los procedimientos posibles para su destrucción de forma fácil y eficaz, adaptando en consecuencia la normativa a los sucesivos avances que se produzcan.

En este real decreto se clasifican las instalaciones implicadas en casos o brotes de la enfermedad en función de su probabilidad de proliferación y dispersión de Legionella. Asimismo, se ha recogido la necesidad de conocer el régimen de funcionamiento de las instalaciones y de buscar diversas formas de ampliar su notificación, a fin de conocer su ubicación en los estudios epidemiológicos de los casos y en las inspecciones ambientales. También se han especificado mayores condiciones estructurales de las instalaciones. Igualmente se ha dado nueva redacción a los anexos 3 y 5 y se han modificado los anexos 1, 2, 4 y 6, incluyéndose tablas de parámetros indicadores de la calidad del agua y de las actuaciones a realizar según los niveles de contaminación en el caso de las torres de refrigeración y de los condensadores evaporativos, y un nuevo protocolo para los sistemas de agua climatizada con agitación constante y recirculación a través de chorros de alta velocidad.

Esta norma pretende ser respetuosa con el fomento del uso de fuentes de energía renovables que mejoren la eficiencia energética de las instalaciones implicadas en la proliferación y difusión de la Legionella.

Así mismo, se ha tenido expresamente en cuenta el principio de cautela que debe inspirar toda normativa dirigida a salvaguardar la salud de la población, protegiendo y mejorando la calidad de vida de las personas.

Este real decreto, que tiene el carácter de norma básica, se dicta al amparo de lo dispuesto en el artículo 149.1.16.^a de la Constitución y de acuerdo con lo establecido en los apartados 6 y 11 del artículo 18; en los artículos 19; 24; 25; 26; 40 apartados 1, 2, 12 y 13 ; así como en el artículo 42 apartado 3 de la Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad.

En la tramitación de este real decreto han sido oídos los sectores afectados, las comunidades autónomas y las Ciudades de Ceuta y Melilla, habiendo informado el Consejo de Consumidores y Usuarios.

En su virtud, a propuesta de la Ministra de Sanidad y Consumo, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 4 de julio de 2003,

DISPONGO:

Artículo 1. *Objeto.*

Este real decreto tiene como objeto la prevención y control de la legionelosis mediante la adopción de medidas higiénico-sanitarias en aquellas instalaciones en las que la Legionella es capaz de proliferar y diseminarse.

Artículo 2. *Ámbito de aplicación.*

1. Las medidas contenidas en este real decreto se aplicarán a las instalaciones que utilicen agua en su funcionamiento, produzcan aerosoles y se encuentren ubicadas en el interior o exterior de edificios de uso colectivo, instalaciones industriales o medios de transporte que puedan ser susceptibles de convertirse en focos para la propagación de la enfermedad, durante su funcionamiento, pruebas de servicio o mantenimiento.

2. A efectos de lo establecido en este real decreto las instalaciones se clasifican en:

1.º Instalaciones con mayor probabilidad de proliferación y dispersión de Legionella:

- a) Torres de refrigeración y condensadores evaporativos.
- b) Sistemas de agua caliente sanitaria con acumulador y circuito de retorno.

c) Sistemas de agua climatizada con agitación constante y recirculación a través de chorros de alta velocidad o la inyección de aire (spas, jakuzzis, piscinas, vasos o bañeras terapéuticas, bañeras de hidromasaje, tratamientos con chorros a presión, otras).

d) Centrales humidificadoras industriales.

2.º Instalaciones con menor probabilidad de proliferación y dispersión de Legionella:

a) Sistemas de instalación interior de agua fría de consumo humano (tuberías, depósitos, aljibes), cisternas o depósitos móviles y agua caliente sanitaria sin circuito de retorno.

b) Equipos de enfriamiento evaporativo que pulvericen agua, no incluidos en el apartado 2.1.º

c) Humectadores.

d) Fuentes ornamentales.

e) Sistemas de riego por aspersión en el medio urbano.

f) Sistemas de agua contra incendios.

g) Elementos de refrigeración por aerosolización, al aire libre.

h) Otros aparatos que acumulen agua y puedan producir aerosoles.

3.º Instalaciones de riesgo en terapia respiratoria:

a) Equipos de terapia respiratoria.

b) Respiradores.

c) Nebulizadores.

d) Otros equipos médicos en contacto con las vías respiratorias.

3. Quedan excluidas del ámbito de aplicación de este real decreto las instalaciones ubicadas en edificios dedicados al uso exclusivo en vivienda, excepto aquellas que afecten al ambiente exterior de estos edificios. No obstante y ante la aparición de casos de legionelosis, las autoridades sanitarias podrán exigir que se adopten las medidas de control que se consideren adecuadas.

Artículo 3. *Notificación de torres de refrigeración y condensadores evaporativos.*

Los titulares y las empresas instaladoras de torres de refrigeración y condensadores evaporativos están obligados a notificar a la administración sanitaria competente, en el plazo de un mes desde su puesta en funcionamiento, el número y características técnicas de éstas, así como las modificaciones que afecten al sistema. Asimismo, los titulares también deberán notificar en el mismo plazo el cese definitivo de la actividad de la instalación. Estas notificaciones se realizarán mediante el documento que se recoge en el anexo 1.

Los titulares de la instalación, fabricantes, instaladores, mantenedores u otras entidades que dispongan de información sobre las instalaciones objeto de notificación, estarán obligados a atender las demandas de información realizadas por las autoridades sanitarias competentes. A este efecto, deberán disponer de los correspondientes registros donde figuren las operaciones realizadas, que estarán a disposición de la autoridad sanitaria.

Artículo 4. *Responsabilidad de los titulares de las instalaciones.*

Los titulares de las instalaciones descritas en el artículo 2 serán responsables del cumplimiento de lo dispuesto en este real decreto y de que se lleven a cabo los programas de mantenimiento periódico, las mejoras estructurales y funcionales de las instalaciones, así como del control de la calidad microbiológica y físico-química del agua, con el fin de que no representen un riesgo para la salud pública.

La contratación de un servicio de mantenimiento externo no exime al titular de la instalación de su responsabilidad.

Artículo 5. *Registro de operaciones de mantenimiento.*

Los titulares de las instalaciones recogidas en el artículo 2 deberán disponer de un registro de mantenimiento. El titular de la instalación podrá delegar la gestión de este registro en personas físicas o jurídicas designadas al efecto, que realizarán las siguientes anotaciones:

a) Fecha de realización de las tareas de revisión, limpieza y desinfección general, protocolo seguido, productos utilizados, dosis y tiempo de actuación. Cuando sean efectuadas por una empresa contratada, ésta extenderá un certificado, según el modelo que figura en el anexo 2.

b) Fecha de realización de cualquier otra operación de mantenimiento (limpiezas parciales, reparaciones, verificaciones, engrases) y especificación de éstas, así como cualquier tipo de incidencia y medidas adoptadas.

c) Fecha y resultados analíticos de los diferentes análisis del agua.

d) Firma del responsable técnico de las tareas realizadas y del responsable de la instalación.

El registro de mantenimiento estará siempre a disposición de las autoridades sanitarias responsables de la inspección de las instalaciones.

Artículo 6. Medidas preventivas: principios generales.

Las medidas preventivas se basarán en la aplicación de dos principios fundamentales: primero, la eliminación o reducción de zonas sucias mediante un buen diseño y el mantenimiento de las instalaciones y segundo evitando las condiciones que favorecen la supervivencia y multiplicación de *Legionella*, mediante el control de la temperatura del agua y la desinfección continua de la misma.

