



UNIVERSIDAD DE GRANADA

**Departamento de Medicina Preventiva
y Salud Pública**

**SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO
DE AGUAS EN NÚCLEOS RURALES.
VARIABLES QUE INFLUYEN
EN LA CLORACIÓN.**

Tesis Doctoral

Pilar Álvarez de Sotomayor Gragera

Granada, 2010

Editor: Editorial de la Universidad de Granada
Autor: Pilar Álvarez de Sotomayor Gragera
D.L.: GR 1383-2011
ISBN: 978-84-694-0934-3

**SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUAS EN
NÚCLEOS RURALES. VARIABLES QUE INFLUYEN EN
LA CLORACIÓN.**

Tesis Doctoral que presenta MARIA DEL PILAR ÁLVAREZ DE
SOTOMAYOR GRAGERA para aspirar al Título de Doctor.

Granada, 16 de diciembre de 2010

Directores de la Tesis Doctoral

Dra. D^a. Obdulia Moreno Abril

Profesora Titular del Departamento de Medicina Preventiva y
Salud Pública de la Universidad de Granada.

Dr. D. Miguel Espigares García

Catedrático del Departamento de Medicina Preventiva y Salud
Pública de la Universidad de Granada.

Dr. D. Manuel Peña Sánchez

Doctor en Medicina y Cirugía por la Universidad de Granada.
Especialista en Medicina de Familia.

OBDULIA MORENO ABRIL, Profesora Titular del Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, de la Universidad de Granada,

CERTIFICA:

Que la memoria de tesis doctoral que presenta D^a. MARÍA DEL PILAR ÁLVAREZ DE SOTOMAYOR GRAGERA, al superior juicio del tribunal que designe la Universidad de Granada, sobre el tema: "Sistemas de abastecimiento de aguas en núcleos rurales. Variables que influyen en la cloración", ha sido realizada bajo mi dirección, siendo expresión de la capacidad técnica e interpretativa de la autora, en condiciones que la hacen acreedora al título de doctor, siempre que así lo considere el citado tribunal.

En Granada a 16 de diciembre de 2010

Fdo. Obdulia Moreno Abril

MIGUEL ESPIGARES GARCÍA, Catedrático del Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, de la Universidad de Granada,

CERTIFICA:

Que la memoria de tesis doctoral que presenta D^a. MARÍA DEL PILAR ÁLVAREZ DE SOTOMAYOR GRAGERA, al superior juicio del tribunal que designe la Universidad de Granada, sobre el tema: "Sistemas de abastecimiento de aguas en núcleos rurales. Variables que influyen en la cloración", ha sido realizada bajo mi dirección, siendo expresión de la capacidad técnica e interpretativa de la autora, en condiciones que la hacen acreedora al título de doctor, siempre que así lo considere el citado tribunal.

En Granada a 16 de diciembre de 2010

Fdo. Miguel Espigares García

MANUEL PEÑA SÁNCHEZ, Doctor en Medicina y Cirugía por la Universidad de Granada.

CERTIFICA:

Que la memoria de tesis doctoral que presenta D^a. MARÍA DEL PILAR ÁLVAREZ DE SOTOMAYOR GRAGERA, al superior juicio del tribunal que designe la Universidad de Granada, sobre el tema: "Sistemas de abastecimiento de aguas en núcleos rurales. Variables que influyen en la cloración", ha sido realizada bajo mi dirección, siendo expresión de la capacidad técnica e interpretativa de la autora, en condiciones que la hacen acreedora al título de doctor, siempre que así lo considere el citado tribunal.

En Granada a 16 de diciembre de 2010

Fdo. Manuel Peña Sánchez

A Pilar y María,
a mi familia.

AGRADECIMIENTOS.

Quiero expresar mi más sincero y profundo agradecimiento a todas las personas que han contribuido a la realización de este trabajo, muy especialmente:

A la Dra. Obdulia Moreno, Directora de este trabajo, por el interés y confianza que ha demostrado siempre en mí. Por su inestimable ayuda y valiosa orientación, por todo lo que ha hecho por este trabajo desde el comienzo y por dedicarme su tiempo cuantas veces lo necesité. Gracias.

Al Dr. Miguel Espigares García, por su colaboración, apoyo y asesoramiento, científico y técnico, que han permitido culminar la realización de la presente Tesis Doctoral.

Al Dr. Manuel Peña Sánchez, por su apoyo en todo momento. Por sus innumerables consejos y palabras de ánimo que han hecho que no desistiese de mis proyectos.

A Mamen, por su amabilidad y disposición. Gracias por brindarme tus conocimientos estadísticos, fundamentales para la conclusión de este trabajo.

A Inmaculada Castillo, mi compañera en Órgiva, por su valiosa ayuda en la realización del trabajo de campo de esta tesis. Gracias por compartir conmigo tus conocimientos y experiencias, por esa compañía y apoyo que resulta fundamental para el desempeño de mi trabajo.

Al personal de Salud Pública del Área sanitaria Sur de Granada por permitirme la realización de este trabajo, especialmente a Camilo, Rosa y Elisa.

A todos los gestores y personal de mantenimiento de las Zonas de Abastecimiento incluidas en el estudio. Gracias por su colaboración en la recogida de los datos que sustentan este proyecto.

A Manuel y Herminia, gracias por el tiempo que me prestáis.

A mis padres y mis hermanos, que siempre han confiado en mí, por su paciencia y apoyo a lo largo de toda mi vida. De forma muy especial quiero dedicar todo este esfuerzo a mis padres, todos sus consejos y su sabia orientación me han servido de guía para llegar hoy a donde estoy. Gracias por animarme y permitirme hacer todo lo que me he propuesto.

A Manolo, por su cariño, constancia y ayuda continua en todo momento. Gracias por entenderme y permanecer a mi lado en estos años tan importantes para los dos, gracias por empujarme y no dejar que abandonase.

A mis hijas, Pilar y María, porque, aunque aun no conocen el significado de las palabras obligación y horarios, han permitido que pueda elaborar este trabajo a consta de un tiempo que nos pertenece a las tres.

ÍNDICE

ÍNDICE DE LA TESIS

I. INTRODUCCIÓN	21
1. EL AGUA: CONCEPTO Y DISPONIBILIDAD.....	23
2. MARCO NORMATIVO E INSTITUCIONAL EN MATERIA DE AGUAS.....	29
2.1. Convenios internacionales	29
2.2. El medio ambiente hídrico en la Unión Europea	30
2.3. El medio ambiente hídrico en España.....	35
2.4. El medio ambiente hídrico en Andalucía.....	40
3. LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA HIDRÁULICA EN ESPAÑA	42
4. GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS	51
5. LOS USOS Y DEMANDAS DEL AGUA	57
6. AGUA APTA PARA CONSUMO HUMANO	62
7. EL AGUA: VEHÍCULO DE TRANSMISIÓN DE ENFERMEDADES	69
7.1. El agua como factor de riesgo.....	69
7.2. Contaminación biológica del agua	73
7.3. Enfermedades infecciosas de transmisión hídrica	75
7.4. Brotes epidemiológicos de transmisión hídrica	80
7.5. Indicadores microbianos de calidad del agua	84
8. SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO PÚBLICOS: MARCO LEGISLATIVO Y ESTRUCTURA	91
8.1. Captación	98
8.2. Conducción	105
8.3. Estación de tratamiento de agua.....	105
8.4. Depósitos	112
8.5. Red de distribución.....	116
9. DESINFECCIÓN DEL AGUA DE CONSUMO PÚBLICO	121
9.1. Utilización de cloro como desinfectante	128
10. VIGILANCIA DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO PÚBLICOS	130
10.1. Análisis de control realizados por el gestor del abastecimiento.....	132
10.2. Vigilancia de la autoridad sanitaria	142
II. JUSTIFICACIÓN.....	151
III. OBJETIVOS.....	157
IV. MATERIAL Y MÉTODOS.....	161
1. TIPO DE ESTUDIO	163

2. ÁMBITO DEL ESTUDIO	163
2.1. Ámbito geográfico	163
2.2. Ámbito temporal	163
3. POBLACIONES DE ESTUDIO	163
3.1. Población de referencia.....	163
3.2. Población accesible.....	163
3.3. Muestra	164
4. FUENTES DE INFORMACIÓN.....	164
4.1. Resultados analíticos: Análisis de control y completo.....	167
4.2. Información recopilada del Sistema Nacional de Aguas de Consumo (SINAC) o Instituto Nacional de Estadística (INE)	169
4.3. Cuestionario administrado.....	170
5. VARIABLES DEL ESTUDIO	172
5.1. Variables cuantitativas	172
5.2. Variables cualitativas.....	174
6. ANÁLISIS DE DATOS	180
6.1. Estudio descriptivo	180
6.2. Estudio analítico	180
V. RESULTADOS	183
1. ESTUDIO DESCRIPTIVO	185
1.1. Nivel de cloración del agua de consumo público en las zonas de abastecimiento estudiadas.....	185
1.2. Ph del agua de consumo público en las zonas de abastecimiento estudiadas.....	189
1.3. Conductividad del agua de consumo público en las zonas de abastecimiento estudiadas.....	193
1.4. Turbidez del agua de consumo público en las zonas de abastecimiento estudiadas	195
1.5. Nivel de contaminación microbiológica del agua de consumo público en las zonas de abastecimiento estudiadas.....	199
1.6. Características del suministro	215
1.7. Características del personal dedicado al mantenimiento de las zonas de abastecimiento	217
1.8. Características de los depósitos que integran cada zona de abastecimiento	218
2. ESTUDIO ANALÍTICO.....	222
2.1. Análisis bivalente.	222
2.2. Análisis multivariante.....	238

VI. DISCUSIÓN	239
1. DE LA METODOLOGÍA.....	241
2. DE LOS RESULTADOS	242
2.1. Calidad del agua suministrada	242
2.2. Relación del CRL con el resto de parámetros indicadores de la calidad del agua suministrada.....	254
2.3. Relación de la calidad del agua suministrada con características del muestreo.....	256
2.4. Relación de las características del suministro con la cloración del agua distribuida	260
2.5. Relación de los recursos humanos de la ZA con la cloración del agua suministrada	263
2.6. Relación de las características del sistema de abastecimiento con la cloración del agua suministrada	264
VII. CONCLUSIONES	269
VIII. BIBLIOGRAFÍA	275
IX. ANEXOS	283
ANEXO 1: RECURSOS HUMANOS DEDICADOS AL MANTENIMIENTO DE LA ZA.....	285
ANEXO 2: INFRAESTRUCTURAS QUE INTEGRAN LA ZA.....	286
ANEXO 3: TABLAS ANÁLISIS DESCRIPTIVO SOBRE CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO EN LAS ZA	287

I. INTRODUCCIÓN

1.- EL AGUA: CONCEPTO Y DISPONIBILIDAD.

El agua es un recurso natural escaso, indispensable para la vida y para el ejercicio de la mayoría de las actividades económicas, irremplazable, no ampliable por la mera voluntad del hombre, irregular en la forma de presentarse en el tiempo y en el espacio, fácilmente vulnerable y susceptible de usos sucesivos²⁹.

Es un elemento esencial para el desarrollo de los procesos físicos y biológicos, teniendo un papel insustituible para la actividad humana. Entre sus funciones más conocidas destaca la utilización por el hombre para usos directos (beber, regar, higiene personal, etc.), sin embargo, existen otras funciones menos perceptibles que resultan ser tan importantes o más que las primeras, se trata, entre otras, de los usos ambientales (soporte de ecosistemas, receptor de residuos, etc.)³⁶.

Es un recurso reciclable que, en términos globales, permanece constante a través del llamado *ciclo natural del agua* (figura 1) que se inicia con la condensación del vapor atmosférico y el aporte de las precipitaciones desde la atmósfera en forma de agua o nieve, para llegar al suelo, una pequeña parte de la que llega al terreno queda retenida, *almacenamiento superficial*, otra parte circula por la superficie del terreno para ir a parar a los lagos o mar, *escorrentía superficial*, y una tercera parte se infiltra en el terreno, donde queda disponible para su utilización por los seres vivos, desde los que pasa al estado vapor mediante la *evotranspiración*, o bien pasa a las capas más profundas por percolación, formando el manto acuífero desde el que puede aflorar por manantiales e incrementar la escorrentía superficial⁴⁵.

Figura 1: Ciclo natural del agua⁴⁴.



Geología. Ediciones del Laberinto

Históricamente la presencia de recursos hídricos ha sido un condicionante para la aparición de los asentamientos humanos que ven garantizada así, no sólo su utilización directa para consumo de las personas, sino también, para el desarrollo de las actividades productivas primarias como la agricultura y la ganadería ⁷.

De este modo, para que el agua pueda desempeñar su papel en las sociedades modernas, el hombre ha tenido que intervenir profundamente en este ciclo natural del agua, mediante la captación y canalización del agua desde la naturaleza hasta los puntos de consumo y la adecuación de la misma a las exigencias de calidad según su destino sea urbano, industrial o agrícola y, finalmente, para depurar las aguas residuales. En estos casos, cuando se incorpora la intervención humana al ciclo natural, hablamos de *ciclo integral del agua*.

En este sentido la Ley 4/2010 de aguas de la Comunidad Autónoma de Andalucía introduce en el concepto de *ciclo integral del agua de uso urbano* como *el conjunto de actividades que conforman los servicios públicos prestados, directa o indirectamente, por los organismos públicos para el uso urbano del agua en los núcleos de población*, comprendiendo ²:

- El abastecimiento de agua en alta: captación, generación de recursos no convencionales, tratamiento de potabilización, conducción y almacenamiento en depósitos.
- El abastecimiento de agua en baja: Distribución, almacenamiento intermedio y suministro a usuarios finales.
- El saneamiento o recogida de las aguas residuales urbanas y pluviales de los núcleos de población hasta los colectores generales o hasta el punto de tratamiento.
- La depuración de las aguas residuales urbanas, incluido el vertido al efluente.
- La regeneración, en su caso, del agua residual depurada para su reutilización.

Cualquier masa de agua, ya sea terrestre o marina, superficial o subterránea, está ubicada en algún lugar del *ciclo natural del agua*, y en esa ubicación será potencialmente capaz de ofrecer una utilidad social, económica, ambiental o de sustentar determinados ecosistemas acuáticos ²⁰.

El ciclo integral del agua depende fundamentalmente de la interrelación entre una serie de factores como son el volumen de precipitaciones, de su distribución en el tiempo y en el espacio, del sustrato geológico y el tipo de materiales, su permeabilidad y su resistencia, y de las características de los suelos, que influyen en la capacidad de retención de agua y de desarrollo de la vegetación. Evidentemente la variedad de situaciones que esto conlleva hace que los ciclos del agua presenten diferencias notables, no sólo a escala continental, sino también entre las principales unidades físicas que componen una región.

La situación española es muy variable en función de la cuenca hidrográfica considerada, existiendo en la actualidad varias cuencas deficitarias ⁴⁵. La diversidad de climas, sustratos geológicos, regímenes fluviales, etc. que coexisten en España hacen que, desde la perspectiva hídrica, la diversidad de ambientes de lugar a entornos hidrológicos muy variables con una alta heterogeneidad en la distribución del agua ³⁶.

El agua es un recurso escaso con una enorme capacidad multiplicativa de la riqueza. Los cambios de intereses colectivos, las tendencias socioeconómicas y las ineludibles exigencias medioambientales obligan a una reorientación de la política hidráulica que deja de ser algo más que una simple administración técnica o sectorial al estar altamente influenciada tanto por componentes sociales como de sostenibilidad futura, debiendo orientarse a solucionar los problemas de cada zona geográfica, especialmente las deficitarias, mediante la captación de recursos alternativos, transvases, construcción de embalses de regulación, desalación de agua de mar u otras medidas ⁴⁵.

Los recursos hídricos de una comunidad responden a la suma de sus recursos convencionales, los generados internamente más los aportes externos que provienen de zonas limítrofes, y los recursos no convencionales ³⁴.

Por recurso convencional entendemos a aquellos que se regulan superficialmente mediante embalses como a los explotados desde las aguas subterráneas ³⁶. Estos recursos podrán tener un origen natural interno del propio territorio, dependiendo en este caso de la evapotranspiración, las precipitaciones (escorrentía superficial directa y recarga de acuíferos) y de las características físicas de los suelos y acuíferos, o un origen externo, flujos de agua que surgen por modificación de los regímenes hidrológicos aguas arriba y que alterarían tanto los aportes superficiales como subterráneos ³⁴.

Consideramos recursos no convencionales a los obtenidos mediante reutilización directa de las aguas residuales y por desalación de aguas marinas y salobres³⁶. En España se obtienen por reutilización de aguas unos 200 hm³ al año destinados fundamentalmente para riego, el uso de esta procedencia es realmente escaso básicamente por el rechazo de sus potenciales usuarios³⁶. Por desalación se obtienen actualmente unos 200 hm³ al año, siendo España el país con mayor volumen de agua desalado de Europa, este proceso es especialmente importante en el territorio insular³⁶.

Actualmente el uso de recursos no convencionales supone aproximadamente el 1% de los recursos convencionales disponibles, considerándose únicamente imprescindibles para la resolución de determinados problemas de ámbito local³⁶.

Para la valoración de los recursos hídricos disponibles en una comunidad es necesaria la implantación de sistemas de medida que permitan hacer la estimación necesaria que sirva de punto de partida para realizar las correspondientes planificaciones hidrológicas. En la actualidad en España se encuentran en funcionamiento distintas redes de medida gestionadas por diferentes organismos, para las que es necesario un esfuerzo de coordinación y la implantación de procedimientos para unificación e intercambio de la información³⁶.

Para las aguas superficiales se han implantado dos redes de medida, la Red Oficial de Estaciones de Aforo (ROEA) y el Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH). En cuanto a las aguas subterráneas se han instalados unos 3000 puntos de medida en acuíferos que realizan controles trimestrales aunque, por lo general, la mayoría de estos puntos se sitúan en pozos o sondeos para abastecimiento o regadío de propiedad privada. Recientemente desde la Administración se potencia el desarrollo de una nueva red de medida que en el futuro constituirá la Red Oficial de Control de Aguas Subterráneas³⁶.

Aprovechando la publicación del Libro Blanco se realizó una evaluación de los recursos naturales en España según la cual los valores de escorrentía media anual se cifran en unos 220 mm³ que suponen una aportación de unos 111000 hm³ /año, esta aportación incluye tanto la escorrentía superficial directa mas el drenaje de los acuíferos (109000 hm³ /año) como la escorrentía subterránea al mar (2000 hm³ /año), esta valoración estima que la recarga de acuíferos es de unos 29000 hm³ /año, un 26% de la aportación total³⁶. No obstante estos valores medios se distribuyen de forma muy irregular en el territorio nacional, alcanzándose los valores

superiores en la Cornisa Cantábrica y los menores para el resto de cuencas en las que en ningún caso se superan los 250 mm³/año ³⁶.

En el caso concreto de las aguas subterráneas se explotan unos 5500 hm³ /año que sirven para atender el 30% de los abastecimientos urbanos e industriales y el 27% de la superficie de riego ³⁶.

Los valores medios de los recursos hídricos en Andalucía se recopilan en la siguiente tabla.

Tabla 1: Recursos hídricos de Andalucía ²⁷.

ORIGEN	VOLUMEN
Aguas superficiales reguladas	3304 hm ³ /año
Aguas subterráneas	1223 hm ³ /año
Agua procedente de desalación	2.9 hm ³ /año
Reutilización de agua	100000 m ³ /día

Los recursos realmente disponibles en una comunidad son inferiores a los naturales ya que su irregularidad temporal hace que no todos sean aprovechables para satisfacer las diferentes necesidades de agua ³⁴.

La unidad natural de aprovechamiento del agua es la cuenca fluvial, cuyas fuentes son las precipitaciones, los trasvases y el agua desalada. Además, es frecuente que el agua extraída de la cuenca hidrográfica, una vez utilizada, regrese total o parcialmente, convirtiéndose en una fuente secundaria de suministro. La evaporación, salinización y contaminación son los principales procesos que reducen el volumen disponible e impiden la utilización del agua ⁴.

Aproximadamente el 90 % del agua en la Tierra se encuentra combinada en la litosfera, por lo que no es utilizable por los seres vivos, sólo el 10 % restante podría ser aprovechada ⁴⁵. Los recursos hídricos mundiales, ya sea en forma sólida, líquida o gaseosa, se distribuye entre cinco reservas interconectadas, océanos, hielos y nieve, aguas terrestres, atmósfera y biosfera (tabla 2), suponen aproximadamente 1400* 10⁶ km³ ⁴⁵, de ellos, el agua dulce disponible no alcanza ni el 0,5 por ciento de la totalidad del agua existente, el resto es agua salada o forma parte de hielos inaccesibles, de aguas subterráneas y de la tierra misma ²².

Tabla 2: Recursos de agua a nivel mundial ⁴⁵.

RESERVA	VOLUMEN EN km ³ * 10 ⁶	%
Océanos	1366	97.6
Casquetes polares y glaciales	27	1.9
Aguas subterráneas	6.58	0.47
Aguas superficiales:	0.28	0.02
• Ríos	0.02	
• Lagos agua dulce	0.14	
• Lagos agua salada	0.12	
Humedad del suelo	0.11	0.008
Materia viva	0.015	0.001
Vapor de agua	0.014	0.001
TOTAL	1400	100

El agua que utiliza el hombre procede básicamente de las precipitaciones que recibe la tierra. La única fuente renovable de agua dulce reside básicamente en la lluvia, cuyo caudal mundial anual es más o menos constante de 40 a 45000 km³⁴, en el caso de España esta aportación es inferior ya que en ella las precipitaciones equivalen al 85% de la media de la Unión Europea ³⁶.

En 1972 el consumo mundial de agua fue de 3100 km³, de los que 1200 km³ procedían de embalses subterráneos. En 1980 el agua bajo control humano fue de 3320 km³. Como se puede observar existe un incremento creciente del consumo de agua a nivel mundial, siendo éste menor en Europa y Norteamérica que en Sudamérica y África ⁴⁵.

En realidad la humanidad puede aspirar a controlar un total de 9000 km³ de agua, para lo que es necesario ampliar la utilización de recursos hídricos y regular adecuadamente su empleo para que el agua no constituya un factor limitativo en el ecosistema humano, sobre todo en las zonas más deficitarias ⁴⁵. La mayoría de las estimaciones realizadas sobre recursos disponibles para España ofrecen cifras del orden de 40000 hm³ /año, lo que supone aproximadamente el 40% de los recursos naturales ³⁶.

2.- MARCO NORMATIVO E INSTITUCIONAL EN MATERIA DE AGUAS.

2.1. Convenios Internacionales.

Las normas internacionales del agua potable han sido consignadas por un gran número de países y organizaciones internacionales, el número de normas publicadas por las diferentes organizaciones y su frecuencia va en aumento ³⁴.

Generalmente, la mayoría de los acuerdos y convenciones internacionales se orientan hacia la protección de la calidad de las aguas o a aspectos relacionados con la utilización de los recursos ³⁴.

De este modo, el *Plan de Acción del Mar del Plata*, aprobado por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua de 1977, es el punto de partida en 1981 del *Decenio Internacional del Agua Potable y del Saneamiento Ambiental* en el que se declara que *todos los pueblos, cualquiera que sea su etapa de desarrollo y sus condiciones económicas y sociales, tienen derecho al agua potable en cantidad y calidad acordes con sus necesidades básicas*, es decir, a la seguridad hídrica ²⁸.

Años después, la *Declaración de Nueva Delhi*, aprobada en la *Reunión Consultiva Mundial sobre Agua Potable y Saneamiento Ambiental* de 1990, reiteró la necesidad de *facilitar el acceso al agua potable en cantidades suficientes y el establecimiento de servicios de saneamiento adecuados para todos*, en apoyo a esta declaración se desarrollaron los cuatro principios siguientes ²⁸.

1. *Protección del medio ambiente y de la salud mediante la ordenación integrada de los recursos hídricos, así como la eliminación sanitaria y tratamiento de los residuos.*
2. *Reformas institucionales para promover un criterio de acción integrado, facilitando la participación de todos los actores implicados.*
3. *Administración comunitaria de los servicios, otorgando a las autoridades locales y municipales un papel decisivo en la gestión de abastecimientos y saneamientos.*
4. *Comunicación a la población para motivar la responsabilidad individual y colectiva, ofreciendo con carácter periódico los resultados de las acciones emprendidas.*

En 1992, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo de Río de Janeiro aprobó la denominada Agenda 21 en la que se realiza un diagnóstico completo de los problemas más importantes a escala global que

afectan al medio ambiente, a raíz de esta publicación cobra fuerza el concepto de desarrollo sostenible ³⁴.

Este mismo año, el 17 de marzo, se firma el Convenio de las Naciones Unidas sobre la *protección y Uso de Cursos de Agua Transfronterizos y Lagos internacionales*, con el que se insta a los países participantes, entre otros los mediterráneos, a prevenir, controlar y reducir la posible contaminación de ríos y acuíferos transfronterizos mediante la gestión racional y ecológica del agua y la conservación y protección ambiental de los recursos ³⁴.

Posteriormente la Sesión Especial de la Asamblea General de la ONU, en 1997, realizó un llamamiento para una acción urgente en el campo de las aguas, a raíz del cual tuvo lugar la VI Reunión de la Comisión Especial de Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible llevada a cabo en Nueva York en abril de 1998, es en esta reunión en la que se establecieron las bases de la política de aguas del siglo XXI ³⁴.

En la *Cumbre del Milenio de las Naciones Unidas* celebrada en Nueva York en Septiembre de 2000 se aprueba una resolución suscrita por 189 países en la que se declara, entre otros objetivos, la necesidad de *reducir a la mitad, para el año 2015, el porcentaje de personas que carezcan de acceso sostenible a agua potable*, mientras que en la *Cumbre de Johannesburgo de 2002* se resuelve *reducir a la mitad, para el año 2015, el porcentaje de personas que carezcan de acceso a servicios básicos de saneamiento* ³⁴.

En este sentido, la Organización Mundial de la Salud (OMS) cuenta con un grupo expertos internacionales en el ámbito de agua potable encargados de establecer guías para la calidad del agua potable. Estas guías constituyen la base para el desarrollo de las diferentes normas nacionales orientadas a garantizar la fiabilidad y seguridad de los suministros de agua potable ²². Para la elaboración de sus normas cada país debe considerar los valores guía en su propio contexto y condiciones nacionales, sociales, económicas y culturales ²³.

2.2. El medio ambiente hídrico en la Unión Europea.

Todos los Estados miembros de la Unión Europea están sometidos a los correspondientes criterios de convergencia establecidos a través del tratado de la Unión de Maastricht, que implica una serie de procesos políticos y económicos con efectos, tanto directos como indirectos, en la política de aguas ³⁴. En la Unión Europea, a través de la Comisión Europea, se crean directivas que después deben ser adoptadas e implementadas por los Estados miembros quienes, además,

podrán tener otras normas de refuerzo que nunca pueden ser menos restrictivas que los valores límites consignados en las correspondientes directivas.

En la Unión Europea los aspectos relacionados con los recursos hídricos han sido abordados dentro de iniciativas medioambientales.

Desde inicios de los años setenta, Europa mantiene un fuerte compromiso en favor del medio ambiente fijando, entre otros, el marco de actuación para garantizar la protección de la calidad del agua. Así, a mediados de los años 70, se promulgaron cinco directivas sobre el agua que reflejaban los objetivos de calidad del agua en función de los usos finales a los que se destinaba: Aguas de baño, aguas pre-potables, desarrollo de vida piscícola, cría de moluscos y consumo humano ³⁴.

Con la firma en 1987 del *Acta Única de la Haya* se introducen, entre otras, nuevas políticas de medio ambiente, por lo que podría considerarse este el punto de partida de la Normativa en materia de aguas en la Unión Europea ³⁴.

En estos años se publicaron 2 directivas orientadas a controlar las emisiones contaminantes al medio hídrico: *contaminación causada por las sustancias tóxicas y peligrosas* y *protección de aguas subterráneas* ³⁴. A principios de los 90 surgen nuevas directivas: *tratamiento de las aguas residuales urbanas y protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos* ³⁴.

En el *Tratado de la Unión Europea* de 1993 se introduce el concepto de *crecimiento sostenible respetuoso con el medio ambiente* y se destaca, entre otros aspectos, la necesidad del desarrollo de una política de medio ambiente, aspecto que es abordado de forma específica en el título XVI de este Tratado ³⁴.

En junio de 1995, la Comisión de Medio Ambiente del Parlamento Europeo y del Consejo propone la necesidad de realizar una revisión profunda de la política de aguas existentes que trajo consigo la publicación de la Directiva Marco de Aguas ³⁴.

La Directiva marco del agua, cuya última modificación de la propuesta data de junio de 2000, tiene un claro carácter integrador e innovador ya que engloba bajo una única entidad jurídica toda la normativa en materia de aguas y propone la derogación de directivas obsoletas en 7 y 13 años y sustitución de otras ³⁴:

- Directiva 75/440 sobre producción de agua potable.
- Directiva 77/795 sobre intercambio de información sobre calidad de las aguas superficiales

- Directiva 79/869 sobre métodos de medición y frecuencia de muestreo y análisis de aguas superficiales destinadas a aguas potables.
- Directiva 78/659 sobre aptitud de la vida piscícola.
- Directiva 79/923 sobre calidad exigida para la cría de moluscos
- Directiva 76/464 sobre el control de la contaminación causado por determinadas sustancias peligrosas.

La aprobación el 17 de junio de 1998 de la Directiva marco supone un hito en la política de aguas de la Unión³⁶.

Por último señalar que, en julio de 2002 se promulgó en la Unión Europea el *Sexto Programa de Acción Comunitario en Materia de Medio Ambiente* con el que se definen las prioridades de la UE para el período comprendido entre el 22 de julio de 2001 y el 21 de julio de 2012. Este programa se concentra en 4 ámbitos de acción prioritarios: el cambio climático, la biodiversidad, el medio ambiente y la salud y la gestión sostenibles de los recursos naturales y de los residuos ¹⁸, haciendo especial hincapié en la conservación de los recursos naturales y en el cumplimiento de las leyes ambientales vigentes.

En la actualidad, los principios de cautela y de “*quien contamina, paga*” guían la política medioambiental de la UE, la cual dispone, por otra parte, de numerosos instrumentos (institucionales, financieros o de gestión) para aplicar una política eficaz ¹⁸.

En materia de salud ambiental la Unión ha reestructurado su marco normativo en el ámbito de las aguas de baño y de las aguas subterráneas ¹⁸. En la tabla 3 se recopilan las principales directivas y decisiones aprobadas en la Unión Europea en materia de aguas.

2.2.1 La Directiva Marco del Agua.

Esta Directiva busca garantizar la coordinación, la integración y, más a largo plazo, la adaptación de las estructuras y principios generales de protección y uso sostenible del agua ³⁴. Así, de un lado, establece las directrices para la protección de los ecosistemas acuáticos y terrestres, y de otro, promueve el uso sostenible del agua basándose en la protección a largo plazo de los recursos disponibles con objeto de paliar los efectos de sequías e inundaciones y garantizar, de este modo, el suministro suficiente ³⁴.

Uno de sus principales objetivos es que los Estados Miembros alcancen lo que se denomina *buen estado de las aguas*, que en el caso de las aguas superficiales significa el buen estado ecológico y químico de estas y en caso de las aguas subterráneas el buen estado cuantitativo (equilibrio entre extracción y alimentación) y químico ³⁴. Marca como horizonte el año 2015 para la consecución de este buen estado ecológico de las aguas, lo que supone establecer tanto el paquete de medidas como los sistemas de control que deberán incorporarse a los modelos de gestión del agua a través de la planificación hidrológica ².

Afecta tanto a las aguas costeras como a las continentales y establece el concepto de demarcación hidrográfica, formada por una o más cuencas y que podrá tener carácter internacional ³⁴. Insta a los Estados miembros a elaborar los correspondientes planes hidrológicos de cuenca con objeto de conseguir los objetivos ambientales definidos en la Directiva marco ³⁴.

Además, propone medidas relativas a la recogida de datos, intercambio de información, elaboración de informes periódicos en la Comisión, etc ³⁶.

Las consecuencias de la aplicación de la Directiva Marco en España implican, entre otras, la una mejora de la coordinación entre la Administración central y Autonómica para la regularización de vertidos indirectos (aplicación del principio de reparación de daño en origen y en la introducción del concepto de *quien contamina paga*), exige la creación de una red de control de parámetros biológicos, y la necesidad de potenciar a los Organismos de cuenca que deben dotarse de medios e infraestructuras suficientes para lograr los objetivos marcados por la Directiva ³⁶.

Tabla 3: Legislación comunitaria básica en materia de aguas ³⁷.

MATERIA	REFERENCIA NORMATIVA
Intercambio de información	Directiva 91/692/CEE del Consejo, de 23 de diciembre de 1991, sobre la normalización y la racionalización de los informes relativos a la aplicación de determinadas directivas referentes al medio ambiente
	Decisión 92/446/CEE modificada por la Decisión 95/337/CEE relativa a los cuestionarios de las Directivas sobre aguas
	Decisiones 77/795/CEE y 86/574/CEE, sobre intercambio de información relativa a la calidad de las aguas continentales superficiales de la Comunidad

Tabla 3: Legislación comunitaria básica en materia de aguas ³⁷
(continuación):

MATERIA	REFERENCIA NORMATIVA
Prevención de la contaminación de las aguas	Directiva 91/271/CEE sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas modificada por directiva 98/15/CE
	Directiva 91/676/CEE relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura
	Directiva 96/61/CE relativa a la prevención y control integrados de la contaminación
	Directiva 2000/60/CE por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (“Directiva Marco de Aguas”)
	Directiva 2008/32/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de marzo de 2008 que modifica la Directiva 2000/60/CE, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, por lo que se refiere a las competencias de ejecución atribuidas a la Comisión
	Decisión 2455/2001/CE por la que se aprueba la lista de sustancias prioritarias en el ámbito de la política de aguas, y por la que se modifica la Directiva 2000/60/CE
Aguas subterráneas	Directiva 80/68/CEE del Consejo, de 17 de diciembre de 1979, relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas
	Directiva 2006/118/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 12 de diciembre de 2006 relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro
Calidad del agua	Directiva 2009/90/CE por la que se establecen, de conformidad con la Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, las especificaciones técnicas del análisis químico y el seguimiento del estado de las aguas.
	Directiva 2006/7/CE relativa a la gestión de la calidad de las aguas de baño y por la que se deroga la Directiva 76/160/CEE (derogación 31/12/2014)
	Directiva 2006/44/CE relativa a la calidad de las aguas continentales que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces (versión codificada de la derogada 78/659/CEE)
	Directiva 98/83/CE relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano
	Directiva 2008/105/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 diciembre de 2008, relativa a las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas, por la que se modifican y derogan ulteriormente las Directivas 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE y 86/280/CEE del Consejo, y por la que se modifica la Directiva 2000/60/CE
	Directivas 75/440/CEE y 79/869/CEE, relativas a la calidad y métodos de medición, frecuencia de los muestreos y del análisis de las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable.

2.3. El medio ambiente hídrico en España.

2.3.1. Antecedentes.

La legislación relativa a aguas continentales en España comienza a tomar importancia en el siglo XIX. Los temas hidráulicos se incorporan dentro de la problemática administrativa del Estado en esta época en la que surge el concepto de planificación hidrológica al plantearse la necesidad de que el poder político realice actuaciones encaminadas a encontrar las soluciones que garanticen la disponibilidad de agua que ya entonces comenzó a verse como un bien fundamental para el desarrollo de los pueblos ².

Así, en 1864, la Junta Consultora de Caminos, Canales y Puertos redacta un Programa para el estudio hidrológico de las cuencas de los ríos. En 1865 la real Orden de 29 de julio crea las diez Divisiones Hidrológicas que serán transferidas en 1899 a las Jefaturas Provinciales en las que se crearía una sección especial de aguas ².

En el año 1883 se promulgó la Ley de Auxilios que designaba al Estado como encargado de las obras hidráulicas acometidas en España ³⁴. Posteriormente se aprobaron leyes en esta misma línea como fueron la Ley de pantanos y canales de 1909 o la Ley de Auxilios de 1911 ³⁴.

En 1926, se reguló la constitución de las Confederaciones Sindicales y se establecieron sus funciones, competencias, régimen económico, composición y dirección técnica ³⁴. Estos organismos se constituyeron como antesala de las actuales Confederaciones Hidrográficas y, poco a poco, fueron ampliando sus consecuencias de acuerdo a las demandas de la sociedad ².

La primera Ley de aguas de España se publica en 1879, vigente sin modificaciones hasta 1985 ².

2.3.2. Situación actual.

Hoy día existen en España infinidad de leyes relacionadas con el estado de las aguas.

En España, el artículo 43 de su Constitución reconoce el derecho a la protección de la salud y determina que compete a los poderes públicos organizar y tutelar la salud pública a través de medidas preventivas y de las prestaciones y servicios necesarios, mientras que el artículo 149.1.16.^a atribuye al Estado la competencia exclusiva para fijar las bases y coordinación general de la sanidad ¹³.

Partiendo de esta base, se promulgó la Ley 29/1985 de aguas cuyo objeto principal es *la regulación del dominio público hidráulico, del uso del agua y del ejercicio de las competencias atribuidas al Estado y las autonomías*³⁴.

Además, la Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad, en su artículo 18.6 contempla como actuación que deben desarrollar las Administraciones Públicas en el ámbito sanitario, la promoción y la mejora de los sistemas de saneamiento, abastecimiento de aguas, eliminación y tratamiento de residuos líquidos y sólidos³⁰.

En el año 1988 se publica el Reglamento de la Administración Pública del Agua y la Planificación Hidrológica mediante el RD 927/1988 de 29 de julio para desarrollar los títulos II y III de la Ley de Aguas³⁴.

Posteriormente, la Ley de aguas de 1985 quedó modificada por la Ley 46/1999 de 13 de diciembre con objeto de, entre otros³⁴:

- Contemplar nuevos aspectos, como la desalación y reutilización.
- Introducir el concepto de “*buen estado ecológico*” para resaltar así la dimensión medioambiental de los recursos hídricos.
- Reforzar las políticas de ahorro y transparencia.
- Promover las competencias y funciones de las Comunidades de Usuarios de Aguas Subterráneas.
- Reforzar las competencias de los órganos participativos de las Confederaciones Hidrográficas.

Finalmente, en el año 2001 se publica el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio con el que se aprueba el texto refundido de la Ley de aguas y con el que quedan derogadas, entre otras la Ley 29/1985 y 46/1999.

Este texto refundido de la Ley de aguas fue modificado por la Ley 53/2002, y por el artículo 129 de la Ley 62/2003, de 30 de diciembre, *de medidas fiscales administrativas y del orden social*, con el objeto de incorporar a nuestro ordenamiento jurídico la Directiva 2000/60/CE, por la Ley 11/2005, de 22 de junio para establecer la definición de caudales ecológicos y la figura de las reservas naturales fluviales y, finalmente, por el Real Decreto-Ley 4/2007³⁷.

El Plan Hidrológico Nacional en vigor se aprobó mediante la Ley 10/2001, de 5 de julio, siendo modificado posteriormente por la Ley 53/2002, de 30 de diciembre, la Ley 62/2003, de 30 de diciembre, el Real Decreto-Ley 2/2004, de 18 de junio, y la Ley 11/2005, de 22 de junio.

Por su parte, los Planes Hidrológicos de las diferentes cuencas hidrográficas fueron aprobados por diferentes RD, concretamente los de las cuencas del Guadalquivir y la Sur mediante el RD 1664/1998 de 24 de julio, mientras que el contenido normativo de estos planes quedó publicado por la Orden Ministerial del 13 de agosto de 1999 (Guadalquivir) y 6 de septiembre de 1999 (Sur)³⁷.

Posteriormente, nuevamente con el objeto de cumplir las obligaciones interpuestas por el texto refundido de la Ley de Aguas y en la Directiva 2000/60/CE, así como en la Decisión 2455/2001/CE, se aprobó el RD 907/2007, de 6 de julio, *por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica*³⁷ y que deroga los artículos 2.2, 4 y título II del ya citado RD 927/1988.

Recientemente se ha publicado el RD 125/2007, de 2 de febrero, *por el que se fija el ámbito territorial de las demarcaciones hidrográficas*, y el RD 126/2007, *por el que se regulan la composición funcionamiento y atribución de los comités de autoridades competentes de las demarcaciones hidrográficas con cuencas intracomunitarias*, con los que se contribuye al marco normativo de la planificación y se da respuesta a requerimientos de la Directiva marco³⁷.

Por su parte, en relación a la calidad de las aguas para consumo humano, cabe citar como punto de partida el Código Alimentario Español que dedica su capítulo XXVII a regular las *Aguas y el Hielo*. Este capítulo consta de tres secciones de las que sólo permanece vigente en la actualidad la tercera, dedicada al hielo, mientras que las dos primeras, aguas de consumo y aguas minerales y de mesa, han sido expresamente derogadas por otras reglamentaciones que las desarrollan.

En este sentido la sección primera destinada a las aguas de consumo público quedó derogada en su totalidad por el Real Decreto 1.423/1982 de 18 de junio, derogado, a su vez, por el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, en el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano y con el que se traspone al ordenamiento español la Directiva 98/83/CE, del Consejo, de 3 de noviembre de 1998, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano.

En la tabla 4 se recopilan las principales directivas y decisiones aprobadas en la Unión Europea en materia de aguas.

Tabla 4: Legislación nacional básica en materia de aguas ³⁷.

MATERIA	REFERENCIA NORMATIVA
Normativa básica	RD 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas (modificada por la Ley 53/2002, Ley 62/2003, Ley 11/2005 y Real Decreto-Ley 4/2007).
	RD 2090/2008, de 22 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo parcial de la Ley 26/2007, de 23 de octubre de Responsabilidad Ambiental.
Gestión	RD 1383/2009, de 28 de agosto, por el que se determina la composición, estructura orgánica y funcionamiento del Consejo Nacional del Agua.
	RD 117/1992, de 14 de febrero, por el que se actualiza la composición del Consejo Nacional del Agua.
	RD 984/1989, de 28 de julio, por el que se determina la estructura orgánica dependiente de la presidencia de las confederaciones hidrográficas (modificado por RD 281/1994 de 18 de febrero).
	RD 650/1987, de 8 de mayo, por el que se definen los ámbitos territoriales de los organismos de la cuenca y de los planes hidrológicos
	RD 1821/1985, de 1 de agosto, por el que se integran en las confederaciones hidrográficas las funciones de las comisarías de aguas y se modifica su estructura orgánica.
Dominio público hidráulico	Reglamento de Dominio Público Hidráulico (RDPH), aprobado por el RD 849/86, de 11 de abril, que desarrolla los Títulos preliminar, I, IV, V, VI y VIII de la Ley de Aguas. (Modificado por RD 995/2000 y RD 606/2003)
	RD 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/86, de 11 de abril
	Orden ARM/1312/2009, de 20 de mayo, por la que se regulan los sistemas para realizar el control efectivo de los volúmenes de agua utilizados por los aprovechamientos de agua del dominio público hidráulico, de los retornos al citado dominio público hidráulico y de los vertidos al mismo
Prevención de la contaminación	RD 261/1996, de 16 de febrero sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de actividades agrarias
	RD 995/2000, de 2 de junio, por el que se fijan objetivos de calidad para determinadas sustancias contaminantes
	RD 1514/2009, de 2 de octubre, por el que se regula la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro
	Orden 12 de noviembre de 1987 Normas de emisión, objetivos de calidad y métodos de medición de referencia relativos a determinadas sustancias nocivas o peligrosas contenidas en los vertidos de aguas residuales (Mercurio (en electrólisis de cloruros alcalinos), Mercurio (en otros procedimientos industriales), Cadmio, Hexaclorociclohexano (HCH)., Tetracloruro de carbono, Diclorodifeniltricloroetano (DDT), Pentaclorofenol.)

Tabla 4: Legislación nacional básica en materia de aguas ³⁷ (continuación).

MATERIA	REFERENCIA NORMATIVA
Planificación hidrológica	Ley 10/2001, de 5 julio del Plan Hidrológico Nacional (modificada por la Ley 11/2005 de 22 de junio y RD Ley 2/2004 de 18 de junio).
	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, en desarrollo de los títulos II y III de la Ley de Aguas (modificado Anexo 1 por RD 1541/1994 de 8 de julio).
	Real Decreto 1664/1998, de 24 de julio, por el que se aprueban los Planes Hidrológicos de cuenca
	RD 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica
	RD 125/2007, de 2 de febrero, por el que se fija el ámbito territorial de las demarcaciones hidrográficas
	RD 126/2007, de 2 de febrero, por el que se regulan la composición, funcionamiento y atribuciones de los comités de autoridades competentes de las demarcaciones hidrográficas con cuencas intercomunitarias
Producción de agua de consumo	RD 1541/94 de modificación del Anexo 1 del RD 927/88
	Orden Ministerial 8/2/88, métodos de medición y frecuencia de muestreos y análisis
	Orden Ministerial 11/5/88, características básicas de calidad (modificada por Orden 15/10/90 y Orden 30/11/94).
	Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano
	Orden SCO/1591/2005, de 30 de mayo, sobre el Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo
	Orden SCO/2967/2005, de 12 de septiembre, por la que se amplía la de 21 de julio de 1994, por la que se regulan los ficheros de datos de carácter personal gestionados por el Ministerio de Sanidad y Consumo, y se crea el fichero del Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo
	Orden MAM/3207/2006, de 25 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción técnica complementaria MMA-EECC-1/06, determinaciones químicas y microbiológicas para el análisis de las aguas
	ORDEN SCO/3719/2005, de 21 de noviembre, sobre sustancias para el tratamiento del agua destinada a la producción de agua de consumo humano.
	Orden SAS/1915/2009, de 8 de julio, sobre sustancias para el tratamiento del agua destinada a la producción de agua de consumo humano

Tabla 4: Legislación nacional básica en materia de aguas ³⁷ (continuación).

MATERIA	REFERENCIA NORMATIVA
Aguas residuales	RD 1620/2007, de 7 de diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas
	Real Decreto Ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se aprueban las normas aplicables al tratamiento de aguas residuales urbanas
	Real Decreto 509/1996, de 15 de marzo, de desarrollo del Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas (modificado por RD 2116/1998)
	Resolución de 28 de abril de 1995, de la secretaría de estado de medio ambiente y vivienda por la cual se dispone la publicación del acuerdo del consejo de ministros de 17 de febrero de 1995, por el que se aprueba el Plan Nacional de Saneamiento y Depuración de Aguas Residuales
	Resolución de 25 de mayo de 1998, de la Secretaría de Estado de Aguas y Costas, por la que se declaran las «zonas sensibles» en las cuencas hidrográficas intercomunitarias
	Resolución de 10 de julio de 2006, de la Secretaría General para el Territorio y la Biodiversidad, por la que se declaran las Zonas Sensibles en las Cuencas Hidrográficas Intercomunitarias

2.4. El medio ambiente hídrico en Andalucía.

Mediante el Estatuto de Autonomía para Andalucía se desarrollan, entre otras, las competencias en materia de sanidad y medio ambiente transferidas a esta Comunidad Autónoma.

De este modo, según queda establecido en el artículo 13 del Estatuto de Autonomía de Andalucía de 1981, esta Comunidad tiene competencia exclusiva, entre otras, en las siguientes materias ³²:

- *Recursos y aprovechamientos hidráulicos, canales y regadíos, cuando las aguas transcurran únicamente por Andalucía. Aguas subterráneas cuando su aprovechamiento no afecte a otro territorio.*
- *Aguas minerales y termales.*
- *Sanidad e Higiene, sin perjuicio de lo que establece el artículo 149.1.16, de la Constitución.*

En el artículo 37.1.20 se establece *como uno de los principios que ha de regir las políticas públicas de los poderes de la Comunidad Autónoma, el respeto del medio ambiente, incluyendo el paisaje y los recursos naturales y garantizando la calidad del agua y del aire* ³².

Por su parte, el artículo 50.1.c atribuye a la Comunidad Autónoma de Andalucía la competencia exclusiva sobre garantía de suministro para aquellas aguas que transcurran íntegramente por Andalucía ³².

En el artículo 20 se especifica la obligación de la *Comunidad Autónoma de Andalucía el desarrollo legislativo y la ejecución de la legislación básica del Estado en materia de sanidad interior*, mientras que con el artículo 55.2 se atribuye a la Comunidad Autónoma *competencia compartida en materia de sanidad interior y, en particular, la ordenación y la ejecución de las medidas destinadas a preservar, proteger y promover la salud pública en todos los ámbitos, incluyendo, entre otras, a la vigilancia epidemiológica* ³².

Así, con objeto de dar respuesta a las competencias transferidas a la comunidad en materia de sanidad se desarrolló la Ley 2/1998, de 15 de junio, de Salud de Andalucía.

Esta Ley, en su artículo 38.1.a dispone que *los municipios, sin perjuicio de las competencias que corresponden a las demás Administraciones Públicas, son responsables de velar por el obligado cumplimiento de las normas y los planes sanitarios, en relación con el abastecimiento y saneamiento de aguas* ³¹.

De este modo, en relación a las aguas de consumo público, en el año 2005, como consecuencia de la publicación en el ordenamiento jurídico nacional del RD 140/2003, la Consejería de Salud elaboró el *Programa de Vigilancia Sanitaria y Calidad del Agua de Consumo de Andalucía, al objeto de concretar y difundir en el ámbito autonómico las responsabilidades, obligaciones y competencias de las partes implicadas en la gestión del agua de consumo humano, los procedimientos para solicitar las autorizaciones, los requisitos sanitarios de las instalaciones y del control de la calidad del agua y los criterios de la vigilancia sanitaria* ¹².

Posteriormente, para dar respuesta al art 19 del RD 140/2003 y con el objeto de regular los aspectos del *Programa de Vigilancia Sanitaria y Calidad del Agua de Consumo de Andalucía* no contemplados en la norma básica estatal, y los relacionados con las competencias que sobre la materia de la Comunidad, se publicó el Decreto 70/2009, de 31 de marzo, por el que se aprueba el *Reglamento de Vigilancia Sanitaria y Calidad del Agua de Consumo Humano de Andalucía*.

Por su parte, para dar respuesta a las competencias atribuidas en materia de medio ambiente, concretamente en lo referente a garantizar la calidad del agua, se crea la Agencia Andaluza del Agua (año 2005) y se publican distintas normas con objeto de desarrollar estas competencias.

De este modo, el 3 de febrero del 2009, se firmó en Sevilla el Acuerdo Andaluz por el Agua con objeto de desarrollar toda la nueva política de la comunidad en materia de aguas. Este acuerdo, cuyo punto de partida se inicia en junio del 2008, desarrolla la nueva cultura del agua, basada en la sostenibilidad, la garantía, la responsabilidad y la solidaridad ⁶.

Como punto culminante de todo el desarrollo normativo en materia de aguas encontramos el proyecto de Ley de Aguas de Andalucía, que fue remitido al Parlamento regional por el Consejo de Gobierno el día 29 de septiembre del 2009 y con la que se quiere lograr una gestión más eficiente de los recursos hídricos.

Esta ley ha sido aprobada finalmente el 8 de junio de 2010 como Ley 4/2010 de aguas de la Comunidad Autónoma de Andalucía.

La ley 4/2010 tiene por objeto regular *el ejercicio de las competencias de la Comunidad Autónoma y de las entidades locales andaluzas en materia de agua, con el fin de lograr su protección y uso sostenible para garantizar las necesidades básicas de uso de agua de la población y hacer compatible el desarrollo económico y social de Andalucía con el buen estado de los ecosistemas acuáticos y terrestres* ².

Con la Ley se pretende *establecer el derecho de los usuarios a disfrutar de un medio hídrico de calidad, y la obligación de utilizar el agua con criterios de racionalidad y sostenibilidad y de contribuir a evitar el deterioro de la calidad de las masas de agua y sus sistemas asociados* ⁶.

3.- LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA HIDRÁULICA EN ESPAÑA.

La Administración Hidráulica es tradicionalmente un servicio público, constituyéndose como un instrumento muy eficaz para muchas de las transformaciones ocurridas en este último siglo, incluidas las socioeconómicas ³⁶. Sin embargo, el necesario cambio del modelo tradicional de política hidráulica, la dificultad para adaptarse eficientemente a las nuevas coyunturas y transformaciones del sector, mediante una gestión más eficaz y de mayor calidad, hacen que

actualmente la Administración pública Hidráulica precise de una urgente atención, diagnóstico y reorganización ³⁶.

Los cambios legislativos en los años ochenta exigen a la Administración que tenga capacidad de gestión en materia de aguas subterráneas, medioambiente, planificación y economía del agua así como una estricta gestión del recurso en términos jurídicos y de explotación, para lo que son necesarios tanto medios económicos como personales ³⁶.

En España la organización territorial resultante del Estado de las Autonomías ha planteado algunos problemas jurídicos en relación a las competencias en materia de aguas. De este modo, el desarrollo legislativo ha ido configurando una compleja realidad en la que, tanto el Gobierno central como el de las Comunidades Autónomas y los ayuntamientos, disponen de importantes poderes y asumen responsabilidades compartidas en materias ambientales y de gestión de recursos ³⁶ (tabla 5).

Tabla 5: Responsabilidades en la Gestión del agua en España ³⁴.

RESPONSABILIDAD	ORGANISMO
Redes de medida de las aguas	MIARM-DGA, CCAA
Protección de las aguas	MIARM-DGA, CCAA
Control de la calidad de las aguas	MIARM-DGA, CCAA y municipios
Control sanitario del agua potable	MISACO Y Consejerías de sanidad de las CCAA
Control de las aguas de baño	MISACO Y Consejerías de sanidad de las CCAA
Planificación y gestión	MIARM-DGA-CH, y Administraciones hidráulicas de las CCAA
Desarrollo de obras hidráulicas públicas	MIARM-DGA-CH y CCAA
Suministro de agua para uso urbano	Municipios
Saneamiento	Autonomías, municipios
Precio de los servicios de agua para uso urbano	Municipios
Gestión de emergencias frente a inundaciones	Ministerio del interior, MIARM y CCAA

La fragmentación de la autoridad y concurrencia de competencias en planificación, gestión, explotación y control de recursos hídricos da lugar, en ocasiones, a una utilización no óptima del recurso ³⁴.

En la actualidad la política de aguas y medio ambiente de España ejecutada desde el Gobierno Central se realiza principalmente a través del *Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino* (MARM), aunque existen otros ministerios con competencias en la materia. De este modo, las competencias atribuidas al Estado por la Ley de aguas se ejecutan desde uno de sus órganos superiores, la *Secretaría de Estado de Medio Rural y Aguas* de la que depende la *Dirección General del Agua (DGA)* a la que se encuentran adscritas varias subdirecciones generales, entre otras la de *Planificación y uso sostenible del agua, de Gestión integrada del Dominio Público Hidráulico y de Regadíos y economía del agua*, además de Organismos Autónomos como son las *Confederaciones hidrográficas (CH)*.

No obstante, puede afirmarse que en España la Administración Hidráulica se forma fundamentalmente por dos organizaciones: Las *confederaciones hidrográficas*, o administraciones hidráulicas equivalentes en las cuencas intracomunitarias, y las *Comunidades de regantes*. La primera de ellas es el órgano administrativo básico competente en la materia, y la segunda es el organismo depositario de la mayor parte del uso de agua en nuestro país ³⁶.

Cada *cuenca hidrográfica* estará gestionada por el correspondiente Organismo de Cuenca, entidad autónoma adscrita, a efectos administrativos, al Ministerio de Medio Ambiente que se rige por la ley 6/1997, de 14 de abril, y demás disposiciones de aplicación a los organismos autónomos de la Administración General del Estado, así como por el Real decreto legislativo 1/2001, de 20 de julio.

Como se ha mencionado anteriormente existen otros ministerios con competencias en materia de aguas. Es el caso del Ministerio de Sanidad y Política Social, concretamente la Dirección General de Salud Pública y Sanidad Exterior, que asume, entre otras, las funciones relativas a sanidad ambiental y requisitos higiénico-sanitarios de los productos de uso y consumo humano, así como la elaboración de la normativa en estas materias. Constituyen parte de sus funciones las siguientes ⁵¹:

- Evaluar, prevenir y controlar los efectos de los factores ambientales sobre la salud humana.

- Elaborar los proyectos de disposiciones generales para la transposición de directivas comunitarias destinadas a la protección sanitaria frente a riesgos ambientales para la salud humana.
- Gestionar las redes de vigilancia y alerta sanitaria de riesgos ambientales.
- Elaborar las propuestas de reglamentación sobre el control sanitario de las aguas, etc.

En Andalucía están transferidas las competencias en materia de aguas. Concretamente el artículo 8 de la reciente Ley 4/2010 de aguas establece las funciones de la Administración de la Junta de Andalucía en relación a las aguas que son de su competencia, mientras que el Capítulo III del Título IV de la Ley de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental fija las competencias en materia de calidad del medio hídrico ².

Estas competencias serán ejercidas por el Consejo de Gobierno, la Consejería competente en materia de agua y la Agencia Andaluza del Agua ².

En el caso de la Comunidad Autónoma de Andalucía la política de aguas y medio ambiente, al igual que en el Gobierno central, vuelve a ejecutarse principalmente desde la *Consejería de Medio Ambiente* (CMA), aunque existen otras consejerías con competencias en la materia. A esta consejería, además de las correspondientes *Delegaciones Provinciales*, se encuentran adscritas varias Direcciones Generales, entre otras, la *de Prevención y Calidad Ambiental*, además de un organismo autónomo como es la *Agencia Andaluza del Agua* ⁶.

La *Agencia Andaluza del Agua* es la administración hidráulica de la Junta de Andalucía constituido en enero de 2005 para coordinar y ejercer las competencias de esta Comunidad Autónoma en materia de aguas. La transferencia de competencias a este Organismo culmina el 1 de enero de 2009, con la publicación del acuerdo de transferencia en materia de recursos y aprovechamientos hidráulicos correspondientes a las aguas de la cuenca del Guadalquivir que discurren íntegramente por el territorio de la Comunidad Autónoma andaluza (con la excepción de los pequeños enclaves que corresponden a las Confederaciones Hidrográficas del Guadiana y del Segura al norte y este de la región)¹. Esta Agencia tiene atribuido como objetivo básico el ejercicio de las funciones y servicios de competencia de la Administración del Agua en la Junta de Andalucía de acuerdo con lo establecido en la normativa básica y en la Ley 4/2010 ².

Según el del Decreto 139/2010, de 13 de abril, *por el que se establece la estructura orgánica de la Consejería de Medio Ambiente* las competencias en materia hídrica de los diferentes órganos de la Consejería son:

Para la *Consejería de Medio Ambiente*¹:

- *la planificación estratégica, el seguimiento y control de la eficacia de la Agencia Andaluza del Agua.*
- *la presentación al Consejo de Gobierno de los proyectos de Plan Hidrológico de las cuencas intracomunitarias para su elevación al Gobierno de la Nación.*

Para la *Dirección General de Prevención y Calidad Ambiental* en relación al medio hídrico son ⁶:

- *La prevención de la contaminación del medio hídrico, medio ambiente atmosférico y suelo y la coordinación de autorizaciones de prevención y control ambiental.*
- *La vigilancia, inspección y control en materia de medio hídrico, medio ambiente atmosférico, suelo y residuos*
- *Las actuaciones relativas a las autorizaciones de uso en zona de servidumbre de protección del dominio público marítimo- terrestre.*

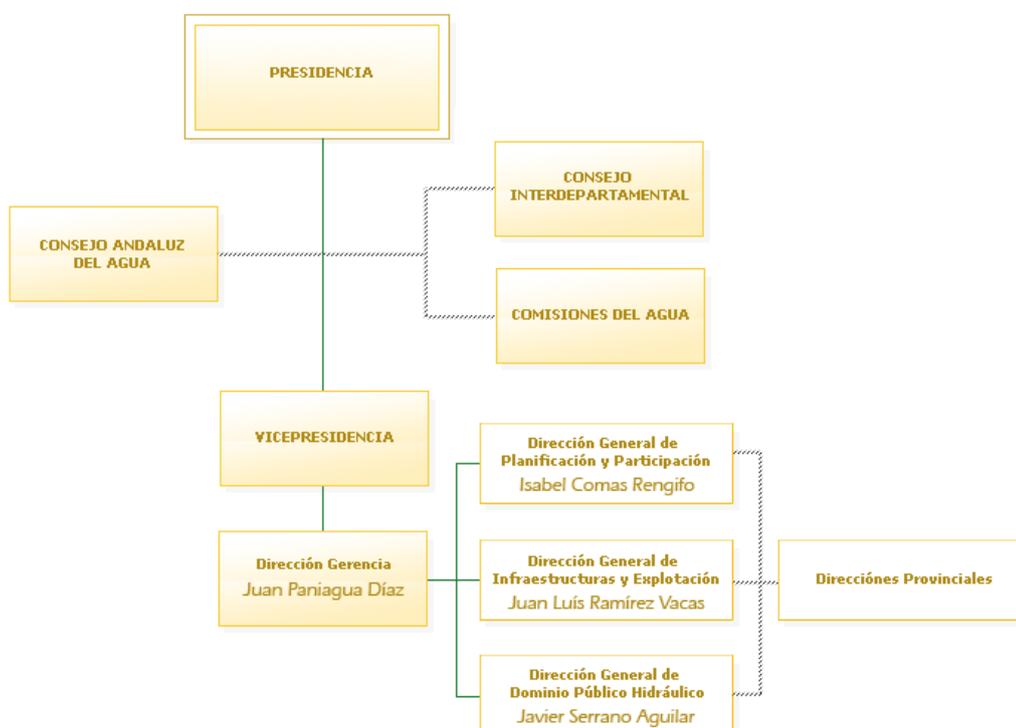
Mientras que las atribuidas a la *Agencia Andaluza del agua* son ¹:

- *La elaboración, seguimiento y revisión de la planificación hidrológica y, en relación con la cuenca del Guadalquivir, la participación en la planificación hidrológica de la Demarcación Hidrográfica.*
- *La administración, protección y control de todos los aprovechamientos hidráulicos y del dominio público hidráulico.*
- *La realización de obras hidráulicas de competencia de la Comunidad Autónoma y su explotación y mantenimiento.*
- *La planificación, ordenación y regulación de los servicios de abastecimiento de agua en alta y saneamiento de las aguas residuales urbanas así como de la prevención de avenidas e inundaciones.*
- *El otorgamiento de concesiones y autorizaciones relativas al dominio público hidráulico, así como su censo.*

- *El apoyo técnico a la formulación de la política de aguas de la Junta de Andalucía.*
- *La elaboración y difusión de la información sobre la materia hidráulica.*
- *La colaboración en la investigación, desarrollo tecnológico e innovación en materia de aguas.*
- *La participación en organismos nacionales e internacionales especializados en la materia.*
- *La gestión, recaudación y administración de los recursos económicos que correspondan a la Agencia.*
- *Aquellas otras que le sean atribuidas legal o reglamentariamente o se deriven de convenios.*

La agencia Andaluza del Agua está integrada por varias Direcciones Generales entre las que se reparten las diferentes competencias en materia hídrica de la Junta de Andalucía atribuidas a este organismo (figura 2).

