

GUÍA

PARA EL RESTABLECIMIENTO DEL SUMINISTRO DE AGUA DE CONSUMO TRAS LLUVIAS TORRENCIALES E INUNDACIONES

SERIE

“DE AERIBUS, AQUIS ET LOCIS” Nº 5

SERIE
“DE AERIBUS, AQUIS ET LOCIS” N° 5

Guía para el restablecimiento del suministro de agua de consumo tras lluvias torrenciales e inundaciones

SERIE

“DE AERIBUS, AQUIS ET LOCIS” N° 5



Sociedad Española de Salud Ambiental

Coordinadores

Sebastián Crespí Rotger
José M^a Ordóñez Iriarte

Grupo de trabajo

Ibon Beguiristain Repáraz
Emilio Bonet Domingo
Sebastián Crespí Rotger
Miren Elexpuru Azpiazu
Leticia Fernández Vidal
Juan Ángel Ferrer Azcona
Roberto Gago Gutiérrez
Ruth García García
José M^a Ordóñez Iriarte
Roberto Ortuño Macián
Javier Reinares Ortiz de Villajos

Revisores externos

Irene Corbella Cordomí
Mercedes Gumá Torá
Manuel Herrera Artilles
Pedro Navalón Madrigal
Antonio Pareja-Bezares
María Luisa Pita Toledo
Silvia Suárez Luque

SERIE

“De Aeribus, Aquis Et Locis” N° 5

Edita: Sociedad Española de Salud Ambiental
© Sociedad Española de Salud Ambiental
© **Diseño y maquetación:** inteligencia.es
I.S.B.N.: 978-84-09-92477-6

PRESENTACIÓN

La DANA (Depresión Aislada en Niveles Altos) ocurrida en España a finales de octubre del año 2024 afectó a la Comunitat Valenciana, a Castilla-La Mancha, Andalucía, Cataluña y, en menor medida, a Illes Balears y Aragón. La intensidad de las precipitaciones provocó graves inundaciones que se tradujeron en pérdidas de vidas humanas y daños en las infraestructuras, así como en la interrupción de servicios esenciales, entre ellos el abastecimiento de agua de consumo público.

En menor medida en cuanto a las consecuencias, pero también asociadas a lluvias torrenciales, se han registrado inundaciones en el mes de febrero de 2026, especialmente en Andalucía, donde algunos municipios –como Grazalema (Cádiz)–, se vieron obligados a ser desalojados.

Estos episodios, en un contexto de cambio climático, pueden aumentar en frecuencia e intensidad, por lo que resulta clave reforzar las medidas de prevención, preparación, respuesta y recuperación.

Según el Centro Común de Investigación (JRC, en sus siglas en inglés), 172 000 personas en Europa (EU-27 + Reino Unido) están expuestas actualmente a inundaciones fluviales anualmente y 100 000 a inundaciones costeras. Además, alrededor de 53 millones de personas (el 12 % de la población europea) viven en zonas potencialmente propensas a las inundaciones fluviales, aunque a menudo cuentan con defensas contra las inundaciones. Durante el período 1980-2022, las inundaciones han provocado 5.582 víctimas mortales en los países miembros del espacio común europeo.

Por su parte, según datos del Ministerio de Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD), casi tres millones de personas viven en España en zonas inundables. El 59 % de la población localizada en áreas de riesgo potencial significativo de inundación (ARPSI) se concentra en tres demarcaciones: Guadalquivir, Segura y Júcar. Además, se verían afectados 47 hospitales, 977 centros educativos, 347 residencias de mayores y 9 aeropuertos. En este sentido, España cuenta con los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación, cuyo objetivo es disminuir los riesgos y reducir las consecuencias negativas de las inundaciones.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), las medidas para proteger la salud de la población de las inundaciones pueden agruparse en cuatro ámbitos: prevención, preparación, respuesta y recuperación. La prevención a largo plazo incluye, entre otras, la identificación de zonas de riesgo de inundación y una planificación urbana sensible a las inundaciones, incorporando soluciones basadas en la naturaleza (p.ej., ecologización urbana y permeabilidad de las superficies), aspectos que en España se consideran en los Planes de Gestión de Riesgo de Inundación. Otras medidas preventivas incluyen la reubicación de las actividades humanas fuera de las llanuras aluviales, la mejora de los sistemas de alcantarillado y el uso de infraestructuras de protección (diques o presas).

Entre las medidas de preparación y respuesta destacan los sistemas resilientes de abastecimiento de agua y saneamiento, los edificios a prueba de inundaciones, la disponibilidad de centros de evacuación y la existencia de planes de preparación sanitaria frente a las inundaciones. Esto incluye planes de contingencia para centros de salud, de manera que puedan seguir funcionando adecuadamente en términos de organización del trabajo, atención al paciente, gestión del suministro, agua y saneamiento.

Fruto de la experiencia de la DANA de octubre del año 2024, de las previsiones sobre una posible mayor recurrencia de estos episodios y de las recomendaciones de la OMS, la Sociedad Española de Salud Ambiental (SESA) ha querido editar esta *“Guía para el restablecimiento del suministro de agua de consumo tras lluvias torrenciales e inundaciones”* con el objetivo de apoyar la toma de decisiones y el restablecimiento seguro de este servicio esencial, cuando las circunstancias lo requieran.

La Guía consta de 12 capítulos y 5 anexos. Los capítulos abordan desde aspectos más generales hasta la concreción de la experiencia vivida en Valencia. Por su parte, los anexos recogen indicaciones para tratar cuestiones tan relevantes como los recursos técnicos, la normativa aplicable, recomendaciones para empresas alimentarias, ejemplos de árbol de decisiones o aspectos relacionados con los sistemas de saneamiento.

En la redacción han colaborado expertos de reconocido prestigio; además, se ha realizado una revisión externa, capítulo a capítulo, incorporando una lectura crítica que ha permitido mejorar sustancialmente el documento.

En cuanto a la terminología, se ha procurado emplear, siempre que ha sido posible, la nomenclatura técnica oficial vigente; no obstante, dada la naturaleza colectiva del documento y su vocación práctica, en algunos apartados se han utilizado términos equivalentes de uso habitual en guías internacionales, como “agua potable” en sentido equivalente a “agua de consumo (humano)”, sin que ello afecte a la interpretación técnica ni al encaje normativo de las recomendaciones.

Esperamos que esta Guía sea útil, cuando las circunstancias lo requieran, para la toma de decisiones en el ámbito de la Salud Ambiental en España, responsable —entre otras funciones—, de contribuir a garantizar la provisión de agua de consumo público, con la finalidad de proteger la salud de las personas frente a los efectos adversos derivados de cualquier tipo de contaminación.

Junta Directiva

Sociedad Española de Salud Ambiental (SESA)

INTRODUCCIÓN

Las lluvias torrenciales y las inundaciones constituyen episodios con capacidad para comprometer de forma brusca la continuidad, la seguridad y la calidad del suministro de agua de consumo humano. Sus efectos pueden alcanzar simultáneamente a las captaciones, las plantas de tratamiento, los depósitos, las redes de distribución, las instalaciones interiores y los sistemas de saneamiento, generando un escenario de elevada complejidad técnica, sanitaria y organizativa. En estas circunstancias, el restablecimiento del servicio no puede entenderse como una mera reposición material de las infraestructuras dañadas, sino como un proceso gradual que debe regirse por criterios de salud pública, evaluación del riesgo, coordinación interinstitucional y verificación continuada de las condiciones de seguridad del agua suministrada.

Esta Guía se elabora con la finalidad de ofrecer un marco técnico y operativo de referencia para apoyar la toma de decisiones en ese contexto. Su propósito es orientar las actuaciones necesarias para que el restablecimiento del suministro se lleve a cabo de forma segura, proporcionada y trazable, minimizando el riesgo de exposición de la población a contaminantes microbiológicos, químicos o físicos y contribuyendo, al mismo tiempo, a una recuperación ordenada de la normalidad. Se trata, por tanto, de un documento concebido para facilitar la actuación en situaciones de emergencia o post-emergencia, pero también para favorecer la preparación previa y la incorporación de estos escenarios a los instrumentos ordinarios de planificación, prevención y respuesta.

La Guía parte de un enfoque integral. Por un lado, sitúa el problema en su contexto más amplio, recordando que los fenómenos de precipitación extrema e inundación representan un riesgo relevante para la salud pública y que, en un escenario de cambio climático, cabe esperar una mayor recurrencia e intensidad de este tipo de episodios. Por otro, desciende al terreno operativo y proporciona criterios concretos para abordar la evaluación rápida del riesgo, la adopción de medidas inmediatas de protección, la provisión de suministros alternativos, la restauración progresiva del abastecimiento, el control analítico inicial, el seguimiento reforzado tras el restablecimiento y la verificación de la vuelta a la normalidad.

En consecuencia, el lector encontrará en estas páginas un documento organizado para responder a dos necesidades complementarias. La primera es comprender el marco en el que se inscriben estas actuaciones: el impacto de las inundaciones sobre los abastecimientos, su relación con la salud pública y el encaje normativo de las medidas que deben adoptarse. La segunda es actuar, disponiendo de orientaciones prácticas para ordenar la respuesta por fases, priorizar decisiones, armonizar criterios técnicos y sanitarios y favorecer una actuación coherente entre autoridades competentes, operadores y demás agentes implicados.

La estructura de la Guía responde a esa doble finalidad. Los primeros capítulos ofrecen el contexto general: el riesgo que representan las lluvias torrenciales e inundaciones para la salud pública y el marco normativo aplicable a los abastecimientos de agua.

A continuación, se desarrolla una secuencia operativa por fases que permite situar la emergencia y ordenar la respuesta desde la activación inicial hasta el retorno a la normalidad. Sobre esta base, se abordan cuestiones esenciales como las evaluaciones rápidas de riesgo tras la inundación, las recomendaciones previas al restablecimiento, los suministros alternativos urgentes, las estrategias generales de intervención en contextos post-inundación y la restauración técnica del suministro. Finalmente, la Guía se ocupa de las medidas posteriores al restablecimiento, de la calificación provisional y definitiva de aptitud, del seguimiento de la calidad del agua mediante el autocontrol reforzado y de la eventual aparición de brotes de transmisión hídrica, incorporando además un caso práctico y varios anexos de apoyo técnico y normativo.

Aunque la secuencia de lectura más lógica es la progresión ordenada de los capítulos, de lo general a lo específico, la Guía ha sido concebida también para permitir una consulta autónoma de sus distintos apartados en función de las necesidades del lector y del momento de la intervención. En este sentido, cuando se utilice en un contexto de emergencia ya desencadenada, puede resultar especialmente útil iniciar la consulta en el capítulo 3, donde se presenta, de forma secuencial, el esquema general de las etapas que deben abordarse para orientar el restablecimiento del suministro de agua de consumo, ya sea con carácter temporal o definitivo.

Conviene subrayar que este documento no pretende sustituir las obligaciones legales de los operadores ni las competencias de las autoridades sanitarias, hidráulicas o locales, sino servir de instrumento de apoyo para su ejercicio coordinado. Su utilidad depende, en gran medida, de su integración con los planes sanitarios del agua, los planes de contingencia, los programas de autocontrol y los mecanismos de coordinación ya existentes. En este sentido, la Guía debe entenderse como una herramienta para reforzar la preparación, mejorar la respuesta y contribuir a una recuperación más segura y homogénea ante episodios de inundación que afecten a los sistemas de agua de consumo.

Asimismo, aunque el eje central del documento es el restablecimiento del suministro de agua de consumo, la Guía adopta deliberadamente una perspectiva amplia de salud pública. Ello implica considerar no solo la aptitud del agua en sentido estricto, sino también las consecuencias derivadas de la interrupción del servicio, la necesidad de suministros alternativos, la posible afectación de instalaciones interiores, la interacción con los sistemas de saneamiento y la vigilancia de otros riesgos asociados, entre ellos determinadas enfermedades vinculadas a contextos de inundación. Esta perspectiva resulta imprescindible para evitar respuestas parciales y para garantizar que las decisiones técnicas se adopten con una visión suficientemente completa del riesgo.

En definitiva, esta Guía aspira a proporcionar un instrumento útil, técnicamente sólido y orientado a la acción para quienes, desde distintas responsabilidades, deban intervenir en el restablecimiento del suministro de agua de consumo tras lluvias torrenciales e inundaciones. Su finalidad última es contribuir a que dicho restablecimiento se produzca con las máximas garantías sanitarias posibles, preservando la protección de la salud de la población como criterio rector de todas las decisiones.

OBJETIVOS

- A.** Proporcionar un marco técnico y operativo de referencia para la toma de decisiones orientadas al restablecimiento seguro del suministro de agua de consumo tras lluvias torrenciales e inundaciones, con el fin de proteger la salud pública y minimizar los riesgos derivados de la alteración de las infraestructuras de captación, tratamiento, almacenamiento, distribución y saneamiento.
- B.** Ofrecer criterios y directrices para ordenar la respuesta por fases, desde la evaluación inicial de la afectación y del riesgo hasta la restauración progresiva del servicio, la calificación provisional y definitiva de aptitud del agua, el seguimiento reforzado de su calidad y la verificación de la vuelta a la normalidad.
- C.** Favorecer la coordinación entre autoridades sanitarias, administraciones competentes, operadores de abastecimiento y otros agentes implicados, incluyendo la planificación de suministros alternativos, la comunicación del riesgo y la priorización de actuaciones sobre infraestructuras y poblaciones vulnerables.
- D.** Orientar la identificación, valoración y control de los principales riesgos sanitarios asociados a los episodios de inundación, incluidos los brotes de transmisión hídrica y otros riesgos biológicos, químicos y ambientales relevantes en el periodo de restablecimiento y recuperación.

CRÉDITOS

COORDINADORES

Sebastián Crespi Rotger

Licenciado en Ciencias Biológicas, Licenciado y Doctor en Farmacia. Farmacéutico Especialista en Análisis Clínicos. Presidente y Director Científico de Nexbiolinea. Fellow de la Royal Society for Public Health. Académico Correspondiente de la Reial Acadèmia de Farmàcia de Catalunya. Académico Numerario de la Reial Academia de Medicina de les Illes Balears.

José M^a Ordóñez Iriarte

Licenciado y Doctor en Farmacia. Máster en salud pública. Máster en Toxicología. Máster en Administraciones Sanitarias. Expresidente de SESA. Vocal de SESPAS. Vicepresidente de la Sociedad Iberoamericana de Salud Ambiental (SIBSA). Académico Correspondiente de la Academia de Farmacia de la Región de Murcia. Director de Revista de Salud Ambiental.

AUTORES

Ibon Beguiristain Repáraz

Responsable de Tratamiento de Agua de HANNA Instruments. Ingeniero de materiales por la Universidad de Navarra y MBA por Mondragon Unibertsitatea.

Emilio Bonet Domingo

Licenciado y Doctor en Ciencias Químicas. Responsable de Calidad del Agua en Global Omnium.

Sebastián Crespi Rotger

Licenciado en Ciencias Biológicas, Licenciado y Doctor en Farmacia. Farmacéutico Especialista en Análisis Clínicos. Presidente y Director Científico de Nexbiolinea. Fellow de la Royal Society for Public Health. Académico Correspondiente de la Reial Acadèmia de Farmàcia de Catalunya. Académico Numerario de la Reial Academia de Medicina de les Illes Balears

Miren Elexpuru Azpiazu

Directora General de HANNA Instruments. Licenciada en Administración y Dirección de Empresas y vocal en la Asociación Española de Empresas del Sector del Agua (AquaEspaña)

Leticia Fernández Vidal

Licenciada en Farmacia y en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Doctora en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Jefa de Sección de Aguas. Servicio de Sanidad Ambiental. Subdirección General de Epidemiología, Vigilancia de la Salud y Sanidad Ambiental. Dirección General de Salud Pública. Conselleria de Sanitat. Generalitat Valenciana

Juan Ángel Ferrer Azcona

Licenciado en Medicina y Cirugía y Especialista en Medicina del Trabajo. Experto Universitario en Sanidad Ambiental de Edificios. Experto en Prevención y Control de Legionelosis. Miembro de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental y del European Study Group for *Legionella* Infections – ESGLI. Vocal del Comité redactor de la Norma UNE 100030:2017 Prevención y control de *Legionella* en instalaciones.

Roberto Gago Gutiérrez

Licenciado en Farmacia. Jefe de Servicio de Salud Ambiental, Junta de Castilla y León. Vocal de formación en la Sociedad Española de Salud Ambiental (SESA)

Ruth García García

Ingeniera Técnica Industrial especialidad en Química Industrial. Técnico Medio de Sanidad Ambiental. Sección de Aguas. Servicio de Sanidad Ambiental. Subdirección General de Epidemiología, Vigilancia de la Salud y Sanidad Ambiental. Dirección General de Salud Pública. Conselleria de Sanitat. Generalitat Valenciana.

Roberto Ortuño Macián

Responsable de Seguridad Alimentaria y Calidad en AINIA. Vicepresidente de SESAL (Sociedad Española de Calidad y Seguridad Alimentarias). Ingeniero Agrónomo especialidad Industrias Alimentarias por la UPV. PMD – Program for Management Development, ESADE Executive Education.

José M^a Ordóñez Iriarte

Licenciado y Doctor en Farmacia. Máster en salud pública. Máster en Toxicología. Máster en Administraciones Sanitarias. Ex presidente de SESA. Vocal de SESPAS. Vicepresidente de la Sociedad Iberoamericana de Salud Ambiental (SIBSA). Académico Correspondiente de la Academia de Farmacia de la Región de Murcia. Director de Revista de Salud Ambiental.

Javier Reinares Ortiz de Villajos

Licenciado en Veterinaria. Jefe de Sección de Control de Riesgos Ambientales. Ayuntamiento de Madrid. Vocal de la Junta Directiva de la Sociedad Española de Salud Ambiental (SESA).

REVISORES

Irene Corbella i Cordoní

Licenciada en Biología. Diplomatura de Medio Ambiente y Salud. Jefe del Servicio de Salud Ambiental, de la Secretaría de Salud Pública, Consejería de Salud, Generalitat de Catalunya. Profesora del Máster Interuniversitario en Salud Pública de la Universidad Pompeu Fabra y la Universidad Autónoma de Barcelona.

Mercedes Gumá Torá

Licenciada en Farmacia por la Universidad de Barcelona. Diplomada en Sanidad. Delegada de la SESA en Baleares. Jefa de sección de Sanidad Ambiental de la Consejería de Salud de las Illes Balears.

Manuel F. Herrera Artilles

Licenciado en Farmacia. Coordinador de la Unidad de Apoyo de la Dirección General de Salud Pública. Máster en Salud Pública y Medio Ambiente. Máster en Dirección y Gestión Sanitaria. Miembro del Comité Técnico Asesor del Plan de Salud de Canarias. Presidente de SESPAS. Miembro de la Junta Directiva de SESA.

Pedro Navalón Madrigal

Director General de LABAQUA S.A.U / Veolia España
Ingeniero Químico por la Universidad de Alicante. Máster en Administración de Empresas por la Universidad Pompeu Fabra. Vicepresidente de ANECPLA desde el año 2022 hasta el año 2025.

Antonio Pareja Bezares

Licenciado y Doctor en Medicina. Especialista en Medicina Preventiva y Salud Pública. Máster en Epidemiología. Ex coordinador nacional del grupo de Enfermedades Infecciosas del PAPPS (SEMFyC). Académico numerario de la Reial Acadèmia de Medicina de les Illes Balears.

María Luisa Pita Toledo

Licenciada en Farmacia. Farmacéutica especialista en Microbiología y Parasitología. Máster en Salud Pública. Máster en Ingeniería Ambiental. Ex funcionaria del Cuerpo Superior Facultativo Sanitario de la Administración Pública de Canarias. Ex jefa de Servicio de Sanidad Ambiental de la Dirección General de Salud Pública. Ex Directora Territorial de Salud de la Comunidad Autónoma de Canarias. Ex Presidenta del Instituto Canario de Hemodonación y Hemoterapia. Medalla de la Profesión Farmacéutica 2023 otorgada por el Consejo General de Colegios Farmacéuticos de España.

Silvia Suárez Luque

Licenciada y Doctora en Farmacia, Licenciada en Ciencias Químicas. Diplomada en Salud Pública, Máster en Economía de la Salud y Máster en Promoción de la Salud y Salud Comunitaria. Jefa del Servicio de Salud Ambiental. Dirección Xeral de Saúde Pública. Consellería de Sanidade.

Cita recomendada:

Crespí Rotger S., Ordóñez Iriarte JM. Guía para el restablecimiento del suministro de agua de consumo tras lluvias torrenciales e inundaciones. Madrid. Sociedad Española de Salud Ambiental. Serie “De aeribus, aquis et locis” nº 5, 2026.

ÍNDICE

Capítulo 1	
Lluvias torrenciales e inundaciones: un riesgo para la salud pública	19
Capítulo 2	
Marco general normativo de los abastecimientos de agua	31
Capítulo 3	
Procedimientos operativos por fases para el restablecimiento del suministro	40
Capítulo 4	
Evaluación rápida de riesgos para la salud pública tras lluvias torrenciales e inundaciones	49
Capítulo 5	
Recomendaciones previas al restablecimiento del suministro.	67
Suministros alternativos urgentes: cisternas y depósitos móviles; aguas envasadas.	
Capítulo 6	
Estrategias generales de acción en contextos post-inundación	76
Capítulo 7	
Restauración del suministro	84
Capítulo 8	
Instrucciones tras el restablecimiento del suministro.	91
Capítulo 9	
Seguimiento de la calidad del agua suministrada	97
a través de las redes de distribución una vez declarada apta para el consumo humano.	
Plan de Autocontrol del Operador.	
Capítulo 10	
Criterios para la calificación definitiva como apta para el consumo humano	103
Capítulo 11	
Brotes de transmisión hídrica	111
Capítulo 12	
Caso práctico: DANA Valencia 2024	122
Anexos:	
Anexo I: Recursos Técnicos	136
Anexo II: Normativa Aplicable	140
Anexo III: Recomendaciones para las empresas alimentarias	142
Anexo IV: Árbol de Decisiones: ejemplos	151
Anexo V: Sistema de saneamiento	161

CAPÍTULO 1

LLUVIAS TORRENCIALES E INUNDACIONES: UN RIESGO PARA LA SALUD PÚBLICA

*Sebastián Crespi Rotger
José M^a Ordóñez Iriarte*

1. Las inundaciones a lo largo de la historia

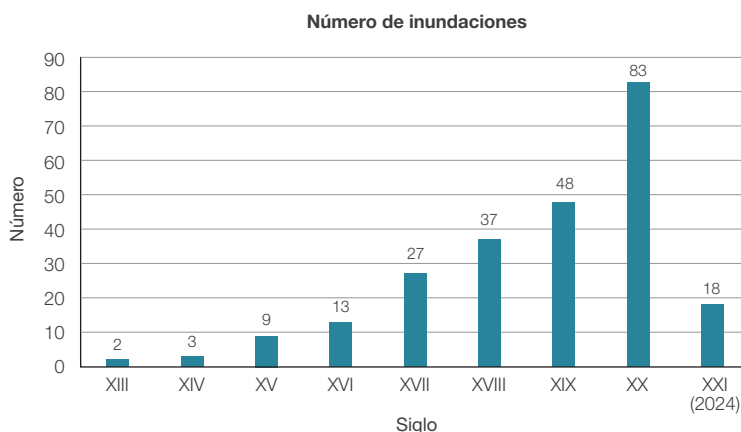
Las inundaciones han sido, desde tiempos inmemoriales, una de las fuerzas naturales más devastadoras para la humanidad. Muchas culturas han dejado testimonio de grandes crecidas de ríos y lluvias torrenciales que marcaron su historia, ya sea a través de relatos mitológicos o registros escritos. Desde la epopeya de Gilgamesh hasta la narración bíblica del diluvio universal, la memoria de estas catástrofes hídricas ha pervivido como parte fundamental del legado de la humanidad¹. Existen registros geológicos de inundaciones ocurridas en el Cuaternario, periodo que abarca el tiempo desde hace 1,8 millones de años hasta ahora².

Los registros geológicos y documentales evidencian que las inundaciones han sido un fenómeno recurrente a lo largo del tiempo, afectando tanto a civilizaciones antiguas como a sociedades contemporáneas. A lo largo de los siglos, regiones enteras han sido transformadas por la fuerza de las aguas. Se han documentado episodios de crecidas extremas en diversas partes del mundo, con consecuencias devastadoras para poblaciones y ecosistemas. Ejemplo de ello son los desbordamientos del río Amarillo en China, que en 1887 causaron la pérdida de casi un millón de vidas, o las grandes avenidas del río Brahmaputra en Bangladés, que han contribuido a severas crisis humanitarias³.

Europa ha sido también escenario de episodios de inundaciones severas en países como Alemania, Francia, Hungría, Países Bajos y Reino Unido, entre otros. En ciudades como Heidelberg, en Alemania, las marcas de riadas en puentes y edificaciones dan testimonio de la magnitud de eventos pasados. En muchas localidades de la cuenca mediterránea, placas conmemorativas en calles y plazas indican el nivel alcanzado por las aguas en antiguas crecidas⁴. España tampoco ha sido ajena a esta realidad: la riada del Turia en 1957, la tragedia del camping de Biescas en 1996 o los desbordamientos en Mallorca en 2018 son solo algunos ejemplos que resaltan la vulnerabilidad de muchas regiones⁵.

Por su parte, existe un registro de la Confederación Hidrográfica del Segura que hace una “recopilación histórica de inundaciones y precipitaciones extremas en la cuenca del Segura, realizada en el ámbito de los trabajos para el desarrollo del Sistema Nacional de Zonas Inundables en la Demarcación del Segura”^{6,7}. En este caso, el primer registro de inundación data de agosto-diciembre de 1219 y termina, de momento, con la DANA de Valencia del 29 de octubre de 2024 (**Gráfica 1**). Lógicamente, conforme avanza el tiempo, se cuenta con mejores técnicas de registro, más allá de las crónicas, por lo que los datos de la gráfica no deben interpretarse como un incremento puramente lineal; pero sí sugieren claramente que la cuenca del Segura es propicia a las inundaciones.

Gráfica 1. Número de inundaciones registradas en la cuenca del río Segura



Fuente: Modificado de CHS⁶ y Ferreras⁷.

A lo largo de la historia, la humanidad ha intentado mitigar los efectos de estos eventos¹ mediante infraestructuras de control, desde diques hasta embalses, pero la lucha contra las inundaciones sigue siendo un desafío constante. El cambio climático ha intensificado la preocupación, pues se prevé que el aumento en la frecuencia e intensidad de las precipitaciones extremas agrave la problemática en muchas regiones del mundo.

La necesidad de estrategias eficaces para la gestión del riesgo de inundaciones es más urgente que nunca. La Unión Europea ha reconocido la gravedad del problema y ha implementado iniciativas como el Sistema Europeo de Alerta de Inundaciones (EFAS), que proporciona información anticipada sobre posibles crecidas fluviales. Sin embargo, el desafío radica no solo en la predicción, sino también en la adaptación de infraestructuras y políticas de gestión hídrica para minimizar el impacto de estos eventos en la población y el medio ambiente⁸.

2. El cambio climático: causas y efectos

Actualmente, el planeta está experimentando un cambio climático con consecuencias cada vez más evidentes. Si bien el clima de la Tierra ha cambiado a lo largo de su historia por diversas causas naturales, la comunidad científica, de manera muy mayoritaria, estima que lo que distingue el cambio climático actual es su velocidad y magnitud, ambas sin precedentes conocidos y que parecen directamente correlacionadas con el aumento de los gases de efecto invernadero.

En efecto, para el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, en sus siglas en inglés) “el cambio climático es un fenómeno global impulsado

1. Un ejemplo paradigmático fueron las crecidas cíclicas del río Nilo en la antigüedad.

principalmente por actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles, la deforestación, la producción industrial y las actividades agrícolas intensivas. Estas actividades liberan gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera, como el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O) y vapor de H_2O , que atrapan el calor y aumentan la temperatura global”⁹

Aunque no sin dificultades, fruto de esta situación, ha sido la articulación de toda una serie de estrategias mundiales tendentes a mitigar el impacto del cambio climático, entre ellas, la creación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), y del órgano de decisión, las Conferencias de Parte (COP), cuya última reunión, la COP30, tuvo lugar en Belém, Brasil, a finales del año 2025. Quizá, las más emblemáticas hayan sido la COP3, que aprobó el Protocolo de Kioto (1997) y la COP21, del 2015 que aprobó el Acuerdo de París. Este Acuerdo, al que se sumó la COP28, celebrada en Dubai (Emiratos Árabes Unidos, 2023), estableció límites críticos para el aumento de la temperatura global: 1,5 °C como objetivo deseado y 2 °C como umbral catastrófico.

Los científicos climáticos advierten que superar este último umbral tendrá consecuencias devastadoras que alterarán el clima y, por ende, la biosfera. La evidencia científica es clara: entre 2013 y 2023, la temperatura media global fue de 1,19 a 1,21 °C más alta que en la era preindustrial, convirtiéndola en la década más cálida registrada. En Europa, el incremento ha sido incluso mayor, con un aumento de entre 2,12 y 2,19 °C. Además, el verano de 2023 fue el más caluroso registrado a nivel mundial, una tendencia que ha continuado en 2024*^{10,11}. Este aumento acelerado está teniendo ya consecuencias significativas para los ecosistemas, la salud pública y las economías.

Los efectos del cambio climático se manifiestan en eventos climáticos extremos cada vez más frecuentes e intensos, como inundaciones, sequías y olas de calor, variando según las zonas geográficas. El caso de las lluvias torrenciales y las inundaciones es especialmente relevante pues no solo amenazan la seguridad y la economía de las comunidades afectadas, sino también la disponibilidad de agua potable y la operatividad de los sistemas de saneamiento. La contaminación de fuentes de abastecimiento, la interrupción de servicios y la proliferación de enfermedades de origen hídrico son riesgos que requieren atención prioritaria. A nivel global, se acepta que sin acciones ambiciosas y rápidas para reducir las emisiones de GEI, los impactos seguirán intensificándose. De este modo, el cambio climático representa uno de los mayores desafíos de nuestro tiempo, requiriendo un esfuerzo conjunto a nivel local, regional y global para mitigar sus causas y adaptarse a sus efectos inminentes¹².

Hay un consenso muy generalizado entre gestores y científicos en que la lucha contra el cambio climático requiere de estrategias interrelacionadas. Por un lado, la mitigación busca reducir las emisiones de GEI y fortalecer los sumideros de carbono, como bosques y suelos, para ralentizar el cambio. Por otro lado, la adaptación implica implementar medidas que reduzcan los riesgos asociados al cambio climático, como preparar las infraestructuras o crear nuevas, enfrentando mejor los eventos climáticos extremos, como las lluvias torrenciales y las inundaciones.

*Nota: Los años 2025 y 2026 han seguido en esa misma progresión de calor.

3. Los eventos climáticos extremos: hechos y tendencias

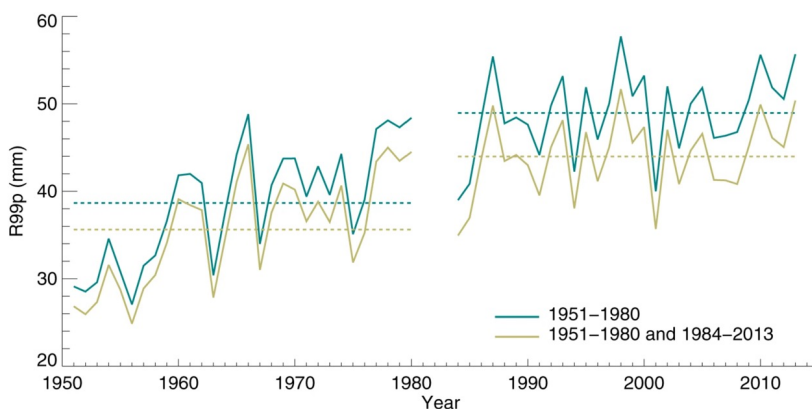
El cambio climático ha intensificado la frecuencia y la severidad de los eventos climáticos extremos a nivel global, con un impacto particularmente significativo en Europa. A modo de ejemplo, en el período 2011-2020, los eventos de calor extremo, de cuatro desviaciones estándar sobre la media, afectaron a un 3 % de la superficie terrestre, lo que refleja un aumento de aproximadamente 1 000 veces en comparación con los datos del período 1951-1980. Se cree que es la aparición de este nivel extremo de calor anómalo lo que origina eventos climáticos que habrían sido virtualmente imposibles en un clima preindustrial. Además, el número de récords de precipitaciones diarias ha crecido un 30 % en la última década, lo que significa que 1 de cada 4 récords de lluvia puede atribuirse al cambio climático. Estos eventos extremos son más frecuentes en los trópicos y se espera que sigan aumentando en intensidad y frecuencia en las próximas décadas¹³.

Con relación a las inundaciones, en la página del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España, se encuentra la siguiente entrada: “Aunque la incertidumbre es todavía importante, son numerosos los estudios que apuntan cambios notables en el fenómeno de las inundaciones como consecuencia de la influencia del cambio climático, de hecho, en algunas regiones estos efectos son ya evidentes. También existe acuerdo entre la comunidad científica y los gestores en la necesidad de profundizar en el conocimiento del impacto del cambio climático en el riesgo de inundación con el fin de diseñar estrategias de adaptación adecuadas”¹⁴.

En efecto, estudios recientes muestran que los eventos de precipitación extrema han aumentado tanto en frecuencia como en intensidad en Europa. La intensidad de las precipitaciones más extremas, utilizando varias métricas para definir estos eventos, aumenta aproximadamente un 6-7 % por grado de calentamiento global, en línea con la capacidad del aire más cálido de retener mayor humedad, de acuerdo con el principio de Clausius-Clapeyron. En Europa Central, un estudio muy amplio realizado para el período entre 1901 y 2013, reveló que el 65,9 % de las estaciones mostraron un aumento en la intensidad de las precipitaciones extremas, estimándose un incremento de aproximadamente un 6,2 % por cada grado de aumento en la temperatura global (muy cercano a la predicción teórica del 7 %). Durante el invierno, el aumento fue mayor, alcanzando hasta el 20 % por °C. El estudio confirmó que la relación entre temperatura y precipitación extrema es significativa en la mayoría de los casos, respaldando el impacto del cambio climático¹⁵.

Otro estudio de referencia, también a nivel europeo, concluyó que, para eventos de precipitación extrema, definidos por el percentil 99 (eventos que superan el percentil 99 de la distribución de precipitación diaria, considerando solo días con lluvia >1 mm), la frecuencia ha aumentado un 60 % por grado de calentamiento global. **Gráfica 2**

Gráfica 2. Evolución del índice R99p (precipitación diaria por encima del percentil 99) en Europa entre dos períodos de tiempo seleccionados. La línea verde utiliza 1951-1980 como período de referencia; la línea amarilla utiliza el período 1951-1980 más 1984-2013. Las líneas de puntos muestran la media de R99p para los dos períodos (1951-1980 y 1984-2013).



Fuente: Myhre, G., Alterskjær, K., Stjern, C.W. et al. Sci Rep 9, 16063 (2019)

Para eventos aún más extremos (percentil 99,97), la frecuencia ha aumentado hasta 100 %, es decir, se duplican por cada grado adicional de calentamiento. En términos absolutos, esto significa que eventos que ocurrían una vez cada década ahora podrían ocurrir hasta tres veces en el mismo período con solo 2 °C de calentamiento global, lo que sugiere que las lluvias torrenciales de hoy, consideradas raras hace unas décadas, podrían duplicarse o triplicarse en los próximos años si continúa el calentamiento¹⁶. Con respecto a Europa cabe decir que los estudios llevados a cabo en Bélgica muestran que los patrones de Oscilaciones Multidecadales del Atlántico (AMO en sus siglas en inglés) desempeñaron un papel fundamental en la explicación de algunas de las tendencias generales de aumento de los extremos de precipitación durante los últimos 20 años^{4,17}.

Con relación a las inundaciones en Europa, un exhaustivo estudio ha analizado las tendencias durante los últimos 150 años (1870-2016), utilizando una base de datos detallada con información sobre 1.564 eventos de inundación en 37 países. Se observa un aumento en la superficie inundada y en el número de personas afectadas, aunque corregido por cambios en la exposición, este crecimiento es menor y podría haber disminuido desde mediados del siglo XX. Por otro lado, las muertes por inundaciones han disminuido drásticamente, con una reducción del 4,6 % anual desde 1950. Las pérdidas económicas normalizadas (ajustadas por inflación y crecimiento económico) no presentan una tendencia clara, aunque desde 1950 muestran un descenso significativo del 2,6 % anual. Ha habido una mayor prevalencia de inundaciones repentinas en el sur de Europa, mientras que el centro y el norte de Europa han experimentado

inundaciones fluviales más frecuentes. En resumen, aunque las medidas de mitigación han reducido las pérdidas humanas y económicas en las últimas décadas, lo que sugiere una mayor resiliencia y adaptación de la sociedad ante estos eventos, el área inundada y el número de personas afectadas ha seguido creciendo¹⁸.

En conclusión, como consecuencia del cambio climático, los eventos climáticos extremos, en particular los eventos de calor y las precipitaciones, son cada vez más frecuentes y numerosos estudios apuntan a que aumentarán también en intensidad en las próximas décadas. En algunas regiones del globo, las lluvias torrenciales y las inundaciones, históricamente presentes pero raras, pueden convertirse en fenómenos habituales de continuar el calentamiento global.

4. Impacto de las lluvias torrenciales y las inundaciones sobre los sistemas de agua potable y de saneamiento

Las lluvias torrenciales y las inundaciones tienen un impacto profundo en los sistemas de suministro de agua de consumo y saneamiento, comprometiendo tanto la calidad del agua como la infraestructura de distribución y tratamiento. Estos eventos exacerbaban los riesgos para la salud pública, los ecosistemas y la seguridad del suministro¹⁹.

Las inundaciones pueden causar daños severos en diversas partes del sistema de agua de consumo¹⁹⁻²¹. A continuación, se resumen algunos de los más relevantes.

1. Captación de agua: Los recursos hídricos superficiales, como ríos y embalses, pueden contaminarse con sedimentos, materia orgánica y residuos químicos arrastrados por las aguas. En los pozos, las inundaciones pueden provocar la entrada de agua contaminada con la afección directa del agua subterránea.
2. Plantas de tratamiento: La llegada de agua altamente turbia y contaminada puede sobrecargar y llegar a saturar los sistemas de tratamiento, requiriendo ajustes constantes en los procesos químicos y mecánicos para garantizar la potabilización. En algunos casos, los daños estructurales pueden interrumpir por completo el tratamiento.
3. Depósitos: Donde es fácil que se acumule un exceso de sedimento que derive en afecciones de la calidad del agua.
4. Redes de distribución: Las inundaciones pueden causar roturas en las tuberías y daños en las estaciones de bombeo, lo que resulta en interrupciones del servicio y riesgo de infiltración de agua contaminada en el sistema.
5. Infraestructuras de saneamiento: Las plantas de tratamiento de aguas residuales y las redes de alcantarillado urbano también sufren impactos graves, incluyendo el desbordamiento del alcantarillado y daños estructurales en las instalaciones, por ejemplo, el bloqueo –o la rotura– de la red de aguas residuales por exceso de barro, lo que amplifica la contaminación ambiental y los riesgos para la salud pública. Además, pueden ser la causa de contaminación por retroceso de determinadas infraestructuras del agua de consumo.

El proceso de recuperación después de una inundación puede ser prolongado y costoso. Es esencial inspeccionar y reparar cada componente del sistema, desde las fuentes de agua hasta los puntos de distribución, para garantizar la calidad y seguridad del suministro. Además, es fundamental monitorizar y asegurar la calidad del agua para evitar brotes de enfermedades durante el periodo de recuperación pues el impacto de las lluvias torrenciales no se limita a la infraestructura. Estos eventos también afectan gravemente la salud pública, tal como se analiza en el siguiente apartado.

5. Inundaciones y salud pública: el caso de las enfermedades de origen hídrico

Las inundaciones arrastran contaminantes como residuos industriales, pesticidas, fertilizantes y aguas residuales. Esto puede resultar en la contaminación de las redes de agua potable por microorganismos como *E. coli* y otros patógenos lo que, a su vez, incrementa el riesgo de enfermedades hídricas. Igualmente, los productos químicos liberados desde instalaciones industriales y agrícolas pueden contaminar los recursos hídricos, dificultando su tratamiento y generando riesgos para la salud. Las comunidades más afectadas por inundaciones suelen ser las de bajos ingresos y aquellas con infraestructura sanitaria deficiente. La falta de acceso a agua potable posterior a las inundaciones y de sistemas de saneamiento operativos aumenta la exposición a patógenos transmitidos por el agua, agravando las desigualdades en salud²²⁻²⁵.

Entre los factores causales que hacen que las inundaciones y el cambio climático exacerbén la transmisión de enfermedades de origen hídrico, cabe mencionar: a) La saturación de los sistemas de drenaje urbanos, causando desbordamientos que mezclan aguas residuales con pluviales²⁴; b) El incremento del transporte de patógenos desde zonas agrícolas hacia cuerpos de agua utilizados para consumo humano²⁵; c) La alteración de la distribución estacional de enfermedades hídricas, aumentando su incidencia en regiones previamente no afectadas²⁶.

La evidencia científica en favor de la asociación entre el cambio climático y el incremento de enfermedades infecciosas, en especial las de origen hídrico, es cada vez más relevante y significativa, aunque la relación de causalidad no siempre esté clara. Así, por ejemplo, se ha reportado que un aumento en las precipitaciones está asociado a un incremento del riesgo de legionelosis^{27,28}. Igualmente, se ha visto que el contacto con aguas pluviales contaminadas está vinculado a un riesgo significativamente mayor de gastroenteritis aguda y de infecciones respiratorias agudas (OR ajustados de 4.2 y 3.3, respectivamente)²⁴.

Entre las enfermedades emergentes o reemergentes que pueden ser más sensibles al cambio climático, destacan las de origen hídrico habida cuenta que se intensifican las condiciones propicias para su diseminación: calor y humedad. Así, es de esperar que enfermedades como el cólera, la criptosporidiosis y giardiasis, la leptospirosis y la legionelosis incrementen su incidencia en el futuro. De hecho, desde 2021, se ha producido un incremento de los casos de cólera y una ampliación de su distribución geográfica en el mundo. En el caso de la legionelosis, también se ha reportado un incremento progresivo de la incidencia, al menos en Europa. Aunque las causas de

estos incrementos pueden ser multifactoriales, es evidente que un cambio en las condiciones climáticas puede tener efectos directos o indirectos sobre la proliferación y transmisión de estos patógenos^{29,30}.

Para minimizar los impactos de las inundaciones, es crucial implementar medidas de adaptación en los sistemas de agua potable y saneamiento³¹. Esto incluye:

1. Mantener Planes Sanitarios del Agua (PSA), diseñados y adecuados para identificar riesgos, evaluar vulnerabilidades y establecer medidas de control en todo el sistema de suministro.
2. Preparar una infraestructura hídrica y de saneamiento resiliente, mejorando la protección de las plantas de tratamiento contra inundaciones y reforzando las redes de distribución para prevenir daños estructurales.
3. Mejorar la gestión de emergencias, estableciendo protocolos para garantizar la continuación del suministro durante eventos extremos, incluyendo el uso de sistemas de respaldo y suministro alternativo de agua.
4. Implementar planes de educación comunitaria, por ejemplo, con campañas de sensibilización a la población sobre los riesgos asociados al contacto con aguas contaminadas y promover prácticas seguras durante inundaciones.

6. Políticas medioambientales frente a las inundaciones

En España, el régimen pluviométrico es muy variable, pasando de estados de sequía a fuertes precipitaciones que en pocas horas alcanzan valores superiores al promedio. Estas precipitaciones extraordinarias provocan caudales extremos, habitualmente denominados crecidas, avenidas o riadas, que al desbordar su cauce habitual provocan la inundación de terrenos, afectando a personas y bienes³².

La gran desproporción entre los caudales ordinarios y extraordinarios de algunos ríos, en un breve plazo de tiempo, y los graves daños que estos producen, hace que el problema de las inundaciones revista en España una especial gravedad. Aunque, en su origen, las crecidas son un fenómeno natural eminentemente físico e hidrológico (respuesta de caudales altos a las fuertes tormentas), en su desarrollo sobre zonas donde hay actividades humanas se convierten en un problema territorial, con amplias repercusiones socioeconómicas³².