Para garantizar la eficacia de las medidas preventivas que se establecen en este real decreto, se estará a lo dispuesto en las siguientes disposiciones:

a) El Real Decreto 3099/1977, de 8 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas.

b) El Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE) y sus Instrucciones técnicas complementarias y se crea la Comisión Asesora para las Instalaciones Térmicas de los Edificios, que establece las condiciones que deben cumplir las instalaciones térmicas de los edificios (calefacción, climatización y agua caliente sanitaria), modificado por el Real Decreto 1218/2002, de 22 de noviembre.

c) El Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

Con carácter complementario se tendrá en cuenta lo establecido en la Norma UNE 100030 IN Guía para la prevención y control de la proliferación y diseminación de *Legionella* en instalaciones.

La utilización de agua que no proceda de una red de distribución pública o privada requerirá la preceptiva concesión administrativa de aprovechamiento del recurso, emitida por la autoridad competente en materia de gestión del dominio público hidráulico.

Todos los vertidos, procedentes de cualquier limpieza y desinfección, deberán cumplir la legislación medioambiental vigente, especialmente en lo que se refiere a los límites máximos permitidos para vertidos a cauce público o alcantarillado conectado a sistema de saneamiento público, en función de la ubicación de cada instalación.

Artículo 7. Medidas preventivas específicas de las instalaciones.

Estas medidas se aplicarán en la fase de diseño de nuevas instalaciones y en las modificaciones y reformas de las existentes.

Las instalaciones deberán tener las siguientes características:

1. La instalación interior de agua de consumo humano deberá:

a) Garantizar la total estanqueidad y la correcta circulación del agua, evitando su estancamiento, así como disponer de suficientes puntos de purga para vaciar completamente la instalación, que estarán dimensionados para permitir la eliminación completa de los sedimentos.

b) Disponer en el agua de aporte sistemas de filtración según la norma UNE-EN 13443-1, equipo de acondicionamiento del agua en el interior de los edificios –filtros

mecánicos– parte 1: partículas de dimensiones comprendidas entre 80 µm y 150 µm- requisitos de funcionamiento, seguridad y ensayo.

c) Facilitar la accesibilidad a los equipos para su inspección, limpieza, desinfección y toma de muestras.

d) Utilizar materiales, en contacto con el agua de consumo humano, capaces de resistir una desinfección mediante elevadas concentraciones de cloro o de otros desinfectantes o por elevación de temperatura, evitando aquellos que favorezcan el crecimiento microbiano y la formación de biocapa en el interior de las tuberías.

e) Mantener la temperatura del agua en el circuito de agua fría lo más baja posible procurando, donde las condiciones climatológicas lo permitan, una temperatura inferior a 20 °C, para lo cual las tuberías estarán suficientemente alejadas de las de agua caliente o en su defecto aisladas térmicamente.

f) Garantizar que, si la instalación interior de agua fría de consumo humano dispone de depósitos, éstos estén tapados con una cubierta impermeable que ajuste perfectamente y que permita el acceso al interior. Si se encuentran situados al aire libre estarán térmicamente aislados. Si se utiliza cloro como desinfectante, se añadirá, si es necesario, al depósito mediante dosificadores automáticos.

g) Asegurar, en todo el agua almacenada en los acumuladores de agua caliente finales, es decir, inmediatamente anteriores a consumo, una temperatura homogénea y evitar el enfriamiento de zonas interiores que propicien la formación y proliferación de la flora bacteriana.

h) Disponer de un sistema de válvulas de retención, según la norma UNE-EN 1717, que eviten retornos de agua por pérdida de presión o disminución del caudal suministrado y en especial, cuando sea necesario para evitar mezclas de agua de diferentes circuitos, calidades o usos.

i) Mantener la temperatura del agua, en el circuito de agua caliente, por encima de 50 °C en el punto más alejado del circuito o en la tubería de retorno al acumulador. La instalación permitirá que el agua alcance una temperatura de 70 °C.

Cuando se utilice un sistema de aprovechamiento térmico en el que se disponga de un acumulador conteniendo agua que va a ser consumida y en el que no se asegure de forma continua una temperatura próxima a 60 °C, se garantizará posteriormente, que se alcance una temperatura de 60 °C en otro acumulador final antes de la distribución hacia el consumo.

2. Las torres de refrigeración y sistemas análogos:

a) Estarán ubicados de manera que se reduzca al mínimo el riesgo de exposición de las personas a los aerosoles. A este efecto se deberán ubicar en lugares alejados tanto de las personas como de las tomas de aire acondicionado o de ventilación.

b) Los materiales constitutivos del circuito hidráulico resistirán la acción agresiva del agua y del cloro u otros desinfectantes, con el fin de evitar los fenómenos de corrosión. Se evitarán los materiales que favorecen el desarrollo de bacterias y hongos como el cuero, madera, fibrocemento, hormigón o los derivados de celulosa.

c) El diseño del sistema deberá hacerse de manera que todos los equipos y aparatos sean fácilmente accesibles para su inspección, limpieza, desinfección y toma de muestras.

d) Existirán suficientes puntos de purga para vaciar completamente la instalación y estarán dimensionados para permitir la eliminación de los sedimentos acumulados.

e) Deberán disponer de sistemas separadores de gotas de alta eficiencia cuyo caudal de agua arrastrado será menor del 0,05 por ciento del caudal de agua circulante.

f) Deberán disponer de sistemas de dosificación en continuo del biocida.

3. En equipos de terapia respiratoria: Las medidas preventivas reducirán al máximo los riesgos de diseminación de Legionella por equipos utilizados en terapia respiratoria: respiradores, nebulizadores, humidificadores y otros equipos que entren en contacto con las vías respiratorias.

En equipos de terapia respiratoria reutilizables, destinados a ser utilizados en distintos pacientes, se deberá limpiar y desinfectar o esterilizar antes de cada uso, siguiendo las instrucciones del fabricante del equipo, mediante vapor de agua, u otros métodos de análoga eficacia. En el caso de equipos que no puedan ser esterilizados por los métodos anteriores, se llevará a cabo un tratamiento con desinfectantes químicos de alto nivel que posean

marcado CE. Posteriormente a los tratamientos de desinfección, se realizará un aclarado con agua estéril.

En salas con pacientes de alto riesgo, tales como pacientes inmunodeprimidos (pacientes organotrasplantados, pacientes con SIDA, y pacientes tratados con esteroides sistémicos), pacientes de más de 65 años y pacientes con una enfermedad crónica de base (diabetes mellitus, insuficiencia cardiaca congestiva y enfermedad pulmonar obstructiva crónica), los humidificadores deberán ser esterilizados o sometidos a un alto nivel de desinfección diariamente y se harán funcionar sólo con agua estéril. En este tipo de pacientes se recomienda que las partes de los equipos de terapia respiratoria que entran directamente en contacto con ellos, o que canalicen fluidos respiratorios, sean de un solo uso.

Artículo 8. *Programas de mantenimiento en las instalaciones.*

1. Para las instalaciones recogidas en el artículo 2.2.1.º se elaborarán y aplicarán programas de mantenimiento higiénico-sanitario adecuados a sus características, e incluirán al menos los siguientes:

a) Elaboración de un plano señalizado de cada instalación que contemple todos sus componentes, que se actualizará cada vez que se realice alguna modificación. Se recogerán en éste los puntos o zonas críticas en donde se debe facilitar la toma de muestras del agua.

b) Revisión y examen de todas las partes de la instalación para asegurar su correcto funcionamiento, estableciendo los puntos críticos, parámetros a medir y los procedimientos a seguir, así como la periodicidad de cada actividad.

c) Programa de tratamiento del agua, que asegure su calidad. Este programa incluirá productos, dosis y procedimientos, así como introducción de parámetros de control físicos, químicos y biológicos, los métodos de medición y la periodicidad de los análisis.

d) Programa de limpieza y desinfección de toda la instalación para asegurar que funciona en condiciones de seguridad, estableciendo claramente los procedimientos, productos a utilizar y dosis, precauciones a tener en cuenta, y la periodicidad de cada actividad.

e) Existencia de un registro de mantenimiento de cada instalación que recoja todas las incidencias, actividades realizadas, resultados obtenidos y las fechas de paradas y puestas en marcha técnicas de la instalación, incluyendo su motivo.