Figura 2: Organigrama Agencia Andaluza del Agua ¹



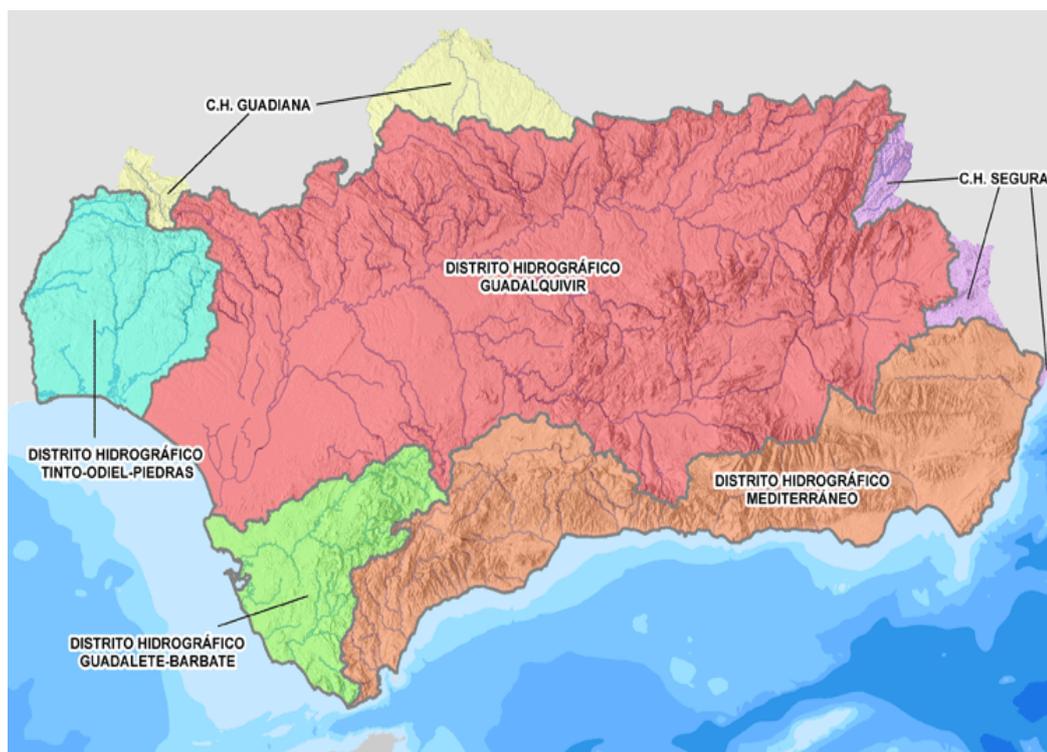
A la Agencia Andaluza del Agua se encuentran además adscritos otros organismos con funciones relevantes en materia aguas¹ :

- *Consejo Andaluz del Agua: Es el máximo órgano de información, consulta y asesoramiento de la Junta de Andalucía en materia de aguas. Informa de anteproyectos de leyes y proyectos de decretos en materia de aguas, formula iniciativas y propone medidas para la mejor gestión, uso y aprovechamiento del recurso.*
- *Comisiones del Agua: Son órganos de participación y gestión en la administración de la planificación, gestión y administración de los respectivos distritos hidrográficos.*
- *Consejo Interdepartamental: Es el órgano de coordinación de los organismos de la administración autonómica que tienen competencias relacionadas con el agua.*

Las funciones y competencias del Consejo Andaluz del Agua están establecidas a través del artículo 19 de la Ley de aguas de Andalucía.

En esta Comunidad, con la publicación de los nuevos Estatutos de la Agencia Andaluza del Agua en su artículo 15 se definen *los llamados distritos hidrográficos* como ámbitos territoriales del agua que corresponden a las cuencas (excepto en el caso del Guadalquivir en cuyo caso el D.H. abarca únicamente la parte andaluza de la cuenca del Guadalquivir) (figura 3). Desde estas demarcaciones, cada una con su correspondiente dirección técnica se realiza la gestión de las aguas atribuidas a la agencia¹ :

- *Distrito Hidrográfico Mediterráneo. Corresponde a la anterior Cuenca Mediterránea Andaluza.*
- *Distrito Hidrográfico Guadalete Barbate. Comprende el territorio de la anterior Cuenca Atlántica Andaluza situado en la provincia de Cádiz.*
- *Distrito Hidrográfico Tinto-Odiel-Piedras. Comprende el territorio de la anterior Cuenca Atlántica Andaluza situado en la provincia de Huelva.*
- *Distrito Hidrográfico Guadalquivir. Comprende el territorio andaluz de la cuenca hidrográfica del Guadalquivir.*

Figura 3: Distritos hidrográficos de Andalucía ⁶.

Al igual que ocurre a nivel Estatal en Andalucía la Consejería de Salud posee también competencias en materia de aguas que son gestionadas desde la Secretaría General de Salud Pública y Participación, a la que se atribuyen, entre otras funciones, *el control sanitario, la evaluación del riesgo, la comunicación del mismo y la intervención pública en seguridad alimentaria, salud medioambiental y otros factores que afecten a la salud pública* ¹⁶. El órgano asignado a nivel provincial para el desarrollo de las funciones atribuidas a la Secretaría General es la correspondiente Delegación Provincial de la Consejería de Salud.

En este sentido, el Decreto 70/2009 concreta que son funciones propias de la Administración Sanitaria Autónoma la *vigilancia de la calidad sanitaria del agua de consumo humano, y establecer los criterios y las medidas sanitarias necesarias para garantizar, en el marco legal establecido, la protección de la salud de las personas consumidoras* ¹⁵.

Finalmente las competencias transferidas a los municipios andaluces en materia de aguas quedan establecidas a través de la Ley 4/2010 y del Decreto 70/2009.

Según la Ley de aguas de Andalucía constituyen funciones de los municipios, ejercidas directamente o bien a través de Diputaciones Provinciales y/o entres Supramunicipales, entre otras, las siguientes²:

- la ordenación y la prestación de los servicios, en el ciclo integral del agua de uso urbano (definido en apartado 1 del presente trabajo).
- La potestad de ordenación de los servicios del agua, lo que implica, por un lado, la aprobación de reglamentos para la prestación del servicio y, por otro, *la planificación, elaboración de proyectos, dirección y ejecución de las obras hidráulicas correspondientes al ámbito territorial del municipio, y su explotación, mantenimiento, conservación e inspección, que deberán respetar lo establecido en la planificación hidrológica y los planes y proyectos específicos aprobados en el ámbito de la demarcación.*

Por su parte, a través del decreto 70/2009 se definen las funciones del ayuntamiento encaminadas a garantizar la protección de la calidad del agua de consumo, siendo estas, entre otras, las siguientes ¹⁵:

- *Garantizar que el agua suministrada en su ámbito territorial, a través de cualquier red de distribución, cisterna o depósito móvil sea apta para el consumo en el punto de entrega a la persona consumidora.*
- *Garantizar el cumplimiento de los requisitos y obligaciones establecidos en este Reglamento y en el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, cuando la captación, la conducción, el tratamiento de potabilización, la distribución o el autocontrol del agua lo realicen otras personas o entidades públicas o privadas gestoras distintas del propio municipio.*
- *Garantizar que las personas titulares de establecimientos con actividades comerciales o públicas pongan a disposición de las personas usuarias agua apta para el consumo.*
- *Garantizar la realización del control de la calidad del agua en el grifo de la persona consumidora para aquellas aguas suministradas a través de una red de distribución pública o privada, y la elaboración periódica de un informe de resultados.*
- *Poner en conocimiento de la población y los agentes económicos afectados los incumplimientos y las situaciones de alerta que den lugar a*

la pérdida de aptitud para el consumo del agua, y las medidas correctoras previstas, en coordinación con la correspondiente Delegación Provincial de la Consejería competente en materia de salud.

A través de este mismo decreto también se establecen las funciones de los gestores de los sistemas de abastecimiento, que podrán ser entidades públicas o privadas ¹⁵:

- *Aplicar en la parte del abastecimiento que gestionan las medidas necesarias para el cumplimiento de los requisitos y obligaciones establecidos en este Reglamento y en el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero.*
- *Realizar el autocontrol de la calidad del agua en la parte del abastecimiento que gestionan.*
- *Proporcionar a la siguiente persona o entidad pública o privada gestora del abastecimiento los datos de calidad del agua en el punto de entrega, de conformidad con lo establecido en el artículo 25.*
- *Poner en conocimiento de la correspondiente Delegación Provincial de la Consejería competente en materia de salud, de otras personas o entidades públicas o privadas gestoras afectadas y del municipio en su caso, los incumplimientos y las situaciones de alerta que se produzcan en el abastecimiento, así como la propuesta de medidas correctoras previstas.*

4.- GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS.

Uno de los objetivos prioritarios de cualquier sociedad lo constituye la ordenación y gestión de los recursos hídricos, lo que, históricamente, se venía realizando bajo directrices orientadas a satisfacer la demanda en cantidad suficiente. Sin embargo, el incremento de la oferta de agua como herramienta para el impulso económico, el mayor nivel de contaminación asociado a un mayor desarrollo, fenómenos naturales como sequías prolongadas, inundaciones, etc. y, en definitiva, la sobreexplotación de los recursos hídricos, han conducido a un deterioro importante de los mismos. De este modo, actualmente, el buen uso del agua está condicionado por el grave deterioro que sufre por la contaminación y por las situaciones de despilfarro en el consumo.

Por todo lo expuesto ha sido necesario un cambio en los planteamientos sobre política de aguas que han evolucionado desde la satisfacción en cantidad de la demanda hacia una gestión que contemple la calidad del recurso y la protección del mismo como garantía de un abastecimiento futuro y de un desarrollo sostenible.

Este concepto de desarrollo sostenible ha ido evolucionando a lo largo de los años, así, según la definición del Informe Brundtland de las Naciones Unidas ³⁴, *el desarrollo sostenible incluye no solo un desarrollo económico respetuoso con el medio ambiente y que conserve para las generaciones futuras sus recursos actuales, sino también un desarrollo territorial equilibrado.*

En el campo de los recursos hídricos el desarrollo sostenible requiere básicamente dos condiciones ³⁴:

- Preservar la diversidad de los ecosistemas acuáticos y mantenimiento de la riqueza de las especies
- No producir pérdida de las funciones potenciales del recurso para satisfacer la demanda, evitando la sobreexplotación.

En España la ley de aguas de 1.985 y su modificación por la ley 46/1.999 de 13 de diciembre, junto con la nueva Directiva Marco europea para la política de agua, supuso un cambio importante en los conceptos y criterios utilizados en la planificación hidrológica, ya que introducen conceptos como la calidad de las aguas y la protección de los recursos hídricos como puntos fundamentales para estructurar dicha planificación.

De este modo, los objetivos principales de la Administración hidráulica van a orientarse a asegurar la disponibilidad de agua no solo en la cantidad necesaria, sino también con la calidad requerida en función de los usos, y a prevenir todo deterioro adicional y proteger y mejorar el estado de los ecosistemas acuáticos y de los ecosistemas terrestres y humedales directamente dependientes de los ecosistemas acuáticos ³⁴.

La Ley 29/1985 de aguas tiene como objeto principal la regulación del dominio público hidráulico, el uso del agua y el ejercicio de las competencias atribuidas al Estado ²⁹.

Las aguas continentales superficiales, así como las subterráneas renovables, integradas todas ellas en el ciclo hidrológico, constituyen un recurso unitario, de

interés general, que forma parte del dominio público estatal como dominio público hidráulico ⁴⁹.

Según el artículo 2 del Real decreto legislativo 1/2001 el dominio público hidráulico del Estado está constituido por ⁴⁹:

- a. Las aguas continentales, tanto las superficiales como las subterráneas renovables, con independencia del tiempo de renovación.
- b. Los cauces de corrientes naturales, continuas o discontinuas.
- c. Los lechos de los lagos y lagunas y los de los embalses superficiales en cauces públicos.
- d. Los acuíferos, a los efectos de los actos de disposición o de afección de los recursos hidráulicos.
- e. Las aguas procedentes de la desalación de agua de mar una vez que, fuera de la planta de producción, se incorporen a cualquiera de los elementos señalados en los apartados anteriores.

La Ley de aguas, concretamente en el Título II, establece las funciones que corresponden al Estado ²⁹:

- La planificación hidrológica.
- La adopción de medidas precisas para el cumplimiento de los acuerdos y convenios internacionales en materia de aguas.
- El otorgamiento de concesiones en cuencas intercomunitarias
- La tutela del dominio público hidráulico, etc.

En este sentido, el artículo 149 de la Constitución Española establece que el Estado tiene competencia exclusiva, entre otras materias, en *la legislación, ordenación y concesión de recursos y aprovechamientos hidráulicos cuando las aguas discurren por más de una Comunidad Autónoma* ¹³.

De este modo, la ley de aguas dispone que *en las cuencas hidrográficas que excedan el ámbito territorial de una comunidad autónoma se constituirán Organismos de Cuenca con las mismas funciones y cometidos que regula el artículo 19 de la Ley* ²⁹. A estos Organismos se les llama Confederaciones Hidrográficas, que son entidades de derecho público, con personalidad jurídica propia y distinta a la del Estado ³⁴.

A través de la Directiva Marco se introduce el concepto de demarcación hidrográfica, formada por una o más cuencas hidrográficas y que podrá tener carácter internacional ³⁴. Corresponde a cada Estado miembro velar por que se elabore un plan hidrológico de cuenca para cada demarcación hidrográfica localizada íntegramente en su territorio; en el caso de demarcaciones internacionales, los Estados miembros garantizarán la coordinación para elaborar un único plan hidrológico de cuenca ³⁴

La planificación hidrológica tiene como objetivos generales ³⁷:

- conseguir el buen estado y la adecuada protección del dominio público hidráulico y de las aguas.
- satisfacer las demandas de agua manteniendo el equilibrio y armonización del desarrollo regional y sectorial,
- incrementar las disponibilidades de recursos hídricos, protegiendo su calidad, economizando su empleo y racionalizando sus usos en armonía con el medio ambiente y los demás recursos naturales.
- contribuir a paliar los efectos de las inundaciones y sequías.

La planificación hidrológica debe servir para compatibilizar las distintas necesidades de agua siguiendo una gestión racional que permita el desarrollo sostenible y garantice el buen estado ecológico de los sistemas naturales ³⁷.

Los planes hidrológicos de cuenca deben tener como objetivo conseguir en un plazo máximo de 15 años todos los objetivos ambientales definidos por la Directiva Marco, el denominado *buen estado de las aguas, que en el caso de la aguas superficiales significa el buen estado ecológico y químico de éstas y en el caso de las subterráneas el buen estado cuantitativo y químico*, además, la Directiva exige una reducción continua de los vertidos, las emisiones y las pérdidas, un año después de la adopción de sustancias prioritarias ³⁴.

El agua, renovada a través del *ciclo hidrogeológico*, conserva, a efectos prácticos, una magnitud casi constante dentro de cada una de las cuencas hidrográficas ²⁹, entendiendo como cuenca hidrográfica al territorio en que las aguas fluyen al mar a través de una red de cauces secundarios que convergen en un cauce principal único ⁴⁹.

Entre otras, son funciones de los organismos de cuenca la elaboración, seguimiento y revisión del plan hidrológico de cuenca, así como de la administración y control del dominio público hidráulico ⁴⁹.

El Plan Hidrológico Nacional tiene como objetivo, entre otros, la resolución de posibles discrepancias entre los distintos planes hidrológicos de cuenca, además, a través de este plan se establecen las previsiones y condiciones para las transferencias de recursos hidráulicos entre ámbitos territoriales de distintos planes hidrológicos de cuenca.

En su elaboración participan no sólo las diferentes Administraciones públicas, sino también la sociedad civil a través de un amplio proceso de participación social que se inicia con el desarrollo y aprobación de los Planes Hidrológicos de cuenca ³⁴.

Según el artículo 59 del Real decreto legislativo 1/2001 el uso privativo de las aguas requiere de la correspondiente *concesión administrativa* que será otorgada según las previsiones de los Planes Hidrológicos, con carácter temporal y plazo no superior a setenta y cinco años, teniendo en cuenta la explotación racional conjunta tanto de los recursos superficiales como de los subterráneos⁴⁹.

Para cada una de las concesiones se observará, a efectos de su otorgamiento, el orden de preferencia de uso que se establezca en el Plan Hidrológico de la Cuenca correspondiente, teniendo en cuenta las exigencias para la protección y conservación del recurso y su entorno ⁴⁹. Cuando el Plan Hidrológico de la Cuenca no defina un orden de preferencia concreto se contemplará con carácter general el siguiente ⁴⁹:

- a. Abastecimiento de población, incluyendo en su dotación la necesaria para industrias de poco consumo de aguas situadas en los núcleos de población y conectadas a la red municipal.
- b. Regadíos y usos agrarios.
- c. Usos industriales para producción de energía eléctrica.
- d. Otros usos industriales no incluidos en los apartados anteriores.
- e. Acuicultura.
- f. Usos recreativos.
- g. Navegación y transporte acuático.
- h. Otros aprovechamientos.

En cualquier caso, el orden de prioridades que pudiera establecerse específicamente en un plan hidrológico de cuenca, debe dar preferencia al uso indicado como apartado “a” de la enumeración anterior ⁴⁹.

En Andalucía todas las competencias en materia de aguas son coordinadas y ejercidas por la *Agencia Andaluza del Agua*. Todas las funciones de este organismo están establecidas en el artículo 14 de la Ley de Aguas. Según ésta a ésta Agencia le corresponde el desarrollo de cada una de las funciones que la legislación básica del Estado asigna a los organismos de cuenca, quedando agrupadas las mismas dentro de los siguientes apartados ²:

- Materia de expropiación.
- Planificación hidrológica.
- Materia de ordenación.
- En materia de dominio público hidráulico.
- En materia de infraestructuras del agua.
- En materia de prevención de efectos de la sequía e inundaciones.
- Otras materias.

Así, según el art. 5 del Decreto 70/2009 son responsabilidad de los organismos de cuenca y de la Administración Hidráulica y Sanitaria, las siguientes ¹⁵:

- *Facilitar periódicamente a la Consejería de salud y a las personas o entidades públicas o privadas gestoras de las captaciones, los resultados que se obtengan del Programa de Control de Zonas Protegidas de cada Demarcación Hidrográfica.*
- *Determinar y evaluar, en coordinación con la Consejería competente en materia de salud, la presencia de posibles contaminantes que entrañen riesgos para la salud en situaciones en las que se sospeche que puedan encontrarse en el agua destinada a la producción de agua de consumo humano.*

En el caso particular de Andalucía el artículo 15 de los nuevos Estatutos de la Agencia Andaluza del Agua, se definen los llamados distritos hidrográficos.

En este sentido, la recientemente publicada Ley de aguas define en su artículo 3 la diferencia entre demarcaciones hidrográficas inter- e intracomunitarias y distritos hidrográficos de Andalucía. Según esta ley las demarcaciones hidrográficas están

formadas por las aguas superficiales, las de transición, las subterráneas y las costeras asociadas a una misma cuenca, distinguiendo entre demarcaciones intracomunitarias, como aquellas que están constituidas por cuencas que se sitúan íntegramente en territorio de la Comunidad Autónoma, e intercomunitarias, formadas por cuencas compartidas con otras Comunidades; los distritos hidrográficos son los órganos de gestión para las demarcaciones hidrográficas intracomunitarias ².

Este nuevo concepto, de carácter administrativo, responde a la nueva organización de la gestión de los recursos hídricos que surge tras la publicación del Estatuto de Autonomía de Andalucía, que establece las competencias exclusivas de la Comunidad Autónoma sobre las aguas de la Cuenca del Guadalquivir que transcurren por su territorio y no sobre aquellas que discurren por otras comunidades autónomas ¹.

Concretamente el Distrito Hidrográfico del Mediterráneo, objeto de este estudio, tiene una superficie aproximada de 18.425 km², extendiéndose entre los términos municipales de Tarifa y Algeciras hasta la cuenca y desembocadura del río Almanzora. Comprende todas las cuencas vertientes al Mediterráneo situadas entre el campo de Gibraltar y la desembocadura del río Almanzora, abarcando parte de las provincias de Cádiz, Granada, Málaga, Almería y Córdoba. Según datos del Sistema de Información Municipal de Andalucía (SIMA) del Instituto de Estadística de Andalucía, sobre este territorio residía en 2007 una población de 2.281.000 personas. El Distrito tiene 284 municipios ¹.

5.- LOS USOS Y DEMANDAS DE AGUA.

En la sociedad actual la disponibilidad de agua es un indicador fundamental del nivel de desarrollo económico y de la calidad de vida ⁷. De este modo, para cualquier sociedad industrializada el desarrollo de su aparato productivo está ligado a un fuerte aumento de las demandas de agua, lo que implica un incremento del ritmo de explotación de sus recursos hídricos para poder satisfacer las necesidades de los núcleos urbanos, las industrias y, especialmente en las zonas mediterráneas, de la agricultura intensiva de regadío ⁷.

El conocimiento de las demandas y usos del agua es una tarea imprescindible para realizar una correcta planificación y gestión de los recursos hídricos de un territorio ³⁴, sin embargo, la carencia de una estadística sistemática sobre usos y demandas es un aspecto que condiciona el conocimiento actual del aprovechamiento del agua ³⁶.

Tal y como establece el Acuerdo Andaluz por el Agua firmado por todos los agentes sociales en febrero del 2009, *es necesaria una nueva ética del agua que tenga en cuenta la fragilidad del recurso y sepa hacer compatible la garantía de las demandas de todos los usos con el cuidado del medio ambiente, pues la calidad de vida de los andaluces, la ordenación de las actividades económicas y del territorio y el desarrollo de políticas sociales adecuadas dependen en gran parte de la buena gestión del agua* ¹.

Como ya se mencionó en apartados anteriores el agua de un territorio no sólo es utilizada para satisfacer las necesidades utilitarias del hombre, sino que también permite garantizar unos requerimientos ambientales y otras funciones no utilitarias.

Los requerimientos ambientales no suponen en sí un uso del agua sino que constituyen una restricción en el uso del agua desde su medio natural ³⁶. Esta restricción persigue la protección de las funciones naturales del agua y supone una limitación de los recursos disponibles para otros usos; así, el capítulo relativo a asignaciones y reservas de la Ley de Aguas establece la diferencia entre las necesarias para usos y demandas actuales y futuras de las correspondientes a la conservación y recuperación del medio natural ³⁶. Muestra de la importancia que se da en España a las funciones ambientales del agua y otro tipo de funciones no estrictamente utilitarias, el Libro Blanco del Agua en España prevé una reserva cautelar del 20 % del recurso hídrico natural para cubrir los requerimientos previos de carácter ambiental y posibles incertidumbres en la estimación de los recursos ³⁶.

En la recientemente publicada Ley de aguas de Andalucía define el concepto de usos del agua como *las distintas clases de utilización del recurso, así como cualquier otra actividad que tenga repercusiones significativas en el estado de las aguas*, distinguiendo entre cuatro supuestos usos ²:

- *Usos domésticos: la utilización del agua para atender las necesidades primarias de la vida en inmuebles destinados a vivienda, siempre que en ellos no se realice actividad industrial, comercial o profesional de ningún tipo.*
- *Usos agrarios, industriales, turísticos y otros usos en actividades económicas: la utilización del agua en el proceso de producción de bienes y servicios correspondientes a dichas actividades.*
- *Uso urbano: el uso del agua si su distribución o vertido se realiza a través de redes municipales o supramunicipales. Asimismo, tendrán este*

carácter los usos del agua en urbanizaciones y demás núcleos de población, cuando su distribución se lleve a cabo a través de redes privadas.

- *Usos urbanos en actividades económicas de alto consumo: aquellos que en cómputo anual signifiquen un uso superior a 100.000 metros cúbicos.*

Mientras que distingue dos supuestos como posibles usuarios de agua ²:

- Personas físicas o jurídicas titulares de un contrato con una entidad suministradora de agua de consumo.
- Personas físicas o jurídicas titulares de una concesión administrativa para uso de agua procedente una captación propia o titular de un derecho de aprovechamiento, o en su defecto, quien realice la captación.

En relación a los usos del agua para satisfacer las necesidades del hombre cabe citar la demanda urbana, los usos agrarios, industriales, energéticos y nuevas demandas sociales relacionadas con los usos recreativos de ésta.

En Europa el uso urbano se corresponde con un 14% de la demanda total de agua, un 29% para uso agrícola y un 10% para industrial, el resto de la demanda 47%, se destina a fines energéticos y otros usos ³⁴. Sin embargo, dada la importancia económica del sector agrícola en los países mediterráneos, hace que la media destinada a uso agrícola se incremente notablemente respecto a la media europea, manteniéndose dentro de la media en el caso de los usos urbanos y disminuyendo para usos industriales y energéticos ³⁴.

Según las estimaciones realizadas en los Planes Hidrológicos de cuenca la demanda de agua en el año 1995 en España se cifraba en unos 35000 hm³ /año ³⁶.

La demanda urbana comprende tanto el abastecimiento de poblaciones rurales como urbanas, incluyendo en este caso a las industrias conectadas a la red de abastecimiento público ³⁴. Éste es un servicio básico incuestionable para la sociedad actual caracterizándose por la exigencia de un nivel de garantía muy elevado y una distribución temporal de los suministros necesarios (excepto en zonas turísticas) prácticamente uniforme, el incremento de población que se produce en las zonas turísticas en determinadas épocas del año supone un incremento notable de las necesidades hídricas que afectan al suministro ³⁴. Es además una demanda territorialmente muy concentrada, que debe ser prioritaria garantizando en todo

momento la continuidad en el suministro y niveles de calidad superiores a los de otros usos ³⁴

La demanda urbana en el caso de España fue del 18% respecto al total en el año 1995 ³⁶, siendo muy variable este valor en función del tipo y tamaño de la población (tabla 6). Para estas previsiones los Planes Hidrológicos de cuenca prevén un incremento de demanda que va del 15 al 36% a medio y largo plazo (10 y 20 años), lo que representa un problema dado que la gran concentración geográfica de la demanda podría dificultar la obtención de nuevos recursos, cada vez más distantes y frecuentemente comprometidos ³⁶.

Tabla 6: Dotaciones netas en España según el tamaño de la población ³⁶.

POBLACIÓN	DOTACIÓN (red de suministro) (l/ (hab*día)
Entre 20000 y 50000	238
Entre 50000 y 100000	264
Superior a 100000	289
Áreas metropolitanas	295
Media	265

Los usos agrarios del agua comprenden los propiamente agrícolas y los ganaderos. La demanda de agua para estos usos supone la principal demanda sectorial en el caso de los países de la Europa mediterránea ³⁴, siendo este porcentaje en el año 1995 en España el 68% respecto al total ³⁶. En relación a los usos agrarios el Plan Nacional de Regadíos puede ser un instrumento muy útil para valorar la evolución de este uso, constituyéndose como pieza clave para la evaluación de las demandas futuras ³⁶.

Por su parte, el agua destinada a uso industrial es la que se destina a los procesos de producción de bienes industriales, excluyendo de este uso la demandada por aquellas industrias que están conectadas a la red de abastecimiento público ³⁴. Como tónica general estos usos han ido decreciendo en Europa con los años dado a que los usuarios de agua destinada a fines industriales están más dispuestos que los usuarios domésticos a adoptar tecnologías que ahorren agua para reducir así costes ³⁴. La demanda industrial en el caso de España fue del 5% respecto al total en el año 1995 ³⁵.

La demanda energética está basada principalmente en las necesidades de agua para la refrigeración de centrales, además de otros usos tales como el agua necesaria para el lavado de materiales procedente de minas, caudales vertidos por centrales hidroeléctricas, etc., si bien este tipo de demanda esta muy localizada en zonas puntuales con centrales energéticas ³⁴. En el caso de España el valor de este uso en el año 1995 respecto al total adquiere un valor del 14% ³⁵.

Por último, las nuevas demandas sociales, en creciente aumento, se relacionan con los usos recreativos del agua que podemos dividir en tres categorías ³⁴:

- Las que implican derivar el agua del medio natural para riego de campos de deportes, piscinas y parque acuáticos, producción de nieve artificial, etc.
- Las actividades que utilizan el agua en su entorno natural (embalses, ríos y parajes naturales): Deportes náuticos, baño, pesca deportiva, etc.
- Actividades de ocio relacionadas de modo indirecto con el agua, es lo que suele conocerse como el uso paisajístico del agua.

Dada la diversidad de actividades que comprenden los usos recreativos del agua y la fluctuación de participación ciudadana en estas actividades resulta muy difícil estimar la demanda de agua asociada a los usos recreativos de la misma ³⁴.

En relación a los usos del agua puede observarse una evolución constante del consumo de agua para las diferentes actividades humanas en función del tiempo ³⁴.

Actualmente en el caso particular de Andalucía el reparto del consumo de agua se divide entre el 2.8% de uso industrial, 5.2 % para el turismo y otras actividades, 14.5 % para usos domésticos y 77.6 % usos agrícolas ²⁷.

Sin embargo, hoy en día se cuestiona la primacía tradicional de la agricultura sobre los recursos hídricos ya que, la escasez y los costos crecientes para el aprovechamiento del agua, traen consigo que el sector agrario no pueda competir por los escasos recursos disponibles, debiendo mejorar su uso y eficacia ⁴⁶.

Los recursos hidráulicos de Andalucía son regulados en superficie mediante embalses (74 %) o son extraídos de los acuíferos (26%). Respecto a las aguas superficiales, los mayores volúmenes de regulación se encuentran en el Distrito Hidrográfico del Guadalquivir (63 %). En relación a las aguas subterráneas la situación es bien distinta, en este caso el 47% de los niveles de explotación se dan en el D.H. Mediterráneo ⁷.

Por último, concluir que el consumo del agua mundial se duplica cada 20 años con un ritmo dos veces superior al crecimiento de la población humana ²⁰. Ante estas perspectivas, según un informe de las Naciones Unidas, para el año 2025, hasta dos terceras partes de la población mundial, que para entonces se habrá incrementado en otros 2,6 mil millones de habitantes, padecerá graves problemas de escasez mientras que la tercera parte restante se verá casi totalmente privada de agua ²⁰.

6.- AGUA APTA PARA CONSUMO HUMANO.

Tal y como establece la legislación vigente se considera *agua de consumo humano* a las siguientes ⁵⁰:

- 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.*

El Real Decreto 140/2003 tiene como objetivo *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* ⁵⁰.

El suministro de agua potable y el saneamiento ambiental son esenciales tanto para el bienestar social como para el desarrollo y la protección del medio ambiente. Sin embargo el agua dulce es un recurso limitado y vulnerable, muy sensible a las influencias externas y la degradación ambiental ¹¹.

Dada la importancia de este tema para la salud humana el suministro de agua a la población, en cantidad y calidad adecuada a los diferentes usos, es un servicio de carácter básico que constituye uno de los objetivos fundamentales en la salud pública de cualquier comunidad ¹¹.

De forma tradicional se entiende por calidad de un agua al conjunto de características físicas, químicas y biológicas que hacen que sea apropiada para un uso determinado. Esta definición ha dado lugar a normas cuyo objeto es asegurar la calidad adecuada del agua para garantizar determinados usos y que no recoja los efectos y consecuencias que la actividad humana tiene sobre las aguas naturales.

En la actualidad la legislación sanitaria contempla los criterios de calidad y los requisitos técnico-sanitarios para la captación, tratamiento y distribución de las aguas de consumo humano.

Según la legislación vigente *el agua de consumo humano debe ser salubre y limpia* ⁵⁰.

En este sentido el artículo 5 del Real Decreto 140/2003 determina que el agua de consumo humano es salubre y limpia cuando *no contiene 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 (tabla 7, 8 y 9)* ⁵⁰.

A través de la normativa vigente se han fijado los parámetros y valores paramétricos que debe cumplir el agua de consumo humano en el punto donde se pone a disposición del consumidor. Todos los valores establecidos 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 ⁵⁰.

En el artículo 6 de este mismo Real Decreto se especifica que el agua de consumo humano debe cumplir los criterios de calidad establecidos normativamente en las siguientes situaciones ⁵⁰:

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

- b. Para las aguas suministradas a partir de una cisterna, ya sea depósitos móviles públicos y privados, en el punto en que se pone a disposición del consumidor,
- c. Para las aguas utilizadas en la industria alimentaria, en el punto en que son utilizadas en la empresa.

No obstante, la reglamentación permite excepciones a los límites máximos tolerables de los distintos parámetros de las aguas de consumo, siempre y cuando no puedan constituir un peligro para la salud de la población abastecida ⁵⁰. Esta situación es regulada en Andalucía por el Decreto 164/1995 de 6 de junio, que organiza las Comisiones Provinciales de Calificación de las aguas potables de consumo público.

Tabla 7: Anexo I, parámetros microbiológicos ⁵⁰.

PARÁMETRO	VALOR PARAMÉTRICO	NOTAS
<i>Escherichia coli</i>	0 ufc / 100 ml	
Enterococo	0 ufc / 100 ml	
<i>Clostridium perfringens</i> (incluidas esporas)	0 ufc / 100 ml	1 y 2

(1) Cuando la determinación sea positiva y exista una turbidez mayor a 5 UNF se determinarán, en la salida de ETAP o depósito, si la autoridad sanitaria lo considera oportuno, «*Cryptosporidium*» u otros microorganismos 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.

Tabla 8: Anexo I, parámetros químicos que se controlan según las especificaciones del producto ⁵⁰.

PARÁMETRO	VALOR PARAMÉTRICO	NOTAS
Acrilamida	0.10 µg/l	1
Epiclorhidrina	0.10 µg/l	1
Cloruro de vinilo	0.50 µg/l	1

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.

Tabla 9: Anexo I, parámetros químicos ⁵⁰.

PARÁMETRO	VALOR PARAMÉTRICO	NOTAS
Antimonio	5.0 µg/l 10.0 µg/l hasta 31/12/03	
Arsénico	10.0 µg/l 50.0 µg/l hasta 31/12/03	
Benceno	1.0 µg/l __ µg/l hasta 31/12/03	
Benzo (a) pireno	0.010 µg/l	
Boro	1.0 mg/l	
Bromato	10.0 µg/l a partir 1/1/09 25.0 µg/l de 1/1/04 a 31/12/08 __ µg/l hasta 31/12/03	1
Cadmio	5.0 µg/l	
Cianuro	50.0 µg/l	
Cobre	2.0 mg/l	
Cromo	50.0 µg/l	
1, 2 dicloroetano	3.0 µg/l __ µg/l hasta 31/12/03	
Fluoruro	1.5 mg/l	
Hidrocarburos policíclicos aromáticos (HPA). Suma de: Benzo (b) fluoranteno Benzo (ghi) perileno Benzo (k) fluoranteno Indenol (1,2,3-cd)pireno	0.10 µg/l	
Mercurio	1.0 µg/l	
Microcistina	1.0 µg/l __ µg/l hasta el 31/12/03	2
Niquel	20.0 µg/l 50 µg/l hasta el 31/12/03	

Tabla 9: Anexo I, parámetros químicos (continuación) ⁵⁰.

PARÁMETRO	VALOR PARAMÉTRICO	NOTAS
Nitrato	50 mg/l	3
Nitrito	0.5 mg/l red distribución 0.1 mg/l salida ETAP/depósito	3 y 4
Total plaguicidas	0.5 µg/l	5 y 6
Plaguicida individual Excepto para: Aldrín Dieldrín Heptacloro Heptacloro epóxido	0.10 µg/l 0.03 µg/l 0.03 µg/l 0.03 µg/l 0.03 µg/l	6
Plomo	10.0 µg/l a partir 1/1/2014 25.0 µg/l de 1/1/04 a 31/12/2013 50.0 µg/l hasta 31/12/03l	
Selenio	1.0 µg/l	
Trihalometanos (THMs). Suma de: Bromodiclorometano Bromoformo Cloroformo Dibromoclorometano	100 µg/l a partir de 1/1/09 150 µg/l de 1/1/04 a 31/12/08 __ µg/l hasta 31/12/03	7 y 8
Tricloroetano + tetracloroetano	10 µg/l __ µg/l hasta el 31/12/03 individualmente	

(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 $[\text{nitrato}]/50 + [\text{nitrito}]/3 \leq 1$. 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.

La seguridad hídrica se consigue básicamente a través de la ordenación del sector y mediante sistemas racionales de utilización del agua, tanto de las superficiales como de las subterráneas u otras posibles, partiendo de una visión global y de la identificación de cada uno de los elementos que influyen en la cantidad y calidad del agua ⁴⁶.

Los principales aspectos que influyen en la calidad del agua en orden de importancia según las distintas situaciones son ⁴⁶:

- a. El vertido de aguas residuales insuficientemente tratadas.
- b. Los controles inadecuados de desechos industriales.
- c. La destrucción de las zonas de captación, la deforestación y las prácticas agrarias incorrectas.

El ser humano necesita para su desarrollo agua con el fin de satisfacer una serie de necesidades vitales ⁴⁵:

- a. Ingesta directa de agua o necesidad biológica.
- b. Consumo doméstico.
- c. Utilización municipal o urbana: jardines, limpieza pública, etc.
- d. Uso industrial, agrícola y ganadero.
- e. Uso recreativo.

Estas necesidades de agua para el hombre se plantean con el doble aspecto de cantidad y calidad ⁴⁵, no sólo es importante el suministro de agua de consumo de calidad adecuada, sino que es necesario un aporte de agua en cantidad suficiente que asegure el abastecimiento de la población.

Históricamente la presencia de recursos hídricos ha sido un condicionante para la aparición de asentamientos humanos en los que garantiza, no solo su utilización directa para el consumo de las personas, sino también para el desarrollo de las actividades productivas primarias.

La cantidad de agua para satisfacer las necesidades del hombre es muy variable de unas comunidades a otras, dependiendo de diversos factores tales como el clima, grado de desarrollo económico y social, etc ⁴⁵.

En las sociedades industrializadas el desarrollo del sistema productivo ha ido ligado a un fuerte aumento de la demanda de agua y, consiguientemente, un

incremento de la explotación de los recursos hídricos para hacer frente a las necesidades de los núcleos urbanos y de las industrias.

El aumento del nivel de vida entraña un mayor consumo de agua, de forma que, la demanda de agua para distintos usos (agrícola, industrial, recreativo, abastecimiento, etc.), se ha visto incrementada paulatinamente, alcanzando en el año 2004 los 5661 hm³. De este modo el consumo de los hogares andaluces aumentó en el periodo 1996-2004 un 15%, mientras que en España este aumento fue del 17% ¹¹. Según los datos de los Indicadores sobre el agua, del Instituto Nacional de Estadística, el consumo en los hogares de Andalucía en 2004 fue superior (189 l/hb/día) al de la media de España (171 l/hab/día) ²⁶.

El consumo de agua en los hogares está altamente relacionado con el núcleo poblacional en el que se integran y con la actividad desarrollada por la misma. La O.M.S. recomienda que la cantidad de agua no debe ser inferior a 90 l/hab/día en poblaciones rurales, 125 l/hab/día en poblaciones menores de 500000 hab y 250 l/hab/día en poblaciones de más de 500000 hab (tabla 10) ⁴⁵.

Tabla 10: Dimensionado para núcleos de población ³.

POBLACIÓN	CONSUMO MEDIO
Medios rurales	125 l/ hab/ día
Pequeñas ciudades	150-200 l/ hab/ día
Ciudades medianas y urbanizaciones	200-250 l/ hab/ día
Grandes ciudades	250-300 l/ hab/ día

La legislación española en el artículo 7 del RD 140/2003 indica que la dotación de agua a una comunidad debe ser suficiente para satisfacer las necesidades higiénico-sanitarias de la misma y para permitir el desarrollo de la actividad de la zona de abastecimiento, marcando como objetivo mínimo un abastecimiento total de 100 litros por habitante y día ⁵⁰.

Deben entenderse estos valores como el consumo medio por día y habitante, pudiendo éste variar considerablemente en los momentos de consumo punta de la jornada, pero que en el total del día se compensan, dando aproximadamente los valores referenciados. Se puede estimar que el consumo punta diario puede elevar el valor estimado en un ámbito cercano al 50% ³.

7.- EL AGUA: VEHÍCULO DE TRANSMISIÓN DE ENFERMEDADES.

7.1. El agua como factor de riesgo.

La relación del agua con la salud es reconocida desde tiempos muy remotos; tenemos que remontarnos al Levítico, año 1500 a.c, en el que aparece el primer código de higiene escrito en el que se mencionan una serie de deberes que incluyen la protección del agua de bebida, la eliminación de los excrementos y desperdicios y la limpieza del cuerpo ⁴⁵.

Históricamente las enfermedades transmitidas por el agua solían constituir un grave problema para la sociedad, este problema persiste aún hoy en muchas partes del mundo ⁴⁵. Existen países en vías de desarrollo, con abastecimientos de agua y saneamiento deficientes, en los que se da una alta prevalencia de enfermedades causadas por bacterias, virus, protozoos y helmintos transmitidos por el agua, estos organismos causan enfermedades que van desde ligeras gastroenteritis hasta enfermedades graves y fatales de carácter epidémico ⁴².

En la actualidad, la disponibilidad de agua se ha convertido en un indicador fundamental, no solo de los niveles de desarrollo socio-económico de los pueblos, sino también de la mejora del bienestar de la población y su calidad de vida en general. La salud de una comunidad mejora cuando dispone de suficiente cantidad de agua potable como para vivir en un ambiente sano con prácticas higiénicas adecuadas. De hecho, el crecimiento demográfico de los pueblos se intensifica con un correcto saneamiento de las aguas y con la posibilidad de hacer un uso continuo de ellas ⁴⁵.

Por esta razón, el abastecimiento de agua de buena calidad y su relación con la ausencia de enfermedad se menciona en la mayoría de las conferencias internacionales en materia de medioambiente y salud pública.

Así, en la Conferencia Internacional sobre Atención Primaria de Salud celebrada en Alma-Ata en 1978 queda designado como uno de los ocho componentes de la atención primaria de salud ⁴².

Mientras que en el capítulo 18 de la Agenda 21 de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo se establece que *aproximadamente, un 80% de todas las enfermedades y más de una tercera parte de las defunciones en los países en desarrollo tienen por causa el consumo de agua contaminada y en promedio, hasta una décima parte del tiempo productivo de cada persona se dedica a las enfermedades relacionadas con el agua* ⁴².

En la mayoría de los países, los principales riesgos asociados al consumo de agua contaminada aumentan con el grado de presencia de microorganismos patógenos en la misma. Sin embargo, esta relación no necesariamente es simple y depende de otros factores tales como la dosis infecciosa y la susceptibilidad del huésped ⁴².

Tanto la calidad como la cantidad del agua pueden afectar a la salud y bienestar de la población ⁴⁵.

La enfermedad es una de las primeras consecuencias del déficit de agua, aunque una cantidad suficiente de agua no garantiza por sí misma la protección de la salud ya que el consumo de aguas de calidad dudosa es también causa directa de enfermedades que afectan a cientos de millones de personas, principalmente en los trópicos, aunque también en los países desarrollados ⁴⁵. Podemos, pues, establecer dos niveles de actuación del agua desde el punto de vista de las enfermedades asociadas a su consumo:

- a. Relacionadas con el déficit o consumo insuficiente de agua se producen una serie de trastornos asociados, directa o indirectamente, a la alteración en el metabolismo del agua y sodio. Estas enfermedades pueden englobarse bajo la denominación genérica de trastornos del equilibrio hidroelectrolítico ⁴⁵.
- b. Relacionadas con la calidad del agua consumida se generan un gran número de patologías al producirse una alteración en su composición, ya sea porque alguno de los componentes habituales se encuentra en proporción diferente a las normales, o bien porque se incorporan a ella elementos no deseables ⁴⁵. De este modo, la contaminación microbiológica, química o radiológica de las aguas destinadas a consumo humano pueden causar o favorecer la aparición de múltiples enfermedades ¹¹.

Hay muchos mecanismos por los que condiciones inadecuadas de los abastecimientos de agua y las redes de saneamiento pueden repercutir desfavorablemente en la calidad del agua y, consecuentemente, en la salud de la población ⁴⁵. En este sentido, independientemente de los agentes que afecten a la calidad del agua para consumo humano, es necesario tener en cuenta los riesgos causados por la pobre protección de las fuentes de agua, el inadecuado manejo del agua durante el proceso de tratamiento y la mala conservación de su calidad a nivel de las redes de distribución ⁴².

Los trastornos ocasionados por la carencia de calidad se pueden presentar al beber el agua contaminada, consumir productos preparados con ella, o al utilizarla en la higiene personal, agricultura, industria o incluso, con fines recreativos ⁴⁵.

Cabe mencionar que, desde el punto de vista sanitario, la cantidad de agua puede influir indirectamente en la calidad mediante los siguientes mecanismos ⁴⁵:

- a. En zonas con recursos hídricos limitados las aguas suelen presentar una peor calidad al aumentar la contaminación por incremento de la concentración de iones por lavado de terrenos y/o por disminuir las posibilidades de autodepuración.
- b. Por otro lado, en los servicios de abastecimiento con recursos hídricos limitados se producen riesgos sanitarios importantes. En ellos, si se producen cortes frecuentes de suministro y se consume agua en las cotas más bajas, la presión negativa generada en la red hace que, a través de juntas no herméticas o perforaciones, se produzcan contaminaciones que son arrastradas una vez se reestablece el suministro.

Actualmente, en países desarrollados e industrializados como España, los riesgos sanitarios ocasionados por el agua se asocian cada vez más a la exposición a contaminantes esporádicos de origen químico (nitratos, metales pesados y plaguicidas), lo que constituye un problema creciente para los gobiernos, para los científicos y para la población en general.

Según el informe de la Agencia Europea de Medio Ambiente sobre *el Estado del Agua en Europa* de noviembre de 2003, los problemas fundamentales en las aguas Europeas son los siguientes ¹¹:

- a. Superación de los valores límites de nitratos en aproximadamente un tercio de las masas de agua subterráneas europeas; concretamente en Francia, Alemania y España más de un 3% de las muestras de agua potable sobrepasan los límites permitidos por la legislación comunitaria.
- b. Existencia de concentraciones preocupantes de plaguicidas utilizados en la agricultura tanto en las aguas superficiales, como subterráneas y de consumo.

- c. Incremento de la contaminación de las fuentes de agua potable con agua marina debido al exceso de extracción en las zonas costeras, especialmente en el mediterráneo.

Al trasladar este informe a la comunidad autónoma Andaluza se observa que, aunque con carácter general la calidad del agua de consumo es buena y coincidente con la europea, aunque la calificación de sus aguas superficiales continentales está por debajo de los valores nacionales ¹¹.

Con objeto de catalogar y calificar el estado de las aguas la directiva 2000/60/CE define el llamado índice general de calidad. Así, el índice general de calidad se sitúa en Andalucía entre 50 y 65 (calificación admisible), mientras que los valores nacionales se sitúan entre un 75 y 100 (calificación aceptable) ¹¹.

En Andalucía encontramos múltiples factores causantes de problemas de disponibilidad y deterioro de la calidad del agua entre los que cabe citar ¹¹:

- a. Irregularidad de su clima, destacando el caso de la sequía.
- b. Influencia de actividades humanas sobre el medio, como la deforestación, la erosión y la sedimentación.
- c. Inadecuada gestión de infraestructuras de saneamiento y abastecimiento, produciéndose contaminación difusa y vertidos.

De este modo, en el 2006 un 1,23% de la población andaluza sufrió problemas de abastecimiento por pérdida de aptitud para el consumo del agua distribuida, siendo necesario recurrir a suministros alternativos¹¹. Los principales problemas detectados se debieron básicamente a las siguientes causas ¹¹:

- a. Altas concentraciones de sales en aguas destinadas a la producción de agua potable de determinadas zonas. Esta situación, más acusada en periodos de sequía, afectó a un 1.02 % de la población.
- b. Episodios esporádicos de contaminación microbiológica por tratamiento incorrecto de desinfección o inadecuada gestión en el mantenimiento de las infraestructuras de distribución. La pérdida de aptitud debida a esta causa afectó a un 0.06% de la población.
- c. Contaminación de aguas superficiales y subterráneas destinadas a la producción de agua de consumo por plaguicidas fitosanitarios (0.001%) y nitratos (0.15%).

Según lo expuesto, concluimos afirmando que la gestión de los riesgos asociados al agua exige tanto una adecuada coordinación de las políticas ambientales, hidráulicas, agrícolas y sanitarias, como la participación de los distintos sectores en la aplicación de las soluciones y la implicación de los ciudadanos ¹¹.

7.2. Contaminación biológica del agua.

En la lista de agentes transmitidos por el agua que constituyen un problema mundial y que pueden producir efectos adversos a la salud se encuentran los agentes biológicos, sustancias químicas y radionúclidos.

La contaminación biológica del agua puede ser producida a partir de excretas humanas o animales, por aguas residuales y/o por microorganismos ambientales, siendo la primera de todas ellas la principal causa puesto que las excreciones de seres humanos y/o animales pueden contener múltiples especies de bacterias, virus, protozoos sanitarios patógenos y helmintos parásitos. De este modo, si en una comunidad existen casos activos o portadores de agentes biológicos patógenos, la capacidad disolvente del agua facilita que los organismos causantes de la enfermedad sean vehiculizados al agua, ocasionando la contaminación fecal de la misma ⁴².

La contaminación biológica del agua se produce principalmente por los siguientes mecanismos ⁴⁵:

- a. En el medio urbano por contaminación de manantiales, aguas superficiales, cauces y filtraciones desde la red de alcantarillado hasta la red de distribución de aguas de consumo.
- b. En el medio rural los pozos y manantiales se suelen contaminar a partir de filtraciones de pozos negros permeables y otros mecanismos no higiénicos de recogida de excretas y basuras.

Sin embargo, las posibilidades de supervivencia y multiplicación de los agentes biológicos que acceden al agua son escasas ya que no es un buen medio de cultivo y se producen en ella mecanismos naturales de autodepuración. Así se explica que, por lo general, las infecciones hídricas se producen principalmente cuando la transmisión es rápida, es decir, cuando el tiempo entre el momento de la contaminación del agua y el consumo es reducido ⁴⁵.

Al abandonar el huésped, todos los agentes biológicos patógenos que contaminan el agua pierden progresivamente su viabilidad y su capacidad infectiva.

Esa pérdida es, en general, exponencial, de modo que transcurrido un cierto periodo de tiempo, el patógeno deja de ser detectable en el medio.

Generalmente la contaminación fecal se dispersa rápidamente en las aguas superficiales: así, los patógenos y parásitos que poseen una alta infecciosidad o una gran resistencia fuera del organismo son los que frecuentemente son transmitidos directamente por el agua de bebida; mientras que aquellos que poseen baja persistencia y deben hallar rápidamente un nuevo huésped, son los que normalmente se transmiten por el contacto directo entre personas o por una deficiente higiene personal o de los alimentos ⁴². En la tabla 11 se recopilan las características de persistencia en el agua y resistencia a la cloración de los principales agentes patógenos localizados en el agua.

En la persistencia de los agentes biológicos influyen numerosos factores entre los que cabe mencionar el descenso de temperatura y los efectos letales de las radiaciones ultravioletas solares sobre las capas superficiales de las aguas. Por el contrario cantidades relativamente altas de carbono orgánico biodegradable, temperaturas elevadas y bajas concentraciones de cloro residual favorecen el desarrollo de los agentes patógenos y otros agentes biológicos en agua ⁴². Los virus y los parásitos en fase inactiva (quistes, ooquistes, huevos) no pueden multiplicarse en el agua ⁴².

Tabla 11: Características de persistencia en el agua y resistencia a la cloración de los principales agentes patógenos localizados en el agua ⁴².

AGENTE PATOGENO	PERSISTENCIA EN EL AGUA *	RESISTENCIA AL CLORO **
BACTERIAS		
<i>Campylobacter jejuni, C.coli</i>	Moderado	Baja
<i>Escherichia coli patógeno</i>	Moderado	Baja
<i>Salmonella typhi</i>	Moderado	Baja
Otras salmonelas	Prolongada	Baja
<i>Shigella spp.</i>	Breve	Baja
<i>Vibrio cholerae</i>	Breve	Baja
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Prolongada	Baja
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Pueden multiplicarse	Moderada
<i>Aeromonas spp.</i>	Pueden multiplicarse	Baja

Tabla 11: Características de persistencia en el agua y resistencia a la cloración de los principales agentes patógenos localizados en el agua ⁴²
(continuación).

AGENTE PATOGENO	PERSISTENCIA EN EL AGUA *	RESISTENCIA AL CLORO **
VIRUS		
Adenovirus	?	Moderado
Enterovirus	Prolongada	Moderado
Hepatitis A	?	Moderado
Hepatitis vía entérica no A/B	?	?
Virus Norwalk	?	?
Rotavirus	?	?
Virus pequeños y redondos	?	?
PROTOZOOS		
<i>Entamoeba histolytica</i>	Moderado	Baja
<i>Giardia intestinales</i>	Moderado	Baja
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Prolongada	Moderado
HELMINTOS		
<i>Dracunculus medinensis</i>	Moderado	Baja

?- No conocido o no confirmado.

*- Periodo de detección de la fase infecciosa en el agua a 20°C: breve (1 semana), moderado (1sem-1 mes), prolongado (más de 1 mes).

** - Cuando la fase infecciosa se encuentra en estado libre en el agua tratada con dosis y tiempos de contacto tradicionales. Resistencia moderada, el agente puede no quedar completamente destruido; resistencia baja, el agente queda completamente destruido.

7.3. Enfermedades infecciosas de transmisión hídrica.

En gran parte del mundo, como se ha señalado anteriormente, aún sigue habiendo una alta morbilidad (nuevos casos de enfermedad en un período determinado de tiempo) y mortalidad (número de fallecimientos atribuibles a tipo particular de enfermedad), provocada por las llamadas enfermedades de transmisión hídrica, actualmente de escasa incidencia en España.

Las enfermedades infecciosas de transmisión hídrica son aquellas que están causadas por agentes biológicos patógenos que se difunden por el agua y que utilizan esta vía como vehículo de transmisión.

Entre los agentes biológicos causantes de enfermedades encontramos a bacterias, como el *Vibrio cholerae*, *Salmonella* y *Shigella*; virus, como el de la hepatitis A y E; y los protozoos como la *Giardia* y el *Cryptosporidium*.

Por lo general el principal riesgo que representan los agentes biológicos patógenos se relaciona con la ingestión de agua contaminada con excretas humanas y animales; además pueden difundirse por contacto personal durante el baño, el lavado de ropa, por aerosoles o inhalación de vapor de agua, e incluso por la ingesta de alimentos regados con aguas contaminadas, con lo que siempre se mantiene un reservorio de casos y portadores y el riesgo nunca puede eliminarse por completo ⁴². Ante estas circunstancias la única posibilidad de reducción de la difusión por estas otras vías radica en una adecuada gestión del abastecimiento ⁴².

Según lo visto las vías de acceso al ser humano de los agentes causantes de enfermedades de transmisión hídrica pueden ser:

- a. Vía digestiva: ingesta directa de agua de abastecimientos o pozos aislados o por alimentos contaminados con agua de riego de origen fecal.
- b. Vía inhalatoria: emanaciones de vapor de agua.
- c. Vía cutánea: contacto con aguas contaminadas con sustancias disueltas que son absorbidas por la piel o mucosas (intactas o dañadas), o bien a través de insectos transmisores relacionados con el agua.

Entre los agentes causantes de enfermedades de transmisión hídrica distinguimos: patógenos que representan un *riesgo grave*, con gran extensión mundial, que siempre que se encuentran en el agua de bebida; y otro grupo de *riesgo moderado* para la salud a los que se les atribuye una baja patogenicidad y/o sólo causan enfermedad en individuos con inmunidad deteriorada y/o, a pesar de causar enfermedades graves, la vía de infección primaria es la inhalación o el contacto, más que la ingestión (tabla 12) ⁴⁵.

Tabla 12: Patógenos causantes de enfermedades de transmisión hídrica ⁴².

AGENTE PATOGENO	IMPORTANCIA PARA LA SALUD	DOSIS INFECCIOSA RELATIVA	RESERVORIO ANIMAL IMPORTANTE
BACTERIAS			
<i>Campylobacter jejuni, C.coli</i>	Grave	Moderada	Sí
<i>Escherichia coli patógeno</i>	Grave	Alta	Sí
<i>Salmonella typhi</i>	Grave	Alta	No
Otras salmonelas	Grave	Alta	Sí
<i>Shigella spp.</i>	Grave	Moderada	No
<i>Vibrio cholerae</i>	Grave	Alta	No
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Grave	Alta?	Sí
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Moderado	Alta?	No
<i>Aeromonas spp.</i>	Moderado	Alta?	No
VIRUS			
Adenovirus	Grave	Moderado	No
Enterovirus	Grave	Moderado	No
Hepatitis A	Grave	Moderado	No
Hepatitis vía entérica no A o B	Grave	?	No
Virus Norwalk	Grave	?	No
Rotavirus	Grave	?	No ?
Virus pequeños y redondos	Moderado	?	No
PROTOZOOS			
<i>Entamoeba histolytica</i>	Grave	Baja	No
<i>Giardia intestinales</i>	Grave	Baja	Sí
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Grave	Baja	Sí
HELMINTOS			
<i>Dracunculus medinensis</i>	Grave	Baja	Sí

?- No conocido o no confirmado.

Además, existe un grupo de patógenos oportunistas que causan enfermedades graves transmitidas por inhalación del agua en la que se multiplican gracias a las altas temperaturas y a la presencia de nutrientes: *Legionella spp.*, *Naegleria fowleri*, *Acanthamoeba spp.*, así como una serie de parásitos que, aunque pueden

transmitirse por contacto con el agua, la vía habitual es la ingestión de huevos en alimentos o tierra contaminada por heces: *Balantidium coli*, Fasciola, Echinococcus, Ascaris, Toxocara, Trichuris, Ancylostoma, *Taenia solium*, etc ⁴².

Por último, encontramos el grupo de las Cyanobacteria o alga verdiazul que, aunque no son causantes de enfermedades hídricas directamente, producen una serie de toxinas responsables del proceso morboso. Existen tres categorías de toxinas según la especie de cyanobacteria que la produzca ⁴²:

- a. Hepatotoxinas: Microcystis, Oscillatoria, Anabaena y Nodularia.
- b. Neurotóxicas: Anabaena, Oscillatoria, Nostoc, Cylindrospermum y Aphanizomenon.
- c. Lipopolisacáridos.

El riesgo de padecer una enfermedad infecciosa de transmisión hídrica no es igual para todos los seres humanos. La inmunidad individual varía por la influencia de factores como la edad, el sexo, el estado de salud y las condiciones de vida, o bien según sea el contacto con el patógeno. De este modo, este tipo de infecciones es más frecuente en lactantes, niños pequeños, personas debilitadas o que viven en condiciones antihigiénicas, enfermos y ancianos, en estos casos, la dosis infecciosa es significativamente inferior a la de la población adulta general ⁴².

Hay numerosos factores externos que afectan a la aparición de este tipo de enfermedades como la temperatura y la humedad. De este modo se ha observado un comportamiento estacional de la prevalencia de algunas de las enfermedades hídricas, por ejemplo, se sabe que por encima de determinadas temperaturas aumentan los casos de salmonelosis; que en los meses fríos se favorece el desarrollo de gastroenteritis febriles por Yersinia, Rotavirus y Adenovirus; y que en épocas de fuertes lluvias se incrementan las epidemias de criptosporidiosis⁴².

La mayoría de las enfermedades infecciosas transmitidas por el agua son enfermedades diarreicas causadas por una gran variedad de gérmenes (bacterias, virus, huevos de vermes o protozoos) eliminados al medio con la excretas de personas o animales. En el transcurso de esta enfermedad las personas afectadas pierden líquido y electrolitos, lo que provoca deshidratación y, en casos extremos, podría causar la muerte. En la tabla 13 se recopilan las características más relevantes de los principales agentes patógenos causantes de enfermedades entéricas de transmisión hídrica.

Tabla 13: Agentes patógenos causantes de enfermedades entéricas de transmisión hídrica ⁹.

AGENTE CAUSAL	SÍNTOMAS		PERIODO INCUB.	DURACIÓN ENFERM.	MODO TRANSM <i>PAP: Persona-persona</i>
	VOMITOS	DIARREAS			
Astrovirus	Ocasional	Ocasional	1-4 días	2-3 días, ocasionalm 1-14 d	Alimentos, agua, fecal-oral
Calicivirus	Frecuentes lactantes, variables en adultos	Ocasional	1-3 días	1-3 días	Alimentos, agua, nosocomial, fecal-oral
Virus Norwalk	Frecuentes	Poco FREC o moderada	18-48 horas	12-48 horas	Alimentos, agua, ¿aire, nosocomial, fecal-oral, PAP
Rotavirus grupo A	Frecuentes	Frecuentes	1-3 días	5-7 días	Agua, ¿alimentos, ¿aire, PAP
Rotavirus grupo B	Variables	Poco frecuentes	56 horas	3-7 días	Agua, fecal-oral, PAP
<i>Campylobacter jejuni</i>	variable	Puede ser disintérica	3-5 días (1-7 días)	1-4 días, ocasionalm >10d	Alimentos, agua, animales domésticos, fecal-oral
<i>E.coli</i> entero-invasivo	Ocasional	Acuosa o muy acuosa	12-72 horas	3-5 días	Alimentos, agua, fecal-oral, PAP
<i>E.coli</i> enteropatógena	Variable	Acuosa o muy acuosa	2-6 días	1-3 semanas	Alimentos, agua, fecal-oral, PAP
Escherichia enteroinvasiva	Ocasional	Puede ser disintérica	2-3 días	1-2 semanas	Alimentos, agua, fecal-oral, PAP
<i>E. coli</i> enterohemorrágica	Frecuentes	1º acuosa, después con sangre abundante	3-5 días	7-10 días (1-12 d)	Alimentos, agua, fecal-oral, PAP
Samonella	Ocasional	Suelta, acuosa, especialmente con sangre	8-48 h	3-5 d	Alimentos, agua, PAP, fecal-oral
Shigella	Ocasional	Puede ser disintérica	1-7 d	4-7 d	Alimentos, agua, fecal-oral, PAP
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Ocasional	Mucoide, ocasionalmente con sangre	2-7 d	1d-3 sem (promedio 9 días)	Alimentos, agua, PAP, fecal-oral, animales domésticos
<i>Vibrio Cholerae</i>	Frecuente	Puede ser profusa,acuosa	9-72 h	3-4 d	Fecal-oral, alimentos agua

Generalmente los agentes patógenos causantes de las enfermedades entéricas son vehiculizados por el agua de bebida, los alimentos o por manos sucias hasta los seres humanos en los que colonizan el tracto gastrointestinal para multiplicarse y volver a ser eliminados al medio. Por esta razón, si no existe una red de saneamiento adecuada, el círculo se perpetúa, ya que los agentes patógenos vuelven a dispersarse y alcanzar cursos de aguas superficiales o subterráneas, pudiendo sobrevivir mucho tiempo en el suelo o en las aguas residuales, o bien ser transportados a gran distancia por moscas u otros insectos ⁴².

Las enfermedades entéricas de transmisión hídrica se pueden presentar de forma epidémica o endémica, de ahí que constituyan uno de los principales problemas de salud pública para el que adquiere una especial importancia el correcto control de las redes de abastecimiento y saneamiento con objeto de evitar el desarrollo de epidemias ⁴⁵. El lavado correcto de las manos con agua y jabón junto con el acceso a instalaciones sanitarias adecuadas constituye el principal modo de prevención de este tipo de enfermedades.

En el 88 % de las enfermedades diarreicas se atribuyó como factor de riesgo al *Agua, Saneamiento e Higiene* ⁴².

7.4. Brotes epidemiológicos de transmisión hídrica.

Definimos un brote de enfermedad transmitida por el agua como *el incidente en el cual dos o más personas experimentan una enfermedad semejante tras el consumo o uso de agua potable, y donde las pruebas epidemiológicas señalan al agua como fuente de la enfermedad* ⁹. Como excepción a la citada definición indicar que es considerado también brote hídrico a un caso único de envenenamiento químico cuando los estudios de laboratorio indican que el agua ha sido contaminada por el producto químico ⁹.

En cualquier sociedad adquiere especial importancia la prevención de brotes de enfermedades hídricas ya que su amplia difusión a la población puede dar lugar a la infección simultánea de gran parte de la comunidad ⁴².

El agua, desde su origen, es sometida a una serie de procesos (captación, tratamiento y distribución) que pueden alterar su calidad, por lo que es susceptible de ocasionar la aparición de un brote siempre que se reúnan las circunstancias necesarias para el desarrollo del mismo ⁴⁵.