La Directiva 2007/60/³³, marcó el inicio de las políticas para la elaboración, aprobación e implantación de los planes de gestión del riesgo de inundación. Esta Directiva se traspuso a través del Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación, cuya implantación está teniendo lugar en varios ciclos³⁴. Los planes de gestión del riesgo de inundación del primer ciclo se aprobaron en el año 2016 y afectaron a 16 demarcaciones hidrográficas. Actualmente están ya en marcha las del segundo ciclo.

El preámbulo del Real Decreto resulta muy ilustrativo: “La lucha contra los efectos de las inundaciones ha sido desde hace muchos años una constante en la política de aguas y de protección civil y así el enfoque tradicional consistente en plantear y ejecutar soluciones estructurales, como la construcción de presas, encauzamientos

y diques de protección, se han revelado en determinados casos insuficientes, por lo que ha sido complementado en las últimas décadas con actuaciones no estructurales, tales como planes de protección civil, implantación de sistemas de alerta, corrección hidrológico-forestal de las cuencas y medidas de ordenación del territorio, para atenuar las posibles consecuencias de las inundaciones. Este último tipo de actuaciones son menos costosas económicamente y a la vez menos agresivas medioambientalmente”³⁴.

De forma simplificada, esta normativa conlleva las siguientes tareas³⁵:

a. Evaluación preliminar del riesgo de inundación (EPRI) e identificación de las áreas de riesgo potencial significativo de inundación (ARPSIs).

Implica la determinación de las zonas para las cuales existe un riesgo potencial de inundación significativo a partir del estudio de la información disponible sobre inundaciones históricas, estudios de zonas inundables, impacto del cambio climático, planes de protección civil, ocupación actual del suelo, así como las infraestructuras de protección frente a inundaciones existentes. Posteriormente se establecen unos baremos de riesgo por peligrosidad y exposición que permiten valorar los daños identificados y se establecen los umbrales que definen el concepto de “significativo”, con el objeto de identificar las áreas de riesgo potencial significativo de inundación (ARPSIs).

b. Mapas de peligrosidad y mapas de riesgo de inundación:

Para las áreas de riesgo potencial significativo de inundación (ARPSIs) seleccionadas en la fase anterior es necesario elaborar mapas de peligrosidad y mapas de riesgo de inundación que delimitan las zonas inundables así como los calados del agua, e indican los daños potenciales que una inundación pueda ocasionar a la población, a las actividades económicas y al medio ambiente y todo ello para los escenarios de probabilidad que establece el Real Decreto 903/2010: probabilidad alta, cuando proceda, probabilidad media (período de retorno mayor o igual a 100 años) y para baja probabilidad o escenario de eventos extremos (período de retorno igual a 500 años).

c. Planes de Gestión del Riesgo de Inundación:

Los Planes de Gestión del Riesgo de Inundación se elaboran en el ámbito de las demarcaciones hidrográficas y las ARPSIs identificadas. Tienen como objetivo lograr una actuación coordinada de todas las administraciones públicas y la sociedad para disminuir los riesgos de inundación y reducir las consecuencias negativas de las inundaciones, basándose en los programas de medidas que cada una de las administraciones debe aplicar en el ámbito de sus competencias para alcanzar el objetivo previsto, bajo los principios de solidaridad, coordinación y cooperación interadministrativa y respeto al medio ambiente.

Estos planes se han articulado en dos ciclos. Los planes de primer ciclo fueron aprobados en su mayoría durante el año 2016. Actualmente se encuentran aprobados 22 planes de gestión del riesgo de inundación de segundo ciclo, mientras que el resto sigue su tramitación.

A modo de llamada a los profesionales de la Salud Ambiental: 2.692.000 habitantes están viviendo actualmente en las zonas inundables de mayor riesgo. Además, se verían afectados 47 hospitales, 977 centros educativos, 347 residencias de ancianos y 9 aeropuertos³⁶.

Los profesionales del campo de la Salud Ambiental de nuestro país deberían conocer estos Planes de Gestión del Riesgo de Inundación, para tener identificada la población e infraestructuras que podrían verse afectadas en caso de materializarse las mismas. Como complemento a esos Planes, figuran también en las CCAA, los Planes de Protección Civil, frente a diferentes riesgos, entre ellos, los de inundaciones.

En resumen, las inundaciones representan un importante riesgo para la salud pública, exacerbado por el cambio climático. La combinación de estrategias de mitigación, infraestructura resiliente y educación puede reducir significativamente los impactos sanitarios y garantizar la seguridad hídrica en el futuro.

La Salud Ambiental no puede, ni debe, ser ajena a estos riesgos; debe conocer los Planes de Gestión de los riesgos por inundaciones y los Planes de Protección civil, para caracterizar demográficamente la población y las infraestructuras potencialmente afectadas en caso de materializarse este evento; ello, significa comprometerse con su objetivo, la protección de la población.

En este contexto, los capítulos que conforman este libro ofrecen un marco integral para la prevención, pero también, llegado el caso, para la evaluación, restauración y seguimiento del suministro de agua potable tras inundaciones, priorizando la protección de la salud pública, que debe ser el criterio central en todas las decisiones relacionadas con el restablecimiento del suministro de agua de consumo. Desde la identificación de riesgos hasta la implementación de medidas preventivas y la gestión de brotes asociados, este libro pretende proporcionar las herramientas esenciales para enfrentar los desafíos crecientes derivados de los eventos climáticos extremos, como las lluvias torrenciales y las inundaciones.

Bibliografía

1. Ball P. Una biografía del agua. Turner Fondo de cultura económica. Madrid, 1999.
2. O'Connor, J.E., and Costa, J.E., 2004, The world's largest floods, past and present—Their causes and magnitudes: U.S. Geological Survey Circular 1254, 13 p
3. Rodier J.A., Roche M., 1984, World catalogue of maximum observed floods: International Association of Hydrologic Sciences Publication No. 143, 354 p.
4. Ortega Gironés E, Saénz de Santa María Benedet JA, Uhlig S. Cambios climáticos. Mc Graw Hill. AulaMagna, 2024.
5. Tribunal de Cuentas Europeo. Informe especial nº 25, 2018. Directiva sobre inundaciones: se ha avanzado en la evaluación de riesgos, pero es necesario mejorar la planificación y la ejecución.

6. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Cronología de riadas en la cuenca del Segura. (Acceso: 6 de febrero de 2025). Disponible en: <https://www.chsegura.es/es/confederacion/unpocodehistoria/cronologia-de-riadas-en-la-cuenca-del-Segura/>
7. Ferreras Fernández C. Inundaciones y sequías en la cuenca del Segura. Serie Técnica y de Estudios nº 27. Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Región de Murcia.
8. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo. Una mejor reacción europea en caso de catástrofe: el papel de la protección civil y de la ayuda humanitaria. COM(2010) 600 final. (Acceso: 6 de febrero de 2025). Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52010DC0600&from=ES>
9. IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
10. European Environment Agency. Climate: overview, key facts, EU Action. (Acceso: 20 de enero de 2025). Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/en/topics/at-a-glance/climate>
11. Tollefson, J. Earth breaches 1.5 °C climate limit for the first time: what does it mean? Nature Briefing. 10 January 2025. doi: <https://doi.org/10.1038/d41586-025-00010-9>.
12. United Nations Economic Commission for Europe and World Health Organization Regional Office for Europe. Guidance on Water Supply and Sanitation in Extreme Weather Events. 2011. Edited by L Sinisi and R Aertgeerts. WHO Regional Office for Europe. <https://iris.who.int/handle/10665/326379>.
13. Robinson, A., Lehmann, J., Barriopedro, D. et al. Increasing heat and rainfall extremes now far outside the historical climate. *npj Clim Atmos Sci* 4, 45 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41612-021-00202-w>
14. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Cambio climático e inundaciones. (Acceso 6 de febrero de 2025). Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion/planes-gestion-riesgos-inundacion/cambio-climatico-e-inundaciones.html>
15. Zeder, J. and Fischer, E M. Observed extreme precipitation trends and scaling in Central Europe. *Weather and Climate Extremes*, 29, 2020.
16. Myhre, G., Alterskjær, K., Stjern, C.W. et al. Frequency of extreme precipitation increases extensively with event rareness under global warming. *Sci Rep* 9, 16063 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52277-4>
17. Willems P. Multidecadal oscillatory behaviour of rainfall extremes in Europe. *Climatic Change* (2013) 120:931–944 DOI 10.1007/s10584-013-0837-x
18. Paprotny, D., Sebastian, A., Morales-Nápoles, O. et al. Trends in flood losses in Europe over the past 150 years. *Nat Commun* 9, 1985 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41467-018-04253-1>
19. Vose RS, Applequist S, Squires M, Durre I, Menne MJ, Williams Jr CN, Fenimore C, Gleason K, Arndt D. Improved Historical Temperature and Precipitation Time Series for U.S. Climate Divisions. *J. Appl. Meteor. Climatol.* 2014; 53:5; <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-13-0248.1>
20. UK Health Security Agency. How to recover from flooding. 2023. <https://www.gov.uk/government/publications/flooding-and-health-advice-for-frontline-responders/how-to-recover-from-flooding>
21. Barbetta, S., Bonaccorsi, B., Tsitsifili, S. et al. Assessment of Flooding Impact on Water Supply Systems: A Comprehensive Approach Based on DSS. *Water Resour Manage* 36, 5443–5459 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11269-022-03306-x>
22. Defense Center for Public Health. Public Health Concerns from Flooding, with Emphasis on Potable Water System Recovery. TIP No. 019-1223. <https://ph.health.mil/PHC%20Resource%20Library/ehse-water-ph-concerns-flooding-potable-water.pdf>
23. UK Health Security Agency. Guidance Flooding and health: advice for the public. Updated March 2024. (Acceso 9 de febrero de 2025). Disponible en: <https://www.gov.uk/government/publications/flooding-and-health-public-advice/flooding-and-health-advice-for-the-public>
24. Lynch VD, Shaman J. Waterborne Infectious Diseases Associated with Exposure to Tropical Cyclonic Storms, United States, 1996-2018. *Emerg Infect Dis.* 2023 Aug;29(8):1548-1558. doi: 10.3201/eid2908.221906. PMID: 37486189; PMCID: PMC10370842.

25. Mulder, A.C., Pijnacker, R., de Man, H. et al. "Sickenin' in the rain" – increased risk of gastrointestinal and respiratory infections after urban pluvial flooding in a population-based cross-sectional study in the Netherlands. *BMC Infect Dis* 19, 377 (2019). <https://doi.org/10.1186/s12879-019-3984-5>
26. Djennad, A., Lo Iacono, G., Sarran, C. et al. A comparison of weather variables linked to infectious disease patterns using laboratory addresses and patient residence addresses. *BMC Infect Dis* 18, 198 (2018). <https://doi.org/10.1186/s12879-018-3106-9>
27. Romanello M, Di Napoli C et al. The 2022 report of the Lancet Countdown on health and climate change: health at the mercy of fossil fuels. *Lancet*. 2022 Nov 5;400(10363):1619-1654. doi: 10.1016/S0140-6736(22)01540-9.
28. Hicks LA, Rose CE Jr, Fields BS, Drees ML, Engel JP, Jenkins PR, Rouse BS, Blythe D, Khalifah AP, Feikin DR, Whitney CG. Increased rainfall is associated with increased risk for legionellosis. *Epidemiol Infect*. 2007 Jul;135(5):811-7. doi: 10.1017/S0950268806007552.
29. Walker J. The influence of climate change on waterborne disease and *Legionella*: a review. *Perspectives in Public Health*. 2018;138(5):282-286. doi:10.1177/1757913918791198
30. Semenza JC, Ko AI. Waterborne Diseases That Are Sensitive to Climate Variability and Climate Change. *N Engl J Med*. 2023 Dec 7;389(23):2175-2187. doi: 10.1056/NEJMra2300794. PMID: 38055254.
31. Aune KT, Davis MF, Smith GS. Extreme Precipitation Events and Infectious Disease Risk: A Scoping Review and Framework for Infectious Respiratory Viruses. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Dec 24;19(1):165. doi: 10.3390/ijerph19010165.
32. Dirección General de Protección Civil y Emergencias. Inundaciones. (Acceso: 9 de febrero de 2025). Disponible en: <https://www.proteccioncivil.es/coordinacion/gestion-de-riesgos/hidrologicos/inundaciones>
33. Directiva 2007/60/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación. D.O.U.E. L 288/27, de 6.11.2007
34. Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación. B.O.E. núm. 171, de 15/07/2010
35. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Planes de gestión del riesgo de inundación. (Acceso: 9 de febrero de 2025). Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion/planes-gestion-riesgos-inundacion.html>
36. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Resumen ejecutivo de los Planes de Gestión del Riesgo de Inundaciones (PGRi) de segundo ciclo (2022-2027) en las cuencas intercomunitarias. Contenidos y principales novedades. (Acceso: 9 de febrero de 2025). Disponible en: https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion/nota-contenido-pgris-segundo-ciclo-sgpagr-cambios_tcm30-528533.pdf

CAPÍTULO 2

MARCO GENERAL NORMATIVO DE LOS ABASTECIMIENTOS DE AGUA

José M^a Ordóñez Iriarte

1. Introducción

Resultaba muy ilustrativo el Preámbulo de la ya derogada Ley de aguas, de 1985, porque daba una visión de lo que supone este recurso público. Decía: “El agua es un recurso natural escaso, indispensable para la vida y para el ejercicio de la inmensa mayoría de actividades económicas: es irremplazable, no ampliable por la mera voluntad del hombre, irregular en su forma de presentarse en el tiempo y en el espacio, fácilmente vulnerable y susceptible de usos sucesivos. Asimismo, el agua constituye un recurso unitario, que se renueva a través del ciclo hidrológico y que conserva, a efectos prácticos, una magnitud casi constante dentro de cada una de las cuencas hidrográficas del país”¹.

Por su parte, la Directiva Marco Europea del Agua (DMA) nació como respuesta a la necesidad de unificar las actuaciones en materia de gestión de agua en la Unión Europea². Ello obligó, entre otras cosas, a modificar la Ley anterior, lo que se hizo mediante el Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el Texto Refundido de la Ley de Aguas (TRLA)³.

Para el tema que nos ocupa, quizá merece la pena entrar en el desarrollo normativo; uno tiene que ver con el Reglamento del Dominio Público Hidráulico; el otro, con los criterios de calidad del agua.

El Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, desarrolla los títulos preliminar I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.

Una definición que nos interesa es la de captación. Se entiende por captación: “toma, derivación o extracción, directa o indirecta, de un caudal de agua en dominio público hidráulico que podrá tener procedencia superficial o subterránea y que se lleva a cabo en un lugar denominado punto de captación. Asociada a la captación principal en dominio público hidráulico, podrán existir una o varias captaciones secundarias de agua o subtomos, a través de las infraestructuras u obras hidráulicas asociadas al aprovechamiento, como canales, acequias, balsas y depósitos”⁴.

Dentro de los usos consuntivos del agua, el que interesa es el de abastecimiento, que tiene prioridad sobre el resto. Este uso está sujeto a concesión administrativa. A fin de proteger adecuadamente la calidad del agua, se podrá establecer alrededor de los lechos de lagos, lagunas y embalses, un área en la que se condicionará el uso del suelo y las actividades que se desarrollen.

2. Perímetros de protección de captaciones de agua destinadas al consumo humano

Los artículos 243 ter, quater y quinquies, son muy relevantes y precisos al respecto.

Las administraciones competentes en el abastecimiento urbano y los organismos de cuenca, deberán determinar perímetros de protección para todas aquellas captaciones de agua destinada a consumo humano incluidas en el Registro de Zonas Protegidas al que se refiere el artículo 99 bis del TRLA, que proporcionen un volumen medio de, al menos, 10 metros cúbicos diarios o abastezcan a más de 50 personas.

En la delimitación de perímetros de protección de captaciones de aguas destinadas al consumo humano, de acuerdo con el artículo 243 ter.1, se diferenciarán, al menos, dos zonas: la zona inmediata o de restricciones absolutas de acceso restringido y la zona de protección general.

Sin embargo, en el caso de sistemas de abastecimiento de captaciones de **aguas subterráneas** que abastezcan a más de 50.000 habitantes o que proporcionen un promedio de más de 10.000 m³/día, que dispongan de, al menos, una captación de agua subterránea, así como de otros aprovechamientos, se diferenciarán, al menos, cuatro zonas de protección asociadas a las captaciones de agua subterráneas existentes:

- a. La zona inmediata o de restricciones absolutas, con un acceso restringido con el fin de la protección sanitaria, tal como se define en el apartado anterior.
- b. Zona próxima o de restricciones máximas, que estará formada por la superficie del terreno situada a tal distancia de la captación que cualquier contaminante persistente de origen microbiológico, químico y físico o no que se infiltre a través de ella no pueda salir por la captación en un tiempo inferior al necesario para su inactivación.
- c. Zona alejada o de restricciones moderadas, con el objetivo de interponer largos períodos de tránsito para contaminantes persistentes en el acuífero con el fin de lograr su disolución y atenuación.
- d. Zona de restricciones mínimas o envolvente, con el objetivo de proteger a la captación de contaminantes de larga persistencia temporal de tipo regional o de elevada peligrosidad.

3. Criterios de calidad de las aguas superficiales y subterráneas destinadas a la producción de agua para consumo humano

Se regulan a través del Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental⁵.

Para llevar a cabo el seguimiento del estado de las masas de agua superficiales, se articulan los siguientes programas: el Programa de control de vigilancia, el Programa de control operativo y el Programa de control de investigación, así como el **control adicional** de las masas de agua del Registro de zonas protegidas de cada demarcación:

Es este control adicional (artículo 8) el que debe considerarse en el caso de las masas de agua del registro de zonas protegidas:

- a. Las masas de agua, superficiales y subterráneas, destinadas a la producción de agua para consumo, y que, a partir de uno o varios puntos de captación, proporcionen un promedio de más de 100 metros cúbicos diarios, se someterán a controles adicionales de los parámetros, sustancias o contaminantes que puedan constituir un riesgo para la salud humana a través del consumo de agua o dar lugar a un deterioro inaceptable de la calidad del agua de consumo, a tenor del resultado de la evaluación y gestión del riesgo de las zonas de captación de agua destinada a la producción de agua de consumo prevista en el capítulo VII del Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y su suministro. En todo caso se garantizará el control de las sustancias prioritarias y los contaminantes vertidos en cantidades significativas.

Las estaciones o puntos de muestreo seleccionados para este control se identificarán como Programa de control de aguas destinadas al abastecimiento.

Para el cumplimiento de estos requisitos adicionales, el seguimiento se efectuará de conformidad con los criterios definidos en el anexo I C.

Una masa de agua superficial incumple los requisitos adicionales de las Zonas Protegidas por Abastecimiento si en los puntos de muestreo se observa una tendencia ascendente, significativa y sostenida, de la concentración de los contaminantes de riesgo, en particular:

- Anexo IV de Normas de calidad ambiental para las sustancias prioritarias y otros contaminantes
- Anexos V y VI de contaminantes
- Deberá prestarse especial atención a los parámetros químicos del Anexo I del Real Decreto de aguas de consumo

4. Criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro

Como se ha podido ver, las aguas que se van a destinar a la producción de agua de consumo público son objeto de varios tipos de control preventivos; unos tienen que ver con los perímetros de protección para evitar su contaminación; los otros tienen que ver con los criterios mínimos de calidad que deben tener en origen para poder ser derivadas a este fin. Todo ello se articula a través de los planes hidrológicos definidos en el Reglamento de la Planificación Hidrológica, aprobado por el Real Decreto 907/20076. Ver **Figura 1**.

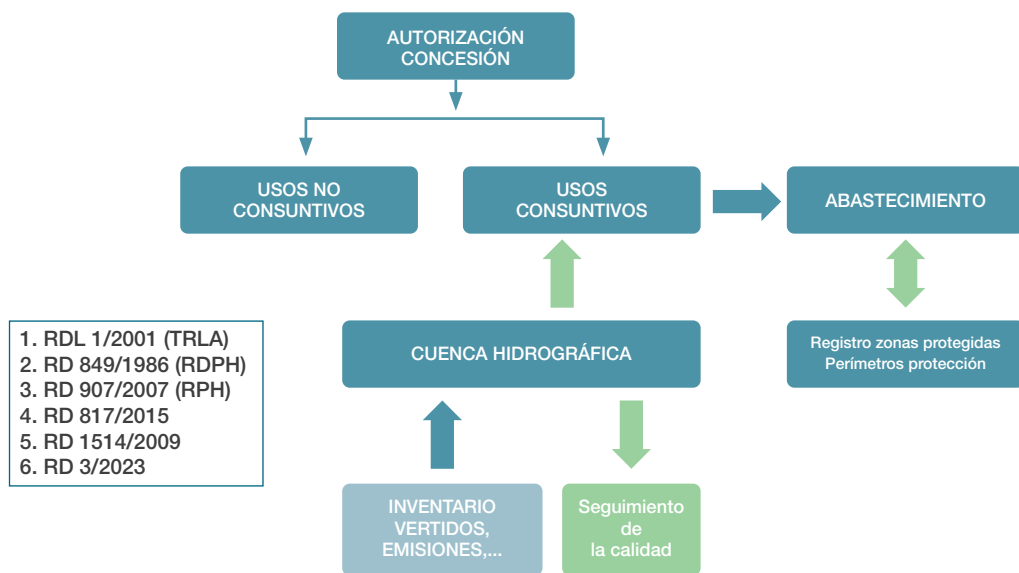
El Reglamento señala que “la planificación hidrológica tendrá por objetivos generales conseguir el buen estado y la adecuada protección del dominio público hidráulico y de las aguas objeto del texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto

Legislativo 1/2001, de 20 de julio, la satisfacción de las demandas de agua, el equilibrio y armonización del desarrollo regional y sectorial, incrementando las disponibilidades del recurso, protegiendo su calidad, economizando su empleo y racionalizando sus usos en armonía con el medio ambiente y los demás recursos naturales”⁶.

Sigue el Reglamento indicando que “para la consecución de los objetivos a que se refiere el párrafo anterior, la planificación hidrológica se guiará por criterios de sostenibilidad en el uso del agua mediante la gestión integrada y la protección a largo plazo de los recursos hídricos, prevención del deterioro del estado de las aguas, protección y mejora del medio acuático y de los ecosistemas acuáticos y reducción de la contaminación. Asimismo, la planificación hidrológica contribuirá a **paliar los efectos de las inundaciones y sequías**”.

Los planes hidrológicos, como instrumento previsto en la legislación de aguas con el objetivo general de conseguir el buen estado y adecuada protección del dominio público hidráulico y de las aguas continentales, indican para cada demarcación hidrográfica las masas de agua utilizadas para la captación de aguas destinadas a la producción de agua de consumo, contienen un registro de las mismas que debe mantenerse actualizado y adoptan las medidas necesarias para evitar el deterioro de su calidad a fin de reducir el nivel del tratamiento de purificación necesario para la producción de aguas aptas para el consumo.

Figura 1. Marco legislativo y control de la calidad de los usos del agua



Fuente: Elaboración propia

Conocer el conjunto de aspectos que concurren en el Plan Hidrológico de cuenca, es una tarea fundamental de la salud pública. Entre los contenidos del Plan figuran cuestiones tan fundamentales para la salud pública como: a) Los usos y demandas existentes con una estimación de las presiones sobre el estado cuantitativo de las aguas, la contaminación de fuente puntual y difusa, incluyendo un resumen del uso del suelo, y otras afecciones significativas de la actividad humana; b) Un resumen de las medidas necesarias para aplicar la legislación sobre protección del agua, incluyendo separadamente las relativas al agua potable o c) Un resumen de controles previstos sobre vertidos puntuales y otras actividades con incidencia en el estado del agua, incluyendo la ordenación de vertidos directos e indirectos al dominio público hidráulico y a las aguas objeto de protección por el texto refundido de la Ley de Aguas⁶.

El Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro⁷, entre otras cosas, incorporó al Derecho español la Directiva (UE) 2020/2184, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano⁸.

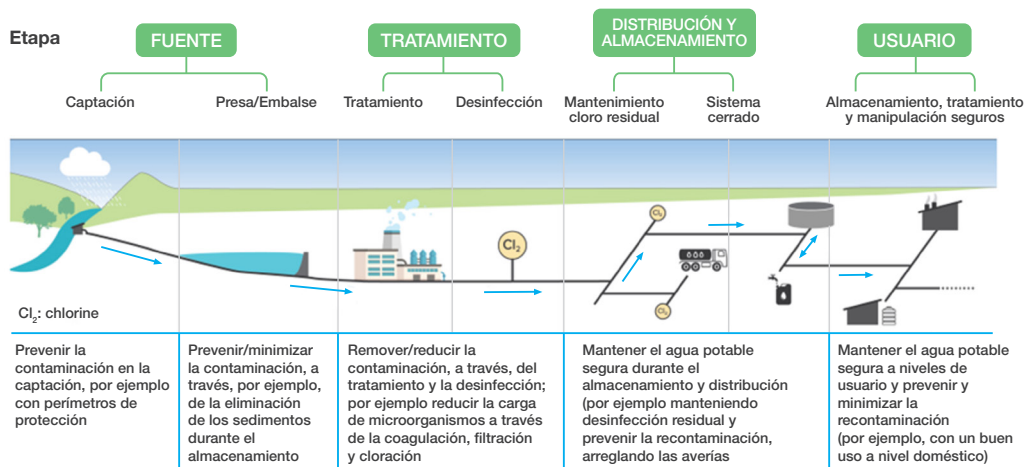
El Real Decreto 3/2023 tiene por “objeto establecer los criterios técnicos y sanitarios de las aguas de consumo y de su suministro y distribución, **desde las masas de agua hasta el grifo del usuario**, así como el control de su calidad, garantizando y mejorando su acceso, disponibilidad, salubridad y limpieza, con la finalidad de proteger la salud de las personas de los efectos adversos derivados de cualquier tipo de contaminación”.

Este Real Decreto 3/2023 viene a reforzar aún más si cabe al Real Decreto 817/2015, en lo relativo a los requisitos adicionales de control de aguas destinadas al abastecimiento para el seguimiento de las zonas protegidas de la captación de agua para la producción de agua de consumo.

Una de las estrategias más novedosas que incorpora es el enfoque basado en el riesgo que integra tres componentes: la evaluación y gestión del riesgo de las zonas de captación de aguas destinadas a la producción de agua de consumo humano; la evaluación y gestión del riesgo en la zona de abastecimiento, desde la captación hasta la entrega al usuario, lo que se denomina acometida; y, por último, la evaluación y gestión del riesgo de las instalaciones interiores en edificios prioritarios. **Figura 2.**

Figura 2. Barreras establecidas en un sistema de abastecimiento público

La planificación de la seguridad del agua gestiona el riesgo a lo largo de toda la cadena de suministro de agua, ...



... para proporcionar agua potable segura a los usuarios.

Fuente: WHO¹²: Elaboración propia

A. Evaluación y gestión del riesgo de las zonas de captación⁷

La evaluación de riesgos de las zonas de captación incluirá los siguientes elementos:

a) Caracterización de las zonas de captación:

a. Delimitación y cartografía; usos del suelo, escorrentía, ...

b) Detección de peligros y eventos peligrosos en las zonas de captación;

a. Estudio de las repercusiones de la actividad humana efectuado y la información sobre las presiones significativas, o que superan un umbral definido a partir del cual se puede poner en riesgo el cumplimiento de los objetivos medioambientales en una masa de agua

c) Control adecuado de las aguas superficiales o subterráneas, o en ambas, en las zonas de captación;

a. El control adecuado de las aguas en las zonas de captación, en las aguas superficiales, subterráneas, de los parámetros, sustancias o contaminantes pertinentes seleccionados de entre los siguientes: anexo I, parte A. Parámetros microbiológicos y parte B Parámetros químicos; Contaminantes de las aguas subterráneas que figuran en el anexo I del Real Decreto 1514/2009; Sustancias prioritarias y otros contaminantes que figuran en el anexo IV del Real Decreto 817/2015; Contaminantes específicos de cuenca determinados en cada demarcación hidrográfica con arreglo al Real Decreto 817/2015; otros contaminantes (p.e. los derivados de la detección de peligros)

d) Sobre la base del resultado de la evaluación de riesgos realizada de conformidad, la administración hidráulica velará por que se tomen las siguientes medidas de gestión de riesgos, para prevenir o controlar los riesgos detectados, según corresponda, empezando por las medidas preventivas:

- a. Medidas preventivas:
- b. Medidas de atenuación
- c. Control adecuado de las aguas en las zonas de captación
- d. Aplicación de perímetros de protección:

B. Evaluación y gestión del riesgo en las zonas de abastecimiento y edificios prioritarios. Plan Sanitario del Agua (PSA)

Si bien el Anexo VII del Real Decreto 3/2023 recoge los elementos que forman parte del PSA, el Ministerio de Sanidad ha editado dos documentos: la Guía práctica para la elaboración de un plan sanitario del agua en una zona de abastecimiento. Evaluación semicuantitativa⁹ y la Guía práctica para la elaboración de un Plan Sanitario del Agua en una zona de abastecimiento. Evaluación cuantitativa¹⁰, para facilitar la implantación de esta metodología. Asimismo, ha puesto a disposición de los operadores una herramienta web de Gestión de los Planes Sanitarios del Agua que puede ser de ayuda en la elaboración de dichos planes.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) establecía en sus Guías para la calidad del agua la recomendación de aplicar un Plan de Seguridad del Agua (WSP en sus siglas en inglés) para garantizar sistemáticamente la seguridad de los abastecimientos de agua de consumo. En el año 2009, editó con este fin el “Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua. Metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo”¹¹, que ha actualizado recientemente con su segunda versión bajo el título “Manual del plan de seguridad del agua. Gestión de riesgos paso a paso para proveedores de agua potable”¹² (**Figura 3**), tenidas ambas en cuenta por el Ministerio de Sanidad para sus propias guías. En el marco normativo español estos planes han adoptado el nombre de Planes Sanitarios del Agua.

Este último manual de la OMS apoya la gestión de los suministros de agua de consumo a través de la planificación de la seguridad del agua: un enfoque integral de evaluación y gestión de riesgos para ayudar a garantizar la seguridad de un suministro de agua.

El Manual de la OMS se articula en 10 módulos¹²:

Módulo 1. Formación del equipo del PSA

Módulo 2. Descripción del sistema de suministro de agua

Módulo 3. Identificación de peligros y eventos peligrosos

Módulo 4. Validación de las medidas de control existentes y evaluación de los riesgos

Módulo 5. Planificación de mejoras

Módulo 6. Seguimiento de las medidas de control

Módulo 7. Verificación de la eficacia del PSA

Módulo 8. Fortalecimiento o refuerzo de los procedimientos de gestión

Módulo 9. Fortalecimiento o refuerzo de los programas complementarios

Módulo 10. Revisión y actualización del PSA

Además, resulta de gran interés la página web de la OMS denominada “Portal de seguridad del agua”¹³, que “tiene como objetivo contribuir a mejorar y mantener la seguridad de los suministros de agua potable a través de la implementación efectiva de los PSA, un enfoque de evaluación y gestión de riesgos de la cuenca para el consumidor recomendado por la International Water Association (IWA) y la OMS como el medio más eficaz para garantizar sistemáticamente la seguridad de un suministro de agua potable”

Figura 3. Esquema de la metodología de los PSA elaborada por la OMS



Fuente: OMS¹²

Los Planes Sanitarios del Agua, tanto los referentes a los puntos de captación como los de todo el sistema de abastecimiento hasta el grifo del consumidor, son una herramienta clave desde el punto de vista de la protección de la salud, porque permiten prevenir y controlar los riesgos y evitar así la exposición de la población a posibles agentes peligrosos o situaciones de riesgo. Para garantizar su eficacia, es imprescindible que las administraciones hidráulicas pongan a disposición de los operadores de los abastecimientos los PSA de las zonas de captación y que haya la máxima coordinación entre las administraciones implicadas (organismos de cuenca, administraciones sanitarias y administraciones locales). Asimismo, es importante recordar la importancia de incluir en los PSA la posibilidad de que ocurran eventos peligrosos, entre los cuales están las posibles incidencias derivadas de inundaciones, lluvias torrenciales u otras, que pueden implicar también contaminación de la captación o del sistema o dejarlo inoperativo por daños en infraestructuras, fallos eléctricos u otros problemas. Uno de los efectos del cambio climático es el incremento de episodios de este tipo, por lo que tenerlos en consideración en los PSA contribuirá a disponer de medidas previstas para hacer frente a dichas situaciones.

Bibliografía

1. Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas. B.O.E. núm. 189, de 8 de agosto de 1985.
2. 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.
3. Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas. B.O.E. núm. 176, de 24 de julio de 2001.
4. Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos preliminar I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas. B.O.E. núm. 103, de 30 de abril de 1986.
5. Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental. B.O.E. núm. 219, de 12 de septiembre de 2015.
6. Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica. B.O.E. núm.162, de 7 de julio de 2007.
7. Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro. B.O.E., núm. 9, de 11 de enero de 2023.
8. Directiva (UE) 2020/2184 del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2020 relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano (versión refundida). DOUE núm. 435, de 23 de diciembre de 2020.
9. Ministerio de Sanidad. Guía práctica para la elaboración de un plan sanitario del agua en una zona de abastecimiento. Tomo I Evaluación semicuantitativa.
10. Ministerio de Sanidad. Guía práctica para la elaboración de un plan sanitario del agua en una zona de abastecimiento. Evaluación cuantitativa.
11. Bartram J, Corrales L, Davison A, Deere D, Drury D, Gordon B, Howard G, Rinehold A, Stevens M. Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua: metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo. Organización Mundial de la Salud. Ginebra, 2009.
12. World Health Organization. Water safety plan manual: step-by-step risk management for drinking-water suppliers, second edition. Geneva: World Health Organization; 2023. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
13. Organización Mundial de la Salud. Portal de Seguridad del Agua. (Acceso el 21 de abril de 2025). Disponible en: <https://wsportal.org/about/>

CAPÍTULO 3

PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS POR FASES PARA EL RESTABLECIMIENTO DEL SUMINISTRO

*Sebastián Crespi Rotger
José M^a Ordóñez Iriarte
Leticia Fernández Vidal
Ruth García García
Emilio Bonet Domingo*

1. Justificación y principios generales

Este capítulo 3 tiene un propósito orientativo y operativo: ayudar al lector a situarse rápidamente en la fase en la que se encuentra la emergencia, identificar qué decisiones clave deben adoptarse en cada una y dónde hay más información para ayudar a su desarrollo completo en la Guía. Viene a ser como **capítulo “de consulta rápida”**, tipo mapa u hoja de ruta. La estructura propuesta organiza la respuesta en cinco fases (0-4): activación → evaluación inicial → preparación y alternativas → restauración y verificación → calificación provisional y definitiva. Es decir, desde la activación y evaluación inicial hasta el retorno a la normalidad, remitiendo a los capítulos específicos donde se detalla cada actuación.

De manera resumida, los contenidos propuestos para cada fase son los siguientes:

- a)** Fase 0 (activación): activación, formación del equipo, coordinación y comunicación inicial.
- b)** Fase 1 (evaluación inicial): delimitación preliminar del área afectada, evaluación rápida de riesgos y primeras decisiones de control (p.ej., interrupción preventiva).
- c)** Fase 2 (preparación y alternativas): acordar la estrategia de intervención (sectorización/aislamiento, purgas, desinfecciones, reparaciones), garantizando el acceso a agua segura mediante soluciones alternativas cuando sea necesario.
- d)** Fase 3 (restauración y verificación): recuperar el servicio de forma controlada y segura (integridad básica del sistema, medidas correctoras aplicadas) y plan mínimo de muestreo y verificación asociado a la restitución por sectores.
- e)** Fase 4 (calificación provisional y definitiva): una vez restablecido total o parcialmente el suministro, calificación provisional de aptitud (de las muestras iniciales), adopción o levantamiento progresivo de restricciones de uso, seguimiento reforzado de la calidad del agua y preparación de la documentación necesaria para el cierre de la incidencia, la calificación definitiva y el retorno a la normalidad.

Aunque la secuencia por fases (0-4) refleja una estructura lógica y útil para ordenar la respuesta, debe entenderse como un marco orientativo y no como compartimentos estancos: en la práctica, pueden existir solapamientos entre fases, avances paralelos

y ajustes en función de la evolución del evento, la accesibilidad, la capacidad operativa y la incertidumbre inicial. Además, en determinadas situaciones puede no ser necesario —o incluso conveniente— aplicar de forma literal todas las actuaciones descritas (por ejemplo, realizar inspecciones presenciales cuando los accesos están cortados o las labores de emergencia están en marcha), ya que lo prioritario es mantener una vigilancia sanitaria eficaz basada en una coordinación estrecha con los operadores y en el conocimiento actualizado de lo que ocurre, sin que ello requiera siempre presencia sobre el terreno. Del mismo modo, los “productos mínimos” propuestos (decisiones, planes, registros, comunicaciones, etc.) y los criterios de cierre y de paso a la fase siguiente deben considerarse flexibles y adaptarse a cada contexto, sin perder los principios de precaución, coherencia técnica y trazabilidad. En consecuencia, la información que se presenta a continuación tiene un carácter necesariamente orientativo y pretende servir como referencia práctica para facilitar la toma de decisiones, remitiendo siempre al desarrollo detallado de los capítulos correspondientes cuando sea necesario. Ver **Figura 1**.

Figura 1. Tabla-resumen de la ruta operativa por fases para el restablecimiento del suministro, con los propósitos, criterios de paso y decisiones clave de cada fase.

Ruta para el restablecimiento: las cinco fases

FASE 0 ACTIVACIÓN	FASE 1 EVALUACIÓN	FASE 2 PREPARACIÓN	FASE 3 RESTAURACIÓN	FASE 4 NORMALIDAD
Propósito Asegurar una dirección única y coordinada. Ordenar a los actores para que lo técnico funcione.	Propósito Disponer de una Evaluación Rápida de Riesgo (ERR) en pocas horas/días para priorizar acciones.	Propósito Pasar del riesgo a un escenario de restablecimiento escalonado. No es una reconexión automática.	Propósito Restablecer el suministro de manera segura, progresiva y verificable. Cómo volver a dar agua.	Propósito Gestión sanitariamente segura y trazable hasta el cierre del evento.
CRITERIO DE PASO Activación de equipo, delimitación y preparación y preparación ERR. CRITERIO DE PASO Estrategia de intervención definida + acceso a agua alternativa garantizado CRITERIO DE PASO Capacidad técnica para recuperar servicio + Plan mínimo de verificación y muestreo CRITERIO DE PASO Restitución funcional (total o parcial) lograda				
Decisiones clave Activación del equipo, delimitación preliminar, primeras decisiones de control, comunicación inicial.	Decisiones clave Restricciones de uso (principio de precaución), suministro alternativo urgente, prioridades operativas, vigilancia epidemiológica.	Decisiones clave Estrategia de intervención, plan técnico (inspección, reparación, limpieza), continuidad de alternativas.	Decisiones clave Orden de sectorización, condiciones mínimas para re-presurizar, plan de verificación.	Decisiones clave Calificación provisional, seguimiento reforzado (Autocontrol), calificación definitiva.

Igualmente es importante destacar que los principios generales de actuación son, en esencia, los mismos en todas las fases y se pueden encontrar descritos, en mayor o menor grado, en los diversos capítulos de la Guía. A modo de resumen, serían los siguientes:

- Protección de la salud pública y principio de precaución. Tras inundaciones, el agua de red no debe asumirse como segura hasta disponer de evidencias técnicas y analíticas suficientes; las decisiones deben priorizar minimizar la exposición a eventos peligrosos, con restricciones proporcionales al riesgo y levantamiento progresivo y controlado.
- Decisiones colegiadas y basadas en criterios predefinidos. El avance entre fases debe acordarse entre autoridad sanitaria, operador y apoyo técnico, apoyándose en criterios fijados en planes o procedimientos, manteniendo coherencia en todo el territorio afectado.
- Comunicación continua y coherente. Cada fase debe ir acompañada de mensajes claros sobre: nivel de restricción, precauciones, zonas afectadas y criterios para levantar restricciones.
- Priorización de infraestructuras críticas y población vulnerable. El restablecimiento y/o las alternativas de suministro deben priorizar centros sanitarios, residencias, albergues, escuelas y otros servicios esenciales, en función de criterios epidemiológicos y de vulnerabilidad.
- Base en evidencia y trazabilidad. La recuperación del servicio debe estar apoyada en verificaciones operativas y analíticas. Toda transición relevante (especialmente hacia calificación provisional y definitiva) debe sostenerse en evidencias registradas (actuaciones, resultados, comunicaciones), para asegurar coherencia técnica y respaldo en caso de revisión posterior.

2. Fase 0. Activación

Propósito de la fase: asegurar que, desde el primer momento, existe una dirección única y coordinada de la respuesta, con roles claros, un circuito de comunicación y un marco de decisión que permita iniciar actuaciones urgentes sin demoras ni mensajes contradictorios. Esta fase no es “técnica” en el sentido de limpiar o muestrear: es la fase que ordena a los actores para que lo técnico funcione.

2.1. ¿Cuándo se activa la Fase 0?

Se activa cuando se confirma (o se sospecha razonablemente) que las lluvias torrenciales/inundaciones han podido afectar a: 1) la continuidad del suministro; 2) la integridad de infraestructuras (captación-tratamiento-depósitos-red); 3) o la calidad del agua (por intrusión, arrastres, colapso de saneamiento, etc.).

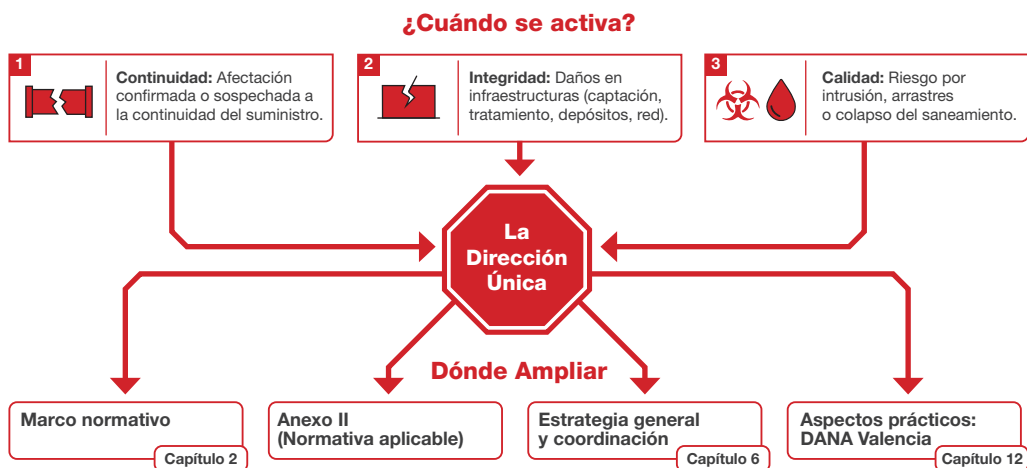
2.2. Dónde ampliar en la Guía:

- Bases legales y reglamentarias: *Capítulo 2: Marco general normativo de los abastecimientos de aguas. Anexo II: Normativa Aplicable*
- Estrategia general, coordinación y enfoque de intervención: *Capítulo 6: Estrategias generales de acción en contextos post-inundación*
- Aspectos prácticos: *Capítulo 12: Caso práctico: DANA Valencia 2024*

Figura 2. Esquema conceptual de la Fase 0.

Fase 0. Activación y Coordinación inicial

Esta fase no es técnica; es la fase que ordena a los actores para que lo técnico funcione



3. Fase 1. Evaluación inicial

Propósito de la fase: delimitar el área afectada y disponer, en pocas horas/días, de una evaluación inicial de la situación que permita priorizar decisiones (restricciones de uso, medidas de contención, protección de grupos vulnerables, acciones urgentes sobre el sistema y el saneamiento) y orientar la respuesta técnica y sanitaria de forma proporcionada al riesgo. La evaluación rápida de riesgos (ERR) es clave porque integra información epidemiológica, ambiental y operativa y la traduce a acciones concretas.