2. Para las instalaciones recogidas en el artículo 2.2.2.º se elaborarán y aplicarán programas de mantenimiento higiénico-sanitario adecuados a sus características, e incluirán: el esquema de funcionamiento hidráulico y la revisión de todas las partes de la instalación para asegurar su correcto funcionamiento. Se aplicarán programas de mantenimiento que incluirán como mínimo la limpieza y, si procede, la desinfección de la instalación. Las tareas realizadas deberán consignarse en el registro de mantenimiento.

La periodicidad de la limpieza de estas instalaciones será de, al menos, una vez al año, excepto en los sistemas de aguas contra incendios que se deberá realizar al mismo tiempo que la prueba hidráulica y el sistema de agua de consumo que se realizará según lo dispuesto en el anexo 3.

La autoridad sanitaria competente, en caso de riesgo para la salud pública podrá decidir la ampliación de estas medidas.

Para llevar a cabo el programa de mantenimiento se realizará una adecuada distribución de competencias para su gestión y aplicación, entre el personal especializado de la empresa titular de la instalación o persona física o jurídica en quien delegue, facilitándose los medios para que puedan realizar su función con eficacia y un mínimo de riesgo.

Las condiciones específicas de mantenimiento, para los sistemas de agua fría de consumo humano y caliente, las torres de refrigeración y condensadores evaporativos y bañeras de hidromasaje, se recogen en los anexos 3, 4 y 5.

Artículo 9. *Prevención de riesgos laborales.*

En materia de prevención de riesgos laborales se estará a lo dispuesto en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, y en el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los servicios de

prevención, así como en el resto de la normativa de desarrollo de la citada ley, y, en particular, en el Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo y en el Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

Artículo 10. Inspección sanitaria.

Las autoridades sanitarias son las competentes para velar por el cumplimiento de lo establecido en esta normativa y dictar las medidas encaminadas a la prevención de la legionelosis.

La inspección sanitaria podrá:

1. Revisar la documentación de las empresas, los registros, el programa de mantenimiento y en caso de que lo considere necesario, las instalaciones, comprobando la aplicación de las medidas preventivas recogidas en los artículos 6, 7 y 8 de este real decreto y realizando toma de muestras. Asimismo, se tendrá en cuenta el número y estado de salud de las personas potencialmente expuestas.

2. En caso necesario se dictarán las medidas para prevenir o minimizar el riesgo detectado, que incluirá la aplicación de las medidas preventivas recogidas en los artículos 6, 7 y 8 de este real decreto, así como la corrección de defectos estructurales, de mal funcionamiento o de mantenimiento defectuoso de las instalaciones por parte del responsable de éstas.

Si del resultado de estas inspecciones se concluye que existe riesgo para la salud pública, la autoridad sanitaria competente podrá decidir la clausura temporal o definitiva de la instalación.

Artículo 11. Actuaciones ante la detección de casos de legionelosis.

Las autoridades sanitarias competentes coordinarán las actuaciones de todos los profesionales que intervengan en la investigación de casos y brotes de legionelosis.

La investigación epidemiológica se realizará según lo dispuesto en el Real Decreto 2210/1995, de 28 de diciembre, por el que se crea la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica y según los criterios incluidos en los protocolos de dicha red.

Artículo 12. Actuaciones en las instalaciones.

La autoridad sanitaria competente decidirá las actuaciones a realizar por el responsable de la instalación o persona física o jurídica en quien delegue, si como consecuencia de las actividades descritas en los artículos 10 y 11 de este real decreto, se sospecha que un edificio o instalación puede estar asociado con los casos notificados.

Dichas actuaciones podrán ser de tres tipos:

a) Limpieza y desinfección, que tendrán como finalidad eliminar la contaminación por la bacteria. La limpieza se realizará teniendo en cuenta el principio básico de limpieza exhaustiva antes de desinfectar. La desinfección se abordará aun en ausencia de resultados microbiológicos, pero no antes de realizar una toma de muestras tal y como se detalla en el anexo 6. El tratamiento elegido deberá interferir lo menos posible con el funcionamiento habitual del edificio o instalación en el que se ubique la instalación afectada.

Este tratamiento, consta de dos fases: un primer tratamiento de choque, seguido de un tratamiento continuado, que se llevarán a cabo de acuerdo con el anexo 3 para las instalaciones de agua sanitaria, anexo 4 para las torres de refrigeración y condensadores evaporativos y anexo 5 para las bañeras y piscinas de hidromasaje.

b) Reformas estructurales. La inspección podría dar como resultado la exigencia de corregir los defectos de la instalación, estando obligado el propietario o responsable de ésta a realizar esta operación en el plazo que se designe, a contar desde la primera notificación escrita facilitada por la inspección. Los titulares de dichas instalaciones podrán, en casos excepcionales, presentar una solicitud especial de un plazo suplementario ante la autoridad

sanitaria competente. La solicitud deberá estar debidamente motivada y señalará las dificultades encontradas y el plan de acción acompañado de un calendario de ejecución.

Se entiende por defecto estructural de una instalación cualquier carencia o imperfección en el diseño, construcción o mantenimiento de la instalación que facilite la transmisión de la *Legionella*.

c) Paralización total o parcial de la instalación. Ante la presencia de casos o brotes, instalaciones muy deficientes, contaminadas por *Legionella*, obsoletas, o con un mantenimiento defectuoso, la autoridad sanitaria competente podrá ordenar el cierre temporal de la instalación hasta que se corrijan los defectos observados o bien su cierre definitivo. No se podrán poner nuevamente en marcha estas instalaciones sin la autorización expresa de la autoridad sanitaria competente.

El titular de la instalación deberá acreditar, ante la autoridad sanitaria competente, que la instalación se ha desinfectado y en el caso de existir defectos estructurales, que éstos se hayan corregido. Lo que llevará consigo nueva toma de muestras, que no se realizará al menos hasta pasados 15 días después de la aplicación del tratamiento, para comprobar la eficacia de las medidas aplicadas.

Los edificios que en algún momento han sido asociados a brotes de legionelosis, deberán ser sometidos a una vigilancia especial y continuada, según se determine, con objeto de prevenir la aparición de nuevos casos.

Artículo 13. Métodos de tratamiento de las instalaciones.

En las operaciones de mantenimiento higiénico-sanitario se podrá utilizar cualquiera de los desinfectantes que para tal fin haya autorizado la Dirección General de Salud Pública y Sanidad Exterior. Los sistemas físicos y físico-químicos deben ser de probada eficacia frente a *Legionella* y no deberán suponer riesgos para la instalación ni para la salud y seguridad de los operarios ni otras personas que puedan estar expuestas, debiéndose verificar su correcto funcionamiento periódicamente. Su uso se ajustará, en todo momento, a las especificaciones técnicas y régimen de dosificación establecidos por el fabricante.

Se entiende por sistema físico el procedimiento de desinfección basado en la aplicación de equipos de filtración adecuados para la retención de bacterias, aplicación de radiación ultravioleta, aumento de la temperatura o cualquier otro sistema utilizado con el fin de retener o destruir la carga bacteriológica del agua sin introducir productos químicos ni aplicar procedimientos electroquímicos.

Se entiende por sistema físico-químico el utilizado con el fin de destruir la carga bacteriológica del agua mediante la aplicación de procedimientos electroquímicos. Los sistemas físico-químicos deberán registrarse cuando así se establezca en la normativa reguladora de biocidas.