En nuestro país, los principales factores contribuyentes a la aparición de brotes hídricos son, por orden de implicación, la cloración inadecuada o insuficiente (40%),

alteraciones de la red (averías, obras, conexiones cruzadas, filtración el alcantarillado, etc) (35%), y por captación y consumo de agua procedente de pozos o fuentes (13.9%) ⁴⁵.

Los brotes hídricos presentan una clara distribución estacional pues está probada la existencia de una mayor incidencia de los mismos durante los meses de verano, julio y agosto.

Cuando se produce un brote, la investigación del mismo constituye uno de los elementos clave para su control y para la prevención de futuros episodios ⁹.

La investigación de un brote es un proceso complejo y multidisciplinar en el que, sólo en condiciones óptimas, llega a identificarse el germen responsable, el vehículo y los factores que pudieron contribuir a su aparición, hay que resaltar que en los últimos años el número de brotes de etiología desconocida supera a los de etiología conocida, lo mismo ocurre cuando se trata de considerar el vehículo y los factores contribuyentes ⁹.

En Europa únicamente son declarados un porcentaje muy pequeño de los brotes que realmente se producen cada año ⁹. Así, en España entre 1988 y 1991 se declararon un total de 340 brotes hídricos, correspondiendo el mayor número al año 1989 con un total de 112 brotes. De los 340 brotes declarados, sólo en un 27% de ellos se conoce el agente etiológico, un 24% de ellos por el virus de la hepatitis A, seguido de Salmonella y Shigella en un porcentaje de un 18% y 16% respectivamente ⁴⁵. En Andalucía la situación es muy parecida a la del resto del país y Europa, anualmente se declaran alrededor de 100 brotes que afectan a unas 1500 personas de las que un 13,5% requiere hospitalización ⁹.

Por todo lo expuesto, es imprescindible que el proceso de investigación del brote se inicie en el menor tiempo posible y siga el protocolo establecido para que sea eficaz y se obtenga la información necesaria para diseñar las medidas de control correctas ⁹. La coordinación de todos los profesionales y estamentos implicados en la investigación, la sistematización de las actividades a realizar y la unificación de criterios relacionados con el proceso son una herramienta básica para mejorar los datos existentes y la calidad de los mismos ⁹.

Una vez se detecta un brote el proceso seguido comprende las siguientes etapas:

a. Notificación.

Los brotes de enfermedad transmitidos por alimentos o agua requieren una notificación urgente y por sospecha al *sistema de vigilancia epidemiológica* ⁹.

El circuito de recogida de información al *sistema de vigilancia epidemiológica* puede comenzar en el personal sanitario que atiende el/los casos y notifica las Enfermedades de Declaración Obligatoria (EDO); personas afectadas o relacionadas con ellos que contactan directamente con la red de vigilancia, asociación de consumidores, etc.

Las EDO en nuestro país se encuadran dentro de cuatro categorías: Fiebres tifoideas y paratifoideas, disentería, toxiinfecciones alimentarias y otros procesos diarreicos.

Toda sospecha de brote es centralizada en Andalucía en el Distrito ó Área Sanitario desde el que, preferentemente el *Coordinador de Epidemiología y Programas*, dirigirá el proceso de investigación ⁹. Cuando la implicación del brote sobrepase el ámbito de un determinado distrito las funciones anteriores serán asumidas por el *Área de Epidemiología de la Delegación Provincial* correspondiente.

En cualquiera de los casos la información recogida en relación al brote debe contemplar, como mínimo, los siguientes aspectos ⁹:

- *Número de enfermos y/o expuestos.*
- *Características clínicas más importantes de los enfermos.*
- *Evolución y hospitalización de los casos.*
- *Localización espacial y temporal del brote.*
- *Fecha de aparición de los primeros síntomas.*
- *Medidas iniciales adoptadas.*
- *Teléfono de contacto para ampliar y/o concretar información.*

Toda esta información será transmitida al *sistema de vigilancia epidemiológica* de la Comunidad Autónoma Andaluza. Si se vieran afectadas provincias fuera de nuestra comunidad será el propio *sistema de vigilancia epidemiológica* de Andalucía el encargado de la comunicación con las mismas ⁹.

b. Investigación: Diseño, realización y resultados.

Una vez ha sido confirmada la existencia de un brote los pasos seguidos en el proceso de investigación son:

- Formulación de la hipótesis de partida.
- Diseño y realización de la investigación mediante:
- Análisis de la información recopilada.
- Obtención de resultados y conclusiones. En esta etapa se procede a verificar o no la hipótesis de partida y se tratará de dilucidar cuales han sido los factores que han contribuido al brote para adoptar las medidas de control necesarias ⁹.

c. Aplicación de medidas de control.

Tras el proceso de investigación se pondrán medidas a adoptar encaminadas en primer lugar a controlar el brote si éste persiste y, en segunda instancia, una vez se ha identificado la causa que lo ocasiona, a la prevención de futuros brotes ⁹.

Entre las medidas de control y preventivas a adoptar ante brotes hídricos cabe mencionar la desinfección del agua abastecida, la prohibición de consumo, prohibición del riego con aguas residuales, saneamiento de alimentos, etc. No obstante, cuando los brotes declarados son graves pueden aplicarse medidas de control sin esperar los resultados de la investigación del brote.

d. Elaboración del informe técnico final con los resultados del proceso una vez concluye la investigación del brote.

Este informe será elaborado por la persona encargada de coordinar la investigación del brote, normalmente perteneciente a la unidad de epidemiología del Distrito o Delegación Provincial ⁹.

A continuación el Informe-técnico será remitido a la Dirección del Distrito correspondiente desde la que se enviarán copias a los niveles superiores hasta llegar al Sistema de Vigilancia Epidemiológica de los Servicios Centrales de la Comunidad Autónoma ⁹. Con los Informes Técnicos remitidos se elaborará anualmente una Memoria que recopile los datos de los brotes producidos en las correspondientes áreas geográficas ⁹.

Finalmente todos los datos relacionados con brotes epidemiológicos recogidos a través de la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica serán publicados por el Centro Nacional de Epidemiología del Instituto de Salud Carlos III.

- e. Retroalimentación del proceso con objeto de que se conozca tanto el hecho como las recomendaciones oportunas en todos los niveles.

A pesar de la sistematización del proceso de notificación de brotes, las conclusiones del *Centro Nacional de Epidemiología* indican que los datos de los sistemas de vigilancia infravaloran la incidencia real de brotes de agua ya que no se detectan y declaran todos los brotes que se producen. Por esta razón este centro reconoce la necesidad de ampliar la investigación y cumplimentación de cada brote identificado, así como de aplicar mayor rigor en el estudio de los mismos ⁹.

La irregularidad en el número de casos notificados es importante si se tiene en cuenta que las enfermedades hídricas pueden pasar desapercibidas y/o no notificarse ya que puede transcurrir mucho tiempo desde que se produce la contaminación y se inicia la investigación, lo que favorece la desaparición de la fuente de infección, los factores que condicionan la contaminación y la supervivencia de los microorganismos en el agua, por lo que no será posible la confirmación por el laboratorio del agua como vehículo de transmisión ⁴⁵. A todos estos problemas hay que sumar que, si la fuente de infección es un alimento contaminado a partir del agua en el que los patógenos se mantienen y continúan multiplicándose, o bien si la propagación de la enfermedad se produce por contacto personal a partir de una persona vulnerable infectada por el agua, es posible que no se sospeche el papel inicial representado por el agua ⁴².

7.5. Indicadores microbianos de calidad del agua.

Según lo visto hasta ahora podemos afirmar que el control de la calidad microbiológica de un agua debería estar orientado exclusivamente a las especies patógenas para el hombre, sin embargo, existen una serie de razones que desaconsejan el control siguiendo esta vía ⁴⁵:

- a. Por un lado, aunque se han desarrollado multitud de métodos sensibles de examen sistemático para asegurar que el agua destinada al consumo humano está libre de contaminación fecal y en la actualidad es posible detectar la presencia de numerosos agentes patógenos en el agua, los métodos de aislamiento y recuento a menudo son complejos, requieren el

uso simultáneo de un gran número de medios de cultivo y técnicas específicas y consumen demasiado tiempo, por lo que no es factible localizar en el agua todos y cada uno de los patógenos microbianos posibles con la frecuencia recomendable desde el punto de vista sanitario ⁹.

- b. Además, resulta más sencilla la investigación de microorganismos inoocuos que la de patógenos ya que la proporción de éstos últimos es muy baja en relación a la de los primeros porque el número de sujetos enfermos y portadores en relación con la población sana es muy pequeño ⁴⁵.

Con objeto de solventar los inconvenientes mencionados se proponen una serie de métodos de análisis encaminados a detectar únicamente los organismos que normalmente se encuentran presentes en las heces de humanos y animales de sangre caliente, estos agentes se utilizarán como indicadores de contaminación fecal, de eficacia del tratamiento y de la desinfección el agua ⁴².

De este modo, la búsqueda de indicadores microbianos de contaminación fecal responde a criterios de prudencia, es decir, la detección de éstos es indicadora de presencia de materias fecales y, por lo tanto, de la posible existencia de patógenos intestinales, mientras que, su ausencia se asocia a la probable inexistencia en el agua de organismos patógenos ⁴². Así, el sistema más sensible y específico para valorar la calidad del agua desde el punto de vista de la higiene es la realización de análisis para detectar la posible existencia en ésta de organismos indicadores de contaminación fecal ⁴².

Para poder catalogar a un microorganismo como indicador de contaminación fecal y, de este modo, lograr que los resultados del análisis tengan sentido, es necesario que reúna las siguientes características:

- a. Ser abundantes en heces de seres humanos, estando ausente o en escaso número en otros medios.
- b. Poseer métodos sencillos de aislamiento, identificación y recuento.
- c. Ser incapaces de desarrollarse en el agua, aunque tienen que tener persistencia en este medio superior a la de los patógenos.
- d. Soportar el efecto de la desinfección mejor o de forma similar a los patógenos.

Aunque no existe ningún organismo que se ajuste específicamente a todos los criterios de indicador fecal descritos, se han elegido algunos grupos que se

aproximan mucho a las características enumeradas. Estos microorganismos seleccionados forman parte de la flora saprófita normal del intestino humano de modo que su presencia es señal inequívoca de contaminación fecal del agua: bacterias aerobias, coliformes, *escherichia coli*, estreptococos fecales y clostridios sulfito-reductores ⁴⁵.

Algunos de estos microorganismos no se encuentran en exclusiva en el intestino humano, sino que conforman también la flora intestinal de algunos animales de sangre caliente, no obstante, esto no ha impedido su selección, ya que muchos animales domésticos y peridomésticos juegan un papel muy importante en la contaminación fecal de las aguas al difundir al medio patógenos como Salmonella, Leptospira y *E. coli* enteropatógeno ⁴⁵. Además, dependiendo del microorganismo predominante identificado durante el análisis, es posible determinar el origen de la contaminación fecal, por ejemplo, es mayoritaria la presencia de estreptococos fecales frente a coliformes fecales en heces de animales que en las de humanos, por lo que, en los casos en los que tras el análisis se detecte este predominio, serán indicadores de que la contaminación se ha producido a partir de animales ⁴⁵.

A continuación se incluye una breve descripción de los principales organismos indicadores de contaminación fecal que se han analizado en el presente trabajo.

7.5.1. *Escherichia coli*

Es uno de los microorganismos que mejor se ajusta a los criterios definidos para el indicador fecal al ser el más fácil de identificar, más específico y el que más abunda en las heces, por esta razón es el que se recomienda como indicador de elección en las aguas de bebida cuando los recursos disponibles para el examen microbiológico son limitados ⁴².

Características que permiten su identificación:

Pertenece a la familia de las enterobacteriáceas y se caracteriza por poseer las enzimas β -galactosidasa y β -glucuronidasa. Se desarrolla a 44-45 °C en medios complejos, fermenta la lactosa y el manitol liberando ácido y gas y produce indol a partir del triptófano. Algunas cepas pueden desarrollarse a 37°C en vez de a 44-45°C y otras no liberan gas. *E. coli* no produce oxidasa ni hidroliza la urea ⁴².

Particularidades como indicador:

Abunda en heces humanas y animales, alcanzando concentraciones en heces recientes de hasta 10⁹ gr. Se localiza en aguas residuales, en los efluentes tratados

y en todas las aguas y suelos naturales que han sufrido una contaminación fecal reciente, ya sea procedente de seres humanos, de operaciones agrícolas o de animales o pájaros salvajes ⁴².

Como inconveniente cabe señalar que los enterovirus y las fases inactivas de *Cryptosporidium*, *Giardia*, amebas y otros parásitos son más resistentes a la desinfección que *E.coli*, por lo que la ausencia del indicador en el agua tratada no será indicativa necesariamente de que se encuentre libre de estos patógenos ⁴².

El RD 140/2003 establece que este microorganismo indicador debe investigarse en todos los análisis de control, en el grifo del consumidor y completos realizados al agua de consumo humano para determinar su calidad microbiológica y la eficacia del tratamiento de potabilización. En la legislación se fija como valor paramétrico para este microorganismo una cantidad de 0 ufc en 100 ml ⁵⁰.

7.5.2. Bacterias coliformes

La fácil detección y recuento en agua de los organismos del grupo coliformes ha hecho que en la actualidad sean considerados como un buen indicador microbiano de la calidad del agua de bebida ⁴².

Características que permiten su identificación:

Dentro de este grupo encontramos a un grupo de bacterias en forma de bastoncillo Gram-negativas que pueden desarrollarse en presencia de sales biliares y otros agentes tensoactivos con propiedades de inhibición del desarrollo similares. Se caracterizan por su capacidad para fermentar la lactosa a 35-37°C produciendo ácido, gas y aldehído en 24-48 horas y por su actividad β -galactosidasa. Son, además, oxidasa negativos y no forman esporas ⁴².

Tradicionalmente se ha considerado que dentro de este grupo de bacterias se engloban los géneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella* ⁴².

Particularidades como indicador:

Su utilidad como indicador de contaminación fecal está limitada ya que entre las especies que lo comprenden encontramos algunas que pueden hallarse tanto en heces como en el medio ambiente y en el agua de bebida con concentración de nutrientes elevadas, y otras que nunca o rara vez se encuentran en las heces y que pueden multiplicarse en agua potable de calidad relativamente buena ⁴².

No obstante, aunque los organismos coliformes no siempre posean una relación directa con la contaminación fecal y la presencia de patógenos en el agua de bebida,

se utiliza la determinación de bacterias coliformes como indicador de calidad microbiológica del agua tratada, de la eficacia del tratamiento seguido para eliminar los patógenos entéricos y las bacterias fecales y de la integridad de la red de distribución ya que, en las aguas tratadas, no deberían detectarse bacterias coliformes y, si las hubiera, sería indicativo de que el tratamiento ha sido insuficiente, que se ha producido una contaminación posterior o que la cantidad de nutrientes es excesiva ⁴².

Según el RD 140/2003 este grupo de microorganismos indicadores debe investigarse en todos los análisis de control, en el grifo del consumidor y completos realizados al agua de consumo humano para determinar su calidad microbiológica y la eficacia del tratamiento de potabilización. En la legislación se fija como valor paramétrico para estos microorganismos una cantidad de 0 ufc en 100 ml ⁵⁰.

No obstante, la superación del valor paramétrico establecido por la legislación vigente no implica necesariamente que el agua analizada deba ser catalogada como *no apta para el consumo* ³⁸. Así, en caso de incumplimiento, éste puede catalogarse como de riesgo bajo, medio o alto en función de lo cual se recomienda la aplicación de unas u otras acciones (tabla 14).

Tabla 14: Clasificación de incumplimientos por bacterias coliformes en el análisis del agua de consumo³⁸.

CALIFICACIÓN	VALOR CUANTIFICADO	ACCIÓN CORRECTORA
Riesgo bajo	> 0 ufc	Localizar el foco. Revisar la instalación Ajustar el procedimiento de desinfección
Riesgo medio	> 10 ufc	Además de las anteriores, tratamiento de limpieza y desinfección de la instalación afectada
Riesgo alto	> 100 ufc	Declaración de agua no apta para consumo. Prohibición del consumo, suministro alternativo.

7.5.3. Recuento de colonias a 22°C

El recuento de bacterias aerobias a 22 °C tiene el único significado de expresar el contenido global en el agua de bacterias, es decir, la carga microbiana presente en la misma ⁴⁵, sin que el valor determinado arroje información acerca de la carga de patógenos, eficacia del tratamiento y/o el origen de una posible contaminación.

La legislación española establece como criterio de análisis la determinación de bacterias a 22°C aunque realmente tendría una mayor significación determinar las bacterias a 37°C por ser ésta la temperatura óptima para el desarrollo de los patógenos para el hombre ⁴⁵.

Según establece el RD 140/2003 este grupo de microorganismos debe investigarse en los análisis de control realizados a la salida de la ETAP y/o depósito de cabecera o, en su defecto, a la salida del depósito de regulación y/o distribución, así como en los análisis completos realizados al agua de consumo humano para determinar su calidad microbiológica y la eficacia del tratamiento de potabilización. En la legislación se fija como valor paramétrico para estos microorganismos una cantidad de 100 ufc en 1 ml cuando la determinación se realiza a la salida de la ETAP, y especifica que no deben detectarse cambios anómalos cuando ésta se realiza en la red de distribución⁵⁰.

La superación del valor paramétrico establecido por la legislación vigente no implica necesariamente que el agua analizada deba ser catalogada como *no apta para el consumo*. En caso de incumplimiento éste podrá catalogarse como de riesgo bajo, medio o alto en función de lo cual se recomendará la aplicación de unas u otras acciones (tabla 15).

Tabla 15: Clasificación de incumplimientos por bacterias a 22°C en el análisis del agua de consumo³⁸.

CALIFICACIÓN	VALOR CUANTIFICADO	ACCIÓN CORRECTORA
A LA SALIDA DE LA ETAP		
Riesgo bajo	> 100 ó ≤ 1000 ufc en 100 ml	Revisar procedimiento de toma de muestra. Revisar y limpiar el grifo de toma.
Riesgo medio	> 1000 ó ≤ 10000 ufc en 100 ml	Además de las anteriores, revisar el procedimiento de desinfección
Riesgo alto	> 10000 ufc	Declaración de agua no apta para consumo.
EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN		
Riesgo bajo	> 100 ó ≤ 1000 que superen el doble del valor medio de las 3 últimas muestras en 100 ml	Revisar procedimiento de toma de muestra. Revisar y limpiar el grifo de toma.
Riesgo medio	> 1000 ó ≤ 10000 ufc en 100 ml	Localizar el foco Revisar la instalación afectada especialmente el punto de muestreo Limpiar la instalación Revisar el procedimiento de desinfección
Riesgo alto	> 10000 ufc	Declaración de agua no apta para consumo.

7.5.3. *Clostridium perfringens*.

Este microorganismo, especie más característica del grupo catalogado como clostridios sulfito-reductores, está normalmente presente en las heces, en menor número que *E. coli*, aunque puede proceder también de otras fuentes de origen ambiental⁴².

Particularidades como indicador:

Sus esporas sobreviven en el agua mucho más tiempo que los organismos del grupo coliformes y resisten la desinfección. Por esta razón, su presencia en aguas desinfectadas, puede indicar deficiencias del tratamiento realizado y posible supervivencia de otros microorganismos patógenos⁴².

Son microorganismos de gran persistencia por lo que son útiles como indicadores de contaminación intermitente o distante; sin embargo, no deben utilizarse para una vigilancia sistemática de los sistemas de distribución, ya que su tendencia a sobrevivir y acumularse hace posible la detección mucho después de que se haya producido la contaminación y en puntos muy alejados de ésta, por lo que dan lugar a falsas alarmas ⁴².

Por otro lado, puede utilizarse la determinación de esporas de *clostridium perfringens* como parámetro adicional que asegure la completa desaparición del agua de consumo de especies resistentes a la desinfección como son enterovirus y las fases inactivas de *Cryptosporidium*, *Giardia*, amebas y otros parásitos ⁴².

Según establece el RD 140/2003 este microorganismo indicador y sus esporas debe investigarse en los análisis de control realizados a la salida de la ETAP y/o depósito de cabecera o, en su defecto, a la salida del depósito de regulación y/o distribución, así como en los análisis completos realizados al agua de consumo humano para determinar su calidad microbiológica y la eficacia del tratamiento de potabilización. En la legislación se fija como valor paramétrico para este microorganismo una cantidad de 0 ufc en 100 ml ⁵⁰.

8.- SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO PÚBLICOS: MARCO LEGISLATIVO Y ESTRUCTURA.

El régimen de funcionamiento y características que deben reunir los abastecimientos de agua de consumo público está establecido en el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, en el Decreto 70/2009, de 31 de marzo y en otras reglamentaciones que lo suplementan.

El artículo 2 del RD 140/2003 define como *abastecimiento al 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 la citada disposición* ⁵⁰.

En cada abastecimiento se gestiona la producción de agua para una zona geográfica concreta denominada *zona de abastecimiento*, entendiendo como tal al *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 ⁵⁰.

Las zonas de abastecimiento están definidas por cuatro parámetros ⁵⁰:

- Denominación, tiene que ser única en cada provincia.
- Código de identificación.
- Número de habitantes abastecidos.
- Volumen medio diario de agua suministrada, para su cálculo se tiene en cuenta el cómputo anual.

Cada zona de abastecimiento está gestionada por un *gestor, persona o entidad pública o privada responsable del abastecimiento o de parte del mismo, o de cualquier otra actividad ligada al abastecimiento del agua de consumo humano* ⁵⁰.

La legislación vigente es aplicable a las aguas de consumo humano tal y como quedaron definidas en el apartado 5 de este trabajo, estando excluidas del ámbito de aplicación del citado reglamento las siguientes ⁵⁰:

- Las aguas a las que se aplica el *Real Decreto 1074/2002, de 18 de octubre, que regula el proceso de elaboración, circulación y comercio de aguas de bebida envasadas.*
- Aguas controladas por la *Ley 25/1990, de 20 de diciembre, del Medicamento.*
- Aguas mineromedicinales de balnearios legisladas 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.*
- *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.*
- *Aguas de la industria alimentaria que conste a la autoridad sanitaria que la calidad de aquéllas no afecta a la salubridad del producto alimenticio.*
- *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.

El abastecimiento de agua de consumo es uno de los servicios básicos para el desarrollo demográfico, social y económico de una sociedad; su prestación tiene carácter obligatorio para la Administración Pública, de este modo, la *Ley de Bases de Sanidad Nacional* y la *Ley 7/1985 Reguladora de las Bases de Régimen Local* en los artículos 25.2 y 26.1 establece que *el abastecimiento de agua potable es un servicio de competencia municipal* ²⁶.

En cada comunidad el suministro de agua se realiza a través del correspondiente Servicio de Abastecimiento de aguas de consumo público, que puede estar gestionado directamente por los ayuntamientos (gestión propia, mediante organismos autónomos o sociedades públicas) o de forma indirecta (sociedades mixtas, concesiones a empresas privadas, gestión integrada, concierto o arrendamiento) mediante concesiones o autorizaciones administrativas. La gestión puede ser afrontada también por entes supramunicipales de ámbito local (mancomunidades de municipios, áreas metropolitanas o agrupaciones de municipios) o autonómicos (consorcios, organismos autónomos, empresas públicas) ²⁶.

Entendemos por Sistema o Servicio de abastecimiento de aguas de consumo público al conjunto de zonas de protección, obras e instalaciones que permiten la captación de agua, la transformación de la misma en agua de consumo y la distribución de ésta hasta las acometidas de los consumidores, con las suficientes garantías sanitarias y en las condiciones previstas por la Ley 2/1985, de 2 de agosto, de Aguas y sus disposiciones reglamentarias ⁴⁵.

Según sea la procedencia (recurso superficial o subterráneo), desde su captación hasta el grifo del consumidor el agua pasará por distintas etapas: conducción hasta la ETAP, tratamiento, almacenamiento, distribución a través de redes u otros sistemas, etc., lo que hace que intervengan diversos factores que pueden afectar a su calidad e idoneidad para el consumo humano. Así, desde el servicio de Salud Ambiental de la Junta de Andalucía se trabaja con el objeto de prevenir factores ambientales de riesgo asociados al consumo de agua para mantener y mejorar el nivel de su calidad sanitaria ⁸.

El agua es indispensable para la vida por lo que es necesario poner a disposición de los consumidores un abastecimiento adecuado que satisfaga las necesidades de la población tanto en cantidad como en calidad.

Para estimar la calidad del agua se tienen en cuenta numerosos parámetros como protección de fuentes, eficacia y fiabilidad del tratamiento y la protección de la red de distribución, asimismo, en el abastecimiento se evalúan cuidadosamente tanto los costos de la vigilancia como el control de calidad del agua ⁴².

Antes de la construcción y puesta en marcha de un servicio de abastecimiento o parte de éste hay que realizar una serie de estudios previos de ingeniería, química, microbiología, arquitectura, análisis financiero, etc., necesarios para optimizar el proceso e imprescindibles para conseguir el producto final con la calidad deseada ⁴⁵.

Además, antes de iniciar la construcción de una infraestructura nueva en un servicio de abastecimiento se realiza una inspección sanitaria previa en la que se emite el correspondiente informe sanitario sobre proyecto y, posteriormente, una vez terminada la obra y antes del inicio de la actividad, informe sanitario de puesta en marcha. Este aspecto está regulado específicamente en el artículo 13 del RD 140/2003 que concreta en este sentido ⁵⁰:

- 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 (captaciones), 8 (conducciones), 10 (ETAP), 11 (depósitos y cisternas), y 12 (red de distribución), excepto para lo señalado en el apartado 3 del artículo 11 (depósitos y cisternas móviles para transporte exclusivo de agua convenientemente rotulados) e instalaciones interiores.*

Los pasos a seguir para la solicitud de los correspondientes informes son definidos en los artículos 17 y 18 del D 70/2009, de 31 de marzo.

Para la producción de agua de consumo inocua se pueden utilizar aguas de gran calidad, o bien se seleccionan y llevan a cabo adecuadamente una serie de operaciones de tratamiento para reducir los agentes patógenos y demás contaminantes a niveles insignificantes, no perjudiciales para la salud ⁴². No obstante, antes del diseño y construcción de un servicio de abastecimiento se debe atender siempre a la premisa de que *sólo deben llevarse a cabo las operaciones que sean imprescindibles o muy necesarias, ya que un agua natural cuanto menos se la manipule sin necesidad tanto mejor, pues frecuentemente los tratamientos alteran el equilibrio iónico del agua obteniéndose un producto de peor calidad que el inicial* ⁴⁵.

En cualquier caso, un abastecimiento bien concebido es aquel cuyas instalaciones no transmiten al agua sustancias o propiedades que contaminen o empeoren su calidad o que supongan un distanciamiento de los criterios de calidad establecidos. Así, el artículo 14 del RD 140/2003 determina *que 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* ⁵⁰.

Por otro lado, este artículo establece que la autorización para uso e instalación de productos de construcción en los equipos de tratamiento de edificios, depósitos y cisternas de aguas de consumo humano y redes de distribución, está sujeta a las disposiciones *reguladas por 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* ⁵⁰.

Señalar además que el artículo 15 del RD 140/2003 prevé que *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 ⁵⁰. En la actualidad el RD 202/2000 ha sido derogado por el RD 109/2010 de 5 de febrero, sin embargo la formación de los manipuladores sigue constituyendo un apartado específico a desarrollar en el protocolo de autocontrol y gestión de cada zona de abastecimiento.

El personal que desarrolla tareas en contacto directo con el agua suministrada debe tener la mayor cualificación profesional posible con objeto de garantizar la calidad del producto final y asegurar la protección de la salud de la población. Cuanto mayor sea el tamaño de la comunidad abastecida, tanto mayor debe ser el número y la cualificación profesional de los operarios ⁴⁵.

La formación del personal debe ser continua y abarcar aspectos como ⁴⁵:

- Normas de higiene para manipuladores de agua de consumo.
- Detección y prevención de riesgos sanitarios que conlleva la manipulación de agua.
- Medidas de caudal de agua a tratar con objeto de afinar los cálculos de desinfectante necesario.
- Preparación de soluciones madre de reactivo para asegurar la correcta dosificación de los mismos.
- Control y calibración de equipos de dosificación.
- Nociones de hidráulica y fontanería para prevenir y/o solventar averías en la red de abastecimiento.

En relación a la formación y cualificación del personal el artículo 10 del D 70/2009 exige que *las instalaciones de tratamiento de potabilización que sólo cuenten con unidades de desinfección, o de filtración y desinfección, dispondrán de una persona responsable técnica del tratamiento con capacitación profesional adecuada a las funciones del puesto*, indicando que será la persona titular de la consejería de salud competente en la materia quien defina mediante Orden las particularidades de la formación exigida ¹⁵. No obstante, según la disposición transitoria segunda del citado decreto los requisitos definidos por este artículo no serán de obligado cumplimiento hasta que transcurra un año desde la entrada en vigor de la Orden a la que hacemos referencia anteriormente, en la actualidad sin publicar ¹⁵.

Además de todo lo expuesto hay que recordar que el abastecimiento de agua de consumo no sólo tiene que cuidar la inocuidad de la misma sino también su apariencia, sabor y olor agradable ⁴². Así, los componentes del agua pueden influir decisivamente en sus características organolépticas, siendo éstos los únicos parámetros susceptibles de ser evaluados por el consumidor para valorar la calidad y aceptabilidad del agua que bebe, de modo que se suele considerar peligrosa y rechaza un agua muy turbia, de color acentuado o de sabor u olor desagradable ⁴². Un agua insatisfactoria en este sentido provoca desconfianza en los consumidores y da lugar a quejas y, posiblemente, al uso de agua procedente de fuentes menos seguras, al consumo agua embotellada o a la utilización de aparatos para tratar el agua en el hogar, lo que en algunos casos puede repercutir negativamente en la calidad de ésta, es, pues, necesario mantener una calidad aceptable para el consumidor, aunque la ausencia de defectos sensoriales evidentemente no garantice la inocuidad del agua ⁴².

El abastecimiento debe satisfacer una demanda urbana de agua caracterizada por la gran heterogeneidad de usos que incluyen tanto la utilización doméstica como usos municipales, colectivos, industriales, comerciales e incluso agrícolas; a esta característica hay que sumar que tanto la industria turística como la segunda residencia generan, en muchas zonas, una gran demanda en el abastecimiento que llega incluso a superar la correspondiente a la población que reside de modo habitual ²⁶.

Actualmente un total de 600 empresas gestionan el abastecimiento de agua a la población andaluza, incluyéndose en esta cifra los ayuntamientos que realizan la gestión del abastecimiento de agua a sus municipios de forma directa ¹¹.

Los gestores de los abastecimientos deben velar para que se mantenga la integridad del servicio. Así, algunos de los problemas que pueden plantearse en los servicios de abastecimiento se pueden evitar si los responsables de los mismos aseguran la realización de una serie de operaciones con objeto de comprobar que no se modifican las condiciones que pueden influir en la calidad del agua: protección de la fuente de agua no tratada y de su cuenca hidrográfica, mantenimiento e inspección regular de la planta de tratamiento y sistema de distribución, reparación y renovación inmediata de los equipos necesarios, formación adecuada de los administradores y del personal, y la potenciación de la educación de los consumidores ⁴².

A continuación se detallan las características particulares de cada una de las infraestructuras que integran los abastecimientos de agua de consumo humano.

8.1. Captación

El artículo 2 del RD 140/2003 define *agua destinada a la producción de agua de consumo humano* como *aquellas aguas que, independientemente de su origen, sufran o no un tratamiento, vayan a ser utilizadas para el consumo humano* ⁵⁰.

Además, este artículo especifica que una *fuerza natural* es una *captación* que *no es utilizada con fines comerciales y que no está conectada a depósitos, cisternas o redes de distribución* ⁵⁰.

Por otro lado, el artículo 7 de la citada legislación, concreta una serie de requisitos que deben cumplir las captaciones utilizadas para la producción de agua de consumo ⁵⁰:

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 (inspección sanitaria previa de nuevas instalaciones).

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.

Este último punto, el 4, es objeto de una definición más pormenorizada en el artículo 8 del D 70/2009 en el que se especifica que las medidas de protección adoptadas deben *impedir el acceso, intencionado o accidental, a las instalaciones de personas ajenas a las mismas o de animales* ¹⁵.

Por ello, antes de seleccionar una nueva fuente de agua de bebida es importante comprobar que la calidad es satisfactoria o puede llegar a serlo después del tratamiento previsto, así como que la cantidad disponible es suficiente para satisfacer la demanda de forma permanente, considerando las variaciones diarias, estacionales y las proyecciones de crecimiento de la comunidad ⁴².

En cualquier caso, antes de la construcción y explotación de una captación se debe asegurar la protección sanitaria de acuíferos, cauces, cuencas y zonas de captación ⁴⁵.

La *Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000* que establece el marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas prevé la definición de las aguas europeas y de sus características, por cuencas y demarcaciones hidrográficas, y la adopción de planes de gestión y programas de medidas apropiados para cada masa de agua ⁴⁵. Las medidas previstas por esta Directiva tienen por objeto ⁴⁵:

- Prevenir el deterioro, mejorar y restaurar el estado de las aguas superficiales, lograr que estén en buen estado químico y ecológico, y reducir la contaminación por vertidos y emisiones de sustancias peligrosas.

- Proteger, mejorar y restaurar las aguas subterráneas, prevenir su contaminación y deterioro, y garantizar un equilibrio entre su captación y renovación
- Preservar las zonas protegidas.

Toda cuenca hidrográfica debe protegerse contra la acción humana, aislándola y limitando o reglamentando las actividades desarrolladas en las zonas que puedan contaminarla, por ejemplo, deben controlarse los vertidos de desechos peligrosos, la explotación de minas y canteras, el uso de fertilizantes y plaguicidas en la agricultura, y el desarrollo de actividades recreativas (tabla 16) ⁴².

Tabla 16: Actividades ó Instalaciones situadas en el área de captación y que pudieran afectar a la calidad del agua ⁴².

TIPO	NATURALEZA DE LA ACTIVIDAD
Urbanas	Fosas sépticas. Almacenamiento, transporte y tratamiento de residuos o aguas residuales.
Agrícolas y ganaderos.	Granjas Depósitos de fertilizantes y plaguicidas Riego con aguas residuales Principales cultivos.
Industriales	Almacenamiento, transporte y tratamiento de hidrocarburos líquidos o gaseosos. Almacenamiento, transporte y tratamiento de productos químicos, farmacéuticos o radiactivos. Industrias alimentarias (p.e. mataderos y saladeros)
Recreativas	Campings, zonas de baño, pesca...
Otras	Minas, canteras Extracción de áridos

La selección y protección adecuada de fuentes tiene una gran importancia para el abastecimiento de agua inocua. Proteger el agua de la contaminación siempre es preferible a tratarla para hacerla apta para el consumo una vez ya esta contaminada ⁴². Sin embargo, cuando a pesar de adoptar las medidas de protección necesarias se advierta la existencia de una situación potencialmente peligrosa para la salud, el gestor del abastecimiento deberá considerar la naturaleza del riesgo, la disponibilidad de otras fuentes y la posibilidad de aplicar medidas correctivas apropiadas antes de decidir si es o no aceptable o aconsejable el abastecimiento de que se trate ⁴².

La protección de la captación es una condición previa e indispensable para mantener la calidad natural del agua. Está basada en la delimitación territorial de zonas geográficas conocidos como perímetros de protección (Art. 173 del RD 849/1986, que aprueba el RDPH) cuyo principal objetivo es ⁴⁸:

- Impedir la degradación de las infraestructuras e instalaciones de muestreo.
- Evitar el acceso intencionado o accidental de personas ajenas.
- Evitar el acceso de animales a la zona de captación.
- Evitar el vertido de sustancias contaminantes susceptibles de alterar la calidad de las aguas captadas.
- Reprimir el desarrollo de nuevas actividades incompatibles con la conservación de los recursos explotados.
- Reforzar los dispositivos de prevención y control en zonas de captación.
- Preservar la calidad inicial del agua para que las características de la misma se mantengan prácticamente estables y se asegure la eficacia del tratamiento previsto, generalmente adaptado a la calidad del agua bruta inicial ya que, cualquier variación de las características químicas del agua, puede provocar una disminución de la eficacia.

Los perímetros de protección de una captación juegan un papel de barrera pasiva contra la contaminación especialmente importante para las aguas subterráneas, y constituyen la mejor garantía para obtener, de forma permanente, un agua de calidad satisfactoria.

En la práctica se pueden considerar cuatro modalidades de captación según la naturaleza del agua de procedencia:

- Aguas de precipitación: En principio esta agua es apta para consumo tanto química como microbiológicamente; sin embargo, en la práctica, suele estar contaminada, por lo que siempre es necesario efectuar, al menos, el proceso de desinfección ⁴⁵.
- Aguas subterráneas: *todas las aguas que se encuentran bajo la superficie del suelo en la zona de saturación y en contacto directo con el suelo o el subsuelo* ².

Este recurso hídrico hace referencia al agua extraída, generalmente, desde un acuífero, entendiendo como tal a *una o más capas subterráneas de roca o de otros estratos geológicos que tienen la suficiente porosidad y permeabilidad para permitir un flujo significativo de aguas subterráneas o la extracción de cantidades significativas de aguas subterráneas* ².

Las captaciones a partir de manantiales o pozos artesianos requieren un aumento de la sección de salida del agua para facilitar el caudal, además, con objeto de aumentar el rendimiento en captaciones a partir de pozos, debe proyectarse una profundidad tal que queden por debajo de la capa freática ⁴⁵. Los pozos deben tener un cierre hermético y una zona cementada alrededor que evite la penetración directa de agua de lluvia y filtraciones ⁴⁵. Durante el bombeo de agua en pozos se debe evitar el arrastre de tierras y arena; así, en este tipo de extracciones tiene una gran importancia la calidad del terreno puesto que los arenosos producen aguas menos contaminadas por efecto de la filtración, mientras que los impermeables (arcillosos) no producen este efecto al circular el agua a través de grietas ⁴⁵.

Tanto manantiales como pozos han de localizarse y construirse de forma que queden protegidos del desagüe de aguas superficiales y de posibles inundaciones. El terreno para la construcción debe ser en pendiente para evitar que se formen charcos durante las precipitaciones ⁴².

Sea cual sea el origen del agua subterránea, se debe garantizar un perímetro de protección de 100 a 250 m, con valla o alambrada ⁴⁵ que evite la contaminación o degradación del agua en el punto de captación por el acceso intencionado o accidental a la zona de personas ajenas a la misma o animales ¹². El perímetro de protección debe mantenerse libre de basuras ⁴².

- Aguas superficiales: Las aguas superficiales continentales son aquellas aguas con corriente superficial o las que se retienen sobre la superficie de una hondonada terrestre, es decir, las que se encuentran embalsadas. Dentro de las aguas con corriente superficial se incluyen las de los cauces naturales (ríos y arroyos) y de los cauces artificiales (sistemas de canalización para el regadío, la industria y la navegación, sistemas de drenaje y las reservas artificiales) ²⁶.

Para los ríos el punto de captación puede variar en función del caudal, materiales de arrastre, navegabilidad, etc., por lo que es necesario un estudio específico de cada caso; no obstante, la captación siempre se hace aguas arriba de la población que se quiere abastecer, tomándose habitualmente el agua en la parte central del cauce y próxima a la superficie ⁴⁵.

Cuando la captación se realiza directamente en embalses y lagos profundos de nivel relativamente constante la extracción se hace a una profundidad de 30 a 35 metros con objeto de evitar problemas de proliferación de plancton por efecto de la luz solar y, al menos, a 7 metros por encima del fondo, para evitar la contaminación por partículas generadas en las corrientes profundas ⁴⁵. Para este tipo de captaciones debe tenerse en cuenta la inversión de capas de agua por efectos térmicos ⁴⁵.

Si la extracción se realiza en embalses de poca profundidad y nivel variable la toma debe hacerse lo más alejada posible de las orillas y, al menos, a 20 cm de la superficie, con el fin de eliminar los contaminantes flotantes y para que el agua proceda de una zona de aireación que favorezca la autodepuración ⁴⁵. En estas infraestructuras se suelen instalar torres con tomas a diferente altura ⁴⁵.

- Aguas de mar: La tecnología disponible para la desalinización de aguas de mar tiene un coste elevado, por lo que su uso no está extendido y únicamente se utiliza en lugares en los que no se dispone de otras fuentes de captación más rentables económicamente ⁴⁵.

En principio no es aconsejable su uso siempre que exista otra alternativa; no obstante, en caso de ser necesaria, la captación se debe hacer lejos de la orilla y zonas de baño, evitando lugares en que se realicen vertidos de aguas residuales ⁴⁵.

Sin embargo, la desalación empieza a tener un valor estratégico considerable para poder satisfacer la demanda de los abastecimientos, de forma que, las previsiones de futuro, orientan hacia la potenciación de esta alternativa. En la actualidad Andalucía cuenta con dos plantas desaladoras, una en la costa del sol malagueña, y otra en Almería ¹¹, mientras que en el marco del Plan de Ordenación del Territorio de la

Costa del Sol Occidental se prevé la puesta en marcha escalonadamente hasta de seis plantas desaladoras ¹⁰.

En Andalucía la mayoría de los recursos hídricos utilizados para el abastecimiento son de origen superficial (73% de la población abastecida). No obstante, muchos abastecimientos con captaciones procedentes de aguas superficiales poseen, además, captaciones alternativas de origen subterráneo, que son utilizadas con carácter ordinario o extraordinario (situaciones de sequía o emergencia) para su mezcla con las superficiales ¹¹.

A simple vista se podría considerar que las aguas subterráneas se mantienen más puras y presentan mejor calidad que las superficiales, por lo que deberíamos decantarnos por las primeras a la hora de seleccionar una fuente. Sin embargo, aunque es cierto que las superficiales presentan una contaminación aparente mucho mayor, ésta resulta más fácil de tratar y menos costosa que el posible tratamiento de la contaminación existente en una captación subterránea. En lo relativo a la T^a y contenido en materia orgánica, sí suelen ser más adecuadas las aguas profundas, que por el contrario suelen presentar también una mayor mineralización (tabla 17)⁴⁵.

Tabla 17: Diferencias entre aguas superficiales y aguas subterráneas ⁴⁵.

CARACTERÍSTICA	A. SUPERFICIAL	A. SUBTERRANEA
Temperatura	Variable	Relativamente constante
Turbidez	Variable alta	Baja o nula
Mineralización	Variable baja	Generalmente alta
Hierro y manganeso	Generalmente ausente	Generalmente presente
CO ₂ agresivo	Generalmente ausente	Generalmente presente
Oxígeno disuelto	Próximo a saturación	Generalmente ausente
Amoníaco	Sólo en aguas contaminadas	Presencia frecuente. No siempre indica contaminación
SH ₂	Ausente	Generalmente presente
Sílice	Contenido moderado	Generalmente contenido elevado
Nitratos	Variable bajo	Variable alto
Organismos	Enterobacterias, virus, plancton	Frecuentemente ferrobacterias
Riesgo de contaminación	Alto	Bajo
Persistencia de la contaminación	Bajo	Alto
Contaminación	Fácil de detectar. Localizada Fácil de corregir	Difícil de detectar Difusa Difícil corregir
Tratamiento del agua	Necesario siempre	En muchos casos sólo desinfección
Vigilancia del agua	Frecuente	Menor frecuencia
Temperatura	Influencia estacional	Constante

8.2. Conducción

El artículo 2 del RD 140/2003 define una *conducción* como *cualquier canalización que lleva el agua desde la captación hasta la ETAP o, en su defecto, al depósito de cabecera* ⁵⁰.

En la citada legislación el artículo 8 concreta una serie de requisitos que deben cumplir las conducciones de los sistemas de abastecimiento ⁵⁰:

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.*

En la actualidad, como norma general, la conducción de agua, desde las nuevas captaciones hasta la ETAP ó, en su caso, depósito de cabecera, debe ser cerrada, esta condición es obligatoria desde la publicación y entrada en vigor del D 70/2009 siempre que las mismas sean de uso exclusivo para aguas de consumo humano; en el caso de conducciones ya existentes, sólo se obliga al gestor al cierre de aquellas conducciones abiertas en las que la inspección sanitaria determine, mediante informe sanitario al respecto, que existe riesgo para la salud de la población abastecida ¹².

Al igual que las captaciones las conducciones deben estar provista de las medidas de protección necesarias para evitar la contaminación o degradación del agua ¹⁵.

8.3. Estación de tratamiento de agua.

El artículo 2 del RD 140/2003 define una *estación de tratamiento de agua potable (ETAP)* como el *conjunto de procesos de tratamiento de potabilización situados antes de la red de distribución y/o depósito, que contenga más unidades que la desinfección* ⁵⁰.

Además este mismo artículo define el concepto de sustancia, necesario para la mejor comprensión del apartado que nos ocupa. De este modo, se considera una sustancia como *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 ⁵⁰.

El artículo 9 de la citada legislación concreta los aspectos mínimos que debe reunir el tratamiento de potabilización del agua de consumo humano ⁵⁰:

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 (tabla 18) 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 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.

A las características de las ETAP mencionadas en el RD 140/2003 hay que añadir las particularidades que establecen los artículos 10 y 14 del D 70/2009, de 31 de marzo.

En concreto, el apartado 4 del artículo 14 puntualiza en relación al proceso de desinfección definido en el apartado 2 que, en caso de usarse cloro o derivados, el valor de Cloro Residual Libre en la red de distribución debe mantenerse entre 0.2 mg/l y 1,0 mg/l; además, en el artículo 14 se prevén las actuaciones a realizar en caso de detectarse con carácter periódico o esporádico en el agua destinada a la producción de agua de consumo de organismos o sustancias que puedan suponer un riesgo para la salud humana y/o plaguicidas fitosanitario ¹⁵.

Mientras que el artículo 10, puntualiza que todas las ETAP deben contar con *medidas de seguridad que impidan el acceso intencionado o accidental a la misma de personas ajenas o animales y disponer de los sistemas necesarios para permitir un tratamiento de potabilización acorde con la calidad del agua que se pretende potabilizar*; el artículo 10 especifica además la cualificación técnica que debe disponer el personal que trabaje en las mismas ¹⁵.

Tabla 18: Contaminantes generados con las actuaciones de tratamiento.

OPERACIÓN	CONTAMINANTE
Desinfección insuficiente	Entorococos, <i>Clostridium</i> SR, <i>C. perfringens</i> , bacterias Coliformes, Aerobios a 22 °C
Aporte de resinas en el Ttº	Epiclorhidrina
Fluoración	Fluoruro
Defectos en Ttº de coagulación	Acilamida, Al, Fe, sulfatos (residuo de coagulantes), sust. húmicas (defic. coagulación, precursor THMs)
Desinfección deficiente	CLR elevado
Subproductos de la cloración	THMs, Tricloroetano, Bromoformo Dibromoclorometano, cloroformo,

En relación a las sustancias que deban ser adicionadas al agua durante el proceso de potabilización tanto el RD 140/2003 como el D 70/2009 coinciden indicando que deben cumplir con lo dispuesto en la Orden SCO/3719/2005, de 21 de noviembre, sobre sustancias para el tratamiento del agua destinada a la producción de agua de consumo humano ¹⁵. Además, estas sustancias deben aparecer en el anexo II del RD 140/2003 y cumplir con lo que especifican sus artículos 9 y 10.

Las sustancias adicionadas al agua se clasifican en diferentes grupos en función de la finalidad de su adición ⁵⁰:

- Desinfectantes para agua.
- Desinfectantes para superficies 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.
- Algucidas y antiincrustantes: para eliminar o impedir el desarrollo de algas en agua destinada a producir agua de consumo humano, o bien productos con acción antiincrustante o desincrustante.
- Otras sustancias no incluidas en los apartados anteriores.

En relación a las sustancias utilizadas para el tratamiento de agua la legislación vigente concreta ⁵⁰:

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.

El objetivo fundamental de una Estación de tratamiento de aguas (ETAP) es que la eliminación de patógenos, contaminantes y compuestos biodegradables sea lo más completa posible antes de la desinfección final ⁴².

Cualquier agua natural, en función de su origen, puede contener una amplia variedad de compuestos orgánicos e inorgánicos. Por esta razón, el tratamiento del agua bruta es necesario para la eliminación o ajuste de la concentración de los compuestos presentes en el agua que puedan suponer un factor de riesgo para la salud humana, así como para adecuar sus características en función del uso previsto ⁴⁵.

Para decidir los procesos de tratamiento que deben utilizarse en un caso concreto hay que tener en cuenta la naturaleza de la fuente y la calidad del agua que proporciona ⁴² para adecuar sus características a la normativa vigente ⁴⁵. Toda nueva planta debe disponer de los sistemas e instalaciones necesarios para permitir un tratamiento de potabilización acorde con la calidad del agua prepotable que se prevé potabilizar ¹². Así, la intensidad de tratamiento a diseñar dependerá:

a. Del grado de contaminación en la fuente.

Tras el estudio detallado de la fuente y la cuenca hidrográfica que incluya la evaluación de probables focos de contaminación, se determinarán las particularidades de carácter microbiano y químico del agua que precisan alguna intervención durante el tratamiento. Para facilitar la selección se pueden hacer amplios estudios bacteriológicos, en distintas estaciones y condiciones climáticas ⁴².

Así, si el agua está contaminada en origen, es importante que el tratamiento conste de varios procesos que garanticen un alto grado de protección y evite la dependencia de un solo proceso ⁴².

b. Características físico-químicas y microbiológicas del agua a suministrar ⁴⁵

c. Tamaño y disponibilidades económicas de la población a abastecer ⁴⁵.

Las instalaciones son más o menos complejas en función de los aspectos mencionados. No obstante, aun suponiendo que el agua es apta en la fuente de captación, como mínimo es necesario realizar la medida de caudales, operación

básica siempre que se tenga que dosificar algún reactivo, y la desinfección, para garantizar la potabilidad durante el posterior almacenamiento y distribución ⁴⁵.

En principio, es lógico diseñar la planta de tratamiento a la medida del agua problema puesto que los posibles esquemas de tratamiento están condicionados por las características analítica de ésta ⁴⁵:

- Físico-químicos: Turbidez, color, falta o exceso de oxígeno disuelto, exceso de gas carbónico agresivo, etc.
- Químicos: presencia de hierro y manganeso, nitratos, nitritos, amoníaco, sulfatos, sustancias que provocan olor y sabor, etc.
- Biológicos: bacterias, virus, algas, etc.

Por lo general las aguas superficiales suelen estar muy contaminadas por lo que tienen que ser sometidas a un tratamiento completo ⁴². Sin embargo, las aguas subterráneas extraídas de acuíferos profundos suelen estar libres de microorganismos patógenos por lo que se puede hacer una distribución sin tratamiento previo de la misma siempre y cuando esté correctamente definida la zona de influencia del acuífero y se hayan reglamentado medidas eficaces de protección tanto para la zona de influencia como para el sistema de distribución ⁴². Para esta agua, si no se puede garantizar la protección continua desde la fuente al consumidor, es necesario, como mínimo, desinfectar el agua y asegurar que contenga CRL en concentración suficiente ⁴².

Las operaciones unitarias a realizar para la depuración del agua deben seleccionarse cuidadosamente teniendo en cuenta que el volumen de agua a tratar es muy elevado y que los costes varían en función de la metodología seleccionada ⁴⁵. En general habrá que considerar que cuanto más diluido esté un compuesto en el agua problema más energía será necesaria aplicar para eliminarlo del agua ⁴⁵.

Una vez definidas las características del agua problema es necesario realizar pruebas de laboratorio para, tras los ensayos piloto, proceder a la construcción de la planta potabilizadora con las instalaciones necesarias para la realización de las operaciones unitarias previstas. No obstante, en ocasiones, la experiencia práctica y conocimiento del agua problema resulta más importante que cualquier estudio teórico y práctico que se realice ya que, a veces, los tratamientos funcionan de forma diferente en la ETAP y en el laboratorio, ya sea porque los reactivos empleados no son de calidad analítica, los procesos físico-químicos no se ajustan al 100% a los modelos teóricos o porque las condiciones ambientales no son

constantes en el tiempo ⁴⁵. Por ello, una vez se procede a la puesta en marcha de las instalaciones, siempre hay que realizar correcciones empíricas de los tratamientos para conseguir adaptar las características del agua a la normativa vigente ⁴⁵.

Por último, una vez puesta en marcha la planta de tratamiento, la realización sistemática de exámenes bacteriológicos de la fuente permite determinar tendencias a largo plazo de la calidad del agua con objeto de tener previsto el momento en que será necesario revisar el tipo de tratamiento implantado ⁴².

Todo proyecto de construcción de una nueva ETAP o remodelación de una existente debe contar con informe sanitario vinculante. Posteriormente, antes de la puesta en funcionamiento, se requiere informe sanitario basado en la inspección, valoración del funcionamiento y seguimiento de los resultados analíticos de los parámetros que, en cada caso concreto, se determinen ¹².

De cualquier modo, la secuencia de tratamiento previsto ha de producir agua de gran calidad microbiológica que asegure que la desinfección final sea fiable y eficaz ⁴². La desinfección del agua es más eficaz cuando ésta ha sido tratada previamente para eliminar la turbidez y se han hecho desaparecer, en la medida de lo posible, las sustancias que exigen actividad desinfectante o que protegen a los patógenos contra la desinfección. ⁴².

En la tabla 19 se realiza una clasificación de las operaciones unitarias básicas que podemos encontrar en una ETAP.

Tabla 19: Operaciones Unitarias Básicas en ETAP.

PRETRATAMIENTO	TRATAMIENTO
Desbaste Desarenado Desengrasado	Aireación-Oxidación Precloración Coagulación-Floculación Decantación Flotación Filtración Filtración-Adsorción Desinfección

El tratamiento de agua para zonas urbanas procedente de fuentes situadas en tierras bajas comprende, por lo general, las siguientes fases ⁴²:

- Almacenamiento en depósitos o desinfección previa.

- Coagulación, floculación y sedimentación (o flotación).
- Filtración y desinfección.

En este esquema se pueden sustituir unas operaciones por otras o introducir fases adicionales según sean las condiciones locales ⁴².

A veces, en comunidades de gran tamaño, la elevada demanda de agua sólo se puede atender utilizando fuentes de agua de calidad microbiológica deficiente, en estos casos es necesario implantar todos los recursos y sistemas de tratamiento disponibles con el fin de obtener aguas aptas para consumo humano ⁴²

La serie típica aplicable a aguas superficiales que abastecen zonas rurales y distantes comprende ⁴²:

- Almacenamiento.
- Sedimentación o cribado.
- Filtración previa con grava y filtración lenta con arena.
- Desinfección.

No obstante, para pequeñas comunidades de zonas rurales, a veces, la única forma de tratamiento posible es la protección de la fuente ⁴².

En una ETAP se pueden utilizar otros procesos para reducir la posibilidad de reaparición de bacterias de efectos molestos en las redes de distribución como la ozonización seguida de un tratamiento con carbón activado, que elimina el carbono orgánico asimilable y reduce el número de agentes patógenos ⁴².

En la actualidad las ETAP tienden a potenciar la aplicación de métodos de tratamiento físicos o biológicos para minimizar la cantidad de productos químicos (cloro, coagulantes, etc.) utilizados y optimizar su uso, reduciendo, de este modo, la producción de productos secundarios de la desinfección ⁴².

8.4. Depósitos

El artículo 2 del RD 140/2003 define un *depósito* como *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* ⁵⁰.

El almacenamiento de agua como proceso dentro de un sistema de abastecimiento de agua a una población contribuye a cumplir tres funciones de gran importancia:

- Interviene en la potabilización, pues durante el tiempo de retención del agua en el depósito continua actuando el desinfectante residual, generalmente cloro, sobre los compuestos orgánicos más difíciles de degradar que todavía pueda contener el agua ⁴⁵. De hecho, en los sistemas de abastecimiento de pequeñas poblaciones es frecuente que la desinfección se realice directamente en el depósito y/o que se haga una re-cloración si el depósito de almacenamiento se encuentra muy alejado del de cabecera.
- Puesto que el consumo de agua es muy variable a lo largo del día, el almacenamiento de agua en un depósito asegurará al consumidor la cantidad necesaria de agua y evitará las interrupciones o cortes en la red de distribución en las horas punta ⁴⁵.
- Ya que los depósitos de almacenamiento suelen colocarse en las cotas más altas del terreno, contribuyen a garantizar la presión hidráulica necesaria en la red de distribución, evitando en muchas ocasiones la realización de costosos bombeos ⁴⁵.

En el artículo 11 de la legislación vigente de aguas se concretan una serie de requisitos que deben cumplir los depósitos que forman parte de los sistemas de abastecimiento ⁵⁰:

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 señalar 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.

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.

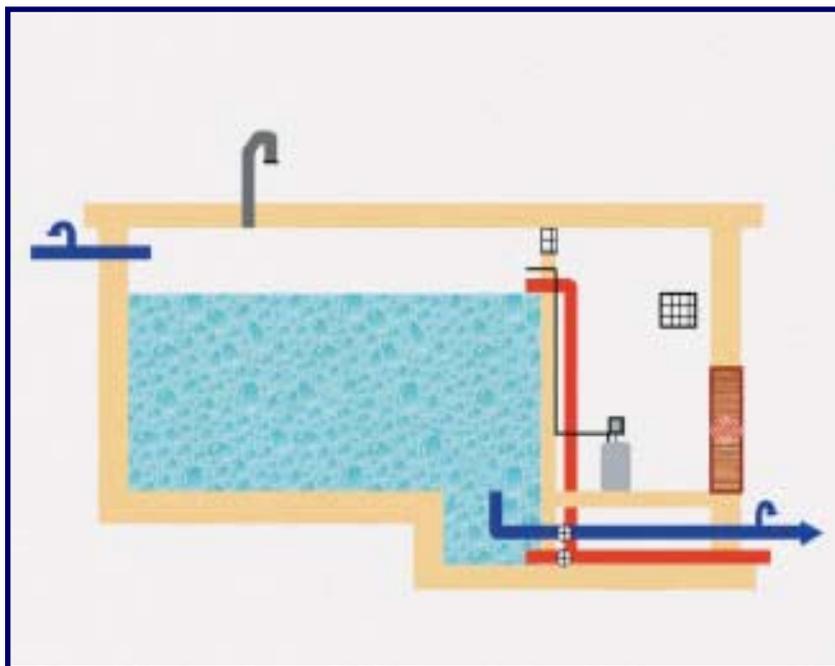
El apartado 2 antes mencionado es objeto de una definición algo más pormenorizada en el artículo 9 del D 70/2009 en el que se especifica que las medidas de seguridad que *impidan el acceso intencionado o accidental al mismo de personas ajenas o animales; además*, este artículo 9 indica que los depósitos deben contar con *sistemas de llenado y vaciado que aseguren la correcta renovación de la masa de agua almacenada y la concentración óptima de desinfectante residual, en su caso* y concreta que, en caso de realizarse tratamiento de desinfección éste se hará mediante un sistema automático ¹⁵. *La adaptación a sistemas de desinfección automática de depósitos ya existentes es obligatoria desde el año 2006* ¹².

Al igual que para el resto de infraestructuras de un sistema de abastecimiento, todo proyecto de construcción o remodelación de un nuevo depósito debe tener informe sanitario vinculante; posteriormente, antes de su puesta en funcionamiento, se debe solicitar el correspondiente informe sanitario de puesta en marcha ¹².

El diseño y construcción de cualquier depósito requiere unos condicionantes mínimos que aseguren el correcto funcionamiento y el mantenimiento de la calidad del agua almacenada. En cualquier caso, el objetivo básico de un depósito es asegurar que los consumidores reciben un abastecimiento suficiente, sin interrupciones y con agua que no se contamine durante el proceso de almacenamiento. Los depósitos deben poseer una capacidad mínima tal que permitan un abastecimiento continuo a la población de, al menos, 12 horas ⁴².

Los depósitos de almacenamiento deben ubicarse semienterrados con el fin de evitar las fluctuaciones de Tª del agua almacenada y deben estar protegidos frente a la entrada de insectos y roedores ⁴⁵.

Para asegurar la correcta renovación del agua almacenada y la concentración de desinfectante residual prevista en el artículo 9 del D 70/2009 es aconsejable que la entrada de agua al depósito se sitúe en la parte superior y la salida en la parte inferior ¹²; además, el depósito deberá contar con un sistema de vaciado total situado por debajo de la salida del agua con objeto de evitar la movilización y paso de fango y otras sustancias que pudieran acumularse en el fondo a la red de distribución. (Figura 4).

Figura 4: Estructura básica de un depósito de agua.

Al igual que el resto de estructuras del sistema de abastecimiento, los depósitos se construyen y, en su caso, impermeabilizan o protegen, con materiales de construcción que no transmitan, directa o indirectamente, al agua almacenada sustancias o propiedades que contaminen o empeoren su calidad y supongan un incumplimiento de los requisitos especificados en el anexo 1 del R.D. 140/2003 o un riesgo para la población abastecida ¹².

Cabe mencionar específicamente el caso de los depósitos de almacenamiento a nivel individual pues éstos son, con frecuencia, un posible foco de contaminación del agua suministrada. Estos depósitos deben tener características similares a los del sistema de abastecimiento, especialmente en lo referente a los materiales de construcción, asimismo, tienen que ser vaciados y desinfectados periódicamente para evitar el riesgo que supone su contaminación ⁴⁵.

Como ya se ha mencionado antes el artículo 11.4 del RD 140/2003 exige la realización de operaciones de limpieza en los depósitos. La frecuencia de realización de estas operaciones debe adecuarse a la calidad del agua, dimensiones y operatividad del depósito, siendo recomendable no superar un período entre 3-5 años. No obstante, esta frecuencia se debe aumentar en caso de almacenamiento de aguas con altas concentraciones de Fe y Mn, aguas turbias, tras paradas prolongadas, actividades de reparación o modificación estructural significativa.

Cada vez que se realice una operación de limpieza y desinfección en un depósito debe quedar constancia de la misma mediante un registro, escrito o informático. Además, en todos los casos, debe quedar constancia de la fecha de limpieza en la aplicación del Sistema de Información Nacional de Aguas de Consumo (SINAC) correspondiente.

8.5. Red de distribución

El artículo 2 del RD 140/2003 define una *red de distribución* como el *conjunto de tuberías diseñadas para la distribución del agua de consumo humano desde la ETAP o desde los depósitos hasta la acometida del usuario* ⁵⁰.

Además define los siguientes conceptos interesantes para la mejor comprensión del apartado que nos ocupa ⁵⁰:

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

El artículo 12 de la citada legislación concreta una serie de requisitos que deben cumplir las redes de distribución de los sistemas de abastecimiento ⁵⁰:

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.

Estas mismas características son recopiladas en el artículo 11 del D 70/2009 en el que se especifica además que *en aquellas redes de abastecimiento o tramos de las mismas en los que se tenga constancia de episodios de contaminación reiterada del agua distribuida, la correspondiente Delegación Provincial de la Consejería competente en materia de salud requerirá a la persona o entidad pública o privada gestora la adopción de medidas concretas para corregir la situación* ¹⁵.

Todo proyecto de construcción o remodelación de un tramo de red de distribución de longitud mayor a 500 m debe tener informe sanitario vinculante ¹².

El objetivo básico de una red es asegurar que los consumidores reciben un abastecimiento suficiente, sin interrupciones y con agua que no se contamina durante el proceso de distribución ⁴².

El diseño y construcción de la red de abastecimiento de agua de consumo, tanto en sus tramos exteriores como en interiores, precisa unos condicionantes mínimos para su buen funcionamiento: presión mínima requerida, consumo tipo a tener en cuenta, intermitencias y discontinuidades de caudal, y simultaneidades de utilización ³. Además, el diseño depende de factores como la topografía, la ubicación y el tamaño de la población abastecida ⁴².

La red de abastecimiento o de distribución de agua consta principalmente de tuberías y de mecanismos de corte y de reducción de la presión, así como de desagües, ventosas, etc ³. Los diferentes materiales utilizados para la construcción de los elementos que integran la red están normalizados en el Pliego (MOPU 74) que autoriza: la fundición, acero, amianto-cemento, hormigón y plástico ³.