3.1. Qué hay que confirmar y decidir en esta fase

- Delimitación de la extensión del área afectada.
- Realizar la Evaluación Rápida de Riesgos.
- Analizar y evaluar otras fuentes de información disponibles (p.ej. los planes sanitarios del agua de los abastecimientos, que pueden tener contemplados las inundaciones como eventos peligrosos y modos de actuación).
- Definir estrategia de actuación (p.ej. en qué casos se restringirá o se distribuirá agua) a partir de la información disponible
- Comunicación del alcance de la afectación y de los riesgos

Según las conclusiones preliminares, esta fase debe permitir decidir de forma coherente (y comunicable):

- Restricciones de uso (si proceden) y su alcance (zonas o sectores), con el principio de precaución.

- Necesidad de suministro alternativo urgente, especialmente para población y servicios esenciales.
- Prioridades operativas sobre el sistema: qué sectores aislar, dónde actuar primero, y qué requisitos mínimos deben cumplirse antes de intentar restaurar suministro.
- Activación de vigilancia epidemiológica temprana y coordinación entre sanidad/operador/municipio para detectar incrementos de casos y adaptar medidas.

3.2. Dónde ampliar en la Guía:

- Metodología y contenido completo de la ERR: *Capítulo 4. Evaluación rápida de riesgos para la Salud Pública tras lluvias torrenciales e inundaciones.*
- Suministros alternativos urgentes: *Capítulo 5. Recomendaciones previas al restablecimiento del suministro. Suministros alternativos urgentes: cisternas y depósitos móviles; aguas envasadas.*
- Estrategias generales post-inundación: *Capítulo 6. Estrategias generales de acción en contextos post-inundación*
- Brotes y vigilancia epidemiológica (apoyo transversal): *Capítulo 11. Brotes de transmisión hídrica.*
- Aspectos prácticos: *Capítulo 12. Caso práctico: DANA Valencia 2024*

Figura 3. Diagrama esquemático de la Fase 1.

Fase 1. Evaluación inicial



4. Fase 2. Preparación del restablecimiento y alternativas

Propósito de la fase: organizar y ejecutar la intervención técnica que permite pasar de una situación de riesgo/incertidumbre a un escenario en el que el restablecimiento del suministro pueda realizarse de forma escalonada y controlada, minimizando la exposición

de la población a contaminación biológica o química. En esta fase, la guía insiste en que el restablecimiento no debe entenderse como una “reconexión automática”, sino como un proceso planificado, con enfoque preventivo y basado en riesgo.

4.1. Qué se decide en Fase 2

1. Coordinación interinstitucional y continuidad en la comunicación del riesgo.
2. Estrategia general de intervención y restablecimiento progresivo.
3. Continuidad del suministro alternativo (si procede).
4. Plan técnico de recuperación: inspección, reparación, limpieza, purgas, desinfección y, en su caso, refuerzo temporal del desinfectante residual, de acuerdo con la evaluación del riesgo y las indicaciones de la autoridad sanitaria.

4.2. Dónde ampliar en la Guía

- Suministros alternativos urgentes (cisternas, depósitos, aguas envasadas) y recomendaciones a la población: *Capítulo 5. Recomendaciones previas al restablecimiento del suministro. Suministros alternativos urgentes: cisternas y depósitos móviles; aguas envasadas. Anexo V: Sistemas de saneamiento.*
- Principios y estrategia general post-inundación (enfoque preventivo, coordinación, restablecimiento escalonado): *Capítulo 6. Estrategias generales de acción en contextos post-inundación.*
- Desarrollo técnico del restablecimiento (restauración del suministro): *Capítulo 7. Restauración del suministro.*
- Aspectos prácticos: *Capítulo 12. Caso práctico: DANA Valencia 2024.*

Figura 4. Aspectos relevantes de la Fase 2.

Fase 2. Preparación y alternativas

El restablecimiento NO debe entenderse como un a reconexión automática, sino como un proceso planificado, preventivo y basado en riesgo.

A. Suministro alternativo

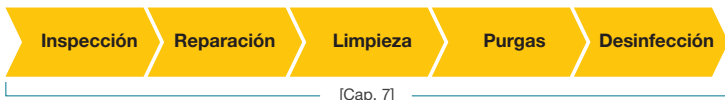
Mantener el acceso a agua segura mientras el sistema está caído.

- Continuidad de cisternas y agua envasada.
- Coordinación interinstitucional.
- Comunicación continua del riesgo.

[Cap. 5, Cap. 6]

B. Recuperación Técnica del Sistema

Preparar la infraestructura física para una eventual re-presurización.



5. Fase 3. Restauración del suministro y verificación

Propósito de la fase: restablecer el suministro de manera segura, progresiva y verificable, evitando recontaminaciones y controlando el riesgo sanitario durante la represurización y la puesta en servicio de captaciones, tratamientos, depósitos y red. Esta fase se centra en el “cómo volver a dar agua” sin asumir que la normalidad, ni la aptitud para todos los usos, se recuperan automáticamente con la mera restitución hidráulica.

5.1. Decisiones clave de la fase

1. Orden de restablecimiento y sectorización operativa.
2. Condiciones operativas mínimas para represurizar y poner en servicio.
3. Plan de verificación asociado a la restauración.
4. Gestión de la información y comunicación.

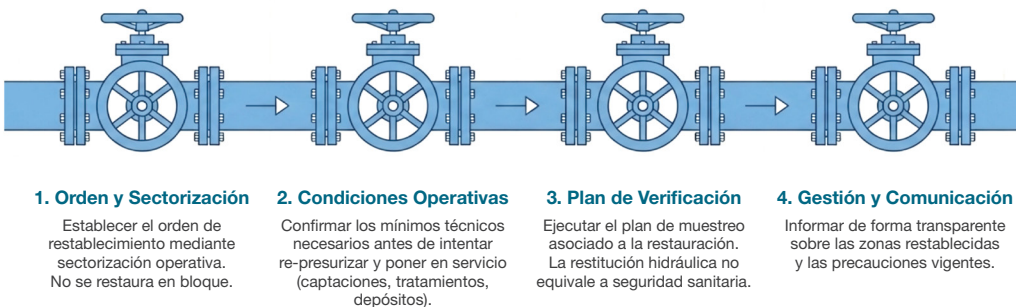
5.2. Dónde ampliar en la Guía

- Desarrollo técnico completo del restablecimiento (procedimientos, actuaciones y criterios operativos): *Capítulo 7. Restauración del suministro.*
- Instrucciones posteriores y calificación provisional (medidas tras restablecimiento, evaluación de zonas, control analítico inicial): *Capítulo 8. Instrucciones tras el restablecimiento del suministro.*
- Recursos técnicos (equipos, materiales, etc.): *Anexo I. Recursos técnicos.*
- Manejo de eventos de contaminación: *Anexo IV: Árbol de decisiones en eventos de contaminación microbiológica de los sistemas de agua de consumo.*
- Comunicación e instrucciones específicas: *Anexo III: Recomendaciones para las empresas alimentarias.*
- Aspectos prácticos: *Capítulo 12. Caso práctico: DANA Valencia 2024.*

Figura 5. Esquema ilustrativo de la secuencia de procesos operativos de la Fase 3.

Fase 3. Restauración del Suministro

Cómo volver a dar agua de forma segura, progresiva y verificable, evitando recontaminaciones.



Detalles técnicos, procedimientos y recursos en: Capítulos 7, 8 y 12 y Anexos I, II y IV.

6. Fase 4. Calificación provisional y definitiva

Propósito de la fase: una vez restablecido el suministro (total o parcialmente), esta fase asegura que la situación se gestiona de forma sanitariamente segura y trazable hasta alcanzar una vuelta a la normalidad. Incluye: (i) las instrucciones y medidas inmediatas tras el restablecimiento, (ii) la calificación provisional, basada en la valoración de los resultados analíticos iniciales y de las condiciones operativas; (iii) el levantamiento progresivo de restricciones de uso, cuando proceda; (iv) el seguimiento reforzado mientras se consolida la estabilidad del sistema, y (v) la calificación definitiva, el cierre del evento y retorno al autocontrol ordinario. Esta fase es crítica porque el restablecimiento hidráulico, por sí solo, no garantiza el fin del riesgo.

6.1. Decisiones clave de la fase

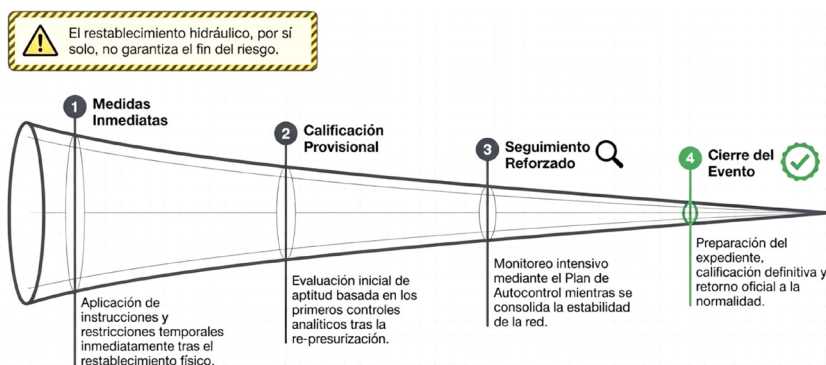
1. Medidas e instrucciones tras el restablecimiento
2. Calificación provisional de aptitud (muestras iniciales)
3. Seguimiento reforzado tras declarar aptitud
4. Calificación definitiva y cierre del evento

6.2. Dónde ampliar en la Guía

- Medidas e instrucciones post-restablecimiento y calificación provisional: *Capítulo 8. Instrucciones tras el restablecimiento del suministro.*
- Seguimiento reforzado / Plan de Autocontrol. *Capítulo 9. Seguimiento de la calidad del agua suministrada a través de las redes de distribución una vez declarada apta para el consumo humano. Plan de Autocontrol del Operador.*
- Calificación definitiva y cierre: *Capítulo 10. Criterios para la calificación definitiva como apta para el consumo humano.*
- Brotes y vigilancia sanitaria: *Capítulo 11. Brotes de transmisión hídrica.*
- Aspectos prácticos: *Capítulo 12. Caso práctico: DANA Valencia 2024.*

Figura 6. Esquema de la fase 4: hoja de ruta hacia la normalidad.

Fase 4. Calificación provisional y definitiva



Referencias: Capítulos 8, 9, 10, 11 y 12.

7. Criterios comunes de interpretación sobre aptitud, restricciones de uso, desinfección y seguimiento reforzado

A efectos de esta Guía, la secuencia operativa por fases debe interpretarse de forma flexible y basada en el riesgo, evitando equiparar la recuperación hidráulica del suministro con la aptitud inmediata del agua para todos los usos. Tras un episodio de lluvias torrenciales o inundación, y especialmente cuando hayan existido daños, interrupciones, intrusión de agua contaminada, turbidez elevada o incertidumbre sobre el estado de las infraestructuras, el restablecimiento del suministro a través de la red puede requerir la eventual calificación inicial del agua como no apta y/o restricciones de uso hasta disponer de evidencias técnicas y analíticas suficientes.

La calificación sanitaria de las muestras de agua deberá entenderse conforme al marco normativo vigente. No obstante, en el contexto operativo de esta Guía se emplean expresiones como “calificación provisional” de aptitud, “seguimiento reforzado”, “calificación definitiva” o “cierre de incidencia” para describir la gestión progresiva del riesgo hasta la vuelta a la normalidad. En este sentido, la eventual autorización del consumo o de determinados usos del agua deberá basarse en la evaluación del riesgo, los resultados analíticos, la situación operativa del sistema y las indicaciones de la autoridad sanitaria.

Las restricciones podrán levantarse de forma gradual, por zonas, sectores o tipos de uso, de acuerdo con la evolución de la incidencia y con la valoración de la autoridad sanitaria. En una primera fase, el agua de red podría autorizarse solo para usos sin ingesta, como saneamiento, descarga de inodoros o limpieza. Posteriormente, si la situación operativa y los resultados disponibles lo permiten, podría autorizarse para higiene personal —por ejemplo, ducha o aseo corporal—, manteniendo todavía la restricción para beber, cocinar, preparar alimentos, higiene bucal, hielo o fórmulas infantiles. La autorización plena para todos los usos deberá reservarse para cuando existan garantías técnicas y analíticas suficientes, prestando especial atención a la población vulnerable.

Las actuaciones de limpieza, purga y desinfección deben adaptarse al tipo de afección y a la configuración del sistema. Cuando sea necesario, podrán incluir la desinfección de infraestructuras o tramos afectados y el refuerzo temporal del desinfectante residual, con verificación posterior de su eficacia y control de los parámetros que procedan. Estas actuaciones no sustituyen al control analítico ni al seguimiento reforzado posterior, que deberán mantenerse hasta comprobar la estabilidad del sistema y documentar el retorno a una situación compatible con el autocontrol ordinario.

Bibliografía

1. US Environmental Protection Agency (EPA). Guidance for Responding to Drinking Water Contamination Incidents. EPA 817-B-18-005. 2018.
2. World Health Organization. Guidance on Water Supply and Sanitation In Extreme Weather Events. Denmark, 2011. Disponible en: <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/f8409f2d-693d-4cc3-8277-7085b4001368/content>

CAPÍTULO 4

EVALUACIÓN RÁPIDA DE RIESGOS PARA LA SALUD PÚBLICA TRAS LLUVIAS TORRENCIALES E INUNDACIONES

Sebastián Crespi Rotger

1. Introducción

Las evaluaciones rápidas de riesgo (ERR) son herramientas fundamentales en la gestión de emergencias sanitarias tras eventos de lluvias torrenciales e inundaciones. Estas evaluaciones permiten una identificación temprana de amenazas para la salud pública, facilitando la toma de decisiones basada en evidencia y orientando las estrategias de mitigación para reducir el impacto en las comunidades afectadas.

Las inundaciones generan múltiples riesgos sanitarios, desde la contaminación del agua potable hasta la proliferación de enfermedades transmitidas por vectores y el colapso de infraestructuras sanitarias. En este contexto, la rapidez en la evaluación del riesgo es crucial para minimizar los efectos adversos y prevenir brotes epidémicos que puedan agravar la crisis humanitaria. La Organización Mundial de la Salud (OMS) destaca la ERR como una estrategia clave en la respuesta ante eventos agudos de salud pública, al proporcionar información clave para la implementación de medidas de control oportunas y eficaces¹.

El objetivo principal de una ERR en el contexto de inundaciones es caracterizar los peligros sanitarios emergentes, evaluar la vulnerabilidad de la población y priorizar las intervenciones para reducir los riesgos identificados. Entre las amenazas más relevantes se encuentran la contaminación del agua por agentes biológicos y químicos, el incremento en la transmisión de enfermedades infecciosas y el deterioro de las condiciones de habitabilidad que pueden favorecer, por ejemplo, la aparición de patologías respiratorias y dermatológicas. Además, las inundaciones suelen ocasionar interrupciones en el acceso a servicios básicos, incluidos los servicios médicos, lo que agrava la exposición de las comunidades a riesgos sanitarios. La ERR permite también identificar factores contextuales que pueden influir en la respuesta sanitaria, como la disponibilidad de recursos médicos y sanitarios, la capacidad de los sistemas de vigilancia epidemiológica y la accesibilidad de la población a infraestructuras críticas, como los sistemas de agua de consumo y las redes de saneamiento².

La efectividad de una ERR depende de su capacidad para integrar datos epidemiológicos, ambientales y sociales en un marco de análisis predefinido. En este sentido, la aplicación de tecnologías avanzadas, como, por ejemplo, los sistemas de información geográfica (SIG), ha mejorado significativamente la capacidad de respuesta ante emergencias³.

Un aspecto clave en su implementación es la coordinación entre los distintos niveles de gobierno y las entidades responsables de la salud pública, garantizando una comunicación efectiva y una gestión eficiente de los recursos disponibles. En este contexto, la integración de la ERR dentro de los planes de emergencia y respuesta sanitaria resulta esencial para garantizar una recuperación rápida y sostenida.

2. Metodología para la evaluación rápida de riesgos para la salud pública

2.1. Principios generales de la evaluación rápida de riesgos

La ERR en emergencias sanitarias tras lluvias torrenciales e inundaciones se basa en tres principios fundamentales: rapidez, precisión y aplicabilidad en la toma de decisiones. La rapidez es esencial para minimizar el impacto sanitario, ya que las primeras horas o días tras un evento de inundación son críticas para contener la propagación de enfermedades y garantizar la seguridad de la población. La precisión se logra mediante la recopilación sistemática de datos epidemiológicos, ambientales y sociales, lo que permite caracterizar de manera efectiva los peligros sanitarios emergentes. Finalmente, la aplicabilidad implica que los resultados de la ERR deben traducirse en acciones concretas, alineadas con los protocolos de respuesta y mitigación del riesgo¹.

Una ERR eficiente requiere la integración de múltiples disciplinas, combinando análisis epidemiológicos, modelado hidrometeorológico y evaluación de infraestructura sanitaria. Además, la incorporación de tecnologías como los SIG y la teledetección puede mejorar la capacidad de las ERR para mapear zonas de riesgo en tiempo real, facilitando intervenciones más precisas. Ver **Figura 1**.

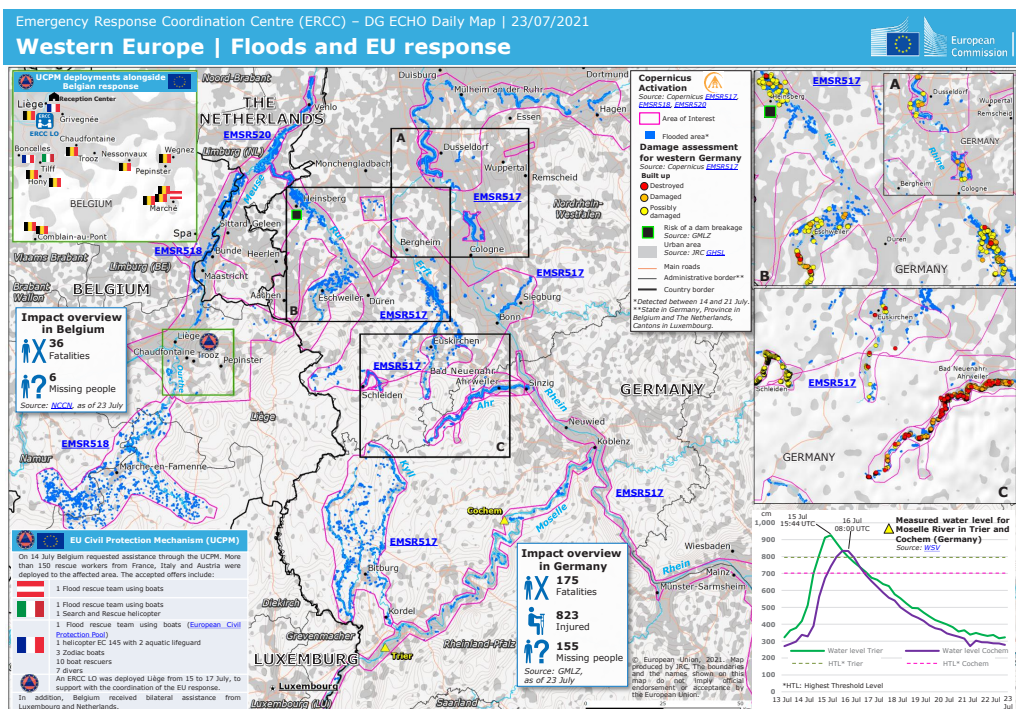
2.2. Pasos en la evaluación de riesgos

a) Caracterización del evento

El primer paso en una ERR es la caracterización del evento, lo que implica la identificación de la magnitud de la inundación, las áreas afectadas y la vulnerabilidad de la población. Se analizan variables hidrometeorológicas como el volumen de precipitación, la velocidad de escorrentía y el desbordamiento de cuerpos de agua. Es fundamental contar con datos precisos sobre la extensión del área inundada y la duración de la exposición al agua, ya que estos factores influyen directamente en la propagación de contaminantes y enfermedades.

Además, la caracterización debe incluir un análisis socioeconómico para identificar a las poblaciones más vulnerables, como comunidades de bajos recursos, personas mayores y aquellos con condiciones médicas preexistentes. Estos grupos suelen enfrentar mayores barreras para acceder a servicios de salud y recursos básicos tras el evento⁴.

Figura 1. Alcance e impacto de las inundaciones en Europa occidental, a 23 de julio de 2021.
Fuente: ver Referencia 7.



Source: European Commission (EC) Emergency Response Coordination Centre (ERCC).

b) Evaluación de peligros específicos

Una vez caracterizado el evento, se identifican los peligros específicos que pueden comprometer la salud pública. En el contexto de inundaciones, los riesgos principales incluyen⁵:

- **Contaminación del agua:** La entrada de aguas residuales, productos químicos industriales y metales pesados en fuentes de agua potable representa un riesgo inmediato para la salud. Se priorizan los peligros microbiológicos más relevantes como, por ejemplo, *Escherichia coli* patógenas, *Vibrio cholerae* o norovirus.
- **Enfermedades transmitidas por el agua y los alimentos:** La ingestión y el contacto con aguas contaminadas puede incrementar la incidencia de gastroenteritis, hepatitis A y leptospirosis. Asimismo, el consumo de alimentos expuestos a agua de inundación puede ser una fuente de infecciones.
- **Toxicidad ambiental:** La diseminación de sustancias peligrosas, como hidrocarburos, plaguicidas y productos químicos industriales, puede generar efectos agudos y crónicos en la salud. En este caso, conocer el alcance de las inundaciones en zonas industriales y agrícolas es importante para evaluar la posible diseminación de estos contaminantes.

2.3. Análisis de la exposición y vulnerabilidad

El análisis de la exposición evalúa el grado en que la población y las infraestructuras están afectadas por la inundación. Esto incluye la identificación de hospitales, centros de salud y plantas de tratamiento de agua que han sufrido daños estructurales. Se prioriza la restauración de estos servicios esenciales para evitar el colapso del sistema sanitario y garantizar la provisión de agua potable.

Además, se evalúan las condiciones de los refugios temporales y el acceso a recursos esenciales como alimentos, medicamentos y atención médica. Las poblaciones en situación de desplazamiento presentan un riesgo elevado de enfermedades respiratorias e infecciones cutáneas debido al hacinamiento y a la falta de condiciones higiénicas adecuadas.

El análisis de vulnerabilidad considera también factores estructurales y sociales, como la capacidad de respuesta de los sistemas locales de salud y la disponibilidad de personal sanitario capacitado. En contextos con infraestructuras sanitarias debilitadas, es fundamental la movilización rápida de recursos externos y la implementación de protocolos de atención de emergencia⁶.

2.4. Estimación del riesgo sanitario

La estimación del riesgo sanitario implica la priorización de amenazas en función de su gravedad y probabilidad de ocurrencia. Se utilizan matrices de riesgo que combinan datos epidemiológicos, niveles de contaminación del agua y la capacidad de respuesta del sistema de salud. Este proceso permite definir medidas de control inmediatas y estrategias de mitigación a corto, medio y largo plazo¹. En la **Tabla 1** se incluye a modo de ejemplo la tabla de riesgos asociado a la inundación provocada por la DANA en Valencia (2024), estimado por tipos de riesgo y tiempo transcurrido a partir del evento.

Las intervenciones prioritarias incluyen:

1. Garantizar el acceso a agua de consumo mediante la distribución de suministros de emergencia o la implementación de tratamientos de desinfección urgentes como la cloración, la filtración por membranas o el hervido del agua.
2. Fortalecer la vigilancia epidemiológica para detectar precozmente brotes de enfermedades transmitidas por el agua y los alimentos, asegurando la disponibilidad de pruebas diagnósticas y capacidad de laboratorio.
3. Proteger a los grupos vulnerables, asegurando condiciones adecuadas en albergues temporales y facilitando el acceso a atención médica prioritaria.
4. Controlar la proliferación de vectores mediante el monitoreo de poblaciones de mosquitos y roedores, así como la aplicación de medidas de control vectorial como larvicidas y fumigación en zonas de riesgo.

Tabla 1. Riesgo asociado a la inundación estimado por tipos de riesgo y tiempo transcurrido a partir del evento. Fuente: Ver referencia 9.

Tipo de riesgo	Corto plazo	Medio plazo	Largo plazo
Infecciones de heridas (<i>Staphylococcus spp.</i> , <i>Streptococcus spp.</i> , <i>Vibrio spp.</i> , <i>Aeromonas spp.</i>)	Probabilidad: moderada Impacto: muy bajo	Probabilidad: moderada Impacto: muy bajo	Probabilidad: moderada Impacto: muy bajo
Enfermedades transmisibles por agua y alimentos (norovirus, rotavirus, VHA, <i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella spp.</i> , <i>Shigella spp.</i> , <i>Cryptosporidium spp.</i> , <i>Giardia intestinalis</i>)	Probabilidad: moderada Impacto: bajo/moderado	Probabilidad: moderada Impacto: bajo/moderado	Probabilidad: baja Impacto: bajo/moderado
Leptospirosis	Probabilidad: baja Impacto: bajo/moderado	Probabilidad: moderada Impacto: bajo/moderado	Probabilidad: muy baja Impacto: bajo
Legionelosis	Probabilidad: baja Impacto: bajo/moderado	Probabilidad: baja Impacto: bajo/moderado	Probabilidad: muy baja Impacto: bajo
Infecciones víricas respiratorias (gripe, COVID-19, adenovirus)	Probabilidad: baja Impacto: bajo	Probabilidad: baja Impacto: bajo	Probabilidad: baja Impacto: bajo
Enfermedades transmitidas por vectores	Probabilidad: muy baja Impacto: moderado	Probabilidad: moderada Impacto: moderado	Probabilidad: baja Impacto: moderado
Enfermedades inmunoprevenibles	Probabilidad: baja Impacto: bajo	Probabilidad: baja Impacto: bajo	Probabilidad: baja Impacto: bajo

Nota 1: Verde: riesgo moderado; azul: riesgo bajo o muy bajo.

Nota 2: Corto plazo (primeros días tras el evento), medio plazo (primeras 4-5 semanas) y largo plazo (a partir de entonces).

Nota 3: El riesgo puede verse modulado por la implementación de medidas de control y tratamiento.

2.5. Sistemas de vigilancia epidemiológica temprana

Los sistemas de vigilancia epidemiológica desempeñan un papel central en la ERR, permitiendo la detección precoz de brotes infecciosos y la implementación de medidas de control. Se basan en la recopilación y análisis de datos de morbilidad y mortalidad en tiempo real, integrando información de hospitales, centros de salud y laboratorios. Las farmacias comunitarias de la zona pueden jugar un papel muy relevante en la detección de casos. Además, el uso de herramientas digitales como plataformas de notificación en línea y análisis de datos geoespaciales ha optimizado la capacidad de respuesta ante emergencias⁶.

La vigilancia debe centrarse en enfermedades prioritarias como infecciones gastrointestinales, infecciones respiratorias agudas y enfermedades transmitidas por vectores.

La efectividad de la vigilancia epidemiológica depende de la coordinación interinstitucional y la capacitación del personal sanitario en la identificación y manejo de casos sospechosos. La integración de estos sistemas dentro de los planes de gestión de emergencias garantiza una respuesta sanitaria eficiente y basada en la evidencia.

3. Riesgos principales para la salud pública tras inundaciones

La identificación temprana de los riesgos para la salud pública derivados de las inundaciones y su evaluación y seguimiento subsiguiente son fundamentales para implementar estrategias de mitigación eficaces y reducir el impacto sanitario en las comunidades afectadas. Entre los principales riesgos de las inundaciones para la salud pública están los siguientes.

3.1. Contaminación del agua de consumo

Las inundaciones pueden contaminar las fuentes de agua de consumo con microorganismos patógenos y sustancias químicas peligrosas. Además, el contacto de las aguas de inundación con aguas residuales y restos orgánicos aumenta el riesgo de contaminación fecal masiva. Entre los agentes biológicos más comunes que pueden contaminar el agua potable se encuentran *Escherichia coli*, Norovirus y *Cryptosporidium spp.*, los cuales pueden causar infecciones gastrointestinales severas.

Por otro lado, la contaminación química puede ocurrir debido al arrastre de pesticidas, metales pesados y productos derivados del petróleo desde áreas industriales y agrícolas. Estas sustancias pueden tener efectos tóxicos a corto y largo plazo, afectando el sistema nervioso y el sistema endocrino mediante los disruptores neuro-endocrinos, la función renal y el desarrollo en niños. La exposición a hidrocarburos y solventes industriales puede provocar síntomas agudos como náuseas, vómitos e irritaciones cutáneas y respiratorias⁷.

3.2. Enfermedades transmitidas por el agua y los alimentos

Las enfermedades de transmisión hídrica y alimentaria aumentan significativamente tras una inundación debido al consumo de agua y alimentos contaminados. Las infecciones gastrointestinales son las más frecuentes y pueden estar causadas por *Vibrio cholerae* (cólera), *Salmonella spp.* y *Shigella spp.* Estas infecciones provocan diarrea, deshidratación severa y pueden derivar en complicaciones graves, especialmente en niños, ancianos y personas inmunocomprometidas.

La hepatitis A es otra enfermedad de preocupación, ya que su transmisión se ve favorecida por la contaminación fecal del agua potable y el contacto con superficies contaminadas. La intoxicación por toxinas ambientales es también un riesgo importante, especialmente en áreas donde se han liberado biotoxinas o han proliferado algas tóxicas en cuerpos de agua estancados. Las medidas de prevención incluyen el suministro de agua potable segura, la cloración y el establecimiento de programas de vigilancia epidemiológica para detectar brotes de enfermedades de transmisión hídrica⁵.

3.3. Enfermedades respiratorias y otras infecciones

El deterioro de las viviendas y los refugios temporales tras una inundación genera condiciones favorables para el crecimiento de moho y hongos, lo que incrementa la incidencia de enfermedades respiratorias. La inhalación de esporas de *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.* y *Stachybotrys spp.* puede desencadenar reacciones alérgicas, crisis asmáticas y neumonitis en personas susceptibles. Los niños, ancianos y personas con enfermedades respiratorias preexistentes son los más vulnerables.

Las infecciones de heridas representan otro riesgo relevante, ya que el contacto con aguas contaminadas puede provocar infecciones por *Vibrio vulnificus*, *Streptococcus pyogenes* y *Staphylococcus aureus*, incluyendo cepas resistentes a los antibióticos. Las enfermedades zoonóticas, como la leptospirosis, pueden propagarse a través de la orina de roedores infectados que pueden contaminar masas de agua estancada. Las puertas de entrada habituales en el hombre son la piel erosionada y las mucosas expuestas (conjuntiva, nasal y oral). La prevención de estas infecciones requiere el uso de equipos de protección personal durante las labores de limpieza y la desinfección adecuada de heridas y superficies afectadas⁶.

3.4. Impacto en la salud mental y psicosocial

El impacto de las inundaciones no se limita a la salud física, sino que también afecta gravemente el bienestar mental de la población afectada. Diversos estudios recientes en Europa, particularmente en el Reino Unido, han documentado impactos crónicos significativos sobre la salud mental y el bienestar de las poblaciones afectadas. Estos incluyen desde síntomas leves de estrés, ansiedad o trastornos del sueño, hasta casos más graves que requieren atención especializada, como depresión

postraumática o trastornos de adaptación. Estos elementos, aunque menos visibles en las fases iniciales de respuesta, deben considerarse en las estrategias de evaluación y mitigación a medio y largo plazo, integrando acciones específicas en salud mental comunitaria.

Los estudios han demostrado que los efectos psicológicos pueden persistir meses o incluso años después del evento, afectando la recuperación de las comunidades. La implementación de estrategias de apoyo psicosocial es fundamental para reducir estos impactos. Las intervenciones deben incluir asistencia psicológica temprana, apoyo comunitario y programas de rehabilitación para personas afectadas por trastorno de estrés postraumático (TEPT) y otros trastornos relacionados con el trauma⁶.

3.5. Enfermedades transmitidas por vectores

Las inundaciones crean entornos favorables para la proliferación de mosquitos, lo que incrementa el riesgo de transmisión de enfermedades vectoriales. La acumulación de agua estancada ya sea en ambientes naturales o urbanos (por ejemplo, en estructuras destruidas) proporciona criaderos ideales para *Culex pipiens*, *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus*, vectores de la fiebre del Nilo Occidental, dengue, chikungunya y zika.

Las inundaciones dañan las zonas naturales de anidación de los roedores, obligándoles a buscar otros hábitats, que pueden incluir el interior de las viviendas. Los artículos amontonados como consecuencia de la inundación quedan apilados en las viviendas, o en las calles y se convierten rápidamente en hogares para los roedores desplazados. Además, la tierra suelta alrededor de los agujeros dejados por los árboles caídos también pueden ser sitios idóneos para madrigueras. Las ratas y ratones, desde el punto de vista de la salud pública, constituyen un factor de riesgo por las enfermedades que se transmiten, bien directamente, bien a través de los parásitos de los que son portadores: Salmonelosis (*S. typhimurium*; *S. enteritidis*); Leptospirosis (*L. icterohaemorrhagiae*), Tularemia (*Francisella tularensis*), Toxoplasmosis (*Toxoplasma gondii*), ... Una situación especial son los denominados vectores indirectos mecánicos, que son artrópodos que transportan físicamente al patógeno externamente (patas, alas, cuerpo) sin que este se desarrolle o multiplique en su interior. La contaminación ocurre por contacto, frecuentemente al posarse sobre alimentos o superficies. Por ejemplo, las moscas domésticas que pueden transportar bacterias (como *Shigella* o *E. coli*) desde materia fecal a los alimentos. También las cucarachas que transportan microorganismos patógenos en sus patas y cuerpo.

Las medidas de control vectorial incluyen la eliminación de aguas estancadas, el uso de insecticidas y la distribución de mosquiteros impregnados con insecticida. Es esencial establecer programas de vigilancia para detectar la propagación de estas enfermedades y prevenir brotes a gran escala⁷.

3.6. Riesgos específicos relacionados con el uso de generadores, electricidad e incidentes químicos

Durante las fases de recuperación tras inundaciones, especialmente en contextos de interrupción prolongada del suministro eléctrico o daño estructural en edificaciones, emergen una serie de riesgos adicionales para la salud pública que deben ser evaluados y gestionados con prontitud⁸.

a) Intoxicación por monóxido de carbono (CO)

El uso de generadores portátiles de combustión interna en interiores o espacios mal ventilados representa un riesgo crítico. El monóxido de carbono es un gas incoloro, inodoro y altamente tóxico, cuya acumulación en ambientes cerrados puede provocar síntomas leves (cefalea, náuseas) hasta la muerte por asfixia. Se han documentado casos de intoxicación por CO tras inundaciones en diversos países, principalmente por el uso de generadores en sótanos, cocinas o garajes cerrados sin ventilación adecuada. La vigilancia de intoxicaciones por CO debe integrarse en los sistemas de alerta temprana, y es fundamental la comunicación efectiva de recomendaciones de uso seguro a la población.

b) Riesgos eléctricos

Las inundaciones suelen dañar redes eléctricas, transformadores, cuadros de distribución y electrodomésticos, generando un alto riesgo de electrocución o incendios durante las tareas de limpieza o retorno a las viviendas. Las superficies húmedas, los cables pelados o sumergidos y los aparatos conectados sin revisión técnica previa constituyen situaciones de alto peligro. Se recomienda mantener desconectada la electricidad hasta que un profesional haya verificado la instalación. Es fundamental incluir este componente en la evaluación rápida de riesgos y capacitar a los equipos de respuesta y voluntarios sobre protocolos de seguridad eléctrica.

c) Exposición a productos químicos y materiales peligrosos

Las inundaciones pueden provocar derrames de productos tóxicos almacenados en viviendas, talleres o industrias, incluyendo disolventes, combustibles, productos de limpieza o pesticidas. Estos compuestos pueden contaminar el agua, el aire interior y el suelo, representando un riesgo para la salud a través de inhalación, contacto dérmico o ingestión indirecta. Es esencial realizar una evaluación ambiental preliminar en áreas afectadas por actividades industriales, así como disponer de protocolos para la gestión segura de residuos químicos. La coordinación con servicios especializados en emergencias químicas debe contemplarse en los planes de respuesta.

4. Evaluación y mitigación del riesgo en abastecimientos de agua

Las inundaciones pueden afectar gravemente la seguridad de los abastecimientos de agua de consumo. La evaluación y mitigación del riesgo en los abastecimientos de agua requieren un enfoque integral que combine monitoreo rápido, tratamiento efectivo y protocolos claros para la restauración del servicio. Aquí se describen de manera resumida los procedimientos esenciales para garantizar la calidad del agua tras un evento de inundación, minimizando los riesgos para la salud pública y asegurando un acceso seguro y sostenible al agua, aunque en esta guía hay un capítulo específico para esto.

4.1. Monitoreo y análisis de calidad del agua

El monitoreo de la calidad del agua es una prioridad en la fase posterior a una inundación, ya que permite detectar contaminantes y evaluar la potabilidad del recurso. Los métodos rápidos de detección incluyen pruebas microbiológicas para la identificación de *Escherichia coli*, enterococos y *Clostridium perfringens*, que actúan como indicadores de contaminación fecal. En general, para los indicadores bacterianos comunes, con las técnicas convencionales de cultivo se pueden obtener resultados fiables a las 24 horas. Para determinados virus y protozoos como Norovirus, *Cryptosporidium* y otros se pueden utilizar técnicas rápidas, como la PCR, aunque estas técnicas requieren generalmente de laboratorios especializados y de interpretaciones más complejas.

Igualmente se pueden emplear equipos analíticos de campo, como kits portátiles para la medición de turbidez, pH, conductividad y presencia de cloro residual, lo que puede facilitar la toma de decisiones en tiempo real.

En cuanto a contaminantes químicos, las técnicas de espectrofotometría y cromatografía permiten identificar la presencia de metales pesados (arsénico, plomo, mercurio), compuestos orgánicos volátiles e hidrocarburos. La implementación de sensores específicos en campo (por ejemplo, depósitos de agua) y el uso de tecnologías de teledetección han mejorado la capacidad de respuesta, permitiendo el monitoreo remoto de cuerpos de agua en áreas de difícil acceso⁹.

4.2. Medidas de tratamiento y desinfección

Tras una inundación, las fuentes de agua pueden estar severamente contaminadas, lo que hace necesario aplicar medidas de tratamiento y desinfección antes de su distribución. La cloración, o re-cloración, de emergencia es el método más utilizado, ya que es económico y efectivo contra la mayoría de los patógenos. En general, para procesos de desinfección se recomiendan dosis de ≥ 5 mg/L de cloro libre y mantener un tiempo de contacto mínimo de 30 minutos para garantizar la inactivación de bacterias y virus. En casos donde la materia orgánica sea alta, pueden utilizarse dosis superiores o combinarse con prefiltración, para mejorar la eficacia del desinfectante⁵.

Cuando se sospecha de posible contaminación por residuos agrícolas o ganaderos, la cloración puede ser insuficiente para inactivar los ooquistes de *Cryptosporidium* o *Giardia*, por ejemplo. En este caso las tecnologías de filtración juegan un papel crucial en la remoción de contaminantes microbiológicos resistentes al cloro. En situaciones de emergencia, el uso de filtros de arena, carbón activado o combinados permiten mejorar la calidad del agua antes de la desinfección química. También se puede recurrir a sistemas de ósmosis inversa en plantas móviles que, combinados con sistemas de prefiltración convencionales, pueden eliminar partículas en suspensión y patógenos.

4.3. Protocolos para la restauración del suministro de agua

El restablecimiento del servicio de agua de consumo debe realizarse siguiendo protocolos estrictos que garanticen la seguridad del suministro. Los criterios para declarar “apta” el agua de consumo suelen incluir, por ejemplo, la ausencia de indicadores de contaminación fecal, niveles adecuados de desinfectante residual y, como criterio operativo prudencial en contextos post-inundación, valores de turbidez inferiores a 1 UNF, sin perjuicio de los valores paramétricos y criterios de aptitud establecidos en el marco normativo vigente. Además, en función de la ERR, suelen incluirse otros parámetros analíticos químicos y microbiológicos.

Además, se deben realizar análisis periódicos para verificar la estabilidad de estos parámetros y detectar posibles re-contaminaciones.

Los planes de contingencia y distribución de agua segura son fundamentales en la fase de respuesta. Estos planes deben incluir la identificación de fuentes alternativas de abastecimiento, la instalación de puntos de distribución y la movilización de camiones cisterna en áreas donde la infraestructura ha sido dañada. En situaciones críticas, el uso de tabletas potabilizadoras, el hervido del agua y ciertos sistemas de purificación doméstica puede ser una medida temporal para garantizar el acceso a agua segura mientras se restablece el sistema formal.

La comunicación con la población es un componente clave del proceso de restauración. Es esencial proporcionar información clara sobre las condiciones del agua, las medidas de prevención y los procedimientos de desinfección en el hogar, en su caso. Las estrategias de educación sanitaria, combinadas con la vigilancia epidemiológica, permiten reducir el riesgo de enfermedades de transmisión hídrica y fortalecer la resiliencia comunitaria frente a futuros eventos extremos¹.

5. Casos de estudio de ERR

5.1. Evaluación Rápida de Riesgo tras las inundaciones provocadas por la Depresión Aislada en Niveles Altos (DANA) en la Comunitat Valenciana

El informe de ERR tras las inundaciones provocadas por la Depresión Aislada en

Niveles Altos (DANA) en la Comunitat Valenciana tiene como objetivo identificar los principales riesgos sanitarios derivados del evento y proponer medidas de control y prevención para minimizar su impacto en la salud pública¹⁰.

El desastre, ocurrido el 29 de octubre de 2024, causó más de 200 fallecidos, dejó a múltiples poblaciones aisladas y generó graves daños en infraestructuras críticas como los sistemas de abastecimiento y saneamiento de agua, centros de salud y redes de comunicación. La interrupción de servicios esenciales y la exposición prolongada a aguas contaminadas incrementaron el riesgo de enfermedades transmisibles, exposición a contaminantes químicos y problemas de salud mental en la población afectada. En esta evaluación, los peligros identificados para la salud pública fueron (Ver **Tabla 1**):

a) Enfermedades transmisibles relacionadas con el agua y los alimentos

Las inundaciones aumentaron el riesgo de brotes de enfermedades gastrointestinales debido a la contaminación del agua potable con aguas residuales, restos orgánicos y agentes patógenos. Entre los microorganismos de mayor riesgo se identificaron:

- Norovirus y rotavirus: causantes de gastroenteritis aguda, especialmente en niños y adultos mayores.
- *Escherichia coli* y *Salmonella* spp.: infecciones bacterianas transmitidas por agua o alimentos contaminados.
- *Cryptosporidium* spp. y *Giardia intestinalis*: parásitos intestinales con potencial de causar brotes prolongados.
- Hepatitis A: riesgo moderado en poblaciones expuestas a agua contaminada.

El informe señala que el riesgo de transmisión es moderado en el corto y mediano plazo, pero puede controlarse con medidas adecuadas de saneamiento y control epidemiológico.

b) Infecciones de heridas y enfermedades zoonóticas

El contacto con aguas contaminadas y la exposición a residuos de las inundaciones incrementaron el riesgo de infecciones cutáneas y enfermedades zoonóticas. Se identificaron los siguientes patógenos como principales amenazas:

- *Staphylococcus* spp. y *Streptococcus* spp.: bacterias responsables de infecciones en heridas abiertas.
- *Vibrio* spp. y *Aeromonas* spp.: microorganismos asociados a infecciones cutáneas en contacto con agua contaminada.
- *Leptospira* spp.: causante de leptospirosis, transmitida por la orina de roedores en agua estancada.

El informe concluye que el riesgo de infecciones de heridas es bajo en la población general, pero moderado en trabajadores de limpieza y personal de rescate.

c) Enfermedades respiratorias y afecciones por moho y hongos

Las condiciones de alta humedad y el deterioro de las viviendas generaron un entorno propicio para la proliferación de moho y hongos, aumentando el riesgo de enfermedades respiratorias:

- *Aspergillus* spp. y *Penicillium* spp.: esporas de hongos que pueden causar reacciones alérgicas y neumonitis en personas vulnerables.
- Virus respiratorios (gripe, COVID-19, adenovirus): la aglomeración en refugios temporales aumenta la probabilidad de transmisión.