En el caso de instalaciones interiores de agua de consumo humano fría y agua caliente sanitaria, los productos químicos utilizados para el tratamiento de las instalaciones deberán cumplir lo dispuesto a tal fin en el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

Las empresas que realicen tratamientos a terceros con productos biocidas en las instalaciones contempladas en el artículo 2 de este real decreto, deberán estar inscritas en el Registro Oficial de Establecimientos y Servicios Biocidas de la comunidad autónoma respectiva, a tenor de lo dispuesto en el artículo 27 del Real Decreto 1054/2002, de 11 de octubre, por el que se regula el proceso de evaluación para el registro, autorización y comercialización de biocidas.

Todo el personal que trabaje en operaciones de mantenimiento higiénico-sanitario, deberá cumplir las disposiciones de la legislación vigente en materia de capacitación para realizar tratamientos con biocidas.

Los desinfectantes que se utilicen en la desinfección de los equipos de terapia respiratoria reutilizables, deben cumplir lo dispuesto en el Real Decreto 1591/2009, de 16 de octubre, por el que se regulan los productos sanitarios, y deben ser aplicados siguiendo los procedimientos que figuran en sus instrucciones de uso.

Los antiincrustantes, antioxidantes, dispersantes y cualquier otro tipo de sustancias y mezclas químicas utilizados en los procesos de limpieza y tratamiento de las instalaciones cumplirán con los requisitos de clasificación, envasado y etiquetado y provisión de fichas de

datos de seguridad a que les obliga el vigente marco legislativo de sustancias y mezclas peligrosas, y su uso no deberá representar un riesgo inaceptable para la salud de los profesionales que los aplican ni para la población en general.

Todo ello, sin perjuicio de lo dispuesto en el Real Decreto 1054/2002, de 11 de octubre, por el que se regula el proceso de evaluación para el registro, autorización y comercialización de biocidas.

Artículo 14. Infracciones y sanciones.

Sin perjuicio de otras responsabilidades civiles o penales que puedan corresponder, las infracciones contra lo dispuesto en este real decreto tendrán carácter de infracciones administrativas a la normativa sanitaria de acuerdo con lo dispuesto en la Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad, y de acuerdo con ella se graduarán como:

1. Infracciones leves:

a) Las simples irregularidades en la observación de la normativa vigente, sin trascendencia directa para la salud pública, de acuerdo con lo preceptuado en el artículo 35.A) 1.ª de la Ley General de Sanidad.

b) Las cometidas por simple negligencia, siempre que la alteración o riesgos sanitarios producidos fuesen de escasa entidad, lo que se considera como supuesto de los previstos en el artículo 35.A) 2.ª de la Ley General de Sanidad.

c) Las que en razón de los criterios contemplados en este artículo, merezcan la calificación de leves, o no proceda su calificación como faltas graves o muy graves, considerada como supuesto de los previstos en el artículo 35.A) 3.ª de la Ley General de Sanidad.

2. Infracciones graves:

a) No corregir las deficiencias observadas y que hayan dado lugar a una sanción previa de las consideradas leves, lo que se considera como un supuesto de los previstos en el artículo 35.B) 2.ª de la Ley General de Sanidad.

b) La omisión de datos, falta de notificación de las instalaciones, ocultación de informes u obstrucción de la actividad inspectora de la Administración, siempre que se produzca por primera vez, considerado como supuesto de los previstos en el artículo 35.B) 4.ª y 5.ª de la Ley General de Sanidad.

c) No disponer del registro establecido en los artículos 3 y 5 de este real decreto o no realizar las anotaciones preceptivas, como supuestos previstos en el artículo 35.B) 1.ª de la Ley General de Sanidad.

d) El incumplimiento de las medidas preventivas específicas de la instalación previstas en el artículo 7 de este real decreto, en relación con el diseño de nuevas instalaciones, las modificaciones y reformas de las ya existentes, así como lo dispuesto en el artículo 8 sobre programas de mantenimiento, con arreglo a lo previsto en el artículo 35.B) 1.ª de la Ley General de Sanidad.

e) El incumplimiento de las órdenes dictadas por la autoridad sanitaria de realización de las actuaciones de limpieza y desinfección o de reformas estructurales previstas en el artículo 12 de este real decreto, con arreglo a lo previsto en el artículo 35.B) 1.ª y 4.ª de la Ley General de Sanidad.

f) El tratamiento de las instalaciones con desinfectantes no autorizados por la Dirección General de Salud Pública, como supuesto de los previstos en el artículo 35.B) 1.ª de la Ley General de Sanidad.

g) La realización de operaciones de mantenimiento higiénico-sanitario por personal que no haya realizado los cursos a que se refiere el artículo 13 de este real decreto, como supuesto de los previstos en el art. 35.B) 1.ª de la Ley General de Sanidad.

h) La reincidencia en la comisión de infracciones leves, en los últimos tres meses, según preceptúa el artículo 35.B) 7.ª de la Ley General de Sanidad.

i) Las que, en razón de los elementos contemplados en este artículo, merezcan la calificación de graves, o no proceda su calificación como faltas leves o muy graves, según preceptúa el artículo 35.B) 6.ª de la Ley General de Sanidad.

3. Infracciones muy graves:

a) Las que se realicen de forma consciente y deliberada, siempre que se produzca un daño grave a la salud pública, de acuerdo con lo preceptuado en el artículo 35.C) 2.ª de la Ley General de Sanidad.

b) El incumplimiento de la orden dictada por la autoridad sanitaria de paralización total o parcial de la instalación con arreglo al artículo 12.c) de este real decreto, o bien su nueva puesta en funcionamiento sin autorización, como supuestos previstos en el artículo 35.C) 1.ª de la Ley General de Sanidad.

c) El incumplimiento reiterado de los requerimientos específicos de las autoridades competentes, según preceptúa el artículo 35.C) 4.ª de la Ley General de Sanidad.

d) La negativa absoluta a facilitar información o prestar colaboración a los servicios de control o inspección, según preceptúa el artículo 35.C) 5.ª de la Ley General de Sanidad.

e) La resistencia, coacción, amenaza, represalia, desacato o cualquier otra forma de presión ejercida sobre las autoridades competentes o sus representantes, de acuerdo con lo preceptuado en el artículo 35.C) 6.ª de la Ley General de Sanidad.

f) Las que en razón de los elementos contemplados en este artículo y de su grado de concurrencia merezcan la calificación de muy graves, o no proceda su calificación como faltas leves o graves, considerado como supuesto de los previstos en el artículo 35.C) 1.ª y 7.ª de la Ley General de Sanidad.

En cuanto a las sanciones, se estará a lo establecido en el artículo 36 de la Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad.

Disposición adicional única. *Inspección de las instalaciones militares.*

En las unidades, centros u organismos militares, las labores de inspección sanitaria se realizarán por los órganos competentes del Ministerio de Defensa.

Disposición transitoria única. *Adecuación de las instalaciones.*

1. Las torres de refrigeración y condensadores evaporativos existentes a la entrada en vigor de este real decreto dispondrán de un año para adoptar las medidas establecidas en el artículo 7.2, párrafos d), e) y f).

2. Las instalaciones interiores de agua de consumo humano existentes a la entrada en vigor de esta disposición dispondrán de un año para adoptar las medidas establecidas en el artículo 7.1, párrafo f).

Disposición derogatoria única. *Derogación normativa.*

Quedan derogadas cuantas disposiciones de igual o inferior rango se opongan a lo establecido en este real decreto y en particular el Real Decreto 909/2001, de 27 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.