El tipo de material y elementos accesorios de las tuberías viene determinado por las acciones que deba soportar la tubería, su régimen de funcionamiento y las características del terreno ³.

En cualquier caso, para la construcción de la red de distribución, se deben utilizar materiales que no transmitan al agua, directa o indirectamente, sustancias o propiedades que contaminen o empeoren su calidad y supongan un incumplimiento de los requisitos especificados en el anexo 1 del R.D. 140/2003 o un riesgo para la población abastecida ¹².

Las tuberías de la red deben estar protegidas exteriormente frente a aguas y terrenos agresivos, interiormente sólo será necesario en aquellos casos en los que se suministren aguas de montaña que puedan contener minerales agresivos ³.

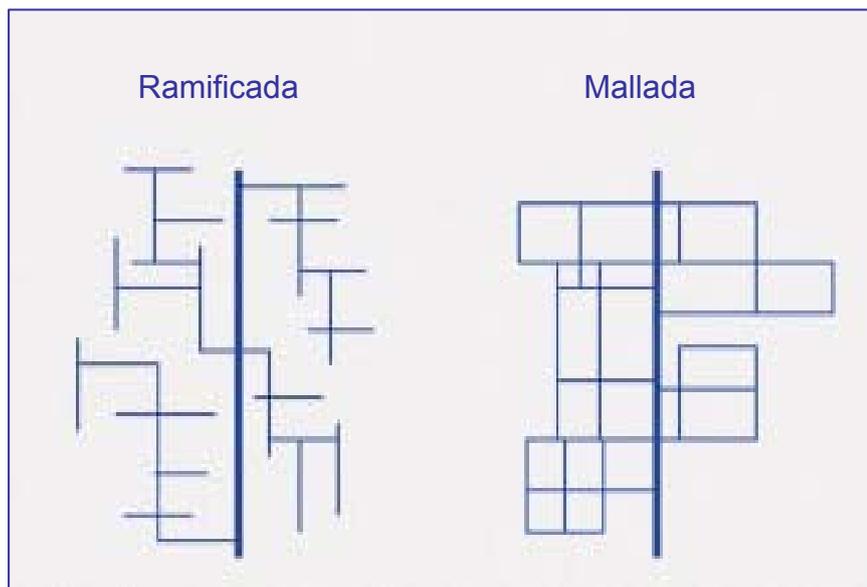
En una red de distribución se instalan numerosas válvulas con diferentes modalidades y con sistemas de accionamiento distintos (manuales, automáticas y automáticas programables) con el fin de regular adecuadamente el funcionamiento de la misma. Estas válvulas suelen instalarse en arquetas con el fin de facilitar su accionamiento y mantenimiento. Todos los elementos de las válvulas susceptibles de ser atacados por la corrosión deben ir debidamente protegidos con pinturas de tipo asfáltico o epoxi ³.

Encontramos distintos tipos de válvulas con diferentes funciones; a su vez, para cada variedad de válvula existen multitud de variantes cuya selección depende de factores como la presión de agua, tipo de agua, etc. ³:

- Válvulas de cierre de instalación utilizadas para aislar un tramo o parte de la red.
- Válvulas que permiten la salida o entrada de aire mientras duran las operaciones.
- Válvulas que permiten el desagüe del contenido de agua existente en la red.
- Válvulas de retención, reductoras o mantenedoras de presión.
- Válvulas de altura para llenado de depósitos
- Válvulas anti-golpe de ariete.
- Válvulas para medir caudal.

Las redes se deben instalar enterradas para evitar fluctuaciones de temperatura, y por encima de las conducciones de la red de saneamiento, para limitar la posibilidad de filtraciones de aguas residuales ⁴⁵. Además, es necesario que la red se instale a suficiente profundidad del terreno (0.5-1 m) con objeto de evitar roturas accidentales de la misma.

Siempre que sea posible la red debe ser mallable (Figura 5), con objeto de que el agua esté circulando de forma continua y no se produzcan retenciones en las que el desinfectante residual pueda perderse; en este sentido se deben evitar las ramificaciones, conducciones con bajo consumo, fondos de saco, cambios bruscos de dirección, etc., que en la práctica son las situaciones más conflictivas desde el punto de vista de la posible contaminación del agua suministrada ⁴⁵.

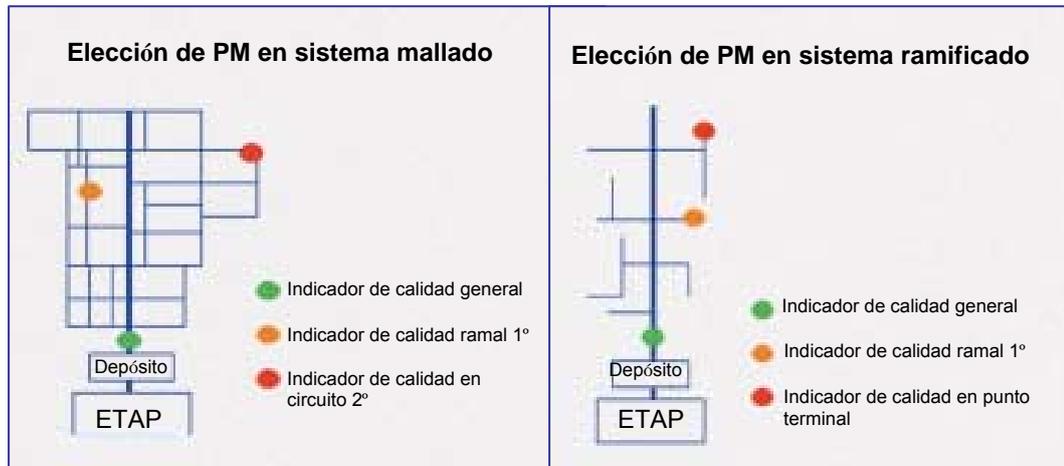
Figura 5: Esquemas básicos de las redes de distribución.

Los sistemas de distribución son especialmente vulnerables a la contaminación cuando baja la presión. Con objeto de evitar este riesgo, al diseñar la red, se debe asegurar la presión positiva y se debe incorporar a la misma válvulas de retención en los puntos de mayor riesgo (abastecimiento para el riego de huertas, jardines y urinarios) ⁴². En este sentido, el suministro interrumpido del agua, por ejemplo durante las operaciones de reparación de tuberías y otros elementos que integran la red, se convierte en un importante factor de riesgo para la población abastecida ya que en esta situación es frecuente que se generen presiones negativas ⁴⁵.

Asimismo el diseño debe asegurar la estanqueidad de la red respecto a las conducciones y depósitos con objeto de que se mantengan las características originales del agua en los puntos de consumo; para lograr este fin es necesario que el agua contenga a lo largo de toda la red una concentración de cloro libre residual superior a 0.2 ppm, o otros agentes desinfectantes autorizados.

Las redes de distribución deben estar provistas de puntos de toma de muestras normalizados y distribuidos de forma que sean representativos de todo el sistema de abastecimiento. Estos puntos de muestreo sirven para la realización de la correspondiente vigilancia de la calidad del agua suministrada establecida por la legislación vigente con objeto de asegurar que el agua que llega al consumidor reúne las características de aptitud necesarias ⁴⁵. Dispondrán, al menos, de 1 punto de muestreo cada 20000 m³ o fracción de agua/día como media anual ⁵⁰. (Figura 6)

Figura 6: Localización de puntos de muestreo en los diferentes tipos de redes de distribución.



No obstante, a pesar de un diseño adecuado, es posible que la calidad bacteriológica de cualquier agua empeore durante la distribución. Esta contaminación es más común si el agua suministrada contiene altas concentraciones de carbono orgánico (> 0.25 mg/l) o amoníaco asimilable y las temperaturas son superiores a 20°C, en esta situación es frecuente que los niveles de desinfectante residual en la red no sean adecuados y, por consiguiente, se favorezca la proliferación de microorganismos; en estos casos es necesario mantener en la red una concentración de CRL mínima de 0.25 ppm que prevenga la proliferación de *Aeromonas* y otras bacterias de efectos molestos ⁴². Además, en este tipo de aguas, se debe prever un tratamiento previo que permita la obtención de agua biológicamente estable con niveles de carbono orgánico y amoníaco reducidos ⁴².

Por otro lado, en la red de distribución pueden desarrollarse microorganismos que se adhieren a las paredes de las tuberías y demás elementos, este crecimiento es posible incluso en presencia de cloro ⁴². Esta contaminación microbiana puede generarse por la proliferación de agentes biológicos en materiales de construcción inapropiados que contactan con el agua, por ejemplo en arandelas, revestimientos de tuberías y plásticos utilizados en estas últimas y en los grifos ⁴².

Por último mencionar que, incluso para abastecimientos y redes de distribución adecuadas, es posible que el agua se contamine al llegar a las viviendas particulares si los depósitos de almacenamiento y los elementos domésticos de fontanería no se instalan y se mantienen debidamente ⁴².

Como ya se ha mencionado con anterioridad el artículo 12.2. del RD 140/2003 exige la realización de operaciones de limpieza en la red de distribución. Estas operaciones deben realizarse, como mínimo, en las siguientes circunstancias:

- Antes de la puesta en servicio de los nuevos tramos de red.
- Tras operaciones de mantenimiento o reparación que supongan un riesgo de contaminación del agua en el tramo afectado: Maniobras de apertura y cierre de válvulas, roturas, reparaciones de averías que exigen cortes prolongados, etc.
- En otras situaciones de riesgo: Tramos de red sin servicio durante mucho tiempo, tramos con incidencias repetidas, desarrollo significativo de biofilm en las tuberías, ausencia de desinfectante residual sin causa aparente, etc.

9.- DESINFECCIÓN DEL AGUA DE CONSUMO PÚBLICO.

La desinfección final del agua de consumo distribuida tiene una importancia fundamental y es una práctica casi universal, ya que constituye la última barrera contra la transmisión de enfermedades bacterianas y víricas por el agua ⁴².

En la actualidad la correcta desinfección del agua salva millones de vidas, sin embargo, desgraciadamente, aún un gran porcentaje de la población no dispone de agua de calidad adecuada ni desinfectada, lo que produce innumerables muertes en el tercer mundo, siendo éste uno de los mayores problemas de la humanidad de forma que, según datos de la UNESCO, dos quintas partes de la población viven sin un saneamiento del agua adecuado⁴².

Es una técnica de saneamiento que se viene practicando desde hace mucho tiempo, inicialmente de forma empírica, mediante procedimientos como la ebullición o filtración por materiales porosos ⁴⁵, procesos que han ido evolucionando y se han sustituido por otros más complejos basados en la utilización de productos químicos.

No se debe confundir la desinfección con la esterilización, que casi nunca suele alcanzarse, si bien una desinfección del agua será tanto más eficaz cuanto más se aproxime a la esterilización ⁴⁵.

El objetivo de la desinfección del agua es la inactivación o destrucción de organismos patógenos de transmisión hídrica (bacterias, virus, protozoos, hongos y sus formas de resistencia), con tamaños y características superficiales muy variables. Estas características, junto a su capacidad y mecanismo de reproducción,

así como su ciclo de vida, condicionan su supervivencia en el medio ambiente y la capacidad de resistencia a los desinfectantes ⁴⁵.

Por lo general, la desinfección es el último proceso al que se somete al agua antes de la distribución dotándola de protección contra la contaminación externa y la reparación de nuevos elementos nocivos durante esta fase ⁴².

La desinfección de las aguas puede realizarse por multitud de procedimientos, no todos reconocidos por la legislación vigente y con igual extensión de uso en aguas de consumo ⁴⁵:

Procedimientos mecánicos.

En el transcurso de las operaciones unitarias para la corrección de los caracteres físico-químicos del agua se eliminan gran parte de los microorganismos contenidos en ésta y, aunque no suele conseguirse una desinfección completa, sí que contribuye de una forma importante ⁴⁵.

El procedimiento mecánico más eficaz desde el punto de vista de la desinfección es la filtración en la que se observa que se retienen gran cantidad de bacterias incluidas en los flóculos formados en tratamientos previos en los filtros de las ETAP. En este caso, la eficacia del proceso de desinfección depende del tamaño del poro del filtro empleado ⁴⁵. Hoy día la filtración con vistas a la desinfección sólo se utiliza en plantas de envasado de aguas minero medicinales y en la potabilización de agua a escala individual ⁴⁵.

Procedimientos físicos

La utilización de procedimientos físicos para desinfectar grandes volúmenes de agua es prácticamente inviable dado su alto coste en relación al rendimiento; únicamente, en ciertas ocasiones, puede emplearse cuando el volumen a tratar no es pequeño y no es aplicable algún procedimiento químico ⁴⁵.

Existen varios sistemas físicos de desinfección entre los cuales mencionamos:

1. *Calor*: Sólo se utiliza a nivel doméstico e individual en casos de emergencia pues se altera el sabor del agua al eliminar los gases disueltos. Para que la desinfección sea eficaz la ebullición debe ser turbulenta y mantenida durante el tiempo necesario ⁴⁵.
2. *Ultrasonidos*: Aunque la energía ultrasónica de 400 Kc/seg destruye suspensiones bacterianas en solución acuosa con gran efectividad su

aplicación a grandes volúmenes de agua es inviable dado su elevado costo⁴⁵.

3. *Radiación solar*: Contribuyen a la desinfección del agua aunque no de forma importante⁴⁵.
4. *Radiación ionizante*: Hoy día no existe ningún procedimiento eficaz y barato para la desinfección del agua mediante este tipo de radiaciones⁴⁵.
5. *Radiación ultravioleta*: Este tipo de radiación, al ser la de menor longitud de onda del espectro, posee una alta energía que le confiere la capacidad germicida que la hace eficaz para la esterilización de gran cantidad de sustancias y materiales, es activa sobre levaduras, mohos, bacterias, rickettsias, micoplasma y virus⁴⁵.

La desinfección por radiación UV consiste en irradiar el agua con una lámpara que produzca radiación de longitud de onda de 254 nm a la que se consigue la máxima desinfección consiguiendo la muerte e inactivación de microorganismos con una eficacia muy superior a la del cloro y a una velocidad prácticamente instantánea.

El mecanismo de desinfección consiste en la destrucción de la molécula de ADN mediante interacciones entre nucleótidos adyacentes produciendo la muerte celular de los microorganismos y, por tanto, la desinfección de un agua que puede ser utilizada posteriormente con seguridad.

La resistencia de los microorganismos a la radiación UV es variable en función de su constitución genética y mecanismos de reparación del ADN dañado, pudiendo diferir incluso entre microorganismos de una misma especie⁴⁵.

La aplicación de radiación UV en la desinfección del agua está limitada casi exclusivamente a los casos en los que no pueden emplearse otros sistemas más eficaces y baratos, como ocurre con las aguas minero-medicinales y algunas plantas de depuración de moluscos. Esta limitación se debe a que, generalmente, la dosis necesaria para la desinfección del agua suele ser mucho mayor que la que teóricamente cabría esperar y a que cuanto mayor sea el contenido del agua en materia orgánica y sales minerales, tanto menor será la capacidad de penetración de las radiaciones, siendo las esporas bacterianas y los quistes de protozoos y los virus los organismos que mayores dosis requieren⁴⁵.

Recientemente se ha comprobado que la radiación UV combinada con el ozono es uno de los mejores métodos para la destrucción de sustancias orgánicas del agua a través de la producción de radicales OH, de esta forma se obtiene un tratamiento conjunto muy utilizado y eficaz para la eliminación de microcontaminantes presentes en el agua de consumo, entre ellos los pesticidas ⁴⁵ y para el tratamiento de aguas residuales industriales con una carga orgánica elevada.

Procedimientos químicos

Son los más utilizados por su eficacia, coste y simplicidad de manejo ⁴⁵.

Aunque la utilización de desinfectantes químicos para tratar el agua suele dar lugar a la formación de compuestos químicos secundarios, algunos potencialmente peligrosos, los riesgos que esos productos representan para la salud son extremadamente pequeños en relación con los que supone una desinfección insuficiente, no obstante, es importante el control y estudio de alternativas que minimicen la formación de estos compuestos secundarios sin poner en peligro la eficacia de la desinfección ⁴².

Para que una sustancia química con capacidad germicida pueda emplearse como agente desinfectante de aguas de consumo humano debe, teóricamente, reunir una serie de características. De este modo, las propiedades de un hipotético *desinfectante ideal* son ⁴⁵:

- Capacidad para destruir los microorganismos patógenos.
- El tiempo necesario para la desinfección debe ser lo suficientemente corto como para que el proceso se complete durante las operaciones de tratamiento del agua.
- Inocuo para la salud humana a las concentraciones habitualmente empleadas.
- No debe transmitir al agua color, olor o sabor residual.
- Tiene que ser fácil de manipular y almacenar.
- Deben existir métodos sencillos, preferiblemente automatizables, que permitan su detección en el agua.
- Tiene que tener acción residual.
- Debe ser barato.

Hasta la fecha no se ha encontrado ningún desinfectante que reúna todas y cada una de las características enumeradas aunque si se han encontrado algunos compuestos que se aproximan a ellas.

Los mecanismos de acción sobre los agentes microbianos de los diferentes desinfectantes químicos empleados puede esquematizarse del siguiente modo:

- Destrucción o alteración de la estructura celular.
- Interferencia con el metabolismo energético.
- Interferencia en la biosíntesis y el crecimiento.

Generalmente se requiere que los desinfectantes utilizados en las aguas de consumo tengan capacidad oxidativa y de penetración celular. Mediante la oxidación el desinfectante produce la rotura de la pared celular y la desintegración del organismo, mientras que por penetración en la célula genera interferencias con su actividad normal ⁴⁵.

La legislación española, a través de la lista positiva de aditivos y coadyuvantes tecnológicos autorizados para la potabilización de aguas de consumo, sólo admite el empleo del ozono, sales de plata, permanganato potásico, cloro y amoníaco ⁴⁵. A continuación se describen las características principales de los desinfectantes autorizados de uso más extendido; no se incluye en esta descripción al cloro por estar definido en un apartado específico de este trabajo.

1. *Sales de plata*: La aplicación de este metal como desinfectante de agua de consumo no se ha desarrollado debido a su elevado costo y tiempo de acción prolongado.

Si tienen cierta aplicación en usos a pequeña escala, en equipos de depuración portátiles o para la desinfección de piscinas. En estos casos los productos más utilizados son las sales de plata en forma de sulfato o cloruro.

2. *Permanganato potásico*. A pesar de que presenta algunas ventajas en relación al cloro, como son la ausencia de olor y sabor en el agua, sencilla manipulación exenta de riesgos, bajo coste y su fácil detección en el agua, no se utiliza normalmente en las ETAP por no tener acción residual y porque, con el tiempo, se produce un precipitado pardo-oscuro en el agua tratada ⁴⁵.

Por su rápida actuación sobre la materia orgánica si ésta se encuentra en el agua a depurar a altas concentraciones, se recomienda la utilización conjunta de cloro y permanganato, preferiblemente formando parte del tratamiento previo ⁴⁵. Actualmente su uso está indicado para aguas con elevada concentración de materia orgánica, siempre que se utilice un tratamiento previo, o bien para la limpieza y desinfección de depósitos de almacenamiento ⁴⁵.

3. *Ozono*: Aunque la práctica de la ozonización no está muy extendida cada vez se tiende más a recomendar su empleo por sus ventajas respecto al cloro en relación a la formación de compuestos tóxicos tras la desinfección. El uso del ozono, como alternativa a la cloración del agua se está generalizando en Europa y USA ⁴⁵.

El ozono, incluso a pequeñas concentraciones, produce una serie de reacciones instantáneas al contactar con las sustancias reducidas gracias a su elevado potencial redox. De este modo, es activo y eficaz frente a todo tipo de organismos (bacterias, virus, hongos, algas, protozoos, etc.) sin originar subproductos ni olores y sabores extraños en el agua, no existiendo diferencias significativas en relación al cloro cuando la dosis de ozono es de 0.25 ppm o superior ⁴⁵.

Los usos del ozono son innumerables, siendo, en muchas ocasiones, más efectivos que el resto de desinfectantes ⁴⁵.

- Tratamientos de preozonización para:
 - Limitar la proliferación de algas en la planta depuradora.
 - Disminuir la demanda de cloro y limitar la formación de compuestos orgánicos clorados indeseables
 - Mejorar el tratamiento físico-químico del agua.
 - Mejorar el tratamiento biológico del agua
 - Eliminación de olor, color y sabor, por su gran actividad sobre las sustancias que lo provocan.
 - Oxidación de fenoles, que en caso de combinarse con el cloro, comunicarían mal sabor al agua.
 - Tratamiento de elección en aguas contaminadas por hidrocarburos aromáticos policíclicos, que en caso de clorarse, formarían

hidrocarburos halogenados mutagénicos, semejantes a los trihalometanos ⁴⁵.

- Depuración y potabilización de agua usando el ozono como único desinfectante del agua de consumo.
- Ozonización de aguas residuales y agua de mar.
- Tratamiento preventivo de legionella.
- Tratamiento de acuarios y piscifactorías.

Como inconvenientes del ozono encontramos que tiene un coste de producción superior al del cloro, lo que, en algunos casos, como el tratamiento de depuración de pequeños pueblos o a nivel doméstico, supone un elevado esfuerzo económico difícil de asumir. Además, es tóxico para el hombre a concentraciones en atmósfera superiores a 0.25 ppm ⁴⁵.

Sin embargo, la principal limitación del ozono es la carencia de acción residual, uno de los aspectos más importantes de la desinfección, pues a los 30 minutos de la aplicación desaparece en forma de oxígeno, lo que hace necesario el empleo de otros desinfectantes para mantener dicha acción residual ⁴⁵. Para solventar este problema se adiciona una pequeña cantidad de cloro al agua suficiente como para generar el CRL necesario para evitar la aparición de gérmenes durante el almacenamiento y distribución de la misma; con la combinación de estos dos desinfectantes el cloro no se combinará con moléculas orgánicas por lo que no se formarán los subproductos perjudiciales que le confieren al agua el sabor y presencia de sustancias extrañas.

Tras el estudio de estos desinfectantes como alternativas del cloro se observa que todos tienen un uso limitado. Por esta razón el uso del cloro hoy en día es un método aceptable, ya sea sólo o en combinación con otros agentes de apoyo. No obstante, recientemente ha comenzado a aumentar el uso de la ozonización, especialmente en países con la energía eléctrica necesaria para la producción de ozono barata, como Francia, Canadá, Alemania, etc. En Europa, más recientemente aún, se está incrementando el empleo de dióxido de cloro por los problemas que plantea la cloración clásica ⁴⁵.

9.1. Utilización de cloro como desinfectante.

El cloro es un gas tóxico, de olor penetrante, más pesado que el aire y no combustible ni explosivo⁴⁵.

El cloro fue descubierto en el año 1774 por el sueco C. W. Scheele que falleció convencido de que no tenía ningún uso. En el año 1846, Ignaz Semmelweis, introdujo el uso del cloro como desinfectante hospitalario en el lavado de manos de los doctores para evitar el contagio de determinadas enfermedades originadas por el contacto con pacientes. Fue en 1881 cuando Roberto Koch demuestra que el cloro destruye a las bacterias, aplicándose por primera vez como desinfectante de agua en Londres, en 1905, tras un brote de fiebre tifoidea de transmisión hídrica ⁴⁵.

A partir de entonces la práctica de la cloración se extendió rápidamente por todo el mundo, convirtiéndose en el procedimiento más extendido para la desinfección de aguas de consumo ya que reúne la mayoría de las propiedades del *desinfectante ideal* ⁴⁵.

El principal objetivo de la cloración es la destrucción de microorganismos gracias a su acción germicida, aunque también tiene una gran importancia su papel oxidante de sustancias inorgánicas reducidas (hierro, manganeso, sulfuros, etc.), la destrucción de compuestos que producen olor y sabor, la eliminación de algas y su efecto coadyuvante en la coagulación ⁴⁵.

El poder desinfectante del cloro se basa en su capacidad de oxidación y de penetración celular que produce la rotura de la pared celular y la desintegración de los microorganismos ⁴⁵.

La eficacia del proceso de cloración depende del grado de pureza alcanzado en el agua mediante el tratamiento previo ya que la presencia de materia orgánica y de compuestos fácilmente oxidables neutraliza, en mayor o menor medida, la acción desinfectante ⁴². En este sentido, si se minimiza en el agua la concentración de materia orgánica disminuye, al mismo tiempo, la necesidad de desinfectante y los problemas de sabores y subproductos que su adición conlleva.

En la cloración influye, además: la temperatura del agua, cuanto mayor es ésta, mayor es la acción desinfectante, aunque también es más inestable en el agua y se evaporará con mayor rapidez, el tiempo de contacto (mínimo 30 minutos), y las características de los organismos con diferentes resistencias al cloro y a la desinfección en general.

Por otro lado, los microorganismos aglomerados o adsorbidos por partículas están parcialmente protegidos contra la desinfección de forma que, en muchos casos, no se logra la destrucción de los mismos cuando la turbidez es superior a 5 UNF. Resulta, por tanto, esencial que, antes de la desinfección final, el agua reciba un tratamiento para que la media de la turbidez no sea superior a 1 UNF y que no se sobrepasen las 5 UNF en ninguna muestra ⁴².

La cloración en condiciones normales (CRL > 0.5 ppm, 30 minutos de contacto mínimo, pH < 8.0 y turbidez < 1 UNF) puede reducir más del 99% el número de *E.coli* y de ciertos virus, aunque no de quistes u ooquistes de protozoos parásitos ⁴².

Podemos realizar una clasificación de los métodos de cloración atendiendo a diferentes criterios.

Respecto al momento de tratamiento: Hablamos en estos casos de cloración previa, adición de cloro antes de la entrada a la ETAP, o cloración subsiguiente, se añade el desinfectante después de la filtración o en los depósitos de almacenamiento.

Respecto a la demanda de cloro: Distinguimos entre cloración limitada, tratamiento con cloro y amoníaco, supercloración sistemática y cloración en el punto de ruptura.

El primer caso consiste en adicionar la concentración exacta de cloro que permita conseguir niveles de cloro entre 0.1-0.2 ppm tras 10 minutos de tiempo de contacto, no estableciéndose distinción entre cloro libre o combinado ⁴⁵.

El segundo método consiste en la incorporación al agua de amoníaco junto con cloro para formar cloraminas con mayor estabilidad en el agua aunque con menor potencial redox, por lo que el tiempo de contacto se debe aumentar ⁴⁵.

El tercero está basado en una adición de cloro al agua muy superior a su demanda de cloro, por lo que una vez oxidada la materia orgánica es necesario neutralizar el exceso de cloro ⁴⁵.

Por último, en el cuarto método mencionado, se añade cloro a la dosis necesaria para oxidar todos los compuestos orgánicos e inorgánicos reducidos del agua de forma que, al final del proceso quede en el agua la cantidad deseada de CRL ⁴⁵.

La adición de cloro al agua de consumo se puede realizar en forma gaseosa (cloro gas o dióxido de cloro), sólida (hipoclorito sódico y cálcico) y líquida (hipoclorito sódico o magnésico y clorito sódico). La dosis máxima de uso es de 30

mg/l de cloro activo, pudiéndose adicionar amoníaco al agua como coadyuvante de la cloración hasta una concentración máxima de 0.5 ppm ⁴⁵.

En los últimos años la desinfección del agua de consumo es objeto de polémica debido a los subproductos que se generan en este proceso. Aunque el proceso de desinfección del agua mediante cloro lleva realizándose desde hace casi un siglo, no ha sido hasta el año 1974, a través de investigaciones mediante cromatografía de gases y espectrómetro de masas, cuando se ha detectado la presencia en el agua de unas sustancias, llamadas precursores, que al reaccionar con el cloro, producen productos secundarios de carácter tóxico o molesto para el ser humano, que pueden llegar a ser cancerígenos, como es el caso de las cloraminas, dicloraminas y, especialmente, los trihalometanos ⁴². La cantidad de precursores en el agua, así como el tipo de desinfectante u oxidante, el pH y la concentración de bromuro, son factores que influyen en la cantidad y en la clase de subproductos generados.

En este sentido, la Organización Mundial de la Salud, en relación con los subproductos de desinfección, manifiesta que es peor tener un agua mal desinfectada que tener subproductos de desinfección, recomendando un cloro residual de 0,5 ppm para una correcta desinfección tras 30 minutos de contacto. En cualquier caso, los subproductos de la desinfección deben mantenerse en los niveles más bajos posibles, sin comprometer en ningún caso la eficacia de la desinfección ¹².

En España se especifica legalmente que el agua en la red de distribución debe presentar una concentración mínima de desinfectante residual (0.2-1 ppm). De igual forma, fija un límite máximo para contaminantes como los trihalometanos, los bromatos y los ácidos haloacéticos. La presencia de desinfectante residual en la red de distribución tiene como objeto minimizar el recrecimiento de coliformes, controlar la formación del biofilm, proteger el agua de la red de contaminación y actuar como un indicador de la integridad del sistema.

10.- VIGILANCIA DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO PÚBLICOS.

El artículo 17 del RD 140/2003 establece que en todos los abastecimientos de agua de consumo humano tienen que controlarse un número mínimo de parámetros recopilados en el anexo I de ese mismo Real Decreto. Asimismo especifica que, cuando la autoridad sanitaria lo disponga, deben controlarse aquellos otros parámetros o contaminantes que se sospeche que pueden estar presentes en el agua y que pueden suponer un riesgo para la salud de los consumidores ⁵⁰.

En este mismo artículo de la legislación se menciona que el control de los abastecimientos se realiza englobado en alguno de los siguientes apartados:

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

La definición de análisis de *autocontrol* está recogida en el artículo 18 del RD que lo designa como el *control de la calidad del agua que cada gestor debe realizar en la parte del abastecimiento que gestiona directamente* ¹². Según este artículo la ejecución del control es *responsabilidad del gestor de cada una de las partes del abastecimiento* quien debe velar para que uno o varios laboratorios realicen los análisis descritos en ese artículo ⁵⁰.

Por su parte, la *vigilancia sanitaria* del agua de consumo humano, recogida en el artículo 19 del RD, indica que es *responsabilidad de la autoridad sanitaria*, velar para que se realicen las correspondientes inspecciones sanitarias de las infraestructuras periódicamente⁵⁰. Esta vigilancia incluye las zonas de abastecimiento de gestión o de patrimonio del Estado. Asimismo establece la obligación de la autoridad sanitaria de elaborar y poner a disposición de los gestores el *programa de vigilancia sanitaria del agua de consumo humano* ⁵⁰, documento que ha sido elaborado y editado por la Junta de Andalucía en el 2005. La vigilancia sanitaria se define igualmente en la sección 3ª del D 70/2009 incluyéndose en este caso las actuaciones a realizar en relación a proyectos de construcción de nuevas instalaciones (artículo 17), puesta en funcionamiento de nuevas instalaciones (artículo 18) y suministro alternativo (artículo 19) ¹⁵.

Por último, el *control en el grifo del consumidor* se recopila en el artículo 20 en el que se indica que es responsabilidad del municipio o, en su defecto, de otra entidad de ámbito local, *tomar 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* para todas las aguas de consumo suministradas a través de una red de distribución pública o privada ⁵⁰.

En relación con todos los controles realizados en un abastecimiento el artículo 7 del RD 140/2003 concreta que los resultados derivados del control de calidad del agua de consumo deben recopilarse en algún sistema de registro específico para cada caso, preferiblemente en soporte informático y concordante con el Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo ⁵⁰.

En este sentido el artículo 21 del Decreto 70/2009 concreta que los resultados del autocontrol deben registrarse en el SINAC en el plazo máximo de siete días desde que se emite el informe de resultados analíticos, no siendo objeto de registro los siguientes casos ¹⁵:

- Control a la entrada de la ETAP.
- El examen organoléptico (para este análisis está previsto un modelo específico que se incluye como anexo IX del D 70/2009.
- Determinación de CRL.

Igualmente, tampoco es obligatorio el registro en SINAC de los resultados del autocontrol de sistemas de abastecimiento con suministro de un volumen de agua inferior a 10 m³ como media diaria anual, como parte de una actividad comercial o pública ¹⁵.

En el RD 140/2003 se especifica que, como resultado de la realización del control de calidad, las muestras de aguas de consumo pueden quedar clasificadas como ⁵⁰:

- 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.*

10.1. Análisis de control realizados por el gestor del abastecimiento.

Dentro de este apartado englobamos los análisis que hemos denominados como “autocontrol” y “control en el grifo del consumidor”.

10.1.1. Autocontrol de agua de consumo.

El análisis de autocontrol tal y como define el apartado 18.4 del RD 140/2003 incluye la realización de los siguientes tipos de análisis:

- a. Examen organoléptico.
- b. Análisis de control.
- c. Análisis completo.

El examen *organoléptico*, sólo obligatorio en redes de abastecimiento, consiste en la valoración cualitativa de las características organolépticas del agua de consumo, es decir, olor, sabor, color y turbidez ¹².

El *análisis de control* incluye la valoración de los siguientes aspectos ⁵⁰:

- a. Parámetros básicos: olor, sabor, turbidez, color, conductividad, concentración del ión Hidrógeno o pH, amonio, *E. coli* y bacterias coliformes.
- b. Parámetros que deben ser determinados a la salida de la ETAP/ depósito de cabecera o, en su defecto, a la salida del depósito de regulación y/o distribución.
 - Siempre que exista tratamiento de floculación, en función del tipo de floculante se debe analizar hierro ó aluminio.
 - Recuento de colonias a 22°C.
 - *Clostridium perfringens*, incluidas las esporas.
- c. Parámetros en función del método de desinfección:
 - Si se utiliza la cloraminación, nitrito.
 - Si se adiciona cloro o derivados, cloro.
 - Si se utiliza la cloraminación, cloro combinado residual.

Gracias a este análisis el gestor y la autoridad sanitaria disponen de la información necesaria sobre la calidad organoléptica y microbiológica del agua de consumo humano, así como información sobre la eficacia del tratamiento de potabilización.

En el análisis *completo* se valoran los parámetros incluidos en el anexo I del RD 140/2003, así como todos aquellos que la autoridad sanitaria considere oportunos para garantizar la salud de la población abastecida.

La realización de este análisis dota de información al gestor y a la autoridad sanitaria para determinar si el agua de consumo humano distribuida respeta o no los

valores paramétricos definidos en la legislación (parámetros microbiológicos, químicos, indicadores y radiactividad).

Puesto que la realización del análisis completo supone un alto costo para el abastecimiento por la multitud de parámetros que incluye la legislación prevé que, tras dos años como mínimo de autocontrol, el gestor puede presentar una solicitud al Delegado Provincial de la Consejería de Salud con objeto de disminuir la frecuencia de análisis establecida por la legislación para este tipo de control hasta en un 50% para parámetros concretos, siempre que no sea probable la presencia de los citados parámetros en el agua de consumo humano en concentraciones que puedan implicar un riesgo de incumplimiento del valor paramétrico ⁵⁰.

Para la autorización, la Delegación Provincial tiene en cuenta los resultados analíticos realizados con la frecuencia establecida en los dos últimos años, la idoneidad del laboratorio responsable del control, así como toda la información disponible sobre los riesgos sanitarios del abastecimiento ¹². El plazo de resolución de la solicitud es de 30 días a contar desde la presentación de la solicitud según establece la Ley 30/1992 de 26 de noviembre ¹². Esta autorización de reducción de la frecuencia puede ser revocada en caso de cambios de las circunstancias que motivaron la autorización ¹².

El mecanismo para solicitar la reducción de la frecuencia de análisis de parámetros del análisis completo es también el objeto de definición del artículo 24 del D 70/2009.

Independientemente de los parámetros establecidos para los análisis de control y completos, la Delegación Provincial de la Consejería de Salud, podrá incluir la determinación de otros parámetros, indefinidamente o durante un periodo de tiempo determinado, en aquellas zonas en las que sospeche o tenga constancia de pueda existir un riesgo de contaminación del agua ¹². Con este fin la Dirección General de la Producción Agraria de la Consejería de Agricultura y Pesca, ha elaborado un listado de las materias activas de productos fitosanitarios que se han identificado por su empleo en los cultivos agrícolas de mayor importancia en cada cuenca de los embalses de abastecimiento, este listado es revisado y actualizado cada vez que se estima necesario ¹².

Para realizar los controles correspondientes al análisis de autocontrol los puntos de muestreo son fijados por el gestor bajo la supervisión de la Delegación Provincial de la Consejería de Salud ¹². Los puntos de muestreo seleccionados se fijan una vez

queda definida la zona de abastecimiento, teniendo que ser representativos del abastecimiento o partes del mismo ¹². Todos los puntos de muestreo definidos deben quedar recopilados en el Protocolo de Autocontrol y Gestión del Abastecimiento ¹².

Los puntos de muestreo en un sistema de abastecimiento son, como mínimo, los establecidos en el artículo 22 del Decreto 70/2009 ¹⁵:

- 1 a la entrada de la ETAP o depósito de cabecera.
- 1 a la salida de la ETAP o depósito de cabecera.
- 1 a la salida del depósito de regulación o distribución.
- 1 en cada punto de entrega entre distintos gestores.
- 1 en la red de distribución. Para abastecimientos con suministro > 20.000 m³/día de agua de consumo, el número de puntos de muestreo en este caso será de 1 por cada 20.000 m³ o fracción de agua distribuida por día como media anual.
- En su caso, uno a la salida de cada cisterna o depósito móvil.

En cualquier caso, la autoridad sanitaria, puede solicitar un cambio o aumento del número de puntos de muestreo definidos por el gestor si considerase que no son suficientemente representativos ⁵⁰.

Por otro lado en el agua de consumo humano suministrada a través de una red de distribución, sin perjuicio de lo que dispone el artículo 6 del RD 140/2003, los gestores pueden tomar muestras con objeto de determinar parámetros concretos del abastecimiento en puntos distintos a los referidos en dicho artículo, siempre que demuestren que *la validez del resultado 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* ⁵⁰.

Según la naturaleza de la infraestructura muestreada el control reúne las siguientes particularidades:

Análisis en la captación

Para este análisis la Agencia Andaluza del Agua y la Dirección General de Salud Pública y Participación puede evaluar y determinar la inclusión de determinados parámetros establecidos en el Anexo I del RD 927/1988, por el que se aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica,

en caso de sospecha de presencia en el agua de contaminantes que entrañen riesgo para la salud ¹². Para realizar esta evaluación el Organismo de Cuenca y la Agencia Andaluza del Agua facilitan, tanto a la Dirección General de Salud Pública y Participación como a los gestores de las captaciones correspondientes, los resultados de los análisis que realiza como parte del *Programa de Control de Zonas Protegidas de cada Demarcación Hidrográfica*, según la frecuencia y los parámetros que se establecen en el Anexo V de la Directiva 2000/60/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas ¹⁵.

Análisis en la ETAP.

Este tipo de análisis es definido en el apartado 1 del artículo 27 del D 70/2009 realizándose únicamente ante situaciones extraordinarias en las que se estime que puede existir un riesgo para la salud de la población abastecida adaptándose a las medidas que establezca la Autoridad sanitaria competente ¹⁵.

Análisis a la salida de la ETAP o depósito de cabecera.

Para los análisis realizados en estas infraestructuras el punto de muestreo se debe situar a la salida del agua de la ETAP o, si existe un depósito a continuación de la ETAP sin conexiones intermedias, a la salida de este depósito ¹⁵.

En los sistemas de abastecimiento que carecen de ETAP se considera como depósito de cabecera a aquel depósito de la red de distribución que esté más cercano a la captación ¹⁵. En estos casos la frecuencia de los análisis de control correspondientes pasan a incrementarse en la/s red/es de distribución, repartiéndose la frecuencia correspondiente entre las distintas redes de distribución que constituyan el sistema de abastecimiento ¹⁵.

Análisis en el depósito de regulación o distribución.

Para este análisis el punto de muestreo se sitúa lo más alejado posible del punto de desinfección a la salida del depósito ¹².

Las zonas de abastecimiento que dispongan, como mínimo, de una ETAP, en base a las condiciones de la infraestructura y los resultados analíticos del autocontrol obtenidos en el último año, puede reducirse hasta un 50% la frecuencia mínima de los análisis de control en depósitos, realizándose, al menos, un ensayo anual ¹². Para solicitar esta reducción se debe cumplimentar el Anexo XI incluido en el D 70/2009.

Análisis en la red de distribución.

El artículo 29 del D 70/2009 establece que los puntos de muestreos establecidos y definidos por el gestor en su correspondiente protocolo de autocontrol y gestión del abastecimiento podrán ser incrementados a criterio de la correspondiente Delegación Provincial de la Consejería competente en materia de salud valorando ¹⁵:

- *Zonas con cambios frecuentes de presión.*
- *Zonas de ampliación urbanística y de obras recientes en la red de distribución.*
- *Zonas donde existan quejas de las personas consumidoras sobre la calidad del agua.*
- *Cualquier circunstancia en la que la Delegación Provincial de la Consejería competente en materia de salud correspondiente considere que puede haber riesgos para la salud.*

Además especifica que estos puntos de muestreo deben disponer de dispositivos de extracción del agua, como torretas de muestreo o similares, de forma que pueda garantizarse la correcta toma de muestreos ¹⁵.

Análisis en el punto de entrega a otros gestores.

Los resultados correspondientes al *análisis en el punto de entrega a otro gestor* son facilitados a través del SINAC ¹². En este caso los puntos de muestreo son consensuados entre ambos gestores con la supervisión de la Delegación Provincial de Salud, siendo la frecuencia de análisis la siguiente ¹²

- a. Análisis de control mensual.
- b. Análisis completo realizado en la infraestructura inmediatamente anterior al punto de entrega, mínimo, anualmente.

Todos los análisis incluidos en el autocontrol del abastecimiento se realizan conforme a la frecuencia definida en el artículo 21 del RD 140/2003 y artículo 23 del D 70/2009.

Según estos artículos, el número mínimo de muestras en el autocontrol debe ser representativo y tienen que ser distribuidas uniformemente en el transcurso de cada año ⁵⁰.

- a. Análisis de control y completo, según frecuencia especificada en Anexo V del RD 140/2003 (tabla 20). Los muestreos deben distribuirse uniformemente a lo largo del año para asegurar su representatividad ¹⁵
- b. Desinfectante residual, al menos diariamente, se incrementará si la autoridad sanitaria lo crea oportuno. Para este control el D 70/2009 concreta que el gestor debe tener previstos dispositivos que permitan la realización de esta medida los fines de semana y días festivos ¹⁵.
- c. Examen organoléptico, al menos dos veces por semana cuando no se realice otro tipo de análisis en ese período.

La frecuencia definida puede ser incrementada cuando la Delegación Provincial de la Consejería de Salud considere que puede existir un riesgo para la salud de la población en aquellos parámetros que ésta considere oportunos ⁵⁰.

En relación a los niveles de desinfectante en la red de distribución, con carácter general, se establece un intervalo de CRL entre 0.2 y 1 ppm como valor paramétrico adecuado ¹².

No obstante, el gestor de zonas de abastecimiento concretas en las que no existe posibilidad de realizar cloraciones intermedias, puede solicitar a la Delegación Provincial de la Consejería de Salud autorización para que, en tramos concretos existentes de la red de distribución, la concentración de CRL sobrepase el valor de 1,0 ppm hasta un máximo de 3,0 ppm. Esta solicitud se realiza con objeto de que, en cualquier punto de la red de distribución, la concentración de CRL no sea inferior a 0,2 ppm, aspecto que debe ser justificado mediante un informe realizado por un técnico competente y considerando el valor de la turbidez del agua ¹². En caso de resolución positiva de la solicitud el gestor debe incluir la valoración de trihalometanos en los análisis de control ¹².

Asimismo, el gestor puede solicitar exención de desinfectante residual mediante justificación de que, en ningún punto de la red, incluyendo el grifo del consumidor, hay riesgo de contaminación o crecimiento microbiano. En caso de resolución positiva de la solicitud el gestor tiene que incrementar la frecuencia de control de los parámetros microbiológicos ¹².

Tabla 20: Anexo V del RD 140/2003. Frecuencia de análisis de control y completo en abastecimientos ⁵⁰.

ANÁLISIS	PUNTO MUESTREO	VOLUMEN DE AGUA/ CAPACIDAD DEPÓSITO	NÚMERO DE ANALISIS
Control	Salida ETAP o depósito cabecera	< 100 m ³	1
		>100 -< 1000 m ³	2
		> 1000 m ³	2 por cada 1.000 m ³ /día y fracción del volumen total
	Salida depósito regulación y/o distribución	< 100 m ³	A criterio de la autoridad sanitaria
		>100 - < 1000 m ³	1
		> 1000- < 10000m ³	6
		>10000- < 100000m ³	12
		> 100000m ³	24
	En la red de distribución	< 100 m ³	1
		>100 -< 1000 m ³	2
		> 1000 m ³	1 + 1 por cada 1.000 m ³ /día y fracción del volumen total
	Completo	Salida ETAP o depósito cabecera	< 100 m ³
>100 - < 1000 m ³			1
> 1000- < 10000m ³			1 por cada 5.000m ³ /día y fracción del volumen total
>10000- < 100000m ³			2 + 1 por cada 20.000 m ³ /día y fracción del volumen total
> 100000m ³			5 + 1 por cada 50.000 m ³ /día y fracción del volumen total
Salida depósito regulación y/o distribución		< 1000 m ³	A criterio de la autoridad sanitaria
		>1000- < 10000m ³	1
		>10000-< 100000m ³	2
		> 100000 m ³	6
En la red de distribución		< 100 m ³	A criterio de la autoridad sanitaria
		>100 - < 1000 m ³	1
		> 1000- < 10000m ³	1 por cada 5.000m ³ /día y fracción del volumen total
		>10000- < 100000m ³	2 + 1 por cada 20.000 m ³ /día y fracción del volumen total
		> 100000m ³	5 + 1 por cada 50.000 m ³ /día y fracción del volumen total

Los ensayos realizados como parte del análisis de control y completo de cada abastecimiento tienen que ser realizados por un laboratorio de control de la calidad del agua de consumo humano con sistema de aseguramiento de la calidad implantado y validado anualmente mediante auditoria externa según establece el artículo 16 del RD 140/2003 ⁵⁰. La entidad encargada de realizar la auditoria externa tiene que estar convenientemente acreditada por el organismo competente ⁵⁰.

Es obligatoria, como mínimo, la certificación por la norma UNE-EN ISO 9001 (o la vigente en cada momento). En caso de laboratorios que superen las 5000 muestras anuales tienen que estar acreditados por la norma UNE-EN ISO/IEC 17025 (o la vigente en ese momento) para los parámetros analizados en el mismo ⁵⁰.

Tanto los laboratorios acreditados como los certificados que analicen más de 500 muestras al año, deben remitir 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* ⁵⁰.

Como criterio general, se recomienda la aplicación de las directrices establecidas en las siguientes Normas para realizar el muestreo en cada punto definido ¹²:

- a. *ISO 5667-1: 1980. Calidad del agua. Muestreo. Parte 1: Guía para el diseño de los programas de muestreo.*
- b. *ISO 5667-2: 1991. Calidad del agua. Muestreo. Parte 2: Guía para las técnicas de muestreo.*
- c. *ISO 5667-3: 2003. Calidad del agua. Muestreo. Parte 3: Guía para la conservación y manipulación de las muestras de agua.*

Los métodos de ensayo utilizados por los laboratorios para el control de la calidad del agua de consumo tienen que ajustarse a las directrices especificadas en el anexo IV del R.D. 140/2003. Es este anexo se crean tres grupos de parámetros en relación a los métodos de ensayo ¹²:

- a. *Parámetros para los que se especifican métodos de ensayo.*
- b. *Parámetros para los que se especifican las características de los resultados, considerando el límite de detección, exactitud y precisión del método de ensayo utilizado.*
- c. *Parámetros para los que no se especifica ningún método de ensayo.*

No obstante, *el seno de la Ponencia de Sanidad Ambiental, dependiente del Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud, se encargará de estudiar 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 (art. 16, 30).*

10.1.2. Control en el grifo del consumidor.

El control en el grifo del consumidor está regulado a través del artículo 20 del RD 140/2003 y artículo 31 de D 70/2009. Este análisis se realiza con objeto de comprobar como afecta a la calidad del agua de consumo humano el paso por las instalaciones interiores ¹².

En este Análisis se incluyen, al menos, los siguientes parámetros ⁵⁰:

- a. Caracteres organolépticos: Olor, sabor, color y turbidez.
- b. Conductividad
- c. pH.
- d. Amonio.
- e. *Escherichia coli*.
- f. En función del material de la instalación interior de la vivienda en la que se realiza la toma de muestra se determinarán: Cobre, cromo, níquel, hierro, plomo u otro parámetro.
- g. Cuando se utilice cloro o sus derivados en el tratamiento de potabilización: CRL y/o Cloro Combinado Residual (CCR).

Además, se puede incluir la determinación analítica de cualquier otro parámetro cuando se sospeche que se encuentra presente en la instalación interior ¹².

Cuando, a través de este análisis, se detecte el incumplimiento de alguno de los valores paramétricos, se debe repetir la analítica en un punto de la red de distribución antes de la acometida al edificio en cuestión con objeto de determinar en que punto se produce la contaminación, antes de la entrega a la vivienda o bien en la instalación interior de la misma ¹⁵. De este modo, si se concluye que la contaminación se origina en la instalación interior, es el Ayuntamiento quien debe informar al propietario para que realice las mejoras oportunas en la instalación interior del edificio ¹⁵.

Según el artículo 21.3 del RD que regula las aguas de consumo, el número mínimo de muestras anuales de control en el grifo del consumidor se calcula en base a la población abastecida siguiendo los criterios señalados en el anexo V del citado reglamento (tabla 21).

Tabla 21: Anexo V del RD 140/2003. Frecuencia de control en el grifo del consumidor ⁵⁰.

NÚMERO HABITANTES SUMINISTRADOS	NÚMERO MÍNIMO DE MUESTRAS AL AÑO
< 500	4
> 500- < 5000	6
> 5000	6 + 2 por cada 5.000 hb. y fracción

Según el apartado 1 del artículo 31 del D 70/2009 es responsabilidad del municipio la programación y realización de este tipo de análisis ¹⁵. Los puntos de muestreo para realizar el control en el grifo del consumidor pueden localizarse tanto en locales comerciales como en establecimientos públicos o privados y domicilios particulares, preferentemente en aquellos que estén construidos con anterioridad a 1980 ¹².

Tal y como se indicó en el caso del análisis de autocontrol, el laboratorio encargado de realizar el control en el grifo del consumidor tiene que estar convenientemente certificado o acreditado según el número de muestras que procese anualmente.

Finalmente, con una periodicidad anual, el municipio debe elaborar un informe con los resultados obtenidos en los muestreos realizados en el grifo del consumidor que será facilitado a la correspondiente Delegación Provincial de Salud ¹².

10.2. Vigilancia de la autoridad sanitaria.

El *Programa de Vigilancia Sanitaria y Calidad del Agua de Consumo de Andalucía*, editado por la Dirección General de Salud Pública y Participación en septiembre de 2005, establece aquellos aspectos que el RD 140/2003 deja a criterio de la autoridad sanitaria ³⁸, siendo éste el mismo objetivo por el que se aprueba el D 70/ 2009 de 31 de marzo, Reglamento de Vigilancia Sanitaria y Calidad del agua de Consumo Humano de Andalucía.

Estos documentos constituyen el punto de partida para todas las actuaciones que tiene que desarrollar la autoridad sanitaria para velar por el cumplimiento de las normas de calidad del agua de consumo público incluidas en los *Programa de Vigilancia Sanitaria de Aguas de Consumo* vigentes en cada momento ³⁸. Estos programas tienen carácter permanente.

Para desarrollar estos programas Andalucía cuenta desde 1984 con una red de vigilancia que se encarga de desarrollar todas las actuaciones previstas por la Administración Sanitaria ¹⁴.

La garantía de calidad sanitaria exige la puesta en marcha de un conjunto de actuaciones recogidas en un programa específico, el *Programa de Vigilancia Sanitaria de Aguas de Consumo*, cuyas líneas principales de intervención son ³⁸:

- a. Vigilancia sanitaria de las instalaciones, del tratamiento y de la distribución.
- b. Protocolo de autocontrol y gestión del abastecimiento.
- c. Autocontrol de la calidad del agua.
- d. Incumplimientos.
- e. Inspecciones sanitarias
- f. Abastecimientos no conectadas a red de distribución
- g. Situación de excepción a los valores paramétricos

A continuación se desarrollan pormenorizadamente las actuaciones incluidas en cada una de las líneas enumeradas. No se describen los aspectos asociados a abastecimientos no conectados a la red de distribución por no ser objeto de este trabajo.

Vigilancia sanitaria de las instalaciones, del tratamiento y de la distribución.

El control y vigilancia de las condiciones sanitarias de las instalaciones e infraestructuras de los sistemas de abastecimiento es fundamental para evitar la contaminación del agua ⁸.

Para desarrollar esta función la administración sanitaria autonómica, en cumplimiento con la normativa vigente, programa la ejecución de las siguientes actuaciones ⁸:

- a. Elaboración de los correspondientes informes sanitarios vinculantes de los proyectos de construcción de una nueva captación, conducción, ETAP, red de abastecimiento de longitud mayor de 500 m y depósito de la red de distribución o remodelación de uno existente ⁵⁰.
- b. Realización de inspección antes de la puesta en marcha de nuevas instalaciones, valoración y seguimiento de los resultados analíticos realizados por el gestor durante el tiempo que se crea oportuno y

elaboración de los correspondientes informes sanitarios previos a la puesta en funcionamiento de la nueva instalación ⁵⁰.

- c. Realización de inspecciones periódicas de control y vigilancia de las condiciones sanitarias de las instalaciones existentes ⁸.

Protocolo de autocontrol y gestión del abastecimiento.

Tal y como establece el artículo 18 del RD 140/2003 el gestor de cada abastecimiento debe elaborar y presentar un Protocolo de Autocontrol y Gestión del Abastecimiento por cada una de las ZA que controla ante la Delegación Provincial de la Consejería de Salud ³⁸.

Una vez presentado el protocolo la autoridad sanitaria se encarga de su revisión, disponiendo de un plazo máximo de tres meses para comunicar al gestor la autorización del Protocolo de Autocontrol, si procede, o requerir la modificación de los apartados que no se ajusten al contenido especificado en el anexo 9 del *Programa de Vigilancia y Calidad del Agua de Consumo de Andalucía* ³⁸.

El Protocolo de Autocontrol es el documento de trabajo de la empresa abastecedora de modo que el gestor debe mantener convenientemente actualizada la información contenida en el mismo.

Una vez autorizado un protocolo la Delegación Provincial de la Consejería de Salud puede pedir al gestor la modificación del mismo en caso de necesidad ante la sospecha de existencia de un riesgo para la salud.

A pesar de haber sido obligatoria la existencia de este documento en cada una de las zonas de abastecimiento desde el año 2003, en Andalucía se han ido alargando los plazos, de forma que tras la publicación del D 70/2009 y según establece su Disposición adicional, se concede una nueva prórroga de hasta un año máximo para que los gestores del abastecimiento presentasen su correspondiente Protocolo de autocontrol y Gestión ante la Administración ¹⁵. Este plazo concluyó el pasado 7 de mayo de 2010.

Autocontrol de la calidad del agua.

Como ya se ha visto en este trabajo, la frecuencia de realización de estos controles en los sistemas de abastecimiento se establece en base a la población y volumen de agua distribuido siguiendo los criterios del anexo V del RD 140/2003.

Al margen de la frecuencia que establece la legislación, la autoridad sanitaria considera otros aspectos en relación al autocontrol de los abastecimientos ³⁸.

- a. La Delegación Provincial de Salud puede requerir al gestor por escrito la incorporación al listado de parámetros valorados en el análisis de autocontrol de aquellos otros que estime oportunos siempre que el agua suministrada en la ZA presente contaminación permanente o reiterada por el mismo y/o existan sospechas de que se supera el valor paramétrico establecido por la legislación.
- b. Cuando la Delegación Provincial sospeche que el número de análisis realizados en una infraestructura según la frecuencia correspondiente por la legislación vigente es insuficiente, puede proponer por escrito al gestor un incremento de la frecuencia de control en la misma.
- c. La autoridad sanitaria debe velar para que:
 - En las ZA no se reduzca la frecuencia analítica fijada normativamente ni se realicen los muestreos asignados a una determinada infraestructura en otra.
 - El número de análisis se distribuya de forma homogénea a lo largo del año, salvo en el caso de infraestructuras que no tengan un funcionamiento continuo.
- d. La Delegación Provincial de Salud, hasta que sea publicado el muestreo para el control de la radiactividad, requerirá la determinación de los parámetros asociados a radiactividad únicamente en aquellas zonas en las que la actividad realizada en el territorio exija un control de los mismos o bien exista constancia de que pueden dar datos elevados.

Considerando los aspectos mencionados en relación a la frecuencia de realización del autocontrol de los abastecimientos, la autoridad sanitaria vigila las actuaciones del gestor en relación a los controles realizados del siguiente modo:

- a. Seguimiento de los boletines analíticos introducidos por cada ZA en la aplicación informática del SINAC y/o, en su defecto, control in situ de los boletines realizados e inspección de Libros de Registro de controles analíticos e incidencias de cada abastecimiento.
- b. Seguimiento del cumplimiento de las medidas adoptadas en relación con las excepciones a las concentraciones máximas admisibles ⁸.
- c. Cuando un agua suministrada sea calificada como no apta para consumo en base a los resultados analíticos obtenidos a través de la Red de

Vigilancia de las Aguas de Consumo Público de la Comunidad Autónoma, la autoridad sanitaria debe instar a los ayuntamientos para que adopten las medidas correctoras oportunas. En esta Red de Vigilancia se incluyen además las actuaciones realizadas en el seguimiento de incidencias y brotes hídricos ocurridos en las distintas redes de abastecimiento ⁸.

- d. Realización de analíticas al agua de consumo suministrada a una determinada ZA según la programación establecida individualmente por cada Distrito Sanitario.

Incumplimientos.

Los incumplimientos pueden ser detectados por el gestor o por la autoridad sanitaria.

El proceso seguido para incumplimientos detectados por la autoridad sanitaria en el transcurso de las analíticas de vigilancia sanitaria varía sustancialmente al descrito y establecido por el RD 140/2003.

Cuando el incumplimiento es detectado por la autoridad sanitaria desde la Delegación Provincial de Salud se procede, de forma inmediata, a comprobar en el SINAC los resultados de los últimos boletines analíticos introducidos por la zona de abastecimiento correspondiente o bien, en el supuesto de que ésta no esté dada de alta en la aplicación o la información analítica no se encuentre actualizada, le pedirá al gestor que remita directamente la información relativa a la vigilancia analítica ³⁸.

Si existen resultados analíticos recientes, tras la revisión de los mismos, la Delegación Provincial de Salud puede encontrarse ante dos situaciones ³⁸:

1. Que exista concordancia entre los resultados de la muestra analizada en la Delegación y los que facilita el gestor. En este caso se considera directamente que el incumplimiento está confirmado.
2. Que no exista concordancia. En este caso se considera válido el resultado facilitado por el laboratorio que tenga acreditada la técnica analítica para el parámetro en cuestión por la UNE-EN ISO/IEC 17025. En caso de que ambos laboratorios estén acreditados para dicho parámetro, se realizará una toma de muestra reglamentaria conforme al R.D. 1945/1983.

Por el contrario, si el último análisis de que dispone el gestor no es reciente, la administración procede a realizar una toma de muestra inmediata para contrastar los resultados analíticos y confirmar el incumplimiento según las pautas establecidas en el *Programa de Vigilancia Sanitaria y Calidad del Agua de Consumo de Andalucía* ³⁸.

Cuando el incumplimiento es detectado por el propio gestor, en principio, la autoridad sanitaria sólo tiene que verificar que el laboratorio que ha realizado la analítica objeto de incumplimiento cumple con los requisitos establecidos en el R.D. 140/2003 y en el Decreto 444/1996 ³⁸.

Posteriormente, una vez el gestor notifica el incumplimiento a la Delegación Provincial de Salud, la labor de la administración sanitaria se centra en:

- a. Comprobar que el gestor introduce en la aplicación del SINAC los resultados de los boletines correspondientes al incumplimiento y a la confirmación en un plazo máximo de 7 días desde la remisión por el laboratorio ³⁸.
- b. Imponer al gestor por escrito la adopción de medidas preventivas inmediatas tales como: dosificación de carbón activo, refuerzo de la desinfección, etc. en los casos en los que el incumplimiento afecte a un parámetro que pueda generar un riesgo para la salud pública o alarma social ³⁸.

Además, en caso de incumplimientos de parámetros de especial trascendencia, plaguicidas, radioactividad, metales pesados o cualquier sustancia, organismo o parásito que, bien por si mismo o por su elevada concentración pueda suponer un riesgo efectivo para la población o crear alarma social, la Delegación Provincial de Salud ha de proceder a la comunicación inmediata del hecho y las circunstancias asociadas al mismo a la Dirección General de Salud Pública y Participación vía telefónica, correo electrónico o fax ³⁸.

Inspecciones sanitarias

Las infraestructuras que constituyen las ZA pueden ser objeto de inspección por parte de los Distritos Sanitarios y, cuando proceda, por las Delegaciones Provinciales de Salud en las siguientes circunstancias ³⁸:

- a. Puesta en funcionamiento de una nueva infraestructura.
- b. Comprobación de la veracidad de la información en SINAC.
- c. Seguimiento de medidas correctoras impuestas ante incumplimientos.

d. Vigilancia del cumplimiento de la normativa sectorial.

En este apartado nos hemos centrado en la descripción de las actuaciones asociadas al apartado b, puesto que las a y c han sido tratadas con anterioridad en este trabajo y la última, la d, no es objeto de la presente revisión.

Las inspecciones realizadas con objeto de comprobar la veracidad de la información introducida en el SINAC se componen de dos fases: en primer lugar se realiza una revisión documental en la que se efectúa una comprobación de la información existente en el SINAC para, posteriormente, llevar a cabo la propia visita de inspección ³⁸.

El proceso se inicia desde las Delegaciones Provinciales de Salud y los Distritos Sanitarios que realizan una revisión de la información introducida por los gestores de las ZA en el SINAC para comprobar que es correcta y está actualizada ³⁸.

En cumplimiento del R.D. 140/2003 y la Orden SCO/1591/2005, se obliga a todas las entidades gestoras, ya sean Ayuntamientos con gestión directa del abastecimiento, empresas abastecedoras o laboratorios, a que introduzcan en el SINAC los datos de las ZA o partes de ellas que gestionan así como los boletines analíticos de autocontrol.

En el transcurso de esta revisión del SINAC la administración correspondiente verifica que ³⁸

- a. *La ZA está correctamente notificada*
- b. *Están todas las infraestructuras que deben estar en cada ZA y además correctamente cumplimentada.*
- c. *En caso de que existan distintos gestores en una misma ZA que se han dado de alta los correspondientes puntos de entrega por parte del gestor en “alta”*
- d. *Las infraestructuras están correctamente conectadas unas con otras de forma que a través de la aplicación sea posible “navegar” desde la captación hasta la red de distribución de una ZA obteniendo información de los tratamientos que recibe el agua en su recorrido, las características de los depósitos en los que se almacena, etc., todo esto independientemente del número de gestores implicados.*
- e. *Los laboratorios que realizan las analíticas de autocontrol cumplen con los requisitos establecidos en la normativa.*

- f. *Se están introduciendo los boletines analíticos que corresponden, de forma correcta y cumpliendo los plazos establecidos en la normativa.*

Los técnicos de Salud Ambiental de las Delegaciones Provinciales y de los Distritos Sanitarios están obligados a utilizar el SINAC de forma rutinaria. De este modo, si un gestor introduce correctamente los datos de las ZA o partes de ellas, así como los boletines analíticos de autocontrol en SINAC en cumplimiento con el R.D. 140/2003 y la Orden SCO/1591/2005, la administración no debe volver a solicitarle la presentación de la información recopilada en el SINAC en cualquier otro formato distinto ³⁸.