El riesgo de enfermedades respiratorias se consideró bajo, pero con posibles incrementos en las semanas posteriores debido a la persistencia de condiciones de hacinamiento y mala ventilación en refugios.

d) Enfermedades transmitidas por vectores

El informe destaca un incremento en la proliferación de mosquitos en áreas inundadas, favoreciendo la transmisión de enfermedades vectoriales:

- Virus del Nilo Occidental (West Nile Virus): detectado previamente en équidos y con riesgo moderado en humanos.
- Dengue, chikungunya y zika: transmitidos por *Aedes albopictus*, cuya densidad poblacional puede aumentar tras la inundación.

El riesgo inicial se consideró bajo, pero podría aumentar en las semanas siguientes si se mantienen las condiciones favorables para la reproducción de vectores.

Tras un desastre natural, las zoonosis representan un riesgo significativo para la salud pública especialmente durante las primeras semanas. Entre las enfermedades de origen zoonótico, la leptospirosis destaca como uno de los principales riesgos tras inundaciones.

e) Impacto en la salud mental y psicosocial

Las inundaciones generaron estrés postraumático, ansiedad y depresión, especialmente en personas que han perdido sus hogares, familiares o medios de vida.

- La probabilidad de trastornos de salud mental es seis veces mayor en la población afectada que en la no afectada.
- Los problemas de salud mental pueden persistir por al menos tres años en algunas personas.
- Se recomienda la implementación de programas de apoyo psicológico y rehabilitación psicosocial.

En resumen, el informe subraya que la magnitud del impacto en la salud pública tras las inundaciones en Valencia puede reducirse significativamente con una respuesta sanitaria rápida y coordinada. La aplicación de medidas de vigilancia, prevención y control es clave para evitar brotes epidémicos y garantizar la seguridad de la población en el proceso de recuperación. Entre las medidas propuestas cabe destacar: 1) Medidas de control de enfermedades infecciosas, con refuerzo de la vigilancia epidemiológica y la provisión de agua de consumo. 2) La prevención de heridas y exposición a aguas contaminadas mediante el uso de equipos de protección personal y vacunación contra el tétanos. 3) El control de enfermedades vectoriales, con monitoreo de poblaciones de mosquitos. 4) El apoyo psicosocial y de salud mental con equipos de atención psicológica y desarrollo de programas comunitarios y de reconstrucción.

5.2. Evaluación rápida de riesgos: lluvias extremas e inundaciones catastróficas en Europa occidental

El informe del Centro Europeo para la Prevención y el Control de Enfermedades (ECDC) evalúa los riesgos sanitarios asociados con las inundaciones extremas ocurridas el 14 y 15 de julio de 2021 en Bélgica, Alemania, Luxemburgo y los Países Bajos. Estas inundaciones causaron una elevada mortalidad, desplazamientos masivos y daños sustanciales a la infraestructura crítica, afectando el acceso a servicios esenciales como el agua potable y la atención médica⁷.

El informe destaca que, aunque la respuesta rápida en los países afectados ayudó a mitigar ciertos riesgos sanitarios, la crisis ocurrió en el contexto de la pandemia de COVID-19, lo que representó desafíos adicionales para la gestión de la emergencia.

Entre los peligros identificados para la salud pública, cabe destacar:

5.2.1. Enfermedades transmitidas por el agua y los alimentos

Las inundaciones provocaron el desbordamiento de aguas residuales y la contaminación de fuentes de agua potable, aumentando el riesgo de infecciones gastrointestinales. Se identificaron los siguientes patógenos:

- Norovirus y rotavirus: causantes de brotes de gastroenteritis aguda.
- *Cryptosporidium* spp. y *Giardia* spp.: parásitos con alta persistencia en agua contaminada.
- *Escherichia coli* patógena y *Salmonella* spp.: principales responsables de infecciones bacterianas entéricas.
- Hepatitis A: riesgo potencial debido a la contaminación fecal de las fuentes de agua.

Se destacó el incremento del riesgo en poblaciones vulnerables (niños, ancianos e inmunodeprimidos), quienes son más propensos a sufrir cuadros graves de deshidratación y complicaciones gastrointestinales. Ver **Tabla 2**.

Tabla 2. Probabilidad, impacto y riesgo global de enfermedades infecciosas para la población general y la población vulnerable afectada por inundaciones en Europa occidental. Fuente: Ver Referencia 7.

Población	Enfermedades de prevalencia muy baja o baja*	Enfermedades de prevalencia intermedia o alta†
Población general	Probabilidad: Muy baja Impacto: Bajo Riesgo: Bajo	Probabilidad: moderada Impacto: Bajo Riesgo: Moderado
Población vulnerable	Probabilidad: Muy baja Impacto: Alto Riesgo: moderado	Probabilidad: Moderada Impacto: Alto Riesgo: Alto

* Las enfermedades de prevalencia muy baja o baja incluyen el tétanos, la hepatitis A, el sarampión, la varicela, la meningitis, la gripe, la legionelosis y las enfermedades transmitidas por vectores.

† Las enfermedades de prevalencia intermedia o alta incluyen enfermedades transmitidas por alimentos y agua, COVID-19 y leptospirosis.

5.2.2. Enfermedades zoonóticas y transmisión por contacto con aguas contaminadas

Las inundaciones favorecieron la propagación de enfermedades transmitidas por animales y el contacto con aguas contaminadas incrementó el riesgo de infecciones cutáneas. Entre los principales riesgos identificados se incluyen:

- Leptospirosis: transmitida por contacto con agua contaminada por la orina de roedores.
- Infecciones por *Vibrio* spp. y *Aeromonas* spp.: asociadas a heridas expuestas al agua de la inundación.
- Riesgo de aumento de mordeduras de animales: roedores y animales domésticos pueden volverse agresivos en situaciones de desastre.

El riesgo de leptospirosis fue catalogado como moderado, debido al aumento de la población de roedores tras la dispersión de residuos y escombros.

5.2.3. Enfermedades respiratorias y exposición a moho

Las condiciones de hacinamiento en refugios temporales y la exposición prolongada a humedad y moho aumentaron el riesgo de enfermedades respiratorias, incluyendo:

- Infecciones virales (COVID-19, gripe, adenovirus): propagación facilitada por el hacinamiento en refugios.
- Neumonía por *Legionella* spp.: riesgo elevado debido al estancamiento del agua y la contaminación de los sistemas de distribución de agua.
- Exposición a moho (*Aspergillus* spp., *Penicillium* spp.): riesgo de exacerbación del asma y enfermedades respiratorias en personas vulnerables.

El informe recomendó monitoreo activo en albergues para la detección de enfermedades respiratorias y la implementación de medidas de ventilación y reducción de la humedad en viviendas afectadas.

5.2.4. Enfermedades transmitidas por vectores

La acumulación de agua estancada tras las inundaciones aumentó el riesgo de proliferación de mosquitos y la transmisión de enfermedades vectoriales:

- Virus del Nilo Occidental (West Nile Virus): potencial incremento debido a la presencia de *Culex pipiens*.
- Dengue, chikungunya y zika: riesgo bajo, pero con posibilidad de transmisión si se dan condiciones favorables para *Aedes albopictus*.

Se recomendó la implementación de programas de monitoreo y control vectorial, especialmente en áreas con alta presencia de mosquitos.

5.2.5. Impacto de la pandemia de COVID-19 en la respuesta a la emergencia

Las inundaciones ocurrieron en un contexto de alta circulación de SARS-CoV-2 en los países afectados, lo que dificultó la implementación de medidas de mitigación.

- El riesgo de transmisión de COVID-19 fue alto en poblaciones desplazadas debido al hacinamiento en refugios.
- La cobertura de vacunación en los países afectados oscilaba entre 56 % y 60 %, lo que dejaba a una parte de la población en riesgo de infección severa.

El informe enfatizó la necesidad de garantizar la continuidad de los programas de vacunación y pruebas diagnósticas en las zonas afectadas.

En resumen, el informe destaca que las inundaciones en Europa Occidental en 2021 representaron un alto riesgo sanitario, con potencial para brotes de enfermedades transmitidas por agua, alimentos y vectores. La respuesta temprana, combinada con medidas de control sanitario y vigilancia epidemiológica, fue clave para mitigar los impactos en la salud pública.

Bibliografía

1. O.M.S. Evaluación rápida de riesgos de eventos agudos de salud pública. 2015. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/7701>
2. Paterson DL, Wright H, Harris PNA. Health Risks of Flood Disasters. *Clin Infect Dis*. 2018 Oct 15;67(9):1450-1454. doi: 10.1093/cid/ciy227.
3. Huang, Y. (2009). Rapid flood risk assessment using GIS technology. *International Journal of River Basin Management*, 7(1), 3-14. <https://doi.org/10.1080/15715124.2009.9635365>
4. Grigg, N.S. Comprehensive Flood Risk Assessment: State of the Practice. *Hydrology* 2023, 10, 46. <https://doi.org/10.3390/hydrology10020046>
5. Paterson DL, Wright H, Harris PNA. Health Risks of Flood Disasters. *Clin Infect Dis*. 2018 Oct 15;67(9):1450-1454. doi: 10.1093/cid/ciy227.
6. Ahern M., Kovats R.S., Wilkinson P., Few R., Matthies F. Global health impacts of floods: epidemiologic evidence. *Epidemiol Rev*. 2005;27:36-46. doi: 10.1093/epirev/mxi004. PMID: 15958425.
7. European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). Extreme rainfall and catastrophic floods in western Europe - 29 July 2021. ECDC: Stockholm; 2021.
8. UK Health Security Agency. Guidance - Flooding and Health: an overview. Updated 19 December 2023. <https://www.gov.uk/government/publications/flooding-and-health-advice-for-frontline-responders/flooding-and-health-an-overview>
9. Erickson, T. B., Brooks, J., Nilles, E. J., Pham, P. N., & Vinck, P. (2019). Environmental health effects attributed to toxic and infectious agents following hurricanes, cyclones, flash floods and major hydrometeorological events. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B*, 22(5-6), 157-171. <https://doi.org/10.1080/10937404.2019.1654422>
10. Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias. Lluvias torrenciales y catástrofe natural en la Comunitat Valenciana. Evaluación rápida de riesgo. Madrid, 6 de noviembre de 2024.

ANEXO

Este es un ejemplo de tabla resumen de información crítica necesaria para la primera fase de preparación de una Evaluación Rápida de Riesgo (ERR) tras un evento de inundación que ha afectado tanto áreas rurales como urbanas. Esta tabla está basada en guías de la OMS, ECDC, experiencias recientes (como la DANA en la Comunitat Valenciana) y literatura técnica sobre riesgos sanitarios post-inundación.

Tabla Resumen
Información Crítica para la Preparación de una ERR

Categoría	Variable o Dato crítico	Descripción / Ejemplo	Fuente/Responsable
1. Evento	Fecha y duración de la inundación	Inicio, duración y evolución del evento	Autoridades meteorológicas y Protección civil
	Tipo de inundación	Súbita, pluvial, fluvial, marejada, etc.	AEMET, EFAS ⁺ , datos locales
2. Área afectada	Cobertura geográfica	Municipios y comarcas afectados (urbanos y rurales)	Protección civil, GIS, satélite
	Densidad poblacional y grupos vulnerables	Niños, ancianos, personas con discapacidad	INE, atención primaria, servicios sociales
3. Infraestructura sanitaria	Estado de centros de salud y hospitales	Número afectados, capacidad operativa reducida	Consejerías de salud, inspección sanitaria
	Accesibilidad a servicios médicos	Vías cortadas, transporte sanitario interrumpido	Protección civil, Cruz Roja
4. Agua y saneamiento	Estado del suministro de agua potable	Cortes, contaminación, fuentes alternativas	Empresas gestoras, informes técnicos
	Daños en sistemas de saneamiento	Vertidos, fugas, estaciones depuradoras afectadas	EPSAR / Ayuntamientos / Consejerías autonómicas
5. Riesgos ambientales	Presencia de aguas estancadas o contaminadas	Aumento de vectores, focos de infección	Salud ambiental, control vectorial
	Daños en industrias / instalaciones con sustancias peligrosas	Posibles vertidos tóxicos	SEPRONA, inspección ambiental, bomberos
6. Situación epidemiológica previa	Enfermedades endémicas / brotes recientes	Leptospirosis, gastroenteritis, COVID-19	Vigilancia epidemiológica, CNE
	Cobertura de vacunación	Tétanos, hepatitis A, COVID-19	Historia clínica digital, registros vacunales
7. Recursos disponibles	Equipos de intervención (salud, emergencias)	Número, capacitación, disponibilidad	Cruz Roja, SUMA, Protección civil

+EFAS: Sistema Europeo de Alerta de Inundaciones

CAPÍTULO 5

RECOMENDACIONES PREVIAS AL RESTABLECIMIENTO DEL SUMINISTRO. SUMINISTROS ALTERNATIVOS URGENTES: CISTERNAS Y DEPÓSITOS MÓVILES; AGUAS ENVASADAS

José M^a Ordóñez Iriarte

1. Introducción

El agua potable, para el consumo y para una higiene adecuada, es uno de los requisitos de salud pública más importantes en la mayoría de las emergencias y desastres, junto con el sistema de saneamiento adecuado. El mayor riesgo para la salud transmitido por el agua proviene de la transmisión de patógenos fecales, como resultado de la contaminación que se ha producido en las fuentes de agua¹.

En estas situaciones, como la vivida tras el paso de la DANA en Valencia en octubre del año 2024, o las inundaciones más cercanas como las de febrero del 2026, a los riesgos habituales de contaminación del agua, se añaden todo un conjunto de microorganismos que han podido movilizarse: virus, bacterias y protozoos.

Por ello, la calidad del agua debe ser evaluada por el operador durante todo el proceso de vuelta progresiva a la normalidad. Esto incluye el control de la calidad microbiana del agua, el control de los procesos de tratamiento del agua, incluida la desinfección y el control de otros parámetros de calidad del agua. Por su parte, la Autoridad sanitaria fiscalizará todo este proceso de control realizado por el operador y, además, valorará con la Autoridad hidráulica, la calidad del agua en origen

En el caso de que se produzcan brotes de enfermedades vinculadas a este medio, se hará una evaluación y revisión más exhaustiva de todo el sistema de abastecimiento y se adoptarán las medidas de prevención/protección/correctoras oportunas para evitar más casos.

Mientras no exista suministro de agua potable, o apta para el consumo humano, a través de las redes de distribución, las Autoridades pondrán a disposición de la población un suministro de agua potable segura a través de **cisternas, depósitos móviles o aguas envasadas**. Este suministro alternativo deberá priorizar los usos esenciales, especialmente beber, cocinar, preparar alimentos, higiene bucal, lavado de manos, preparación de fórmulas infantiles y atención a población vulnerable.

Es conveniente hacer una evaluación de necesidades, teniendo en cuenta la población y los establecimientos más sensibles como centros de salud y hospitales, centros de personas vulnerables y escuelas y colegios; por último, considerar también las

necesidades del tejido empresarial, con especial énfasis en la industria alimentaria a la que se le dedica un Anexo concreto.

Además, se trasladarán los siguientes consejos generales a la población afectada, sin detrimento de que se adaptarán, caso a caso, según la afectación del abastecimiento:

- El Ayuntamiento es la autoridad que informará sobre el suministro y consumo de agua. Seguir en todo momento las indicaciones que establezca.
- Utilizar siempre agua potable para beber, cocinar y lavarse los dientes.
- Emplear agua envasada para beber y cocinar. Se recuerda que el agua de las fuentes naturales no conectadas a la red de distribución no cuenta con garantía sanitaria.
- En relación con la higiene personal, seguir las indicaciones que establezcan el Ayuntamiento y, en su caso, la autoridad sanitaria, especialmente cuando existan restricciones de uso del agua de red o no se haya confirmado todavía su aptitud.

2. Provisión urgente de agua potable segura

A. Cisternas y depósitos móviles

El Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro² regula este tipo de provisión de agua mediante cisternas y depósitos móviles. Así, los artículos 34 y 35 recogen el conjunto de aspectos que deben concurrir para poder llevar a cabo este tipo de suministro.

Artículo 34: Suministro de agua mediante cisternas y depósitos móviles.

1. El operador de una zona de abastecimiento podrá recurrir al uso de cisternas o depósitos móviles, como máximo durante cuatro meses al año, sin perjuicio de lo dispuesto en el siguiente apartado. Excepcionalmente, si el operador de una zona de abastecimiento o particulares deben suministrar agua de consumo mediante cisternas, más de cuatro meses al año, deberán comunicarlo previamente a la Autoridad sanitaria para el informe sanitario favorable.

2. El operador que suministre agua mediante una cisterna o depósito móvil solicitará la autorización administrativa correspondiente a la autoridad competente, autonómica o local, para darse de alta en esta actividad.

En este sentido, la Orden SCO/1591/2005, de 30 de mayo, sobre el Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo (SINAC)³, sería el marco que regula la inscripción en este sistema de los dispositivos móviles de transporte de agua potable.

El procedimiento para dar de alta en el SINAC a las cisternas y depósitos móviles se encuentra en el Manual. Se accede desde Menú > Altas > Solicitudes Infraestructura > Cisterna. Se identifican tres tipos: barco cisterna, camión cisterna y otro tipo de depósito móvil.

3. En los suministros de este tipo, los operadores implicados deberán presentar a la Autoridad sanitaria, en cuyo ámbito se realice la carga y la descarga, al menos la siguiente documentación:

a) Información básica:

- 1.º Matrícula y número de bastidor;
- 2.º Capacidad de la cisterna;
- 3.º Material de revestimiento interior;
- 4.º Indicar si se realiza por el operador de la cisterna algún tipo de tratamiento al agua de consumo;
- 5.º Última limpieza y desinfección.

Siempre que esta información no haya sido aportada previamente por parte del propietario de la cisterna o ésta ya haya sido autorizada.

b) Información en cada suministro alternativo:

- 1.º Procedencia del agua y destino del agua, y los operadores que intervengan;
- 2.º Fecha/s de uso o transporte del agua de consumo;
- 3.º Motivo por el que se recurre a este tipo de suministro;
- 4.º Análisis de control del agua de procedencia de la carga, al menos en el último mes con otros parámetros que señale la Autoridad sanitaria, por parte del operador que entrega al agua al operador de la cisterna, en un laboratorio que cumpla con lo descrito en el artículo 20 y el anexo III.

Artículo 35. Características de las cisternas o depósitos móviles

1. Las cisternas o depósitos móviles que se utilicen para transporte de agua de consumo tendrán claramente señalado y suficientemente visible que es un transporte de agua de consumo, en su caso, mediante el pictograma de agua de consumo (grifo blanco sobre fondo azul).
2. En caso de que la cisterna se haya estado utilizando para transporte de una materia alimentaria distinta de agua de consumo, antes de proceder a transportar agua de consumo, deberá procederse a su limpieza en profundidad, eliminando cualquier resto del alimento anteriormente transportado, seguido de una desinfección.
3. Durante el periodo de duración del suministro alternativo, las cisternas, depósitos u otros elementos móviles que se empleen sólo podrán utilizarse para el transporte de agua de consumo.
4. El operador, en el caso de cisternas o depósitos móviles que puedan acoplarse a diferentes cabezas tractoras, deberá disponer de la identificación de la cisterna. En cada suministro de este tipo, el gestor deberá contar con el informe sanitario favorable.
5. El operador de la cisterna o depósito móvil deberá realizar la carga en una zona de abastecimiento cuya agua sea apta para el consumo, quedando por tanto excluida la

carga directa desde una captación o cualquier otra infraestructura no representativa de la calidad del agua de la zona de abastecimiento.

6. En todo momento, el operador de la cisterna adoptará las medidas de protección oportunas para que la calidad del agua de consumo no se degrade, así como aquellas medidas correctoras que en su caso señale la autoridad sanitaria. En el punto de entrega del depósito o red para suministrar agua de consumo a la cisterna, en las nuevas instalaciones se pondrá una válvula anti retorno y será exclusivo para la cisterna.

7. El propietario de la cisterna, vigilará de forma regular la situación de la estructura, elementos de cierre, valvulería e instalación en general, al menos una vez al año. Previamente al inicio de la actividad deberá realizar limpieza y desinfección del interior de la cisterna; la limpieza deberá tener una función de desincrustación y desinfección, seguida de un aclarado con agua de consumo.

8. El propietario de la cisterna deberá designar al menos un punto de muestreo para la toma de muestras

La carga de una cisterna o depósito móvil siempre tiene que ser de agua apta para el consumo, por lo que debe cargarse o a salida de la ETAP o salida del depósito de cabecera o depósito de regulación /distribución

B. Aguas envasadas

En España, de acuerdo a la normativa vigente⁵⁻⁷, las aguas que actualmente se envasan para consumo humano son:

- Aguas minerales naturales (AMN)
- Aguas de manantial (AM)
- Aguas preparadas (AP)
- Aguas de consumo público envasadas (ACPE)

a. Aguas minerales naturales y aguas de manantial

El Real Decreto 1798/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula la explotación y comercialización de aguas minerales naturales y aguas de manantial envasadas para consumo humano⁵ tiene por objeto “definir, a efectos legales, lo que se entiende por aguas minerales naturales y aguas de manantial y fijar las normas de captación, manipulación, circulación, comercialización y, en general, la ordenación jurídica de tales productos”.

Aguas minerales naturales: [son] aquellas microbiológicamente sanas que tengan su origen en un estrato o yacimiento subterráneo y que broten de un manantial o puedan ser captadas artificialmente mediante sondeo, pozo, zanja o galería, o bien, la combinación de cualquiera de ellos.

Éstas pueden distinguirse claramente de las restantes aguas de bebida ordinarias:

1.º por su naturaleza, caracterizada por su contenido en minerales, oligoelementos y otros componentes y, en ocasiones, por determinados efectos,

2.º por su constancia química y

3.º por su pureza original, características estas que se han mantenido intactas, dado el origen subterráneo del agua que la ha protegido de forma natural de todo riesgo de contaminación.

Para la utilización de esta denominación, las aguas deberán cumplir las características establecidas en la **parte A del anexo I** y los requisitos de declaración y autorización fijados en el artículo 3 para este tipo de aguas, así como las condiciones de explotación y comercialización establecidas en el capítulo II de esta disposición.

Aguas de manantial: son las de origen subterráneo que emergen espontáneamente en la superficie de la tierra o se captan mediante labores practicadas al efecto, con las características naturales de pureza que permiten su consumo; características que se conservan intactas, dado el origen subterráneo del agua, mediante la protección natural del acuífero contra cualquier riesgo de contaminación. Estas aguas deberán cumplir las características establecidas en la **parte B del anexo I**. Además de todos los parámetros que deben cumplir, se llama la atención sobre el **radón** y el **tritio**, por ser aguas de origen subterráneo.

Las condiciones de explotación y comercialización de estas aguas minerales naturales y las de manantial requieren de una declaración y autorización de aprovechamiento.

Además, entre otras, deben cumplir con los siguientes criterios:

- Los explotadores de empresa alimentaria se cerciorarán de que, en todas las etapas de la producción, la transformación y la distribución de alimentos bajo su control se cumplen los requisitos de higiene pertinentes contemplados en este real decreto y en el resto de las normas de aplicación, en especial, los Reglamentos (CE) n.º 178/2002 y 852/2004.
- Con los requisitos generales y específicos relativos a las instalaciones y equipos.
- Con los requisitos específicos relativos a los locales, al proceso de envasado a los envases y los tipos de envases
- Etiquetado y publicidad. Será de aplicación lo dispuesto en el Reglamento (UE) n.º 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2011, sobre la información alimentaria facilitada al consumidor.
- En función de los diferentes supuestos, las aguas minerales naturales se pueden denominar:
 - Agua mineral natural naturalmente gaseosa o agua mineral natural carbónica
 - Agua mineral natural reforzada con gas del mismo manantial
 - Agua mineral natural con gas carbónico añadido
 - Agua mineral natural totalmente desgasificada
 - Agua mineral natural parcialmente desgasificada
- Por su parte las aguas de manantial, se denominarán como Agua de manantial de forma destacada con dos posibles menciones:
 - Gasificada
 - Desgasificada

- Información obligatoria:
 - Nombre de manantial o captación subterránea y lugar de explotación
 - Composición analítica (sólo en el caso de las aguas minerales naturales)
 - Indicación de contener, si es así, más de 1,5 mg/L de flúor
- Las industrias dedicadas a esta actividad, si están en España, deben estar inscritas en el Registro General Sanitario de Empresas alimentarias y Alimentos

b. Aguas preparadas envasadas para el consumo humano

Estas aguas vienen reguladas por el Real Decreto 1799/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula el proceso de elaboración y comercialización de aguas preparadas envasadas para el consumo humano⁶,

Aguas preparadas: Las aguas distintas a las aguas minerales naturales y de manantial, que pueden tener cualquier tipo de procedencia y se someten a los tratamientos fisicoquímicos autorizados necesarios para que reúnan las características de potabilidad establecidas en el anexo I.

A efectos de su denominación, deberán diferenciarse los siguientes tipos:

- Potables preparadas: Aquellas que pueden tener cualquier tipo de procedencia, subterránea o superficial y que han sido sometidas a tratamiento para que sean potables. Todas estas aguas perderían así, si la tuviesen, la calificación de agua de manantial o agua mineral natural, pasando a denominarse aguas potables preparadas.
- De abastecimiento público preparadas: En el supuesto de tener dicha procedencia.

Aguas de consumo público envasadas: “aquellas distribuidas mediante red de abastecimiento público y las procedentes de este origen, envasadas conforme a la normativa que regula los materiales en contacto con alimentos, de forma coyuntural para su distribución domiciliaria y gratuita, con el único objeto de suplir ausencias o insuficiencias accidentales de la red pública, que deben cumplir el Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro”

Las condiciones de explotación y comercialización de estas aguas deben cumplir, entre otras, con los siguientes criterios:

- Los explotadores de empresa alimentaria se cerciorarán de que, en todas las etapas de la producción, la transformación y la distribución de alimentos bajo su control se cumplen los requisitos de higiene pertinentes contemplados en este real decreto y en el resto de normas de aplicación, en especial, los Reglamentos (CE) n.º 178/2002 y 852/2004.
- Con los requisitos generales y específicos relativos a las instalaciones y equipos.
- Con los requisitos específicos relativos a los locales, al proceso de envasado a los envases y los tipos de envases

- Etiquetado y publicidad. Será de aplicación lo dispuesto en el Reglamento (UE) n.º 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2011, sobre la información alimentaria facilitada al consumidor.
- En función de los diferentes supuestos, las aguas minerales naturales se pueden denominar:
 - Agua potable preparada, procedente de manantial o captación: La denominación de venta será **“agua potable preparada”**, que deberá figurar de forma destacada en color e intensidad y en caracteres cuya altura y ancho sean una vez y media superiores a la marca o signo distintivo. Si se ha añadido o eliminado anhídrido carbónico, se incluirá además la mención: «Gasificada», «con gas», «carbónica», «desgasificada» o «sin gas» según proceda.
 - Agua de abastecimiento público preparada: La denominación de venta será **“agua de abastecimiento público preparada”**, que deberá figurar en forma destacada en color e intensidad y en caracteres cuya altura y ancho sean una vez y media superiores a la marca o signo distintivo. Si se ha añadido anhídrido carbónico, se incluirá la mención «gasificada», «con gas» o «carbónica».
- El etiquetado y las modalidades de realizarlo no deberán ser de tal naturaleza que induzcan a error al comprador, especialmente sobre las características del agua.
- Las industrias dedicadas a esta actividad, si están en España, deben estar inscritas en el Registro General Sanitario de Empresas alimentarias y Alimentos

Otras opciones: hervir el agua^{1,8}

Existen diversas circunstancias en las que puede ser necesario tratar el agua en el punto de consumo para eliminar o inactivar patógenos microbianos. Es lo que puede ocurrir en una situación de emergencia como la DANA.

Existen diversos métodos de tratamiento del agua de eficacia probada para la eliminación o inactivación de patógenos microbianos, como la desinfección química, la filtración, la floculación/desinfección y el calor. Si se opta por la ebullición, previo a hervirla, es mejor reducir al máximo la turbidez del agua.

La **ebullición es un método térmico muy eficaz** para eliminar patógenos humanos incluso en aguas turbias y en alturas por encima del nivel del mar¹. Sin embargo, la ebullición implica el uso de combustibles a base de carbono, que es muy costoso, y no proporciona ninguna protección residual.

Las bacterias entéricas, los protozoos y los virus en líquidos son sensibles a la inactivación a temperaturas inferiores a 100 °C. La inactivación térmica se ha estudiado en agua, aguas residuales, leche y otros líquidos a temperaturas cercanas a las utilizadas para la pasteurización (p.ej., 63 °C durante 30 minutos, 72 °C durante 15 segundos) y en agua caliente (aproximadamente 60 °C). Solo unos pocos estudios han examinado la inactivación térmica en líquidos a temperaturas cercanas a 100 °C.

¹. El punto de ebullición del agua disminuye a medida que aumenta la altura sobre el nivel del mar. A nivel del mar, el agua hierve a 100 °C, pero a mayor altitud, donde la presión atmosférica es menor, el agua hierve a temperaturas más bajas. Por ejemplo, en altitudes por encima de los 1.000 m, hervir el agua 3 minutos

Los resultados de estas investigaciones muestran que las bacterias son particularmente sensibles al calor y que se logran muertes rápidas (menos de 1 minuto por reducción logarítmica [90 %]) a temperaturas superiores a 65 °C. Los virus se inactivan a temperaturas entre 60 °C y 65 °C, pero a un ritmo más lento que las bacterias. Sin embargo, como se ha demostrado para el poliovirus y la hepatitis A, al superar los 70 °C, se alcanza una inactivación superior a 5 log (reducción del 99,999 %) en menos de un minuto. Los ooquistes de *Cryptosporidium parvum* se inactivan en menos de un minuto cuando la temperatura supera los 70 °C. Los datos sobre los quistes de *Giardia* son más limitados, pero se ha descrito la inactivación a temperaturas de entre 50 °C y 70 °C.

Tabla 1. Inactivación térmica de algunas bacterias, virus y protozoos

Organismo	Temperatura (°C)	Tiempo de Inactivación (s)	Log ₁₀ reducción
Bacterias			
<i>Escherichia coli</i>	60	1.800	6 log
	65	< 2	Per log*
	72	0,4	Per log
<i>Enterococcus faecalis</i>	65	7-19	Per log
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	65	5	Per log
<i>Salmonella typhimurium</i>	65	< 2	Per log
<i>Vibrio cholerae</i>	55	22,5	Per log
	70	120	> 7 log
Virus			
Enterovirus	60	1.800	4,3 log
	65	120	2 log
	80	5	5 log**
	85	< 30	5 log
Poliovirus 1	60	1.800	5,4 log
	62	1.800	> 5 log
	72	30	> 5 log
	95	16	> 5 log
Protozoos			
<i>Cryptosporidium parvum</i>	60	300	3,4 log
	72	60	3,7 log
	72	5-15	> 3 log
<i>Giardia</i>	56	600	> 2 log
	70	600	> 2 log

Fuente: OMS³. *Per log (90 %); **5 log (99,999 %);

A partir de estos resultados, se considera que el proceso de calentar el agua hasta su ebullición, según lo recomendado en las Guías de la OMS para la Calidad del Agua Potable (OMS, 2011), es suficiente para inactivar bacterias, virus y protozoos patógenos.

Una vez que el agua haya alcanzado su ebullición, debe retirarse del fuego, dejarse enfriar de forma natural, sin añadir hielo, y protegerse de la recontaminación posterior al tratamiento durante el almacenamiento.

La Environmental Protection Agency (EPA) recoge este procedimiento:

“Si no tiene agua embotellada, hierva el agua. Hervirla es suficiente para eliminar bacterias, virus y protozoos patógenos (OMS, 2015).

Si el agua está turbia, déjela reposar y fíltrela a través de un paño limpio, una toalla de papel para hervir agua o un filtro de café.

Hierva el agua durante al menos un minuto. A altitudes superiores a 5.000 pies (1.524 metros), hierva el agua durante tres minutos. Deje que el agua se enfríe naturalmente y guárdela en recipientes limpios con tapa.

Para mejorar el sabor (ausencia de sabor) del agua hervida, agregue una pizca de sal a cada litro de agua, o vierta el agua de un recipiente limpio a otro varias veces”⁹.

Se debe tener en cuenta que el agua hervida pierde sabor, no elimina sustancias tóxicas que potencialmente pueden estar después de una catástrofe como las inundaciones y, además, las concentra.

Bibliografía

1. Organización Mundial de la Salud. Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera addenda [Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating first addendum]. Ginebra: Organización Mundial de la Salud; 2018. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
2. Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro. B.O.E núm. 9, de 11/01/2023.
3. Orden SCO/1591/2005, de 30 de mayo, sobre el Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo. B.O.E. núm. 131 de 2 de junio de 2005.
4. Ministerio de Sanidad. Real Decreto 3/2023, de 10 de enero Guía para su implementación. Edición julio'23. Disponible en: https://www.sanidad.gob.es/areas/sanidadAmbiental/calidadAguas/aguasConsumoHumano/publicaciones/docs/2023_GUIA_RD_3_2023.pdf
5. Real Decreto 1798/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula la explotación y comercialización de aguas minerales naturales y aguas de manantial envasadas para consumo humano. B.O.E. núm. 16, de 19 de enero de 2011
6. Real Decreto 1799/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula el proceso de elaboración y comercialización de aguas preparadas envasadas para el consumo humano. B.O.E. núm. 17, de 20 de enero de 2011.
7. Real Decreto 2/2023, de 10 de enero, por el que se modifican el Real Decreto 1798/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula la explotación y comercialización de aguas minerales naturales y aguas de manantial envasadas para consumo humano, y el Real Decreto 1799/2010, de 30 de diciembre, por el que se regula el proceso de elaboración y comercialización de aguas preparadas envasadas para el consumo humano. B.O.E. núm. 9 de 11 de enero de 2023.
8. Organización Mundial de la Salud. Boil water. WHO/FWC/WSH/15.02. Disponible en: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/155821/WHO_FWC_WSH_15.02_eng.pdf?sequence=1
9. Environmental Protection Agency (EPA). Desinfección de emergencia de agua potable. Disponible en: <https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/emergency-disinfection-drinking-water>

CAPÍTULO 6

ESTRATEGIAS GENERALES DE ACCIÓN EN CONTEXTOS POST-INUNDACIÓN

Sebastián Crespi Rotger

1. Principios generales de intervención

La restauración del suministro de agua de consumo tras un evento de inundación debe sustentarse en una estrategia técnica que priorice la protección de la salud pública. Esta estrategia debe estructurarse sobre un enfoque preventivo basado en la evaluación continua del riesgo, la aplicación de medidas progresivas de restablecimiento y la coordinación multisectorial, garantizando así una intervención eficaz, proporcional y basada en evidencia.

En primera instancia, el objetivo primordial es reducir al mínimo la exposición de la población a riesgos sanitarios derivados de la posible contaminación del agua. Las interrupciones en el suministro, aunque disruptivas, se justifican en este contexto como medida de precaución ante la presencia potencial de agentes biológicos (como *Escherichia coli*, virus entéricos o *Leptospira* spp.) o contaminantes químicos (nitratos, metales pesados, compuestos orgánicos volátiles), frecuentemente asociados a infiltraciones, roturas estructurales, desbordamientos de redes de saneamiento y mezcla con aguas residuales.

En consecuencia, el restablecimiento del servicio debe seguir un enfoque escalonado, iniciándose, cuando proceda, bajo condiciones de uso restringido y con las limitaciones que establezca la autoridad sanitaria —por ejemplo, para determinados usos no potables o de limpieza—, y avanzando hacia la habilitación plena para consumo humano solo cuando existan garantías analíticas suficientes. Este proceso requiere la implementación sistemática de controles microbiológicos y fisicoquímicos, conforme a los criterios establecidos en la normativa nacional vigente y a la evaluación de riesgos.

El enfoque de gestión debe basarse en principios de análisis de riesgo, considerando la magnitud del evento, el estado de las infraestructuras hidráulicas, el perfil de vulnerabilidad de la población afectada y la dinámica epidemiológica local. El uso de herramientas de evaluación rápida permite identificar zonas críticas, priorizar intervenciones y adoptar decisiones fundamentadas en evidencia. Además, este proceso debe integrar las lecciones aprendidas de episodios previos y contemplar la posibilidad de aparición de enfermedades emergentes o reemergentes asociadas a eventos hidrometeorológicos extremos.

Una respuesta efectiva exige, asimismo, una estrecha coordinación entre los diferentes actores implicados: autoridades sanitarias, operadores del sistema de abastecimiento,

laboratorios de salud pública, servicios de protección civil, cuerpos técnicos locales y unidades de voluntarios. Esta colaboración es fundamental para garantizar la coherencia entre los procesos de evaluación del riesgo, las decisiones operativas de restablecimiento del suministro y la comunicación con la ciudadanía.

Finalmente, es esencial adoptar una perspectiva de comunicación sólida. La toma de decisiones en contextos de incertidumbre debe ser transparente, trazable y justificada. Se deben establecer mecanismos eficaces de comunicación del riesgo, adaptados a los distintos grupos de población, con mensajes claros sobre las restricciones, las medidas de autoprotección y los plazos estimados de restablecimiento seguro del suministro. La equidad debe ser un principio rector, priorizando el acceso a agua segura en colectivos vulnerables como menores, personas mayores, pacientes crónicos y centros asistenciales.

Es importante destacar que, en línea con lo establecido por el Real Decreto 3/2023, la planificación de la respuesta debe integrarse con los Planes Sanitarios del Agua (PSA), los cuales deben incluir análisis de peligros específicos relacionados con eventos extremos como inundaciones. Además, es obligatorio que los operadores dispongan de un plan de contingencia actualizado, con escenarios de interrupción o deterioro de la calidad del agua, medidas de mitigación y estrategias de restablecimiento escalonado del servicio. Ambos instrumentos deben haberse diseñado bajo un enfoque basado en el riesgo y deben haberse probado mediante simulacros¹.

En síntesis, los principios generales de intervención en la restauración del suministro tras una inundación deben fundarse en criterios técnico-científicos, con un enfoque integral de salud pública y una aplicación rigurosa de los marcos de gestión de riesgos, a fin de minimizar el impacto sanitario y garantizar una recuperación segura y sostenible del servicio de agua de consumo².

2. Restablecimiento progresivo del agua de consumo

El proceso de restablecimiento del servicio de agua de consumo no debe abordarse como una simple reconexión operativa del sistema, sino como una estrategia escalonada, técnica y sanitariamente fundamentada, cuyo objetivo es minimizar la exposición de la población a riesgos biológicos y químicos durante la recuperación del servicio.

La experiencia documentada en eventos recientes, como las inundaciones en Europa occidental en 2021, demuestra que las fases de restablecimiento inmediato son especialmente vulnerables a recontaminaciones por fallos estructurales, biofilms residuales o infiltraciones a través de tuberías comprometidas³. Por tanto, se recomienda un enfoque progresivo en el que el agua restablecida inicialmente se habilite para usos no potables (como limpieza y saneamiento), manteniéndose restricciones para el consumo humano directo hasta que se demuestre su inocuidad mediante controles analíticos rigurosos y sistemáticos.

Según la evaluación del riesgo y el estado de las infraestructuras, el proceso podrá incluir limpieza, purgas, desinfección de infraestructuras o tramos afectados y, en su caso, refuerzo temporal del desinfectante residual. Estas actuaciones deberán ir seguidas de las comprobaciones operativas y analíticas necesarias, incluida la verificación de la concentración de desinfectante residual, antes de avanzar hacia la reanudación del suministro para consumo humano.

La progresión hacia el uso como agua de consumo requiere de un conjunto de verificaciones analíticas y operativas. Entre los criterios mínimos que deben cumplirse se encuentran:

- Ausencia de indicadores microbiológicos de contaminación fecal, como *Escherichia coli* y coliformes totales.
- Parámetros fisicoquímicos dentro de los límites establecidos por las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la normativa nacional (RD 3/2023).

Adicionalmente, debe realizarse una evaluación estructural del sistema de abastecimiento, incluyendo la revisión de depósitos, estaciones de bombeo, puntos de toma y redes de distribución. Esta inspección debe identificar roturas, obstrucciones o conexiones cruzadas que puedan comprometer la integridad sanitaria del sistema. La experiencia tras el evento DANA en la Comunitat Valenciana mostró la bondad de esta verificación estructural para evitar episodios recurrentes de contaminación.

La decisión de avanzar entre fases debe tomarse de forma colegiada entre autoridades sanitarias, operadores del sistema y entidades técnicas, basándose en criterios definidos previamente en los planes de contingencia. Esta progresión debe ir acompañada de una estrategia de comunicación clara y continua hacia la población, informando sobre los niveles de restricción, las precauciones recomendadas y las zonas que permanecen bajo vigilancia especial. Las autoridades deben informar de forma proactiva sobre el estado del suministro, los criterios para el levantamiento de restricciones y las recomendaciones de uso del agua. Además, debe fomentarse la vigilancia pasiva por parte de la población y profesionales de salud ante posibles síntomas compatibles con enfermedades hídricas, como diarreas agudas o leptospirosis.

Finalmente, se recomienda priorizar el restablecimiento en infraestructuras críticas como centros de salud, escuelas, albergues y residencias, garantizando la instalación temporal de soluciones alternativas (cisternas, sistemas de potabilización móvil) hasta que se confirme la seguridad del abastecimiento. Esta priorización debe responder tanto a criterios epidemiológicos como de equidad y vulnerabilidad social.

Hay que enfatizar la necesidad de contar con los planes de contingencia previamente diseñados, los cuales deben haber previsto el modo en que se gestionarán los suministros alternativos (cisternas, puntos de distribución temporal, etc.), así como el orden de priorización en la reconexión de sectores según vulnerabilidad y criticidad sanitaria (hospitales, centros de acogida, etc.). Esta planificación, antes recomendada,

pasa ahora a ser obligatoria bajo los principios del RD 3/2023, fortaleciendo así la capacidad de respuesta de los operadores¹.

En resumen, el restablecimiento progresivo del suministro de agua debe contemplar una secuencia técnica de fases controladas, sustentada en criterios analíticos y estructurales, e integrada en una estrategia intersectorial de gestión del riesgo, comunicación con la comunidad y vigilancia epidemiológica activa.

3. Evaluaciones iniciales y continuas del riesgo mediante controles analíticos frecuentes

La garantía sanitaria del suministro de agua tras inundaciones requiere una vigilancia intensiva basada en parámetros analíticos críticos. Esta etapa constituye un pilar técnico esencial para la progresión controlada hacia el uso potable del recurso hídrico.

Una vez iniciado el restablecimiento del suministro de agua potable tras un evento de inundación, es esencial implementar un programa estructurado de evaluaciones continuas del riesgo sanitario. Este programa se basa en la realización sistemática y frecuente de controles analíticos, con énfasis en los parámetros microbiológicos y químicos clave que determinan la potabilidad del agua y la seguridad sanitaria del sistema.

A continuación, se presenta una tabla con los principales parámetros de control recomendados en la etapa inicial, su frecuencia mínima de monitoreo y los valores guía establecidos:

Tabla 1. Parámetros de control.

Parámetro	Frecuencia mínima de muestreo	Valor guía/umbral
<i>Escherichia coli</i>	Diaria en puntos críticos	0 UFC/100 mL
<i>Coliformes totales</i>	Semanal	0 UFC/100 mL
<i>Cloro libre residual</i>	Diaria	0,2 - 1,0 mg/L
<i>Nitratos</i>	Semanal en áreas afectadas	< 50 mg/L
<i>Turbidez</i>	Diaria tras restablecimiento	< 1 NTU
<i>pH</i>	Diaria	6,5 - 9,5

Estos controles deben realizarse con una frecuencia elevada durante las primeras semanas, idealmente diaria –o incluso varias veces al día– en los puntos críticos del sistema (como depósitos, cabeceras y áreas previamente afectadas por contaminación). La frecuencia puede reducirse progresivamente una vez que se evidencie la estabilidad del sistema y la ausencia de contaminación persistente. Los resultados analíticos deben ser revisados por un equipo técnico multidisciplinar que integre profesionales de salud pública, operadores del sistema de abastecimiento y laboratorios acreditados.