Disposición final primera. *Título competencial.*

Este real decreto tiene el carácter de norma básica al amparo de lo dispuesto en el artículo 149.1.16.ª de la Constitución y se dicta en aplicación de lo dispuesto en los apartados 6 y 11 del artículo 18; en los artículos 19 ; 24; 25; 26; 40 apartados 1, 2, 12 y 13; así como en el artículo 42.3 de la Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad.

Disposición final segunda. *Facultad de adecuación normativa.*

Se faculta al Ministro de Sanidad y Consumo para que, en el ámbito de sus competencias, proceda al desarrollo de lo dispuesto en este real decreto, así como para dictar las normas necesarias para la actualización de los anexos técnicos que contiene y a la elaboración de guías técnicas al respecto.

Disposición final tercera. *Entrada en vigor.*

El presente real decreto entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

ANEXO 2

Certificado de limpieza y desinfección

ANEXO 2

Certificado de limpieza y desinfección

Datos de la empresa contratada

Nombre:
N.º de Registro:
Domicilio:
NIF:
Teléfono:
Fax:

Datos del contratante

Nombre:
Domicilio:
NIF:
Teléfono:
Fax:
Instalación tratada
Instalación notificada a la Autoridad Competente: Sí No
Fecha de notificación

Productos utilizados

Nombre comercial
Protocolo seguido
En el caso de biocidas, N.º de Registro
Otros productos, Presenta Ficha de datos de seguridad
Dosis empleada
Tiempo de actuación

Responsable técnico

Nombre
DNI
Lugar y fecha de realización del curso

Aplicador del tratamiento

Nombre
DNI
Lugar y fecha de realización del curso
Fecha de realización y firma del responsable técnico y de la instalación

ANEXO 3

Mantenimiento de instalaciones interiores de agua caliente sanitaria y agua fría de consumo humano

Se detallan los aspectos mínimos que debe de recoger la revisión y la limpieza y desinfección de las instalaciones interiores de agua caliente sanitaria y de agua fría de consumo humano, completando lo ya recogido en los artículos 7 y 8 del presente Real Decreto.

Todas las operaciones que se describen a continuación serán realizadas por personal suficientemente cualificado, con todas las medidas de seguridad necesarias y avisando a los usuarios para evitar posibles accidentes.

A. Revisión

En la revisión de una instalación se comprobará su correcto funcionamiento y su buen estado de conservación y limpieza.

La revisión general de funcionamiento de la instalación, incluyendo todos los elementos, se realizará una vez al año, reparando o sustituyendo aquellos elementos defectuosos.

Cuando se detecte presencia de suciedad, incrustaciones o sedimentos, se procederá a su limpieza.

El agua de la instalación interior de consumo humano deberá cumplir en todo momento con los parámetros y criterios establecidos en la legislación de aguas de consumo humano.

a) Agua caliente sanitaria:

La revisión del estado de conservación y limpieza de la instalación se realizará trimestralmente en los depósitos acumuladores, y mensualmente en un número representativo, rotatorio a lo largo del año, de los puntos terminales de la red interior (grifos y duchas), de forma que al final del año se hayan revisado todos los puntos terminales de la instalación.

Mensualmente se realizará la purga de válvulas de drenaje de las tuberías y semanalmente la purga del fondo de los acumuladores. Asimismo, semanalmente se abrirán los grifos y duchas de habitaciones o instalaciones no utilizadas, dejando correr el agua unos minutos.

El control de la temperatura se realizará diariamente en los depósitos finales de acumulación, en los que la temperatura no será inferior a 60 °C y mensualmente en un número representativo de grifos y duchas (muestra rotatoria), incluyendo los más cercanos y los más alejados de los acumuladores, no debiendo ser inferior a 50 °C. Al final del año se habrán comprobado todos los puntos finales de la instalación.

Como mínimo anualmente se realizará una determinación de Legionella en muestras de puntos representativos de la instalación. En caso necesario se adoptarán las medidas necesarias para garantizar la calidad del agua de la misma.

b) Agua fría de consumo humano:

La revisión del estado de conservación y limpieza de la instalación se realizará trimestralmente en los depósitos y mensualmente en un número representativo, rotatorio a lo largo del año, de los puntos terminales de la red interior (grifos y duchas), de forma que al final del año se hayan revisado todos los puntos terminales de la instalación.

La temperatura se comprobará mensualmente en el depósito, de forma que se mantenga lo más baja posible, procurando, donde las condiciones climatológicas lo permitan, una temperatura inferior a 20 °C.

Cuando el agua fría de consumo humano proceda de un depósito, se comprobarán los niveles de cloro residual libre o combinado en un número representativo de los puntos terminales, y si no alcanzan los niveles mínimos (0,2 mg/l) se instalará una estación de cloración automática, dosificando sobre una recirculación del mismo, con un caudal del 20% del volumen del depósito.

B. Limpieza y desinfección

Una desinfección no será efectiva si no va acompañada de una limpieza exhaustiva.

Las instalaciones de agua fría de consumo humano y de agua caliente sanitaria se limpiarán y desinfectarán como mínimo, una vez al año, cuando se pongan en marcha la instalación por primera vez, tras una parada superior a un mes, tras una reparación o modificación estructural, cuando una revisión general así lo aconseje y cuando así lo determine la autoridad sanitaria.

Para la realización de la limpieza y la desinfección se utilizarán sistemas de tratamiento y productos aptos para el agua de consumo humano.

a) Agua caliente sanitaria:

1.^a En el caso de la desinfección química con cloro, el procedimiento a seguir será el siguiente:

1.º Clorar el depósito con 20-30 mg/l de cloro residual libre, a una temperatura no superior a 30 °C y un pH de 7-8, haciendo llegar a todos los puntos terminales de la red 1-2 mg/l y mantener durante 3 ó 2 horas respectivamente. Como alternativa, se puede utilizar 4-5 mg/l en el depósito durante 12 horas.

2.º Neutralizar la cantidad de cloro residual libre y vaciar.

3.º Limpiar a fondo las paredes de los depósitos, eliminando incrustaciones y realizando las reparaciones necesarias y aclarando con agua limpia.

4.º Volver a llenar con agua y restablecer las condiciones de uso normales. Si es necesaria la recloración, ésta se realizará por medio de dosificadores automáticos.

2.ª En el caso de la desinfección térmica, el procedimiento a seguir será el siguiente:

1.º Vaciar el sistema y, si fuera necesario, limpiar a fondo las paredes de los depósitos acumuladores, realizar las reparaciones necesarias y aclarar con agua limpia.

2.º Llenar el depósito acumulador y elevar la temperatura del agua hasta 70 °C y mantener al menos 2 horas. Posteriormente abrir por sectores todos los grifos y duchas, durante 5 minutos, de forma secuencial. Confirmar la temperatura para que en todos los puntos terminales de la red se alcance una temperatura de 60 °C.

3.º Vaciar el depósito acumulador y volver a llenarlo para su funcionamiento habitual.

b) Agua fría de consumo humano:

El procedimiento para la desinfección química con cloro de los depósitos será el descrito para el sistema de agua caliente sanitaria. Finalmente, se procederá a la normalización de las condiciones de calidad del agua, llenando nuevamente la instalación, y si se utiliza cloro como desinfectante, se añadirá para su funcionamiento habitual (0,2-1 mg/l de cloro residual libre).

Si es necesaria la recloración, ésta se hará por medio de dosificadores automáticos.

c) Elementos desmontables:

Los elementos desmontables, como grifos y duchas, se limpiarán a fondo con los medios adecuados que permitan la eliminación de incrustaciones y adherencias y se sumergirán en una solución que contenga 20 mg/l de cloro residual libre, durante 30 minutos, aclarando posteriormente con abundante agua fría ; si por el tipo de material no es posible utilizar cloro, se deberá utilizar otro desinfectante.