Una vez realizada la revisión de la información introducida en el SINAC la autoridad sanitaria realiza la correspondiente visita de inspección de la ZA para comprobar la veracidad de los datos introducidos ³⁸

En el transcurso de estas visitas se cumplimenta un protocolo específico de carácter interno para cada una de las infraestructuras revisadas así como se levanta la correspondiente acta de inspección en la que se reflejan los hechos observados, este acta es imprescindible en los casos en los que sea necesario iniciar y desarrollar cualquier acto administrativo derivado del proceso de inspección ³⁸. Para la mejor acreditación de los hechos reflejados en las actas el inspector puede anexionar a las mismas los documentos que consideren oportunos ³⁸.

La Delegación Provincial de Salud o el correspondiente Distrito Sanitario notifica de manera oficial al interesado todas las deficiencias observadas en la infraestructura y/o los riesgos derivados del incumplimiento de la normativa detectados en el transcurso de la inspección ³⁸. En esta notificación incluye además las medidas correctoras necesarias para prevenir o minimizar el riesgo detectado y el plazo de ejecución de las mismas ³⁸.

Por último, finalizado el plazo fijado para la corrección de las deficiencias observadas, la administración debe programar una nueva visita de inspección para verificar la adecuación de las instalaciones, procediendo a levantar el acta correspondiente ³⁸.

Situación de excepción a los valores paramétricos

Los procedimientos administrativos previstos en la legislación vigente sobre aguas de consumo público establecen una serie de actuaciones en caso de detección de situaciones de no conformidad con lo establecido en la misma. Entre estas situaciones los *programas de vigilancia de aguas de consumo* realizan una

especial mención a la autorización de excepciones a las concentraciones máximas admisibles, proceso en el que la administración desarrolla un importante papel ⁸.

Si el agua de un abastecimiento por circunstancias excepcionales supera los valores permitidos por la legislación vigente para uno o más parámetros, excepto para microbiológicos, y siempre que el suministro de agua no se pueda mantener de ninguna otra forma, el artículo 22 del RD 140/2003 prevé que el gestor del abastecimiento pueda solicitar la autorización de excepción temporal con respecto a los valores de los parámetros en cuestión ⁸.

El procedimiento para la solicitud y la tramitación de excepciones a los valores paramétricos establecidos en la normativa sigue las pautas detalladas en el *Programa de Vigilancia Sanitaria de Agua de Consumo de Andalucía*.

Para tramitar esta situación de excepción el gestor del abastecimiento debe presentar la solicitud junto con la documentación requerida en el registro de la Delegación Provincial de Salud. Una vez presentada, la Delegación Provincial cuenta con un plazo máximo de un mes para elaborar un informe con la valoración de la solicitud de autorización de excepción o de prórroga que debe remitir a la Dirección General de Salud Pública y Participación ³⁸.

El informe estará basado en el estudio de la documentación aportada de forma que se emitirá una resolución favorable siempre que la excepción no pueda constituir un peligro para la salud de la población abastecida. En este informe el Delegado Provincial de la Consejería de Salud concederá la autorización, estableciendo una nueva concentración máxima para el parámetro objeto de excepción, esta concesión se realiza por un tiempo limitado en el que en la ZA deben adoptarse las medidas oportunas para subsanar el problema ⁸.

II. JUSTIFICACIÓN

El agua constituye una necesidad primordial para la salud y la supervivencia de la humanidad por lo que no es exagerado considerarla como uno de los derechos humanos básicos ⁴⁵.

Uno de los objetivos prioritarios de cualquier sociedad lo constituye la ordenación y gestión de los recursos hídricos, lo que, hasta ahora, se venía realizando bajo directrices orientadas a satisfacer la demanda en cantidad suficiente. De este modo, el planteamiento tradicional de la llamada política hidráulica se queda corto para recoger las necesidades y las inquietudes de nuestra sociedad y dar las adecuadas respuestas a sus problemas en relación con el agua ³⁶.

El incremento de la oferta de agua como herramienta para el impulso económico, el mayor nivel de contaminación asociado a un mayor desarrollo, fenómenos naturales como sequías prolongadas, inundaciones, etc. y, en definitiva, la sobreexplotación de los recursos hídricos, han conducido a un deterioro importante de los mismos. Así, actualmente, el buen uso del agua está condicionado por el grave deterioro que sufre por la contaminación y por las situaciones de derroche en el consumo, lo que obliga a dar un giro en los objetivos de la tradicional política hidráulica, evolucionando éstos desde la satisfacción en cantidad de la demanda hacia una gestión que contemple la calidad del recurso y la protección del mismo como garantía de un abastecimiento futuro y de un desarrollo sostenible.

En la actualidad se introduce el concepto de política del agua, multidisciplinar e integradora, entendiendo como tal al conjunto de acciones de las administraciones públicas, a distintos niveles y en diversos ámbitos, relacionadas, por un lado, con la utilización del recurso, atendiendo tanto a sus aspectos cuantitativos como cualitativos y, por otro, con la gestión del dominio público hidráulico, el cual hay que conservar, proteger y mejorar, reforzándose así su carácter institucional, lo que requiere una mayor atención por parte de las Administraciones Públicas ³⁶.

La disponibilidad de recursos hídricos está altamente influenciada por las tendencias demográficas de cada zona. De este modo, aunque actualmente no es previsible que se produzcan incrementos globales significativos de las necesidades hídricas en el abastecimiento de poblaciones en España, escapan a esa tendencia general las regiones meridionales, entre las que se sitúa la mitad sur de España, donde no sólo cabe prever incrementos demográficos sino que, además, resultan ser zonas más desfavorecidas en cuanto a disponibilidad de recursos hídricos. A los problemas citados para estas regiones hay que sumarle el incremento de consumo de recursos que supone el turismo, que, aunque no sean muy relevantes, si

producen efectos locales y estacionales muy intensos, lo que introduce la necesidad de sobredimensionar las infraestructuras respecto a las que serían necesarias para atender a la población permanente ³⁶.

Además, desde la perspectiva territorial, hay que hacer una especial mención de la situación actual, con tendencia a agravarse, de muchos de los pequeños núcleos rurales de la península, en los que, al no poder aprovechar las necesarias economías de escala, surgen problemas para financiar y gestionar eficientemente los servicios de abastecimiento de agua y depuración de los efluentes ³⁶.

Según lo expuesto cabe indicar que los problemas más evidentes de los sistemas de abastecimiento de poblaciones en España se refieren a su fiabilidad, entendida como garantía del suministro, y a su vulnerabilidad, existiendo importantes carencias que se manifiestan con especial severidad en aquellos periodos de escasez en que los recursos se mantienen por debajo de su valor medio durante varios años.

La necesidad de elevar el nivel de la garantía de suministro, aproximándolo al 100%, requiere acciones orientadas, de un lado a disminuir la demanda mediante medidas de ahorro y conservación de agua, y de otro a incrementar los recursos donde dichas actuaciones se revelen insuficientes ³⁶. Estos conceptos incorporan todas aquellas técnicas que tienen por objeto el ahorro de agua o la mejor gestión de los recursos, tales como las actuaciones de modernización y rehabilitación de redes, tarifación volumétrica, equipamientos sanitarios de bajo consumo, desarrollo educativo e información pública, reutilización de aguas residuales, reciclado, cultivos y jardinería con menos exigencia de agua, etc., siendo una de las fuentes más importantes de ahorro la reducción de las pérdidas que se producen en las redes, fundamentalmente en las más antiguas ³⁶.

Históricamente, o incluso como sucede actualmente en muchos países en vías de desarrollo, los principales riesgos asociados al agua de consumo eran las enfermedades infecciosas de transmisión hídrica ⁴⁵. Hoy día la presentación de este tipo de enfermedades es extraña en los países desarrollados gracias al aumento del conocimiento de los mecanismos de actuación y presentación de las mismas. No obstante, a medida que se incrementa la demanda de agua y, por tanto, la búsqueda de nuevos recursos hídricos, aparecen problemas relacionados con la calidad del agua, generalmente debidos a la contaminación y/o cambio en la composición física, química o biológica del agua que incorpora sustancias o microorganismos

indeseables capaces de suponer, bajo determinadas circunstancias, un riesgo para la salud de la población a corto o largo plazo.

La legislación vigente en España establece que todas las aguas destinadas al consumo humano deben ser desinfectadas⁵⁰ pues la aplicación de este proceso tiene una importancia fundamental ya que constituye la última barrera contra la transmisión de enfermedades bacterianas y víricas de origen hídrico⁴².

Además de la concentración de Cloro Residual Libre el RD 140/2003 fija otros parámetros a controlar en todos los abastecimientos de agua de consumo humano entre los que se encuentran los relacionados con la contaminación microbiológica del agua.

El control de los parámetros mencionados no sólo es una labor de los gestores de los servicios de abastecimiento ya que la legislación también prevé un proceso de vigilancia sanitaria del agua de consumo humano por parte de la autoridad sanitaria.

Para facilitar el control del agua distribuida la administración sanitaria ha previsto mecanismos orientados a mantener una serie de fuentes de información de carácter bidireccional, es decir, desde los servicios de abastecimiento a la administración y viceversa. Estas herramientas, entre otras, incluyen la disponibilidad de los correspondientes análisis de autocontrol y completos que realiza el gestor al agua de consumo, la incorporación de la zona y sus características a la aplicación del SINAC, el desarrollo del Protocolo de Autocontrol del Abastecimiento, y la notificación y seguimiento de incumplimientos, todas ellas de obligado cumplimiento en función de las correspondientes fases de implantación que fija en cada caso la propia administración.

Para velar por el cumplimiento de las normas de calidad del agua de consumo público la administración desarrolla el correspondiente Programa de Vigilancia Sanitaria de Aguas de Consumo que recoge una serie de actuaciones orientadas a controlar el cumplimiento, implantación y adecuación de los cauces de información citados en el párrafo anterior.

Ante estas premisas, absolutamente fundamentales para asegurar la calidad del agua de consumo humano, surge la idea de plantear este estudio, para conocer la situación actual de los servicios de abastecimiento, de las condiciones del agua que suministran e, indirectamente, valorar la efectividad del Programa de Vigilancia Sanitaria de Aguas de Consumo puesto en marcha por la administración.

Creemos que nuestro estudio contribuye fundamentalmente a un acercamiento hacia la situación real tanto de los servicios de abastecimiento como del agua que consumimos, lo que permitirá valorar cuales son los aspectos que deben ser reforzados en el proceso de Vigilancia Sanitaria del agua de consumo.

III. OBJETIVOS

El presente proyecto tiene los seis objetivos generales que se enumeran a continuación:

1. Caracterizar la calidad del agua de consumo público en las zonas de abastecimiento de la Alpujarra Granadina.
2. Identificar qué parámetros físico-químicos valorados influyen, y en qué medida lo hacen, sobre la concentración de cloro residual libre en el agua de consumo público.
3. Establecer la asociación entre niveles de cloración deficientes y contaminación microbiológica en las aguas de consumo público.
4. Valorar que aspectos del proceso de muestreo del agua se asocian con cambios en el resultado de los parámetros físico-químicos y microbiológicos medidos en el agua de consumo.
5. Describir las características de los sistemas de abastecimiento y del suministro en las zonas de abastecimiento estudiadas, así como los recursos humanos disponibles para el mantenimiento de las mismas.
6. Valorar que aspectos se asocian con niveles de cloración deficientes.

IV. MATERIAL Y MÉTODOS

1.- TIPO DE ESTUDIO.

Para alcanzar los objetivos fijados se diseñó un estudio observacional.

2.- ÁMBITO DEL ESTUDIO.

2.1 Ámbito geográfico.

El estudio se ha realizado en las zonas de abastecimiento (ZA) de la Alpujarra Granadina.

2.2 Ámbito temporal.

El periodo de estudio comprendió desde el mes de enero de 2004 a diciembre de 2009.

3.- POBLACIONES DE ESTUDIO.

3.1 Población de referencia.

Consideramos como población de referencia de nuestro estudio a las zonas de abastecimiento de núcleos rurales localizados en la Alpujarra Granadina.

Tal y como queda definido por el RD 140/2003, una zona de abastecimiento es *el 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*⁵⁰. Cada ZA se compone de todas las infraestructuras que van desde una o varias captaciones hasta el grifo del consumidor.

3.2 Población accesible.

ZA inspeccionadas, durante el periodo de estudio, desde la Unidad de Protección de la Salud en las Zonas Básicas de Salud localizadas total o parcialmente en la Alpujarra Granadina, concretamente Órgiva I y II, Albuñol y Cadiar, pertenecientes al Área de Gestión Sanitaria Sur de Granada del Servicio Andaluz de Salud, que cumplieron los siguientes criterios de inclusión y exclusión.

A.- Criterios de inclusión.

- Zonas de abastecimiento que están gestionadas de forma directa por el Ayuntamiento de los núcleos rurales a los que abastece.

B.- Criterios de exclusión.

Se excluyeron del estudio las zonas de abastecimiento que cumplieron alguno de los siguientes criterios:

- Zonas de abastecimiento gestionadas de forma indirecta por empresas de titularidad privada.
- Zonas de abastecimiento de gestión mixta.

En esta área geográfica existen un total de 50 zonas de abastecimiento censadas por la autoridad sanitaria, de las que sólo 39 cumplieron los criterios de inclusión y exclusión preestablecidos.

3.3 Muestra.

Inicialmente se trató de incluir a todas las zonas de abastecimiento de la población de muestreo que cumplieron los criterios de inclusión y exclusión. Sin embargo, esto no fue posible en algunos casos, porque:

- Dos zonas de abastecimiento carecían de archivo de boletines analíticos o no fue posible el acceso a los mismos.
- Resultó imposible contactar con el gestor y/o responsable de mantenimiento de dos zonas de abastecimiento.

Finalmente el tamaño de muestra de este estudio se constituyó por 35 zonas de abastecimiento que se identifican mediante la asignación de un número correlativo a cada una de ellas (tabla 22).

4.- FUENTES DE INFORMACIÓN.

La información necesaria para la realización del presente estudio se ha obtenido de tres fuentes diferentes:

- Resultados de análisis realizados en el agua de consumo de las ZA que constituyen la muestra.
- Información introducida en la aplicación del SINAC por los gestores de las Zonas de Abastecimiento o extraída de los datos de demografía del la página web del Instituto Nacional de Estadística (INE).
- Cuestionario administrado al gestor o responsable de mantenimiento de estas Zonas de Abastecimiento.

Para facilitar la comprensión del estudio se ha agrupado la información recopilada en cuatro bloques en función de la naturaleza de la misma.

- Calidad: Nivel de los diferentes parámetros físico-químicos y microbiológicos en el agua suministrada en cada ZA.
- Características del suministro: Datos sobre población abastecida, volumen de agua distribuida y consumo de agua en cada ZA.
- Recursos del sistema de abastecimiento: Recursos humanos y formación del personal que trabaja en el mantenimiento de cada ZA.
- Características del sistema de abastecimiento: Datos relativos a las condiciones de los diferentes depósitos y sistemas de desinfección que integran los sistemas de abastecimiento de cada zona.

En la tabla 22 se recopilan los códigos que identifican a cada zona de abastecimiento y se indica, en cada una de ellas, el número de depósitos y puntos de muestreo para los que se dispone de información, así como el número de boletines analíticos valorados.

En adelante hablaremos indistintamente de sistema de abastecimiento y zona de abastecimiento para referirnos a un mismo aspecto.

Tabla 22: Resumen de la información recopilada en el estudio para cada ZA.

ZONA DE ABASTECIMIENTO	Nº DE DEPÓSITOS EXISTENTES	PUNTOS MUESTREO DEFINIDOS*	BOLETINES ANALITICOS RECOPIRADOS
1-Órgiva	7	7 d; 4 r	237
2-Alcazar	1	1 d; 1 r	36
3- Torvizcón	2	1 r	68
4-Almegíjar	2	1d; 1r	50
5-Notaez	1	1d; 1r	51
6-Trevélez	2	2 d; 2r	116
7-Busquistar	2	1r	45
8-Pórtugos	2	1d; 1r	75
9-Pitres	4	4d; 3r	147
10- Ferreirola	1	1d; 1r	41
11- Capileira	2	1r	3

Tabla 22: Resumen de la información recopilada en el estudio para cada ZA (continuación).

ZONA DE ABASTECIMIENTO	Nº DE DEPÓSITOS ESTUDIADOS	PUNTOS MUESTREO DEFINIDOS** d: depósito, r: red de distribución	BOLETINES ANALITICOS RECOPIRADOS*
12- Bubión	2	2d; 2r	84
13- Soportújar	2	1r	99
14-Cañar	3	1r	58
15-Lanjarón	2	2d; 2r	258
16-Pampaneira	2	2r	79
17-Carataunas	2	2r	26
18-Juviles	2	1d; 1r	26
19-Bérchules	3	3d; 3r	28
20-Alcútar	1	1d; 1r	13
21-Turón	3	1d; 1r	36
22-Laroles	2	2d; 2r	23
23-Picena	3	2d; 2r	16
24-Mairena Jubar	4	2d; 2r	25
25-Cadiar	2	1d; 1r	32
26-Narila	2	1d; 1r	28
27-Yator	1	1d; 1r	30
28-Lobras	2	1d; 1r	39
29-Timar	1	1d; 1r	29
30-Mecina bombaron	1	1d; 1r	20
31-Golco	1	1d; 1r	5
32-Yegen	3	3d; 3r	24
33-Válor	3	2d; 2r	53
34-Nechite	1	1d; 1r	31
35-Mecina alfahar	2	1d; 1r	43

* Número total de boletines de análisis que se han procesado para cada una de las ZA estudiadas.

** Cada ZA está integrada por uno o más depósitos y redes de distribución en los que, según la frecuencia establecida por el RD 140/2003 se procederá o no a la toma de muestras para realizar el análisis de control y completo. En esta columna se muestran el número total de puntos de muestreo en depósito (d) y red de distribución (r) definidos por los gestores de las zonas de abastecimiento estudiadas e incluidos en su plan de muestreo. Todos los análisis procesados en este estudio hacen alusión a los puntos de muestreo que se definen en esta columna.

4.1 Resultados analíticos: Análisis de control y completo.

Con esta fuente de información se extrajeron los datos relativos a la calidad el suministro.

Estos datos se obtuvieron mediante revisión de algunos de los parámetros relacionados con la calidad del agua de consumo, reflejados en los boletines analíticos archivados por los servicios de inspección del Sistema Andaluz de Salud y/o en los ayuntamientos de los núcleos rurales estudiados. Para la realización de este estudio no se consideró oportuno la obtención de este tipo de información mediante consulta de los datos de la ZA recopilados directamente en el SINAC ya que en la actualidad no todas introducen la totalidad de los análisis que realizan o bien esta información es incorporada en la aplicación con defecto de tiempo y/o forma.

Todos los informes revisados se corresponden con los análisis de control, completos o análisis de confirmación realizados por el gestor de cada abastecimiento al agua suministrada en los diferentes puntos de muestreo.

Tanto la toma de muestra como la ejecución del análisis ha sido realizado por el personal de los laboratorios subcontratados por cada uno de los gestores de los abastecimientos. Los dos laboratorios a los que hacemos referencia, APINEVADA y ALVEGESIMA están certificados según la ISO 9001 tal y como establece el art. 16 del RD 140/2003. Ninguno de estos laboratorios realiza más de 5000 muestras al año, por lo que no es necesaria la acreditación.

En total se recopilaron 1974 análisis de agua de consumo extraídos durante el periodo de estudio en los diferentes puntos de muestreo de cada zona de abastecimiento. Concretamente estos análisis fueron tomados a la salida de 46 depósitos y en 53 redes de distribución diferentes

Mencionar que existe una gran variabilidad en el número de boletines analíticos recopilados para las diferentes zonas de abastecimiento e infraestructuras correspondientes, ya sea porque no se archivan todos los boletines analíticos realizados en el periodo de estudio del presente proyecto, bien porque el número de ensayos a realizar según la frecuencia definida por la legislación vigente es menor, o bien porque el gestor de la zona de abastecimiento no realiza toma de muestras en la infraestructura aun correspondiéndole su ejecución (tabla 22).

De entre todos los parámetros incluidos en cada análisis únicamente se tuvieron en cuenta los de CRL, turbidez, pH, conductividad, *E. coli*, coliformes, bacterias a 22°C y *Clostridium perfringens*. En concreto se recopiló la siguiente información a partir de todos los boletines revisados:

- 1974 datos de cloro residual libre
- 1961 de conductividad
- 1130 de turbidez
- 1962 de pH
- 1962 de *E.coli*
- 1955 de coliformes
- 974 para bacterias con crecimiento a 22°C
- 964 para *Clostridium perfringens*.

La diferencia existente entre los boletines evaluados y los datos extraídos de cada uno de ellos se explica porque no se analizan siempre todas las variables estudiadas en este proyecto en todas las muestras, ya que la inclusión de los diferentes parámetros en cada ensayo esta definida por la legislación vigente, dependiendo en cada caso del tipo de análisis realizado, control o completo, y del punto de muestreo, red de distribución o depósito.

Según la legislación vigente el control de CRL (en todas los sistemas de abastecimiento estudiados se utiliza cloro como método de desinfección), turbidez, conductividad, pH, *Escherichia coli* y Bacterias coliformes es realizado tanto en los análisis de control como en los completos independientemente del punto de muestreo de que se trate. Sin embargo, el recuento de colonias a 22 °C y valoración de *Clostridium perfringens* únicamente es realizado cuando la toma de muestra se lleva a cabo a la salida del depósito de regulación en los análisis de control y en todos los casos para el análisis completo.

Por otro lado, en el caso particular de la turbidez, se producen una serie de pérdidas debidas a que, aunque el parámetro se incluya en el ensayo según legislación vigente, el resultado dado por el laboratorio encargado de la realización del análisis de control es el límite de detección del método de ensayo, por lo que no puede estimarse el valor exacto del mismo.

Para cada boletín estudiado, además de los parámetros físico-químicos y microbiológicos, se tuvo en consideración la fecha de muestreo, tipo de análisis, naturaleza de la infraestructura muestreada y el punto de muestro en el que se realizaba el ensayo con objeto de valorar la influencia de estas variables en los resultados obtenidos.

Finalmente, a partir de los resultados obtenidos tras la revisión del valor de CRL reflejado en cada uno de los boletines de análisis, se establecen una serie de variables para definir el grado de cloración del agua de consumo durante el periodo de duración de nuestro estudio. En este estudio se ha definido el nivel de cloración tanto para cada ZA como para cada una de las infraestructuras en las que se realiza toma de muestra, reflejando en cada caso el grado de cumplimiento de la legislación en función del porcentaje de muestras revisadas que la incumplen.

4.2. Información recopilada del SINAC o INE.

Con esta fuente se obtuvo la información relativa a las características del suministro.

Estos datos fueron extraídos directamente por el entrevistador en la aplicación del SINAC o, en su defecto, en la página del INE.

El Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo (SINAC) fue creado por el Ministerio de Sanidad y Consumo (MISACO) en respuesta al art 30 del RD 140/2003. El SINAC no es más que una aplicación informática, basada en Internet, cuya dirección es <http://sinac.msc.es/> . En ella, los gestores de todas las ZA de España, deben introducir los datos relativos a sus sistemas de abastecimiento y calidad del agua que suministran. La incorporación de datos al SINAC no se inició hasta el año 2004, siendo progresiva la implantación en cada ZA en función del número de habitantes a los que abastecen. El MISACO es el encargado de coordinar el SINAC y de elaborar anualmente los informes nacionales destinados a la información pública y a la Comisión Europea.

El entrevistador únicamente ha recurrido a los datos de población recopilados en la página web del INE cuando, a la fecha de finalización del periodo de estudio, el gestor no los haya introducido en la aplicación del SINAC. Los datos de población recopilados en las bases de datos del INE se corresponden con la última actualización del padrón municipal en enero de 2009.

En alguna de las zonas de abastecimiento estudiadas no se pudo obtener los valores alcanzados por estas variables al no encontrarse actualizados en las bases de datos consultadas.

4.3. Cuestionario administrado.

Se concertó una cita con cada uno de los encargados de mantenimiento de las zonas incluidas en el estudio o, en su defecto, con el personal responsable de la gestión del mismo.

En el transcurso del encuentro se entregó el cuestionario a cumplimentar, realizándose al mismo tiempo la visita de las instalaciones que integran cada zona en aquellos casos en los que se consideró oportuno.

Antes de contestar al cuestionario el personal de contacto era informado sobre el objetivo del estudio y las características del mismo. Además, previa a la cumplimentación, se realizó la solicitud del correspondiente consentimiento oral. El cuestionario se administra a cada responsable entrevistado.

Durante la cumplimentación, cuyo tiempo de duración variaba en función de las características de la zona de abastecimiento e infraestructuras integrantes, el entrevistador atendía las consultas y dudas de los participantes.

El cuestionario constaba de las partes que se describen a continuación:

4.3.1 Cuestionario de valoración de los recursos humanos para el mantenimiento de la zona de abastecimiento estudiada (*Anexo 1*).

Con este cuestionario se obtuvieron los datos relativos a los recursos humanos del sistema de abastecimiento.

En este apartado se incluyeron preguntas sobre el personal de mantenimiento del sistema y/o servicios subcontratados, así como la formación del mismo, ya que ésta podría incidir en el correcto funcionamiento del suministro de agua y, consecuentemente, en la calidad de ésta.

4.3.2 Cuestionario de análisis de las infraestructuras que integra el sistema de abastecimiento (*Anexo 2*).

Con este cuestionario se obtuvieron los datos relativos a las características del sistema de abastecimiento.

En él se integraron las preguntas relacionadas con el número, naturaleza y características de cada uno de los depósitos y sistemas de tratamiento del agua que

conforman cada zona de abastecimiento valorada, así como aspectos relativos a los controles llevados a cabo para asegurar la correcta desinfección del agua.

En el cuestionario de cada zona de abastecimiento se incluyeron tantos grupos de preguntas como depósitos integraban a la misma.

Concretamente nuestro estudio realiza la valoración de las características de un total de 76 depósitos integrantes de las distintas zonas de abastecimiento estudiadas.

Para identificar las infraestructuras que integran cada zona de abastecimiento se asigna un código numérico con el siguiente significado:

- A. Los dos primeros dígitos permiten identificar la ZA (definido en la columna *Zona de Abastecimiento* de la tabla 22).
- B. El siguiente identifica la naturaleza de la infraestructura a la que hace referencia:
 - ✓ 1: depósitos.
 - ✓ 2: red de distribución.
 - ✓ 3: Captación.
- C. El último dígito es un número correlativo que se asigna en cada abastecimiento para identificar de forma inequívoca a cada una de las infraestructuras de igual naturaleza que la integran.

Ejemplo: La Zona de Abastecimiento de Torvizcón dispone de dos captaciones, dos depósitos y dos redes de distribución distintas, por lo que contará con los siguientes códigos:

Depósito 1	0311
Depósito 2	0312
Red de distribución 1	0321
Red de distribución 2	0322
Captación 1	0331
Captación 2	0332

Para alguna de las cuestiones planteadas para cada infraestructura se producen pérdidas, ya sea porque la persona entrevistada desconoce la respuesta o bien por no realizarse cloración en la infraestructura en cuestión, por lo que las preguntas planteadas en este sentido no le son aplicables.

5. VARIABLES DEL ESTUDIO.

Las variables estudiadas en este trabajo se han generado a partir de los cuestionarios administrados y tras la revisión del SINAC y boletines analíticos. Se han definido tanto variables cualitativas como cuantitativas, todas ellas independientes.

A continuación se incluye una descripción de cada variable estudiada para facilitar la mejor comprensión y desarrollo del trabajo.

5.1. Variables cuantitativas.

1.- En relación a la *calidad del agua suministrada* las variables cuantitativas incluidas son:

- a. Cloro residual libre (CRL): Valor paramétrico alcanzado por el desinfectante residual en cada muestra de agua analizada medido con la técnica de dietil-p-fenilen diamina (DPD).

Las unidades de medida utilizadas para este parámetro son *partes por millón* (ppm).

- b. PH: Valor paramétrico alcanzado por la concentración del ión H⁺ en cada muestra de agua analizada.

La unidad de medida utilizada para este parámetro es *unidades de pH*.

- c. Turbidez: Valor de turbidez medido en cada muestra de agua analizada.

La turbidez es la medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia por la presencia de partículas en suspensión en la misma.

Las unidades de medida utilizadas para este parámetro son *unidades nefelométricas de formalina* (UNF).

- d. Conductividad: Valor de conductividad medido en cada muestra de agua analizada.

La conductividad es la medida de la concentración de sales en el agua analizada que, al disociarse y generar iones, positivos y negativos, es capaz de transportar la energía eléctrica.

Las unidades de medida utilizadas para este parámetro son $\mu\text{s/cm}$ A 20°C.

- e. Escherichia coli: Número de colonias de este microorganismo presentes en cada muestra de agua analizada.

Las unidades de medida utilizadas para este parámetro son *unidades formadoras de colonias/ml (ufc/ml)*.

- f. Coliformes: Número de colonias de este microorganismo presentes en cada muestra de agua analizada.

Las unidades de medida utilizadas para este parámetro son *unidades formadoras de colonias/ml (ufc/ml)*.

- g. Colonias con crecimiento a 22°C: Número de colonias de bacterias que crecen a una T^a de incubación de 22°C en cada muestra de agua analizada

Las unidades de medida utilizadas para este parámetro son *unidades formadoras de colonias/100 ml (ufc/100 ml)*.

- h. Clostridium perfringens: Número de colonias de este microorganismo presentes en cada muestra de agua analizada.

Las unidades de medida utilizadas para este parámetro son *unidades formadoras de colonias/ml (ufc/ml)*.

2.- En relación a las *características del suministro* las variables cuantitativas incluidas son:

- a. Población abastecida: Número de habitantes a los que se suministra agua de consumo en cada zona de abastecimiento.

La unidad de medida utilizada para expresar este resultado es *habitantes (hab)*.

- b. Volumen de agua distribuida: Volumen total de agua de consumo que es distribuida por la red en cada zona de abastecimiento.

La unidad de medida utilizada para esta variable es $\text{m}^3/\text{día}$.

- c. Consumo de agua: Consumo total de agua por habitante y día en cada zona de abastecimiento.

Esta variable se obtiene a partir de los datos de población abastecida y volumen de agua distribuido en cada zona de abastecimiento.

La unidad de medida utilizada para esta variable es *litros/habitante/día (l/hab*día)*.

3.- En relación a los *recursos del sistema de abastecimiento* no se incluyen variables cuantitativas.

4.- En relación a las *características del sistema de abastecimiento* no se incluyen variables cuantitativas.

5.2. Variables cualitativas.

1.- En relación a la *calidad del agua suministrada* las variables cualitativas incluidas son:

- a. Fecha: Día concreto en el que el personal del laboratorio realiza la toma de muestra del agua de consumo en el sistema de abastecimiento.
- b. Estación del año: Estación del año en la que se realiza el muestreo del agua de consumo.
- c. Análisis: Tipo de análisis al que corresponde el boletín analítico revisado (análisis de control, completo o de confirmación).
- d. Naturaleza de la estructura: Tipo de instalación ó infraestructura en la que se realiza la toma de muestra para el análisis (depósito o red de distribución).
- e. Punto de muestreo: Definido por el RD 140/2003 como *el lugar para la toma de muestras de agua de consumo humano para el control de calidad de ésta*

50

En el caso de nuestro trabajo el punto de muestreo es un lugar concreto del sistema de abastecimiento estudiado, predefinido por el gestor de cada zona de abastecimiento, en el que normalmente se extraen las muestras de agua para la realización de los análisis de control y completos con la frecuencia que establece la legislación.

Por las características de las zonas de abastecimiento estudiadas en este trabajo únicamente se han considerado los puntos de muestreo localizados a la salida de los depósitos de cabecera, depósitos de regulación y red de distribución.

Para identificar los distintos puntos de muestreo de una misma zona de abastecimiento se utiliza la misma codificación usada para designar las diferentes infraestructuras (ver página 171).

- g. Cumplimiento de los niveles legislados para el CRL: Grado de cumplimiento de la legislación vigente en relación al nivel de desinfectante residual en el agua analizada medido con la técnica de dietil-p-fenilen diamina (DPD).

Esta variable se ha categorizado en tres niveles según cumpla o no los valores paramétricos establecidos por la legislación vigente:

- Cumple: ≥ 0.2 ppm ó ≤ 1 ppm.
- No cumple por defecto: < 0.2 ppm
- No cumple por exceso: > 1 ppm.

- h. Cumplimiento de los niveles legislados para el pH: Grado de cumplimiento de la legislación vigente en relación a la concentración del ión H^+ (pH) en el agua analizada

Esta variable se ha categorizado en tres niveles según cumpla o no los valores paramétricos establecidos por la legislación vigente:

- Cumple: ≥ 6.5 ó ≤ 9.5
- No cumple por defecto: < 6.5
- No cumple por exceso: > 9.5

- i. Cumplimiento de los niveles legislados para la turbidez: A través de esta variable se trata de establecer el grado de cumplimiento de la legislación vigente en relación al valor de turbidez del agua analizada.

Esta variable se ha categorizado en dos niveles según cumpla o no los valores paramétricos establecidos por la legislación vigente:

- Cumple: ≤ 1 UNF en la red de distribución ó ≤ 5 UNF a la salida de depósitos.
- No cumple: > 1 UNF en la red de distribución ó > 5 UNF a la salida de depósitos.

- j. Cumplimiento de los niveles legislados para la conductividad: A través de esta variable se trata de establecer el grado de cumplimiento de la legislación vigente en relación al valor de conductividad del agua analizada.

Esta variable se ha categorizado en dos niveles según cumpla o no los valores paramétricos establecidos por la legislación vigente:

- Cumple: ≤ 2500 $\mu\text{s/cm}$.

- No cumple: >2500 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

k. Cumplimiento de los niveles legislados para *Escherichia coli*: Grado de cumplimiento de la legislación vigente en relación al número de colonias de este microorganismo presentes en el agua analizada.

Esta variable se ha categorizado en dos niveles según cumpla o no los valores paramétricos establecidos por la legislación vigente:

- Cumple: 0 ufc/ml.
- No cumple: > 0 ufc/ml.

l. Cumplimiento de los niveles legislados para coliformes: Grado de cumplimiento de la legislación vigente en relación al número de colonias de este microorganismo presentes en el agua analizada.

Esta variable se ha categorizado en dos niveles según cumpla o no los valores paramétricos establecidos por la legislación vigente:

- Cumple: 0 ufc/ml.
- No cumple: > 0 ufc/ml.

m. Cumplimiento de los niveles legislados para colonias a 22°C: Grado de cumplimiento de la legislación vigente en relación al número de colonias de bacterias que crecen a una temperatura de incubación de 22°C presentes en el agua analizada.

Esta variable se ha categorizado en dos niveles según cumpla o no los valores paramétricos establecidos por la legislación vigente:

- Cumple: ≤ 100 ufc/100ml.
- No cumple: > 100 ufc/100ml.

n. Cumplimiento de los niveles legislados para *Clostridium perfringens*: Grado de cumplimiento de la legislación vigente en relación al número de colonias de este microorganismo presentes en el agua analizada.

Esta variable se ha categorizado en dos niveles según cumpla o no los valores paramétricos establecidos por la legislación vigente:

- Cumple: 0 ufc/ml.
- No cumple: > 0 ufc/ml.

- o. Nivel de cloración en la Zona de Abastecimiento: Esta variable permite definir las características del agua de consumo en la zona de abastecimiento en base a los valores que se registran para el desinfectante residual en las distintas muestras que se analizan en la misma. En este estudio se han establecido cinco niveles de cloración en zonas de abastecimiento en función del porcentaje de análisis que presentan un nivel de cloro que cumple el intervalo establecido por la legislación vigente: 100%, $\geq 75\%$, < 75 a $\geq 50\%$, < 50 a $\geq 25\%$, y $< 25\%$, calificándose el agua en este punto del sistema como muy buena, buena, aceptable, mala y muy mala.
- p. Nivel de cloración en depósito: Esta variable permite definir las características del agua de consumo a la salida de cada uno de los depósitos sometidos a muestreo en base a los valores que se registran para el desinfectante residual en las distintas muestras que se analizan en ese punto del sistema de abastecimiento. En este estudio se han establecido cuatro niveles de cloración en depósitos en función del porcentaje de análisis que presentan un nivel de cloro que cumple el intervalo establecido por la legislación vigente: 100%, $\geq 75\%$, < 75 a $\geq 50\%$, < 50 a $\geq 25\%$, y $< 25\%$, calificándose el agua en este punto del sistema como muy buena, buena, aceptable, mala y muy mala.
- q. Nivel de cloración en baja: Esta variable permite definir las características del agua de consumo en cada una de las infraestructuras conectadas aguas debajo de cada uno de los de los depósitos en los que se realiza cloración. Esta variable nuevamente se obtiene en base a los valores que se registran para el desinfectante residual en las distintas muestras que se analizan en ese punto del sistema de abastecimiento.

2.- En relación a las *características del suministro* las variables incluidas son:

- a. Codificación población abastecida: Variable que se obtiene a partir del número de habitantes a los que se suministra agua de consumo en cada zona de abastecimiento categorizada en tres tramos siguiendo los intervalos definidos en el RD 140/2003 para establecer la frecuencia de muestreo en relación a la población abastecida.
- b. Codificación volumen de agua distribuida: Variable que se obtiene a partir de los m³/día de agua de consumo que se distribuyen en cada zona de abastecimiento categorizada en cinco tramos siguiendo los intervalos

definidos en el RD 140/2003 para establecer la frecuencia de muestreo en relación a la población abastecida.

- c. Codificación consumo de agua: A partir de los datos de población abastecida y volumen de agua distribuido en cada zona de abastecimiento se ha calculado para cada una de ellas el consumo de agua por habitante y día, finalmente los datos resultantes se categorizan en cuatro tramos en base a las recomendaciones de consumo definidas en el RRD 140/2003.

3.- En relación a los *recursos del sistema de abastecimiento* las variables cualitativas incluidas son:

- a. Número de personas contratadas para el mantenimiento de la ZA: Número de personas contratadas directamente por el gestor principalmente para realizar tareas relacionadas con el mantenimiento del abastecimiento de agua.

Esta variable se ha categorizado en dos niveles según sea el número de trabajadores (uno o más de uno).

- b. Formación general del encargado del mantenimiento de la ZA: Valora el nivel de formación reglada que posee el encargado del abastecimiento.

4.- En relación a las *características del sistema de abastecimiento* las variables cualitativas incluidas son:

- a. Infraestructura: El lugar específico de cada sistema de abastecimiento sometido a estudio. En concreto en este trabajo se valoran las características de todos los depósitos de cabecera y regulación que integran los sistemas de abastecimiento de todas las zonas estudiadas.

Cada infraestructura está identificada de forma inequívoca mediante un código numérico cuyo significado está definido en la página 171 de este trabajo.

- b. Año de construcción: Año de construcción del depósito.

Esta variable se ha categorizado en tres intervalos de tiempo que utilizan como punto de referencia el año 2004 por ser este el de inicio de nuestro estudio y el siguiente a la aprobación de la normativa de aguas vigente en la actualidad.

- c. Naturaleza del desinfectante: Identifica la naturaleza química del producto utilizado para la desinfección del agua.

- d. Punto de cloración: Define la localización del punto de dosificación de desinfectante en el vaso del depósito respecto a las tuberías de entrada y salida de agua del mismo.

Para esta variable se han planteado las siguientes alternativas de respuesta:

- *Sin control*. El producto desinfectante es introducido directamente al vaso del depósito, de forma manual y sin equipo de cloración, por lo que el punto exacto en el que se incorpora puede variar con cada aplicación.
- *Cerca de la entrada de agua*: El producto desinfectante se introduce mediante un dosificador automático cuya salida se encuentra próxima al punto entrada de agua al depósito, pero no coincidiendo exactamente con ésta.
- *Entrada de agua, igual plano salida inferior*: El producto desinfectante se introduce mediante un dosificador automático cuya salida se produce justo sobre el punto entrada de agua al depósito. Por su parte, la salida de agua del depósito se realiza por la parte inferior del vaso, en un punto localizado en la línea vertical de entrada del agua.
- *Entrada de agua, distinto plano salida inferior*: El producto desinfectante se introduce mediante un dosificador automático cuya salida se produce justo sobre el punto entrada de agua al depósito. Por su parte, la salida de agua del depósito se realiza por la parte inferior del vaso, en un punto no situado en la línea vertical de entrada del agua.

Por ejemplo, la entrada puede producirse en la zona lateral derecha, mientras que la salida se produce por la parte lateral izquierda.

- *Centro del vaso*: El producto desinfectante se introduce mediante un dosificador automático cuya salida se produce justo sobre el punto entrada de agua al depósito, situado en este caso en el centro del vaso del depósito.
- *Entrada de agua, salida superior*: El producto desinfectante se introduce mediante un dosificador automático cuya salida se produce justo sobre el punto entrada de agua al depósito. Por

su parte, la salida de agua del depósito se realiza por la parte superior del vaso.

- e. Frecuencia de control del proceso de desinfección: Valora la frecuencia con la que acude el personal encargado del mantenimiento del abastecimiento al punto de cloración para asegurar el correcto funcionamiento del equipo utilizado y/o para reponer el producto en caso de necesidad.
- f. Variabilidad del suministro de agua: Valora si el suministro del agua almacenada en el depósito es constante en el tiempo o variable según días o estaciones del año. Este aspecto es especialmente importante si el depósito es un punto de cloración del agua abastecida.
- g. Ubicación del depósito: Define la localización del depósito respecto al núcleo urbano al que abastece.
- h. Acceso al depósito: Define las vías de acceso desde el núcleo urbano a la zona en la que se ubica el depósito.
- i. Frecuencia de control de la concentración de CRL: Frecuencia con la que se valora en el abastecimiento el CRL del agua suministrada desde este punto de cloración a la red de distribución.
- j. Método de control de la concentración de CRL: Método empleado para valorar el nivel de CRL en el agua distribuida.

6. ANÁLISIS DE DATOS.

Para el análisis de datos se utilizó el paquete estadístico SPSS-PC para Windows, versión 15.0.

6.1. Estudio descriptivo.

Para la mayoría de las variables cualitativas se ha estudiado su distribución en la muestra (valor absoluto y proporción sobre el total)

Además, para todas las variables cuantitativas incluidas en el estudio se han obtenido sus estadísticos de tendencia central (media) y dispersión (rango y desviación estándar).

6.2. Estudio analítico.

6.2.1. Análisis bivariante.

A través de este estudio se ha valorado la existencia de correlación estadísticamente significativa entre las diferentes variables cuantitativas que definen

la calidad del agua suministrada mediante la obtención, para cada comparación realizada, de la correspondiente Rho de Spearman, dado que el tamaño de nuestra muestra es pequeño y, para alguna de las variables, existen muchos 0. Este mismo análisis se ha utilizado para determinar igualmente la existencia de correlación estadísticamente significativa entre la variable cuantitativa CRL y las variables cuantitativas que definen las características del suministro.

Las variables cuantitativas que definen la calidad del agua suministrada se han comparado además con una serie de variables cualitativas relacionadas con las características y condiciones en las que se realiza el muestreo del agua. En este caso, para valorar la posible existencia de significación estadística, se realizan test no paramétricos:

- a. Prueba de Kruskal-Wallis: Utilizado para valorar la existencia de significación estadística de una variable independiente cualitativa con tres o más categorías y una independiente cuantitativa continua.
- b. Prueba U de Mann-Whitney: Utilizado para valorar la existencia de significación estadística de una variable independiente cualitativa dicotómica y una independiente cuantitativa continua.

Finalmente, para la comparación de variables cualitativas entre sí, al ser el tamaño de muestra pequeño con pérdidas para alguna de las cuestiones planteadas, se ha utilizado el test exacto de Fisher. A través de él se ha valorado la posible existencia de significación estadística entre las variables que definen el grado de cloración del agua con todas aquellas variables cualitativas relacionadas con las características del suministro, recursos humanos y características del sistema de abastecimiento.

Para todas las comparaciones del análisis bivalente, se ha tomado como límite para la significación estadística un valor de p igual o menor a 0,05, considerando que existen indicios de significación si $p > 0.05$ y < 0.1 .

6.2.2. Análisis Multivariante.

Para la variable dependiente *nivel de cloración en la ZA* se ha diseñado un modelo de regresión logística múltiple, a partir de un conjunto de variables independientes seleccionadas.

Para construir el modelo se ha utilizado un procedimiento de inclusión de variables paso a paso. En él se han incorporado todas aquellas variables

independientes que, al cruzarlas una a una con el nivel de cloración en la ZA, presentan un p-valor menor o igual a 0.300.

Finalmente, se ha optado por elegir aquel modelo con un mejor coeficiente de determinación R^2 . Además del citado coeficiente, para cada variable incluida en el modelo, se presenta su coeficiente y su intervalo de confianza al 95%.

V. RESULTADOS

1.- ESTUDIO DESCRIPTIVO.

1.1. Nivel de cloración del agua de consumo público en las zonas de abastecimiento estudiadas.

El RD 140/2003 de 7 de febrero establece que, con carácter general, la concentración de CRL en la red de distribución debe mantenerse en el intervalo comprendido entre 0.2 y 1.0 mg/l ⁵⁰. La OMS establece como valor guía para este parámetro una concentración de 5 ppm, siendo éste el umbral a partir del cual se declararía el agua como no apta para consumo ³⁹.

La figura 8 muestra un gráfico que representa el porcentaje de análisis conformes y no conformes con la legislación vigente, detectados en cada ZA.

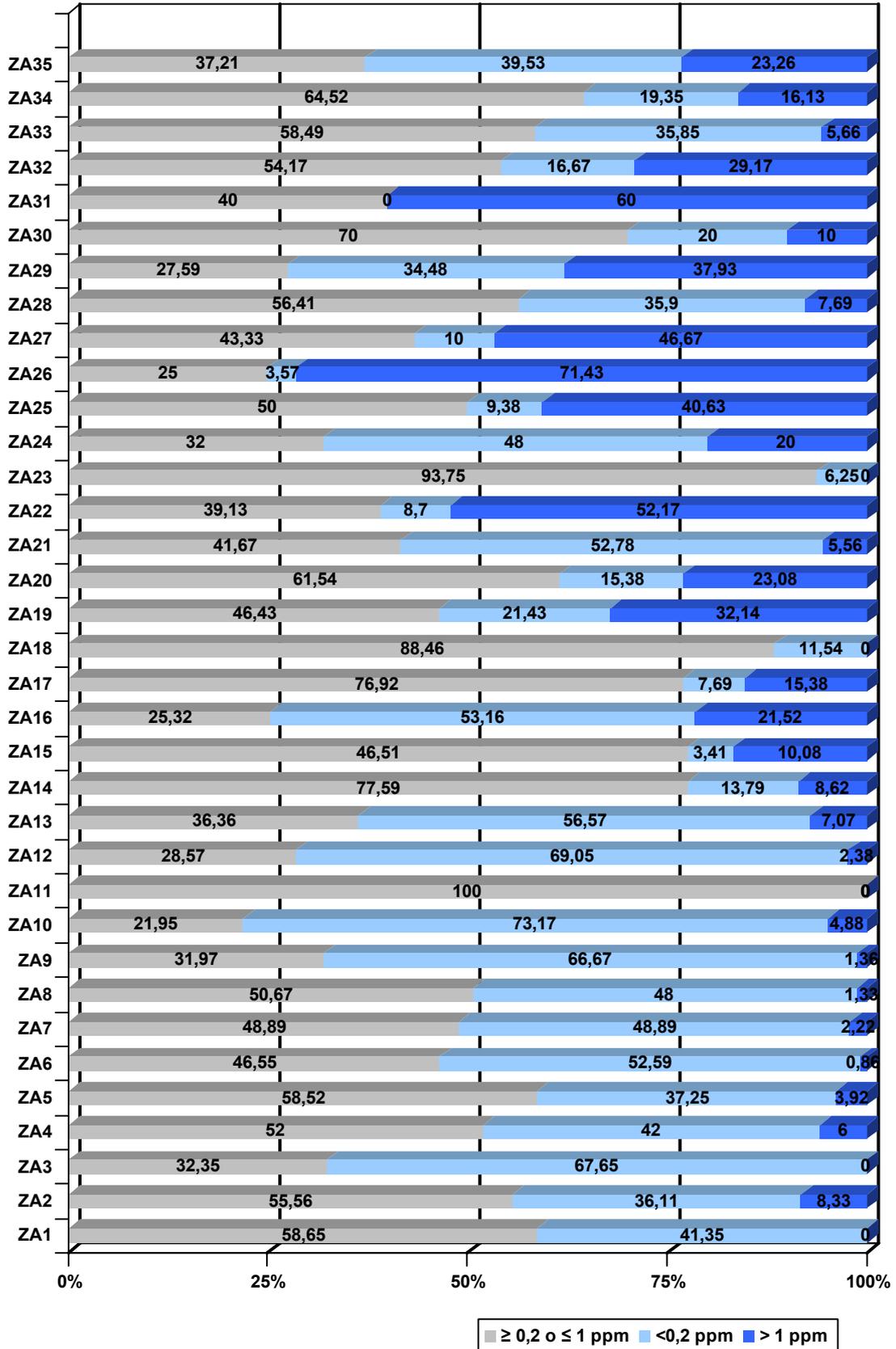
En el Anexo 3 se incluye la tabla 90 que detalla los niveles de cloración de cada una de las ZA que han sido estudiadas.

Si analizamos el dato de cloración en cada uno de los boletines de análisis recopilados, observamos que el número total de análisis conformes es de 47.01% frente al 52.99% de muestras no conformes, de las que el 42.96% presentaban valores incorrectos por defecto (< 0.2 ppm) y 10.03% por exceso (> 1ppm) (figura 9).

Para valorar la cloración del agua en las diferentes ZA, se han establecido cinco niveles, en función del porcentaje de análisis que presentan un nivel de cloro correcto (100%, $\geq 75\%$, $< 75 - \geq 50\%$, $< 50 - \geq 25\%$ y $< 25\%$), calificándolas en cada caso como cloración muy buena, buena, regular, mala y muy mala. De este modo, a través de la tabla 23, se comprueba que aproximadamente la mitad de las ZA presentan menos del 50% de sus análisis correctos (51.46%), siendo el intervalo mayoritario el comprendido entre 50 y 25%. A través de esta misma tabla, también podemos observar, que existe una única ZA que presenta los resultados de CRL conformes en todos sus análisis, si bien hay que puntualizar que el número de boletines analíticos revisados en ella es muy inferior a los analizados en el resto.

Finalmente, a partir de los valores de CRL consignados en cada análisis de agua, se ha calculado la media y desviación típica (DT) para el conjunto de datos correspondientes a cada ZA. Así, observamos que durante el periodo de estudio, el valor de CRL máximo en el conjunto de análisis revisados es de 8.09 ppm, siendo el valor medio obtenido de 0.430 con una desviación típica de 0.582. Al revisar uno a uno los datos relativos a cada ZA, nos damos cuenta que 2 presentan un valor medio de CRL inferior a 0.2 ppm y 5 superior a 1 ppm, encontrando sólo 3 ZA en las que se ha declarado el agua como no apta para consumo humano, al superarse el límite de 5 ppm (tabla 24).

Figura 8. Resultados de CRL en los análisis de las ZA estudiadas.



% BOLETINES DE ANÁLISIS REVISADOS

Figura 9. Porcentaje de boletines de análisis según los resultados de cloración en relación a la legislación vigente.

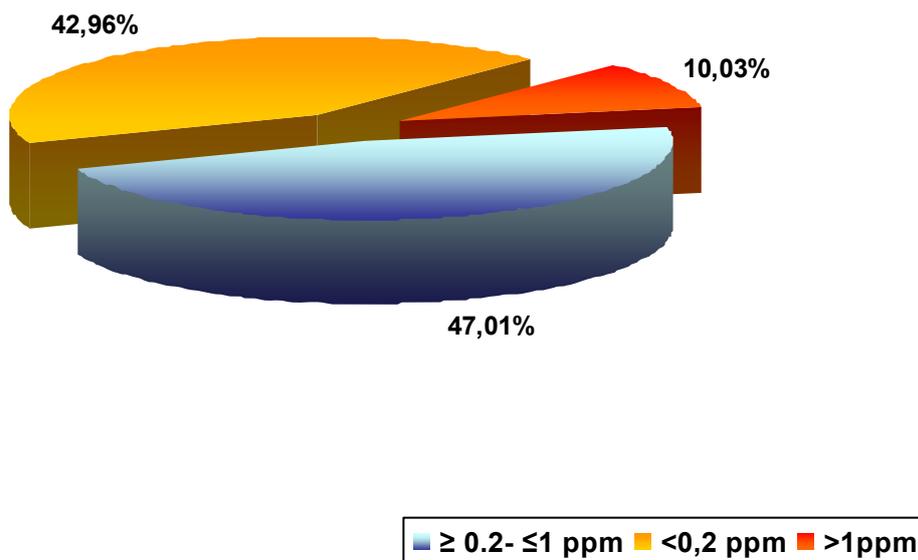


Tabla 23. Nivel de cloración en las ZA estudiadas.

CLORACIÓN EN EL AGUA		N	%
ZA	Muy buena (100% resultados correctos)	1	2.86
	Buena: ($\geq 75\%$ resultados correctos)	4	11.42
	Regular: ($< 75 \geq 50\%$ resultados correctos)	12	34.28
	Mala: ($< 50 \geq 25\%$ resultados correctos)	17	48.60
	Muy mala: ($< 25\%$ resultados correctos)	1	2.86
TOTAL		35	100.00

Tabla 24. Estadística básica del CRL en el agua de consumo de las ZA.

ZA	CRL				
	N	Mínimo	Máximo	Media	DT
1	237	0,00	0,80	0,269	0,202
2	36	0,00	5,60	0,615	1,094
3	68	0,00	0,50	0,123	0,139
4	50	0,02	2,14	0,380	0,399
5	51	0,02	1,23	0,340	0,276
6	116	0,05	2,10	0,230	0,252
7	45	0,00	1,58	0,205	0,261
8	75	0,04	1,29	0,330	0,267
9	147	0,01	1,50	0,221	0,257
10	41	0,05	6,24	0,347	1,007
11	3	0,29	0,60	0,447	0,155
12	84	0,02	2,15	0,175	0,276
13	99	0,00	2,23	0,324	0,498
14	58	0,02	1,56	0,528	0,355
15	258	0,00	2,90	0,413	0,530
16	79	0,02	2,41	0,508	0,684
17	26	0,00	1,32	0,686	0,345
18	26	0,07	0,65	0,370	0,150
19	28	0,03	2,59	0,858	0,745
20	13	0,11	2,53	0,881	0,785
21	36	0,03	2,31	0,329	0,437
22	23	0,07	2,20	1,097	0,612
23	16	0,15	0,93	0,598	0,190
24	25	0,03	2,99	0,609	0,849
25	32	0,13	2,25	0,969	0,646
26	28	0,12	3,34	1,540	0,777
27	30	0,08	3,21	1,168	0,860
28	39	0,03	2,49	0,410	0,505
29	29	0,03	8,09	1,093	1,611
30	20	0,02	3,69	0,573	0,785
31	5	0,82	2,24	1,388	0,607
32	24	0,07	2,06	0,813	0,584
33	53	0,00	1,97	0,451	0,407
34	31	0,05	1,52	0,589	0,423
35	43	0,05	3,68	0,644	0,752
CONJUNTO	1974	0,00	8,09	0,432	0,582

1.2. PH del agua de consumo público en las zonas de abastecimiento estudiadas.

El RD 140/2003 de 7 de febrero establece que, con carácter general, la concentración de iones hidrógeno (pH) en la red de distribución debe mantenerse en el intervalo comprendido entre 6.5 y 9.5 unidades de pH⁵⁰. El valor recomendado para calificar un agua como no apta para consumo humano es de 4.5 como límite inferior y 10.5 como superior³⁹.

La figura 10 muestra un gráfico que representa el porcentaje de análisis conformes y no conformes con la legislación vigente, detectados en cada ZA.

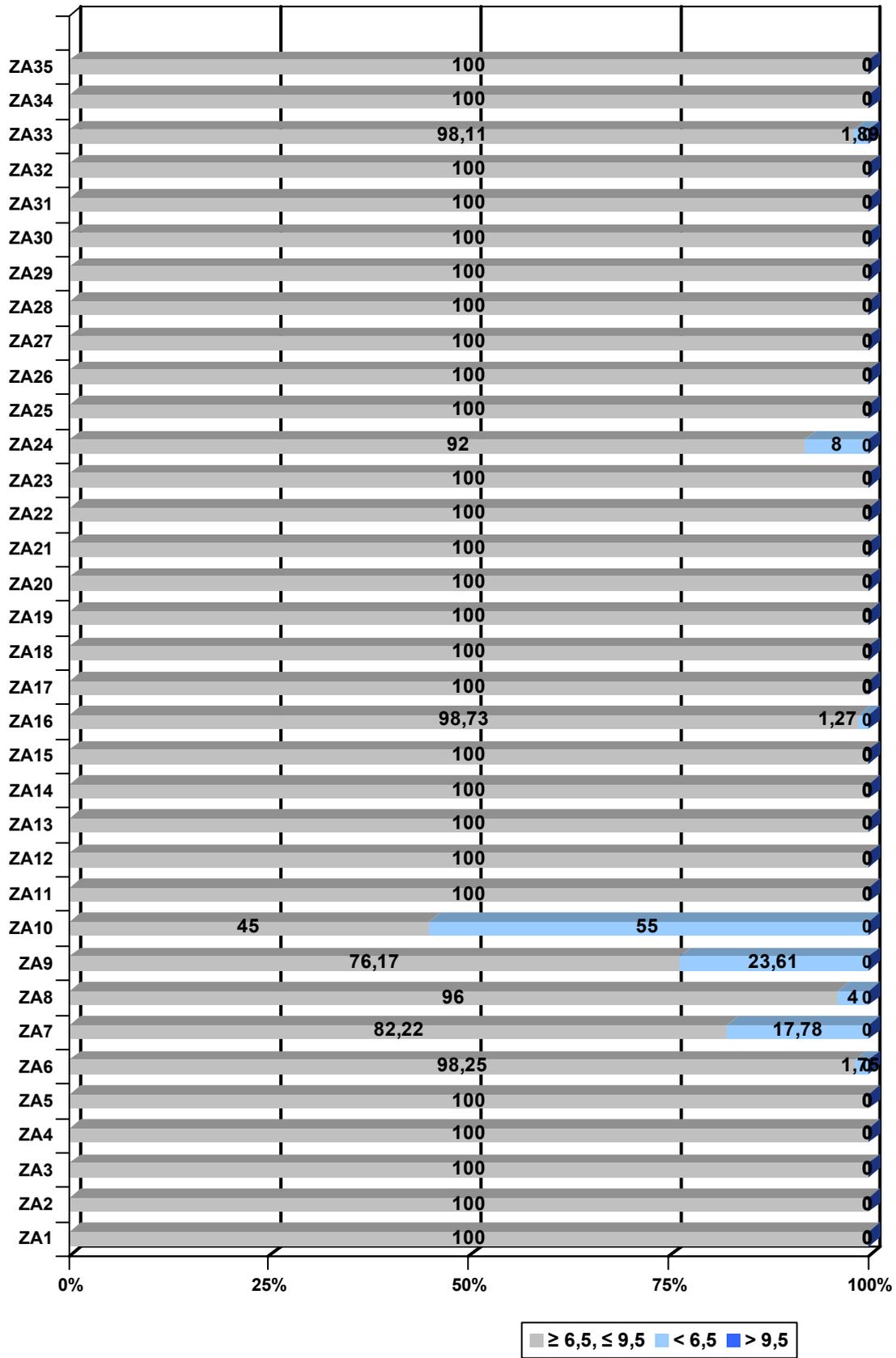
En el Anexo 3 se incluye la tabla 91 que detalla los niveles de pH de cada una de las ZA que han sido estudiadas.

Si analizamos el valor de pH en cada uno de los boletines de análisis recopilados, observamos que el número total de análisis conformes es de 96.23%, sólo en el 3.77% de muestras el resultado fue inferior a 6.5 unidades de pH. En ningún caso se sobrepasa el límite superior que establece la legislación (figura 11).

Para valorar el pH del agua en las diferentes ZA, se han establecido cinco niveles, en función del porcentaje de análisis que presentan un nivel de pH correcto (100%, $\geq 75\%$, $< 75 - \geq 50\%$, $< 50 - \geq 25\%$ y $< 25\%$), calificándolas en cada caso como nivel de pH muy bueno, bueno, regular, malo y muy malo. De este modo, a través de la tabla 25, se comprueba que la mayoría de ZA presentan el 100% de sus análisis correctos en relación al pH (77.14%).

Finalmente, a partir de los valores de pH consignados en cada análisis de agua, se ha calculado la media y desviación típica para el conjunto de datos correspondientes a cada ZA. Así, observamos que durante el periodo de estudio, el valor de pH mínimo y máximo en el conjunto de análisis revisados es de 5.00 y 8.92, siendo el valor medio obtenido de 7.720 con una desviación típica de 0.527. Al revisar uno a uno los datos relativos a cada ZA, nos damos cuenta de que en ninguna el valor medio de pH supera los valores paramétricos fijados por la legislación vigente, no encontrándose tampoco ningún análisis que supere los límites de pH establecidos para declarar el agua como no apta para consumo humano (tabla 26).

Figura 10. Resultados de pH en los análisis de las ZA estudiadas.



% BOLETINES DE ANÁLISIS REVISADOS

Figura 11. Porcentaje de boletines de análisis según los resultados de pH en relación a la legislación vigente.

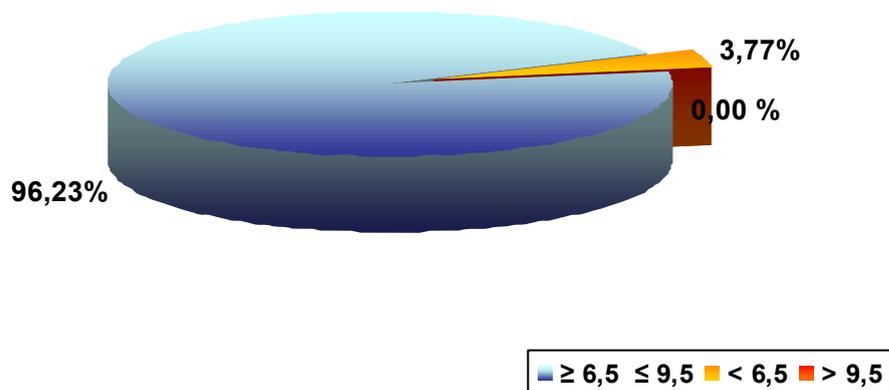


Tabla 25. Nivel de pH en zonas de abastecimiento estudiadas.

pH		N	%
ZA	Muy buena (100% resultados correctos)	27	77.14
	Buena: ($\geq 75\%$ resultados correctos)	7	20.00
	Regular: ($< 75 \geq 50$ % resultados correctos)	1	2.86
	Mala: ($< 50 \geq 25$ % resultados correctos)	0	0.00
	Muy mala: (< 25 % resultados correctos)	0	0.00
	TOTAL	35	100.00

Tabla 26. Estadística básica del pH en el agua de consumo de las ZA.