Una dimensión clave de estas evaluaciones es la adaptación del plan analítico a los hallazgos de la evaluación rápida de riesgos (ERR). Tal como se expone en el capítulo correspondiente, la ERR permite identificar peligros emergentes y zonas de riesgo elevado en función del tipo de contaminación, las actividades económicas afectadas y la vulnerabilidad de la población. Por tanto, en función de los resultados de la ERR, puede ser necesario incluir parámetros adicionales en el programa de control (ver capítulo 4, “Evaluación rápida de riesgos para la salud pública tras lluvias torrenciales e inundaciones”). Por ejemplo:

- En áreas cercanas a vertidos industriales, deben incorporarse análisis específicos de compuestos orgánicos volátiles, hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) y metales pesados como mercurio, cadmio o cromo hexavalente.
- En zonas agrícolas, se recomienda evaluar la presencia de nitratos, nitritos y pesticidas organofosforados o clorados, cuyo arrastre es común tras lluvias intensas.
- En caso de proliferación de microalgas o de aguas estancadas contaminadas, puede ser pertinente analizar toxinas algales o evaluar la presencia de *Legionella spp.*
- En caso de sospecha de contaminaciones por aguas residuales se puede analizar Norovirus, Rotavirus o *Cryptosporidium*.

Esta estrategia analítica adaptativa permite no solo verificar la calidad del agua en tiempo real, sino también detectar precozmente posibles recontaminaciones o fallos en el sistema de distribución. Su implementación efectiva exige la integración de tecnologías portátiles de análisis, uso de laboratorios móviles en emergencias y disponibilidad de personal técnico capacitado para la interpretación de los resultados en contexto.

En resumen, la evaluación continua del riesgo basada en controles analíticos frecuentes constituye el núcleo técnico del proceso de vigilancia post-inundación. Su diseño debe ser dinámico, basado en la caracterización del riesgo inicial, los resultados de la ERR y la evolución de los parámetros clave, permitiendo una toma de decisiones informada y una protección eficaz de la salud pública.

4. Programa de seguimiento prolongado

El restablecimiento del suministro de agua de consumo tras un evento de inundación no marca el fin del proceso de intervención sanitaria, sino el inicio de una fase crítica de vigilancia intensiva. Esta etapa, definida como el programa de seguimiento prolongado, tiene por objeto garantizar que la calidad del agua se mantenga dentro de los estándares exigidos y que no emerjan riesgos sanitarios residuales o diferidos, como consecuencia de contaminaciones tardías o fallos estructurales no identificados previamente.

Desde un enfoque epidemiológico y técnico, diversos estudios han documentado que los sistemas hidráulicos afectados por inundaciones presentan una elevada susceptibilidad a episodios de contaminación intermitente, especialmente en redes antiguas o con

materiales porosos donde pueden persistir biofilms contaminados⁴⁻⁵. Además, el arrastre de contaminantes químicos desde suelos saturados o infraestructuras industriales dañadas puede generar alteraciones en la calidad química del agua con aparición tardía, lo que justifica una vigilancia prolongada una vez restablecido el servicio²⁻⁶.

En este contexto, se recomienda mantener un programa de monitoreo intensivo durante un periodo mínimo de cuatro a seis semanas posteriores a la reapertura parcial del sistema, pudiendo ampliarse en función del grado de daño inicial, el nivel de vulnerabilidad de la población abastecida y los resultados obtenidos en las fases iniciales del restablecimiento²⁻⁶. Este monitoreo debe incluir análisis microbiológicos y fisicoquímicos en puntos críticos, controles del cloro residual como indicador de estabilidad del sistema, y pruebas estructurales (presión, integridad de válvulas y ramales) que aseguren la estanqueidad del sistema.

A esta vigilancia de parámetros del agua debe sumarse un componente clave: la vigilancia epidemiológica de la población. Tal como establece el Protocolo de Vigilancia DANA (2024), es fundamental reforzar la notificación de enfermedades entéricas, dermatitis y patologías respiratorias potencialmente relacionadas con el agua. La identificación temprana de casos agrupados (clústeres) compatibles con exposición a agua contaminada debe activar investigaciones específicas, permitiendo actuar de forma rápida para contener posibles brotes.

En caso de detectarse parámetros fuera de norma durante esta fase, debe aplicarse inmediatamente un protocolo de respuesta que incluya la suspensión del consumo, una nueva ronda de desinfección e inspección técnica, y una comunicación efectiva a la población con instrucciones claras sobre las medidas de protección individual, como el consumo de agua embotellada (o hervido o la cloración domiciliaria cuando sea factible)⁷.

El seguimiento puede considerarse concluido cuando se cumplen simultáneamente las siguientes condiciones durante al menos tres semanas consecutivas: resultados analíticos dentro de norma, estabilidad del cloro residual libre, ausencia de eventos epidemiológicos vinculados al agua, y validación estructural positiva por parte del operador y la autoridad sanitaria².

En definitiva, el programa de seguimiento prolongado no constituye un mero procedimiento complementario, sino un eje estratégico para consolidar la seguridad sanitaria del suministro. Reducir esta etapa prematuramente expone a la población a riesgos innecesarios y puede socavar la confianza en los sistemas de gestión del agua en contextos de emergencia. Por ello, su implementación rigurosa y su articulación con los sistemas de vigilancia epidemiológica representan una inversión indispensable en salud pública.

5. Gestión de la comunicación con la comunidad

Una comunicación eficaz con la población resulta esencial para mantener la confianza pública y fomentar la adopción de comportamientos protectores. La experiencia

acumulada en situaciones de emergencia hídrica ha demostrado que la percepción de riesgo y la adhesión a recomendaciones sanitarias están estrechamente vinculadas a la calidad, oportunidad y credibilidad de la información transmitida⁷⁻⁸.

En este sentido, las autoridades deben garantizar que toda comunicación sea:

- **Transparente:** informando tanto los avances como las limitaciones del proceso.
- **Adaptada:** utilizando lenguaje claro, accesible y culturalmente adecuado para los distintos grupos poblacionales.
- **Bidireccional:** promoviendo canales de retroalimentación con la ciudadanía, incluidos sistemas de alerta comunitaria, encuestas de percepción o líneas de consulta directa.

Una estrategia comunicacional eficaz debe considerar también la identificación de portavoces técnicos confiables, preferentemente del ámbito sanitario, que puedan explicar de forma clara los riesgos, las medidas adoptadas y las razones detrás de cada decisión²⁻³. La coordinación con medios de comunicación locales, redes sociales institucionales y organizaciones reconocidas de la sociedad civil es clave para asegurar la cobertura amplia y homogénea del mensaje.

Además, deben desarrollarse materiales educativos específicos (folletos, infografías, vídeos cortos) que ilustren buenas prácticas como el almacenamiento seguro del agua, la desinfección domiciliar o la identificación de síntomas compatibles con enfermedades de transmisión hídrica. Estas acciones permiten que la población sea un actor activo en la vigilancia y protección de la calidad del agua, lo que ha demostrado ser particularmente eficaz en zonas rurales o en contextos de difícil acceso a servicios de salud⁵.

6. Revisión y validación final del suministro como “seguro”

La declaración oficial del restablecimiento del suministro de agua como “seguro para consumo humano” representa el punto de cierre técnico y sanitario de la emergencia. Este acto, que implica una decisión institucional con implicaciones directas en la salud pública y la confianza ciudadana, debe sustentarse en criterios científicos, evidencias analíticas y una validación formal por parte de las autoridades competentes.

Desde una perspectiva de salud pública, la validación final del sistema no se limita a la verificación puntual de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Implica, más bien, un proceso integral de evaluación que abarca la calidad del agua distribuida, la integridad de las infraestructuras hidráulicas, la estabilidad operativa del sistema y la ausencia de eventos epidemiológicos atribuibles al consumo del agua restituida²⁻⁷. Toda esta validación debe hacerse en coherencia con el Plan Sanitario del Agua. La autoridad sanitaria competente es la única instancia que puede emitir esta validación, tras una evaluación de todos los elementos presentados por el operador¹.

En paralelo al cumplimiento riguroso de todos los parámetros contemplados en un análisis completo del agua de consumo, la infraestructura del sistema de abastecimiento debe haber sido inspeccionada y validada por los operadores técnicos. Esto implica confirmar la integridad de las tuberías, válvulas, depósitos y estaciones de bombeo, así como la correcta presurización de la red, que impide la intrusión de contaminantes externos⁵. En este contexto, las pruebas de presión, los ensayos de estanqueidad y los registros operativos deben formar parte del expediente de validación.

Asimismo, la vigilancia epidemiológica debe mostrar una evolución sin señales de alerta. La ausencia de brotes de enfermedades gastrointestinales, leptospirosis u otras patologías hídricas en las áreas abastecidas durante un periodo sostenido, constituye una evidencia esencial para la declaración de aptitud del agua para el consumo humano²⁻⁷.

La decisión de levantar las restricciones debe adoptarse en el marco de una coordinación entre los servicios de salud pública, las autoridades municipales, los operadores del sistema y, cuando corresponda, los organismos de protección civil. Idealmente, este proceso debe ser formalizado mediante un acta técnica o resolución administrativa que documente el cumplimiento de todos los criterios establecidos y que habilite el consumo sin restricciones en todo el sistema abastecido.

Finalmente, se recomienda la elaboración de un informe técnico post-evento que consolide los datos analíticos, las acciones de mitigación implementadas, las lecciones aprendidas y las recomendaciones para la actualización de los planes de emergencia y los protocolos de restablecimiento. Este informe debe servir como referencia para futuros eventos y como instrumento de rendición de cuentas ante la ciudadanía y los organismos de control⁵.

Referencias

1. Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática. Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro. BOE-A-2023-628.
2. O.M.S. Evaluación rápida de riesgos de eventos agudos de salud pública. 2015. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/7701>
3. European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). Extreme rainfall and catastrophic floods in western Europe - 29 July 2021. ECDC: Stockholm; 2021.
4. Paterson D.L., Wright H., Harris P.N.A. Health Risks of Flood Disasters. Clin Infect Dis. 2018 Oct 15;67(9):1450-1454. doi: 10.1093/cid/ciy227.
5. Ahern M., Kovats R.S., Wilkinson P., Few R., Matthies F. Global health impacts of floods: epidemiologic evidence. Epidemiol Rev. 2005;27:36-46. doi: 10.1093/epirev/mxi004. PMID: 15958425.
6. Erickson, T. B., Brooks, J., Nilles E. J., Pham, P. N., & Vinck P. (2019). Environmental health effects attributed to toxic and infectious agents following hurricanes, cyclones, flash floods and major hydrometeorological events. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B, 22(5-6), 157-171. <https://doi.org/10.1080/10937404.2019.1654422>
7. Generalitat Valenciana. Protocolo de vigilancia para la detección precoz de casos de infección asociados a las inundaciones producidas por la DANA en Valencia. Actualizado 5 de noviembre de 2024.
8. Generalitat Valenciana y Ministerio de Sanidad. Preguntas frecuentes sobre salud pública tras inundaciones. 3 de noviembre de 2024.
9. Ministerio de Sanidad (Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias). Lluvias torrenciales y catástrofe natural en la Comunitat Valenciana. Evaluación rápida de riesgo. Madrid, 6 de noviembre de 2024.

CAPÍTULO 7

RESTAURACIÓN DEL SUMINISTRO

Emilio Bonet Domingo

1. Introducción

Los episodios de lluvias intensas estresan el proceso de potabilización, haciéndolo más complicado y afectando muchas veces a la cantidad y calidad del agua producida. Por otro lado, en estos episodios la demanda de agua se dispara, y concurren, además, un posible incremento de fugas o roturas de conducciones, lo que produce incrementos muy importantes de la cantidad de agua habitual de la zona de abastecimiento.

Así, ante una previsión de lluvias intensas (situación de avisos meteorológicos a nivel amarillo y rojo) hay que prever el acopio de reactivos para la potabilización y almacenar en el sistema toda el agua que sea posible en los depósitos, tanto de agua bruta como de agua potabilizada, ya que los episodios de lluvia intensa van a complicar los procesos de captación y potabilización.

2. Restauración del suministro

La restauración del suministro debe incluir una evaluación detallada de los sistemas de captación, tratamiento y distribución. Se deben priorizar las reparaciones críticas y las limpiezas y desinfecciones, si procede, de ETAPs, depósitos y redes, asegurando el cumplimiento con los requisitos del Real Decreto 3/2023 por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro¹. El uso de sistemas de información geográfica (SIG) es esencial para identificar áreas críticas y coordinar las acciones de restauración.

Se deben implementar protocolos específicos para la limpieza y desinfección de los depósitos de agua y redes interiores en viviendas, locales públicos y edificios prioritarios. Esto incluye la eliminación de lodos y la aplicación de desinfectantes aprobados, seguida de las comprobaciones operativas y analíticas que procedan antes de autorizar los usos correspondientes.

En la restauración hay que considerar dos variables: la calidad y la cantidad. Además de seguir la evolución de la calidad del agua hay que revisar la cantidad de agua disponible, que sea de la mejor calidad posible para potabilizarla y que dé respuesta a las altas demandas puntuales que se produzcan.

Las afecciones de los episodios de lluvias intensas en las zonas de abastecimiento son las detalladas a continuación.

2.1. Captación

En la captación, si es de tipo superficial (río, manantial, pantano, embalse, etc.) la afección de las lluvias intensas puede producir, además de la alteración de la calidad del agua bruta por el incremento de turbidez, aporte de materia orgánica y contaminantes al agua, mermando tanto la calidad como la cantidad de agua bruta. En la captación hay que realizar inspecciones de esta de forma frecuente, ya que las condiciones del río, o manantial pueden cambiar en cuestión de minutos, además de tomar muestras para adaptar el tratamiento a los cambios que se producen. (ver Capítulo 2)

En el caso de que la captación de agua provenga de un canal, es importante inspeccionar aguas arriba del punto de toma, para evaluar si hay algún desprendimiento del terreno o rotura de la canalización que pueda afectar tanto a la calidad del agua como a la cantidad que se pueda recibir en el punto de la toma.

En el caso de la captación sea de un pozo, suele verse menos afectada ante episodios de lluvia que el agua superficial, pero las lluvias intensas pueden crear desprendimientos en el pozo y afectar a la calidad del agua.

En los episodios de lluvias, la calidad del agua superficial se puede ver muy alterada; por ello, si es posible, se recomienda utilizar captaciones de agua más protegidos, como el agua de pozo: esto nos ayudará a la potabilización.

Valorar la posibilidad de utilización de otros recursos y emplearlos si existen, o utilizar fuentes o sistemas alternativos para sustituir en el mínimo tiempo posible a la captación habitual con problemas de calidad de agua, a fin de mantener el suministro a la población sin interrupción. (Ver Capítulo 5)

Siempre que sea posible y con el objetivo de proteger el sistema completo de tratamiento y distribución, ante la previsión de lluvias fuertes se recomienda llenar los depósitos de agua bruta y cerrar la captación, evitando así, durante el periodo más intenso de las lluvias, la entrada de contaminación al sistema. Este mecanismo ha resultado ser una estrategia exitosa en algunas DANAS.

2.2. Tratamiento

La modificación de la calidad del agua bruta obliga a adecuar el tratamiento lo más rápidamente posible a las nuevas circunstancias de calidad, realizando los correspondientes ensayos de **Jar-test**¹ y **break point**², para adecuar la dosificación de los reactivos utilizados en el tratamiento (floculantes, desinfectantes, etc.) y tiempos del tratamiento (tiempo de contacto, tiempos de filtración, etc.), para garantizar en todo momento el cumplimiento del Real Decreto 3/2023.

1. Jar-test: es un ensayo de laboratorio que simula la coagulación y floculación en el tratamiento de agua, permitiendo determinar la dosis óptima de químicos para lograr una mejor clarificación del agua.

2. Break point: proceso de añadir cloro al agua hasta satisfacer la demanda de sustancias reductoras (amoníaco, nitrógeno), alcanzando un punto donde el cloro combinado se destruye y el cloro libre residual comienza a acumularse.

La línea de tratamiento aplicada, la regulación de equipos y las dosis de reactivos, siempre tendrán que ser los idóneos para conseguir el fin perseguido pues caso de no ser así, se podría realizar un tratamiento inadecuado, deficiente o desfavorable con incumplimientos de parámetros de calidad para las aguas de consumo establecidos en la normativa.

La presencia de alta turbidez va a generar unas mayores cantidades de consumo de floculante y desinfectantes, mayores tiempos de contacto y una velocidad de filtración menor, lo que va a afectar a una menor producción del tratamiento, además de aumento de la frecuencia de lavado del filtro y un mayor consumo de agua tratada para la limpieza y mantenimiento de la instalación.

La Guía de la Asociación Española de Empresas de Abastecimiento y Saneamiento (AEAS) titulada “Recomendaciones para la vuelta a la normalidad y restablecimiento de la actividad en las instalaciones de suministro de aguas de consumo tras la crisis del COVID-19”² da una serie de pautas que bien pueden ser consideradas para la situación derivada de unas lluvias intensas.

En abastecimientos pequeños existen pequeñas plantas de tratamiento sencillas, principalmente diseñadas para la eliminación de turbidez y dotadas fundamentalmente de equipos de filtración y poco más; en estos casos particulares si el servicio se ha interrumpido durante cierto tiempo, las pautas a seguir serán las que se indican a continuación:

- Toma de muestra de agua de entrada/medida *in situ* del valor de turbidez.
- Lavado de filtros. Se puede realizar de diferentes formas:
 - Lavado automático: establecido previamente durante el funcionamiento de la ETAP, al llegar a un número determinado de horas, automáticamente el filtro realiza un lavado.
 - Lavado semiautomático: cada filtro dispone de un presostato diferencial con contacto ajustable de cierre por diferencia de presión entre la entrada y salida de filtro.
 - Lavado forzado: forzar el lavado de filtros desde el panel de la línea de filtración, indicando el tiempo de lavado y de aclarado. Ajustar lavado 15 minutos y aclarado 5 minutos.
- Si la ETAP ha estado fuera de funcionamiento se realizará un lavado forzado, de no ser así se continuará con el método de lavado establecido en cada caso, siempre y cuando no se detecten valores anómalos de turbidez a la salida de la ETAP.

¡ATENCIÓN! Antes de comenzar ninguna maniobra de limpieza de filtros consultar el manual de mantenimiento del fabricante/plan de explotación de la ETAP.

- Toma de muestra de agua de salida/medida *in situ* del valor de turbidez. Si el valor obtenido es superior al valor fijado en el Plan de Explotación de la ETAP, realizar de nuevo el proceso de lavado de filtros.

La revisión del tratamiento debe ser muy frecuente durante el episodio de lluvias intensas, e irse relajando conforme las condiciones pasen a ser más parecidas a las habituales.

Ante la caída del suministro eléctrico parcial o total en la ETAP se puede producir el mal funcionamiento total de la planta o elementos de la misma que estén accionados directa o indirectamente por energía eléctrica: válvulas de regulación de caudales, sistemas de bombeo, dosificación de reactivos, medidas de control de proceso, purgas de decantación, lavado de filtros, sistema neumático de control, etc., por ello, la preparación de grupos electrógenos de potencia suficiente y combustible debe ser una medida preventiva a incorporar en el caso de activarse alertas meteorológicas por lluvias intensas.

2.3. Depósitos de cabecera y distribución del agua.

Las lluvias intensas también afectan a los depósitos de cabecera y a la red de distribución. En el caso de los depósitos de cabecera es bastante habitual que reciban parte de la contaminación y sea necesario su vaciado, limpieza y desinfección. Además, en la zona mediterránea, es bastante común que una entidad en alta suministre el agua al municipio directamente desde su depósito, sin más opción que una recloración. Por su parte, la afección a la estabilidad del terreno puede generar desplazamiento de tierra y provocar la rotura de las conducciones y, en caso graves, la desaparición de la conducción.

Otra afección a la red puede venir sobre las condiciones de estrés de la red, ya que es posible que aparezcan más roturas de las habituales, con un potencial riesgo de entrada de sustancias extrañas en la misma, variaciones en la presión que pueden producir un aumento de los sedimentos y su acumulación en ciertas partes de la red, lo que nos obligará a realizar purgas en la red, para mantener la calidad del agua y una monitorización intensiva de los parámetros de control operacional marcados en el RD 3/2023.

Una afectación importante en la red de distribución son las instalaciones interiores en los edificios.

2.4. Instalaciones interiores

En los episodios de fuertes lluvias, también se pueden ver afectadas las instalaciones interiores (bombas de presión, entradas interiores a edificios, sistemas contra incendios, cuadros eléctricos, etc.), que hay que revisar también para que el agua llegue en cantidad y calidad a los usuarios.

Una parte importante es la limpieza y desinfección de los depósitos de agua en viviendas, locales públicos y edificios prioritarios. A continuación, se indican los pasos a seguir:

2.4.1. *Previo a la limpieza de los depósitos se revisará:*

- El buen estado y funcionamiento de las válvulas que intervienen en las operaciones de la limpieza.
- Verificar que no es posible la alimentación al depósito, cerrando las válvulas de admisión del mismo o comprobando el paro de todos aquellos equipos de bombeo existentes aguas arriba del mismo. De esta forma, se irá vaciando el depósito.
- Proceder a señalar el estado posicional de las válvulas de aislamiento y funcionamiento del depósito (todos los vasos). Para ello, se indicará con carteles si están cerradas o abiertas las distintas válvulas y desagües y que en el interior del vaso permanece personal para la realización de la limpieza. Siempre que sea posible, se impedirá físicamente la posibilidad de apertura o cierre de las válvulas que afectan al funcionamiento del vaso en limpieza.
- Que el agua de suministro de la instalación cuenta con la aptitud sanitaria.

Una vez confirmada la aptitud del agua y el correcto estado de las válvulas de aislamiento del depósito, se procederá a los trabajos de limpieza y desinfección de la instalación.

2.4.2. *Limpieza y desinfección*

- Evacuar el agua existente en arquetas interiores, aspiraciones, etc., mediante bomba de achique, en caso necesario.
- Una vez vaciado completamente, se procederá a la retirada de lodos y sedimentos.
- En caso de existir algún desperfecto de importancia, se avisará de inmediato al responsable de la instalación.
- Se efectúa una limpieza física, eliminando la capa de incrustación mediante manguedo a presión, cepillado de paredes/elementos y, en caso necesario, recurriendo a desincrustantes químicos. Eliminación de los sólidos desprendidos por rastrillado, barrido y/o aspiración.
- Se procede al aclarado de todas las superficies y eliminación de restos, hasta observar aguas limpias sin presencia de arrastres.
- Inspeccionar el estado del depósito y realizar, si es necesario, las reparaciones pertinentes con el fin de eliminar grietas, fugas, desconchados del revestimiento.
- Desinfección de todas las superficies mediante pulverización o mangueo con disolución de hipoclorito sódico a 30 ppm.
- Permanencia contacto mínimo 2 horas.
- Posterior aclarado con agua de consumo.
- Llenado del depósito con agua que cumpla con el Real Decreto 3/2023.
- Realizar una toma de muestra para garantizar el cumplimiento del Real Decreto 3/2023. Se recomienda una analítica de tipo control ETAP, además de *Legionella* para el cumplimiento del Real Decreto 487/2022 de 21 de junio, por el que se establecen los requisitos sanitarios para la prevención y el control de la legionelosis³.

2.4.3. Desinfección de la red de distribución

Valorar la inclusión de la desinfección de la red, es decir, volver a hiperclorar el depósito y llevar la hipercloración hasta cada punto terminal de la instalación interior. Incluir los análisis de control como grifo del consumidor con *Pseudomonas spp.* en el caso de edificios prioritarios.

3. Sustancias químicas utilizadas en el tratamiento de potabilización

En lo relativo a las sustancias químicas utilizadas en el tratamiento de potabilización del agua de consumo, así como los medios filtrantes, se estará a lo dispuesto en el artículo 43 del Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro.

Además de las especificaciones generales, en el caso de los productos utilizados para el tratamiento de desinfección del agua de consumo o del agua destinada a la producción de agua de consumo, deberán cumplir lo establecido en el Reglamento (UE) n.º 528/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de mayo de 2012, relativo a la comercialización y el uso de los biocidas⁴, para Tipo de Producto 5 (TP5), así como cualquier otra normativa europea o nacional aplicable. Merece la pena reseñar que el personal aplicador de estos biocidas debe cumplir con el Real Decreto 830/2010, de 25 de junio, por el que se establece la normativa reguladora de la capacitación para realizar tratamientos con biocidas⁵.

En este sentido, es de aplicación toda la normativa europea sobre sustancias y productos químicos.

Para cada sustancia o mezcla que se utilice, deberá disponerse de su respectiva ficha de datos de seguridad.

En la fabricación de las sustancias y medios filtrantes seguirán lo dispuesto en las normas UNE EN relativas a los “Productos químicos utilizados en el tratamiento del agua destinada al consumo humano”, u otra norma o estándar análogo que garantice un nivel de protección de la salud, al menos, equivalente. El fabricante deberá aportar al operador una declaración responsable que cumple con la norma UNE EN correspondiente y con este real decreto.

Por su parte, para la desinfección de las superficies en contacto con agua de consumo a lo largo de la zona de abastecimiento y en las instalaciones interiores, se utilizarán sustancias químicas que deberán cumplir lo establecido en el Reglamento (UE) n.º 528/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de mayo de 2012, relativo a la comercialización y el uso de los biocidas, para Tipo de Producto 4 (TP4).

Como conclusión: para la restauración del suministro es fundamental evaluar el estado de los sistemas de captación, tratamiento y distribución del agua. Esta evaluación

debe ser continua y que garantice el buen funcionamiento del sistema. La anticipación y acopio de agua bruta, reactivos, grupos electrógenos, combustibles y coordinación con equipos de limpieza y desinfección son asimismo elementos fundamentales para una correcta y rápida restauración del sistema.

Esta evaluación e inspección se desarrolla, principalmente, en el Capítulo 8, “Instrucciones tras el restablecimiento del suministro”, y en el Capítulo 9, “Seguimiento de la calidad del agua suministrada a través de las redes de distribución una vez declarada apta para el consumo humano”.

Bibliografía

1. Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro. B.O.E núm. 9, de 11/01/2023.
2. Asociación Española de Empresas de Abastecimiento y Saneamiento (AEAS). Recomendaciones para la vuelta a la normalidad y restablecimiento de la actividad en las instalaciones de suministro de aguas de consumo tras la crisis del COVID-19. Disponible en: https://www.daquas.es/images/Doc_Manu_Guia/Gua_AEAS_vuelta_a_la_normalidad_tras_crisis_COVID-19_def.pdf
3. Real Decreto 487/2022 de 21 de junio, por el que se establecen los requisitos sanitarios para la prevención y el control de la legionelosis. B.O.E. núm. 148, de 22/06/2022.
4. Reglamento (UE) n.º 528/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de mayo de 2012, relativo a la comercialización y el uso de los biocidas. DOUE núm. L 167/1, de 27/06/2012.
5. Real Decreto 830/2010, de 25 de junio, por el que se establece la normativa reguladora de la capacitación para realizar tratamientos con biocidas. B.O.E. núm. 170, de 14 de julio de 2010.

CAPÍTULO 8

INSTRUCCIONES TRAS EL RESTABLECIMIENTO DEL SUMINISTRO

*Leticia Fernández Vidal
Ruth García García
Ibon Beguiristain Repáraz*

1. Introducción

El restablecimiento del suministro de agua potable tras lluvias torrenciales e inundaciones es un proceso crítico que debe llevarse a cabo de manera ordenada y cuidadosa para garantizar la seguridad y la salud de la población. Las actuaciones que deben realizarse abarcan tres áreas: las medidas a adoptar, la evaluación del estado de las zonas de abastecimiento tras el restablecimiento del suministro y el control analítico para una calificación provisional (o inicial) de las muestras de agua.

2. Medidas a adoptar tras el restablecimiento del suministro

En el caso de restablecer eventualmente el suministro a través de infraestructuras alternativas, se deberían tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Captaciones no habituales o fuera de uso: se precisará disponer de análisis recientes, de tipo completo, previamente a la conexión con la zona de abastecimiento.
- Cisternas o depósitos móviles: se requerirá que la cisterna esté dada de alta en el Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo (SINAC) o en el censo de la Autoridad Sanitaria de cada Comunidad Autónoma y se actuará conforme se especifica en los artículos 34 y 35 del Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro¹ (Capítulo 5).

Una vez restablecido el suministro de agua a través de la red de distribución, es crucial implementar una serie de medidas para garantizar la seguridad y calidad del agua de consumo. Estas medidas deben mantenerse hasta que la Autoridad Sanitaria verifique que la situación ha vuelto a la normalidad y se confirme el cierre de la incidencia.

En principio, se debe asumir que **el agua no es segura** hasta que se disponga de resultados analíticos que garanticen su calidad. Por tanto, la primera medida a tomar, una vez se ha restablecido el suministro, es calificar el agua como no apta para el consumo, comunicando a la población que no se puede usar para beber, lavar

o preparar alimentos, cepillarse los dientes, lavarse las manos, hacer hielo, o para preparar fórmulas infantiles^{2,3}. Asimismo, se recomienda que se lave a los bebés y a los niños pequeños a mano (con una esponja o una toallita) para evitar la ingestión accidental de agua^{2,4} (**Tabla 1**).

Para estos usos se deberá proporcionar agua apta para el consumo, ya sea agua envasada o agua suministrada mediante cisternas o depósitos móviles. En este último caso es necesario contar con recipientes higiénicos y adecuados para poder recoger y almacenar el agua.

Por lo tanto, es importante informar sobre qué métodos se pueden aplicar en el hogar de forma independiente y con la ayuda de herramientas prácticas (por ejemplo, utilizando productos químicos para la desinfección; sedimentación, etc.). Con estos métodos, se puede proporcionar al menos un mínimo fisiológico a los familiares en los primeros momentos después del accidente, hasta que se realice una purificación centralizada.

En caso de extrema necesidad, y siempre que no sea posible lo anterior y así lo indique la autoridad sanitaria, **se podría hervir el agua** o potabilizarla en casa siguiendo las instrucciones, por ejemplo, de los CDC³, de la EPA⁵ o de la OMS⁶. No obstante, hay que tener en cuenta que en estos casos se minimizaría el riesgo microbiológico, pero no sería un medio eficaz o suficiente para reducir el riesgo químico.

Además, por parte de la Administración local se debe recordar a la población que el agua de las fuentes que no manan de la red no cuenta con garantía sanitaria y, por tanto, no es apta para el consumo (**Tabla 1**).

En la siguiente **Tabla 1** se muestran las principales instrucciones a seguir por la Administración local, los Operadores y la población.

En todo momento se deben revisar las infraestructuras para prevenir recontaminaciones.

El suministro intermitente, con la consiguiente presión baja del agua, así como el incremento de fugas puede permitir la entrada de agua contaminada al sistema a través de estas roturas y grietas, por lo que aumentan significativamente los riesgos de infiltración y reflujo⁷. Por tanto, es necesario realizar purgas de la red de distribución, incidiendo principalmente en los puntos finales de red y los tramos muertos para evitar el estancamiento de agua. Esta purga debe extenderse también a todas las redes interiores de viviendas, locales públicos o privados y aquellos con actividad comercial.

Para reducir la contaminación microbiológica se deberá elevar el nivel de desinfectante residual a valores cercanos a 1 mg/L, incluso, en algunos casos, y de acuerdo con la evaluación del riesgo y las indicaciones de la autoridad sanitaria, puede ser necesario mantener temporalmente estos valores entre 1-1,5 mg/L, con el control de los parámetros que procedan.

Tabla 1. Instrucciones para los Ayuntamientos u operadores y para la población

Instrucciones para los Ayuntamientos y Operadores	Instrucciones para la población
• Comunicar a la población la declaración de no aptitud del agua y la restricción de uso correspondiente. • Comunicar a la población que el agua de las fuentes que no manan de la red no cuenta con garantía sanitaria. • Purgar la red general, prestando especial atención a los finales de red y puntos muertos. • Elevar el nivel de desinfectante residual a valores cercanos a 1 mg/L. • Realizar mediciones diarias de desinfectante residual en la red de distribución. • Realizar mediciones de turbidez, dos veces al día, en la red de distribución. • Limpiar y revisar periódicamente el estado de las fuentes públicas. • Comunicar a la autoridad sanitaria correspondiente cualquier cambio que se produzca en relación con el agua de consumo.	• Emplear agua apta para el consumo para beber, lavar o preparar alimentos, cepillarse los dientes, lavarse las manos, hacer hielo, o para preparar fórmulas infantiles. • No emplear agua procedente de fuentes que no manan de la red. • Purgar todas las redes interiores de viviendas, locales públicos o privados y aquellos con actividad comercial • En la medida de lo posible, hacer un uso responsable del agua para la higiene personal. • Seguir las instrucciones facilitadas por su ayuntamiento y, en su caso, por la autoridad sanitaria.

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, el monitoreo de parámetros clave fácilmente mensurables, como pH, turbidez, cloro libre residual y cloro combinado residual nos permitirá valorar el estado de la calidad del agua de consumo. Inicialmente se medirá la turbidez dos veces al día y el cloro libre residual una vez al día. Cuando estos valores se encuentren por debajo del valor de no aptitud, se pasará a realizar los controles que se indican en el apartado 4.

3. Evaluación del estado de las zonas de abastecimiento tras el restablecimiento del suministro

La evaluación del estado de las infraestructuras de cada zona de abastecimiento, realizada previamente a la restauración del suministro, permite determinar el alcance de los daños producidos e identificar el origen de los riesgos potenciales. No obstante, se debe tener en cuenta que la situación en cada zona de abastecimiento es susceptible

de modificación y se va actualizando conforme se va teniendo más información relativa a la evolución del episodio.

En este sentido, conviene tener en cuenta los criterios establecidos en el Capítulo 6, “Estrategias generales de acción en contextos post-inundación”, y en el Capítulo 7, “Restauración del suministro”.

Por lo tanto, una vez restaurado el suministro de agua, y teniendo en cuenta la información recabada previamente al restablecimiento del mismo, corresponde realizar una nueva evaluación del estado de la zona de abastecimiento en la que se tendrán en cuenta los parámetros a analizar para la calificación provisional de aptitud de las muestras iniciales de agua.

4. Control analítico para la calificación provisional de aptitud de muestras iniciales de agua

Como ya se ha comentado, en caso de desastres y emergencias (sería el de las lluvias torrenciales), el agua suele contaminarse con diversas impurezas de origen físico, químico o biológico. Estas contaminaciones pueden provocar distintos problemas de salud, incluyendo diversas enfermedades infecciosas. Por ello, es fundamental actuar de forma preventiva y realizar el tratamiento y la desinfección del agua adecuados de forma oportuna y urgente, según el tipo de contaminación. Para determinar el tipo de contaminación y realizar el tratamiento adecuado del agua, es fundamental realizar análisis químicos y monitorear la calidad del agua mediante parámetros de calidad. Dado que nuestros recursos económicos y de tiempo son limitados en las primeras etapas de las lluvias torrenciales, no es posible monitorear todos los parámetros, por lo que monitoreamos los más importantes: el valor de pH, la cantidad de cloro residual, el color, la turbidez y la presencia de patógenos⁸.

Una vez los valores de cloro libre residual y de turbidez estén por debajo del valor de no aptitud, se deberá realizar un control analítico para verificar que el agua distribuida cumpla con los estándares de calidad y potabilidad establecidos. Este control debe realizarse en diversos puntos de la red de distribución preferentemente en los puntos finales de red y en zonas de alta demanda. Se deberá asegurar que las muestras sean representativas del agua de la zona de abastecimiento:

Los parámetros para analizar dependerán de la afección que la inundación haya tenido en la zona de abastecimiento, diferenciando entre aquellos casos en los cuales solo se ha producido un corte eléctrico, y no ha habido afección a las infraestructuras hidráulicas, de aquellos casos en los que se han producido daños en las infraestructuras hidráulicas.

En cualquiera de los casos, se deberán medir diariamente los parámetros pH, turbidez, cloro libre residual y cloro combinado residual.

4.1. Por fallo en el suministro eléctrico

Los fallos en el suministro eléctrico en una zona de abastecimiento podrían provocar la imposibilidad de bombear agua desde las captaciones que lo requiriesen hasta los depósitos y/o estaciones de tratamiento, así como imposibilitar el propio tratamiento, por lo que una vez agotada el agua almacenada por consumo, irremediablemente, se produce la falta de agua.

Una vez verificado/confirmado que ninguna de las infraestructuras hidráulicas de la zona de abastecimiento (toma de captación, conducción, tuberías, depósitos, tratamiento y/o red de distribución) se han visto dañadas, y que la ausencia de suministro de agua de consumo únicamente se ha debido a un fallo en el suministro eléctrico, tras el restablecimiento del servicio, se deberán analizar los siguientes parámetros:

Clostridium perfringens (incluidas las esporas), *Escherichia coli*, Enterococo intestinal, bacterias coliformes, recuento de colonias a 22 °C, colifagos somáticos, color, sabor, olor (con kit o en laboratorio), pH, conductividad, turbidez, cloritos, cloratos, trihalometanos, amonio, nitritos, cloro libre residual y cloro combinado residual (con kit o laboratorio).

4.2. Por daño en las infraestructuras hidráulicas

En el caso de daños y/o incidencias en las infraestructuras hidráulicas que no permitan garantizar la calidad del agua de consumo, o en el caso de que no se pueda asegurar que estas no se han visto dañadas o contaminadas, una vez se haya subsanado de manera provisional o definitiva la situación, los parámetros a analizar en la red de distribución serán los incluidos en un análisis de tipo completo.

Para la calificación de aptitud de la muestra inicial de agua de la red de distribución se tendrán en cuenta los resultados analíticos de los siguientes parámetros:

Escherichia coli, Enterococo intestinal, *Clostridium perfringens* (incluidas las esporas), antimonio, arsénico, benceno, benzo(a)pireno, boro, bromato, cadmio, cianuro total, cobre, cromo total, 1,2-dicloroetano, fluoruro, mercurio, níquel, nitritos, nitrato, plomo, selenio, uranio, tricloroetano + tetracloroetano, trihalometanos, bacterias coliformes, recuento de colonias a 22 °C, colifagos somáticos, color, olor, sabor (con kit o en laboratorio), pH, aluminio, amonio, cloruro, conductividad, hierro, manganeso, Índice de Langelier, sodio, sulfato, turbidez, clorato, clorito, cloro combinado residual, cloro libre residual e hidrocarburos policíclicos.

Una vez se disponga de los resultados analíticos de los parámetros plaguicidas, ácidos haloacéticos, epiclorhidrina, bisfenol a, acrilamida y cloruro de vinilo, se volverá a valorar la calidad del agua de consumo.

No obstante, en el caso de que se tuviera conocimiento de posibles vertidos o derrames cercanos a las tomas de captación o con sospecha de intrusión de estos

en depósitos y/o tuberías, se incorporarán nuevos parámetros específicos en el control analítico.

En el caso de restablecer eventualmente el suministro a través de infraestructuras alternativas no dañadas, se analizarán los parámetros del apartado 4.1. Si existe duda sobre la calidad del agua de consumo, por el principio de precaución, se deberá realizar un análisis completo.

Los resultados analíticos obtenidos se remitirán a la autoridad sanitaria conforme se vaya disponiendo de ellos. Esta tomará las decisiones oportunas, que podrán consistir en una calificación provisional de aptitud de las muestras tomadas y/o establecer recomendaciones claras sobre las acciones a seguir.

Como se ha podido apreciar, se trata de ir testando y cumpliendo, poco a poco el Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro¹.

Las circunstancias de la mayoría de las emergencias a gran escala pueden variar y cada una presentará sus propios problemas y desafíos particulares. La colaboración y comunicación entre todos los organismos involucrados en una situación de emergencia, en este caso, especialmente entre Administración sanitaria, Administración local y Operadores, es vital para anticiparse a los peligros y posibles riesgos, y así proteger la salud de la población¹.

Asimismo, es imprescindible realizar una comunicación efectiva a la población¹.

Bibliografía

1. Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro. B.O.E núm. 9, de 11/01/2023.
2. UK Health Security Agency. Guidance Flooding and health: an overview. Updated 2023. Disponible en: <https://www.gov.uk/government/publications/flooding-and-health-advice-for-frontline-responders/flooding-and-health-an-overview>
3. Centers for Diseases Control and Prevention. How to Make Water Safe in an Emergency. Disponible en: <https://www.cdc.gov/water-emergency/media/pdfs/make-water-safe-during-emergency-p.pdf>
4. Direction de santé publique de l'Estrie, Quebec. Les inondations: Précautions pour l'utilisation de l'eau potable. Disponible en: <https://extranet.santemonteregie.qc.ca/app/uploads/2024/01/apres-inondation.pdf>
5. USEPA. Desinfección de agua potable en situaciones de emergencia. Disponible en: https://espanol.epa.gov/sites/default/files/2016-05/documents/spanish_emergency_disinfection_drinking_water_0.pdf
6. World Health Organization. Boil water. Disponible en: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/155821/WHO_FWC_WSH_15.02_eng.pdf?sequence=1.
7. World Health Organization. Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda [Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating first addendum]. Ginebra: Organización Mundial de la Salud; 2018. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Disponible en: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?sequence=1>
8. Knežević N, Nikolić S. Water quality monitoring after floods. Odrzivi razvoj, 2021; 3(1):47-61. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/352754615_Water_quality_monitoring_after_floods

CAPÍTULO 9

SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA SUMINISTRADA A TRAVÉS DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN UNA VEZ DECLARADA APTA PARA EL CONSUMO HUMANO. PLAN DE AUTOCONTROL DEL OPERADOR

Emilio Bonet Domingo

1. Introducción

Una vez que el agua de la **red de distribución** es declarada como **apta para el consumo humano**, inicialmente con carácter provisional cuando proceda, hay que realizar un Plan de Vigilancia Periódico (PVP) o Plan de Autocontrol de la zona de abastecimiento que se ha visto afectada por las lluvias intensas. Este Plan debe considerar tanto las infraestructuras como la calidad del agua suministrada con el fin de comprobar la estabilidad del sistema y asegurar el cumplimiento de la normativa vigente, en particular del Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro¹.

Hay que indicar que este Plan de Vigilancia Periódico (PVP) es una propuesta genérica, que puede ser modificado por la Autoridad sanitaria para reducir el riesgo en la zona de abastecimiento, por ejemplo, ampliando los parámetros a analizar, la duración del seguimiento de analíticas, autorizar un mayor nivel de cloro residual libre en la red, etc.

Para el establecimiento del Plan de vigilancia es importante conocer la afección que la inundación ha tenido en la zona de abastecimiento y tipificar su afección.

A estos efectos se han definido los siguientes tipos de afección (**Tabla 1**).

Tabla 1. Tipos posibles de afección y descripción de los mismos

Tipo afección	Descripción
Tipo 1	Corte eléctrico, sin afección a infraestructuras y sin corte de suministro a la ZA.
Tipo 2	Corte eléctrico inferior a 24 horas, sin afección a infraestructuras y con corte de suministro, debido a que, durante el corte eléctrico, se ha consumido el agua almacenada en los depósitos de la ZA.
Tipo 3	Corte eléctrico superior a 24 h sin afección a infraestructuras y con corte de suministro, debido a que, durante el corte eléctrico, se ha consumido el agua almacenada en los depósitos de la ZA.
Tipo 4	Corte de suministro inferior a 24 horas por afección a las infraestructuras hidráulicas.
Tipo 5	Corte de suministro superior a 24 horas por afección a las infraestructuras hidráulicas.
Tipo 6	Corte de suministro superior a 48 horas por afección a las infraestructuras hidráulicas.

Fuente: Elaboración propia.

2. Plan de Vigilancia Periódico (PVP) o Plan de Autocontrol del Operador

Se articula a través de tres niveles de control: análisis de parámetros clave; análisis microbiológicos y químicos periódicos e inspecciones regulares de las infraestructuras para prevenir recontaminaciones.

Se insiste en que este Plan se refiere al control en la **Red de distribución** para comprobar y mantener la calidad del agua. No se indican los controles en la ETAP o depósitos, ya que estos tienen controles en continuo de cloro, pH y turbidez, además de su propio y específico autocontrol.

2.1. Análisis de parámetros clave.

El pH, el cloro residual libre, el cloro residual combinado y la turbidez son parámetros físico-químicos clave fáciles de medir “*in situ*” y que aportan información valiosa e inmediata de la calidad del agua, sin necesidad de enviar muestras al laboratorio para realizar análisis más complejos; además, el equipamiento para realizarlos es habitual para cumplir el control operacional indicado en el RD 3/2023 para las zonas de abastecimiento.