Los elementos difíciles de desmontar o sumergir se cubrirán con un paño limpio impregnado en la misma solución durante el mismo tiempo.

C. Limpieza y desinfección en caso de brote de legionelosis

a) En caso de brote de legionelosis, se realizará una desinfección de choque de toda la red, incluyendo el sistema de distribución de agua caliente sanitaria, siguiendo el siguiente procedimiento, en el caso de una desinfección con cloro:

1.º Clorar con 15 mg/l de cloro residual libre, manteniendo el agua por debajo de 30 °C y a un pH de 7-8, y mantener durante 4 horas (alternativamente se podrán utilizar cantidades de 20 ó 30 mg/l de cloro residual libre, durante 3 ó 2 horas, respectivamente).

2.º Neutralizar, vaciar, limpiar a fondo los depósitos, reparar las partes dañadas, aclarar y llenar con agua limpia.

3.º Reclarar con 4-5 mg/l de cloro residual libre y mantener durante 12 horas. Esta cloración debería hacerse secuencialmente, es decir, distribuyendo el desinfectante de manera ordenada desde el principio hasta el final de la red. Abrir por sectores todos los grifos y duchas, durante 5 minutos, de forma secuencial, comprobar en los puntos terminales de la red 1-2 mg/l.

La limpieza y desinfección de todas las partes desmontables y difíciles de desmontar se realizará como se establece en el apartado B.c) de este anexo.

Es necesario renovar todos aquellos elementos de la red en los que se observe alguna anomalía, en especial aquellos que estén afectados por la corrosión o la incrustación.

b) El procedimiento a seguir en el caso de la desinfección térmica será el siguiente:

1.º Vaciar el sistema, y si fuera necesario limpiar a fondo las paredes de los depósitos limpiar acumuladores, realizar las reparaciones necesarias y aclarar con agua limpia.

2.º Elevar la temperatura del agua caliente a 70 °C o más en el acumulador durante al menos 4 horas. Posteriormente, abrir por sectores todos los grifos y duchas durante diez minutos de forma secuencial. Comprobar la temperatura para que en todos los puntos terminales de la red se alcancen 60 °C.

Independientemente del procedimiento de desinfección seguido, se debe proceder al tratamiento continuado del agua durante tres meses de forma que, en los puntos terminales de la red, se detecte de 1-2 mg/l de cloro residual libre para el agua fría y que la temperatura de servicio en dichos puntos para el agua caliente sanitaria se sitúe entre 55 y 60 °C.

Estas actividades quedarán reflejadas en el registro de mantenimiento.

Posteriormente se continuará con las medidas de mantenimiento habituales.

ANEXO 4

Mantenimiento de torres de refrigeración y condensadores evaporativos

Se detallan a continuación los aspectos mínimos que deben recoger la revisión y la limpieza y desinfección de este tipo de instalaciones, completando lo ya recogido en los artículos 7 y 8 del presente real decreto.

Se deberá tener en cuenta la calidad del agua disponible y las limitaciones de calidad propia a fin de obtener los parámetros indicadores de calidad especificados en la tabla 1.

Todas las operaciones que se describen a continuación serán realizadas por personal suficientemente cualificado, con todas las medidas de seguridad necesarias, avisando a los usuarios para evitar posibles accidentes.

A. Revisión

En la revisión de todas las partes de la instalación se comprobará su correcto funcionamiento y su buen estado de conservación y limpieza.

La revisión de todas las partes de una instalación para comprobar su buen funcionamiento, se realizará con la siguiente periodicidad: anualmente el separador de gotas, semestralmente, el condensador y el relleno y mensualmente la bandeja. Se revisará el estado de conservación y limpieza general, con el fin de detectar la presencia de sedimentos, incrustaciones, productos de la corrosión, lodos y cualquier otra circunstancia que altere o pueda alterar el buen funcionamiento de la instalación.

Si se detecta algún componente deteriorado se procederá a su reparación o sustitución.

Se revisará también la calidad físico-química y microbiológica del agua del sistema determinando los siguientes parámetros, mensualmente, temperatura, pH, conductividad, turbidez, hierro total y diariamente nivel de cloro o biocidad utilizado (tabla 1). Recuento total de aerobios en el agua de la balsa con periodicidad mensual (tabla 2). Se determinará Legionella con una periodicidad adecuada al nivel de peligrosidad de la instalación, como mínimo trimestralmente, y siempre 15 días después de la realización del tratamiento de choque. Se incluirán, si fueran necesarios, otros parámetros que se consideren útiles en la determinación de la calidad del agua o de la efectividad del programa de mantenimiento de tratamiento del agua.

Cuando se detecten cambios en los parámetros físico-químicos que miden la calidad del agua, se revisará el programa de tratamiento del agua y se adoptarán las medidas necesarias (tabla 1). Cuando se detecten cambios en el recuento total de aerobios y en el nivel de desinfectante, se procederá a realizar una determinación de Legionella y se aplicarán, en su caso, las medidas correctoras necesarias para recuperar las condiciones del sistema (tabla 3).

B. Limpieza y desinfección

Se tendrá en cuenta que una desinfección no será efectiva si no va acompañada de una limpieza exhaustiva.

La limpieza y desinfección del sistema completo se realizará, al menos, dos veces al año, preferiblemente al comienzo de la primavera y el otoño, cuando las instalaciones sean de funcionamiento no estacional y además en las siguientes circunstancias: cuando se ponga en marcha la instalación por primera vez, tras una parada superior a un mes, tras una reparación o modificación estructural, cuando una revisión general así lo aconseje y cuando lo determine la autoridad sanitaria.

Cuando el tiempo de parada de la instalación supere la vida media del biocida empleado, se comprobará el nivel del biocida y la calidad microbiológica –aerobios totales– (tabla 2) del agua antes de su puesta en funcionamiento. En caso necesario, se realizará una limpieza y desinfección de la instalación.

El procedimiento de limpieza y desinfección general para equipos que pueden cesar en su actividad, en caso de utilizar cloro, será el siguiente:

a) Cloración del agua del sistema, al menos 5 mg/l de cloro residual libre y adición de biodispersantes capaces de actuar sobre la biocapa y anticorrosivos compatibles con el cloro y el biodispersante, en cantidad adecuada, manteniendo un pH entre 7 y 8.

b) Recircular el sistema durante 3 horas, con los ventiladores desconectados y cuando sea posible las aberturas cerradas para evitar la salida de aerosoles. Se medirá el nivel de cloro residual libre al menos cada hora reponiendo la cantidad perdida.

c) Neutralizar el cloro, vaciar el sistema y aclarar con agua a presión.

d) Realizar las operaciones de mantenimiento mecánico del equipo y reparar las averías detectadas.

e) Limpiar a fondo las superficies con técnicas adecuadas que eliminen las incrustaciones y adherencias y aclarar.

f) Llenar de agua y añadir el desinfectante de mantenimiento. Cuando este desinfectante sea cloro, se mantendrán unos niveles de cloro residual libre de 2 mg/l mediante un dispositivo automático, añadiendo anticorrosivo, compatible con el cloro, en cantidad adecuada.

Las piezas desmontables serán limpiadas a fondo, sumergidas en una solución que contenga 15 mg/l de cloro residual libre, durante 20 minutos, aclarando posteriormente con abundante agua fría. Los elementos difíciles de desmontar o de difícil acceso se pulverizarán con la misma solución durante el mismo tiempo. En caso de equipos, que por sus dimensiones o diseño no admitan la pulverización, la limpieza y desinfección se realizará mediante nebulización eléctrica, utilizando un desinfectante adecuado para este fin (la nebulización eléctrica no se puede realizar con cloro).