ZA	PH				
	N	Mínimo	Máximo	Media	DT
1	237	7,19	8,52	7,902	0,297
2	36	7,60	8,40	7,940	0,191
3	68	7,01	8,65	8,065	0,275
4	50	7,33	8,25	7,915	0,204
5	51	7,54	8,46	8,045	0,194
6	114	6,33	8,79	7,804	0,560
7	45	5,59	7,94	6,949	0,470
8	75	6,34	8,61	7,693	0,630
9	147	5,00	8,78	7,217	0,903
10	40	5,75	7,97	6,544	0,524
11	3	7,00	7,93	7,610	0,528
12	84	6,80	8,59	7,836	0,415
13	99	7,15	8,44	7,938	0,241
14	58	7,23	8,55	8,104	0,226
15	250	6,78	8,56	7,644	0,260
16	79	6,38	8,10	7,363	0,3118
17	26	7,68	8,38	7,973	0,167
18	26	6,74	8,58	7,856	0,457
19	28	6,79	8,92	7,759	0,517
20	13	6,99	8,37	7,780	0,394
21	36	6,52	8,90	7,929	0,509
22	23	6,65	8,66	7,486	0,508
23	16	6,85	8,10	7,534	0,387
24	25	6,28	8,86	7,734	0,602
25	32	7,37	8,40	7,844	0,285
26	28	7,17	8,60	7,796	0,331
27	30	6,95	8,10	7,567	0,304
28	39	7,20	8,60	7,916	0,286
29	29	7,39	8,40	7,872	0,238
30	20	7,06	8,43	7,665	0,395
31	5	7,29	8,10	7,782	0,371
32	24	7,10	8,40	7,906	0,329
33	53	6,46	8,69	7,930	0,412
34	31	7,21	8,59	7,909	0,363
35	43	6,81	8,45	7,791	0,351
CONJUNTO	1963	5,00	8,92	7,724	0,527

1.3. Conductividad del agua de consumo público en las zonas de abastecimiento estudiadas.

El RD 140/2003 de 7 de febrero establece que, con carácter general, la conductividad del agua de consumo debe ser inferior a 2500 $\mu\text{s}/\text{cm}$ a 20°C ⁵⁰. El valor de conductividad recomendado para calificar un agua como no apta para consumo humano es de 5000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ a 20°C ³⁹.

En el Anexo 3 se incluye la tabla 92 que detalla los niveles de pH de cada una de las ZA que han sido estudiadas.

Si analizamos el valor de la conductividad en cada uno de los boletines de análisis recopilados, observamos que todos los análisis realizados al agua de consumo distribuida en las ZA estudiadas presentaron un valor de conductividad correcto (tabla 27).

A partir de los valores de conductividad consignados en cada análisis de agua, se ha calculado la media y desviación típica para el conjunto de datos correspondientes a cada ZA. Así, comprobamos que durante el periodo de estudio, el valor de conductividad mínimo y máximo en el conjunto de análisis revisados es de 15.38 y 1915.00, siendo el valor medio obtenido de 271.84 con una desviación típica de 282.761. No se ha encontrado ningún análisis que supere los límites de conductividad recomendados para declarar el agua como no apta para consumo humano (tabla 28).

Tabla 27. Porcentaje de boletines de análisis según los resultados de conductividad en relación a la legislación vigente.

ZA		CONDUCTIVIDAD		TOTAL
		< 2500	> 2500	
TOTAL	N	1958	0	1958
	%	100.00	0.00	100.00

Tabla 28. Estadística básica de la conductividad en el agua de consumo de las ZA.

ZA	CONDUCTIVIDAD				
	N	Mínimo	Máximo	Media	DT
1	237	178,40	1012,00	673,985	130,081
2	36	699,00	1683,00	1140,444	237,263
3	68	187,00	1142,00	687,224	191,829
4	50	296,00	710,00	508,140	78,378
5	51	259,00	546,00	352,235	62,551
6	113	40,60	99,00	65,300	11,855
7	45	15,38	215,00	108,415	27,933
8	75	29,90	146,50	67,103	22,414
9	147	32,40	346,00	89,604	62,234
10	40	60,90	706,00	300,417	116,017
11	3	66,30	119,10	85,467	29,222
12	84	59,10	149,30	97,079	23,470
13	99	69,00	323,00	233,166	49,478
14	58	100,00	259,00	209,917	23,622
15	248	54,60	343,00	120,442	44,703
16	79	37,00	129,00	90,843	16,882
17	26	184,00	338,00	252,500	48,492
18	26	84,90	394,00	246,573	99,559
19	28	34,40	96,60	57,986	16,748
20	13	51,60	231,00	101,431	44,160
21	36	80,20	331,00	158,672	61,415
22	23	22,90	137,80	82,065	26,749
23	16	102,50	210,00	136,175	34,005
24	25	32,60	83,60	57,448	16,555
25	32	103,20	277,00	173,066	37,436
26	28	161,30	320,00	234,107	35,654
27	29	870,00	1915,00	1261,276	214,021
28	38	143,70	348,00	250,550	51,175
29	29	289,00	514,00	365,483	51,470
30	20	88,50	171,40	124,240	26,717
31	5	121,00	472,00	307,400	171,951
32	24	77,10	222,00	115,240	31,569
33	53	54,90	125,90	84,791	15,040
34	31	88,20	157,90	121,929	17,551
35	43	90,60	432,00	173,419	61,601
CONJUNTO	1959	15,38	1915,00	271,841	282,761

1.4. Turbidez del agua de consumo público en las zonas de abastecimiento estudiadas.

El RD 140/2003 de 7 de febrero establece que, con carácter general, la turbidez del agua de consumo debe ser inferior a 1 UNF a la salida de los depósitos de distribución e inferior a 5 UNF en la red de distribución ⁵⁰. El valor recomendado para calificar un agua como no apta para su consumo es de 6 UNF ³⁹

La figura 12 muestra un gráfico que representa el porcentaje de análisis conformes y no conformes con la legislación vigente, detectados en cada ZA.

En el Anexo 3 se incluye la tabla 93 que detalla los niveles de turbidez de cada una de las ZA que han sido estudiadas.

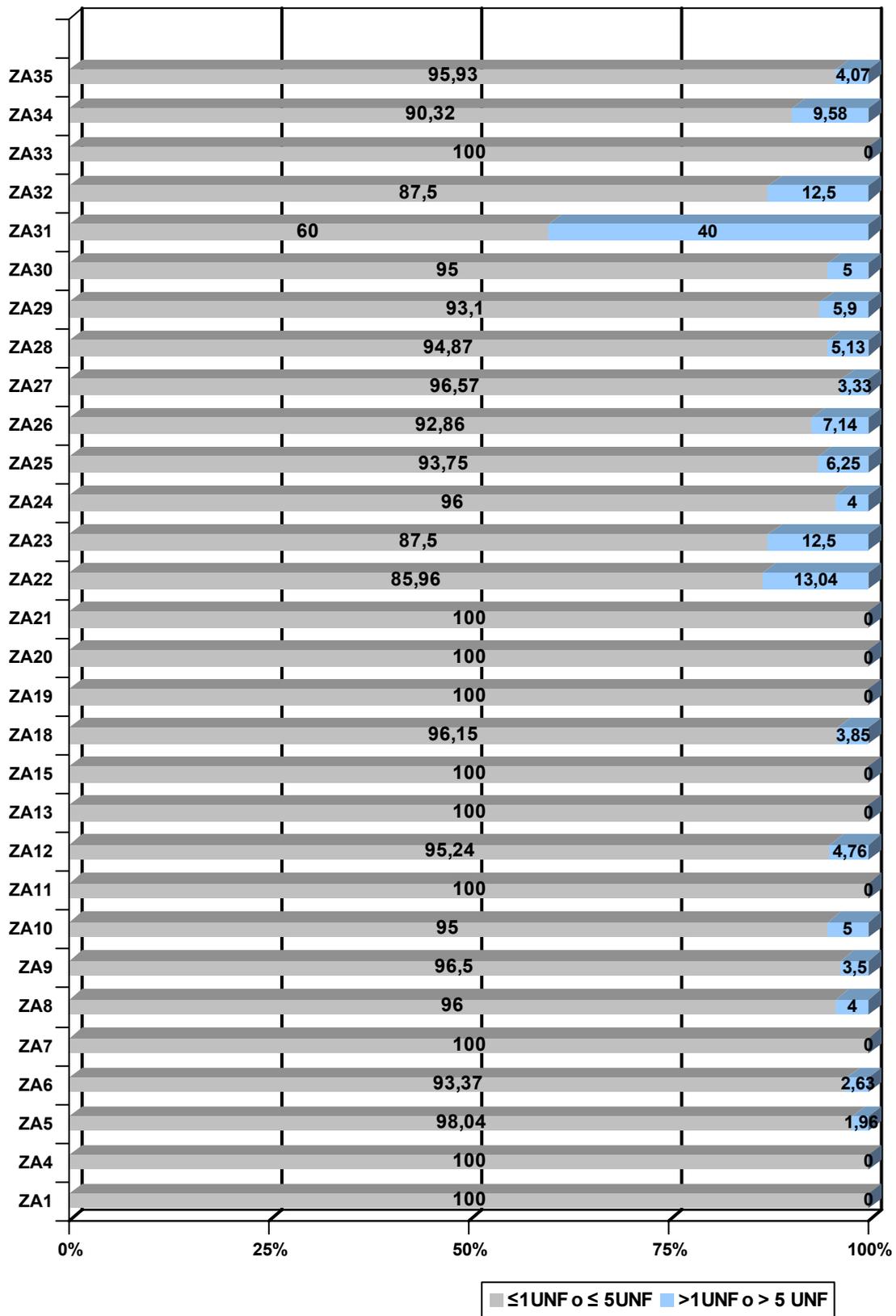
Si analizamos el valor de turbidez en cada uno de los boletines de análisis recopilados, observamos que el número total de análisis conformes es de 95.23%, sólo en el 4.07% de muestras el resultado es superior a 1 UNF en depósito y 5 UNF en red de distribución. En ningún caso se sobrepasa el límite superior que establece la legislación (figura 13).

A través de la tabla 29 podemos observar que el número de análisis de aguas de consumo que presentan un nivel de turbidez conforme con la legislación es superior en la red de distribución, 98.53%, que en depósitos, 72.07%.

Para valorar la turbidez del agua en las diferentes ZA, se han establecido cinco niveles, en función del porcentaje de análisis que presentan un nivel de turbidez correcto (100%, $\geq 75\%$, $< 75 - \geq 50\%$, $< 50 - \geq 25\%$ y $< 25\%$), calificándolas en cada caso como muy buena, buena, regular, mala y muy mala. De este modo, a través de la tabla 33, se comprueba que existen 9 ZA que presentan el 100% de sus análisis correctos en relación a la turbidez, un 25.71%. Hay que señalar que en el 14.28% de las ZA no se han valorado datos de turbidez (tabla 30).

Finalmente, a partir de los valores de turbidez consignados en cada análisis de agua, se ha calculado la media y desviación típica para el conjunto de datos correspondientes a cada ZA. Así, observamos que durante el periodo de estudio, el valor de turbidez mínimo y máximo en el conjunto de análisis revisados es de 0.00 y 30.40, siendo el valor medio obtenido de 0.844 con una desviación típica de 1.536. Al revisar uno a uno los datos relativos a cada ZA, nos damos cuenta de que en once de ellas el valor medio de turbidez es mayor que 1 UNF, límite establecido por la legislación para el depósito, encontrando hasta nueve ZA en las que se ha declarado el agua como no apta para consumo humano, al superarse el límite de 6 UNF (tabla 31).≤

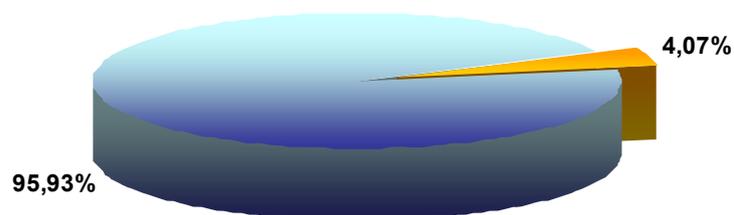
Figura 12. Resultados de turbidez en los análisis de las ZA estudiadas.



% BOLETINES DE ANÁLISIS REVISADOS

*No se han recopilado datos para las ZA codificadas como 2, 3, 14, 16 y 17.

Figura 13. Porcentaje de boletines de análisis según los resultados de turbidez en relación a la legislación vigente.



■ ≤ 5 UNF red ó ≤ 1 UNF depósito ■ > 5 UNF red ó > 1 UNF depósito

Tabla 29. Nivel de turbidez en las infraestructuras de las ZA estudiadas.

ZA		TURBIDEZ		TOTAL
		≤ 5 UNF red ó ≤ 1 UNF depósito	> 5 UNF red ó > 1 UNF depósito	
Depósito	N	80	31	111
	%	72.07	27.93	100.00
Red de distribución	N	1004	15	1019
	%	98.53	1.47	100.00

Tabla 30. Nivel de turbidez en las ZA estudiadas.

TURBIDEZ		N	%
ZA	Muy buena (100% resultados correctos)	9	25.71
	Buena: (≥ 75% resultados correctos)	20	57.14
	Regular: (< 75 ≥ 50 % resultados correctos)	1	2.86
	Mala: (< 50 ≥ 25 % resultados correctos)	0	0.00
	Muy mala: (< 25 % resultados correctos)	0	0.00
	Ausencia de datos	5	14.28
	TOTAL	35	100.00

Tabla 31. Estadística básica de la turbidez en el agua de consumo de las ZA*.

ZA	TURBIDEZ				
	N	Mínimo	Máximo	Media	DT
4	50	0,02	1,02	0,281	0,210
5	51	0,02	1,49	0,300	0,264
6	114	0,05	7,47	0,812	1,235
7	2	0,45	2,40	1,425	1,379
8	75	0,10	11,87	1,168	1,933
9	147	0,01	11,64	0,697	1,266
10	40	0,02	11,52	0,573	1,800
11	3	0,53	1,57	1,167	0,558
12	84	0,08	30,40	1,393	3,628
13	58	0,02	1,56	0,219	0,219
15	3	0,05	0,28	0,153	0,117
18	26	0,02	2,06	0,641	0,560
19	28	0,10	5,00	0,848	0,985
20	13	0,05	1,70	0,701	0,557
21	36	0,09	2,92	0,603	0,581
22	23	0,40	7,75	1,468	1,590
23	16	0,02	1,97	0,745	0,703
24	25	0,16	9,00	1,294	1,877
25	32	0,15	4,55	0,973	0,941
26	28	0,02	6,38	0,774	1,197
27	30	0,01	1,29	0,380	0,384
28	39	0,25	5,44	1,023	0,887
29	29	0,03	1,64	0,522	0,480
30	20	0,10	2,61	0,869	0,783
31	5	0,50	2,84	1,742	1,057
32	24	0,15	3,82	0,807	0,777
33	53	0,16	4,97	1,212	1,218
34	31	0,20	5,38	1,326	1,293
35	43	0,03	9,68	1,467	1,755
CONJUNTO	1130	0,00	30,40	0,844	1,536

* No se han incluido en la tabla aquellas zonas en las que todos los valores de la turbidez expresados por el laboratorio en los boletines analíticos es de 0 UNF.

1.5. Nivel de contaminación microbiológica del agua de consumo público en las zonas de abastecimiento estudiadas.

1.5.1. Contaminación microbiológica del agua abastecida.

En la tabla 32 se muestran las zonas de abastecimiento que presentaron durante el periodo de estudio algún episodio de contaminación microbiológica para alguno de los parámetros medidos en el análisis de control y/o completo del agua de consumo. Según esta tabla observamos que sólo el 20.00% de las zonas de abastecimiento no presentaron ningún ensayo en el que se superasen los valores legislados para estos parámetros microbiológicos.

Tabla 32. Episodios de contaminación microbiológica en el agua distribuida.

EPISODIOS DE CONTAMINACIÓN POR MICROORGANISMOS	N	%
NO PRESENTAN	7	20.00
SI PRESENTAN	28	80.00
TOTAL	35	100.00

1.5.2. Contaminación por *E. coli* en las zonas de abastecimiento estudiadas.

El RD 140/2003 de 7 de febrero establece que el valor paramétrico para *Escherichia coli* debe ser 0 ufc/100 ml⁵⁰. El SINAC realiza una comunicación automática a la autoridad sanitaria cuando se consignan valores para este parámetro mayores o iguales a 10 UFC/100 ml³⁹.

En el Anexo 3 se incluye la tabla 94 que detalla los niveles de contaminación por *E. coli* de cada una de las ZA que han sido estudiadas.

La figura 14 muestra que en la mayoría de las muestras de agua de consumo analizadas no se superan los límites establecidos por la legislación para *E. coli* (95.46 %).

La figura 15 muestra un gráfico que representa el porcentaje de análisis conformes y no conformes con la legislación vigente, detectados en cada ZA.

Señalar, que en todas las ZA que han presentado algún episodio de contaminación el porcentaje de muestras deficientes es minoritario, siendo esta proporción, en el caso más extremo, inferior al 27.59% (figura 15 y tabla 94 del anexo 3).

A partir de los valores de *E. coli* consignados en cada análisis de agua, se ha calculado la media y desviación típica para el conjunto de datos correspondientes a cada ZA. Así, observamos que durante el periodo de estudio, el valor mínimo y máximo de unidades formadoras de colonias (ufc) para este microorganismo en el conjunto de análisis revisados es de 0 y 80, siendo la media para el conjunto de análisis que incluían este parámetro de 0.844 con una desviación típica de 1.536. Al revisar uno a uno los datos relativos a cada ZA, nos damos cuenta de que en 20 de ellas el valor medio de *E. coli* es mayor que 0 ufc/ml, observando que en un total de 14 zonas presentan muestras que superan los límites marcados por el SINAC como aviso a la autoridad sanitaria (tabla 33).

Finalmente, para valorar la contaminación por *E. coli* del agua en las diferentes ZA, se han establecido cinco niveles, en función del porcentaje de análisis que presentan un nivel de contaminación por esta bacteria correcto (100%, $\geq 75\%$, $< 75 - \geq 50\%$, $< 50 - \geq 25\%$ y $< 25\%$), calificándolas en cada caso como muy buena, buena, regular, mala y muy mala. De este modo, a través de la tabla 34, se comprueba que existen 15 ZA que presentan el 100% de sus análisis correctos en relación a la contaminación por *E. coli* (42.86%). Mediante esta tabla podemos comprobar que es mayor el porcentaje de aquellas que han sufrido en algún momento contaminación por este microorganismo, un 57.14 %.

Figura 14. Porcentaje de boletines de análisis según los resultados de *Escherichia coli* en relación a la legislación vigente.

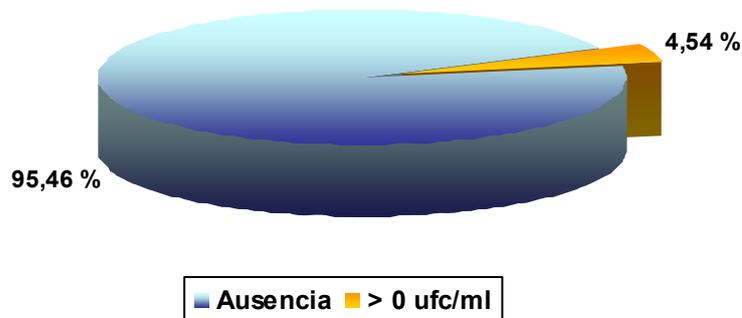


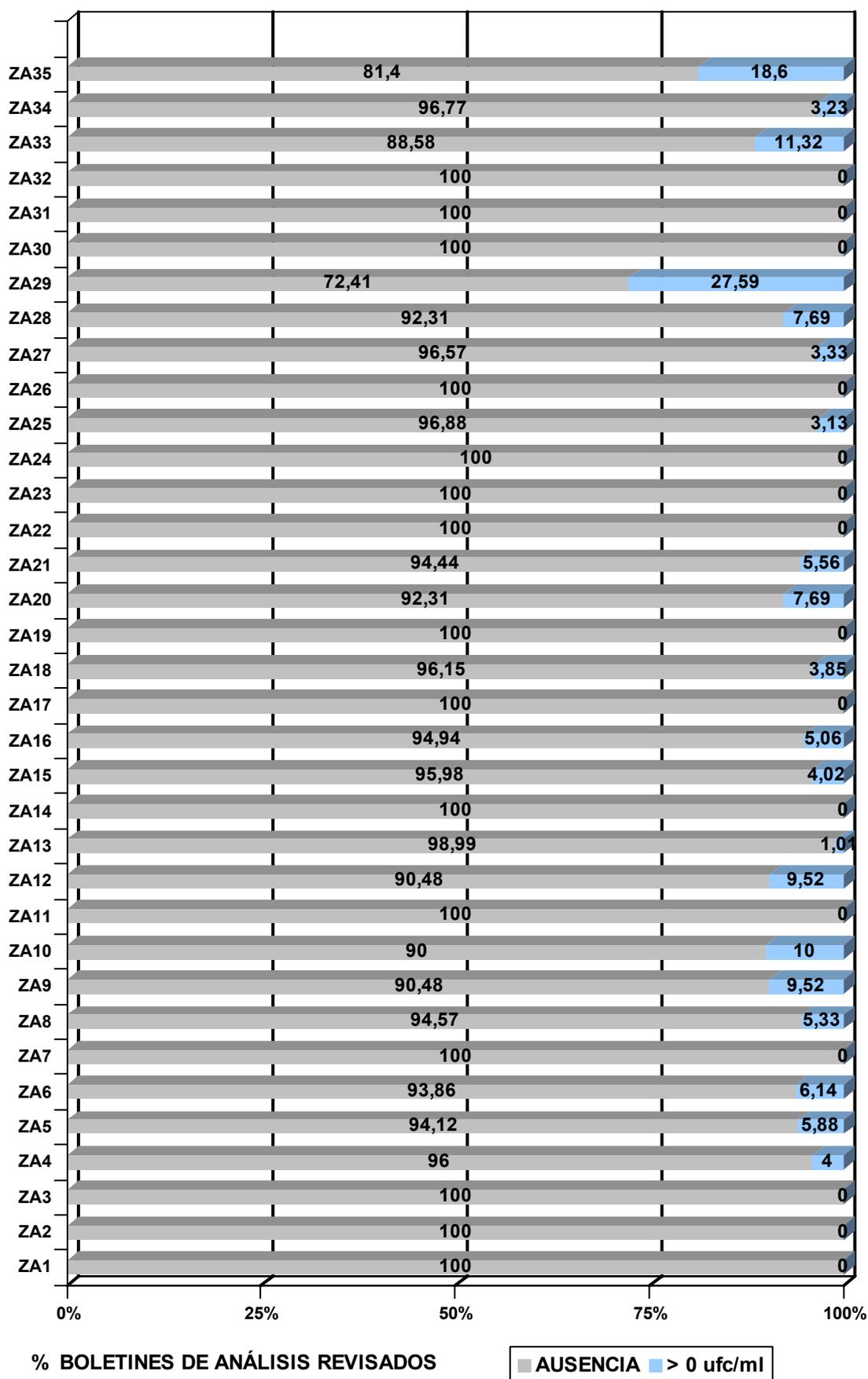
Figura 15. Resultados de *E. coli* en los análisis de las ZA estudiadas.

Tabla 33. Estadística básica de la concentración de *E. coli* en el agua de consumo en las ZA.

ZA	<i>E. COLI</i>				
	N	Mínimo	Máximo	Media	DT
1	237	0	0	0,00	0,000
2	36	0	0	0,00	0,000
3	68	0	0	0,00	0,000
4	50	0	15	0,32	2,123
5	51	0	15	0,57	2,670
6	114	0	80	1,79	10,759
7	45	0	0	0,00	0,000
8	75	0	80	1,17	9,244
9	147	0	80	1,86	10,395
10	40	0	80	3,35	13,979
11	3	0	0	0,00	0,000
12	84	0	50	0,90	5,581
13	99	0	1	0,01	0,101
14	58	0	0	0,00	0,000
15	249	0	9	0,20	1,139
16	79	0	15	0,41	2,091
17	26	0	0	0,00	0,000
18	26	0	1	0,04	0,196
19	28	0	0	0,00	0,000
20	13	0	1	0,08	0,277
21	36	0	12	0,36	2,002
22	23	0	0	0,00	0,000
23	16	0	0	0,00	0,000
24	25	0	0	0,00	0,000
25	32	0	1	0,03	0,177
26	28	0	0	0,00	0,000
27	30	0	3	0,10	0,548
28	39	0	22	1,28	4,713
29	29	0	14	1,55	3,501
30	20	0	0	0,00	0,000
31	5	0	0	0,00	0,000
32	24	0	0	0,00	0,000
33	53	0	80	2,79	12,283
34	31	0	16	0,52	2,874
35	43	0	80	6,28	19,099
CONJUNTO	1962	0	80	0,74	6,147

Tabla 34. Nivel de contaminación por *E. coli* en las ZA estudiadas.

<i>Escherichia coli</i>		N	%
ZA	Muy buena (100% resultados correctos)	15	42.86
	Buena: ($\geq 75\%$ resultados correctos)	19	54.28
	Regular: ($< 75 \geq 50\%$ resultados correctos)	1	2.86
	Mala: ($< 50 \geq 25\%$ resultados correctos)	0	0.00
	Muy mala: ($< 25\%$ resultados correctos)	0	0.00
	TOTAL	35	100.00

1.5.3. Contaminación por Coliformes del agua en las zonas de abastecimiento.

El RD 140/2003 de 7 de febrero establece que el valor paramétrico para bacterias coliformes debe ser 0 ufc/100 ml⁵⁰. El valor recomendado para declarar un agua como no apta para consumo en relación a este parámetro es de 100 UFC/100 ml³⁹.

En el Anexo 3 se incluye la tabla 95 que detalla los niveles de contaminación por coliformes de cada una de las ZA que han sido estudiadas.

La figura 16 muestra que en la mayoría de las muestras de agua de consumo analizadas no se superan los límites establecidos por la legislación para coliformes totales (90.59 %).

Para valorar la contaminación por coliformes del agua en las diferentes ZA, se han establecido cinco niveles, en función del porcentaje de análisis que presentan un nivel de contaminación por esta bacteria correcto (100%, $\geq 75\%$, $< 75 - \geq 50\%$, $< 50 - \geq 25\%$ y $< 25\%$), calificándolas en cada caso como muy buena, buena, regular, mala y muy mala. De este modo, a través de la tabla 35, se comprueba que existen 8 ZA que presentan el 100% de sus análisis correctos en relación a la contaminación por coliformes, un 22.86%. Mediante esta tabla podemos comprobar que es mayor el porcentaje de aquellas que han sufrido en algún momento contaminación por este microorganismo, un 77.14 %.

La figura 17 muestra un gráfico que representa el porcentaje de análisis conformes y no conformes con la legislación vigente, detectados en cada ZA. Señalar, que en todas las ZA que han presentado algún episodio de contaminación el porcentaje de muestras deficientes es minoritario, siendo esta proporción, en el caso más extremo, inferior al 31.03 % (figura 17 y tabla 95 del anexo 3).

Finalmente, a partir de los valores de coliformes consignados en cada análisis de agua, se ha calculado la media y desviación típica para el conjunto de datos correspondientes a cada ZA. Así, observamos que durante el periodo de estudio, el valor mínimo y máximo de unidades formadoras de colonias para este microorganismo en el conjunto de análisis revisados es de 0 y 300, siendo la media para el conjunto de análisis que incluían este parámetro de 1.86 con una desviación típica de 11.639. Al revisar uno a uno los datos relativos a cada ZA, nos damos cuenta de que en veintisiete de ellas el valor medio de coliformes es mayor que 0 ufc/ml, observando que sólo dos zonas presentan algún boletín de análisis en el que se supera el valor recomendado para declarar el agua como no apta para consumo (tabla 36).

Figura 16. Porcentaje de boletines de análisis según los resultados de coliformes en relación a la legislación vigente.

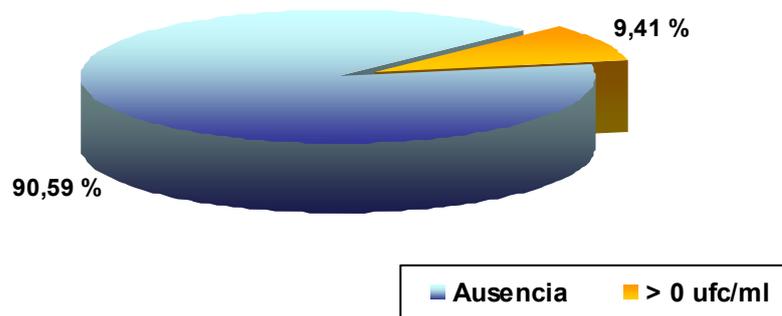


Tabla 35. Nivel de contaminación por coliformes en las ZA estudiadas.

Coliformes		N	%
ZA	Muy buena (100% resultados correctos)	8	22.86
	Buena: ($\geq 75\%$ resultados correctos)	25	71.43
	Regular: ($< 75 \geq 50\%$ resultados correctos)	2	5.71
	Mala: ($< 50 \geq 25\%$ resultados correctos)	0	0.00
	Muy mala: ($< 25\%$ resultados correctos)	0	0.00
	TOTAL	35	100.00

Figura 17. Resultados de contaminación por coliformes en los análisis de las ZA.

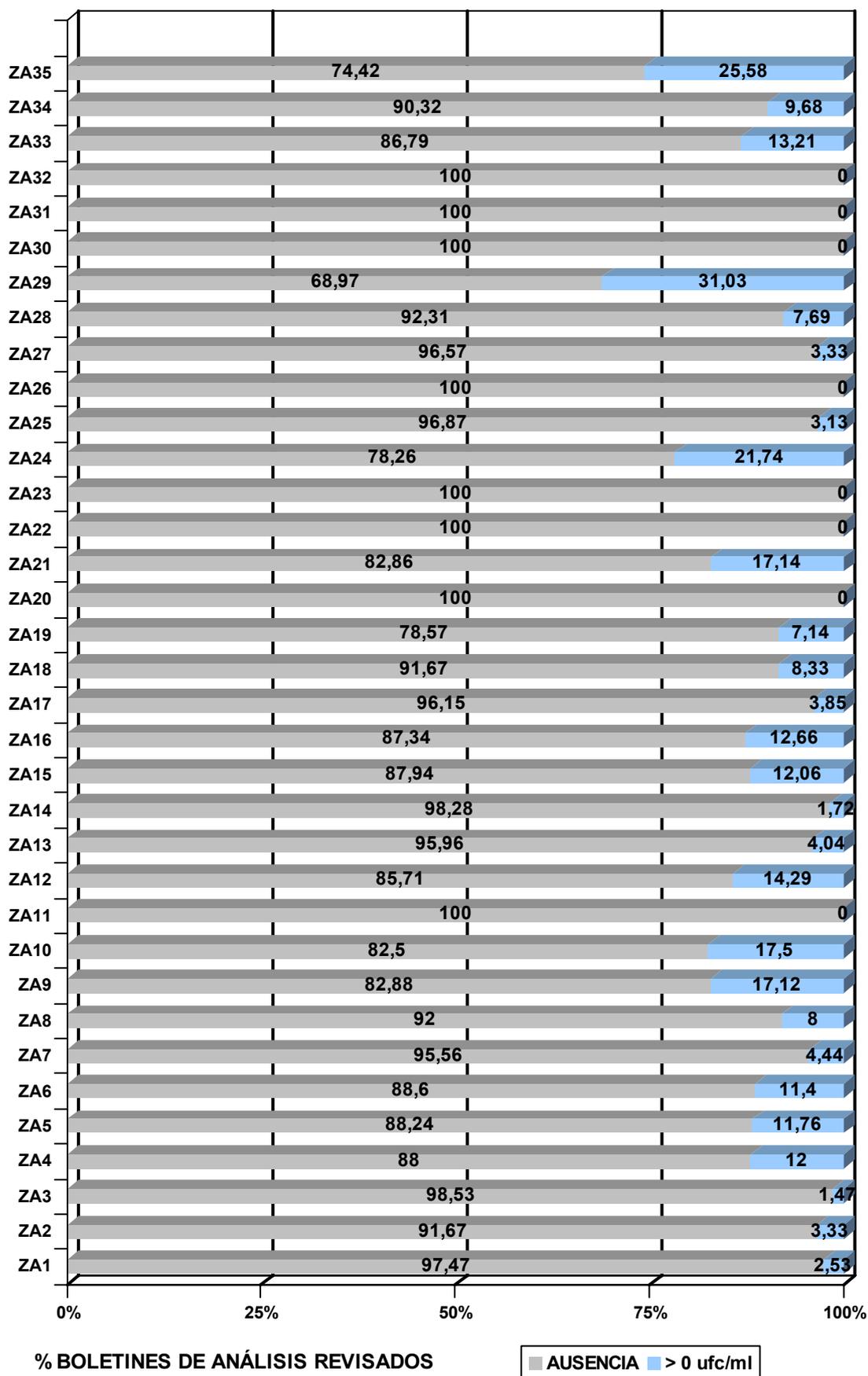


Tabla 36. Estadística básica de la concentración de coliformes en el agua de consumo en las ZA.

ZA	Coliformes				
	N	Mínimo	Máximo	Media	DT
1	237	0	50	0,41	3,813
2	36	0	300	8,50	49,976
3	68	0	1	0,01	0,121
4	50	0	17	1,06	3,310
5	51	0	35	1,98	7,176
6	114	0	80	3,25	13,672
7	45	0	2	0,09	0,417
8	75	0	80	1,44	9,332
9	146	0	80	3,84	13,233
10	40	0	80	5,63	18,491
11	3	0	0	0,00	0,000
12	84	0	57	1,77	7,265
13	99	0	15	0,27	1,701
14	58	0	2	0,03	0,263
15	257	0	200	1,39	12,704
16	79	0	50	1,81	7,284
17	26	0	2	0,08	0,392
18	24	0	8	0,38	1,637
19	24	0	1	0,08	0,282
20	12	0	0	0,00	0,000
21	35	0	32	2,77	7,624
22	20	0	0	0,00	0,000
23	15	0	0	0,00	0,000
24	23	0	35	2,00	7,299
25	32	0	1	0,03	0,177
26	28	0	0	0,00	0,000
27	30	0	14	0,47	2,556
28	39	0	38	2,41	8,589
29	29	0	39	5,76	10,736
30	20	0	0	0,00	0,000
31	5	0	0	0,00	0,000
32	24	0	0	0,00	0,000
33	53	0	80	4,40	14,927
34	31	0	28	1,06	5,053
35	43	0	80	10,02	23,717
CONJUNTO	1955	0	300	1,86	11,639

1.5.4. Niveles de bacterias totales con crecimiento a 22°C en las zonas de abastecimiento estudiadas.

El RD 140/2003 de 7 de febrero establece que el valor paramétrico para el total de bacterias con crecimiento a 22°C debe ser inferior a 100 ufc/1 ml⁵⁰. El valor recomendado para declarar un agua como no apta para consumo en relación a este parámetro es de 10000 UFC/100 ml³⁹.

En el Anexo 3 se incluye la tabla 96 que detalla los niveles de contaminación por bacterias con crecimiento a 22°C en cada ZA estudiada.

La figura 18 muestra un gráfico que representa el porcentaje de análisis conformes y no conformes con la legislación vigente, detectados en cada ZA. En él se comprueba que en las zonas que presentan algún episodio de contaminación que supere los límites establecidos por la legislación para esta bacteria, el porcentaje de muestras deficientes es, en el caso más extremo, inferior al 50.00 %.

La figura 19 muestra que en la mayoría de las muestras de agua de consumo analizadas no se superan los límites establecidos por la legislación para bacterias con crecimiento a 22°C, un 98.46 %.

Para valorar la contaminación por bacterias con crecimiento a 22°C del agua en las diferentes ZA, se han establecido cinco niveles, en función del porcentaje de análisis que presentan un nivel de contaminación por esta bacteria correcto (100%, $\geq 75\%$, $< 75 - \geq 50\%$, $< 50 - \geq 25\%$ y $< 25\%$), calificándolas en cada caso como muy buena, buena, regular, mala y muy mala. De este modo, a través de la tabla 37, se comprueba que existen 28 ZA que presentan el 100% de sus análisis correctos en relación a la contaminación por bacterias con crecimiento a 22°C, un 80.00%.

Finalmente, a partir de los valores de bacterias con crecimiento a 22°C consignados en cada análisis de agua, se ha calculado la media y desviación típica para el conjunto de datos correspondientes a cada ZA. Así, observamos que durante el periodo de estudio, el valor mínimo y máximo de unidades formadoras de colonias para este microorganismo en el conjunto de análisis revisados es de 0 y 950, siendo la media para el conjunto de análisis que incluían este parámetro de 7.38 con una desviación típica de 38.825. Al revisar uno a uno los datos relativos a cada ZA, nos damos cuenta de que en ninguna de ellas el valor medio de bacterias a 22°C es mayor que 100 ufc/100 ml, observando que no existen zonas que presenten algún boletín de análisis en el que se supera el valor recomendado para declarar el agua como no apta para consumo (tabla 38).

Figura 18. Resultados de contaminación por bacterias con crecimiento a 22°C en los análisis de las ZA estudiadas.

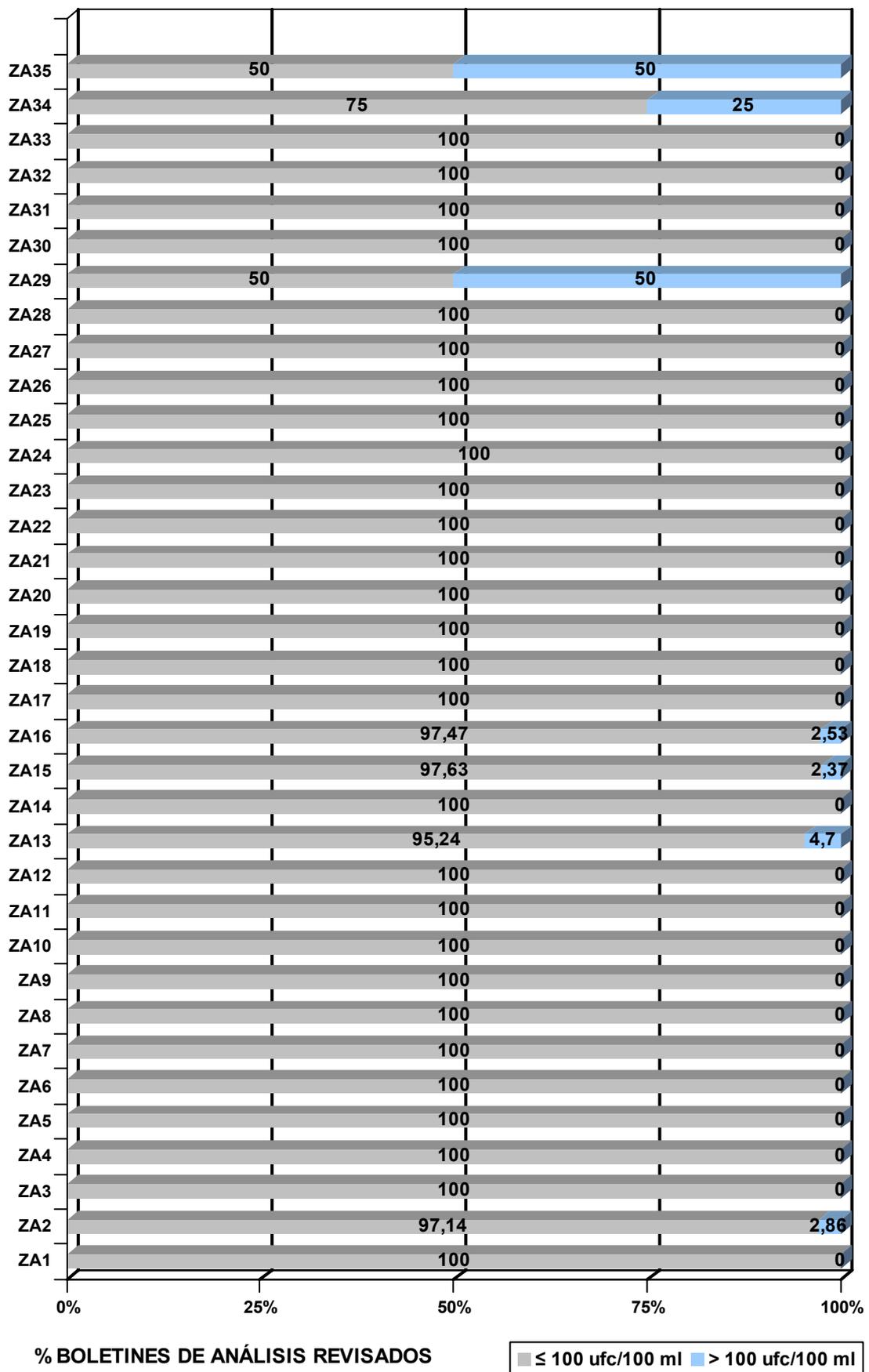


Figura 19. Porcentaje de boletines de análisis según los resultados de bacterias con crecimiento a 22°C en relación a la legislación vigente.

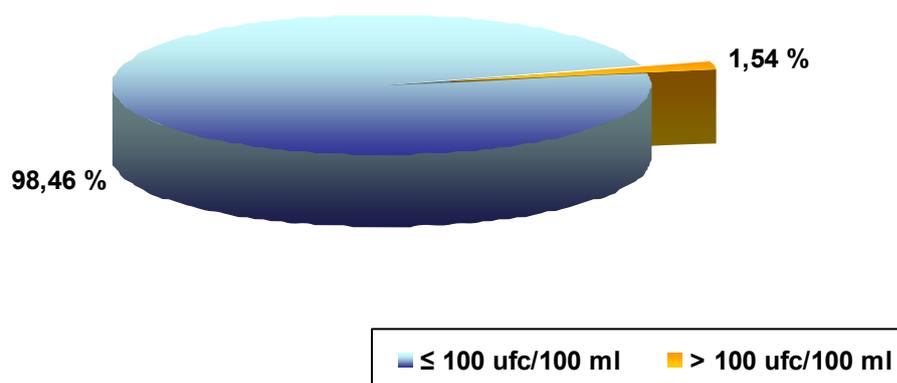


Tabla 37. Nivel de contaminación por bacterias con crecimiento a 22°C en las ZA estudiadas.

Bacterias de crecimiento a 22°C		N	%
ZA	Muy buena (100% resultados correctos)	28	80.00
	Buena: (≥ 75% resultados correctos)	5	14.29
	Regular: (< 75 ≥ 50 % resultados correctos)	2	5.71
	Mala: (< 50 ≥ 25 % resultados correctos)	0	0.00
	Muy mala: (< 25 % resultados correctos)	0	0.00
	TOTAL	35	100.00

Tabla 38. Estadística básica de la concentración de bacterias con crecimiento a 22°C en el agua de consumo en las ZA.

ZA	Bacterias a 22°C				
	N	Mínimo	Máximo	Media	DT
1	233	0	85	2,41	10,856
2	35	0	950	29,17	160,662
3	68	0	80	2,93	12,358
4	4	0	10	4,25	5,058
5	3	0	82	36,00	41,905
6	15	0	53	12,20	18,139
7	44	0	50	1,80	7,636
8	5	0	2	0,60	0,894
9	14	0	69	5,71	18,269
10	4	0	12	4,50	5,260
11	1	0	0	0,00	0,000
12	4	2	53	15,00	25,338
13	42	0	200	22,38	47,651
14	58	0	40	1,21	5,486
15	253	0	200	7,26	26,902
16	79	0	200	12,23	35,814
17	26	0	22	1,50	4,667
18	4	0	3	0,75	1,500
19	6	0	54	12,00	21,494
20	1	0	0	0,00	0,000
21	5	0	65	13,80	28,674
22	5	0	0	0,00	0,000
23	4	0	0	0,00	0,000
24	5	0	91	32,60	45,142
25	7	0	5	0,71	1,890
26	6	0	4	0,67	1,633
27	6	0	0	0,00	0,000
28	4	0	17	5,75	8,016
29	4	0	250	81,75	117,894
30	6	0	10	1,67	4,082
31	2	0	0	0,00	0,000
32	9	0	2	0,22	0,667
33	6	0	14	2,83	5,601
34	4	0	154	44,00	73,589
35	2	52	85	68,50	23,335
CONJUNTO	974	0	950	7,38	38,825

1.5.5. Contaminación por *Clostridium perfringens*.

El RD 140/2003 de 7 de febrero establece que el valor parámetro para *Clostridium perfringens* debe ser 0 ufc/100 ml⁵⁰. El SINAC realiza una comunicación automática a la autoridad sanitaria cuando se consignan valores para este parámetro mayores o iguales a 10 UFC/100 ml³⁹.

En el Anexo 3 se incluye la tabla 97 que detalla los niveles de contaminación por *C.perfringens* de cada una de las ZA que han sido estudiadas.

La figura 20 muestra un gráfico que representa el porcentaje de análisis conformes y no conformes con la legislación vigente, detectados en cada ZA. Señalar, que en todas las ZA que han presentado algún episodio de contaminación el porcentaje de muestras deficientes es, en el caso más extremo, inferior al 50.00% (figura 20 y tabla 97 del anexo 3).

La figura 21 muestra que en la mayoría de las muestras de agua de consumo analizadas no se superan los límites establecidos por la legislación para *C.perfringens* (98.76 %).

Para valorar la contaminación por *C. perfringens* del agua en las diferentes ZA, se han establecido cinco niveles, en función del porcentaje de análisis que presentan un nivel de contaminación por esta bacteria correcto (100%, $\geq 75\%$, $< 75 - \geq 50\%$, $< 50 - \geq 25\%$ y $< 25\%$), calificándolas en cada caso como muy buena, buena, regular, mala y muy mala. De este modo, a través de la tabla 39, se comprueba que existen veintisiete ZA que presentan el 100% de sus análisis correctos en relación a la contaminación por *C.perfringens*, un 77.14%.

Finalmente, a partir de los valores de *C.perfringens* consignados en cada análisis de agua, se ha calculado la media y desviación típica para el conjunto de datos correspondientes a cada ZA. Así, observamos que durante el periodo de estudio, el valor mínimo y máximo de ufc para este microorganismo en el conjunto de análisis revisados es de 0 y 6, siendo la media para el conjunto de análisis que incluían este parámetro de 0.03 con una desviación típica de 0.310. Al revisar uno a uno los datos relativos a cada ZA, nos damos cuenta de que en siete de ellas el valor medio de *C. perfringens* es mayor que 0 ufc/ml, observando que en ninguna de ellas se presentan muestras que superen los límites marcados por el SINAC como aviso a la autoridad sanitaria (tabla 40).

Figura 20. Resultados de contaminación por *C. perfringens* en los análisis de las ZA estudiadas.

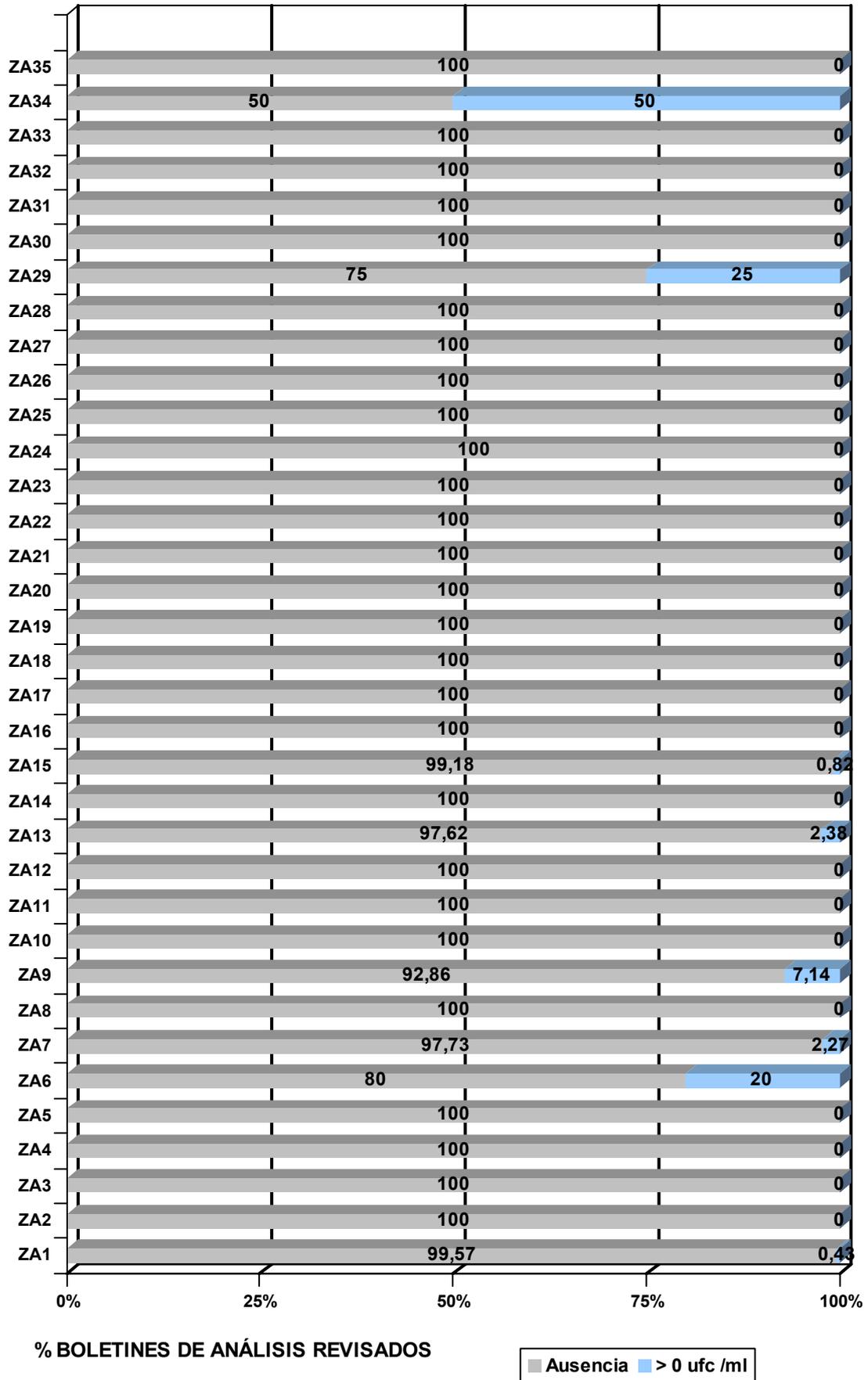


Figura 21. Porcentaje de boletines de análisis según los resultados de *Clostridium perfringens* en relación a la legislación vigente.

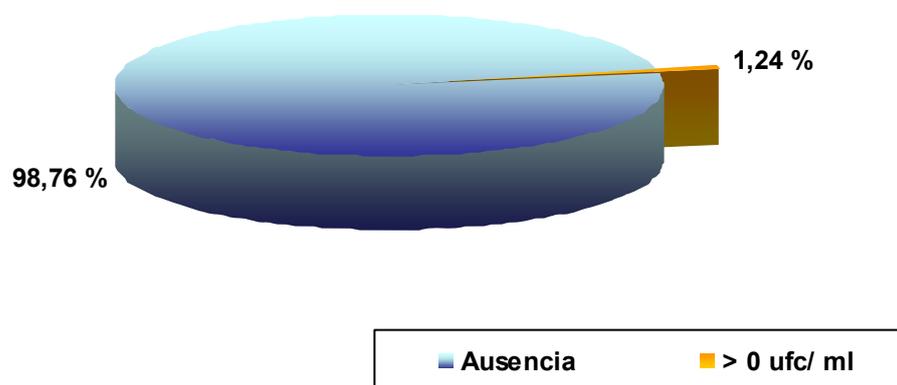


Tabla 39. Nivel de contaminación por *C. perfringens* en las ZA estudiadas.

<i>Clostridium perfringens</i>		N	%
ZA	Muy buena (100% resultados correctos)	27	77.14
	Buena: ($\geq 75\%$ resultados correctos)	6	17.15
	Regular: ($< 75 \geq 50\%$ resultados correctos)	2	5.71
	Mala: ($< 50 \geq 25\%$ resultados correctos)	0	0.00
	Muy mala: ($< 25\%$ resultados correctos)	0	0.00
	TOTAL	35	100.00

Tabla 40. Estadística básica de la concentración de *Clostridium perfringens* en el agua de consumo en las ZA.

ZA	<i>Clostridium perfringens</i>				
	N	Mínimo	Máximo	Media	DT
1	233	0	1	0,00	0,066
2	35	0	0	0,00	0,000
3	68	0	0	0,00	0,000
4	4	0	0	0,00	0,000
5	3	0	0	0,00	0,000
6	15	0	2	0,27	0,594
7	44	0	1	0,02	0,151
8	5	0	0	0,00	0,000
9	14	0	1	0,07	0,267
10	4	0	0	0,00	0,000
11	1	0	0	0,00	0,000
12	4	0	0	0,00	0,000
13	42	0	4	0,10	0,617
14	58	0	0	0,00	0,000
15	243	0	4	0,02	0,264
16	79	0	0	0,00	0,000
17	26	0	0	0,00	0,000
18	4	0	0	0,00	0,000
19	6	0	0	0,00	0,000
20	1	0	0	0,00	0,000
21	5	0	0	0,00	0,000
22	5	0	0	0,00	0,000
23	4	0	0	0,00	0,000
24	5	0	0	0,00	0,000
25	7	0	0	0,00	0,000
26	6	0	0	0,00	0,000
27	6	0	0	0,00	0,000
28	4	0	0	0,00	0,000
29	4	0	3	0,75	1,500
30	6	0	0	0,00	0,000
31	2	0	0	0,00	0,000
32	9	0	0	0,00	0,000
33	6	0	0	0,00	0,000
34	4	0	6	1,75	2,872
35	2	0	0	0,00	0,000
CONJUNTO	964	0	6	0,03	0,301

1.6. Características de suministro.

En la tabla 41 y 42 se representan las variables incluidas en el estudio en relación a las características del suministro. En ambos casos nos encontramos ante variables cualitativas que se han categorizado en tramos siguiendo los intervalos definidos en el RD 140/2003 para establecer la frecuencia de muestreo en relación a la población abastecida y el volumen de agua distribuido.

Según estas tablas observamos que más de la mitad de las zonas de abastecimiento, presentan el volumen de agua distribuida y la población abastecida en el tramo más bajo que marca la legislación, inferior a 100 m³/día el 53.33% y menor a 500 habitantes el 61.29%.

A partir de los datos de población abastecida y volumen distribuido, que se extraen del SINAC o base de datos del INE, se ha calculado el consumo de agua por habitante y día en cada zona de abastecimiento. La distribución de estos datos, previamente categorizados en 4 tramos establecidos en base a recomendaciones de consumo, se representa en la tabla 43, comprobando que, en algo más de la mitad de las zonas de abastecimiento estudiadas, 66.66%, el consumo es superior a los 200 l/hab*día definido en el anexo V del RD 140/2003.

En la tabla 44 se representa la media y desviación típica de las variables mencionadas, observando que la población y volumen distribuido medio en este área geográfica es de 1125.42 habitantes y 307.63 m³ /día, mientras que el consumo de agua medio por habitante y día es de 805.6 l/hab*día.

Tabla 41. Población en las zonas de abastecimiento estudiadas.

POBLACIÓN ABASTECIDA	N	%
< 500 habitantes	19	61.29
501-5000 habitantes	11	35.48
> 5000 habitantes	1	3.26
TOTAL	31	100.0

Tabla 42. Volumen de agua distribuida*.

VOLUMEN DE AGUA DISTRIBUIDO (m ³ /día)	N	%
≤ 100	16	53.33
>100- ≤1000	10	33.33
>1000- ≤10000	4	13.33
>10000- ≤100000	0	0.00
> 100000	0	0.00
TOTAL	30	100.00

* No se han contabilizado 5 zonas de abastecimiento por no existir datos en la aplicación del SINAC.

Tabla 43. Consumo de agua en las zonas de abastecimiento*.

CONSUMO (L/habitante*día)	N	%
≤< 100	1	3.70
>100- ≤ 200	8	29.63
>200- ≤ 500	12	44.44
> 500	6	22.22
TOTAL	27	100.00

* No se han contabilizado 8 zonas de abastecimiento por no existir datos en la aplicación del SINAC o no poder realizarse el cálculo con los valores obtenidos para población y volumen.

Tabla 44. Estadística básica de características del suministro.

VARIABLE	Características del suministro				
	N	Mínimo	Máximo	Media	DT
Población (habitantes)	31	25	14500	1125,420	2691,537
Volumen abastecido (m³/día)	30	1	2100	307,630	505,665
Consumo (L/habitante*día)	27	88,00	12903,23	805,616	2433,153

1.7. Características del personal dedicado al mantenimiento de las ZA.

En la tabla 45 se representa el número de personas contratadas en cada zona de abastecimiento para realizar tareas relacionadas con el mantenimiento del sistema. Para facilitar este estudio se ha categorizado esta variable en dos niveles, según exista una o más de una persona dedicada a estas tareas. Hay que mencionar el caso especial de 5 ZA en las que existe una empresa subcontratada para el mantenimiento del sistema, en estas zonas se han considerado los recursos humanos como una única persona, al entender que es un único operario de la misma el que se desplaza al núcleo rural para realizar los trabajos encomendados.

A través de la tabla comprobamos que en la mayoría de las zonas de abastecimiento, 77.20%, existe una sola persona contratada directamente por el gestor para la realización de las operaciones de mantenimiento.

Tabla 45. Personas dedicadas al mantenimiento del sistema de abastecimiento.

PERSONAL DE MANTENIMIENTO	N	%
1	27	77.20
> 1	8	22,90
TOTAL	35	100.00

Respecto a la formación de la persona que asume las funciones de encargado principal para el mantenimiento de la ZA se observa que el nivel de estudios máximo es de formación profesional o bachiller, sólo en el 20% de los casos. En la mayoritaria de las ZA el encargado posee estudios primarios (42.90%), y en un 37.10% de zonas el personal carece de formación reglada (tabla 46).

Tabla 46. Formación general del encargado principal.

FORMACIÓN ENCARGADO PRINCIPAL	N	%
UNIVERSITARIOS	0	0.00
FP Ó BACHILLER	7	20,00
EGB	15	42,90
NINGUNO	13	37,10
TOTAL	35	100.00

1.8. Características de los depósitos que integran cada zona de abastecimiento.

En la tabla 47 se representa la variable incluida en el estudio en relación al año de construcción de los depósitos. Para esta variable se han establecido una serie de tramos que tienen como punto de partida el año 2004, por ser éste el año de inicio de nuestro estudio y el año siguiente a la entrada en vigor de actual normativa de aguas. En ella observamos que sólo el 7.35 % de los depósitos de las ZA estudiadas son de construcción reciente, posterior al año 2004.

Tabla 47. Año de construcción del depósito*.

AÑO DE CONSTRUCCIÓN DEPOSITO	N	%
< 1990	50	73.53
≥1990- < 2004	13	19.12
≥ 2004	5	7.35
TOTAL	68	100.00

* No se han contabilizado 8 depósitos por desconocer el personal entrevistado de información al respecto.

Por las características del área geográfica en la que se ubican las ZA estudiadas se han considerado dos variables para determinar la accesibilidad al depósito, ya que este aspecto podría ser determinante para asegurar el adecuado mantenimiento de los mismos, tabla 48 y 49. Observamos que la mayoría de ellos se encuentra alejado del núcleo urbano (67.1%) y se accede a los mismos en vehículo (78.95%).

Tabla 48. Ubicación del depósito.

UBICACIÓN DEL DEPÓSITO	N	%
Núcleo urbano	25	32,90
Alejado de núcleo urbano	51	67,10
TOTAL	76	100,00

Tabla 49. Acceso al depósito.

ACCESO AL DEPÓSITO	N	%
Accesible para vehículos	60	78.95
No accesible para vehículos	16	21,10
TOTAL	76	100,00

La tabla 50 muestra si existe variabilidad en el suministro del agua almacenada en cada depósito. Este cambio podría ser reflejo de un aumento temporal de la población en los núcleos rurales, principalmente debido al turismo. Este análisis se ha realizado usando como referencia tanto a los depósitos como a la ZA en general (tabla 50 y 51), comprobando que tanto los depósitos como las ZA presentan una variabilidad estacional (60.50% y 57.14%).

Tabla 50. Suministro de agua del depósito.

SUMINISTRO DE AGUA DEPÓSITO	N	%
Constante	16	21,10
Variable los fines de semana	14	18,40
Variable estacionalmente	46	60,50
TOTAL	76	100,00

Tabla 51. Suministro de agua zona de abastecimiento.

SUMINISTRO DE AGUA ZA	N	%
Constante	7	20.00
Variable los fines de semana	8	22.86
Variable estacionalmente	20	57.14
TOTAL	35	100,00

Observamos que en algo más de la mitad de los depósitos en los que se realiza cloración del agua se usa NaOCl como producto desinfectante (51.30%) (tabla 52).

Tabla 52. Naturaleza del desinfectante*.

NATURALEZA DEL DESINFECTANTE DOSIFICADO	N	%
NaOCl	39	72.22
Ca(OC I) ₂	15	27.78
TOTAL	54	100.00

* No se han contabilizado 22 depósitos porno realizarse cloración en ellos.

La tabla 53 muestra la distribución en la muestra del punto de dosificación del cloro en el depósito respecto a la entrada y salida de agua del mismo (la descripción de las opciones de respuesta se incluye en el capítulo material y métodos, página 179), observando que predominan aquellos en los que el producto desinfectante se administra cerca de la entrada de agua al vaso, y que ésta se encuentra alineada con la salida de agua de la infraestructura (50.00%).

Tabla 53. Punto de dosificación de cloro en el vaso*.

PUNTO DE DOSIFICACIÓN DEL DESINFECTANTE	N	%
Sin control, en cualquier punto del vaso	1	1,92
Cerca de la entrada del agua	2	3.85
Entrada agua, igual plano con salida inferior	26	50,00
Entrada agua, distinto plano con la salida inferior	16	30.77
Entrada de agua, en el centro del vaso	5	9.61
Entrada de agua, salida superior	2	3.85
TOTAL	52	100.0

* No se han contabilizado 24 depósitos porno realizarse cloración en ellos o bien por no ser facilitada información al respecto.

A la hora de valorar la frecuencia con la que el personal de mantenimiento de la ZA acude al depósito, para comprobar si el proceso de dosificación de cloro al vaso se está realizando correctamente, observamos mediante la tabla 54 que el 40.74% de infraestructuras sólo son visitadas varios días a la semana, resultando llamativo que existan algunos depósitos, en los que se realiza cloración, que se visitan sólo esporádicamente, normalmente cuando se detecta algún problema (11.11%).

Tabla 54. Control del equipo de cloración*.

CONTROL DE EQUIPO DE CLORACIÓN	N	%
Diario, incluidos fines de semana	6	11.11
De lunes a viernes	15	27.77
2-3 días en semana	22	40.74
1 día en semana	5	9.27
Esporádicamente	6	11.11
TOTAL	54	100.00

* No se han contabilizado 22 depósitos porno realizarse cloración en ellos.

En relación a las características de las infraestructuras y tratamientos que integran la ZA, se han incluido dos variables representativas del método y frecuencia de control del CRL en el agua suministrada.

En este sentido comprobamos que en la mayoría de las zonas de abastecimiento los controles son realizados con el método DPD, 68.57 (tabla 55), siendo realizados estos controles generalmente todos los días laborables de la semana, de lunes a viernes, 31.43% (tabla 56).

En esta última tabla es llamativo comprobar que solo en un 11.43% de los casos esta prevista la medición de CRL también los fines de semana, cumpliendo de este modo con lo que establece la legislación vigente y asegurando así el mejor control del proceso de desinfección del agua.

Tabla 55. Método de control de CRL.

METODO DE CONTROL DE CRL	N	%
DPD	24	68.57
O-tolidina	11	31.43
TOTAL	35	100.00

Tabla 56. Frecuencia de control de CRL.

FRECUENCIA DE CONTROL DE CRL	N	%
Diario, incluidos fines de semana	4	11.43
De lunes a viernes	11	31.43
2-3 días en semana	10	28.57
1 día en semana	3	8.57
Esporádicamente	7	20.00
TOTAL	35	100.00

2.- ESTUDIO ANALÍTICO.

2.1. Análisis bivariante.

Para todas las correlaciones se considera que existe significación estadística si el valor de p es menor que 0.05 (*), asumiendo que existen indicios de significación en los casos en los que el p valor se encuentra entre 0.05 y 0.1 (**).