La necesidad de la medición del pH se debe a que la capacidad de la desinfección del hipoclorito o el cloro depende del pH, y en estos episodios, es fácil que el origen del agua tenga variaciones de pH por afectación de las lluvias intensas².

La presencia de cloro residual libre nos permite disponer de información sobre la capacidad de desinfección del agua de la red, ya que tras los episodios de lluvias intensas es fácil que la demanda de desinfectante del agua aumente en la red, ya que puede encontrarse con restos de partículas, lo que genera un consumo del cloro residual libre superior al habitual.

La medición del cloro residual combinado nos da información del consumo de cloro para desinfectar el agua y su variación nos da idea del aumento de necesidad de desinfección del agua².

Por último, la medición de la turbidez nos proporciona una información valiosa de la calidad del agua, ya no solo por el propio valor del parámetro, sino que también nos sirve como indicador de la posible demanda de cloro del agua, tanto en la potabilización, como en el consumo en la red de distribución; además, la turbidez es un magnífico indicador de riesgo microbiológico³.

El seguimiento de estos parámetros (pH, cloro residual libre, cloro residual combinado y turbidez) será diario durante el periodo de seguimiento de los análisis microbiológico y químico del abastecimiento, y continuará hasta que se produzca el levantamiento de las medidas por parte de la Autoridad sanitaria.

2.2. Análisis microbiológicos y químicos periódicos.

El objeto de estos análisis es controlar la calidad microbiológica y físico-química del agua para valorar su cumplimiento con la normativa vigente.

En la siguiente **Tabla 2**, se recogen los parámetros a considerar en función del tipo de afección ocurrida durante las lluvias torrenciales.

La frecuencia indicada significa que se debe hacer un control semanal con el contenido establecido en cada tipo de afección. Cuando se disponga de resultados correctos en 2, 3, 4 o 6 semanas consecutivas, según proceda, podrá solicitarse a la autoridad sanitaria el cierre del seguimiento reforzado y, en su caso, el levantamiento de las restricciones o recomendaciones que todavía estuvieran vigentes.

Tabla 2. Parámetros microbiológicos y químicos a analizar en la Red de Distribución en función del tipo de afección ocurrida en la zona de abastecimiento.

Tipo afección	Descripción	Control microbiológico y físico-químico a realizar	Nº de muestras
Tipo 1	Corte eléctrico, sin afección a infraestructuras y sin corte de suministro a la ZA.	Parámetros: Anexo 1 tipo A parámetros microbiológicos, sin <i>Legionella</i> (<i>Escherichia coli</i> , <i>Enterococo intestinal</i> y <i>Clostridium perfringens</i> (incluidas las esporas); cloro residual libre.	2 en semanas consecutivas
Tipo 2	Corte eléctrico, sin afección a infraestructuras y con corte de suministro, debido a que, durante el corte eléctrico, se ha consumido el agua almacenada en los depósitos de la ZA inferior a 24 h.	Parámetros microbiológicos del RD 03/2023 a excepción de <i>Legionella</i> (<i>Escherichia coli</i> , <i>Enterococo intestinal</i> y <i>Clostridium perfringens</i> (incluidas las esporas), Bacterias coliformes, Recuento de colonias a 22° C, Colifagos somáticos); cloro residual libre.	2 en semanas consecutivas
Tipo 3	Corte eléctrico, sin afección a infraestructuras y con corte de suministro, debido a que, durante el corte eléctrico, se ha consumido el agua almacenada en los depósitos de la ZA superior a 24 h.	Parámetros microbiológicos del RD 03/2023 a excepción de <i>Legionella</i> (<i>Escherichia coli</i> , <i>Enterococo intestinal</i> y <i>Clostridium perfringens</i> (incluidas las esporas), Bacterias coliformes, Recuento de colonias a 22 °C, Colifagos somáticos) y parámetros de química de tipo control.	3 en semanas consecutivas
Tipo 4	Corte de suministro inferior a 24 horas por afección a las infraestructuras hidráulicas.	Parámetros microbiológicos del RD 03/2023 a excepción de <i>Legionella</i> (<i>Escherichia coli</i> , <i>Enterococo intestinal</i> y <i>Clostridium perfringens</i> (incluidas las esporas), Bacterias coliformes, Recuento de colonias a 22 °C, Colifagos somáticos) y parámetros de química de tipo control, incluido nitritos.	3 en semanas consecutivas

Tabla 2. Parámetros microbiológicos y químicos a analizar en la Red de Distribución en función del tipo de afección ocurrida en la zona de abastecimiento.

Tipo afección	Descripción	Control microbiológico y físico-químico a realizar	Nº de muestras
Tipo 5	Corte de suministro superior a 24 horas por afección a las infraestructuras hidráulicas.	Parámetros microbiológicos del RD 03/2023 a excepción de <i>Legionella</i> (<i>Escherichia coli</i> , <i>Enterococo intestinal</i> y <i>Clostridium perfringens</i> (incluidas las esporas), Bacterias coliformes, Recuento de colonias a 22 °C., Colifagos somáticos) y parámetros de química de tipo control, incluido nitritos.	4 en semanas consecutivas
Tipo 6	Corte de suministro superior a 48 horas por afección a las infraestructuras hidráulicas.	Parámetros microbiológicos del RD 03/2023 a excepción de <i>Legionella</i> (<i>Escherichia coli</i> , <i>Enterococo intestinal</i> y <i>Clostridium perfringens</i> (incluidas las esporas), Bacterias coliformes, Recuento de colonias a 22 °C., Colifagos somáticos) y parámetros de química de tipo control, incluido nitritos.	6 en semanas consecutivas

Fuente: Elaboración propia.

2.3. Inspecciones regulares de las infraestructuras para prevenir recontaminaciones.

Las infraestructuras de las zonas de abastecimiento, en los episodios de lluvias intensas, se ven muy estresadas y están llevadas al límite si la afección es alta, por lo que procede hacer una vigilancia de cada una de las infraestructuras de la zona de abastecimiento desde la captación, las conducciones, depósitos, tratamientos y red de distribución, de acuerdo con los criterios generales descritos en los capítulos 6 y 7.

En la inspección se comprobará el correcto funcionamiento y se revisará el estado de conservación y limpieza general de todas las partes de la instalación, con el fin de detectar deterioro en el terreno, en la estructura, la presencia de sedimentos, incrustaciones, productos de la corrosión, lodos y cualquier otra circunstancia que altere o pueda alterar el buen funcionamiento de la instalación o la calidad del agua, prestando especial atención en:

2.3.1. Captación (Capítulo 2).

En pozos, revisar si se ha visto afectado el bombeo en cuanto a calidad y cantidad de agua, revisar el tiempo de recuperación del acuífero en tiempo de reposo de la bomba.

En el caso de agua superficial, revisar aguas arriba del punto de toma para ver si ha habido afección a la cantidad y calidad del agua.

Realizar la revisión en el punto de toma, presencia de obstáculos aportados por las lluvias intensas (cañas, ramas, etc.) y su eliminación.

Si es posible hacer la toma de agua no en profundidad, para aprovechar la decantación de las partículas en el agua, sobre todo en las tomas en pantanos.

2.3.2. Conducciones

Realizar la revisión de las conducciones por si han quedado afectadas por el movimiento del terreno o si han quedado expuestas.

Realizar el marcado sobre el terreno para las acciones posteriores a tomar.

2.3.3. Depósitos

Inspeccionar el estado del depósito, su integridad, la presencia de grietas, fugas, desconchados del revestimiento, presencia de materiales aportados por las lluvias intensas en el área del depósito, etc.

Revisar el estado de las mosquiteras del depósito para asegurarse que están en buen estado.

2.3.4. Tratamientos

Inspeccionar el estado del tratamiento en todas sus fases, asegurando que la infraestructura está en perfecto estado, sino tomar nota de las acciones a realizar, ya que serán prioritarias a la hora de garantizar la correcta potabilización del agua.

El tratamiento muy probablemente que se ha modificado por la alteración del agua de origen, dosificación de productos, cambio en las condiciones de filtración, etc., pero esto no está dentro de esta inspección de infraestructuras

Revisar los productos utilizados en el tratamiento y confirmar que no han sido alterados por las lluvias internas, y si se sospecha su posible alteración, sustituirlo por otro producto no alterado.

2.3.5. Red de distribución

La red de distribución, por su extensión, es una de las infraestructuras potencialmente más afectadas en la zona de abastecimiento, la inspección de la misma es fundamental, ya que hay parte de la red que se puede ver muy afectada sobre todo en tuberías al aire en puentes, o aquellas que están en barrancos o rieras que puedan ser afectadas por el paso del agua de forma torrencial.

Se tiene que realizar especial seguimiento de la información de la red aportada por la sectorización, balance hídrico, caudal nocturno, etc., que nos puede ayudar a buscar posibles afecciones a la red y priorizar las actuaciones.

Otro efecto de las lluvias intensas puede ser la inundación de garajes y bajos de edificios, que pueden afectar a las instalaciones de la red y a la red interior de los edificios (cuadro de contadores, equipos de presión, instalación contra incendios, cuadros eléctricos, etc.). En estos casos de emergencia es importante actuar de forma coordinada con los usuarios, ya que el gestor suele disponer de más medios que una comunidad de vecinos a la hora de solucionar un problema grave en el edificio, como puede ser un equipo de presión que no funciona y deja a los vecinos de cierta altura sin agua, y tiene que prevalecer la necesidad de disponer del servicio de agua, que el coste a realizar, generando un beneficio reputacional del gestor atendiendo estas necesidades del cliente.

Ante cualquier puesta en funcionamiento y después de cualquier actividad de mantenimiento o reparación que pueda suponer un riesgo de contaminación del agua de consumo, se realizará el lavado y la desinfección que procedan, conforme a la normativa vigente, con las comprobaciones posteriores necesarias antes de su puesta en servicio.

Bibliografía

1. Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro. B.O.E núm. 9, de 11/01/2023.
2. Ramírez Quirós F. Tratamiento de Desinfección del Agua Potable. Editorial CanalEduca. Madrid, 2005. Disponible en: <https://www.fundacioncanal.com/canaleduca/wp-content/uploads/2015/08/Tratamiento-de-desinfeccion-del-agua-potable2.pdf>
3. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda. Geneva: World Health Organization; 2022. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

CAPÍTULO 10

CRITERIOS PARA LA CALIFICACIÓN DEFINITIVA COMO APTA PARA EL CONSUMO HUMANO

*Javier Reinares Ortiz de Villajos
Roberto Gago Gutiérrez
Sebastián Crespi Rotger*

1. Introducción

Tras un episodio de lluvias torrenciales o inundaciones, el restablecimiento del suministro de agua no finaliza con la mera recuperación del servicio. En fases tempranas, y conforme se desarrolla en los capítulos anteriores, la prioridad es recuperar la continuidad del abastecimiento minimizando riesgos, realizar una evaluación inicial de daños, ejecutar las medidas de higiene y operación necesarias y, cuando procede, emitir una calificación provisional basada en controles analíticos y operacionales que permitan proteger a la población mientras el sistema se estabiliza. En esta Guía, además, se contempla un plan especial de seguimiento tras la calificación provisional de aptitud o la autorización del consumo, más intensivo en los primeros días o semanas, para comprobar que la situación se consolida.

Este capítulo aborda los criterios para otorgar la calificación definitiva como apta para el consumo humano, entendida como una declaración con garantías de estabilidad en el tiempo y representatividad para todos los sectores de la red de distribución y, cuando proceda, para las instalaciones interiores vinculadas a la entrega al usuario. Se trata, por tanto, de pasar de una situación gestionada con medidas reforzadas y cautela (calificación provisional y seguimiento intensivo) a un escenario en el que la autoridad competente y el operador pueden afirmar, con base técnica y documental, que el sistema ha retornado a una condición de normalidad compatible con el autocontrol habitual.

La decisión debe alinearse con el marco normativo vigente para el agua de consumo, especialmente con los conceptos de agua “salubre y limpia”, la calificación sanitaria de las muestras (apta / no apta) y la gestión de incidencias, que incluyen la verificación de retorno a la normalidad y la comunicación correspondiente. En consecuencia, este capítulo no pretende repetir las estrategias analíticas y operacionales ya descritas, sino fijar qué evidencias mínimas deben concurrir para considerar el conjunto del problema “cerrado” desde el punto de vista sanitario: consistencia de resultados, representatividad espacial, ausencia de incidencias relevantes, control operativo sostenido y trazabilidad de las actuaciones.

Por último, este capítulo incorpora un elemento esencial en el contexto post-inundación: aunque el sistema “parezca” haber vuelto a la normalidad, el evento puede

haber introducido cambios significativos en captaciones, estaciones de tratamiento, depósitos y red (daños, sustituciones, nuevas interconexiones, condiciones hidráulicas distintas), configurando un nuevo escenario operativo con posibles riesgos emergentes. En este punto adquiere especial relevancia el Plan Sanitario del Agua (PSA) como herramienta de enfoque preventivo y basado en el riesgo. Por ello, la calificación definitiva no debe interpretarse solo como “cumplir analíticamente”, sino también como la confirmación de que el PSA se ha revisado y actualizado tras el incidente (incluida la reevaluación semicuantitativa o cuantitativa cuando proceda), incorporando las lecciones aprendidas y las medidas correctoras necesarias para mejorar la resiliencia del abastecimiento frente a futuros episodios.

2. Marco normativo y roles en la decisión de “calificación definitiva”

La calificación definitiva como apta para el consumo (en el sentido de “vuelta a la normalidad” con garantías de estabilidad y representatividad) es, en esencia, una decisión sanitaria y operativa que debe quedar sustentada por evidencias y registros. Aunque el marco general normativo del abastecimiento y el control de la emergencia se han tratado en capítulos previos de la Guía, en este apartado se recogen solo los elementos normativos y de gobernanza que condicionan directamente esa decisión final (quién decide qué, con qué base y cómo se documenta).

2.1. Norma de referencia y conceptos clave para la decisión

En España, los criterios técnico-sanitarios del agua de consumo, su control y suministro se establecen en el Real Decreto 3/2023 por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro (RD 3/2023). Su objetivo es garantizar la salubridad y limpieza del agua “desde las masas de agua hasta el grifo del usuario”, mediante requisitos de calidad, control, gestión de incidencias y un enfoque preventivo basado en el riesgo (PSA)¹.

A efectos prácticos para esta Guía, son especialmente relevantes:

- a) Calificación sanitaria de las muestras: el RD 3/2023 define cuándo una muestra puede calificarse como “apta para el consumo” y cuándo “no apta”, así como el tratamiento específico de los parámetros indicadores. Esta calificación (muestra apta/no apta) es la base regulatoria mínima sobre la que se apoya cualquier declaración de aptitud y, por extensión, la calificación definitiva.
- b) Punto de cumplimiento y puntos de muestreo oficiales: el RD 3/2023 establece dónde debe cumplirse la calidad (p.ej., grifo de consumo habitual en edificios/viviendas; cisternas; y, para el operador de red, la acometida) y cómo se fijan puntos de muestreo representativos, definidos por la autoridad sanitaria previa consulta con el operador. Esto es crucial porque la calificación “definitiva” exige representatividad espacial (red, sectores, entrega, y cuando proceda, instalaciones interiores).

- c) Actuación ante incidencias y verificación de normalidad: el RD 3/2023 regula la confirmación, investigación, medidas, comunicación y cierre de incidencias; y explicita que, tras las medidas correctoras, se toman nuevas muestras para verificar la situación de normalidad, informando a la autoridad sanitaria, que valora el cierre. Este circuito es el soporte formal para “cerrar” el episodio y pasar a una calificación definitiva.

Además, el RD 3/2023 integra el Plan Sanitario del Agua (PSA)² como instrumento de evaluación y gestión del riesgo a lo largo de todo el sistema (incluido punto de cumplimiento e instalaciones interiores), con aprobación y supervisión por la autoridad sanitaria y revisión continua y actualización anual por el operador.

2.2. El papel del PSA en la “calificación definitiva”: roles y responsabilidades.

La experiencia post-inundación (cambios en infraestructuras, condiciones hidráulicas y riesgos emergentes) hace que “cumplir analíticamente” no sea suficiente: la calificación definitiva debe ir acompañada de la revisión y/o actualización del PSA para reflejar el “nuevo escenario operativo”. Desde el enfoque semicuantitativo recomendado por el Ministerio de Sanidad, el PSA^{2,3} exige: identificar peligros y eventos peligrosos, evaluar gravedad/probabilidad, priorizar riesgos, definir barreras y medidas, y verificar al menos anualmente que la gestión es completa y adecuada, manteniendo registros para justificar resultados. En el contexto de retorno a la normalidad, este esquema aporta el “andamiaje” técnico para justificar que el sistema no solo cumple hoy, sino que se mantiene seguro.

La “calificación definitiva” es el resultado de responsabilidades distribuidas, como, por ejemplo, el operador / gestor del abastecimiento (y, en su caso, operadores por infraestructuras), la autoridad sanitaria autonómica (vigilancia y decisión sanitarias), la administración local (vigilancia municipal), los titulares de edificios prioritarios y locales con actividad pública/comercial (cuando proceda), la administración hidráulica (captación) y los laboratorios. Cada uno de estos agentes tiene sus propios roles y responsabilidades. A efectos de este capítulo, y en relación con el PSA, deben destacarse los roles del operador y de la autoridad sanitaria. El operador del abastecimiento elabora, aplica y actualiza el PSA, y lo revisa de forma continua³. También notifica datos y resultados en SINAC⁴ (cuando proceda) y contribuye a la transparencia y comunicación. La autoridad sanitaria autonómica aprueba el PSA de la zona de abastecimiento; puede inspeccionar infraestructuras, documentación, laboratorios y contenido notificado en SINAC. Ante incidencias, realiza la valoración del riesgo, emite recomendaciones, puede restringir usos o prohibir suministro, y valora el cierre de la incidencia una vez verificada la normalidad. Esta última función es la que, en la práctica, “habilita” el paso a la calificación definitiva.

2.3. Incidencias, cierre y “vuelta a la normalidad” como marco formal de la calificación definitiva

Aunque hay otras posibilidades, aquí se propone ordenar el análisis de lo ocurrido mediante tipologías de incidencia (p.ej., situaciones excepcionales sin analítica, no

conformidades de parámetros microbiológicos/químicos, indicadores, e incidencias en instalaciones interiores). Esta clasificación está alineada con el RD 3/2023, que contempla tanto superaciones paramétricas como situaciones excepcionales en las que se sospecha que el agua no es salubre y limpia (p.ej., desastres naturales), y regula la confirmación, medidas, verificación y cierre.

Así, la calificación definitiva debería interpretarse como el momento en el que, además de contar con resultados “aptos” y un sistema estabilizado, se han gestionado y cerrado las incidencias relevantes conforme al RD 3/2023 (incluida la verificación de normalidad), se ha actualizado el PSA y se ha asegurado la trazabilidad en SINAC y en los registros del operador y autoridades pertinentes.

3. Evidencias y criterios técnicos para otorgar la calificación definitiva

La calificación definitiva como apta para el consumo humano debe basarse en un conjunto de evidencias coherentes y trazables que permitan concluir que el abastecimiento ha recuperado (i) la seguridad sanitaria exigida por la normativa, (ii) la estabilidad operativa (sin oscilaciones que favorezcan recontaminaciones) y (iii) la representatividad en toda la zona de abastecimiento, incluyendo —cuando proceda— el punto de cumplimiento en instalaciones interiores. Estos criterios no pretenden sustituir el plan de seguimiento ya descrito en el capítulo 9, sino establecer qué condiciones deben concurrir para darlo por “cerrado” y declarar la vuelta a la normalidad.

3.1. Condiciones de la infraestructura y de operación segura (evidencia técnica)

Antes de considerar una calificación definitiva, el operador y los servicios técnicos deben poder acreditar que el sistema funciona en condiciones que evitan la intrusión de contaminantes y minimizan el riesgo de incidentes recurrentes, especialmente tras un evento que pudo haber afectado a captación, tratamiento, depósitos y red.

Como evidencia mínima se recomienda disponer, al menos, de:

- a) Inspección y validación técnica de infraestructuras críticas: integridad de tuberías, válvulas, depósitos y estaciones de bombeo, así como la correcta presurización de la red (la pérdida de presión incrementa el riesgo de intrusión). Las pruebas de presión, ensayos de estanqueidad y registros operativos deberían formar parte del expediente de validación.
- b) Evidencia de que, tras reparaciones o maniobras con potencial de contaminar el agua, se ha realizado una limpieza y desinfección conforme a lo previsto para actividades de mantenimiento o puesta en funcionamiento.
- c) Confirmación de que el abastecimiento opera de acuerdo con el escenario post-evento, incluyendo posibles cambios de equipos o procesos y su adecuación (especialmente si el evento obligó a sustituir o modificar tratamientos o elementos de la red), dado que esto puede configurar riesgos emergentes que deben considerarse.

En suma: la calificación definitiva no debería emitirse si existen dudas razonables sobre la integridad o la operación del sistema (por ejemplo, presiones inestables, fallos recurrentes, depósitos con problemas, o trazas de intrusión), aunque los resultados analíticos puntuales sean favorables.

3.2. Cumplimiento analítico sostenido y ausencia de incidencias relevantes (evidencia “sanitaria”)

El criterio normativo básico para considerar el agua apta es que una muestra no contenga microorganismos, parásitos o sustancias en concentración que suponga riesgo y cumpla los valores paramétricos aplicables. La muestra se considera no apta si no cumple dichos requisitos o si se detectan o superan valores de referencia en parámetros de lista de observación; y, para parámetros indicadores, la superación no implica automáticamente “no apta”, pero exige medidas correctoras según proceda.

Para la calificación definitiva, además de que las muestras sean “aptas”, debe demostrarse estabilidad. En la práctica, esto se concreta en:

- a) Finalización satisfactoria del plan especial de seguimiento (capítulo 9) o del plan reforzado que haya definido la autoridad sanitaria para esa zona, con resultados conformes y consistentes en el tiempo.
- b) Ausencia de incidencias abiertas (o “situaciones de posible riesgo”) y cierre documentado de las que se hayan producido: tras medidas correctoras, debe realizarse una nueva toma de muestra en el punto de la incidencia o en otro punto representativo para verificar la situación de normalidad, informando a la autoridad sanitaria, que valora el cierre; posteriormente se comunica a usuarios u operadores afectados en los plazos establecidos.
- c) En supuestos específicos (p.ej., incidencias asociadas a sustancias/compuestos con valor de referencia), se aplican criterios explícitos de seguimiento y “normalización”, como el mantenimiento por debajo del valor de referencia en tres muestras consecutivas con la frecuencia que determine la autoridad sanitaria.

Como recomendación complementaria, y especialmente tras eventos de inundación, puede considerarse también la ausencia de señales epidemiológicas de alerta (p.ej., ausencia de brotes compatibles con transmisión hídrica durante un periodo sostenido), como evidencia adicional de consolidación de la normalidad.

3.3. Cobertura territorial y grupos o entornos sensibles (evidencia “representativa”)

La calificación definitiva debe apoyarse en resultados que sean representativos de la zona de abastecimiento o de partes de esta, evitando el error de extrapolar la conformidad de un punto a toda la red. La representatividad se articula mediante la

consideración de los puntos de cumplimiento y los puntos de muestreo establecidos: captación a ETAP, salida de ETAP o depósito de cabecera, salida de depósitos de distribución, puntos de entrega entre operadores, y al menos puntos en todas las redes de distribución; así como, cuando proceda, puntos en instalación interior (armario de contadores tras llave general y grifos representativos).

Además, hay que asegurar que el seguimiento ha cubierto todos los sectores hidráulicos relevantes (o subzonas) y puntos “críticos” (extremos de red, tramos con baja renovación, zonas con incidencias previas), con posibilidad de ajuste si la autoridad sanitaria estima que los puntos no responden a la representatividad necesaria o requiere aumentar su número.

Se debe prestar atención específica a edificios prioritarios o entornos de riesgo (cuando proceda)⁵. Si han existido incidencias en instalaciones interiores, deben gestionarse como tales (incluyendo medidas y comunicación según corresponda), porque la calificación definitiva “global” no es coherente si persisten incumplimientos relevantes en puntos de consumo especialmente sensibles.

3.4. Criterios para el levantamiento definitivo de recomendaciones a la población y comunicación de la decisión

La calificación definitiva debe ir acompañada de una comunicación clara y coherente a la población y a los actores afectados (operadores, municipio, edificios prioritarios, etc.), particularmente si durante la fase provisional se emitieron recomendaciones (p.ej., restricciones de uso, recomendaciones de uso de agua embotellada o hervida, etc.). En el marco de gestión de incidencias, una vez verificada la conformidad, se debe informar a los usuarios del restablecimiento de la normalidad en los plazos previstos.

A efectos de buena práctica, se recomienda que el proceso quede formalizado (por ejemplo, mediante un acta técnica o resolución administrativa) que documente el cumplimiento de criterios y habilite el consumo sin restricciones en todo el sistema abastecido, así como la elaboración de un informe técnico post-evento que consolide resultados, medidas implementadas, lecciones aprendidas y necesidades de actualización de planes y protocolos operativos.

4. Integración en el Plan Sanitario del Agua y “vuelta a la normalidad”

La calificación definitiva como potable debe interpretarse como el cierre formal y técnico del episodio y el retorno del abastecimiento a un funcionamiento estable, controlado y resiliente. Tras una inundación, el sistema puede haber sufrido cambios que modifican el perfil de peligros y el nivel de riesgo. Por ello, el paso a la “vuelta a la normalidad” debe materializarse también en la revisión del Plan Sanitario del Agua (PSA) y en la incorporación de las lecciones aprendidas, conforme al enfoque preventivo basado en el riesgo exigido por la normativa vigente.

4.1. Revisión post-evento del PSA: alcance y objetivos

Una vez controlada la fase de calificación provisional y completado el seguimiento reforzado, la autoridad sanitaria y el operador deben asegurar que el PSA refleja el escenario real posterior al evento. Esta revisión debe abarcar toda la cadena del suministro (captación/origen, tratamientos, depósitos, red de distribución, puntos de entrega y, cuando proceda, instalación interior en edificios prioritarios). Su objetivo es doble: a) Confirmar que las barreras existentes (técnicas y operacionales) siguen siendo eficaces tras los daños y reparaciones. b) Identificar y gestionar riesgos residuales o emergentes, introduciendo medidas preventivas y correctoras y reforzando la verificación.

En la práctica, esta revisión se traduce en una actualización del inventario del sistema, el análisis de peligros y eventos peligrosos, la evaluación del riesgo y la adecuación del programa de control operacional y verificación, de forma alineada con el PSA y con el protocolo de autocontrol.

A continuación, se propone una metodología basada en dos etapas:

Etapla 1:

Revisión de incidencias: “qué ha pasado” y “qué significa” para el riesgo

Para un cierre correcto del evento, es recomendable ordenar toda la información generada (técnica, analítica y de gestión) en un “expediente post-incidente” que permita extraer conclusiones útiles para el PSA. Una forma operativa práctica es clasificar lo ocurrido por tipologías de incidencia (por ejemplo: situaciones excepcionales sin analítica disponible, incumplimientos microbiológicos, incumplimientos químicos, superaciones de parámetros indicadores, incidencias en instalación interior, etc.) y documentar, para cada una: origen probable, alcance, medidas aplicadas, verificación de eficacia y estado de cierre.

Esta sistematización permite distinguir fallos puntuales de problemas estructurales, identificar puntos vulnerables (tramos de red con intrusión, depósitos con problemas, sectores con baja renovación, fallos de desinfección, etc.) y sustentar decisiones futuras (priorización de inversiones, cambios de operación, protocolos de mantenimiento, refuerzo de vigilancia en periodos de lluvia intensa).

Etapla 2:

Reevaluación del riesgo y priorización de acciones (método semicuantitativo o cuantitativo)

Con la información ordenada, el PSA debe incorporar una reevaluación del riesgo que permita priorizar medidas de manera transparente. La guía semicuantitativa del Ministerio de Sanidad propone una lógica de valoración basada en gravedad (consecuencia) y probabilidad, que facilita comparar riesgos y seleccionar acciones proporcionadas.

El resultado esperado es que el PSA quede actualizado con medidas concretas y verificables, y que el programa de control (operacional y de verificación) sea coherente con el nuevo nivel de riesgo.

4.2. Documentación de cierre y retorno al autocontrol habitual

El cierre del evento debe quedar formalizado con una documentación mínima que permita demostrar, ante cualquier revisión posterior, que la decisión de calificación definitiva fue fundamentada. Se recomienda que el “expediente de cierre” incluya, como mínimo:

- a) Resumen del evento y de las actuaciones: daños identificados, reparaciones, limpiezas y desinfecciones, cambios operativos y decisiones clave.
- b) Evidencias analíticas y operacionales que sustentan la estabilidad y representatividad (remitiendo al capítulo 9 para el detalle del plan de seguimiento).
- c) Relación de incidencias y cierre: fecha, punto, parámetro(s), medidas aplicadas, verificación de normalidad y confirmación de cierre por la autoridad competente cuando corresponda.
- d) PSA revisado y actualizado (o adenda post-evento): cambios introducidos, reevaluación del riesgo, plan de mejora y calendario de verificación.
- e) Comunicación y transparencia: mensajes emitidos a la población y usuarios y registro de notificaciones (incluida la trazabilidad en sistemas oficiales cuando proceda).

Una vez completado lo anterior, el abastecimiento puede transitar desde el seguimiento reforzado a su régimen habitual de autocontrol y vigilancia, manteniendo, si el PSA lo justifica, refuerzos específicos (por ejemplo, en sectores vulnerables o durante episodios de meteorología adversa). De este modo, la calificación definitiva se convierte en un verdadero “retorno a la normalidad” y no solo en el final de una contingencia inmediata.

Bibliografía

1. Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro. B.O.E núm. 9, de 11/01/2023.
2. Ministerio de Sanidad (2023). Guía práctica para la elaboración de un Plan Sanitario del Agua en una zona de abastecimiento. Tomo I. Evaluación semicuantitativa. <https://www.sanidad.gob.es/areas/sanidadAmbiental/calidadAguas/evaluacionSemicuantitativa.htm>
3. Ministerio de Sanidad (2023). Guía práctica para la elaboración de un Plan Sanitario del Agua en una zona de abastecimiento. Evaluación cuantitativa. 2023. https://www.sanidad.gob.es/areas/sanidadAmbiental/calidadAguas/aguasConsumoHumano/publicaciones/docs/2024_PSA_CUANTITATIVO.pdf
4. Orden SCO/1591/2005, de 30 de mayo, sobre el Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo (SINAC). B.O.E. núm. 131, de 2 de junio de 2005
5. Ministerio de Sanidad (2024). Guía práctica para la elaboración de un Plan Sanitario del Agua en un edificio prioritario. <https://www.sanidad.gob.es/areas/sanidadAmbiental/calidadAguas/psaEdificiosPrioritarios.htm>

CAPÍTULO 11

BROTOS DE TRANSMISIÓN HÍDRICA

*Juan Ángel Ferrer Azcona.
José M^a Ordóñez Iriarte*

1. Introducción

La Organización Mundial de la Salud (OMS) afirma que “el consumo humano de agua contaminada con heces humanas o de animales, constituye el mayor riesgo para la salud pública, debido a los microorganismos nocivos que pueden estar presentes; si a ello se suma la amplia distribución del agua a través de las redes de abastecimiento, la posibilidad de que determinadas enfermedades infecciosas se transmitan rápidamente entre la población, se incrementa notablemente”¹.

Los brotes de enfermedades transmitidas por el agua se han asociado con el tratamiento inadecuado del suministro de agua y la gestión insatisfactoria de la distribución del agua potable. Por ejemplo, en los sistemas de distribución, estos brotes se han vinculado a conexiones cruzadas, contaminación durante el almacenamiento, baja presión del agua y suministro intermitente¹.

Recientemente se ha publicado en el Boletín Epidemiológico Semanal el análisis de los brotes de transmisión alimentaria e hídrica en España, 2018-2022², cuyo balance es de 37 brotes con un total de 1.246 casos con un rango anual entre 0 casos en 2020 y 542 casos en 2018, y una mediana de 207 casos anuales. Asimismo, se notificaron 19 hospitalizaciones y ninguna defunción.

Esta podría ser la situación “basal” en la que se encuentra España.

Sin embargo, esta situación se ve potencialmente desbordada por eventos extremos como el recientemente sufrido por la depresión aislada en niveles altos (DANA) en Valencia en 2024 o las inundaciones del mes de febrero del año 2026.

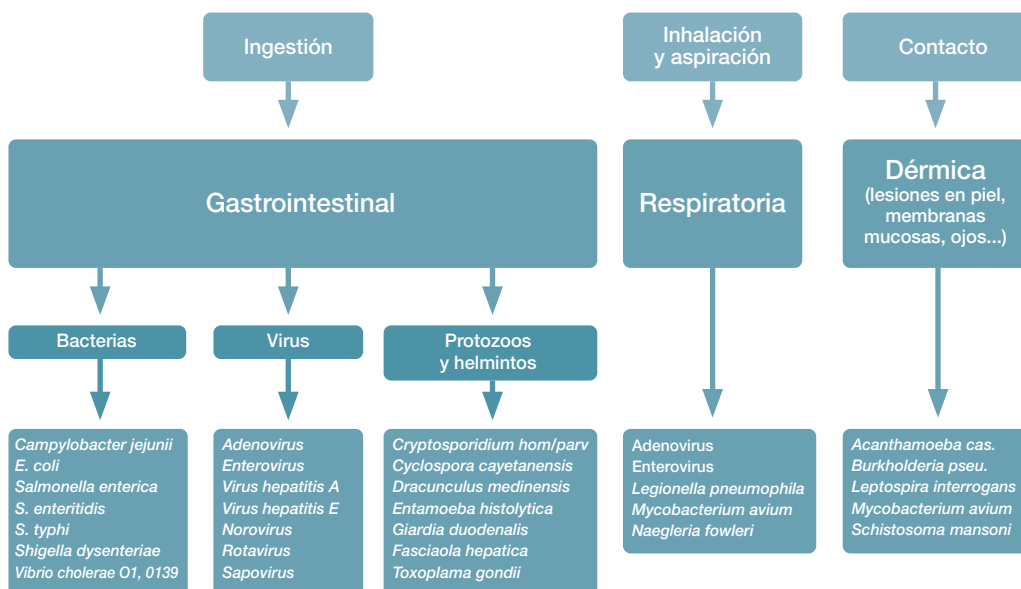
Las catástrofes naturales, especialmente las inundaciones por riadas, pueden causar importantes daños sobre las infraestructuras de captación, distribución y abastecimiento de agua potable en los territorios y edificios afectados. Estos daños pueden originar contaminaciones de diversos tipos en el agua que podrían afectar a los ciudadanos tanto en los primeros momentos como en los días posteriores³.

Por otro lado, el estancamiento del agua y las tareas de limpieza y reconstrucción de las infraestructuras y de los inmuebles también podrían ser fuente de enfermedades e intoxicaciones que deben tenerse en cuenta y, por tanto, es necesario adoptar las correspondientes medidas de prevención y control.

En la siguiente Tabla se recogen algunos ejemplos de agentes patógenos susceptibles de ser transmitidos por el agua, según la vía de exposición.

Pero, en situaciones de inundaciones, no se deben olvidar las posibles contaminaciones de tipo químico y físico que también se pueden producir.

Tabla 1. Vías de transmisión y algunos ejemplos de patógenos relacionados con el agua.



Fuente: Modificado de OMS¹

2. Clasificación etiológica de los casos y brotes

Según la causa, podríamos clasificar los casos o brotes de enfermedades o intoxicaciones más frecuentes tras una catástrofe en:

2.1. Enfermedades infecciosas transmitidas por el agua^{1,4}.

- Vía digestiva: enfermedades gastrointestinales, toxiinfecciones alimentarias, ...
- Vía respiratoria por inhalación/aspiración: legionelosis
- Vía dérmica: leptospirosis, ...

2.2. Riesgos por contaminación química del agua o del aire en espacios confinados.

2.3. Riesgos por contaminación física del agua: radiactividad, partículas, ...

2.1. Enfermedades infecciosas

2.1.1. Vía digestiva: enfermedades gastrointestinales, toxiinfecciones alimentarias

Las enfermedades gastrointestinales pueden ser causadas por infecciones bacterianas, fúngicas, parasitarias o virales. El agua de inundación contaminada por las aguas residuales puede contener altos niveles de microorganismos fecales como *Escherichia coli*, norovirus, rotavirus, *Cryptosporidium*, *Giardia*, *Campylobacter*, *Salmonella enterica*, *Shigella*, *Microcystis aeruginosa*, *Vibrio cholerae* o virus de la hepatitis A y E.

También se pueden originar toxiinfecciones alimentarias bien por contaminación de los alimentos tras contacto con agua de la inundación o por alteraciones en su conservación tras deficiencias en el suministro eléctrico.

Los síntomas de las enfermedades gastrointestinales o toxiinfecciones alimentarias suelen ser vómitos, diarrea, fiebre, dolor abdominal, dolor de cabeza, dolor corporal y/o postración. En caso de personas inmunodeprimidas o con otras enfermedades subyacentes pueden surgir complicaciones más graves en otros órganos.

La complicación más común de la diarrea es la deshidratación, más frecuente en los niños y los ancianos. La hepatitis A suele cursar con fiebre, cansancio, ictericia y orinas oscuras.

Además de las medidas preventivas relacionadas con el suministro de agua, relacionadas en otros apartados de esta Guía, cabría añadir de forma no exhaustiva:

- Lavarse las manos después de estar en contacto con agua de la inundación y asegurarse de lavar las manos a los niños con agua y jabón a menudo y siempre antes de las comidas. Si no se dispone de agua potable, puede utilizarse una solución de gel alcohólico al 70 %.
- No permitir que los niños jueguen en áreas donde haya agua de inundación ni jugar con juguetes mojados por el agua de inundación que no se hayan desinfectado.
- No bañarse en agua de la inundación que podría estar contaminada con aguas fecales o sustancias químicas.
- No tomar ningún alimento ni bebida ni nada que pueda haber estado en contacto con las aguas de las inundaciones.
- Tirar los recipientes no herméticos que podrían haber estado en contacto con el agua de las inundaciones si tienen tapas con rosca, a presión, giratorias o desprendibles.
- No consumir alimentos envueltos en plásticos, cartón, tela o materiales similares o que estén en recipientes que hayan estado en contacto con el agua de las inundaciones.

En caso de interrupciones en la energía eléctrica, se puede alterar la conservación de alimentos en frigoríficos y congeladores, facilitando la presencia de alimentos

contaminados y las toxiinfecciones alimentarias. Algunos consejos que se deben seguir son⁵:

- No consumir los alimentos perecederos refrigerados como carnes, aves de corral, pescados, huevos y sobras de alimentos después de 4 horas sin electricidad.
- Tras un apagón, nunca se deben probar los alimentos para determinar si están en buen estado ni consumir alimentos sobre los que se tenga duda que estén en buenas condiciones tras la ausencia de electricidad.
- Un congelador lleno podría mantener una temperatura segura durante aproximadamente 48 horas (24 horas si está medio lleno y la puerta permanece siempre cerrada).

2.1.2. Vía respiratoria por inhalación/aspiración: legionelosis

Son varias las publicaciones que concluyen que, tras las inundaciones, se produce un aumento en los casos de enfermedad del legionario^{6,7}.

En la DANA ocurrida en Valencia en octubre de 2024, la subdirección general de Epidemiología y Vigilancia de la Salud, de la Dirección General de Salud Pública valenciana, informó de tres casos confirmados de legionelosis en personas que carecían de vínculo epidemiológico, más allá de residir en diferentes municipios afectados por la DANA.

Las personas de la zona afectada, incluidos los trabajadores de emergencias y tareas de limpieza, corren el riesgo de exponerse a los aerosoles generados por el suelo, por las máquinas limpiadoras a presión o por los sedimentos que contienen *Legionella* mientras se limpian las zonas inundadas. Por ello, deben utilizar protección mediante mascarillas adecuadas⁸.

En la medida de lo posible, y teniendo en cuenta los daños causados por la inundación, hay que seguir las instrucciones y normativas de prevención y control de *Legionella* en el agua y en los Planes frente a *Legionella* en los domicilios privados, empresas y otras instalaciones⁹.

Debe prestarse especial atención cuando se reinicie el funcionamiento de instalaciones de agua que hayan estado paradas con agua estancada durante varios días, debiéndose drenar hasta que el agua obtenga el desinfectante residual adecuado o la temperatura elevada necesaria¹⁰.

Asimismo, es necesario llevar a cabo una limpieza y desinfección de aquellas instalaciones de riesgo de legionelosis que hayan sufrido daños, ensuciamiento o parada de más de una semana en su funcionamiento⁹.

Siempre, como ya se advierte en otras partes de esta Guía, seguir las indicaciones de las Autoridades municipal y sanitaria y del operador.

2.1.3. Vía dérmica: leptospirosis^{1,4,11}

La leptospirosis es una enfermedad causada por bacterias espiroquetas del género *Leptospira*, que viven en los riñones de algunos animales que hacen de huéspedes. Los animales que más frecuentemente alojan la bacteria son los pequeños roedores, como ratas y ratones, que pueden transmitir la infección al ganado, a los perros y a las personas¹¹.

Clínicamente, la leptospirosis humana puede variar desde un cuadro gripal leve hasta una enfermedad grave que puede ser mortal como en estos casos¹¹:

- Síndrome de Weil: con ictericia, insuficiencia renal, hemorragias y afectación cardíaca con arritmias.
- Meningitis.
- Hemorragia pulmonar con fallo respiratorio.

Según el último informe publicado por el Centro Europeo de Control y Prevención de Enfermedades (ECDC), en 2022, se notificaron 765 casos confirmados de leptospirosis en la Unión Europea, con una tasa de incidencia de 0,18 casos por cada 100.000 habitantes, de los que 50 casos se registraron en España¹³.

Los seres humanos generalmente adquieren la leptospirosis por contacto directo con la orina de los animales infectados o con un ambiente contaminado por orina. Lo habitual es que se infecten por contacto con leptospiaras diseminadas en el medio ambiente (estanques de agua dulce, ríos) durante actividades ocupacionales (por ejemplo, agricultores, soldados, mineros o trabajadores de alcantarillado) o recreativas (deportes acuáticos, jardinería)¹¹.

También se han descrito en Nueva York varios casos entre el personal del servicio de recogida de basuras, por probable contacto con orina de ratas infectadas han orinado, especialmente cuando se manipulan las bolsas de basura¹⁴.

Las leptospiaras pueden entrar en el cuerpo a través de erosiones o cortes en la piel, a través de la conjuntiva de los ojos, por inhalación o ingestión de aerosoles o agua contaminada. La transmisión de persona a persona o tras la mordedura de un animal ocurre muy raramente. El período de incubación habitual es de 5 a 14 días.

Un ambiente cálido y húmedo favorece la supervivencia de las leptospiaras como las regiones tropicales y subtropicales húmedas donde hay una alta prevalencia de casos.

Los casos y brotes de la enfermedad se han asociado con inundaciones y huracanes tras fuertes lluvias. Las inundaciones facilitan la propagación de la bacteria debido a la proliferación de roedores que vierten grandes cantidades de leptospiaras en su orina. Se han producido brotes de leptospirosis en Brasil (1983, 1988 y 1996), Nicaragua (1995), la región de Krasnodar (Federación de Rusia) (1997), Santa Fe (Estados Unidos) (1998), Orissa (India) (1999) y Tailandia (2000)¹⁵.

Esta es la situación que ha sucedido en posibles casos de leptospirosis declarados por la Dirección General de Salud Pública valenciana tras las inundaciones de la provincia de Valencia. Los enfermos correspondían a voluntarios que se desplazaron a la zona del desastre para colaborar en tareas de limpieza.

Las inundaciones de Bilbao de 1983 también dejaron varios casos de leptospirosis provocados por la exposición al lodo y al barro, elementos que pueden arrastrar las bacterias de *Leptospira*. Hay varios estudios publicados que evalúan el riesgo de leptospirosis en las condiciones de una inundación. Después de las inundaciones, hay varios factores de mayor riesgo relacionados con la enfermedad como ser hombre, las heridas en la piel, la exposición a animales de ganado y el avistamiento de ratas¹⁵.