El procedimiento de limpieza y desinfección general para equipos que no pueden cesar en su actividad, en caso de utilizar cloro, será el siguiente:

a) Ajustar el pH entre 7 y 8, para mejorar la acción del cloro.

b) Añadir cloro en cantidad suficiente para mantener en el agua de la balsa una concentración máxima de cloro libre residual de 5 mg/l.

c) Añadir la cantidad adecuada de biodispersante para que actúe sobre la biocapa y permita el ataque del cloro en su interior, así como un inhibidor de la corrosión, específico para cada sistema.

d) Recircular por espacio de 4 horas manteniendo los niveles de cloro residual libre. Se realizarán determinaciones del mismo cada hora, para asegurar el contenido de cloro residual previsto. Es obligatoria la utilización de dosificadores automáticos.

Una vez finalizada la operación de limpieza en caso de que la calidad del agua no sea aceptable se podrá renovar la totalidad del agua del circuito a criterio del responsable de mantenimiento, abriendo la purga al máximo posible y manteniendo el nivel de la balsa.

Las torres de refrigeración y condensadores evaporativos que den servicio a instalaciones industriales de carácter singular, tales como centrales de energías térmicas, centrales nucleares y otros, dispondrán de protocolos de limpieza y desinfección específicos, adecuados a la particularidad de su uso y que contemplen lo dispuesto en el artículo 5, 7 y del presente Real Decreto.

C. Limpieza y desinfección en caso de brote de legionelosis

a) Clorar el agua del sistema hasta conseguir al menos 20 mg/l de cloro libre residual y añadir biodispersantes y anticorrosivos compatibles, en cantidad adecuada, manteniendo los ventiladores desconectados y, cuando sea posible, las aberturas cerradas para evitar la salida de aerosoles.

b) Mantener este nivel de cloro durante 3 horas, comprobando éste cada hora y reponiendo la cantidad perdida, mientras está circulando agua a través del sistema.

c) Neutralizar el cloro y proceder a la recirculación del agua de igual forma que en el punto anterior.

d) Vaciar el sistema y aclarar con agua a presión.

e) Realizar las operaciones de mantenimiento mecánico del equipo y reparar las averías detectadas.

f) Limpiar a fondo las superficies del sistema con detergentes y agua a presión y aclarar.

g) Introducir en el flujo de agua cantidad de cloro suficiente para alcanzar 20 mg/l de cloro residual libre, añadiendo anticorrosivos compatibles con el cloro, en cantidad adecuada. Se mantendrá durante 2 horas, comprobando el nivel de cloro residual libre cada 30 minutos, reponiendo la cantidad perdida. Se recirculará el agua por todo el sistema, manteniendo los ventiladores desconectados y las aberturas tapadas.

h) Neutralizar el cloro y recircular de igual forma que en el punto anterior.

i) Vaciar el sistema, aclarar y añadir el desinfectante de mantenimiento. Cuando este desinfectante sea cloro, mantener un nivel de cloro residual libre de 2 mg/l mediante un dosificador automático, añadiendo el anticorrosivo compatible, en cantidad adecuada.

Las piezas desmontables serán limpiadas a fondo y desinfectadas por inmersión en una solución de agua que contenga 20 mg/l de cloro residual libre, durante al menos 20 minutos. Las piezas no desmontables o de difícil acceso se limpiarán y desinfectarán pulverizándolas con la misma solución durante el mismo tiempo. En caso de equipos, que por sus dimensiones o diseño no admitan la pulverización, la limpieza y desinfección se realizará mediante nebulización eléctrica, utilizando un desinfectante adecuado.

Posteriormente se continuará con las medidas de mantenimiento habituales.

TABLA 1

Parámetros indicadores ⁽¹⁾ de la calidad del agua en torres de refrigeración y condensadores evaporativos

Parámetros físico-químicos	Niveles
Turbidez	< 15 UNF ⁽¹⁾
Conductividad	(2) (4)
pH	6,5-9,0 ^{(3) (4)}
Fe total	< 2 mg/l
Nivel de biocida	Según especificaciones del fabricante

(1) Los informes de los análisis deberán especificar el correspondiente método analítico basado en alguna norma tipo UNE-EN, ISO o Standard Methods, e indicar su límite de detección o cuantificación.

(2) Debe estar comprendida entre los límites que permitan la composición química del agua (dureza, alcalinidad, cloruros, sulfatos, otros) de tal forma que no se produzcan fenómenos de incrustación y/o corrosión. El sistema de purga se debe automatizar en función a la conductividad máxima permitida en el sistema indicado en el programa de tratamientos del agua.

(3) Se valorará este parámetro a fin de ajustar la dosis de cloro a utilizar (UNE 100030-2001) o de cualquier otro biocida.

(4) El agua en ningún momento podrá tener características extremadamente incrustantes ni corrosivas. Se recomienda calcular el índice de Ryznar o de Langelier para verificar esta tendencia.

(*) UNF Unidades Nefelométridas de Formacina.

TABLA 2

Frecuencia mínima de muestreo para torres de refrigeración y condensadores evaporativos

Parámetros	Frecuencia mínima
Legionella ⁽¹⁾ .	Trimestral.
Aerobios totales ⁽²⁾ .	Mensual ⁽³⁾ .

(1) Análisis realizado según la norma ISO 11731 Parte 1, 1998. Calidad del agua. Detección y enumeración de Legionella.

(2) Análisis realizado según la norma ISO 6222, 1999. Calidad del agua. Enumeración de microorganismos cultivables. Recuento de colonias por siembra en medio de cultivo de agar nutritivo.

(3) Con valores superiores a 10.000 UFC/ml será necesario comprobar la eficacia de la dosis y tipo de biocida utilizado y realizar un muestreo de Legionella.

TABLA 3

Acciones para torres de refrigeración y dispositivos análogos en función de los análisis microbiológicos de Legionella ()**

Recuento de Legionella (1) UFC(*)/l	Acción propuesta
>100 <1.000	Revisar el programa de mantenimiento y realizar las correcciones oportunas.
	Remuestreo a los 15 días.
>1.000 <10.000	Se revisará el programa de mantenimiento, a fin de establecer acciones correctoras que disminuyan la concentración de Legionella.
	Limpieza y desinfección de acuerdo con el anexo 4b.
	Confirmar el recuento, a los 15 días. Si esta muestra es menor de 100 UFC/l, tomar una nueva muestra al cabo de un mes. Si el resultado de la segunda muestra es <100 UFC/l continuar con el mantenimiento previsto.
>10.000	Si una de las dos muestras anteriores dan valores >100 UFC/l, revisar el programa de mantenimiento e introducir las reformas estructurales necesarias. Si supera las 1.000 UFC/l, proceder a realizar una limpieza y desinfección de acuerdo con el anexo 4c. Y realizar una nueva toma de muestras a los 15 días.
	Parar el funcionamiento de la instalación, vaciar el sistema en su caso. Limpiar y realizar un tratamiento de choque de acuerdo con el anexo 4c, antes de reiniciar el servicio. Y realizar una nueva toma de muestras a los 15 días.

(1) Análisis realizado según la norma ISO 11731, 1998.

(*) UFC/l: Unidades Formadoras de Colonias por litro de agua analizada.

(**) Los análisis deberán ser realizados en laboratorios acreditados para aislamiento de Legionella en agua o laboratorios que tengan implantado un sistema de control de calidad para este tipo de ensayos.

ANEXO 5

Mantenimiento de bañeras y piscinas de hidromasaje de uso colectivo

Las bañeras o piscinas de hidromasaje son estructuras artificiales que contienen agua y están diseñadas para dirigir hacia el cuerpo humano agua mezclada con aire o agua a presión.