2.1.1. Influencia del valor de CRL en el resto de parámetros físico-químicos y microbiológicos estudiados.

Cuando comparamos el valor alcanzado por los diferentes parámetros físico-químicos en el agua de consumo con el del CRL, sea cual sea el valor alcanzado por éste, comprobamos a través de la tabla 57 que, para todos ellos, la relación es positiva, obteniendo sólo significación estadística para la relación del CRL con el pH y la turbidez (tabla 57).

Tabla 57. Comparativa del valor de CRL en el agua de consumo con el resto de variables físico químicas y microbiológicas.

PARÁMETROS	CLORO RESIDUAL LIBRE			COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	p
	N	MEDIA	DT		
PH	1963	7,724	0,527	0.059 *	0.009
Turbidez	1130	0,844	1,536	0.088 *	0.003
Conductividad	1959	271,841	282,761	0.033	0.147

* Significación estadística, $p < 0.05$

A continuación se valora la tendencia del valor de CRL en el agua de consumo en función de que se cumplan o no los límites establecidos por la legislación vigente para cada uno de estos parámetros físico químicos. No se realiza este análisis en el caso de la conductividad puesto que no existe representatividad de incumplimiento de este parámetro en ninguno de los análisis incluidos en el estudio.

En la tabla 58 se muestra el tipo de relación que se establece entre el CRL y pH si consideramos el valor alcanzado por este último parámetro en el agua de consumo. En esta tabla observamos que en ambos casos la relación es positiva,

aunque sólo se obtiene significación estadística para valores de pH en el agua de consumo inferiores a 6.5.

Tabla 58. Comparativa del CRL con el valor de pH en el agua de consumo.

PARÁMETRO	CRL			COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	p
	N	MEDIA	DT		
pH < 6.5	75	6.097	0.332	0.233*	0.044
pH ≥ 6.5	1884	7.791	0.415	0.022	0.340

* Significación estadística, $p < 0.05$

En la tabla 59 se muestra el tipo de relación que se establece entre el CRL y el valor obtenido para la turbidez en el agua de consumo en depósitos y red de distribución. En ella observamos que, en el depósito, la relación existente entre ambos parámetros es en todos los casos positiva, aunque no estadísticamente significativa. Sin embargo, en aquellas circunstancias en las que el muestreo está realizado en la red de distribución, se observa que para valores inferiores a 5 UNF (cumplen con la legislación vigente) la relación es positiva y estadísticamente significativa, mientras que para valores de turbidez mayores a 5 la tendencia varía, para esta situación la relación es inversa no significativa.

Tabla 59. Comparativa del CRL con el valor de pH en el agua de consumo.

TURBIDEZ		CRL			COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	p
		N	MEDIA	DT		
Depósito	≤ 1	78	0.413	0.267	0.090	0.436
	> 1	34	2.213	1.675	0.164	0.355
Red	≤ 5	1000	0.682	0.790	0.080 *	0.011
	> 5	16	9.646	6.124	- 0.259	0.333

* Significación estadística, $p < 0.05$

2.1.2. Influencia del valor de CRL con los parámetros microbiológicos estudiados.

Cuando comparamos el valor alcanzado por los diferentes parámetros microbiológicos en el agua de consumo con el del CRL comprobamos que todos los parámetros microbiológicos presentan una relación inversa con el valor de CRL. Para todos los casos existe significación estadística (tabla 60).

Tabla 60. Comparativa del valor de CRL en el agua de consumo con las variables microbiológicas.

PARÁMETROS	CLORO RESIDUAL LIBRE			COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	p
	N	MEDIA	DT		
<i>E. coli</i>	1962	0,740	6,147	-0.194 *	0.000
Coliformes	1955	1,860	11,639	-0.278 *	0.000
Bacterias 22°C	974	7,380	38,825	-0.285 *	0.000
<i>C. perfringens</i>	964	0,030	0,301	-0.065 *	0.044

* Significación estadística, $p < 0.05$

2.1.3. Influencia de la estación del año en la que se realiza la toma de muestra en los parámetros de calidad de agua de consumo.

A través de la tabla 61 comprobamos que, para la mayoría de los parámetros estudiados, se aprecia diferencia estadísticamente significativa cuando se compara el valor alcanzado por los mismos en el agua de consumo, en función de la estación del año en la que se realiza la toma de muestra. Esta relación no se observa para el caso de *C. perfringens*. Para los parámetros pH y *E.coli* sólo podemos afirmar que existen indicios de significación.

Tabla 61. Cambios en los parámetros de calidad del agua en función de la estación del año.

PARÁMETROS		ESTACIÓN AÑO				p
		Invierno	Primavera	Verano	Otoño	
CRL	N	498	498	367	611	0.000
	MEDIA	0.478	0.421	0.277	0.497	
	DT	0.554	0.576	0.436	0.665	
PH	N	495	494	365	609	0.080
	MEDIA	7.707	7.770	7.731	7.696	
	DT	0.554	0.499	0.521	0.529	
TURBIDEZ	N	297	260	185	388	0.000
	MEDIA	0.827	1.047	0.615	0.831	
	DT	1.976	1.441	1.180	1.338	
CONDUCTIVIDAD	N	494	494	360	611	0.003
	MEDIA	245.536	279.097	306.332	266.919	
	DT	258.720	280.021	305.749	287.791	
E. COLI	N	495	497	363	607	0.055
	MEDIA	0.260	0.530	1.690	0.740	
	DT	3.696	4.422	10.099	5.783	
COLIFORMES	N	495	497	364	599	0.002
	MEDIA	0.800	1.380	3.530	2.120	
	DT	5.210	7.205	16.105	14.724	
BACT 22°C	N	239	257	187	291	0.000
	MEDIA	3.680	1.740	20.270	7.120	
	DT	16.455	7.986	77.727	27.523	
C. PERF	N	239	257	181	287	0.409
	MEDIA	0.030	0.030	0.000	0.040	
	DT	0.302	0.271	0.000	0.404	

2.1.4. Influencia del punto de muestreo y tipo de análisis en los parámetros de calidad de agua de consumo.

A través de la tabla 62 comprobamos que únicamente se aprecia diferencia estadísticamente significativa en función del punto del sistema de abastecimiento en el que se realiza el muestreo para los parámetros físico-químicos.

Tabla 62. Cambios en los parámetros de calidad en función del punto de muestreo.

PARÁMETROS		PUNTO DE MUESTREO		P
		Depósito	Red distribución	
CRL	N	346	1628	0.000
	MEDIA	0.517	0.414	
	DT	0.576	0.582	
PH	N	343	1620	0.002
	MEDIA	7.713	7.726	
	DT	0.394	0.552	
TURBIDEZ	N	112	1018	0.019
	MEDIA	0.960	0.831	
	DT	1.255	1.564	
CONDUCTIVIDAD	N	340	1619	0.000
	MEDIA	322.114	261.283	
	DT	296.571	278.719	
E. COLI	N	342	1620	0.15
	MEDIA	0.110	0.870	
	DT	0.877	6.746	
COLIFORMES	N	346	1609	0.216
	MEDIA	1.520	1.930	
	DT	16.545	10.288	
BACT 22°C	N	337	637	0.927
	MEDIA	6.800	7.690	
	DT	23.056	45.000	
C. PERF	N	332	632	0.257
	MEDIA	0.030	0.030	
	DT	0.225	0.334	

Por el contrario, cuando se realiza esta misma comparación en función del tipo de análisis observamos que se halla significación en la mayoría de parámetros, con la excepción del CRL, pH y *C. perfringens* (tabla 63).

Tabla 63. Cambios en los parámetros de calidad del agua en función del tipo de análisis.

PARÁMETROS		TIPO DE ANÁLISIS		P
		Control	Completo	
CRL	N	1876	94	0.100
	MEDIA	0.430	0.468	
	DT	0.587	0.492	
PH	N	1871	92	0.684
	MEDIA	7.724	7.731	
	DT	0.530	0.471	
TURBIDEZ	N	1109	21	0.000
	MEDIA	0.839	1.081	
	DT	1.548	0.492	
CONDUCTIVIDAD	N	1866	93	0.000
	MEDIA	265.743	394.177	
	DT	279.491	319.712	
<i>E. COLI</i>	N	1867	94	0.030
	MEDIA	0.780	0.000	
	DT	6.299	0.000	
COLIFORMES	N	1860	94	0.005
	MEDIA	1.790	3.190	
	DT	9.715	30.943	
BACT 22°C	N	880	93	0.000
	MEDIA	8.160	0.050	
	DT	40.770	0.518	
<i>C. PERF</i>	N	870	93	0.255
	MEDIA	0.030	0.000	
	DT	0.317	0.000	

2.1.5. Influencia de las características del suministro y recursos humanos del abastecimiento en la cloración del agua.

No se obtiene significación estadística al estudiar la influencia en la correcta cloración del agua del número de personas que se ocupan del mantenimiento del sistema de abastecimiento y la formación del mismo (tabla 64 y 65).

Tampoco hemos observado diferencia estadísticamente significativa al comparar los valores de CRL en el agua de consumo con las variables de suministro incluidas en este estudio (tabla 66).

Tabla 64. Cloración del agua de consumo en función del número de personas que realizan labores de mantenimiento en el abastecimiento.

		CLORACIÓN DE LA ZA					TOTAL
		Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala	
PERSONAL MANTENIMIENTO	1	2.90	8.60	25.70	37.10	2.90	77.10
	> 1	0.00	2.90	8.60	11.40	0.00	22.90
TOTAL		2.90	11.40	34.30	48.60	2.90	100.00

P= 1.000

Tabla 65. Cloración del agua de consumo en función de la formación del personal de mantenimiento.

		CLORACIÓN DE LA ZA					TOTAL
		Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala	
FORMACIÓN PERSONAL MANTENIMIENTO	UNIV	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	FP	0.00	2.90	14.30	2.90	0.00	20.00
	1º	0.00	2.90	11.40	25.70	2.90	42.90
	NO	2.90	5.70	8.60	20.00	0.00	37.10
TOTAL		2.90	11.40	34.30	48.60	2.90	100.00

P= 0.232

Tabla 66. Influencia de las características del suministro en la cloración del agua de consumo.

CARACTERÍSTICAS SUMINISTRO		CLORACIÓN DE LA ZA					P
		Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala	
Población abastecida	N	1	4	10	15	1	0.592
	MEDIA	554.00	431.00	2269.80	657.80	45.00	
	DT	-	382.31	4544.27	896.04	-	
Volumen Suministrado	N	1	4	9	15	1	0.240
	MEDIA	728.00	112.25	219.33	403.93	19.00	
	DT	-	101.052	455.41	603.76	-	
Consumo	N	1	4	8	13	1	0.328
	MEDIA	1314.08	288.59	267.77	1286.06	422.22	
	DT	-	183.83	217.53	3496.47	-	

2.1.6. Influencia de las características del sistema de abastecimiento en la cloración del agua.

No se obtiene significación estadística al estudiar la influencia en la correcta cloración del agua del año de construcción del depósito, su ubicación y el medio por el que se accede al mismo (tablas 67, 68 y 69).

Tabla 67. Influencia del año de construcción del depósito en la cloración del agua de consumo de la ZA.

CARACTERÍSTICAS DEPÓSITOS		CLORACIÓN DE LA ZA					TOTAL
		Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala	
AÑO DE CONSTRUCCIÓN DEPÓSITO	<1990	0.00	10.30	29.40	32.40	1.50	73.50
	1990-2004	0.00	2.90	7.40	8.80	0.00	19.10
	>2004	0.00	1.50	1.50	4.40	0.00	7.40
TOTAL		0.00	14.70	38.20	45.60	1.50	100.00

* No se dispone de datos de los depósitos de la ZA catalogada como muy buena.

P=0.932

Tabla 68. Influencia de la ubicación del depósito en relación al núcleo urbano con la cloración del agua de consumo de la ZA.

CARACTERÍSTICAS DEPÓSITOS		CLORACIÓN DE LA ZA					TOTAL
		Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala	
UBICACIÓN DEPOSITO	EN NÚCLEO	1.30	5.30	13.20	13.20	0.00	32.90
	ALEJADO	1.30	7.90	21.10	35.50	1.30	67.10
TOTAL		2.60	13.20	34.20	48.70	1.30	100.00

P=0.730

Tabla 69. Influencia de las vías de acceso al depósito en la cloración del agua de consumo de la ZA.

CARACTERÍSTICAS DEPÓSITOS		CLORACIÓN DE LA ZA					TOTAL
		Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala	
ACCESO EN VEHÍCULO AL DEPÓSITO	SI	2.60	10.50	30.30	35.50	0.00	78.90
	NO	0.00	2.60	3.90	13.20	1.30	21.10
TOTAL		2.60	13.20	34.20	48.70	1.30	100.00

P= 0.220

Como ya se explicó en el apartado material y métodos, se han revisado todos los boletines de análisis existentes en cada ZA, tanto si se corresponden con puntos de muestreo en la red de distribución como si hacen alusión a una toma de muestras a la salida de un depósito de cabecera o regulación.

De este modo, considerando que existen dos tipos de puntos de muestreo, y que las características del sistema de abastecimiento incluidas a partir de este punto en el estudio, hacen alusión a propiedades particulares de cada uno de los depósitos que integran la ZA, concretamente al proceso de desinfección del agua y método de control del mismo, se ha realizado la comparación tanto con el grado de cloración de la ZA en general como, de forma concreta, a la salida del depósito en el que se realiza el tratamiento y se toma la muestra.

Así, mientras que la cloración en el depósito hace alusión, únicamente, a valores de CRL registrados cuando se realiza el muestreo a la salida de cada depósito, en la

cloración en la ZA se incluyen tanto los resultados del muestreo a la salida de los depósitos como a los obtenidos en la red de distribución.

Una vez realizada esta aclaración, observamos que existen indicios de significación estadística cuando se valora la relación existente entre cloración en la ZA y variabilidad de el suministro del agua almacenada en los diferentes depósitos que integran la zona de abastecimiento (tabla 70). Esta relación si resulta significativa cuando la comparación se realiza directamente con la cloración en el punto de muestreo depósito (tabla 71). En ambos casos se observa una tendencia a empeorar la calidad del agua en relación al cloro cuando existe variabilidad estacional del suministro.

Tabla 70. Influencia de la variabilidad de el suministro de agua en la cloración del agua de consumo de la ZA.

CARACTERÍSTICAS PROCESO DESINFECCIÓN		CLORACIÓN DE LA ZA					TOTAL
		Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala	
SUMINISTRO AGUA	CONSTANTE	0.00	6.60	6.60	7.90	0.00	21.10
	VARIABLE SEMANAL	2.60	0.00	5.30	10.50	0.00	18.40
	VARIABLE ESTACIONAL	0.00	6.60	22.40	30.30	1.30	60.50
TOTAL		2.60	13.20	34.20	48.70	1.30	100.00

P= 0.077

Tabla 71. Influencia de la variabilidad del suministro de agua en la cloración del agua de consumo a la salida del depósito.

CARACTERÍSTICAS PROCESO DESINFECCIÓN		CLORACIÓN DEPÓSITO					TOTAL
		Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala	
SUMINISTRO AGUA	CONSTANTE	8.30	0.00	4.20	4.20	0.00	16.70
	VARIABLE SEMANAL	2.10	4.20	2.10	4.20	0.00	12.50
	VARIABLE ESTACIONAL	12.50	0.00	29.20	8.30	20.80	70.80
TOTAL		22.90	4.20	35.40	16.70	20.80	100.0

P= 0.008

Por el contrario, no se observa significación estadística al valorar la influencia de la naturaleza del desinfectante y de la zona del vaso del depósito en la que se realiza la dosificación del cloro (tablas 72, 73, 74 y 75).

Tabla 72. Influencia de la naturaleza del desinfectante utilizado en la cloración del agua de consumo en la ZA.

CARACTERÍSTICAS PROCESO DESINFECCIÓN		CLORACIÓN ZA					TOTAL
		Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala	
NATURALEZA DESINFECTANTE	NaOC I	3.70	9.30	18.50	40.70	0.00	72.20
	Ca(OC I) ₂	0.00	0.00	9.30	16.70	1.90	27.80
TOTAL		3.70	9.30	27.80	57.40	1.90	100.00

P=0.295

Tabla 73. Influencia del punto de dosificación de cloro respecto a la entrada y salida del agua del depósito en la cloración del agua de consumo en la ZA.

CARACTERÍSTICAS PROCESO DESINFECCIÓN		CLORACIÓN ZA					TOTAL
		Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala	
PUNTO DE CLORACIÓN (DEFINIDO EN PÁGINA 179)	Sin control	0.00	0.00	0.00	1.90	0.00	1.90
	Cerca de la entrada de agua.	0.00	1.90	0.00	1.90	0.00	3.80
	Entrada agua, igual plano salida inferior	0.00	0.00	5.80	32.70	1.90	50.00
	Entrada agua, distinto plano salida inferior	0.00	0.00	13.50	15.40	0.00	30.80
	Centro del vaso	1.90	1.90	5.80	3.80	0.00	9.60
	Entrada agua, salida superior	0.00	0.00	1.90	1.90	0.00	3.80
TOTAL		1.90	3.80	26.90	57.70	1.90	100.00

P=0.410

Tabla 74. Influencia de la naturaleza del desinfectante utilizado en la cloración del agua de consumo a la salida del depósito en el que se realiza el tratamiento.

CARACTERÍSTICAS PROCESO DESINFECCIÓN		CLORACIÓN DEPÓSITO					TOTAL
		Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala	
NATURALEZA DESINFECTANTE	NaOC I	17.50	5.00	20.00	15.00	10.00	67.50
	Ca(OC I) ₂	2.50	0.00	15.00	2.50	12.50	32.50
TOTAL		20.00	5.00	35.00	17.50	22.50	100.00

P= 0.227

Tabla 75. Influencia del punto de dosificación de cloro respecto a la entrada y salida del agua del depósito en la cloración del agua de consumo a la salida del depósito en el que se realiza el tratamiento.

CARACTERÍSTICAS PROCESO DESINFECCIÓN		CLORACIÓN DEPÓSITO					TOTAL
		Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala	
PUNTO DE CLORACIÓN (DEFINIDO EN PÁGINA 179)	Sin control	2.60	0.00	0.00	0.00	0.00	2.60
	Cerca de la entrada de agua.	0.00	0.00	2.60	0.00	0.00	2.60
	Entrada agua, igual plano salida inferior	7.90	0.00	10.50	7.90	15.80	42.10
	Entrada agua, distinto plano salida inferior	5.30	5.30	18.40	2.60	2.60	34.20
	Centro del vaso	0.00	0.00	5.30	7.90	0.00	13.20
	Entrada agua, salida superior	2.60	0.00	0.00	0.00	2.60	5.30
TOTAL		18.40	5.30	36.80	18.40	21.10	100.00

P=0.109

Tampoco se observa diferencia significativa al valorar la influencia en la cloración de la frecuencia con la que el personal encargado del mantenimiento acude a los depósitos en los que se realiza cloración, para comprobar que existe suficiente producto desinfectante para satisfacer las necesidades, y revisar que el equipo funciona correctamente (tablas 76 y 77).

Tabla 76. Influencia de la frecuencia de control del proceso de desinfección en la cloración del agua de consumo de la ZA.

CARACTERÍSTICAS PROCESO DESINFECCIÓN		CLORACIÓN ZA					TOTAL
		Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala	
FRECUENCIA CONTROL DEL PROCESO DE DESINFECCIÓN	DIARIO	0.00	3.70	1.90	5.60	0.00	11.10
	LUNES A VIERNES	0.00	1.90	5.60	20.40	0.00	27.80
	2-3 VECES SEMANA	3.70	0.00	13.00	22.20	1.90	40.70
	1 VEZ POR SEMANA	0.00	1.90	5.60	1.90	0.00	9.30
	PUNTUAL	0.00	1.90	1.90	7.40	0.00	11.10
TOTAL		3.70	9.30	27.80	57.40	1.90	100.00

P=0.255

Tabla 77. Influencia de la frecuencia de control del proceso de desinfección en la cloración del agua de consumo a la salida del depósito.

CARACTERÍSTICAS PROCESO DESINFECCIÓN		CLORACIÓN DEPÓSITO					TOTAL
		Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala	
FRECUENCIA CONTROL DEL PROCESO DE DESINFECCIÓN	DIARIO	0.00	0.00	7.50	0.00	0.00	7.50
	LUNES A VIERNES	7.50	0.00	12.50	10.00	2.50	32.50
	2-3 VECES SEMANA	5.00	5.00	15.00	2.50	12.50	40.00
	1 VEZ POR SEMANA	5.00	0.00	0.00	2.50	5.00	12.50
	PUNTUAL	2.50	0.00	0.00	2.50	2.50	7.50
TOTAL		20.00	5.00	35.00	17.50	22.50	100.00

P=0.201

Al valorar la influencia en la cloración del agua del método usado para controlar la concentración de CRL se halla diferencia estadísticamente significativa cuando se realiza la comparación con la cloración en la ZA en general, observando en este caso una cloración mejor en aquellas ZA que utilizan el método de la ortotolidina para realizar la medición. La valoración no resulta significativa cuando se compara esta variable con el nivel de cloro en el depósito en particular (tablas 78 y 79).

Por el contrario, cuando se compara la influencia en la cloración de la frecuencia con la que el encargado realiza el control de CRL en el agua suministrada, se hallan indicios de significación estadística en la relación con el CRL en el depósito, no así al comparar con la ZA en general (tabla 80 y 81). En este caso parece observarse un empeoramiento en la calidad del agua en relación al CRL cuando la frecuencia de control es esporádica.

Tabla 78. Influencia del método utilizado para la medición del CRL en el agua de consumo en la cloración del agua de la ZA.

CARACTERÍSTICAS PROCESO DESINFECCIÓN		CLORACIÓN ZA					TOTAL
		Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala	
MÉTODO DE CONTROL DE CRL	DPD	0.00	0.00	25.90	40.70	1.90	68.50
	O-TOT	3.70	9.30	1.90	16.70	0.00	31.50
TOTAL		3.70	9.30	27.80	57.40	1.90	100.00

P= 0.000

Tabla 79. Influencia del método utilizado para la medición del CRL en el agua de consumo en la cloración del agua a la salida del depósito.

CARACTERÍSTICAS PROCESO DESINFECCIÓN		CLORACIÓN DEPÓSITO					TOTAL
		Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala	
MÉTODO DE CONTROL DE CRL	DPD	15.00	5.00	27.50	12.50	20.00	80.00
	O-TOT	5.00	0.00	7.50	5.00	2.50	20.00
TOTAL		20.00	5.00	35.00	17.50	22.50	100.00

P= 0.912

Tabla 80. Influencia de la frecuencia de control de la concentración de CRL en el agua de consumo en la cloración del agua de la ZA.

CARACTERÍSTICAS PROCESO DESINFECCIÓN		CLORACIÓN ZA					TOTAL
		Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala	
FRECUENCIA CONTROL CRL	DIARIO	0.00	3.70	0.00	5.60	0.00	9.30
	LUNES A VIERNES	0.00	1.90	11.10	18.50	0.00	31.50
	2-3 VECES SEMANA	3.70	1.90	3.70	18.50	1.90	29.60
	1 VEZ POR SEMANA	0.00	0.00	1.90	5.60	0.00	7.40
	PUNTUAL	0.00	1.90	11.10	9.30	0.00	22.20
TOTAL		3.70	9.30	27.80	48.60	2.90	100.00

P= 0.280

Tabla 81. Influencia de la frecuencia de control de la concentración de CRL en el agua de consumo en la cloración del agua a la salida del depósito.

CARACTERÍSTICAS PROCESO DESINFECCIÓN		CLORACIÓN DEPÓSITO					TOTAL
		Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala	
FRECUENCIA CONTROL CRL	DIARIO	2.50	0.00	2.50	2.50	0.00	7.50
	LUNES A VIERNES	12.50	0.00	15.00	7.50	2.50	37.50
	2-3 VECES SEMANA	5.00	2.50	2.50	0.00	12.50	22.50
	1 VEZ POR SEMANA	0.00	0.00	5.00	0.00	5.00	10.00
	PUNTUAL	0.00	2.50	10.00	7.50	2.50	22.50
TOTAL		20.00	5.00	35.00	17.50	22.50	100.00

P=0.062

Finalmente, se ha estudiado la influencia de la cloración en el depósito en la cloración que se obtiene para la ZA en general y, particularmente, en la infraestructura situada a continuación, aguas abajo, es decir, en aquel depósito de regulación y/o punto de la red de distribución a los que se abastece directamente desde los depósito de cabecera en los que se realiza la desinfección. En ningún caso se observa significación estadística (tablas 82 y 83).

Tabla 82. Influencia de la cloración en depósito en la cloración de la ZA.

		CLORACIÓN DEPÓSITO					TOTAL
		Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala	
CLORACIÓN ZA	Muy buena	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Buena	6.30	0.00	0.00	0.00	0.00	6.30
	Regular	8.30	2.10	14.60	12.50	6.30	43.80
	Mala	8.30	2.10	20.80	4.20	12.50	47.90
	Muy mala	0.00	0.00	0.00	0.00	2.10	2.10
TOTAL		22.90	4.20	35.40	16.70	20.80	100.00

P= 0.148

Tabla 83. Influencia de la cloración en depósito en la Cloración de las infraestructuras situadas aguas abajo.

		CLORACIÓN DEPÓSITO					TOTAL
		Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala	
CLORACIÓN BAJA	Muy buena	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	2.30
	Buena	4.70	0.00	2.30	0.00	2.30	9.30
	Regular	7.00	2.30	9.30	7.00	7.00	32.60
	Mala	4.70	2.30	18.60	9.30	9.30	44.20
	Muy mala	2.30	0.00	4.70	0.00	4.70	11.60
TOTAL		20.90	4.70	34.90	16.30	23.30	100.00

P= 0.921

2.2. Análisis multivariante.

Se ha diseñado un modelo de regresión logística múltiple para la cloración en relación al resto de variables independientes que se incluyen en nuestro estudio (tabla 84).

En este modelo se incorporan todas aquellas variables independientes que, al cruzarlas una a una con el nivel de cloración en la ZA, presentan un p-valor menor o igual a 0.300.

Partiendo de esta premisa, las variables incluidas inicialmente son: coliformes, *C.perfringens*, accesibilidad al depósito, formación del encargado, suministro de agua y *E.coli*. De todas ellas, la última variable mencionada, se ha extraído del modelo ya que, aunque su p-valor cumple los requisitos establecidos, al realizar el cruce en conjunto, se observa que su eliminación no produce variación alguna de los coeficientes.

Una vez construido el modelo de regresión logística se observa que la formación, a pesar de presentar un intervalo de confianza muy amplio, no puede extraerse del modelo ya que, de lo contrario, se producen cambios importantes en los coeficientes del resto de variables.

A la vista de estos resultados determinamos que la suma de las variables seleccionadas no influye de manera alguna en el valor de CRL medido en la ZA.

Tabla 84. Análisis de regresión logística múltiple.

VARIABLES DEL MODELO	COEFICIENTES	DT	INTERVALO CONFIANZA 95% (IC 95%)
Coliformes	1.59	2.067	0.772 – 11.593
<i>C. perfringens</i>	1.23	5.088	0.419- 43.849
Accesibilidad	1.01	2.591	0.397-17.904
Formación	2.98	131.086	4.642- 1649.18
Suministro de agua	1.27	1.909	0.598- 11.021

VI. DISCUSIÓN

1.- DE LA METODOLOGÍA.

Se diseñó un estudio de casos y controles retrospectivo en el que se utilizaron distintas fuentes de información para la medición de las diferentes variables definidas.

Tal y como se expuso en el capítulo material y métodos, la muestra sobre la que se realiza el estudio está toda localizada geográficamente en el Área de Gestión Granada Sur, concretamente en la Alpujarra Granadina, por ser ésta la zona en la que desarrolla su labor profesional la autora del trabajo. Con estas premisas, ante las que resulta obvio que la selección de la muestra no es fruto del azar, es evidente que el estudio carece de validez externa, y que los resultados no pueden ser extrapolados a otros núcleos rurales de similares características localizadas en distintas áreas geográficas, no obstante, y considerando las limitaciones que plantea una selección de la muestra no probabilística, sí pueden extenderse a todos los núcleos sobre los que se realiza el estudio.

En la ejecución de este trabajo se consideró como población de muestro a todas las zonas de abastecimiento que cumplieron los criterios de inclusión y exclusión en el área geográfica objeto de nuestro estudio ya que, ante el reducido número de zonas que podían constituir la muestra, no se consideró oportuno descartar a ninguna. Esta misma estrategia es la observada en la mayor parte de la bibliografía revisada, prácticamente la totalidad de los estudios encontrados que versan sobre calidad del agua de consumo incluyen todos los sistemas de abastecimiento del área geográfica en la que se desarrollan.

En este entorno existen zonas de abastecimiento que, aún cumpliendo los criterios de inclusión, no han participado en el estudio por aspectos ajenos a nuestra voluntad, aunque en ningún caso por rechazo de los responsables de ellas a participar en el proyecto. De cualquier forma, creemos que las causas de exclusión de estas zonas de abastecimiento no influye sustancialmente en la representatividad de la población finalmente estudiada.

En el momento de plantear este estudio se descartó la idea de realizar un estudio transversal, al no considerar oportuno definir el agua que se suministra en las diferentes zonas de abastecimiento estudiadas en base a una estimación puntual del valor de CRL en la misma. De este modo, mediante el seguimiento realizado a los resultados de los análisis llevados a cabo en las aguas de consumo, se obtiene una visión global cercana a la realidad de la adecuación de cada sistema de

abastecimiento en relación a la cloración, variable en torno a la cual gira el presente trabajo. Partiendo de esta base, hay que decir que la clasificación del agua en cada zona de abastecimiento será tanto más real cuanto mayor sea el número de boletines de análisis revisados en ella. Sin embargo, lo que resulta un punto fuerte de este estudio, introduce al mismo tiempo una limitación, ya que el número de muestras por sistema de abastecimiento así como la fecha de recogida no son coincidentes.

Respecto a los cuestionarios utilizados para recopilar información hay que indicar que éstos no fueron validados previamente, por lo que los datos obtenidos a través de ellos están limitados exclusivamente al área a la que hacen referencia, no pudiendo extrapolar las conclusiones extraídas a partir de ellos a otras zonas. Para plantear las cuestiones contenidas en estas encuestas se realizó una revisión bibliográfica sobre aspectos de los sistemas de abastecimiento que podían afectar a la calidad del agua que suministraban, de forma que, a partir de las pocas referencias encontradas, y seleccionando aquellos ítems que se consideraban más interesantes, se definió cada cuestión, de forma clara y concisa, limitando en todos los casos las opciones de respuesta, mediante la formulación para cada una de las preguntas de todas las opciones posibles, minimizando de este modo la posibilidad de introducir un sesgo por falta de concreción en la pregunta y/o ambigüedad en la respuesta.

Con respecto a la estrategia de análisis de las variables del estudio, dado el reducido tamaño de nuestra muestra, se optó por la aplicación de test no paramétricos, con lo que, al ser pruebas menos precisas, solo se pudieron demostrar como significativas diferencias mayores a las que se habrían encontrado usando test paramétricos. En el caso del modelo multivariante, nuevamente el reducido tamaño de muestra así como la falta de normalidad en la distribución de prácticamente todas las variables del estudio, nos hizo optar por la aplicación desde el principio de una regresión logística múltiple.

2.- DE LOS RESULTADOS

2.1. Calidad del agua suministrada

Durante el periodo de duración de nuestro estudio se recopilaron 1974 boletines analíticos realizados por los gestores de 35 zonas de abastecimiento.

En la revisión bibliográfica realizada sobre este tema hemos hallado numerosos trabajos que describen la calidad de las aguas que se suministran en un área

determinada. Sin embargo, debemos considerar que cada evaluación de la calidad de las aguas potables debería tener en consideración varios parámetros, entre ellos el nivel de desarrollo de cada sociedad ⁵⁶, por lo que cualquier diferencia encontrada respecto a nuestro estudio debería partir de esta limitación, especialmente cuando estos estudios hacen alusión a indicadores de calidad que, generalmente, están planteados en sociedades menos industrializadas que la española, donde aún no se han solucionado problemas básicos de higiene hídrica ⁵⁶.

Inicialmente, cuando se planteo este proyecto, se pensó en la valoración de brotes de origen hídrico como un síntoma de la calidad del agua suministrada en la población estudiada, sin embargo, ante la ausencia de brotes declarados en la red de vigilancia epidemiológica optamos por cambiar el planteamiento, la no declaración no quiere decir que no existan sino que, tal y como indica Villanueva y cols. en su trabajo, es posible que en España, aunque se ha solucionado el problema mayor de epidemias de transmisión hídrica, *se produzcan miniepidemias de síntomas gastrointestinales asociados al agua potable que nunca se identifican* ⁵⁶.

2.1.1 Cloración del agua suministrada.

En nuestro estudio hemos considerado como valores no conformes de CRL los no incluidos en el intervalo 0.2-1 ppm, lo que no coincide con las consideraciones hechas desde el Ministerio de Sanidad y Consumo a través de los sucesivos informes técnicos sobre Calidad del Agua de Consumo Humano en España en cuyas tablas se refleja como valor conforme para este compuesto concentraciones de hasta 1 ppm ^{39, 40 y 41}.

Partiendo de esta diferencia entre ambos estudios, al comparar los datos resultantes en cada uno de ellos, comprobamos que los resultados de nuestro estudio son peores a los reflejados en los informes del SINAC (tabla 85).

Por la particularidad de nuestro trabajo en el que los datos evaluados son obtenidos directamente a partir de los boletines analíticos archivados por los gestores de todas las ZA incluidas en la muestra, podemos considerar que, a pesar de partir de un tamaño de muestra menor, nuestros resultados se acercan más a la realidad, ya que en el informe técnico los valores se obtienen a partir de la información consignada en SINAC, con la particularidad de que no todas las ZA están dadas de alta en la aplicación e introducen la totalidad de sus boletines analíticos y, en caso de hacerlo, es posible que se produzca un sesgo si existen

gestores que únicamente vuelcan al sistema los resultados conformes, además, la aplicación del SINAC se puso en marcha el año 2004, a ella han ido accediendo poco a poco las diferentes ZA definidas en España, siendo más tardía la incorporación de aquellas con menor entidad.

Resulta especialmente llamativa la diferencia observada en el % de ZA que no presentan análisis con valores de CRL mayor que 1 ppm. Esta variabilidad tan acusada entre nuestros resultados y los de los informes técnicos podría explicarse porque nuestros datos se corresponden con un periodo de estudio más amplio (6 años frente a 1), por lo que se incrementa la posibilidad de que, aunque sea de forma puntual, se produzca algún problema de cloración por exceso en cada una de las 35 ZA valoradas. Tendríamos, por tanto, que partir del porcentaje correspondiente a cada año para poder realizar una comparación de este resultado más exacta.

En los informes técnicos impresiona igualmente el valor de CRL tan elevado que llega a alcanzarse los años del 2004 a 2008, muy superior a nuestro valor máximo para el sumatorio de todos estos años. Al respecto el informe técnico aclara que se trata de una medición puntual en una zona muy concreta, no siendo representativa de la tendencia general observada en España, por lo que podemos concluir que nuestro resultado está en consonancia con lo que reflejan.

Tabla 85: Comparativa de los resultados de control de CRL en el agua de consumo ^{39, 40 y 41}.

CRL	PROPIO	INFORME TÉCNICO DEL SINAC				
		2004	2005	2006	2007	2008
Análisis revisados	1974	109235	180352	269380	331432	382198
% Conformidad	89.97*	94.48	92.95	95.38	95.98	96.20
Valor cuantificado máximo	8.09	435	168	132	132	1702
ZA estudiadas	35	1840	2601	3428	3908	4144
% ZA conformes	14.28**	66	74.4	73.8	73	76.5

* Para poder comparar resultados hemos partido del % de análisis con valor de CRL < 1 ppm obtenidos en nuestro estudio (tabla 90 apartado anexo).

** Este valor se obtiene considerando el número de zonas de abastecimiento estudiadas que no poseen ningún boletín de análisis con CRL < 1ppm (tabla 90 apartado anexo)

Si comparamos los resultados de cloración de nuestro estudio respecto a otras ZA localizadas en la comunidad autónoma Andaluza observamos nuevamente que la situación en el ámbito geográfico de nuestro trabajo es peor.

En nuestro proyecto hemos hallado un 57.04% de análisis con cloración no conforme frente al 10 % reflejado como resultado en el II Plan Andaluz de Salud (1999-2002) ¹⁰. No obstante, pensamos que este incremento de muestras no correctas respecto al resto de Andalucía no puede ser tan acusado, hay que puntualizar que el citado informe Andaluz se corresponde con los resultados de un solo año, el 1998, anterior al inicio de nuestro trabajo, y que abarca a una mayor población de muestreo, incluidas grandes ciudades, en las que la disponibilidad de más recursos se convierte en una garantía de mejora en la cloración. Por otro lado, hay que indicar que se desconoce la fuente utilizada para calcular estos resultados y no está claro cual es el intervalo considerado como conforme, 0.2-1 ppm, como el utilizado en nuestro estudio, o superior a 1 ppm como referencian los informes publicados por Ministerio sobre datos del SINAC.

Pese a todas estas puntualizaciones es obvio que en nuestro ámbito geográfico existen más problemas de cloración que en el resto de Andalucía, con lo que, al igual que afirmaba Pérez y cols. en su estudio, se contradice el II Plan Andaluz de Salud en el que se indica que *las inversiones en infraestructuras junto a intervenciones de tipo sanitario, han propiciado una mejora general en la calidad de las aguas de consumo público* ⁴⁶.

En la bibliografía también hemos encontrado estudios realizados en España que utilizan nuestra misma fuente de información, es decir, valores de CRL en el agua de consumo directamente extraídos de los boletines analíticos o bien a partir de muestras que se toman con objeto de realizar el estudio ^{46, 5 y 43}. Partiendo de esta base, pensamos que la comparación con estos estudios resulta más adecuada ya que, en estos casos, desaparece el sesgo que puede producirse si sólo se aportan al estudio aquellos ensayos que resultan conformes, aquellos que el gestor considera oportuno hacer públicos para demostrar la adecuación de su sistema.

Con nuestro trabajo hemos detectado que gran parte de las deficiencias que se detectan en el agua de consumo se relacionan con valores de CRL incorrectos, lo que se encuentra en concordancia con el informe de la Cámara de Cuentas de la comunidad de Madrid que establece ésta como una de las principales anomalías detectadas en el 2004 en las Zonas de Abastecimiento gestionadas por el Canal de Isabel II ⁵, y con los datos citados en el Plan Andaluz de Salud Ambiental sobre

anomalías del agua de consumo en Andalucía durante el 2006 ¹⁰.

Sin embargo, los datos de cloración deficiente extraídos de nuestro estudio, 52.99% con un 42.96% por defecto y 10.03 % por exceso, son superiores a los encontrados por Pérez y cols. en las poblaciones del Norte de Córdoba en las que de un total de 322 muestras el 32 % presentaba cloración incorrecta, 31.05% por defecto y 0.95 % por exceso ⁴⁶.

Respecto a la clasificación de zonas de abastecimiento en niveles en función del porcentaje de análisis con resultado de CRL deficiente hemos hallado únicamente 5 sistemas de abastecimiento (14.28 %) que presentan un porcentaje inferior al 25%, muy por debajo de las 17 zonas (40%) detectadas en el estudio de Pérez y cols ⁴⁶. En la alpujarra Granadina la mayor parte de las poblaciones presentan porcentajes de resultados incorrectos entre el 25-75%.

Esta variabilidad en los resultados respecto al trabajo mencionado podría deberse a que, a diferencia de nuestro estudio, el muestreo en el agua de consumo de las poblaciones del Norte de Córdoba fue realizado por la propia administración, lo que podría explicar el menor número de muestras deficientes en esta zona ya que podría haberse realizado un mayor control en los sistemas de cloración y en la red si el gestor del abastecimiento tiene conocimiento de que va a ser objeto de inspección por la autoridad sanitaria.

Por último, cuando comparamos nuestros resultados de cloración con los de un estudio sobre aspectos sanitarios del agua de consumo en la ciudad de Granada, observamos que los valores medios hallados no difieren mucho 0.432 ppm frente a 0.46 ppm que se obtienen en las muestras tomadas en la red de distribución de la capital Granadina ⁴³. No obstante debemos puntualizar que nuestro resultado está basado en valores obtenidos tanto en red como a la salida de depósitos y se extiende durante un periodo de tiempo mayor. Tendríamos pues que utilizar únicamente las muestras tomadas en red de distribución durante el mismo periodo de estudio para comprobar que, efectivamente, la calidad del agua es similar en relación a la cloración.

2.1.2 PH del agua suministrada.

Los resultados para el pH vuelven a ser peores que los incluidos en los informes técnicos del SINAC (tabla 86).

Aunque podemos seguir afirmando que la diferencia en la fuente de información avala la mayor aproximación a la realidad de nuestro estudio, para el caso concreto

del pH, parámetro característico de cada suministro de agua según sea su origen. El hecho de que el agua captada para el suministro de muchas de estas ZA presente una tendencia a la neutralidad con picos esporádicos en torno al 6.5, hace que se produzcan incumplimientos de los límites legislados en la mayoría de ZA, por lo que disminuye notablemente el porcentaje de boletines analíticos y porcentaje de ZA que cumplen al 100% con la legislación. Por otro lado, el disponer únicamente de datos relativos a 35 ZA hace que no se alcancen valores de pH tan extremos como los indicados en los informes técnicos del SINAC.

Tabla 86: Comparativa de los resultados de control de pH en el agua de consumo ^{39, 40 y 41}.

pH	PROPIO	INFORME TÉCNICO DEL SINAC				
		2004	2005	2006	2007	2008
Análisis revisados	1963	88771	119933	187499	218320	251169
% Conformidad	96.23	99.31	99.41	99.29	99.11	99.12
Valor cuantificado mínimo	5	3.59	3.8	3.0	3.67	3.76
Valor cuantificado máximo	8.92	11.30	11.5	10.92	11.20	12.0
Valor medio	7.72	7.7	7.7	7.7	7.7	7.71
ZA estudiadas	35	1840	2601	3428	3908	4189
% ZA conformes	77.14	92.2	94.2	93.7	91.2	90.9

Respecto al trabajo realizado por Ortega en las aguas de Granada se observa que el valor medio de pH del agua suministrada en la Alpujarra Granadina es ligeramente inferior al de la capital granadina (7.72 frente a 8) ⁴³. Para este parámetro, tal como indicamos para el caso del CRL, tendríamos que comparar valores similares para determinar si, efectivamente, la calidad de las aguas coincide.

Hemos localizado en la bibliografía un trabajo que describe la calidad del agua de consumo en relación al pH fuera de España, concretamente un estudio realizado por la Unidad de Análisis de Agua de la Facultad de Química de Montevideo en el año 2004. Así, si comparamos nuestro resultado, siempre teniendo en cuenta las limitaciones que supone la diferencia en el desarrollo económico de ambos países, observamos que en el agua de consumo de Uruguay se obtuvo un valor medio de pH ligeramente inferior al hallado en nuestro trabajo, 7.17 frente a 7.72, encontrando una mayor diferencia cuando este valor está referenciado únicamente a la capital

Montevideo, 6.83⁵⁵. En nuestro estudio obtenemos un valor medio mayor pese a observar un valor mínimo inferior (5.00 frente a 6.2 en ambos casos) por lo que el partir de un tamaño de muestra más elevado resulta ser la única explicación que encontramos a la escasa diferencia observada. En el estudio de Uruguay no se obtuvo ninguna muestra que superara el límite permitido por la legislación, mientras que nosotros hallamos un 3.77% de análisis no conformes, si bien el rango permitido para el pH en Uruguay abarca el intervalo 6 a 9, por lo que las diferencias observadas en cuanto a valores no conformes no deberían ser tan acusadas⁵⁵.

2.1.3 Turbidez del agua suministrada.

El valor máximo obtenido para la turbidez en nuestro estudio es mucho menor al descrito en los sucesivos informes técnicos del SINAC (tabla 87).

Pensamos que esta diferencia tan acusada es debida a que la mayoría de las fuentes de abastecimiento se incluyen dentro del parque natural de Sierra Nevada por lo que, generalmente, se obtiene agua de gran calidad que no suele precisar tratamientos complementarios para reducir sólidos en suspensión, con lo que se obtienen aguas con valores de turbidez prácticamente constantes que, puntualmente, puede incrementarse ligeramente, normalmente a causa de efectos climatológicos.

Por otro lado, el menor número de boletines revisados y de zonas estudiadas, hace que tanto el valor medio como el % de ZA sin incumplimientos en nuestro estudio esté distorsionado respecto a los obtenidos a partir del SINAC.

No obstante debemos señalar que todos los informes técnicos existentes hasta el año 2007 (este inclusive) consideran como resultados conformes los valores de turbidez inferiores a 5 UNF, no haciendo distinción para el punto de muestreo, por lo que el % de ZA y resultados conformes está sobrevalorado. Esta es la razón por la que se observa un ligero descenso en el grado de cumplimiento del año 2008 respecto al resto, pues en este periodo si se expresan los resultados según sea la infraestructura muestreada, por lo que existe una mayor aproximación de nuestros resultados con los de este último año.

Tabla 87: Comparativa de los resultados de control de turbidez en el agua de consumo ^{39, 40 y 41}.

Turbidez	PROPIO	INFORME TÉCNICO DEL SINAC				
		2004	2005	2006	2007	2008
Análisis revisados	1130	91688	138073	179163	200545	212144
% Conformidad	95.93	99.68	99.79	99.75	99.74	96**
Valor cuantificado máximo	30.40	332	723 (98)	548 (93)	331 (66)	250
Valor medio	0.8442	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
ZA estudiadas	30*	1833	2616	3463	3949	4184
% ZA conformes	33.33	88.6	93.0	92.7	93.0	71.7**

* El número de ZA es menor, no se encontraron datos para 5 ZA de las 35 incluidas en el estudio.

** Consideran para cada tipo de punto de muestreo su correspondiente valor paramétrico.

Comparando nuestros resultados con los obtenidos en estudios que se basen directamente en los valores recopilados en boletines de análisis de aguas, observamos que frente al 1.55% de muestras que presentan turbidez deficiente en poblaciones del Norte de Córdoba, nosotros hemos hallado un valor superior, 4.07% ⁴⁶. En nuestro caso este porcentaje incluye tanto incumplimientos en la red como en depósitos, dato que no aparece en el estudio de Pérez y cols. y que deberíamos conocer para poder determinar las razones por las que se produce esta diferencia.

Las características de la turbidez del agua en España, concretamente en la Alpujarra Granadina, respecto a la de Uruguay es ligeramente mejor. En nuestro estudio hemos obtenido un valor medio de 0.82 UNF frente a 1 UNF que se obtiene en este país. Esta situación se invierte cuando lo que comparamos es el porcentaje de muestras no conformes ya que en el país Uruguayo solo se determinan un 1% frente al 4% detectado en nuestro estudio. Este empeoramiento de los resultados detectados en nuestro trabajo puede deberse, además de partir en nuestro caso de un mayor tamaño de muestra, a la diferencia en los límites establecidos para considerar el parámetro no conforme, mientras que en España este valor es 1 o 5 UNF, según sea la naturaleza del punto de muestreo, en Uruguay el valor es siempre 5 UNF, independientemente de que se muestree en depósito o red de distribución ⁵⁵.

2.1.4 Conductividad del agua suministrada.

En el caso de la conductividad podemos dar la misma explicación que se ha dado para la turbidez en relación a la diferencia de nuestros resultados respecto a los expresados en los informes del SINAC, teniendo en cuenta que, para este parámetro, nuestros resultados son mejores a los de los informes, pues no hemos encontrado ningún análisis que supere el valor establecido por la legislación vigente para la conductividad (tabla 88). Así, generalmente, las fuentes que abastecen de agua esta zona geográfica suelen tener valores de conductividad bajos que han permanecido prácticamente constantes todo el periodo de estudio, ya que en el Parque Natural no se realizan grandes cambios, ni en infraestructuras ni en actividades desarrolladas en la zona de influencia de las captaciones, que hayan podido originar variaciones en el valor de conductividad del agua suministrada.

Tabla 88: Comparativa de los resultados de control de Conductividad en el agua de consumo ^{39, 40 y 41}.

Conductividad	PROPI O	INFORME TÉCNICO DEL SINAC				
		2004	2005	2006	2007	2008
Análisis revisados	1959	81836	111475	138696	154335	158680
% Conformidad	100	99.71	99.61	99.48	99.67	99.77
Valor cuantificado máximo	1915	12170	7687	14902	15190 (101780*)	15250
Valor medio	272	408	472	492	487	480.5
ZA estudiadas	35	1842	2632	3468	3956	4185
% ZA conformes	100	98.5	98.9	98.6	98.4	98.8

* Valor puntual en una ZA concreta.

Respecto al trabajo realizado por Ortega en las aguas de Granada se observa que el valor medio de conductividad del agua suministrada en la Alpujarra Granadina es ligeramente inferior al de la capital granadina (272 frente a 239) ⁴³. Para este parámetro, tal como indicamos para el caso del CRL, tendríamos que comparar valores similares para determinar si, efectivamente, la calidad de las aguas coincide.

En nuestro estudio hemos podido determinar que la mayoría de las ZA incluidas presentan valores de conductividad bajos, siendo el valor medio de 272 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y hallando sólo 2 ZA que presentan conductividad media superior a 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Así, según establece Estevan en su artículo, se puede calificar al agua suministrada en

esta zona geográfica como de calidad muy aceptable desde el punto de vista de su conductividad ²⁰. En este artículo se recopilan algunos valores de conductividad del agua de consumo que se suministran a poblaciones españolas (Alicante entorno a valores de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (salida potabilizadora Torrealta) y 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (tras la mezcla con aguas subterráneas del Alto Vinalopó) y Toledo alrededor de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y se indica que el agua desalada se entrega con una conductividad entre 400 y 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para usos de abastecimiento urbano ²⁰, comprobando pues que en la zona que hemos estudiado el valor de la conductividad media es incluso inferior al del agua desalada usada para consumo.

2.1.5 Calidad microbiológica del agua suministrada.

Si comparamos los datos resultantes de nuestro análisis con los sucesivos informes técnicos elaborados por el Ministerio de Sanidad y Consumo sobre Calidad del Agua de Consumo Humano en España, en base a los resultados de los controles que realizan las distintas ZA censadas y dadas de alta en SINAC, observamos que los datos relativos a calidad microbiológica obtenidos a través de nuestro estudio son peores a los reflejados en los informes (tabla 89).

De este modo, considerando las ZA que no sufrieron ningún episodio de contaminación microbiológica, observamos que el resultado para nuestro trabajo es muy inferior al reflejado en los sucesivos informes técnicos, 20% para el periodo de nuestro estudio frente al 97.10 y 88.31 en los años 2003 a 2004 ³⁹. Esta distorsión tan acusada puede deberse a la diferencia existente en la fuente de información utilizada en cada caso, pudiendo afirmar que, a pesar de tener un tamaño de muestra menor, los datos de nuestro estudio se aproximan más a la realidad, ya que se extraen directamente de la totalidad de boletines analíticos archivados por los gestores de todas las ZA incluidas en la muestra, mientras que en el informe técnico los resultados se obtienen a partir de la información consignada en SINAC, con la particularidad de que estos años, primeros en los que se pone en marcha el SINAC, no todas las ZA están dadas de alta en la aplicación e introducen la totalidad de sus boletines analíticos y, en caso de hacerlo, es posible que se produzca un sesgo ya que únicamente vuelcan al sistema los resultados conformes. No obstante, hay que señalar, que los resultados de nuestro estudio, además de referirse a *E. coli* y *Clostridium perfringens*, incluyen los resultados no satisfactorios para coliformes y bacterias a 22°C, mientras que en el informe técnico no se consideran estos dos últimos parámetros aunque sí el enterococo.

Si nos detenemos uno a uno en los diferentes parámetros microbiológicos volvemos a observar, en la tabla 89, que esta diferencia sigue existiendo, tanto para ZA que no sufren episodios de contaminación microbiológica como para el porcentaje total de análisis revisados. Sin embargo, para estos resultados no podemos pensar que nuestros datos sean más reales que los del informe, especialmente a medida que avanzan los años y el uso de la herramienta del SINAC se va generalizando, aunque siempre quedará la duda de si efectivamente se introducen la totalidad de los análisis, incluidos los que reflejan no conformidad.

Otros estudios describen la contaminación del agua de consumo en España partiendo de los datos consignados directamente en boletines analíticos y/o a partir de muestras tomadas a raíz de la ejecución del estudio, lo que nos permite valorar mejor la situación de nuestras ZA en relación a otras áreas de España ^{19, 46, 5 y 43}.

En este sentido, un estudio realizado en el agua de consumo de la comunidad Riojana desde el año 1993 al 1997 concreta que en un 23.3 % de las ZA de la región se detectó contaminación fecal, abarcando este parámetro a todas las especies indicadoras de agua que pueden incluirse en este grupo ¹⁹. En nuestro trabajo, en el que si se ha hecho distinción entre las especies analizadas, hemos encontrado resultados muy superiores que van desde el 20 % de ZA para bacterias a 22°C hasta el 80 % para coliformes, encontrando únicamente un 20 % de zonas que no han sufrido ningún episodio de contaminación microbiológica en el periodo de estudio.

A través de nuestro muestreo sólo hemos detectado un 16.73 % de muestras que presentan contaminación microbiológica, mucho menos que el estudio de Pérez y cols en el que se encontró un 27 % ⁴⁶, lo que podría deberse a las diferencias entre las zonas estudiadas, origen del agua abastecida y riesgos de contaminación microbiológica durante el proceso de distribución.

Hemos hallado porcentajes de muestras con resultados incorrectos para parámetros microbiológicos que van desde el 1.24 % para *C. perfringens* hasta el 9.41 % para coliformes, es decir, el grupo detectado mayoritariamente es el de coliformes y el minoritario el de *C. perfringens*, tal y como ocurre en el agua analizada en la Comunidad de Madrid ⁵.

Finalmente, si comparamos nuestros resultados con la calidad microbiológica del agua en la capital Granadina observamos que frente al valor medio de 0.12 ufc/100ml de bacterias a 22°C, 0.01 ufc/ml de coliformes totales y 0 ufc/ml de *C.*

perfringens, nosotros hallamos 7.38 ufc/100ml, 1.86 ufc/ml y 0.03 ufc/ml, con lo que podemos concluir que la calidad microbiológica del agua en la Alpujarra es peor que en la capital ⁴³, aunque tendríamos que partir únicamente de resultados de análisis tomados en la red en el mismo periodo para poder realizar una comparación adecuada.

Tabla 89: Comparativa de resultados de control de parámetros microbiológicos en el agua de consumo ^{39, 40 y 41}.

PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS		PROPIO	INFORME TÉCNICO SINAC					
			2003	2004	2005	2006	2007	2008
E.coli	Análisis revisados	1962	36021	79135	110585	135214	150809	154291
	% Conformidad	95.46	99.74	99.06	99.16	99.20	99.22	99.32
	Valor cuantificado máximo	300	5000	5000	54000	14000	26000	43000
	ZA estudiadas	35	547	1392	2540	3383	3861	4062
	% ZA conformes	20	-	82.4	87.9	86.1	85.3	85.4
Coliformes	Análisis revisados	1955	36021	79135	110585	135214	150809	154291
	% Conformidad	90.59	99.74	99.06	99.16	99.20	99.22	99.32
	Valor cuantificado máximo	300	5000	5000	54000	14000	26000	43000
	ZA estudiadas	35	547	1392	2540	3383	3861	4062
	% ZA conformes	20	-	82.4	87.9	86.1	85.3	85.4
Bacterias 22°C	Análisis revisados	974	9404	31455	47519	57746	66194	69603
	% Conformidad	98.46	99.79	99.18	99.28	98.98	99.02	98.82
	Valor cuantificado máximo	950	15515	470000	270000	10 ⁶	970000	292000
	ZA estudiadas	35	428	1438	2178	2981	3580	3799
	% ZA conformes	80	-	84.2	90.8	87.5	88.1	88.2
C. perfringens	Análisis revisados	964	7451	28382	44897	56305	67302	72087
	% Conformidad	98.76	99.61	99.33	99.65	99.61	99.59	99.59
	Valor cuantificado máximo	6	32	354	180	150	200	200
	ZA estudiadas	35	389	1375	2115	2906	3455	3704
	% ZA conformes	77.14	-	91.1	95.5	95.1	95.7	95.8

2.2. Relación del CRL con el resto de parámetros indicadores de la calidad del agua suministrada.

2.2.1 Relación con parámetros físico-químicos.

Existen numerosas referencias bibliográficas que hacen alusión a las condiciones óptimas del agua en relación a sus características físico químicas para asegurar que el proceso de desinfección con cloro sea adecuado. Así, las Guías para la calidad del agua potable editadas por la O.M.S. en 1995 indican que para reducir en más del 99% el número de *E.coli* u ooquistes basta con conseguir lo que llaman *cloración en condiciones normales*, indicando que esta se produce cuando el valor de CRL es mayor que 0.5 ppm, durante al menos 30 minutos de contacto y con unas condiciones de pH menor que 8 y turbidez menor que 1UNF ⁴².

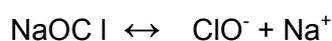
A través de esta definición podemos deducir que, evidentemente, se plantea la existencia de relación entre el proceso de desinfección y estos dos parámetros físico-químicos medibles en el agua, aspecto que coincide con los resultados de nuestro estudio. En él observamos que tanto pH como turbidez presentan una relación positiva estadísticamente significativa. Para la conductividad la relación es también positiva aunque no se demuestra significación estadística

Respecto al pH, se observa que, cuando segmentamos esta comparación teniendo en cuenta los valores límites establecidos por la legislación para este parámetro, la relación es significativa sólo cuando los resultados de pH del agua suministrada son inferiores al límite inferior marcado, 6.5 unidades de pH. Para los dos intervalos se obtiene una relación positiva entre CRL y pH, lo que concuerda con los resultados predecibles desde el punto de vista teórico. De este modo, bastaría con fijarnos en la reacción química que se produce cuando el hipoclorito contacta con el agua, para conocer esta dependencia.

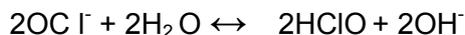
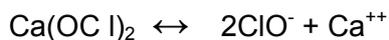
Las especies responsables del CLR en el agua son el ácido hipocloroso (HOCl), ión hipoclorito (ClO^-) y el cloro molecular.

Cuando adicionamos el producto desinfectante al agua en forma de hipoclorito las reacciones producidas son:

- Adicionado como hipoclorito de sodio.



- Adicionado como hipoclorito de calcio.



La disociación de ambas sales para formar el ión hipoclorito va a depender de la concentración de iones H^+ del agua. Así, aunque la adición al agua de cualquiera de estos dos hipocloritos produce un aumento del pH inicial de ésta, las variaciones de pH resultan mínimas y despreciables ya que su incremento queda normalmente amortiguado por las sales presentes en el agua ⁴⁵.

Una vez formado el ión hipoclorito éste reacciona con el agua para formar el ácido hipocloroso. Nuevamente, esta reacción se encuentra influenciada por el pH, de forma que, para pH inferior a 6 este equilibrio se encuentra desplazada hacia la derecha, se favorece la formación de HOCl en detrimento del OC l^- ⁵⁴, para pH igual a 7.7 las concentraciones de HOCl y OC l^- son aproximadamente similares y a pH mayor o igual a 9 casi todo el residual es OC l^- ⁵⁴. Así, considerando que el ácido hipocloroso presenta una mayor efectividad que el ión hipoclorito ⁵⁴, se deduce que a pH más bajos, en los que predomina la presencia de HOCl, la oxidación de la materia orgánica presente en el aguas es más rápida y, por tanto, se alcanza antes el punto de ruptura a partir del cual comienza a detectarse en el agua el CRL.

Respecto a la turbidez se ha realizado la segmentación igualmente en base al cumplimiento de la legislación vigente. Además, puesto que los límites permitidos varían según el punto de muestreo en el que se analiza el agua, se ha valorado la relación distinguiendo entre resultados en depósitos y red de distribución. Sólo hemos hallado significación estadística para resultados en la red de distribución con valores de turbidez inferiores a 5 UNF. En todos los casos la relación entre CRL y turbidez es positiva, salvo para las circunstancias en las que el agua se muestrea en la red de distribución y el valor de turbidez es mayor que 5 UNF.

En la literatura científica se explica que las partículas en suspensión que causan la turbidez pueden ser responsables de la adhesión en su superficie de metales pesados, productos químicos hidrofóbicos, como los pesticidas, y microorganismos Perry y cols. ⁴⁷, por lo cual, tal y como afirma Frank y cols., una turbidez elevada impedirá el buen contacto entre cloro y microorganismos con lo que se reducirá la efectividad del cloro ⁵⁴.

Ante estas indicaciones resulta lógico pensar que se requiere un mayor volumen de cloro para que en aguas con turbidez elevada se produzca la oxidación completa de la materia orgánica y que, por consiguiente, comience a detectarse en la misma CRL, por lo que, en igualdad de condiciones, los valores de CRL serán menores en aguas que presenten una turbidez elevada. Según esta afirmación, y teniendo en cuenta los resultados de nuestro estudio, comprobamos que, aunque no se demuestra la existencia de significación estadística, sólo para valores de turbidez superiores a 5 UNF se cumpliría esta premisa. Para valores de turbidez inferiores a 5 UNF la carga de partículas en suspensión causantes de la turbidez no actúa como factor limitante de la cloración, es más, en la red de distribución se observa que, valores de turbidez hasta 5 UNF se asocian significativamente con una mayor presencia de CRL en el agua suministrada.

2.2.2 Relación con parámetros microbiológicos.

Mediante los resultados de CRL y contaminación microbiológica hallados en los boletines estudiados se ha comprobado que existe una correlación positiva y estadísticamente significativa entre CRL y todos los parámetros microbiológicos estudiados, de forma que conforme aumenta el valor de CRL disminuye la presencia de microorganismos en el agua. Este resultado coincide totalmente con la afirmación de que la desinfección del agua constituye la última barrera contra la transmisión de enfermedades bacterianas y víricas por el agua ⁴². No obstante, tal y como apunta JA Romero en su libro, esta relación no resulta tan simple ya que está influenciada por otros factores como son el pH, turbidez y tiempo de contacto, así, según el NRC de 1956, para un tiempo de contacto de 30 minutos, la completa eliminación de bacterias se produce con CRL mayor que 0.2 ppm si el pH es menor que 9.2 y con CRL mayor que 0.6 ppm si pH es igual a 10 ²⁴.

2.3. Relación de la calidad del agua suministrada con características del muestreo.

2.3.1 Influencia de la estación del año en la que se realiza el muestreo en el valor de los parámetros que definen la calidad del agua.

A través de esta comparación comprobamos que para todos aquellos parámetros en los que se observa significación estadística existe una tendencia a modificar el valor medio durante el verano. Estos resultados confirman una relación que parecía lógico intuir a tenor de los resultados, ya que, el menor número de precipitaciones hace que exista un incremento en la concentración de sales en el

agua, mientras que el aumento de la temperatura intensifica el proceso de evaporación de cloro para aquellos sistemas de abastecimiento que no estén bien concebidos, detectando, en estos casos, valores más bajos de CRL en la red de distribución, lo que, a su vez, tal y como se ha explicado en el apartado 2.2., produce un aumento de la concentración media de microorganismos detectados.

El descenso del valor medio de turbidez también halla una explicación en el menor número de precipitaciones de la época estival ya que, dadas las características orográficas del terreno en el que se localizan las captaciones y depósitos, es frecuente que en época de lluvias se produzca un incremento de este parámetro a causa de la escorrentía.

Tras realizar la revisión bibliográfica, todos los estudios encontrados que mencionan esta posible relación, coinciden con la línea observada en nuestro trabajo ya que, en todos los casos, se indica que existe una variabilidad de los valores paramétricos medidos en el agua respecto a la estación del año en la que se realiza el muestreo ^{52, 5, 53, 17 y 43}.