La *Conselleria de Sanidad* valenciana recomendó las siguientes medidas de prevención contra la leptospirosis¹⁶:

- Cuando realices labores de limpieza utiliza botas de agua o zapatos cerrados impermeables, ropa que cubra brazos y piernas y guantes impermeables.
- Cúbrete las heridas, cortes o rasguños con apósitos/vendajes impermeables.
- No consumas alimentos que puedan haber estado expuestos a roedores o agua contaminada.
- Mantén los alimentos y la basura en recipientes cerrados y pon trampas para roedores para evitar su aparición.
- Respecto a los desperdicios y basuras, mantenlas lo más alejado posible de las viviendas y del agua estancada.
- No manipules restos de cadáveres de animales (especialmente de ratas). Notifica a las autoridades para una retirada segura.

Por otro lado, en caso de avistamiento de una plaga de roedores se debe contactar con las autoridades municipales o con una empresa de control de plagas para resolver esta situación de riesgo para la salud pública.

2.2. Riesgos por contaminación química del agua o del aire en espacios confinados

La inundación de un área con agua puede provocar la emisión de sustancias químicas de otras maneras¹⁷⁻¹⁹. En las áreas rurales, la escorrentía de las áreas inundadas puede acarrear suelos erosionados con fertilizantes, herbicidas e insecticidas. La escorrentía de autopistas, carreteras y puentes puede contener metales pesados, hidrocarburos de petróleo e hidrocarburos aromáticos policíclicos. La escorrentía de vertederos inundados puede contener una serie de sustancias químicas tóxicas, dependiendo de lo que se almacenó en el lugar.

Las inundaciones crecientes pueden desplazar y volcar tanques de almacenamiento de sustancias químicas y romper tuberías y oleoductos. Los tambores de sustancias químicas pueden ser levantados y transportados en la inundación. Pueden dañarse por colisiones y liberar sus contenidos.

Las sustancias químicas liberadas pueden mezclarse y reaccionar con el agua, generando potencialmente productos tóxicos de reacción o un riesgo de incendio o explosión. Cuando se liberan hidrocarburos inflamables en las crecidas, la ignición puede provocar incendios de tipo charco. Estas son llamas flotantes sobre un charco horizontal de hidrocarburos vaporizados y pueden llevar un incendio a nuevas fuentes de material inflamable o hacia áreas residenciales. Son un riesgo particular en los depósitos de almacenamiento o las refinerías de productos derivados del petróleo²⁰.

Los daños al suministro de energía pueden causar alteraciones en el proceso y afectar las medidas de seguridad, como los monitores de temperatura y presión y las válvulas de control, lo que puede provocar reacciones químicas incontrolables y purga.

Las inundaciones de los sistemas internos de drenaje de las plantas pueden liberar residuos de petróleo u otros residuos químicos si no se segregan de los sistemas de drenaje de aguas superficiales. Las minas abandonadas, como las minas de carbón, pueden inundarse, liberando agua ácida con ácido sulfúrico procedente de la oxidación de sulfuros al exponer el agua al aire. Las balsas que contienen residuos mineros pueden reventar bajo la presión del agua, liberando residuos y lodo altamente tóxicos²⁰.

La exposición directa, tanto de las víctimas, como del personal de auxilio, a las sustancias químicas liberadas después de una inundación pueden causar efectos tóxicos dérmicos, respiratorios y sistémicos^{17,20}.

2.3. Riesgos por contaminación física del agua: radiactividad

Las fuentes de agua pueden contener radionúclidos de origen natural y artificial¹.

- Los radionúclidos naturales, incluidos el potasio-40, y los de la serie de desintegración del torio y uranio, en particular, el radio-226, radio-228, uranio-234, uranio-238 y plomo-210, se pueden encontrar en el agua, debido a procesos naturales (p.ej., la absorción del suelo) o a procesos tecnológicos relacionados con materiales radiactivos naturales (p.ej. la minería y el procesamiento de arenas minerales o la producción de fertilizantes fosfatados).
- Los radionúclidos hechos por el hombre pueden estar presentes en el agua provenientes de varias fuentes, tales como:
 - Radionúclidos vertidos por instalaciones que usan combustible nuclear.
 - Radionúclidos manufacturados (producidos y utilizados sin cierre hermético en la medicina o en la industria) que ingresan al sistema de abastecimiento de agua de consumo humano, debido a descargas regulares o accidentales.
 - Radionúclidos liberados en el pasado al medio ambiente, incluidas las fuentes de agua de consumo humano.

En los últimos años, las políticas de protección del medio ambiente a nivel mundial han permitido reducir significativamente las emisiones industriales de sustancias

radiactivas y otros contaminantes. Sin embargo, ahora sabemos que ciertas acumulaciones, como los depósitos de sedimentos fluviales o marinos, son fuentes de contaminación retardada. En las zonas fluviales, los episodios de inundaciones importantes desempeñan un papel importante en la remoción de los contaminantes que se habían acumulado previamente en los sedimentos, entre ellos, los radiactivos.

Existen antecedentes en el valle del Ródano, que tiene la mayor concentración de centrales nucleares de Europa, porque se encuentran veinte reactores nucleares. En el año 2003, unas condiciones meteorológicas inusuales provocaron una gran inundación en el valle inferior del Ródano. El desbordamiento de este río arrastró grandes masas de materia sólida en suspensión que incluyeron contaminantes radiactivos artificiales (antropogénicos) procedentes del drenaje del suelo²¹.

Además, hay que considerar el radón en determinadas zonas de España. El Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) ha elaborado el mapa del potencial de radón en España que categoriza el territorio nacional en unidades de potencial de radón, definido éste como el percentil 90 de la distribución de medidas de radón en una determinada zona geográfica²².

3. Declaración de casos y brotes de enfermedades

En el Real Decreto 2210/1995, de 28 de diciembre, por el que se crea la red nacional de vigilancia epidemiológica y otras normas autonómicas, se establece el deber de los médicos en ejercicio y centros sanitarios, tanto del sector público como privado, a la declaración obligatoria de los casos nuevos de las enfermedades que se relacionan en el anexo I de este Real Decreto²³.

Del mismo modo, ante la sospecha o confirmación de cualquier brote o situación epidémica la declaración es obligatoria y urgente. Se considera brote o situación epidémica a:

1. El incremento significativamente elevado de casos en relación con los valores esperados. La simple agregación de casos de una enfermedad en un territorio y en un tiempo comprendido entre el mínimo y el máximo del período de incubación o de latencia podrá ser considerada, asimismo, indicativa.
2. La aparición de una enfermedad, problema o riesgo para la salud en una zona hasta entonces libre de ella.
3. La presencia de cualquier proceso relevante de intoxicación aguda colectiva, imputable a causa accidental, manipulación o consumo.
4. La aparición de cualquier incidencia de tipo catastrófico que afecte, o pueda afectar, a la salud de una comunidad.

Una vez realizada la declaración de casos o brotes, las autoridades sanitarias de las Comunidades Autónomas afectadas y/o, en su caso, el Ministerio de Sanidad deberán adoptar las medidas pertinentes.

Asimismo, los médicos y centros sanitarios deberán estar atentos a las normas e instrucciones publicadas por las Autoridades sanitarias y referidas a la situación epidemiológica relacionada con la catástrofe.

En este sentido, se publicó el Protocolo de vigilancia para la detección precoz de casos de infección asociados a las inundaciones producidas por la DANA en la Comunitat Valenciana²⁴.

Bibliografía

1. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first, second and third addenda. Geneva: World Health Organization; 2026. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
2. Sanz-Olea E., Peñuelas M., Guerrero-Vadillo M., Sastre-García M., Díaz O., Cano-Portero R., Varela C. Brotes de transmisión alimentaria e hídrica en España, 2018-2022. Boletín Epidemiológico Semanal. 2024;32(2):61-73. doi: 10.4321/s2173-92772024000200002
3. Acosta-España J.D., Romero-Alvarez D., Luna C., Rodríguez-Morales A.J. Infectious disease outbreaks in the wake of natural flood disasters: global patterns and local implications. Infez Med. 2024 Dec 1;32(4):451-462. doi: 10.53854/liim-3204-4. PMID: 39660153; PMCID: PMC11627491.
4. Carazo Gallego B., Montesinos Sanchís E., Martínez Campos L., López Medina E.M., Alegría Coll I., García López Hortelano M., Calvo C. Diagnóstico y tratamiento de infecciones tras inundaciones. Versión 1.0. Guía SEIMC, SEMES y SemFYC. Disponible en: https://www.seipweb.es/wp-content/uploads/2024/11/Doc.Infecc_DANA.pdf
5. Food and Drug Administration. Seguridad alimentaria y del agua en caso de apagones eléctricos e inundaciones. Disponible en: <https://www.fda.gov/media/72126/download>
6. Lynch, V.D., Shaman, J. The effect of seasonal and extreme floods on hospitalizations for Legionnaires' disease in the United States, 2000-2011. BMC Infect Dis 22, 550 (2022). <https://doi.org/10.1186/s12879-022-07489-x>
7. Lynch VD, Shaman J. Waterborne Infectious Diseases Associated with Exposure to Tropical Cyclonic Storms, United States, 1996-2018. Emerg Infect Dis. 2023;29(8):1548-1558. <https://doi.org/10.3201/eid2908.221906>
8. Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo. B.O.E. núm 124, de 24 de mayo de 1997
9. Real Decreto 487/2022, de 21 de junio, por el que se establecen los requisitos sanitarios para la prevención y el control de la legionelosis. B.O.E. núm 148, de 22 de junio de 2022
10. Crespí Rotger S., Ordoñez Iriarte J.M. COVID-19. Higiene del agua, climatización y saneamiento en tiempos del COVID-19: problemas sobre problemas. Rev. salud ambient. 2020; 20(1):21-29
11. Chin J. El control de las enfermedades transmisibles. 17.a ed. Washington, DC: OPS, 2001. Publicación Científica y Técnica No. 581.

12. Centro Nacional de Epidemiología. Instituto de Salud Carlos III. Informe Epidemiológico sobre la situación de la Leptospirosis en España. Año 2022. Madrid, 4 de octubre de 2023.
13. European Centre for Disease Prevention and Control. Leptospirosis. In: ECDC. Annual Epidemiological Report for 2022. Stockholm: ECDC; 2024.
14. New York City Department of Health and Mental Hygiene. Continued Increase in Leptospirosis Cases in New York City. Disponible en: <https://microservices.es/storage/3785/LEPTOSPIROSIS-COMUNICADO-NYC-HEALTH.pdf>
15. Naing C., Reid S.A., Aye S.N., Htet N.H., Ambu S. (2019) Risk factors for human leptospirosis following flooding: A meta-analysis of observational studies. PLoS ONE 14(5): e0217643. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217643>
16. Generalitat Valenciana. Recomendaciones de protección frente a la leptospirosis para la población. Disponible en: <https://www.san.gva.es/es/web/sanidad/recomendaciones-de-protecci%C3%B3n-frente-a-la-leptospirosis>
17. Organización Mundial de la Salud. Emisiones de sustancias químicas causadas por peligros y desastres naturales: información para las autoridades de salud pública
18. Krausmann E., Renni E., Campedel M., Cozzani V. Industrial accidents triggered by earthquakes, floods and lightning: lessons learned from a database analysis. Natural Hazards. 2011;59:285-300. doi: 10.1007/s11069-011-9754-3
19. OECD Studies in risk management: Italy – Industrial hazards triggered by floods. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development; 2006 Disponible en: <https://web-archive.oecd.org/2012-06-15/173015-36099995.pdf>
20. Young S., Balluz L., Malilay J. Natural and technologic hazardous material releases during and after natural disasters: a review. Science of the Total Environment. 2004;322(1-3):3-20. [http://dx.doi.org/10.1016/S0048-9697\(03\)00446-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0048-9697(03)00446-7)
21. Eyrolle, C. Duffa, C. Antonelli, B. Rolland, F. Leprieur. Radiological consequences of the extreme flooding on the lower course of the Rhone valley (December 2003, South East France), Science of The Total Environment, Volume 366, Issues 2-3,2006, Pages 427-438, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.12.010>.
22. Consejo de Seguridad Nuclear. Cartografía del potencial de radón en España. [Internet]. [citado 20 de enero de 2025]. Disponible en: <https://www.csn.es/documents/10182/914801/FDE-02.17%20Cartograf%C3%ADa%20del%20potencial%20de%20rad%C3%B3n%20de%20Espa%C3%B1a>
23. Real Decreto 2210/1995, de 28 de diciembre, por el que se crea la red nacional de vigilancia epidemiológica. B.O.E. núm. 21, de 24 de enero de 1996.
24. Generalitat Valenciana. Protocolo de vigilancia para la detección precoz de casos de infección asociados a las inundaciones producidas por la DANA en la Comunitat Valenciana. Disponible en: https://www.san.gva.es/documents/d/sanidad/20241105_protocolo_dana

Tabla 2. Agentes patógenos transmitidos a través del agua potable^a.

Persistencia						
Agente patógeno	Tipo de especie/género/grupo ^b	Importancia para la salud ^c	Persistencia en el suministro de agua ^d	Resistencia al cloro ^e	Infectividad relativa ^f	Fuente animal importante
Bacterias						
<i>Burkholderia</i>	<i>B. pseudomallei</i>	Alta	Puede multiplicarse	Baja	Baja	No
<i>Campylobacter</i>	<i>C. coli</i> <i>C. jejuni</i>	Alta	Moderada	Baja	Moderada	Sí
<i>Escherichia coli</i> - diarreogénica ^g <i>E. coli</i> - enterohemorrágica	<i>E. coli</i> O157	Alta	Moderada	Baja	Alta	Sí
<i>Francisella</i>	<i>F. tularensis</i>	Alta	Larga	Moderada	Alta	Sí
<i>Legionella</i>	<i>L. pneumophila</i>	Alta	Puede multiplicarse	Baja	Moderada	No
Micobacteria (no tuberculosa)	<i>Mycobacterium</i> <i>avium complex</i>	Baja	Puede multiplicarse	Alta	Baja	No
<i>Salmonella typhi</i>		Alta	Moderada	Baja	Baja	No
Otras <i>Salmonellas</i>	<i>S. enterica</i> <i>S. bongori</i>	Alta	Puede multiplicarse	Baja	Baja	Sí
<i>Shigella</i>	<i>S. dysenteriae</i>	Alta	Corta	Baja	Alta	No
<i>Vibrio</i>	<i>V. cholerae</i> O1 y O139	Alta	Corta a larga ^h	Baja	Baja	No
Virus						
Adenoviridae	Adenovirus	Moderada	Larga	Moderada	Alta	No
Astroviridae	Astrovirus	Moderada	Larga	Moderada	Alta	No
Caliciviridae	Norovirus, Sapovirus	Alta	Larga	Moderada	Alta	Potencialmente
Hepeviridae	Virus de la hepatitis E	Alta	Larga	Moderada	Alta	Potencialmente
Picornaviridae	Enterovirus, Parechovirus, Virus de la hepatitis A	Alta	Larga	Moderada	Alta	No
Reoviridae	Rotavirus	Alta	Larga	Moderada	Alta	No
Protozoos						
<i>Acanthamoeba</i>	<i>A. culbertsoni</i>	Alta	Puede multiplicarse	Alta	Alta	No
<i>Cryptosporidium</i>	<i>C. hominis/parvum</i>	Alta	Larga	Alta	Alta	Sí
<i>Cyclospora</i>	<i>C. cayetanensis</i>	Alta	Larga	Alta	Alta	No
<i>Entamoeba</i>	<i>E. histolytica</i>	Alta	Moderada	Alta	Alta	No
<i>Giardia</i>	<i>G. intestinalis</i>	Alta	Moderada	Alta	Alta	Sí
<i>Naegleria</i>	<i>N. fowleri</i>	Alta	Puede multiplicarse	Baja	Moderada	No
Helmintos						
<i>Dracunculus</i>	<i>D. medinensis</i>	Alta	Moderada	Moderada	Alta	No

^aEste cuadro presenta agentes patógenos para los cuales hay algunas pruebas de su importancia para la salud, debido a su ocurrencia en el abastecimiento de agua potable. En el capítulo 11, se presenta más información sobre estos y otros organismos patógenos.

^bLas especies listadas (p. ej., *L. pneumophila*) son las más comunes relacionadas con las enfermedades transmitidas por el agua, pero otras especies también podrían causar enfermedades.

^cLa importancia para la salud se relaciona con la incidencia y la gravedad de la enfermedad, incluida la asociación con brotes.

Fuente: OMS¹

CAPÍTULO 12

CASO PRÁCTICO: DANA VALENCIA 2024

*Leticia Fernández Vidal
Ruth García García*

Las fuertes precipitaciones asociadas a la DANA, producidas entre el 28 de octubre y el 4 de noviembre de 2024, ocasionaron inundaciones que provocaron numerosos daños en infraestructuras de todo tipo, así como en viviendas y edificios de diversos municipios de la Comunitat Valenciana, con especial incidencia en la provincia de Valencia y, en menor grado, en las provincias de Castellón y Alicante¹.

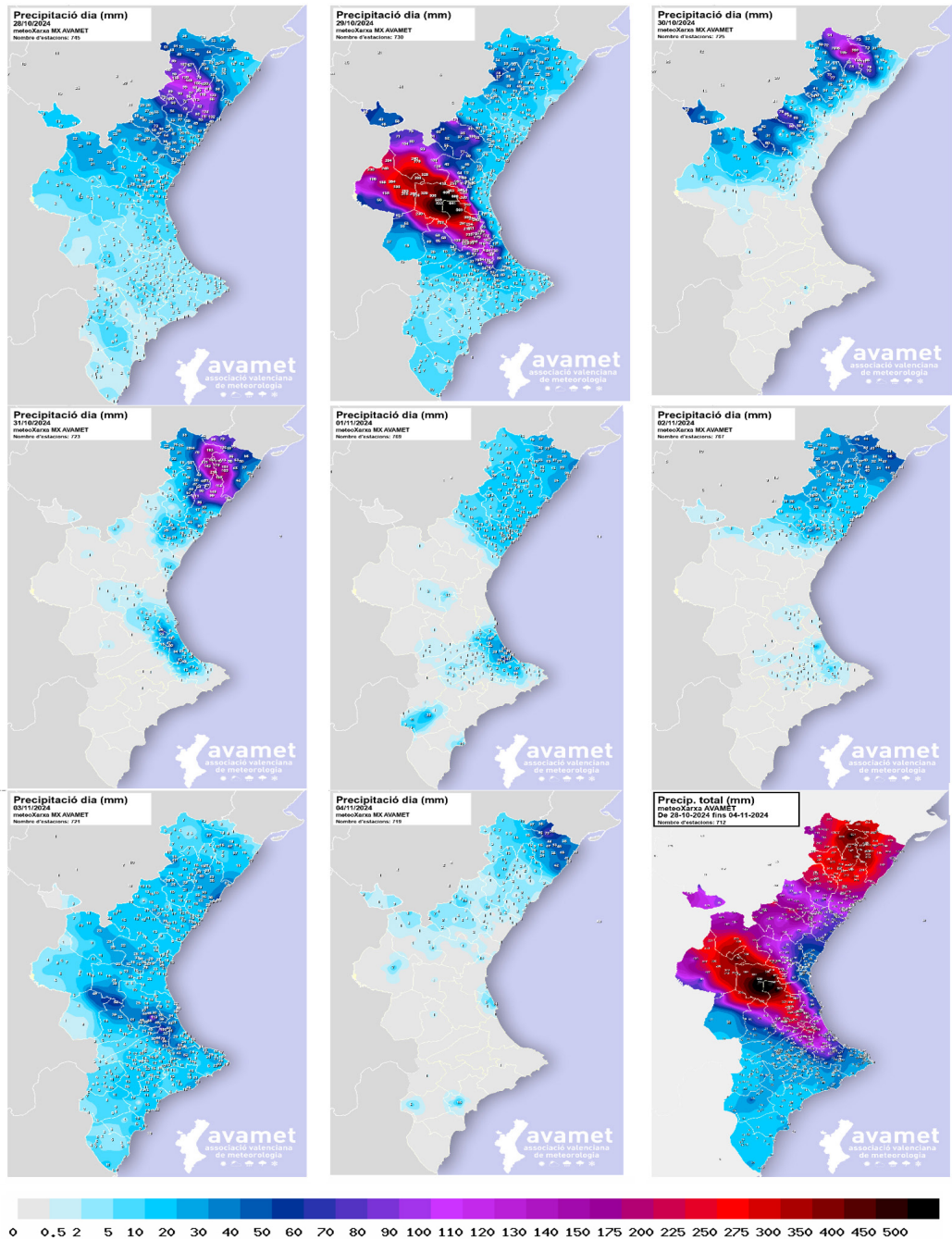
Aunque el 29 de octubre de 2024 fue el día más crítico en cuanto a precipitaciones torrenciales, la DANA que afectó a la Comunitat Valenciana abarcó varios episodios. El lunes 28 de octubre, la DANA provocó una ciclogénesis en niveles bajos que evolucionó en una borrasca fría, se intensificó el viento de levante, lo que favoreció la llegada de gran cantidad de humedad y fuertes chubascos especialmente en la provincia de Castellón. El martes 29, un sistema convectivo provocó lluvias torrenciales, tormentas eléctricas, pedriscos y rachas intensas de viento acompañadas de inundaciones por desbordes de ríos y barrancos, sobre todo en la provincia de Valencia. Tras estos días, el episodio se desplazó hacia el noroeste, afectando principalmente al norte de la provincia de Castellón. El 3 de noviembre ya sobre zonas previamente inundadas, se registraron lluvias adicionales².

Esta prolongación del episodio no solo agravó los daños iniciales, sino que dificultó enormemente las labores de recuperación y restablecimiento de servicios esenciales como el abastecimiento de agua de consumo. Las lluvias reactivaron lodos y sedimentos acumulados que elevaron de nuevo en algunas zonas los niveles de turbidez en el agua de consumo y complicaron su tratamiento.

En comparación a situaciones anteriores históricas, toda la información disponible hasta el momento apunta a que es la mayor riada provocada por una DANA en el siglo XXI en nuestro país, comparable con otras históricas sucedidas en la Comunitat Valenciana durante las décadas de los años 50 y 80 del siglo pasado³.

A continuación, en la figura 1 se muestran los mapas de precipitación desde el 28 de octubre hasta el 4 de noviembre, así como el mapa de precipitación acumulada de todo el episodio DANA.

Figura 1. Mapas de distribución por días de las precipitaciones acaecidas en la Comunitat Valenciana desde el día 28/10/2024 hasta el 04/11/2024 y total del episodio.



Fuente: Associació Valenciana de Meteorologia (AVAMET)

Esta catástrofe ambiental se agravó por una serie de factores⁴:

- Geográficos: La topografía del terreno, la antropización del suelo y los incendios previos en la zona, que favorecieron la escorrentía, disminuyeron la capacidad de absorción del suelo y de retención de agua.
- Sociodemográficos: El alto crecimiento poblacional y económico en zonas inundables incrementó la exposición.
- Entorno de sistemas: La inversión insuficiente en infraestructuras hidráulicas, la falta de formación ciudadana ante situaciones de emergencia y los fallos en los sistemas de alerta, así como la baja concienciación del riesgo, dificultaron la respuesta ante la catástrofe.

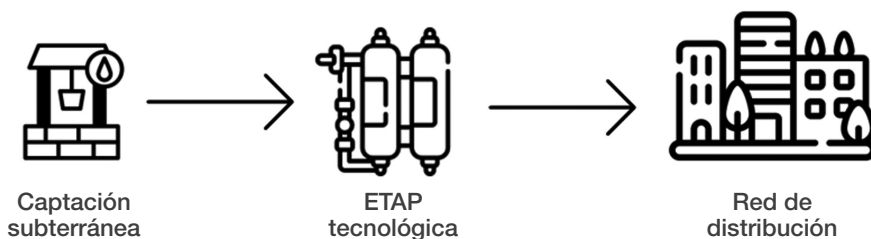
Otro factor determinante es el impacto del cambio climático antropogénico. Según un estudio recientemente publicado en la revista *Nature Communications*⁵, el calentamiento global intensificó la magnitud de la catástrofe al aumentar un 21 % la intensidad de las lluvias en 6 horas y expandir en un 55 % el área que superó el umbral de aviso rojo (180 mm) en comparación con un escenario preindustrial. También provocó que el volumen total de lluvia descargada en la cuenca del río Júcar fuera un 19 % mayor de lo normal. Esta amplificación fue impulsada por un Mediterráneo inusualmente cálido que aportó mayor humedad y energía a la tormenta. Como consecuencia, la intensidad de la lluvia creció un 20 % por cada grado de calentamiento, una cifra que triplica la escala teórica habitual.

Los daños sufridos en las infraestructuras asociadas al abastecimiento de agua de consumo dieron lugar a diferentes casuísticas dependiendo, entre otros factores, de las características iniciales de cada zona de abastecimiento y de la afección sufrida. Algunos de los escenarios que se presentaron fueron los siguientes:

- Caso 1: Ausencia de suministro por fallo eléctrico.
- Caso 2: Ausencia de suministro por daños en infraestructuras y fallo eléctrico.
- Caso 3: Disminución del caudal y de la presión de servicio.
- Caso 4: Enturbiamiento de la toma de captación y colapso del tratamiento.
- Caso 5: Conexiones de emergencia con infraestructuras alternativas de peor calidad.
- Caso 6: Conexiones de emergencia con infraestructuras alternativas de características fisicoquímicas opuestas a las habituales.

CASO 1 Ausencia de suministro por fallo eléctrico

La zona de abastecimiento objeto de este caso se suministra, de forma habitual, de una captación subterránea cuyas aguas se tratan en una ETAP compuesta por tratamientos de pre-oxidación, coagulación, filtración con arena, filtración con carbón activo, ósmosis inversa y post-desinfección. Una vez tratada el agua se distribuye a la población.



El paso de la DANA provocó incidencias en el suministro eléctrico, con torres de alta tensión derribadas por los diferentes tornados ocurridos, arrastre de apoyos de líneas de media tensión por la fuerza del paso del agua y la inundación de dos subestaciones transformadoras, así como de numerosos centros de transformación por el elevado nivel de agua y barro.

La falta de conexión eléctrica dejó sin suministro de luz a los equipos de bombeo y a la ETAP. La imposibilidad de acceso a las infraestructuras retrasó la instalación de grupos electrógenos y la zona quedó sin suministro de agua durante 48 horas.

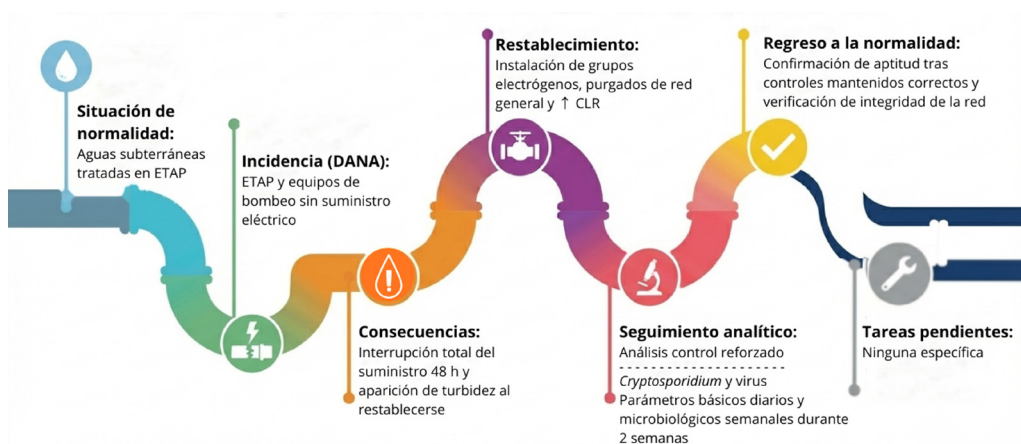
Una vez se restauró el suministro de agua, esta se calificó como **no apta para el consumo** y se recomendó a la población purgar todas las redes interiores de viviendas, locales públicos o con actividad comercial hasta que el agua dejara de salir turbia; en caso de que así fuera, emplear agua envasada para beber y cocinar y, en la medida de lo posible, minimizar el uso de agua para la higiene personal, pudiéndose utilizar para duchas, cisternas, etc. Asimismo, se recordó que el agua de las fuentes naturales no conectadas a la red de distribución no contaba con garantía sanitaria.

Por parte del operador se realizaron purgados de la red general y se aumentó el nivel de desinfectante residual.

Tras la realización de un análisis del agua de la red de distribución de tipo control + *Clostridium perfringens*, cloritos, cloratos, trihalometanos, amonio, nitritos, cloro libre residual y cloro combinado, se comprobó que la muestra analizada cumplía con los requisitos de aptitud. No obstante, no se realizó una calificación definitiva de la calidad de agua de la red de distribución hasta el punto de entrega a la instalación interior, mientras el operador no garantizó el correcto estado y funcionamiento de las infraestructuras generales y, además, se obtuvieron resultados analíticos adecuados y mantenidos en el tiempo.

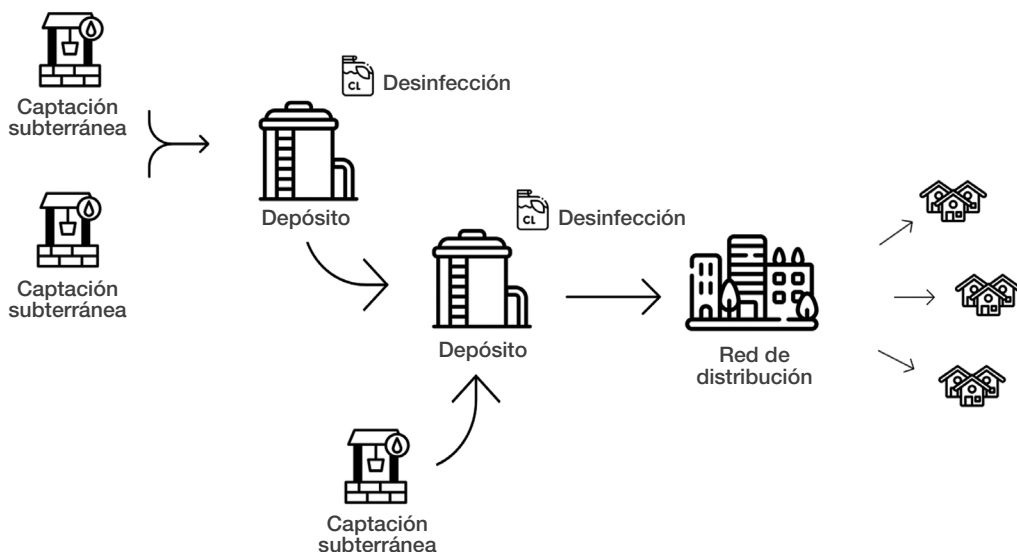
El control analítico realizado en la red de distribución incluyó los parámetros *Cryptosporidium*, norovirus, rotavirus, enterovirus, Hepatitis A y E, así como mediciones diarias de pH, turbidez, cloro libre residual y cloro combinado residual, además de análisis microbiológicos semanales **durante 2 semanas consecutivas**, obteniendo resultados correctos en todo momento.

A partir del informe de valoración presentado por el operador, donde se detallaba tanto el estado de las infraestructuras como el seguimiento analítico realizado, se dio por finalizado el seguimiento DANA a esta zona de abastecimiento. No obstante, se recordó que debían continuar con el autocontrol habitual, sin menoscabo de la realización de otros parámetros si se tenía sospecha de su presencia. En relación con las instalaciones interiores, se indicó que debían aplicar las medidas necesarias para que la calidad del agua de consumo no se deteriorara por la falta de limpieza o mantenimiento de la instalación interior.



CASO 2 Ausencia de suministro por daños en infraestructuras y fallo eléctrico

Esta zona de abastecimiento cuenta con varias captaciones subterráneas que suministran agua al casco urbano de la población y a varias urbanizaciones a través de diferentes depósitos de cabecera y regulación. El tratamiento habitual aplicado se limita a la desinfección en depósitos con hipoclorito sódico sin necesidad de un tratamiento adicional.



La DANA provocó fallos eléctricos en los equipos de bombeo desde las tomas de captación hacia los depósitos y en el sistema de tratamiento, así como la rotura de varios tramos de la red de distribución. Esta situación ocasionó una ausencia total de suministro de agua de consumo a través de la red durante aproximadamente 4 días en los que se repartió agua a la población mediante camiones cisterna.

Una vez restablecido el suministro mediante la instalación de conducciones provisionales en los tramos dañados y la instalación de grupos electrógenos, desde el Ayuntamiento se recomendó a la población seguir sin utilizar para consumo esa agua, purgar los circuitos de agua fría y agua caliente del interior de sus viviendas y, en el caso de disponer de depósitos o equipos de tratamiento domiciliario, revisión, limpieza y desinfección o sustitución, según el caso.

Paralelamente, se aumentó el nivel de desinfectante residual de la red general, se realizaron purgados prestando especial atención a finales de red y puntos muertos y se intensificó la revisión de las fuentes públicas.

Tras la realización de un análisis completo del agua de la red de distribución, se comprobó que la muestra analizada cumplía con los requisitos de aptitud. No obstante,

no se realizó una calificación definitiva de la calidad de agua de la red de distribución hasta el punto de entrega a la instalación interior, hasta que el operador garantizó el correcto estado y funcionamiento de las infraestructuras generales y se obtuvieron resultados analíticos adecuados mantenidos en el tiempo.

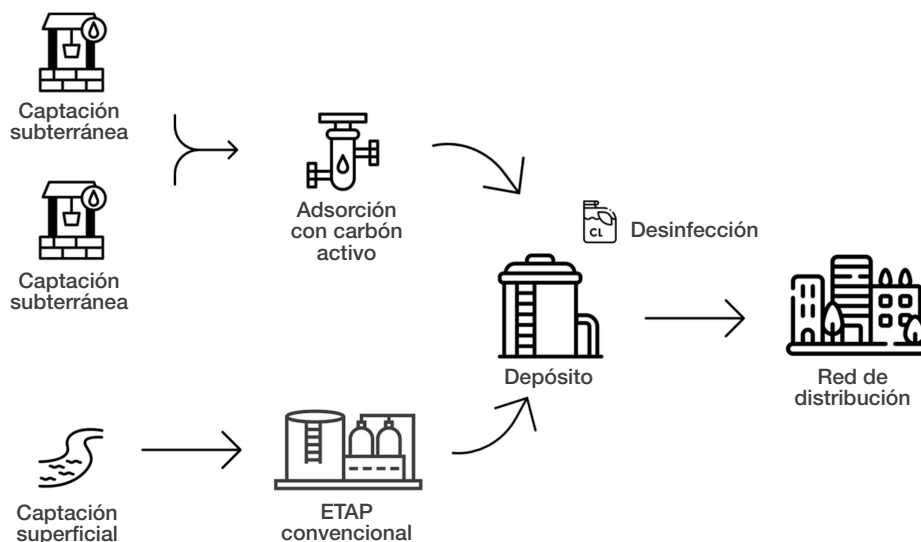
Por parte del operador se realizó un análisis inicial de *Cryptosporidium*, norovirus, rotavirus, enterovirus, Hepatitis A y E; mediciones diarias de pH, turbidez, cloro libre residual y cloro combinado residual, así como análisis de control + *Clostridium perfringens* semanales durante cuatro semanas consecutivas, obteniendo resultados correctos en todo momento.

Con el informe de valoración presentado por el operador, se dio por finalizado el seguimiento con motivo de la DANA, tal como se especifica para el caso 1. No obstante, en este caso, como actuación pendiente de resolver, queda la instalación de las conducciones definitivas.



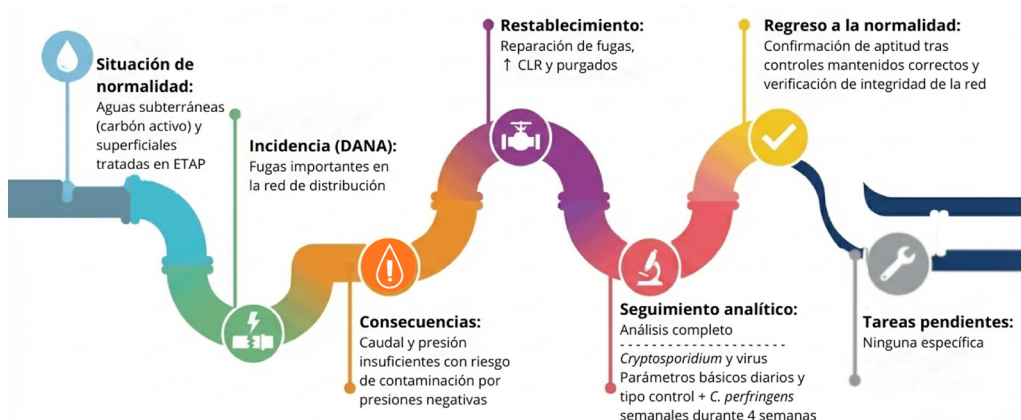
CASO 3 *Disminución del caudal y presión de servicio*

Esta zona de abastecimiento cuenta con captaciones subterráneas que, tras su paso por filtros de carbón activo, se mezclan con aguas superficiales en las que se realiza un tratamiento fisicoquímico con tamizado, decantación lamelar y filtración sobre arena. El agua de ambas procedencias se almacena en un depósito donde se trata con hipoclorito sódico y se distribuye a la población.



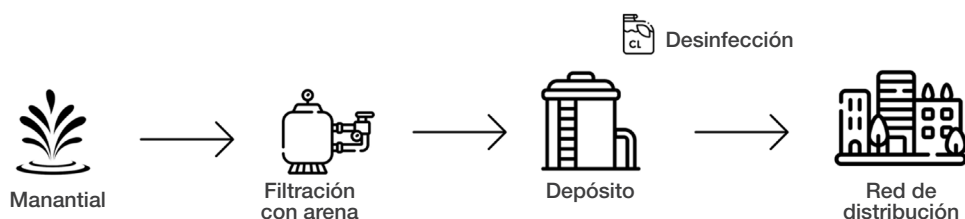
La DANA provocó que los ríos colindantes al casco urbano se desbordaran inundando las calles, hecho que ocasionó importantes destrozos, entre ellos hundimientos del terreno y varias fugas importantes en la red de distribución. Por tratarse de una red mallada, no se produjo ausencia total de suministro; no obstante, el caudal y la presión de servicio no fueron los adecuados en todo momento, con el riesgo de sufrir los daños potenciales en la calidad del agua que generan las presiones negativas. Los tratamientos para la potabilización no se vieron afectados.

No obstante, el agua de la zona de abastecimiento se calificó como no apta para consumo y las actuaciones posteriores fueron similares **a las del caso 2** con idéntico resultado.



CASO 4 Enturbiamiento de la toma de captación y colapso del tratamiento

Esta zona de abastecimiento cuenta con un manantial como única captación. Tras su paso por unos filtros de sílex, almacena sus aguas en un único depósito donde son tratadas con hipoclorito sódico previamente a su distribución a la población.



Las lluvias del 28 de octubre provocaron un aumento considerable de la turbidez en la toma de captación y obturación parcial por colmatación de la conducción, así como de los filtros que se agravó en los días posteriores. Inevitablemente, la turbidez llegó hasta la red de distribución por lo que se calificó el agua de la red de distribución **como no apta para el consumo** y se restringió su uso para bebida, preparado de alimentos e higiene personal.

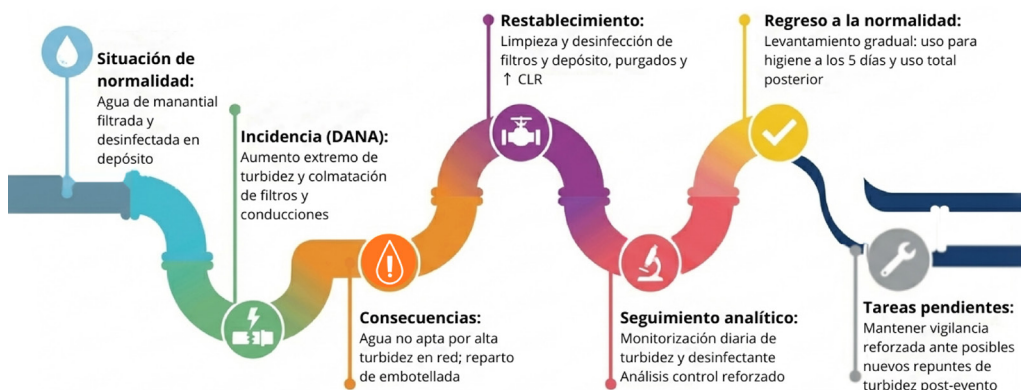
Se aumentaron los niveles de desinfectante hasta valores de cloro libre residual cercanos a 1 mg/L y se monitorizó tanto el nivel de desinfectante residual, con mediciones diarias en la red de distribución, como la turbidez, con dos mediciones por día en la toma de captación, a la salida de filtros, en la salida de depósito, así como en varios puntos de la red de distribución. Se llegaron a alcanzar valores de hasta 170

UNF de turbidez en la toma de captación y 19 UNF en la red de distribución. Aunque estos valores fueron disminuyendo progresivamente, las precipitaciones posteriores provocaron un nuevo repunte de la turbidez.

Conforme fue disminuyendo la turbidez en la captación, se fueron realizando actuaciones sobre las infraestructuras, tales como purgados de la red de distribución, prestando especial atención a los puntos muertos y finales de red, limpieza y desinfección de filtros y depósito. Asimismo, se informó a los vecinos sobre la necesidad de purgado de todas las redes interiores de viviendas, locales públicos o con actividad comercial. Una vez que los valores de turbidez cumplieron con la normativa se realizó tanto en el depósito de cabecera como en la red de distribución un análisis tipo control + *Clostridium perfringens*, cloritos, cloratos, trihalometanos, amonio, nitritos, cloro libre residual y cloro combinado.

Con la obtención de **resultados óptimos** de estos parámetros analíticos tras la adopción de las medidas correctoras, se levantaron gradualmente las restricciones. Inicialmente, a los 5 días se autorizó el uso para la higiene personal y tras la vuelta al funcionamiento habitual, todos los usos.

Durante las restricciones se proporcionó a la población agua embotellada.



CASO 5 Conexiones de emergencia con infraestructuras alternativas de peor calidad

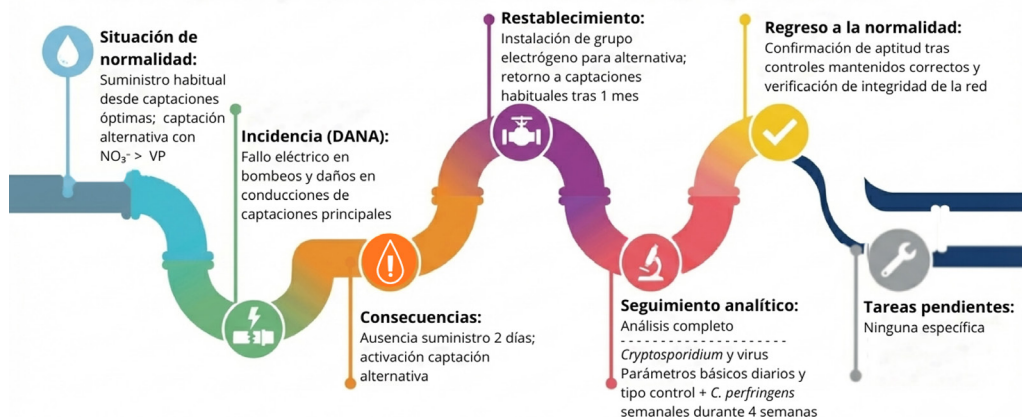
Esta zona de abastecimiento se suministra de captaciones subterráneas de varias calidades. Las tomas principales cuentan con calidad óptima y las alternativas con concentraciones de **nitratos ligeramente superiores** a los valores paramétricos de aptitud establecidos en la normativa en vigor. El agua procedente de las captaciones se almacena en depósitos donde se trata con hipoclorito sódico previamente a su distribución a red.



Con motivo de la DANA, todos los equipos de bombeo sufrieron fallo eléctrico y las conducciones procedentes de las captaciones principales se vieron dañadas. El núcleo poblacional quedó dos días sin agua hasta que se pudo instalar un grupo electrógeno para bombear agua de la captación de baja calidad hacia los depósitos.

Tras analizar el agua de la red de distribución, acorde con el histórico de resultados, se detectaron niveles de nitratos por encima de 50 mg/L, por lo que, tras confirmar el resultado, se calificó el agua como **no apta para el consumo** y se restringió su uso para mujeres embarazadas y preparados alimenticios para lactantes.