Independientemente del tipo de bañera o piscina de hidromasaje antes de su puesta en funcionamiento inicial se procederá a su limpieza y desinfección con 100 mg/l de cloro durante 3 horas o 15 mg/l de cloro durante 24 horas. En caso de bañeras que dispongan de sistema de recirculación, se pondrá en funcionamiento este sistema, durante 10 minutos como mínimo, para hacer llegar el agua a todos los elementos del sistema.

Cuando el agua proceda de captación propia o de una red de abastecimiento que no garantice un adecuado nivel de agente desinfectante en el agua suministrada, deberá instalarse un sistema de desinfección mediante métodos físicos, físico-químicos o químicos. En este último caso, y para la correcta desinfección del agua se instalará un depósito intermedio en el que, mediante dosificador automático, se desinfectará el agua. El depósito estará dimensionado para un tiempo de permanencia del agua suficiente para una correcta desinfección. Los niveles de desinfectante residual serán los siguientes:

- a) Cloro residual libre: Entre 0,8 y 2 mg/l.
- b) Bromo residual libre entre 2 y 4 mg/l (recomendado en agua templada) manteniendo el pH entre 7,2 y 7,8.

Se realizarán al menos dos controles diarios de nivel de desinfectante y pH, cuyos resultados deberán ser anotados en el registro de mantenimiento.

A) Bañeras sin recirculación de uso individual.

Son bañeras de llenado y vaciado. El agua debe cambiarse para cada usuario, de forma que se llena el vaso antes del baño y se vacía al finalizar éste.

A.1) Diseño.

Aquellas instalaciones en las que la temperatura del agua de servicio se consigue por mezcla de agua fría de consumo humano y agua caliente sanitaria, el dispositivo de mezcla se encontrará lo más cerca posible del vaso, al objeto de evitar largas conducciones con agua a temperatura de riesgo.

A.2) Revisión.

Mensualmente se revisarán los elementos de la bañera y difusores.

Se debe mantener un nivel adecuado de desinfectante residual en aquellas instalaciones que utilicen agua de captación propia o de una red de abastecimiento que no garantice un adecuado nivel de agente desinfectante en el agua suministrada.

A.3) Limpieza y desinfección.

Después de cada uso se procederá al vaciado y limpieza de las paredes y fondo de la bañera.

Diariamente al finalizar la jornada se procederá al vaciado, limpieza, cepillado y desinfección de las partes y el fondo del vaso.

Semestralmente se procederá a desmontar, limpiar y desinfectar los difusores del vaso conforme al procedimiento establecido en el anexo 3 para los puntos terminales.

Anualmente se realizará una limpieza y desinfección preventiva del total de elementos, conducciones, mezclador de temperatura, vaso, difusores y otros elementos que formen parte de la instalación de hidromasaje.

B) Piscinas con recirculación de uso colectivo.

B.1) Diseño.

Todas las piscinas de hidromasaje con recirculación deberán contar con un sistema de depuración del agua recirculada que, como mínimo, constará de filtración y desinfección automática en continuo.

La bomba de recirculación y los filtros deben de estar dimensionados para garantizar un tiempo de recirculación máximo de 30 minutos (el equipo debe ser capaz de recuperar una turbidez de 0,5 UNF al menos una vez durante las cuatro horas siguientes al momento de máxima afluencia).

La velocidad máxima recomendada para filtros de arena es de 36,7 m³/h/m².

El agua debe ser renovada continuamente a razón de 3 m³/h para cada 20 usuarios durante las horas de uso.

B.2) Revisión.

Mensualmente se revisarán los elementos de la piscina, especialmente los conductos y los filtros.

En todo momento se debe mantener en el agua un nivel adecuado de desinfectante residual.

Cada 6 meses, como mínimo, se realizará la revisión, limpieza y desinfección sistemática de las boquillas de impulsión, los grifos y las duchas y se sustituirán los elementos que presenten anomalías por fenómenos de corrosiones, incrustaciones u otros. Los elementos nuevos deben desinfectarse antes de su puesta en servicio, con una solución de 20 a 30 mg/l de cloro durante un tiempo mínimo de 30 minutos, y posteriormente se procederá a su aclarado.

B.3) Limpieza y desinfección.

Diariamente, al finalizar el día se limpiará el revestimiento del vaso, asimismo se adicionará cloro o bromo hasta alcanzar en el agua del sistema 5 mg/l, recirculando el agua un mínimo de cuatro horas por todo el circuito. Cada seis meses, como mínimo, se realizará la limpieza y desinfección sistemática de las boquillas de impulsión.

Periódicamente, de acuerdo con las características técnicas y requerimientos de cada tipo de filtro, se realizará la limpieza o sustitución de los mismos.

Semestralmente se procederá a la limpieza y desinfección de todos los elementos que componen la piscina, tales como depósitos, conducciones, filtro, vaso, difusores y otros, de acuerdo con el procedimiento establecido en el anexo 3 para agua caliente sanitaria.

ANEXO 6

Recogida de muestras para aislamiento de Legionella

a) En depósitos de agua caliente y fría (acumuladores, calentadores, calderas, tanques, cisternas, aljibes, pozos, etc.) se tomará un litro de agua de cada uno, preferiblemente de la parte baja del depósito, recogiendo, si existieran, materiales sedimentados. Medir temperatura del agua y cantidad de cloro libre y anotar.

b) En la red de agua fría y caliente se tomarán muestras de agua de los puntos terminales de la red (duchas, grifos, lavamanos), preferiblemente de habitaciones relacionadas con enfermos, así como de algún servicio común, intentando elegir habitaciones no utilizadas en los días previos a la toma. En la red de agua caliente se deberán tomar muestras de la salida más cercana y de la más lejana al depósito, de la salida más cercana al punto de retorno y de otros puntos terminales considerados de interés. Se tomará un litro de agua, recogiendo primero una pequeña cantidad (unos 100 ml) para después rascar el grifo o ducha con una torunda que se incorporará en el mismo envase y recoger el resto de agua (hasta aproximadamente un litro) arrastrando los restos del rascado. Medir temperatura del agua y cantidad de cloro libre.

c) En torres de refrigeración, condensadores evaporativos u otros aparatos de refrigeración que utilicen agua en su funcionamiento y generen aerosoles, se tomará un litro de agua del depósito (en el punto más alejado del aporte) y del retorno. Recoger posibles restos de suciedad e incrustaciones. Medir la temperatura del agua y la cantidad de cloro libre.

Dependiendo del estudio epidemiológico, se tomarán muestras de otras instalaciones como piscinas, pozos, sistemas de riego, fuentes, instalaciones termales, así como de otros equipos que aerosolicen agua, como nebulizadores, humidificadores o equipos de terapia personal. En estos supuestos el número de puntos a tomar muestra de agua dependerá del tipo de instalación y su accesibilidad, y el volumen de agua a tomar dependerá de la cantidad de agua utilizada en su funcionamiento. En cualquier caso se deberá medir la temperatura y el cloro.

Las muestras deberán recogerse en envases estériles, a los que se añadirá un neutralizante. Deberán llegar al laboratorio lo antes posible, manteniéndose a temperatura ambiente y evitando temperaturas extremas.

d) Normas de transporte. Será de aplicación el Acuerdo Europeo de Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera (ADR 2003), o el Reglamento sobre Mercancías Peligrosas de la Asociación de Transporte Aéreo Internacional IATA-DGR (44 edición, enero 2003). Se acondicionará para el transporte de forma que se contemplen los

tres niveles de contención recomendados por la ONU y se especificará en el paquete externo «Especimen diagnóstico embalado con las instrucciones 650».

Los recipientes serán los adecuados para evitar su rotura y será estancos, deberán estar contenidos en un embalaje secundario a prueba de filtraciones y un paquete externo que proteja al secundario y su contenido de agresiones externas.

Este texto consolidado no tiene valor jurídico.
Más información en info@boe.es