Así, un trabajo realizado por Sosa en Honduras en el agua de consumo, determina que existe diferencia estadísticamente significativa cuando se comparan los valores alcanzados por diferentes parámetros indicadores de la calidad del agua entre la época seca y lluviosa, indicando que la época seca abarca los meses de diciembre a abril y la lluviosa el resto ⁵³. Este estudio cita de forma específica los cambios acontecidos, entre otros, en las medidas de turbidez y coliformes totales, haciendo responsable del cambio en la turbidez a este fenómeno meteorológico y, a su vez, responsabiliza al aumento de la turbidez al incremento observado para coliformes totales ⁵³. En este sentido, solo la explicación dada y el incremento observado para la turbidez concuerda con los resultados observados en nuestro trabajo, pero no con lo hallado para el grupo de los coliformes. Para este último parámetro nosotros encontramos que el incremento del valor medio coincide con los meses secos de nuestro país y lo asociamos a un descenso en los niveles medios de CRL en el agua abastecida, siendo precisamente este aspecto el que explica la discordancia encontrada, ya que los resultados obtenidos en el trabajo de Sosa se corresponden con análisis de aguas destinadas a la producción de aguas de consumo humano a la salida de las captaciones y que, por consiguiente, aun no han sido tratadas y cloradas. Tendríamos que revisar nuestros datos de análisis a la salida de la captación para comprobar si realmente ambos estudios difieren en este aspecto. Además, el propio autor del estudio realizado en Honduras comenta que en

los meses lluviosos el mayor nivel de turbidez provocado por la escorrentía explica el incremento del número de coliformes ⁵³ ya que, apoyándose en un artículo publicado por *Perry y cols.* el año 2002, las partículas que provocan la turbidez pueden proporcionar protección frente a la desinfección para los microorganismos existentes en el agua.

Señalar también que se observan grandes diferencias, entre nuestro estudio y el realizado en Honduras, en relación a los valores medios de turbidez y coliformes. Pensamos que en este caso, además de las diferencias generadas por el nivel de desarrollo económico distinto entre los países, vuelve a ser el cambio en el punto de muestreo el que explica la notable mejora de nuestros resultados.

En el informe del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador para el año 2003 se indica que existe una mejora del Índice de Calidad del Agua (parámetro resultante de la ponderación de determinados parámetros medidos en el agua entre los que se encuentra coliformes fecales, turbidez y pH), los meses de septiembre y noviembre respecto a los de abril y julio, alcanzando el nivel mínimo en abril ¹⁷. En este caso, si comparamos con lo observado en nuestro estudio, lo único que podemos afirmar es que coincidimos al indicar que existe una variable estacional, sin embargo, al haber planteado esta variación de la calidad en base a un índice cuyo mecanismo de cálculo desconocemos, no podemos aclarar si la tendencia que hemos observado también coincide.

Esta relación es también considerada por Ortega en el estudio que realiza sobre las aguas de Granada. En él indica que el principal factor que determina la evolución de la composición del agua es la pluviometría ya que observa que, entre los años 1990 a 1996, todos secos con la excepción del 1996, existe significación estadística respecto al año en todos los parámetros del agua captada ⁴³

El informe de la cámara de cuentas de la Comunidad de Madrid, indica que, en el año 2004, se detectó una variabilidad estacional en la contaminación microbiológica del agua de consumo, especialmente por coliformes, aunque no se menciona de forma específica la/s estación/es del año en la que se observa el empeoramiento de la calidad microbiológica del agua ⁵.

Por otro lado, el descenso tan acusado del valor medio de CRL durante los meses de verano coincide con la afirmación hecha por Pérez y cols. Estos autores indican que cuanto mayor sea la temperatura se observa un incremento de la inestabilidad del cloro en el agua al evaporarse con mayor rapidez ⁴⁵. Según ellos la

cloración depende de la temperatura ambiente, de forma que, aunque no la consideren como un factor determinante en el proceso de desinfección, si señalan que es un aspecto a tener en cuenta que exige un ajuste de la dosis en función del efecto esperado ⁴⁵.

2.3.2 Influencia del tipo de muestreo y punto de muestreo en el valor de los parámetros que definen la calidad del agua.

Tras la revisión bibliográfica no se encontraron estudios en los que se planteara que tanto el punto de muestreo como el tipo de análisis pudiera influir, de alguna manera, en el valor detectado para los diferentes parámetros físico-químicos y microbiológicos que se miden en el agua.

Con nuestro trabajo si nos hemos planteado estas cuestiones puesto que nos pareció interesante valorar en que punto del sistema de abastecimiento se debe intervenir para mejorar la calidad del agua y, determinar, si existen cambios en las actuaciones del personal de mantenimiento, los días en los que se realiza el muestreo por los laboratorios subcontratados, que pudieran quedar reflejados en los resultados de los análisis posteriormente realizados.

En relación al punto de muestreo, como ya se comentó en el capítulo resultados, sólo se ha hallado significación para los parámetros físico-químicos, observando que el agua tiende a empeorar a medida que transcurre por el sistema de abastecimiento para los valores medios de CRL, turbidez y conductividad, no detectando cambios en el caso del valor medio de pH. En el caso de las características microbiológicas, aunque no se ha demostrado la existencia de una relación estadísticamente significativa, también se observa esta tendencia al incremento de los valores medios para todas las variables excepto para el *C.perfringens*.

Estos datos demuestran que en las ZA estudiadas existe un deterioro en la calidad del agua en la red de distribución, por lo que la búsqueda de las causas que ocasionan este empeoramiento podría ser el punto de partida de futuros estudios, con los que se aportarían resultados interesantes para la planificación de acciones de mejora en los sistemas de abastecimiento de aguas de las ZA estudiadas.

Los resultados que se han obtenido en este trabajo demuestran que existe, a excepción de la variable *C.perfringens*, una mejora estadísticamente significativa en los parámetros microbiológicos del agua cuando se realiza un análisis completo. Respecto a las variables de calidad físico química, por el contrario, para aquellas en

las que se obtiene significación, conductividad y turbidez, se observa un empeoramiento del resultado, aunque de menor importancia que los detectados para parámetros microbiológicos.

Esta relación, evidentemente, no nos sirve para valorar que aspectos del sistema de abastecimiento deben mejorarse para aumentar la calidad de las aguas suministradas, pero si refleja que en muchas de las ZA estudiadas se intensifica el control de las infraestructuras los días en los que está previsto la realización de un análisis completo. Esta afirmación, en cierto sentido, parece lógica, dado que el número de análisis completos al año que deben realizar los abastecimientos estudiados es muy reducido, a lo que debemos sumar que este tipo ensayo es mucho más costoso, de este modo, es probable que los gestores de la ZA conozcan de antemano la fecha en la que se va a realizar el citado análisis y, por ello, se intensifica la labor de vigilancia del encargado, con el fin de evitar resultados que excedan los límites legislados. Además, hay que señalar que el artículo 18 del RD 140/2003 ofrece la posibilidad a los gestores de los abastecimientos a solicitar una reducción hasta del 50% en la frecuencia con la que se realiza el análisis de determinados parámetros incluidos en el análisis completo, para lo cual es condición indispensable que hayan sido controlados como mínimo durante los dos años inmediatamente anteriores, con resultados siempre acordes a lo establecido en la legislación vigente, lo que podría explicar también, en cierta medida, este mayor control del sistema los días previos a la toma de muestra para el análisis completo.

2.4. Relación de las características del suministro con la cloración del agua distribuida.

La mayor parte de la bibliografía encontrada que plantea estas características se limita a hacer una clasificación de las zonas de abastecimiento ubicadas en un área geográfica concreta sin plantearse la relación de éstas con otros aspectos del agua. Generalmente estos artículos basan su estudio en el consumo de agua ya que esta variable es representativa tanto de la población abastecida como del volumen suministrado ^{54, 36, 52, 46, 19, 5 y 25}.

De este modo, al analizar el consumo medio del conjunto de ZA estudiadas, comprobamos que los 805.61 l/hab*día hallados son muy superiores a la media establecida en el Anexo V del RD 140/2003 que fija este valor en 200 l/hab*día ⁵⁰ y a las recomendaciones de la O.M.S. que indica que la cantidad de agua suministrada a poblaciones rurales no debe ser inferior a 90 l/hab/día ⁴⁵. Nosotros sólo hemos hallado una ZA con consumo inferior a 100 l/hab*día.

Observamos, pues, que existe una gran diferencia entre los valores recomendados y lo que realmente hemos obtenido, lo que podemos explicar si tenemos en cuenta que el consumo resultante en nuestro trabajo incluye tanto el uso doméstico del agua como el que se pueda destinar en estos núcleos rurales para usos agrícolas e industriales, a lo que hay que sumar, que al tratarse de una zona geográfica de gran interés turístico, existe una población superflua no contabilizada y que, por tanto, no es considerada a la hora de realizar el cálculo de consumo, podemos pensar que nuestro dato está sobrevalorado. Así, un estudio realizado en la Comunidad Valenciana por Hernández plantea la existencia de un incremento de la demanda de agua a causa del aumento del número de segundas viviendas y de la población estacional de turistas y veraneantes, por lo que se incrementa la población no censada y, consecuentemente, el consumo de agua ²⁵.

Hemos encontrados trabajos que incluyen datos de consumo reales en zonas concretas de la geografía española.

Escorza y cols. señala en su estudio que el consumo de agua medio en sistemas de abastecimiento de la Rioja entre los años 1993 y 1997 fue de 310 l/hab/día ¹⁹, mientras que en el informe de la cámara de cuentas de la comunidad de Madrid indica que según estimaciones del INE para el año 2002 el consumo medio de agua en la comunidad de Madrid fue de 242 l/hab/día ⁵. Todos estos datos son muy inferiores a la media obtenida para esta zona de la Alpujarra y en este caso, aunque vuelve a ser aplicable la explicación dada en el párrafo anterior, cabe pensar si la información consignada en el SINAC por los gestores de algunas de las zonas de abastecimiento estudiadas en relación a la población o volumen de agua suministrado está sobredimensionada.

No obstante, si tenemos en cuenta la distribución del consumo de las zonas de abastecimiento por tramos, dato que también refleja Escorza en su estudio, observamos que frente al 65.5% de ZA con consumos superiores a 200l/hab/día hallado en La Rioja ¹⁹ nosotros obtenemos un 66.66%, con lo que los resultados coinciden. Tendríamos que conocer que porcentaje de ZA riojanas superan los 500 l/hab/día, tal y como hemos hecho nosotros en este estudio, para poder determinar cual es la razón por la que se produce tanta diferencia respecto a la media de consumo obtenida.

La influencia de la población abastecida en la calidad del agua de consumo distribuida es tratada por Pérez y cols. en el estudio realizado en poblaciones del Norte de Córdoba. En él se asocia la variable población abastecida como posible

causa de las deficiencias que se detectan en el agua ⁴⁶. En este sentido indica que los núcleos de población con escasamente 500 habitantes, presentan deficiencias en la calidad del agua que suministran al disponer de sistemas de abastecimiento de escasas dimensiones, y encontrar dificultades para el mantenimiento y funcionamiento adecuado de sus instalaciones ⁴⁶.

Esta hipótesis también es considerada por Román en el estudio que realiza en Linares y poblaciones cercanas en el que encuentra que casi la mitad de las muestras tomadas en los núcleos pequeños son no potables frente a las tomadas en Linares, con todos los resultados correctos ⁵². Ante estos datos Román establece las siguientes conclusiones *las deficiencias en los pequeños núcleos de población dotados de plantas depuradoras insuficientes e ineficaces, o sin ellas, hace urgente las necesidades de dotaciones económicas supramunicipales dirigidas a este fin si se quiere mantener la calidad del agua de forma continua* ⁵².

Las conclusiones a las que llegan todos estos autores parecen estar en consonancia con alguna de las afirmaciones presentadas en el libro blanco del agua en España que plantea la problemática de pequeños núcleos rurales para financiar y gestionar eficientemente los servicios de abastecimiento de agua ³⁶.

Con nuestro estudio no hemos hallado significación estadística para esta relación, no pudiendo intuir ni siquiera la tendencia en las ZA estudiadas de la cloración del agua en relación a esta variable, llegando a observar incluso que la población media de las ZA que obtienen mejor calificación de sus aguas es de de 554 y 431 habitantes.

En este estudio, aunque como ya se ha dicho, no se ha encontrado significación estadística, si se observa una calificación de las aguas peor para aquellas ZA que presentan un valor medio de volumen abastecido y consumo de agua mayor. Esta tendencia se puede explicar partiendo de la base de que el empeoramiento en el proceso de cloración, siendo conscientes de que en el área geográfica estudiada esta operación se realiza directamente en los depósitos de almacenamiento desde los que se abastece a la población, puede estar relacionado con el hecho de que al incrementarse el volumen, y consecuentemente el consumo, puede que el tiempo de residencia del agua almacenada en el depósito no sea suficiente como para que se cumplan los 30 minutos mínimos necesarios para que se produzca la oxidación completa de la materia orgánica y empiece a aparecer el CRL en el agua. Esta dependencia entre cloración y tiempo de contacto es avalada por numerosos autores, entre otros por Frank y cols en su libro *manual del agua potable* que indica

que la *efectividad de la cloración está directamente relacionada con el tiempo de contacto y con la concentración de CRL* ⁵⁴.

2.5. Relación de los recursos humanos de la zona de abastecimiento con la cloración del agua suministrada.

Son muy pocos los artículos encontrados que planteen que estas variables pueden estar detrás de las deficiencias en la cloración del agua de consumo, aunque si hemos hallado estudios que describen la situación de los sistemas de abastecimiento en relación a estas variables o a otras similares ^{19 y 46}.

Así, Escorza y cols indican en su artículo que, en la comunidad riojana, el responsable del mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua en los núcleos rurales pequeños es el alguacil, el que además realiza otras funciones dentro del municipio ¹⁹. Esta información coincide plenamente con lo observado en nuestra área geográfica, eminentemente rural, donde encontramos que el 61.29% de zonas presenta una población abastecida inferior a 500 habitantes, en la que el 77.20% de zonas disponen de una única persona encargada del mantenimiento del sistema.

El estudio realizado por Pérez y cols especifica que *la falta de personal cualificado para la gestión de los sistemas de abastecimiento supone un riesgo añadido* ⁴⁶, aunque no incluye los datos que avalen esta hipótesis.

Nosotros no hemos hallado relación alguna entre estas variables y niveles de cloración deficiente, lo que podría deberse al reducido tamaño de muestra analizado y a que la situación en la mayoría de las ZA estudiadas es parecida en relación a estos parámetros, un único trabajador sin apenas formación. No obstante podríamos decir que nuestros resultados van en esa línea (tabla 64 y 65 del capítulo resultados):

- Existen un 40% de ZA con calificación de sus aguas como mala o muy mala con un único trabajador frente al 11.40% que posee más de uno.
- El 48.60% de ZA en las que el trabajador carece de formación o sólo ha cursado los estudios primarios tienen el agua calificada como mala o muy mala frente al 2.9% de ZA que tienen a su personal formado.

2.6. Relación de las características del sistema de abastecimiento con la cloración del agua suministrada.

En la literatura científica sólo hemos hallado bibliografía que describe la situación de los sistemas de abastecimiento de un área geográfica determinada. En estos trabajos cada autor ha considerado los parámetros que creía más representativos para definir el estado de las infraestructuras y, en ninguno de ellos se planteó la posibilidad de que estos pudieran influir, de alguna forma, en la cloración final del agua que se suministraba. Además, hemos encontrado documentos que describen algunas de las variables que nosotros incluimos en nuestro estudio, llegando incluso a sugerir recomendaciones sobre cuales resultan las opciones más apropiadas para ellas^{43, 21 y 54}. Estos trabajos tampoco aportan datos y, por consiguiente, no valoran posibles relaciones con la cloración del agua.

En nuestro estudio hemos seleccionado aspectos, relacionados con las infraestructuras y procesos del sistema de abastecimiento, que resulten medibles sin opción a la subjetividad, obviando otras variables cuya valoración esté más sujeta a la interpretación del entrevistador y/o el interlocutor.

Hemos agrupado estas variables en dos, en función de que hagan referencia al proceso almacenamiento de agua en los depósitos o bien al tratamiento de desinfección. En las ZA estudiadas, a la fecha de conclusión de nuestro estudio, no existía ningún otro tipo de tratamiento para el agua cruda destinada a consumo humano.

2.6.1. Características de los depósitos.

Entre las variables que agrupamos para definir las características de los depósitos, es decir, aquellas que se asocian con el proceso de almacenamiento de agua, observamos únicamente la existencia de relación estadísticamente significativa con la cloración del agua para la comparación entre demanda de agua y valor de CRL en el punto de muestreo (depósito), sin embargo, cuando la comparación de esta variable se realiza con el CRL en la ZA en general, sólo podemos afirmar que se observan indicios de significación estadística ($p=0.077$).

En ambos casos existe una tendencia a obtener unos resultados de cloración peores para aquellos depósitos que presentan una variabilidad de la demanda estacional, lo que nos induce a pensar que posiblemente el incremento del consumo del agua en estas épocas podría hacer que el cloro que se adiciona al agua salga del depósito antes de que se produzca la oxidación completa de la materia orgánica,

por lo que no llegaría a formarse CRL en el depósito. Habría que analizar para estos casos cuales son las épocas del año en las que se producen incrementos de demanda de agua y si, efectivamente, se observan en ellas un empeoramiento de la cloración para, de este modo, poder corroborar la explicación apuntada. Para futuros estudios sería interesante valorar la influencia de esta variable con la contaminación del agua almacenada ya que, de este modo, podríamos analizar si, además de no alcanzarse los valores de CRL adecuados, tampoco llega a mantenerse el tiempo de contacto necesario para que se produzca la oxidación de toda la materia orgánica presente en el agua con el cloro y, consecuentemente, que la desinfección no sea completa.

Así, Ortega afirma en su trabajo que el tiempo de contacto mínimo para que se produzca la desinfección correcta es de 30 minutos, ya que el proceso de oxidación de la materia orgánica es lento de forma que si esta se halla en gran cantidad puede llegar a ser necesario aumentar la dosis de cloro o efectuar una precloración ⁴³. En este sentido hemos observado que en nuestro estudio se realiza esta práctica en alguna ZA que dispone de dos o más depósitos, en ellos se realiza una cloración inicial en el depósito más alejado del núcleo urbano y, posteriormente, antes de ser distribuida, vuelve a clorarse en el inmediatamente anterior a la red de distribución.

Respecto a otras variables relacionadas con el almacenamiento de agua se observa en las tablas del análisis bivalente un empeoramiento de la cloración, tanto de la ZA como del depósito en particular, cuando éstos se encuentran alejados del núcleo urbano y se puede acceder a los mismos en vehículos. En nuestro estudio se plantearon estas cuestiones ya que, dada la orografía del terreno, la situación y acceso al depósito podría complicar el control que se realiza a los mismos. Partiendo de esta base, el primer resultado apuntado parece lógico, sin embargo, la mejoría del agua para aquellos que tienen limitado su acceso en vehículo contradice el planteamiento hecho.

En relación al año de construcción de los depósitos ni siquiera se observa una tendencia clara de la cloración en la ZA, posiblemente porque la mayoría de las ZA estudiadas presentan, al menos, un depósito de construcción anterior a 1990. Al respecto, según el estudio de Ortega, la mayoría de los once depósitos de reserva existentes a la conclusión de su estudio en la ciudad de Granada fueron construidos a mediados de los 70 ⁴³, y, aunque no relaciona específicamente esta variable con la cloración, los resultados encontrados aparentemente no apuntan en esa dirección.

2.6.2. Características del tratamiento.

Entre el otro grupo de variables planteadas para definir las particularidades del proceso de desinfección del sistema de abastecimiento sólo cuando comparamos el método utilizado para realizar la medición del CRL con la cloración del agua en la ZA hallamos significación estadística.

Según nuestro estudio intuimos una tendencia a observar mejores resultados en la cloración del agua para aquellas zonas que utilizan la o-tolidina como método de control de CRL. Esta tendencia, sin embargo, no parece coincidir con las apreciaciones hechas por Fernandez-Creuhet y cols en su trabajo que explica que este compuesto, aunque reacciona rápidamente con el CRL, a partir de los cinco segundos comienza a interaccionar también con el Cloro residual combinado (CRC), por lo que no se puede diferenciar entre ambos compuestos, no siendo así posible cuantificar el valor real de CRL, pudiendo incluso llegar a considerar un agua sin CRL como bien clorada ²¹. Estas explicaciones, posiblemente basadas en la aplicación teórica de la reacción química que se produce entre ambos reactivos y el cloro, hacen que el mencionado trabajo concluya afirmando que la técnica más recomendable es la del DPD ²¹. Así, considerando que nuestro estudio es llevado a cabo en un contexto real, en el que se compara la utilización de una técnica u otra con valores de cloro de diferentes ZA con distintas circunstancias cada una de ellas, debemos plantearnos si la influencia de otras variables en esta relación podría hacer que se modificaran los resultados obtenidos.

La tendencia observada al valorar el método de control del CRL respecto a la cloración en la ZA coincide con la encontrada para el caso particular de la cloración en los depósitos, aunque en este caso no se observa significación estadística.

Con nuestro proyecto también se observa la existencia de indicios de significación estadística en la comparación realizada para valorar la influencia de la frecuencia con la que se mide el valor del CRL en el agua suministrada sobre la cloración en el punto de muestreo depósito. En este caso se observa una tendencia a obtener peores resultados conforme la frecuencia de control de este parámetro disminuye, resultado que, según la lógica, es esperable, y que lleva a confirmar la conveniencia de realizar una medición diaria, incluidos los fines de semana, del valor de CRL en el agua suministrada por cada ZA tal y como obliga la vigente normativa de aguas.

Para el resto de comparaciones de las variables del proceso de desinfección no se obtuvo significación estadística.

No obstante, respecto a estas, resulta interesante comentar que para la relación entre cloración y naturaleza del desinfectante se obtienen tendencias diferentes cuando comparamos con los resultados obtenidos directamente en depósito a cuando comparamos con los resultados por ZA. Así, mientras que apunta a ser más efectivo el $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ cuando referimos la variable a la ZA en general, en el caso de la cloración referida a depósito aparentemente los resultados parecen mejores para el NaOCl.

Podemos pensar que este cambio puede deberse a las propiedades de cada compuesto.

El mejor resultado en depósito del NaOCl puede explicarse por la naturaleza física de cada compuesto, así, mientras que el $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ se presenta en forma de grano fino o tabletas, el NaOCl se encuentra en forma líquida. De este modo, será necesaria la disolución previa del $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ para que actúe, este proceso en la mayoría de los depósitos de las ZA estudiadas que lo utilizan, no se realiza previamente en un tanque desde el que se vierte al vaso del depósito, sino que se utilizan cloradores “semiautomáticos” en los que se depositan directamente las pastillas que se van disolviendo conforme va pasando el agua, sin ningún control respecto a la cantidad que se vierte al vaso, y corriendo el riesgo de que no entre la cantidad suficiente o entre de más, dada la dificultad práctica que se observa para la disolución de este compuesto ⁵⁴.

Por otro lado, podríamos explicar la mejoría del $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ en el valor de cloración en la ZA por la diferente riqueza y comportamiento de cada compuesto en disolución, mientras el $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ posee un 70-74% de Cl, el NaOCl tiene un 12-15%, a lo que hay que sumar que las soluciones de NaOCl son más inestables y se deterioran más rápidamente que las de $\text{Ca}(\text{OCl})_2$.

2.6.3. Influencia en la cloración en otros puntos del sistema de abastecimiento.

Aunque no se obtiene una relación estadísticamente significativa, si se observa una tendencia general al empeoramiento de los niveles de cloración a medida que el agua discurre por las diferentes infraestructuras del sistema de abastecimiento, lo cual resulta lógico ya que, como ya se ha visto, muchas de las ZA estudiadas utilizan NaOCl como desinfectante, producto que resulta muy inestable. Señalar, sin embargo, que para algunos depósitos de cabecera con calificación de sus aguas

como malas y muy malas, se obtiene una ligera mejoría en la calidad de las mismas, tanto en la ZA como en la infraestructura contigua a la que abastecen. En estos casos particulares sería interesante valorar la naturaleza del desinfectante utilizado y la posible existencia de más de un depósito de cabecera que pudiera estar distorsionando el resultado esperado.

VII. CONCLUSIONES

Planteados los objetivos y analizados los resultados del presente estudio podemos llegar a las siguientes conclusiones:

1. La calidad del agua de consumo público distribuida en las zonas de abastecimiento de la Alpujarra Granadina, respecto al cumplimiento de los límites establecidos por la legislación vigente, se caracteriza por:
 - a. El 47 % de muestras presentan resultados de cloración dentro de los límites establecidos por la legislación. Sólo el 2.8% de las zonas de abastecimiento presentan niveles de cloración óptimos en el 100% de las muestras estudiadas.
 - b. No se observa ningún análisis con pH superior a 9.5. Un 3.8 % de muestras presentan valores de pH inferiores a 6.5.
 - c. En ninguna Zona de abastecimiento, se observan muestras con valores de conductividad que excedan los límites establecidos por la legislación.
 - d. El 95.9% de muestras, presentan valores de turbidez conforme a los legalmente establecidos, siendo más marcadas estas deficiencias en los depósitos que en la red de distribución. Sólo el 25.7% de zonas de abastecimiento, presentan niveles de turbidez correctos en la totalidad de las muestras estudiadas.
 - e. El porcentaje de zonas de abastecimiento que han sufrido algún episodio de contaminación microbiológica de sus aguas, es de 57.1 % para *Escherichia coli*, 77.1 % para coliformes, 20 % para bacterias a 22°C y 22.8 % para *Clostridium perfringens*. Sólo el 20% de zonas de abastecimiento, no sufrieron ningún episodio de contaminación microbiológica en el periodo de estudio.
2. Se ha encontrado asociación estadísticamente significativa del CRL con el pH y la turbidez. La correlación es positiva, para valores de pH inferiores a 6.5, y para turbidez superior a 5 UNF, respectivamente.
3. La presencia de CRL en el agua de consumo, se asocia de forma significativa, con la ausencia de contaminación microbiológica en la misma.

4. Se observa la existencia de asociación estadísticamente significativa, al valorar la relación entre parámetros físico-químicos y punto de toma de muestra (depósito o red de distribución).

En la comparación respecto a la estación del año en la que se realiza el muestreo o el tipo de análisis, comprobamos que también se encuentra significación estadística para los parámetros microbiológicos, con la excepción de *Clostridium perfringens*.

El CRL y pH tampoco presentan una asociación significativa con la estación del año.

5. Las particularidades de las variables relacionadas con el suministro, recursos humanos y características de los sistemas de abastecimiento son:

- a. Tanto el volumen de agua distribuida como la población abastecida, se encuentran en el tramo más bajo fijado por el Anexo V del RD 140/2003, en más de la mitad de las zonas de abastecimiento. Por el contrario, un 66.6% de éstas presentan un consumo de agua superior a los 200 l/hab*día recomendados en esta misma normativa.
- b. El 77.2% de zonas, disponen de una única persona encargada del mantenimiento del sistema. En el 80 % de ellas, los trabajadores carecen de formación, o sólo han cursado estudios primarios.
- c. El 67.1% de los depósitos se encuentran alejados del núcleo urbano, siendo posible en un 78.9% de ellos el acceso con vehículo. En la mayoría el suministro de agua no es constante. Sólo el 7.3% de los depósitos son de construcción posterior al 2004.

La cloración en los sistemas de abastecimiento se realiza en un 72.2% de los depósitos mediante NaOCl.

En el 68.6 % de los depósitos se utiliza el método de la DPD para medir la concentración de CRL en el agua suministrada, comprobando que existe una frecuencia de control diaria, tanto de los niveles de cloro en el agua, como del funcionamiento de los equipos de cloración, en un porcentaje muy bajo de depósitos.

6. Las características del suministro y los aspectos sobre recursos humanos no se asocian de forma consistente con los niveles de cloración deficientes del agua de consumo. Respecto a las variables relacionadas con las características de los sistemas de abastecimiento únicamente se observa una relación estadísticamente significativa para la variabilidad del suministro de agua, método y frecuencia de control de CRL en el agua de consumo.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. Agencia Andaluza del Agua. *La Agencia* [en línea]. Sevilla: Consejería de Medio Ambiente, 200?. [ref. de julio 2010]. Disponible en web: <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/web/menuitem>.
2. Asociación para la defensa de la calidad de las aguas (ADECAGUA). *Legislación* [en línea]. Barcelona: Adecagua, 2008. [ref. de julio 2010]. Disponible en web: <http://www.adecagua.es/objetivos-guia1.htm>
3. Azpiazu J, Falcones A, Gibert V et al. *Redes de abastecimiento públicas y privadas*. En: Asencio F (dir.). *Biblioteca Atrium de las Instalaciones: Agua*. Barcelona: Guías Océano, 1992. I.S.B.N. 84-7764-712-7
4. Barlow M. *El oro azul. La crisis mundial del agua y la reificación de los recursos hídricos del planeta*. Paraguay: El Ceibo TB, 2001.
5. Cámara de Cuentas de la Comunidad de Madrid. *Anexo I. Ciclo urbano del agua en la Comunidad de Madrid*. Madrid, ca 2004
6. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. *Agua* [en línea]. Sevilla: Consejería de Medio Ambiente, 200? [ref. de julio 2010]. “Gestión del agua en Andalucía”. Disponible en web: <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/web/menuitem>.
7. Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía. *Agua* [en línea]. Sevilla: Consejería de Medio Ambiente, 200? [ref. de julio 2010]. “Recursos hídricos”. Disponible en web: <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/web/menuitem>.
8. Consejería de Salud de la Junta de Andalucía. *Guías de servicios de sanidad ambiental*. Sevilla, 2002.
9. Consejería de Salud de la Junta de Andalucía. *Manual de Investigación de Brotes Epidémicos*. Sevilla, 1988.
10. Consejería de Salud de la Junta de Andalucía. *II Plan Andaluz de Salud*. Sevilla, 1999.
11. Consejería de Salud de la Junta de Andalucía. *Plan Andaluz de Salud Ambiental 2008-2012*. Sevilla, 200?
12. Consejería de Salud de la Junta de Andalucía. *Programa de vigilancia sanitaria y calidad del agua de consumo de Andalucía*. Sevilla, 2005.
13. Constitución Española. *Boletín Oficial del Estado*, 31 de octubre de 1978.

14. Decreto 164/1995, de 6 de junio, por el que se regula la autorización de excepciones a la concentración máxima admisible de parámetros en las aguas potables de consumo público y se crean las Comisiones Provinciales de Calificación de Aguas Potables de Consumo Público. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 28 de junio de 1995, núm. 92.
15. Decreto 70/2009, de 31 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de Vigilancia Sanitaria y Calidad del Agua de Consumo Humano de Andalucía. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 17 de abril de 2009, núm. 73
16. Decreto 171/2009, de 19 de mayo, por el que se establece la estructura orgánica de la Consejería de Salud y del Servicio Andaluz de Salud. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 20 de mayo de 2009, núm. 95.
17. Dimas LA. "Agua: Recurso estratégico para nuestro crecimiento económico y progreso social. Situación y desafíos". En: *Día mundial del agua. Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social* (El Salvador 22 de marzo de 2007). [octubre 2010]. Disponible en web: <http://www.fusades.org/uploaded/content/category/1446059241.pdf>
18. Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, de 22 de diciembre de 2000, núm. 327
19. Escorza F, Martínez de la Hidalga R. "Estado sanitario del abastecimiento del agua potable a la población riojana". *Zubia Monográfico*: 1998, nº 10, p. 141-155.
20. Estevan-Estevan A. "La reutilización en el ciclo global del agua: Una aproximación al concepto de ciclo de vida de producto aplicado al agua". En: *Jornadas técnicas: La integración del agua regenerada en la gestión de los recursos*. (Lloret de Mar, Octubre 2005). [Octubre 2010]. Disponible en web: http://www.ccbgi.org/jornades2005/ponencias/02_estevan.pdf
21. Fernández-Crehuet M, Moreno O, Pérez JA. "Determinación de cloro residual. Método DPD". *Hig. San. Amb*: 2001, Nº 1, p. 6-7.
22. Fernández-Crehuet M, Navajas J, Pérez López J.A. "El agua como factor higiénico" En: Piédrola-Gil G. et al. *Medicina Preventiva y Salud Pública*. 8ª ed. Barcelona: Salvat S.A., 1991. I.S.B.N. 978-84-345-2841-3

-
23. Frederick WP, Clark SW. "Normas, regulaciones y objetivos de calidad de agua potable". En: American Water Works Association. *Calidad y tratamiento del agua: manual de suministros de agua contaminada*. 5ª edición. ES: McGRAW-HILL, 2002.
 24. Gray, NF. *Calidad del agua potable. Problemas y soluciones*. 1ª edición. Zaragoza: Acribia , S.A., 1996. ISBN: 84-200-0821-4.
 25. Hernández M. "Análisis de la dinámica turística y su incidencia en el consumo de agua en los grupos de acción social de la comunidad Valenciana". *Investigaciones geográficas*: 2006; Nº 40, p 97-117
 26. Instituto Nacional de Estadística. *Indicadores sobre el agua. Serie 1996-2004*. Madrid, 200?
 27. Instituto Tecnológico Geominero de España. Consejería de Obras públicas y Transportes de la Junta de Andalucía. Consejería de Trabajo e Industria de la Junta de Andalucía. *Atlas hidrogeológico de Andalucía* [en línea]. Sevilla: Consejería de Obras públicas y transportes, 1998 [ref. de julio 2010]. Disponible en web: http://aguas.igme.es/igme/publica/libros1_HR/libro110/lib110.htm
 28. Keating M. *La Agenda 21 y los demás Acuerdos de Río de Janeiro*. [s.l.]: Centro para Nuestro Futuro Común, 1993.
 29. Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas. *Boletín Oficial del Estado*, 8 de agosto de 1985, núm. 189.
 30. Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad. *Boletín Oficial del Estado*, 29 de abril de 1986, núm. 102
 31. Ley 2/1998, de 15 de junio, de Salud de Andalucía. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 4 de julio de 1998, núm. 74
 32. Ley 2/2007, de 19 de marzo, de reforma del Estatuto de Autonomía para Andalucía. *Boletín Oficial del Estado*, 20 de marzo de 2007, núm. 68
 33. Ley 4/2010, de 8 de junio, de Aguas de la Comunidad Autónoma de Andalucía. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 22 de junio de 2010, núm. 121.
 34. Ministerio de Fomento. Centro de estudios y experimentación en obras públicas. *Las aguas continentales en los países mediterráneos de la Unión Europea*. Madrid, Octubre 2000.

35. Ministerio de Fomento. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas. *Realización de coberturas de información relativas a la gestión del agua en países mediterráneos*. Informe final. Tomo único. Informe técnico para Institute for Prospective technological Studies. Madrid, Noviembre 1998.
36. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. *El libro blanco del agua en España*. Madrid, 1998.
37. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. *Planificación Hidrológica* [en línea]. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, 2008. [ref. de julio 2010]. Marco Normativo. Disponible en web: http://www.mma.es/portal/secciones/acm/aguas_continent_zonas_asoc/planificacion_hidrologica/MarcoNormativo.htm
38. Ministerio de Sanidad y Consumo. *Recomendaciones de actuación ante incidencias en los abastecimientos de agua*. Madrid, 2005.
39. Ministerio de Sanidad y Consumo. Secretaría General Técnica. *Calidad del agua de consumo humano en España. Informe técnico. Trienio 2002-2003-2004*. Madrid: Centro de publicaciones de la Secretaría General Técnica del Ministerio de Sanidad y Política Social, 2005. [octubre 2010]. Disponible en web: www.060.es
40. Ministerio de Sanidad y Política Social. Secretaría General Técnica. *Calidad del agua de consumo humano en España. Informe técnico. Trienio 2005-2006-2007*. Madrid: Centro de publicaciones de la Secretaría General Técnica del Ministerio de Sanidad y Política Social, 2008. [octubre 2010]. Disponible en web: www.060.es
41. Ministerio de Sanidad y Política Social. Secretaría General Técnica. *Calidad del agua de consumo humano en España. Informe técnico. Año 2008*. Madrid: Centro de publicaciones de la Secretaría General Técnica del Ministerio de Sanidad y Política Social, 2010. [octubre 2010]. Disponible en web: www.060.es
42. Organización Mundial de la Salud. *Guías para la calidad del agua potable. Volumen 1. Recomendaciones* [en línea]. 3ª edición. Suiza: O.M.S., 2006. [mayo 2010]. Disponible en web: www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/es/

-
43. Ortega-Sánchez P. "Aspectos sanitarios del agua de consumo de la ciudad de Granada". Director: Gálvez-Vargas R, Espigares-García M, Cardenote-López JM. [tesis doctoral]. Universidad de Granada, Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, 2002.
 44. Otero MA, Pividal A. *Geología 2º de bachillerato LOGSE*. Madrid: Ediciones del Laberinto, S.L., 1997. ISBN: 84-87482-22-8
 45. Pérez JA, Espigares M. *Estudio sanitario del agua*. Granada: Universidad de Granada, 1995. ISBN: 84-338-2061-3
 46. Pérez J, Jurado R, de la Torre R, et al. "Calidad del agua suministrada a las poblaciones del norte de Córdoba". *Ecología y salud*: 2001, N° Marzo, p. 164-9
 47. Perry DC, Michael C, Beger PS. "Aspectos de la calidad del agua: salud y estética". En: American Water Works Association. *Calidad y tratamiento del agua: manual de suministros de agua contaminada*. 5ª edición. Es: McGRAW-HILL, 2002.
 48. Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico. *Boletín Oficial del Estado*, 30 de abril de 1986, núm. 103.
 49. Real Decreto 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la ley de aguas. *Boletín Oficial del Estado*, 24 de junio de 2001, núm. 176
 50. Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. *Boletín Oficial del Estado*, 21 de febrero de 2003, núm. 45.
 51. Real Decreto 1041/2009, de 29 de junio, por el que se desarrolla la estructura orgánica básica del Ministerio de Sanidad y Política Social. *Boletín Oficial del Estado*, 30 de junio de 2009, núm. 157
 52. Román-Martínez I. "Estudio sanitario de los recursos hídricos, aguas residuales y aguas de consumo de la zona de Linares". Director: Gutiérrez- Jaímez R. [tesis doctoral]. Universidad de Granada, Departamento de Estadística e Investigación Operativa, 1989.
 53. Sosa-Pérez G. "Componentes de la gestión del agua para consumo humano en el Municipio de Valle de Ángeles". Dirección: Jiménez F. [tesis doctoral]. Universidad de Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 2007.

54. Spellman F. *Manual del agua potable*. Berga A (trad). Zaragoza: Acreibia, 2004. I.S.B.N.: 84-200-1033-2
55. Universidad de Montevideo. *Fase II: Monitoreo a nivel nacional. Informe final*. Informe inédito. Unidad de análisis de agua. Facultad de química de Montevideo, Diciembre 2004.
56. Villanueva C, Kogevinasa M, Grimaltb J. "Cloración del agua potable y efectos sobre la salud: revisión de estudios epidemiológicos". *Med Clin (Barc)*: 2001, N° 117, p. 27-36.[Noviembre 2010]. Disponible en web: www.elsevier.es.

IX. ANEXO

1.- ANEXO 1: RECURSOS HUMANOS DEDICADOS AL MANTENIMIENTO DE LA ZA.

Zona de abastecimiento:.....

Entidades abastecidas:.....

- ✓ Número de personas dedicado al abastecimiento a tiempo completo: _____
- ✓ Número de personas dedicado al abastecimiento a tiempo parcial: _____
- ✓ ¿Ha cambiado el encargado principal en los últimos 5 años?
 - Sí ¿Cuándo?_____.
 - No.
- ✓ Disponibilidad horaria del encargado principal.
 - Sí.
 - No.
- ✓ Existencia de personal para emergencias y controles rutinarios los días festivos.
 - Sí.
 - No.
- ✓ Existencia de personal sustituto para cubrir ausencias.
 - Sí.
 - No.
- ✓ Formación en la materia.
 - *Cursos específicos de gestión de abastecimientos (técnicos).*
 - Sí, sólo el encargado.
 - Sí, todo el personal.
 - Nadie.
 - *Manipulador de alimentos.*
 - Sí, sólo el encargado.
 - Sí, todo el personal.
 - Nadie.
- ✓ Formación general personal.
 - *Encargado.*
 - Universitarios. FP o bachiller. EGB. Sin estudios.
 - *Resto de personal.*
 - Universitarios. FP o bachiller. EGB. Sin estudios.

3.- ANEXO 3: TABLAS ANÁLISIS DESCRIPTIVO SOBRE CALIDAD DEL AGUA DE CONSUMO EN LAS ZA.

Tabla 90. Nivel de cloración del agua distribuida.

Z. A.		NIVEL DE CLORACIÓN			TOTAL
		0.2-1 ppm	< 0.2 ppm	> 1 ppm	
1	N	139	98	0	237
	%	58.65	41.35	0.00	100.0
2	N	20	13	3	36
	%	55.56	36.11	8.33	100.00
3	N	22	46	0	68
	%	32.35	67.65	0.00	100.00
4	N	26	21	3	50
	%	52.00	42.00	6.00	100.00
5	N	30	19	2	51
	%	58.82	37.25	3.92	100.00
6	N	54	61	1	116
	%	46.55	52.59	0.86	100.00
7	N	22	22	1	45
	%	48.89	48.89	2.22	100.00
8	N	38	36	1	75
	%	50.67	48.00	1.33	100.00
9	N	47	98	2	147
	%	31.97	66.67	1.36	100.00
10	N	9	30	2	41
	%	21.95	73.17	4.88	100.00
11	N	3	0	0	3
	%	100.00	0.00	0.00	100.00
12	N	24	58	2	84
	%	28.57	69.05	2.38	100.00
13	N	36	56	7	99
	%	36.36	56.57	7.07	100.00

Tabla 90. Nivel de cloración del agua distribuida (continuación).

Z. A.		NIVEL DE CLORACIÓN			TOTAL
		0.2-1 ppm	< 0.2 ppm	> 1 ppm	
14	N	45	8	5	58
	%	77.59	13.79	8.62	100.00
15	N	120	112	26	258
	%	46.51	3.41	10.08	100.00
16	N	20	42	17	79
	%	25.32	53.16	21.52	100.00
17	N	20	2	4	26
	%	76.92	7.69	15.38	100.00
18	N	23	3	0	26
	%	88.46	11.54	0.00	100.00
19	N	13	6	9	28
	%	46.43	21.43	32.14	100.00
20	N	8	2	3	13
	%	61.54	15.38	23.08	100.00
21	N	15	19	2	36
	%	41.67	52.78	5.56	100.00
22	N	9	2	12	23
	%	39.13	8.70	52.17	100.00
23	N	15	1	0	16
	%	93.75	6.25	0.00	100.00
24	N	8	12	5	25
	%	32.00	48.00	20.00	100.00
25	N	16	3	13	32
	%	50.00	9.38	40.63	100.00
26	N	7	1	20	28
	%	25.00	3.57	71.43	100.00
27	N	13	3	14	30
	%	43.33	10.00	46.67	100.00

Tabla 90. Nivel de cloración del agua distribuida (continuación).

Z. A.		NIVEL DE CLORACIÓN			TOTAL
		0.2-1 ppm	< 0.2 ppm	> 1 ppm	
28	N	22	14	3	39
	%	56.41	35.90	7.69	100.00
29	N	8	10	11	29
	%	27.59	34.48	37.93	100.00
30	N	14	4	2	20
	%	70.00	20.00	10.00	100.00
31	N	2	0	3	5
	%	40.00	0.00	60.00	100.00
32	N	13	4	7	24
	%	54.17	16.67	29.17	100.00
33	N	31	19	3	53
	%	58.49	35.85	5.66	100.00
34	N	20	6	5	31
	%	64.52	19.35	16.13	100.00
35	N	16	17	10	43
	%	37.21	39.53	23.26	100.00
TOTAL	N	928	848	198	1974
	%	47.01	42.96	10.03	100.00

Tabla 91. PH del agua de consumo público en las ZA.

Z. A.		pH			TOTAL
		6.5-9.5	< 6.5	> 9.5	
1	N	237	0	0	237
	%	100.00	0.00	0.00	100.0
2	N	35	0	0	35
	%	100.00	0.00	0.00	100.00
3	N	58	0	0	58
	%	100.00	0.00	0.00	100.00
4	N	50	0	0	50
	%	100.00	0.00	0.00	100.00
5	N	51	0	0	51
	%	100.00	0.00	0.00	100.00
6	N	112	2	0	114 *
	%	98.25	1.75	0.00	100.00 *
7	N	37	8	0	45
	%	82.22	17.78	0.00	100.00
8	N	72	3	0	75
	%	96.00	4.00	0.00	100.00
9	N	112	35	0	147
	%	76.19	23.61	0.00	100.00
10	N	18	22	0	40 *
	%	45.00	55.00	0.00	100.00 *
11	N	3	0	0	3
	%	100.00	0.00	0.00	100.00
12	N	84	0	0	84
	%	100.00	0.00	0.00	100.00
13	N	99	0	0	99
	%	100.00	0.00	0.00	100.00
14	N	58	0	0	58
	%	100.00	0.00	0.00	100.00

Tabla 91. PH del agua de consumo público en las ZA (continuación).

Z. A.		pH			TOTAL
		6.5-9.5	< 6.5	> 9.5	
15	N	250	0	0	250
	%	100.00	0.00	0.00	100.00
16	N	78	1	0	79
	%	98.73	1.27	0.00	100.00
17	N	26	0	0	26
	%	100.00	0.00	0.00	100.00
18	N	26	0	0	26
	%	100.00	0.00	0.00	100.00
19	N	28	0	0	28
	%	100.00	0.00	0.00	100.00
20	N	13	0	0	13
	%	100.00	0.00	0.00	100.00
21	N	35	0	0	35
	%	100.00	0.00	0.00	100.00
22	N	23	0	0	23
	%	100.00	0.00	0.00	100.00
23	N	16	0	0	16
	%	100.00	0.00	0.00	100.00
24	N	23	2	0	25
	%	92.00	8.00	0.00	100.00
25	N	32	0	0	32
	%	100.00	0.00	0.00	100.00
26	N	28	0	0	28
	%	100.00	0.00	0.00	100.00
27	N	30	0	0	30
	%	100.00	0.00	0.00	100.00
28	N	39	0	0	39
	%	100.00	0.00	0.00	100.00

Tabla 91. PH del agua de consumo público en las ZA (continuación).

Z. A.		pH			TOTAL
		6.5-9.5	< 6.5	> 9.5	
29	N	29	0	0	29
	%	100.00	0.00	0.00	100.00
30	N	20	0	0	20
	%	100.00	0.00	0.00	100.00
31	N	5	0	0	5
	%	100.00	0.00	0.00	100.00
32	N	24	0	0	24
	%	100.00	0.00	0.00	100.00
33	N	52	1	0	53
	%	98.11	1.89	0.00	100.00
34	N	31	0	0	31
	%	100.00	0.00	0.00	100.00
35	N	42	0	0	42 *
	%	100.00	0.00	0.00	100.00 *
TOTAL	N	1888	74	0	1962
	%	96.23	3.77	0.00	100.00

* Algunas muestras de estas zonas de abastecimiento no incluían la determinación del pH al tratarse de análisis de confirmación y no ser obligatorio el análisis del pH en las mismas.

Tabla 92. Nivel de conductividad del agua distribuida*.

Z. A.		CONDUCTIVIDAD		TOTAL
		< 2500	> 2500	
1	N	237	0	237
	%	100.00	0.00	100.00
2	N	36	0	36
	%	100.00	0.00	100.00
3	N	68	0	68
	%	100.00	0.00	100.00
4	N	50	0	50
	%	100.00	0.00	100.00
5	N	51	0	51
	%	100.00	0.00	100.00
6	N	113	0	113*
	%	100.00	0.00	100.00*
7	N	45	0	45
	%	100.00	0.00	100.00
8	N	75	0	75
	%	100.00	0.00	100.00
9	N	147	0	147
	%	100.00	0.00	100.00
10	N	40	0	40*
	%	100.00	0.00	100.00*
11	N	3	0	3
	%	100.00	0.00	100.00
12	N	84	0	84
	%	100.00	0.00	100.00
13	N	99	0	99
	%	100.00	0.00	100.00

Tabla 92. Nivel de conductividad del agua distribuida (continuación).

Z. A.		CONDUCTIVIDAD		TOTAL
		< 2500	> 2500	
14	N	58	0	58
	%	100.00	0.00	100.00
15	N	248	0	248*
	%	100.00	0.00	100.00*
16	N	79	0	79
	%	100.00	0.00	100.00
17	N	26	0	26
	%	100.00	0.00	100.00
18	N	26	0	26
	%	100.00	0.00	100.00
19	N	28	0	28
	%	100.00	0.00	100.00
20	N	13	0	13
	%	100.00	0.00	100.00
21	N	36	0	36
	%	100.00	0.00	100.00
22	N	23	0	23
	%	100.00	0.00	100.00
23	N	16	0	16
	%	100.00	0.00	100.00
24	N	25	0	25
	%	100.00	0.00	100.00
25	N	32	0	32
	%	100.00	0.00	100.00
26	N	28	0	28
	%	100.00	0.00	100.00

Tabla 92. Nivel de conductividad del agua distribuida (continuación).

Z. A.		CONDUCTIVIDAD		TOTAL
		< 2500	> 2500	
27	N	29	0	29
	%	100.00	0.00	100.00
28	N	38	0	38
	%	100.00	0.00	100.00
29	N	29	0	29
	%	100.00	0.00	100.00
30	N	20	0	20
	%	100.00	0.00	100.00
31	N	5	0	5
	%	100.00	0.00	100.00
32	N	24	0	24
	%	100.00	0.00	100.00
33	N	53	0	53
	%	100.00	0.00	100.00
34	N	31	0	31
	%	100.00	0.00	100.00
35	N	43	0	43
	%	100.00	0.00	100.00
TOTAL	N	1958	0	1958
	%	100.00	0.00	100.00

* Algunas muestras de estas zonas de abastecimiento no incluían la determinación de conductividad (16) al tratarse de análisis de confirmación y no ser obligatorio el análisis de conductividad en las mismas.

Tabla 93. Nivel de turbidez del agua distribuida*.

Z. A.		TURBIDEZ		TOTAL
		< 1 DEPÓSITOS < 5 RED	> 1 DEPÓSITOS > 5 RED	
1	N	2	0	2*
	%	100.00	0.00	100.00*
2	N	0	0	0*
	%	0.00	0.00	0.00*
3	N	0	0	0*
	%	0.00	0.00	0.00*
4	N	50	0	50
	%	100.00	0.00	100.00
5	N	50	1	51
	%	98.04	1.96	100.00
6	N	111	3	114 *
	%	97.37	2.63	100.00 *
7	N	2	0	2 *
	%	100.00	0.00	100.00*
8	N	72	3	75
	%	96.00	4.00	100.00
9	N	142	5	147
	%	96.50	3.40	100.00
10	N	38	2	40*
	%	95.00	5.00	100.00*
11	N	3	0	3
	%	100.00	0.00	100.00
12	N	80	4	84
	%	95.24	4.76	100.00
13	N	58	0	58 *
	%	100.00	0.00	100.00*

Tabla 93. Nivel de turbidez del agua distribuida (continuación).

Z. A.		TURBIDEZ		TOTAL
		< 1 DEPÓSITOS < 5 RED	> 1 DEPÓSITOS > 5 RED	
14	N	0	0	0 *
	%	0.00	0.00	0.00*
15	N	3	0	3*
	%	100.00	0.00	100.00*
16	N	0	0	0*
	%	0.00	0.00	0.00*
17	N	0	0	0*
	%	0.00	0.00	0.00*
18	N	25	1	26
	%	96.15	3.85	100.00
19	N	28	0	28
	%	100.00	0.00	100.00
20	N	13	0	13
	%	100.00	0.00	100.00
21	N	36	0	36
	%	100.00	0.00	100.00
22	N	20	3	23
	%	85.96	13.04	100.00
23	N	14	2	16
	%	87.50	12.50	100.00
24	N	24	1	25
	%	96.00	4.00	100.00
25	N	30	2	32
	%	93.75	5.25	100.00
26	N	26	2	28
	%	92.86	7.14	100.00

Tabla 93. Nivel de turbidez del agua distribuida (continuación).

Z. A.		TURBIDEZ		TOTAL
		< 1 DEPÓSITOS < 5 RED	> 1 DEPÓSITOS > 5 RED	
27	N	29	1	30
	%	96.57	3.33	100.00
28	N	37	2	39
	%	94.87	5.13	100.00
29	N	27	2	29
	%	93.10	5.90	100.00
30	N	19	1	20
	%	95.00	5.00	100.00
31	N	3	2	5
	%	60.00	40.00	100.00
32	N	21	3	24
	%	87.50	12.50	100.00
33	N	53	0	53
	%	100.00	0.00	100.00
34	N	28	3	31
	%	90.32	9.58	100.00
35	N	40	3	43
	%	93.02	6.98	100.00
TOTAL	N	1084	46	1130
	%	95.93	4.07	100.00

* Algunas muestras de estas zonas de abastecimiento no incluían la determinación de la turbidez al tratarse de análisis de confirmación y no ser obligatorio el análisis de este parámetro en ellas; en otros boletines analíticos el valor de la turbidez que se expresa es de 0 UNF por lo que no ha sido tomado en cuenta.

Tabla 94. Contaminación del agua abastecida por *E. coli**.

Z. A.		<i>E. coli</i>		TOTAL
		AUSENCIA	> 0 UFC	
1	N	237	0	237
	%	100.00	0.00	100.00
2	N	36	0	36
	%	100.00	0.00	100.00
3	N	58	0	58
	%	100.00	0.00	100.00
4	N	48	2	50
	%	96.00	4.00	100.00
5	N	48	3	51
	%	94.12	5.88	100.00
6	N	107	7	114 *
	%	93.86	6.14	100.00 *
7	N	45	0	45
	%	100.00	0.00	100.00
8	N	71	4	75
	%	94.57	5.33	100.00
9	N	133	14	147
	%	90.48	9.52	100.00
10	N	36	4	40 *
	%	90.00	10.00	100.00 *
11	N	3	0	3
	%	100.00	0.00	100.00
12	N	76	8	84
	%	90.48	9.52	100.00
13	N	98	1	99
	%	98.99	1.01	100.00

Tabla 94. Contaminación del agua abastecida por *E. coli* (continuación).

Z. A.		<i>E. coli</i>		TOTAL
		AUSENCIA	> 0 UFC	
14	N	58	0	58
	%	100.00	0.00	100.00
15	N	239	10	249 *
	%	95.98	4.02	100.00 *
16	N	75	4	79
	%	94.94	5.06	100.00
17	N	25	0	25
	%	100.00	0.00	100.00
18	N	25	1	26
	%	96.15	3.85	100.00
19	N	28	0	28
	%	100.00	0.00	100.00
20	N	12	1	13
	%	92.31	7.69	100.00
21	N	34	2	36
	%	94.44	5.56	100.00
22	N	23	0	23
	%	100.00	0.00	100.00
23	N	16	0	16
	%	100.00	0.00	100.00
24	N	25	0	25
	%	100.00	0.00	100.00
25	N	31	1	32
	%	96.88	3.13	100.00
26	N	28	0	28
	%	100.00	0.00	100.00

Tabla 94. Contaminación del agua abastecida por *E. coli* (continuación).

Z. A.		<i>E. coli</i>		TOTAL
		AUSENCIA	> 0 UFC	
27	N	29	1	30
	%	96.57	3.33	100.00
28	N	36	3	39
	%	92.31	7.69	100.00
29	N	21	8	29
	%	72.41	27.59	100.00
30	N	20	0	20
	%	100.00	0.00	100.00
31	N	5	0	5
	%	100.00	0.00	100.00
32	N	24	0	24
	%	100.00	0.00	100.00
33	N	47	6	53
	%	88.58	11.32	100.00
34	N	30	1	31
	%	96.77	3.23	100.00
35	N	35	8	43
	%	81.40	18.60	100.00
TOTAL	N	1873	89	1962
	%	95.46	4.54	100.00

* Algunas muestras de estas zonas de abastecimiento no incluían la determinación de *E. coli* al tratarse de análisis de confirmación y no ser obligatorio el análisis de este parámetro.

Tabla 95. Contaminación del agua abastecida por coliformes*.

Z. A.		Coliformes		TOTAL
		AUSENCIA	> 0 UFC	
1	N	231	6	237
	%	97.47	2.53	100.00
2	N	33	3	36
	%	91.67	3.33	100.00
3	N	57	1	58
	%	98.53	1.47	100.00
4	N	44	6	50
	%	88.00	12.00	100.00
5	N	45	6	51
	%	88.24	11.76	100.00
6	N	101	13	114 *
	%	88.60	11.40	100.00 *
7	N	43	2	45
	%	95.56	4.44	100.00
8	N	69	6	75
	%	92.00	8.00	100.00
9	N	121	25	147 *
	%	82.88	17.12	100.00 *
10	N	33	7	40 *
	%	82.50	17.50	100.00 *
11	N	3	0	3
	%	100.00	0.00	100.00
12	N	72	12	84
	%	85.71	14.29	100.00

Tabla 95. Contaminación del agua abastecida por coliformes (continuación).

Z. A.		Coliformes		TOTAL
		AUSENCIA	> 0 UFC	
13	N	95	4	99
	%	95.96	4.04	100.00
14	N	57	1	58
	%	98.28	1.72	100.00
15	N	226	31	257 *
	%	87.94	12.06	100.00*
16	N	69	10	79
	%	87.34	12.66	100.00
17	N	25	1	26
	%	96.15	3.85	100.00
18	N	22	2	24 *
	%	91.67	8.33	100.00 *
19	N	22	2	24
	%	78.57	7.14	85.71
20	N	12	0	12 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
21	N	29	6	35*
	%	82.86	17.14	100.00*
22	N	20	0	20 *
	%	100.00	0.00	100.00*
23	N	15	0	15 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
24	N	18	5	23 *
	%	78.26	21.74	100.00 *
25	N	31	1	32
	%	96.87	3.13	100.00

Tabla 95. Contaminación del agua abastecida por coliformes (continuación).

Z. A.		Coliformes		TOTAL
		AUSENCIA	> 0 UFC	
26	N	28	0	28
	%	100.00	0.00	100.00
27	N	29	1	30
	%	96.57	3.33	100.00
28	N	36	3	39
	%	92.31	7.69	100.00
29	N	20	9	29
	%	68.97	31.03	100.00
30	N	20	0	20
	%	100.00	0.00	100.00
31	N	5	0	5
	%	100.00	0.00	100.00
32	N	24	0	24
	%	100.00	0.00	100.00
33	N	46	7	53
	%	86.79	13.21	100.00
34	N	28	3	31
	%	90.32	9.68	100.00
35	N	32	11	43
	%	74.42	25.58	100.00
TOTAL	N	1771	184	1974
	%	90.59	9.41	100.00

* Algunas muestras de estas zonas de abastecimiento no incluían la determinación de coliformes al tratarse de análisis de confirmación y no ser obligatorio el análisis de este parámetro en ellas.

Tabla 96. Superación de límites establecidos por la legislación para bacterias totales a 22 °C en el agua abastecida*.

Z. A.		Bacterias 22 °C		TOTAL
		< 100 UFC	> 100 UFC	
1	N	233	0	233 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
2	N	34	1	35 *
	%	97.14	2.86	100.00 *
3	N	58	0	58
	%	100.00	0.00	100.00
4	N	4	0	4 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
5	N	3	0	3 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
6	N	15	0	15 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
7	N	44	0	44 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
8	N	5	0	5 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
9	N	14	0	14 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
10	N	4	0	4 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
11	N	1	0	1 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
12	N	4	0	4 *
	%	100.00	0.00	100.00 *

Tabla 96. Superación de límites establecidos por la legislación para bacterias totales a 22 °C en el agua abastecida (continuación).

Z. A.		Bacterias 22 °C		TOTAL
		< 100 UFC	> 100 UFC	
13	N	40	2	42 *
	%	95.24	4.76	100.00 *
14	N	58	0	58
	%	100.00	0.00	100.00
15	N	247	6	253 *
	%	97.63	2.37	100.00 *
16	N	77	2	79
	%	97.47	2.53	100.00
17	N	26	0	26
	%	100.00	0.00	100.00
18	N	4	0	4 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
19	N	6	0	6 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
20	N	1	0	1 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
21	N	5	0	5 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
22	N	5	0	5 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
23	N	4	0	4 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
24	N	5	0	5 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
25	N	7	0	7 *
	%	100.00	0.00	100.00 *

Tabla 96. Superación de límites establecidos por la legislación para bacterias totales a 22 °C en el agua abastecida (continuación).

Z. A.		Bacterias 22 °C		TOTAL
		< 100 UFC	> 100 UFC	
26	N	6	0	6 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
27	N	6	0	6 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
28	N	4	0	4 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
29	N	2	2	4 *
	%	50.00	50.00	50.00 *
30	N	6	0	6 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
31	N	2	0	2 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
32	N	9	0	9 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
33	N	6	0	6 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
34	N	3	1	4 *
	%	75.00	25.00	100.00 *
35	N	1	1	2 *
	%	50.00	50.00	100.00 *
TOTAL	N	959	15	974
	%	98.46	1.54	100.00

* Algunas muestras de estas zonas de abastecimiento no incluían la determinación de bacterias a 22°C al tratarse de análisis de confirmación y no ser obligatorio el análisis de este parámetro en ellas.

Tabla 97. Contaminación del agua abastecida por *Clostridium perfringens**.

Z. A.		<i>Clostridium perfringens</i>		TOTAL
		Ausencia	> 0 UFC	
1	N	232	1	233 *
	%	99.57	0.43	100.00 *
2	N	35	0	35 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
3	N	58	0	58
	%	100.00	0.00	100.00
4	N	4	0	4 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
5	N	3	0	3 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
6	N	12	3	15 *
	%	80.00	20.00	100.00 *
7	N	43	1	44 *
	%	97.73	2.27	100.00 *
8	N	5	0	5 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
9	N	13	1	14 *
	%	92.86	7.14	100.00 *
10	N	4	0	4*
	%	100.00	0.00	100.00 *
11	N	1	0	1 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
12	N	4	0	4 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
13	N	41	1	42 *
	%	97.62	2.38	100.00 *

Tabla 97. Contaminación del agua abastecida por *Clostridium perfringens* (continuación).

Z. A.		<i>Clostridium perfringens</i>		TOTAL
		Ausencia	> 0 UFC	
14	N	58	0	58
	%	100.00	0.00	100.00
15	N	241	2	243 *
	%	99.18	0.82	100.00 *
16	N	79	0	79
	%	100.00	0.00	100.00
17	N	26	0	26
	%	100.00	0.00	100.00
18	N	4	0	4 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
19	N	6	0	6 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
20	N	1	0	1 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
21	N	5	0	5 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
22	N	5	0	5 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
23	N	4	0	4 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
24	N	5	0	5*
	%	100.00	0.00	100.00 *
25	N	7	0	7 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
26	N	6	0	6 *
	%	100.00	0.00	100.00 *

Tabla 97. Contaminación del agua abastecida por *Clostridium perfringens* (continuación).

Z. A.		<i>Clostridium perfringens</i>		TOTAL
		Ausencia	> 0 UFC	
27	N	6	0	6 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
28	N	4	0	4 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
29	N	3	1	4 *
	%	75.00	25.00	100.00 *
30	N	6	0	6 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
31	N	2	0	2 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
32	N	9	0	9 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
33	N	6	0	6 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
34	N	2	2	4 *
	%	50.00	50.00	100.00 *
35	N	2	0	2 *
	%	100.00	0.00	100.00 *
TOTAL	N	952	12	964
	%	98.76	1.24	100.00

* Algunas muestras de estas zonas de abastecimiento no incluían la determinación de clostridium al tratarse de análisis de confirmación y/o no ser obligatorio el análisis en las mismas.