Transcurrido aproximadamente un mes desde la incidencia, se restableció el funcionamiento habitual de la zona; no obstante, **el agua no se calificó como apta hasta** disponer del informe de valoración del operador con la obtención de resultados de pH, turbidez, cloro libre residual y cloro combinado diarios, además de controles semanales (análisis de control + *Clostridium perfringens*) correctos en el transcurso de aproximadamente un mes más.



CASO 6

Conexiones de emergencia con infraestructuras alternativas de características fisicoquímicas opuestas a las habituales

La red de distribución de esta zona de abastecimiento queda geográficamente alejada de la zona de afección de la DANA; no obstante, el canal abierto que transporta agua desde una de sus captaciones principales hasta la planta potabilizadora donde se trata para suministrar a esta zona colapsó en varios puntos a consecuencia de la riada.

Este canal, junto con un río de caudal escaso, habitualmente suministran agua a 2,5 millones de habitantes; al dispararse el consumo por las múltiples fugas y las tareas de limpieza y limitarse la capacidad de suministro del canal, a pesar de las fuertes lluvias, el río no contaba con caudal suficiente como para suplir la reducción del caudal de aporte habitual procedente del canal. Además, el río bajaba con mucho barro y turbidez.

Al objeto de garantizar el suministro al máximo número de habitantes, las zonas de abastecimiento que contaban con recursos alternativos propios recurrieron a ellos. En este caso, se empleó agua desalada y agua del río como influentes de la planta potabilizadora, dejando disponible el agua del canal para el suministro de otras zonas de abastecimiento.

La planta potabilizadora, además de suministrar agua a la zona de este Caso 6, suministra a otras 20 zonas de abastecimiento cercanas, lo cual significa que abastece de agua a unas 100.000 personas. La rápida coordinación entre las distintas entidades implicadas y las actuaciones realizadas, permitieron que no se produjeran cortes de suministro, ni tampoco disminución de caudal, de presión o de la calidad del agua distribuida.

En estas zonas de abastecimiento se deberá estimar el riesgo de corrosión de las tuberías por introducir agua desalada tras años transportando agua altamente incrustante.



Bibliografía

1. Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Estudio sobre la situación de lluvias intensas, localmente torrenciales y persistentes, en la península ibérica y baleares entre los días 28 de octubre y 4 de noviembre de 2024. Disponible en: https://www.aemet.es/documentos/es/conocermas/recursos_en_linea/publicaciones_y_estudios/estudios/estudio_28_oct_4_nov_2024.pdf
2. Conselleria de Agricultura, Agua, Ganadería y Pesca. Generalitat Valenciana. Informe sobre la incidencia de la DANA 29-O. Disponible en: <https://portalagrari.gva.es/documents/366567370/378533095/2+INFORME+MAPA+V10+firm.pdf/6a8b1698-d1bf-6a79-b2aa-ac41adaab254?t=1734351040667>
3. Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Informe sobre el episodio meteorológico de precipitaciones torrenciales y persistentes ocasionadas por una dana el día 29 de octubre de 2024. Disponible en: https://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/16360/1/informe_episodio_dana_29_oct_2024_.pdf
4. Vicepresidencia segunda y Conselleria para la Recuperación Económica y Social de la Comunitat Valenciana. Generalitat Valenciana. Plan de recuperación y reconstrucción para la zona afectada por la DANA. Informe de diagnóstico. Disponible en: <https://recuperacio.gva.es/documents/390664086/391046986/Informe+ejecutivo.pdf/a9e35c8b-2d3f-843c-3ef0-798e79ba1804?t=1744201204534>
5. Calvo-Sancho, C., Díaz-Fernández, J., González-Alemán, J.J. *et al.* Human-induced climate change amplification on storm dynamics in Valencia's 2024 catastrophic flash flood. *Nat Commun* 17, 1492 (2026). <https://doi.org/10.1038/s41467-026-68929-9>

ANEXOS

ANEXO I

ANÁLISIS DE CAMPO DE LAS INSTALACIONES DE AGUA POTABLE: RECURSOS TÉCNICOS

*Ibon Beguiristain Repáraz
Miren Elexpuru Azpiazu
Sebastián Crespí Rotger*

1. Análisis físicoquímicos de campo

Para los análisis en campo de las instalaciones de agua de consumo se debe disponer de equipos portátiles, que además de su precio asequible, son de fácil uso y adquisición en los canales de distribución habituales.

Estos equipos pueden ser utilizados por personal sin cualificación específica en laboratorio, pero es recomendable que sigan las instrucciones y procedimientos descritos por los fabricantes en los manuales.

Se recomienda que el personal realice cierta formación sobre el uso de los equipos previamente, con el fin de familiarizarse con su uso y agilizar las medidas en momentos críticos.

Los equipos deben cumplir con las especificaciones técnicas indicadas por el RD 3/2023 respecto a valor paramétrico, límite de cuantificación e incertidumbre para cada parámetro. El cumplimiento de estas especificaciones técnicas evita errores analíticos y asegura la calidad de las medidas.

Para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos, y por lo tanto las medidas de los parámetros críticos, se debe exigir al fabricante el marcado CE.

Requisitos mínimos exigibles:

Los requisitos mínimos exigibles a los equipos utilizados dependen de cada parámetro a medir:

1.1. Referido a olor, color y sabor

Pueden medirse organolépticamente. No es necesario el uso de equipos. La medida de **sabor** se recomienda realizarla una vez comprobado el resto de medidas.

1.2. Medida del pH

Para la medida de **pH** se recomienda el uso de un **equipo potenciométrico** (pHmetro) con el fin de cubrir todo el rango de valor paramétrico indicado por el RD 3/2023.

El uso de estos equipos es muy sencillo, y se recomienda almacenarlos siguiendo las indicaciones del fabricante, ya que el electrodo se debe mantener en buenas condiciones.

Valor paramétrico 6,5 a 9,5 pH

Incertidumbre de medida: $\pm 0,2$ pH



1.3. Medida de cloro

Aunque la medida de **cloro libre residual** puede ser obtenida directamente de un equipo, la medida de **cloro combinado residual** se debe calcular a partir de la medida de cloro total y cloro libre.

$\text{Cloro combinado residual} = \text{Cloro Total} - \text{Cloro libre residual}$

Existen instrumentos de medida en el mercado capaces de medir el **cloro libre residual** y el **cloro total**; utilizando el método normalizado **DPD** (fotometría).

El equipo debe cumplir las especificaciones técnicas indicadas en el RD 3/2023:

Valor paramétrico para cloro libre 1,0 ppm

Valor paramétrico para cloro combinado: 2,0 ppm

Límite de cuantificación: 30 % del valor paramétrico.

Incertidumbre: ± 20 % del valor paramétrico en el combinado, y 25 % libre.

La medida de cloro mediante el método **DPD** requiere de reactivos (polvo o líquido). Estos reactivos se deben almacenar en las condiciones indicadas por los fabricantes y se debe respetar su fecha de caducidad. Es conveniente establecer un procedimiento interno para el aseguramiento del buen estado de los reactivos, con el objetivo de disponer siempre de reactivos no caducados. El uso de reactivos caducados o mal almacenados no garantiza la calidad de la medida obtenida, pudiendo ser errónea.



1.4. Medida de turbidez

Se recomienda la medida **nefelométrica** de turbidez mediante equipos portátiles (turbidímetro). El equipo debe cumplir las especificaciones técnicas indicadas en el RD 3/2023:

Valor paramétrico: 4 UNF o unidades equivalentes.

Límite de cuantificación: 30 % del valor paramétrico.

Incertidumbre: 30 % en 1 UNF.



Recomendaciones generales:

Tal y como se indica en el RD 3/2023, los operadores que realicen controles en línea o *in situ*, basados en aparatos, estos deberán estar verificados y ajustados periódicamente, y deberá quedar documentada la última calibración realizada.

Existen patrones en el mercado para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos. Estos patrones deben ser almacenados siguiendo las indicaciones del fabricante, y se debe comprobar la fecha de caducidad de estos.

Actualmente algunos fabricantes ofrecen servicios de calibración de distintos aparatos. Es recomendable realizar periódicamente estas calibraciones en laboratorios oficiales para asegurar el correcto funcionamiento del equipo.

Algunos fabricantes disponen de maletines con los equipos necesarios para la toma de las medidas en campo. Estos maletines son los recomendados para el transporte de los equipos, ya sea en los vehículos de los técnicos o en los últimos metros de acceso a los puntos de toma de muestra.



2. Análisis microbiológicos de campo

En situaciones de emergencia como inundaciones, es fundamental evaluar rápidamente la posible contaminación fecal del agua de consumo. Si existe la posibilidad de remitir las muestras para análisis microbiológicos a un laboratorio de análisis de aguas que pueda procesar las muestras de manera urgente, lo ideal es proceder de esta forma. Pero a veces esto no es posible por lo que, para estas situaciones, se recomienda la incorporación de métodos portátiles de análisis microbiológico, orientados a la detección de indicadores clave como *Escherichia coli*, coliformes totales y enterococos fecales.

2.1. Equipos recomendados:

- Kits portátiles comerciales basados en técnicas de filtración por membrana o en métodos cromogénicos/fluorogénicos. Existen varias alternativas en el mercado que permiten resultados en 18-24 horas y no requieren de laboratorio completo.
- Unidades autónomas móviles que permiten incubación y lectura en campo sin necesidad de laboratorio completo usando medios de cultivo ya preparados, específicos para la identificación rápida de bacterias indicadoras.

2.2. Condiciones para la toma de muestras:

La toma de muestras debe cumplir con las condiciones habituales requeridas para situaciones normales. Así, deben utilizarse recipientes estériles (con tiosulfato para neutralizar desinfectantes residuales cuando sea necesario) y se debe garantizar la cadena de frío si las muestras no se analizan inmediatamente. La toma de muestras debe hacerse en puntos críticos de la red, donde exista más posibilidad de detectar la contaminación (p.ej., extremos de la red de distribución, depósitos temporales, zonas con concentraciones bajas o indetectables de cloro, etc.). Idealmente, el personal muestreador debe estar formado en técnicas asépticas para evitar contaminación cruzada.

2.3. Recomendaciones operativas:

- Incrementar la frecuencia de muestreo tras los eventos de inundación, y mantenerla hasta confirmar la restitución de condiciones microbiológicas seguras.
- Registrar adecuadamente cada muestra, incluyendo hora, localización, tipo de muestra y condiciones de almacenamiento.

ANEXO II

NORMATIVA APLICABLE

José M^a Ordóñez Iriarte

1. Aspectos generales

Unión Europea

Directiva 2000/60/CE, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.

España

Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2001/BOE-A-2001-14276-consolidado.pdf>

Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los títulos preliminar I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas. <https://www.boe.es/buscar/pdf/1986/BOE-A-1986-10638-consolidado.pdf>

Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2015/BOE-A-2015-9806-consolidado.pdf>

Real Decreto 907/2007, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Planificación Hidrológica. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2007/BOE-A-2007-13182-consolidado.pdf>

Real Decreto 1514/2009, de 2 de octubre, por el que se regula la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2009/BOE-A-2009-16772-consolidado.pdf>

Real Decreto 47/2022, de 18 de enero, sobre protección de las aguas contra la contaminación difusa producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias. <https://www.boe.es/boe/dias/2022/01/20/pdfs/BOE-A-2022-860.pdf>

2. Inundaciones

Unión Europea

Directiva 2007/60/CE, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación.

España

Real Decreto 903/2010, de 9 de julio, de evaluación y gestión de riesgos de inundación. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2010/BOE-A-2010-11184-consolidado.pdf>

3. Criterios higiénico-sanitarios

Unión Europea

Directiva (UE) 2020/2184, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano.

España

Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2023/BOE-A-2023-628-consolidado.pdf>

Real Decreto 487/2022, de 21 de junio, por el que se establecen los requisitos sanitarios para la prevención y el control de la legionelosis. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2022/BOE-A-2022-10297-consolidado.pdf>

4. Aguas residuales

Real Decreto-ley 11/1995, de 28 de diciembre, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas. <https://www.boe.es/buscar/pdf/1995/BOE-A-1995-27963-consolidado.pdf>

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. <https://www.boe.es/buscar/pdf/1996/BOE-A-1996-7159-consolidado.pdf>

5. Reutilización de aguas tratadas

Unión Europea

Reglamento (UE) 2020/741 del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de mayo de 2020 sobre requisitos mínimos para la reutilización del agua.

España

Real Decreto 1085/2024, de 22 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de reutilización del agua y se modifican diversos reales decretos que regulan la gestión del agua. <https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/temas/concesiones-y-autorizaciones/reutilizacion-aguas-depuradas/BOE-A-2024-21701.pdf>

ANEXO III

RECOMENACIONES PARA LAS EMPRESAS ALIMENTARIAS

Roberto Ortuño Macián

1. Introducción

Las empresas alimentarias ubicadas en zonas afectadas por inundaciones, como las provocadas por la DANA del 29 de octubre de 2024 en la provincia de Valencia, pueden llegar a sufrir daños de gran alcance. Además de las dificultades comunes a otras industrias, estas empresas enfrentan dos retos cruciales relacionados con la seguridad alimentaria: evaluar el estado higiénico-sanitario de las materias primas y productos que han permanecido en sus instalaciones en el momento de la inundación, y reanudar la producción garantizando condiciones higiénicas adecuadas en instalaciones y equipos.

Este Anexo proporciona un grupo de recomendaciones y buenas prácticas, con el fin de servir de ayuda a los responsables de calidad, técnicos de producción y personal de gestión de empresas alimentarias para abordar estos retos. No obstante, hay que tener en cuenta que cada situación tiene sus peculiaridades propias, por lo que todo lo expuesto no puede constituir una norma fija de actuación, sino unos criterios generales, basados en nuestra experiencia y que de ningún modo tienen carácter normativo. Se requiere en cada caso, la valoración de las circunstancias particulares de todo tipo y la adecuación específica de las medidas que aquí abordamos.

2. Marco legal y responsabilidades

Ante una emergencia por inundación, es fundamental que las empresas alimentarias actúen con diligencia para minimizar riesgos y cumplir con las regulaciones vigentes en materia de seguridad alimentaria. A continuación, se destacan algunas disposiciones normativas clave que sirven de referencia:

- Reglamento (CE) nº 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo: Establece los principios generales de la legislación alimentaria. En su artículo 17 (Responsabilidades) se indica que los operadores de empresas alimentarias “se asegurarán, en todas las etapas de la producción, la transformación y la distribución bajo su control, de que los alimentos cumplen los requisitos de la legislación alimentaria pertinentes”. Asimismo, el artículo 14 de este Reglamento prohíbe comercializar alimentos inseguros y considera un alimento no seguro si es “nocivo para la salud” o “no apto para el consumo humano”. Este principio implica que “ningún alimento afectado que no sea seguro debe entrar en la cadena alimentaria”.

- Principio de precaución: Tanto el Reglamento 178/2002 como la Ley 17/2011, de 5 de julio, de seguridad alimentaria y nutrición (artículo 7) recogen el principio de cautela. Este principio establece que, ante la posibilidad de efectos nocivos para la salud y aunque exista incertidumbre científica, se pueden tomar, medidas preventivas provisionales, para proteger la salud pública. En el contexto de una inundación, esto significa tomar decisiones conservadoras: ante la duda sobre la seguridad de un producto o materia prima, primará la protección de la salud del consumidor.
- Reglamento (CE) nº 853/2004: relativo a la higiene de los productos alimenticios: Establece los requisitos de higiene en instalaciones alimentarias. Tras una inundación, muchos de estos requisitos cobran especial relevancia. Por ejemplo:
 - Las instalaciones y locales donde se manipulan alimentos deben mantenerse limpios y en buen estado.
 - El diseño, disposición y construcción de los locales debe permitir la limpieza y desinfección adecuada, minimizando el riesgo de contaminación ambiental (por aire) y facilitando prácticas higiénicas (control de plagas, evitar acumulación de suciedad, etc.).
 - Debe disponerse de ventilación adecuada, evitando corrientes de aire desde zonas contaminadas a zonas limpias. Los sistemas de ventilación deben poder limpiarse y sus filtros reemplazarse.
 - Los sistemas de desagüe de aguas residuales han de ser suficientes y estar diseñados de forma que se evite la contaminación.
 - Las superficies (suelos, paredes, techos) y equipos en contacto con alimentos deben ser de materiales impermeables, no absorbentes, lavables y no tóxicos, y mantenerse en buen estado, facilitando su limpieza y desinfección.
 - Debe haber condiciones adecuadas de manipulación y almacenamiento a temperatura controlada para proteger los alimentos almacenados.

Estas obligaciones normativas subrayan la responsabilidad de la empresa de garantizar que, tras un incidente como es una inundación, no se reanude la actividad hasta garantizar plenamente unas condiciones higiénicas seguras.

3. Evaluación del estado higiénico-sanitario de materias primas y productos

Tras una inundación, el primer paso crítico es determinar qué materias primas y productos terminados almacenados en la planta siguen siendo aptos para el consumo o uso, y cuáles deben descartarse. Se deben aplicar criterios claros para evaluar si un alimento ha sufrido contaminación o deterioro que comprometa su seguridad.

Criterios para determinar productos **no aptos**:

- Productos (materias primas o elaborados) que hayan incrementado su contenido en humedad debido al agua de la inundación. La humedad favorece el crecimiento

de microorganismos alterantes o patógenos, por lo que un alimento mojado o con condensación puede haberse contaminado o echado a perder.

- Productos que hayan estado en contacto directo con las aguas de la inundación (aguas, lodos u otros materiales arrastrados). El agua de riada suele estar contaminada con microorganismos (mohos, virus, bacterias) y posibles sustancias químicas, por lo que cualquier artículo alimentario expuesto directamente a ella debe considerarse contaminado.
- Productos cuyos envases hayan estado sumergidos o en contacto con el agua de la inundación y no pueda garantizarse la estanqueidad total del envase. Sólo envases completamente herméticos (por ejemplo, latas metálicas intactas) podrían en teoría proteger el alimento; pero incluso estos deben evaluarse con cautela por posibles puntos de entrada (juntas, tapas). Envases plásticos con tapones, sellos termosellados, etc., pueden haber dejado pasar agua o suciedad.
- Productos que hayan permanecido en un ambiente contaminado o insalubre durante la inundación. Si la planta estuvo anegada, el aire ambiente pudo contener microorganismos dañinos o polvo contaminante. Alimentos expuestos a ese ambiente sin protección adecuada pueden haberse vuelto no inocuos.
- Productos refrigerados o congelados que hayan sufrido ruptura de la cadena de frío. Las inundaciones suelen conllevar cortes de electricidad o fallos en equipos de refrigeración. Si la temperatura de una cámara de congelación subió por encima de -12 °C, se considera que se rompió la cadena de ultracongelación. En productos refrigerados, si estuvieron más de 2 horas por encima de 5 °C, la seguridad puede haberse comprometido. Estos umbrales son orientativos según guías reconocidas, pero sirven para decidir descartar productos con posible proliferación microbiana por pérdida de frío.

Si un lote o partida de producto está parcialmente dañada o contaminada y no es posible separar con seguridad la parte no afectada, se debe rechazar el lote completo. Por ejemplo, si un palé, contenedor (big-bag) o caja presenta una zona claramente afectada por el agua o la suciedad, se asume que todo su contenido está comprometido, salvo que se pueda demostrar lo contrario con absoluta certeza.

En todos los casos, ante la sospecha de contaminación de una materia prima o producto, debe prevalecer el principio de precaución: es preferible descartar el alimento que arriesgar su consumo si no hay garantías plenas de inocuidad.

4. Verificación del estado de productos y materias primas

Para tomar decisiones fundamentadas sobre qué hacer con los productos, se recomienda emplear los siguientes medios de verificación:

- Inspección visual: Identificar signos evidentes de daño o contaminación (presencia de agua, barro, moho visible, hinchazón de envases, cambios organolépticos como olor a humedad o ranciedad). Conviene documentar fotográficamente los hallazgos como evidencia.

- **Análisis de laboratorio:** Realizar pruebas analíticas de las materias primas y productos potencialmente afectados, abarcando tanto ensayos físico-químicos (p.ej., contenido de humedad extraordinario) como análisis microbiológicos. Estos últimos deben incluir indicadores de higiene (recuentos de aerobios mesófilos, enterobacterias, mohos y levaduras) y, dependiendo del caso, búsqueda de patógenos específicos relevantes (*Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *E. coli* patógena, *Staphylococcus aureus*, *Yersinia enterocolitica*, virus entéricos como hepatitis A y norovirus, etc.). En situaciones de inundación es aconsejable consultar con las autoridades sanitarias la necesidad de analizar patógenos adicionales poco habituales en la planta pero que pudieran introducirse con las aguas contaminadas.
- **Muestreo representativo:** Las muestras para análisis deben tomarse de forma representativa de cada lote, poniendo especial atención en recoger unidades de las zonas más afectadas o con condiciones más desfavorables (p.ej., las cajas inferiores de un palé que estuvo en contacto con el agua). Es recomendable que el diseño de muestreo, la toma de muestras y los análisis los realice una entidad externa especializada para aportar mayor objetividad y servir como soporte en eventuales reclamaciones a seguros.
- Toda esta información recopilada (inspecciones, resultados de laboratorio, inventario de daños) deberá registrarse adecuadamente. Además de servir para decisiones internas, será útil para sustentar reclamaciones de compensación ante seguros u organismos, incluyendo informes periciales externos si es necesario.

5. Arranque de las líneas de producción en condiciones higiénicas

Una vez segregados y retirados los productos no aptos, el siguiente gran desafío es poner de nuevo en marcha la fábrica garantizando que las instalaciones, equipos y procesos estén en condiciones higiénicas óptimas. Esto implica reparar los daños, limpiar y desinfectar a fondo, validar la eficacia de estas medidas y asegurar que la producción se reinicia de forma segura.

5.1. Adecuación de instalaciones y equipos

- Primero, es necesario evaluar detalladamente los daños estructurales y técnicos que la inundación haya causado:
- **Inspección inicial:** Recorrer todas las áreas de la instalación (zona de producción, almacenes, servicios, oficinas, etc.) para identificar daños en estructuras (paredes, techos, pisos), revestimientos, equipamientos de proceso, sistemas eléctricos, sistemas de aire (ventilación, climatización) y otros servicios. Esta revisión debe hacerse con personal especialista (arquitectura, ingeniería, mantenimiento) y siempre bajo condiciones seguras, usando equipos de protección y siguiendo instrucciones de prevención de riesgos laborales.
- **Documentación de daños:** Registrar con fotografías y descripciones escritas cada daño hallado. Servirá para planificar reparaciones y también para disponer de pruebas documentales de cara a seguros o solicitud de ayudas. Conviene

inventariar todos los materiales y equipos dañados o que habrá que desechar, junto con estimaciones de coste, para gestionar indemnizaciones.

5.2. Con la evaluación completa, se procede a la fase de reparaciones

- **Planificación de reparaciones:** Definir qué áreas y equipos se restaurarán primero. Es posible que la reanudación de la producción se haga por fases o zonas; en ese caso, determinar qué sectores de la planta pueden aislarse y ponerse en marcha inicialmente (lo ideal es aprovechar zonas que ya estuvieran separadas higiénicamente del resto, o crear una zonificación temporal adecuada). La zona o zonas elegidas deben poder operar de forma independiente sin riesgo de contaminación cruzada desde las áreas pendientes de reparar.
- **Ejecución de las reparaciones:** Reparar o reemplazar los elementos dañados utilizando materiales aptos para uso alimentario y técnicas que cumplan las normativas de higiene. Por ejemplo, si se ha dañado el pavimento sanitario, arreglarlo con resinas o materiales impermeables similares; si hay paneles rotos en paredes o techos, reponerlos con materiales de calidad alimentaria; revisar que los desagües funcionan correctamente, etc. Es importante no comprometer la higiene por acelerar la reapertura.
- **Comunicación a la autoridad sanitaria:** Informar a los servicios oficiales de inspección (autoridad competente, por ejemplo, de la Comunidad Autónoma) sobre los planes de reapertura. Es recomendable notificar la fecha prevista de arranque y las medidas tomadas para garantizar la inocuidad, de modo que la autoridad pueda brindar orientación o incluso programar una visita de verificación antes de la reapertura. Contar con su visto bueno añade confianza al proceso.

5.3. Reposición de servicios esenciales

Antes de comenzar a producir, hay que garantizar que todos los servicios básicos de la planta funcionan correctamente:

- **Suministro eléctrico:** Verificar toda la instalación eléctrica y reestablecer la electricidad de manera segura. La humedad y el agua pueden haber dañado cables, cuadros eléctricos, motores y sistemas de control. Debe realizarse una revisión por personal cualificado y no encender maquinaria hasta asegurar las condiciones seguras.
- **Agua potable:** Restablecer el suministro de agua potable y comprobar su calidad. Si la fábrica cuenta con depósitos de almacenamiento de agua o sistemas internos, es necesario vaciarlos, limpiarlos y desinfectarlos si existe la posibilidad de que hayan recibido agua de la inundación. También revisar el correcto funcionamiento de sistemas de tratamiento de agua (filtros, cloradores, etc.). Se puede considerar la toma de muestras de agua para análisis, asegurando que cumple con requisitos de agua potable.

- **Sistemas de ventilación y climatización:** Revisar todos los sistemas de aire acondicionado, ventilación forzada y extracción. Estos sistemas deben limpiarse internamente, desinfectar conductos si es necesario y cambiar filtros, ya que podrían haberse contaminado con aire sucio o agua. Además, al ponerlos en marcha, asegurarse de que no generen corrientes de aire desde zonas no higienizadas hacia zonas limpias, para evitar contaminación cruzada.
- **Aire comprimido:** Si la planta utiliza redes de aire comprimido, también deben revisarse. El aire comprimido entra en contacto con los equipos e incluso con los alimentos en algunos procesos, por lo que su calidad debe ser adecuada. Se recomienda purgar las líneas de aire comprimido, cambiar filtros y comprobar mediante análisis microbiológico que no hay contaminación en ese aire comprimido antes de usarlo en la producción.

5.4. Limpieza y desinfección exhaustiva de instalaciones

La limpieza y desinfección integral de la fábrica es uno de los pasos más importantes para poder reiniciar la actividad de forma segura. Habitualmente, las operaciones de limpieza en industrias alimentarias se realizan fuera del horario de producción (por ejemplo, en la noche) y muchas veces por empresas especializadas externas. En este caso, debido a la magnitud del evento de contaminación, la supervisión estrecha de la limpieza y desinfección por parte del personal de la empresa es fundamental, asegurándose de que se alcancen los resultados higiénicos deseados.

6. Pasos recomendados en la higienización post-inundación

6.1. Despeje y pre-limpieza: Retirar escombros, lodo, materiales inutilizables y residuos sólidos aportados por la inundación. Este paso prepara el área para la limpieza profunda.

6.2. Limpieza profunda: Emplear agentes detergentes apropiados y equipos (hidrolimpiadoras, cepillos, etc.) para fregar y eliminar toda suciedad adherida en las superficies (suelos, paredes, techos) y en los equipos. Desmontar piezas desmontables de la maquinaria para limpiarlas por separado. Prestar especial atención a rincones, desagües, sumideros y otras áreas donde pueda haberse acumulado suciedad o lodo.

6.3. Enjuague: Aclarar con agua potable toda la espuma y residuos de detergente, asegurando que no queden restos de suciedad visible.

6.4. Secado: Procurar un secado rápido de las superficies limpias para evitar acumulación de humedad. Se pueden usar equipos de aire caliente, deshumidificadores o simplemente ventilación natural controlada. Es vital que no queden charcos ni zonas húmedas una vez finalizada la limpieza.

6.5. Desinfección: Aplicar desinfectantes de amplio espectro sobre todas las superficies y ambientes. Se pueden usar métodos combinados:

- Nebulización o fumigación del ambiente con agentes desinfectantes (por ejemplo, peróxido de hidrógeno nebulizado o generación de ozono) para reducir la carga microbiana en el aire y sobre las superficies de difícil acceso. Hay que respetar los tiempos de exposición recomendados por el fabricante del desinfectante para asegurar su efectividad.
- Desinfección de choque de superficies: Utilizar soluciones desinfectantes potentes (como hipoclorito sódico, ácido peracético u otros autorizados para uso alimentario) aplicadas mediante pulverización, espuma o inmersión, según corresponda, asegurándose de cubrir bien todas las áreas. Puede ser necesario repetir la aplicación varias veces, con enjuagues intermedios si se requiere.

6.6. Enjuague post-desinfección (si procede): Si los desinfectantes utilizados requieren enjuague posterior (por ejemplo, el hipoclorito puede dejar residuos de cloro), se debe enjuagar con agua potable tras el tiempo de contacto adecuado.

6.7. Secado final: Asegurarse de que todas las zonas queden secas y libres de humedad una vez completada la limpieza y desinfección. La humedad residual puede promover el crecimiento microbiano, por lo que se deben ventilar bien las áreas y, si es posible, utilizar equipos de secado industrial.

7. Validación de la limpieza y desinfección

Antes de reiniciar la producción, es imprescindible comprobar que las labores de higienización han sido efectivas:

- Inspección final: Realizar una inspección visual exhaustiva por todo el recinto y los equipos. No deben apreciarse restos de suciedad, moho, escombros ni humedad anormal. Cualquier indicio debe llevar a repetir la limpieza al menos en ese punto.
- Control microbiológico de superficies: Efectuar muestreos en superficies (mesas de trabajo, cintas transportadoras, maquinaria, drenajes, etc.) siguiendo el plan de muestreo habitual de la empresa, ampliado si es necesario a puntos adicionales que se sospeche puedan haber quedado poco accesibles durante la limpieza. Las muestras se analizan para indicadores de higiene comunes, como recuento de aerobios mesófilos y enterobacterias, y también para mohos y levaduras, dados los riesgos particulares tras una inundación. Los resultados deben compararse con los históricos habituales de la planta: el objetivo es recuperar las condiciones normales previas.

Además de estos indicadores, podrían analizarse patógenos específicos en superficies si resultan relevantes para el tipo de producto y las circunstancias de la inundación, tal como se indicó anteriormente.

8. Control de la producción y producto terminado

Reiniciar la producción no significa volver inmediatamente a la normalidad: se debe implementar un control adicional durante las primeras producciones post-inundación:

- Verificación de parámetros de proceso: Antes y durante la reactivación, comprobar que todos los parámetros críticos de proceso (temperaturas de cocción o pasteurización, tiempos, presión de equipos, etc.) se mantienen dentro de los rangos establecidos. Los daños o reparaciones podrían haber alterado calibraciones o eficiencias, por lo que hay que estar especialmente atentos a cualquier desviación.
- Control de calidad intensificado: Aumentar la frecuencia de muestreo y análisis de los productos finales de los primeros lotes producidos tras la reanudación. Verificar no sólo los parámetros habituales de calidad y seguridad (microbiológicos, físicos, químicos), sino también aquellos adicionales que pudieran relacionarse con la inundación (por ejemplo, presencia de contaminantes introducidos por el agua).
- Liberación escalonada de productos: En la medida de lo posible, implementar un sistema de liberación positiva de lotes, es decir, no comercializar los productos elaborados hasta no tener resultados analíticos satisfactorios que confirmen su inocuidad. Esto puede requerir disponer de capacidad de almacenamiento intermedio para retener los lotes en cuarentena hasta obtener los resultados.
- Tamaño de lote reducido: Al reanudar, se puede optar por fabricar lotes más pequeños de lo habitual en un primer momento. Así, en caso de que se detecte un problema en un lote post-inundación, el volumen de producto afectado será menor y más fácil de gestionar (retirar, inmovilizar, etc.), a la vez que permite aumentar la proporción de muestreos por cantidad de producto.
- Registro exhaustivo: Documentar todas las medidas de control realizadas, resultados de análisis, calibraciones y acciones correctivas. Estos registros evidencian la diligencia debida en seguridad alimentaria de la empresa y ayudan a identificar puntos de mejora o de contaminación recurrente.

9. Revisión y actualización del APPCC

- Después de un incidente grave como una inundación, es imprescindible revisar el Plan APPCC:
- Actualización del plan: Evaluar si la inundación ha introducido nuevos peligros o ha alterado los ya identificados en el análisis de peligros. Por ejemplo, riesgos de contaminación por agua residual, fallos en controles de temperatura, etc. Se debe actualizar el documento del APPCC incorporando las lecciones aprendidas y las nuevas medidas de control o vigilancia que se implanten.
- Revisión de puntos críticos: Verificar que los Puntos de Control Crítico (PCC) establecidos previamente siguen siendo efectivos. Puede que se necesiten PCC temporales adicionales durante la fase de recuperación (por ejemplo, un PCC en la etapa de recepción de materias primas para verificar la ausencia de contaminación post-inundación).

- **Formación:** Asegurar que todo el personal implicado recibe formación sobre cualquier cambio introducido al APPCC y sobre las nuevas prácticas de higiene post-inundación.
- **Validación y seguimiento:** Antes de dar por finalizada la fase de recuperación, validar que el sistema APPCC actualizado funciona correctamente, y planificar seguimientos más frecuentes al principio para confirmar que no surgen nuevos problemas.

10. Gestión de residuos, inventario y peritajes

No debe olvidarse la gestión administrativa y de soporte tras la emergencia:

- **Retirada de producto no conforme:** Todo producto o materia prima que se haya declarado no apto debe ser retirado de la instalación para su destrucción o destino a uso no alimentario (según indicaciones legales). Documentar los volúmenes retirados y el destino dado (gestor de residuos, etc.).
- **Inventario de pérdidas:** Llevar un registro detallado de todos los materiales, productos, envases, equipos, etc., que se hayan perdido o tenido que desechar a causa de la inundación. Incluir cantidades, identificaciones (lotes, referencias) y, de ser posible, valor económico.
- **Peritación para seguros:** En muchos casos, para reclamar indemnizaciones al seguro se requerirá un informe pericial. Es recomendable contar con un perito experto externo que evalúe los daños y pérdidas, y elabore un informe técnico y económico. Este informe, junto con el inventario de pérdidas y las evidencias documentales (fotos, análisis), servirá de base para las reclamaciones al seguro o ayudas públicas. Consultar las coberturas de la póliza de seguro, pues a veces cubren también los gastos de limpieza, desinfección y peritaje.

Una gestión cuidadosa de estos aspectos facilitará la recuperación económica y operativa de la empresa, además de asegurar que el reinicio de actividad se realiza con todas las garantías sanitarias. La prioridad absoluta debe ser siempre la seguridad del consumidor y el cumplimiento de la normativa alimentaria. Con una evaluación rigurosa de las materias primas y productos, una limpieza y desinfección meticulosas, y la adecuación de las instalaciones antes de reactivar la producción, es posible retomar la actividad minimizando riesgos. La coordinación con las autoridades sanitarias y el estricto apego a las buenas prácticas de higiene y al plan APPCC actualizado son la mejor garantía para volver a la normalidad de manera segura y sostenible.

ANEXO IV

ÁRBOL DE DECISIONES EN EVENTOS DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA DE LOS SISTEMAS DE AGUA DE CONSUMO

Sebastián Crespí Rotger

1. Introducción

Las inundaciones y lluvias torrenciales representan un riesgo significativo para la integridad microbiológica de los sistemas de agua de consumo. Durante estos eventos, el agua superficial contaminada puede infiltrarse en fuentes de agua subterránea, pozos, depósitos de almacenamiento o redes de distribución a través de fisuras, reboses o daños estructurales. Este fenómeno es especialmente frecuente cuando el nivel freático sube repentinamente, o cuando los sistemas de alcantarillado y drenaje pluvial se bloquean o se sobrecargan, provocando la intrusión de aguas residuales en la red de agua potable.

Los agentes microbiológicos que comúnmente se introducen en el sistema hídrico durante una inundación incluyen:

- **Bacterias entéricas**, como *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Shigella* spp. y *Campylobacter* spp., indicadoras de contaminación fecal y potenciales causantes de brotes de diarrea infecciosa.
- **Virus entéricos**, como norovirus, rotavirus, adenovirus y hepatitis A, que pueden provocar gastroenteritis, hepatitis y otras infecciones virales transmitidas por el agua.
- **Protozoos**, incluyendo *Giardia lamblia* y *Cryptosporidium* spp., que resisten los tratamientos convencionales y pueden causar cuadros de diarrea prolongada, especialmente en personas inmunodeprimidas.
- **Leptospiras**, bacterias responsables de la leptospirosis, transmitidas a través del contacto con agua contaminada por orina de roedores, particularmente frecuente tras lluvias intensas e inundaciones.

Los mecanismos que favorecen esta contaminación son múltiples. Por un lado, la alteración física de las infraestructuras (roturas, desplazamientos de tuberías, anegamiento de pozos) permite la entrada directa de patógenos. Por otro lado, el fallo de los sistemas de tratamiento por sobrecarga o interrupciones eléctricas puede dar lugar a una distribución de agua sin desinfección adecuada. Además, las prácticas de emergencia, como el uso de fuentes alternativas sin tratamiento o el consumo de agua de cisternas móviles no adecuadamente higienizadas, también pueden contribuir a la propagación de enfermedades.

El riesgo es particularmente elevado en contextos de vulnerabilidad estructural o social, como asentamientos informales, comunidades rurales sin red de agua segura, o en situaciones donde el acceso a medidas de saneamiento es limitado. La experiencia en emergencias previas ha demostrado que la contaminación de las redes de agua potable es un evento que se produce con relativa frecuencia tras inundaciones o lluvias extremas.

2. Fundamentos para una respuesta adecuada a eventos de contaminación microbiológica de las redes de agua de consumo

Para responder eficazmente a los incidentes de contaminación microbiológica del agua de consumo en contextos de emergencia, es necesario disponer de un marco de actuación que combine tanto los principios generales de intervención como las herramientas operativas que guíen la toma de decisiones bajo presión. En situaciones desencadenadas por lluvias torrenciales e inundaciones, la detección, contención y resolución de una contaminación microbiológica requiere de una coordinación precisa entre distintos actores, una ejecución técnica rigurosa y una evaluación continua del riesgo para la salud pública.

En este sentido, el presente apartado se estructura en dos secciones complementarias. En primer lugar, se describen los **principios operativos esenciales** que deben guiar cualquier respuesta frente a una sospecha o confirmación de contaminación microbiológica en la red. Estos principios constituyen el fundamento técnico y sanitario sobre el que se sustenta toda actuación.

En segundo lugar, se introduce un **árbol de decisión**, diseñado para facilitar la aplicación práctica de dichos principios en escenarios reales. Esta herramienta permite ordenar lógicamente las decisiones clave, identificar puntos críticos del proceso y priorizar acciones según la evolución del evento, garantizando una respuesta coherente, rápida y basada en evidencia.

2.1. Principios operativos para la gestión de eventos de contaminación microbiológica en contextos de emergencia

En situaciones de emergencia provocadas por lluvias torrenciales o inundaciones, la aparición de una contaminación microbiológica en una red de agua de consumo exige una respuesta rápida y rigurosa. Esta debe iniciarse desde el momento en que surge la sospecha, ya sea por una alteración física en el sistema (como pérdida de presión, roturas, entrada de agua turbia) o por la notificación de síntomas compatibles con infecciones transmitidas por el agua en la población atendida.

La primera prioridad ante una sospecha fundada debe ser la interrupción inmediata del suministro en el sector potencialmente afectado, como medida preventiva para evitar nuevas exposiciones. Esta acción debe ir acompañada de la activación de

los protocolos de emergencia internos del operador y la notificación inmediata a las autoridades sanitarias competentes, quienes coordinan la respuesta desde el ámbito de salud pública.

Una vez asegurada la contención inicial, es esencial desplegar un equipo técnico-multidisciplinar que incluya especialistas en operación hidráulica, epidemiología, microbiología y gestión de emergencias. Este equipo será responsable de evaluar la situación, planificar las medidas correctivas y garantizar su ejecución de forma eficaz.

El siguiente paso es la toma sistemática de muestras de agua en puntos estratégicos del sistema: zonas de captación, depósitos, puntos intermedios de distribución y conexiones domiciliarias. Estas muestras deben analizarse, como mínimo, para indicadores microbiológicos clave (*E. coli*, coliformes, enterococos) y para parámetros operacionales como el nivel de desinfección residual (cloro libre). Esta fase es crítica para confirmar la contaminación, identificar su extensión y, cuando sea posible, rastrear su origen.

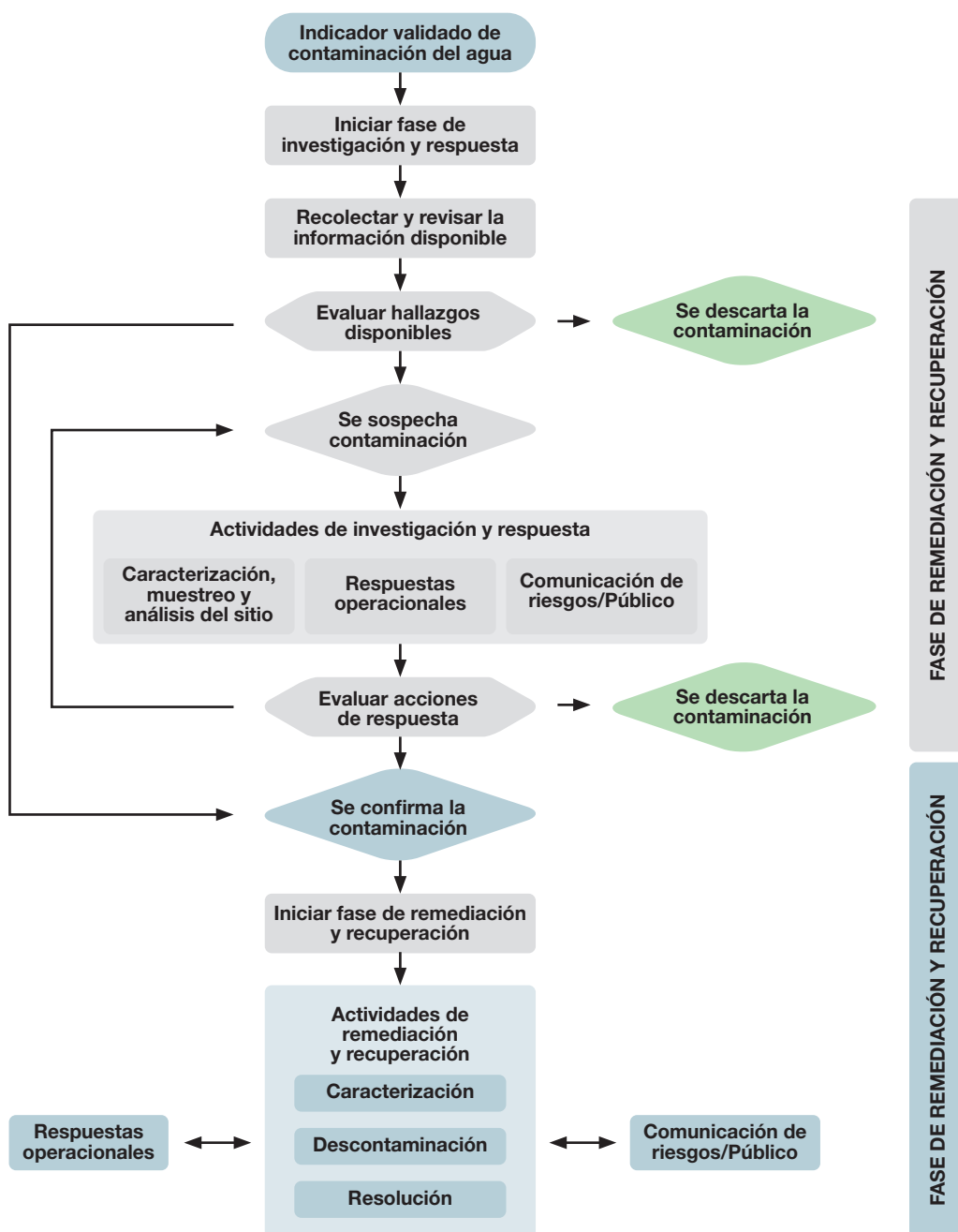
En paralelo, deben implementarse medidas correctoras inmediatas, que pueden incluir el lavado de redes, la aplicación de cloración de choque, la reparación de infraestructuras dañadas y la habilitación de fuentes alternativas seguras de abastecimiento. La eficacia de estas acciones debe verificarse mediante un nuevo ciclo de muestreo y análisis.

La reanudación del suministro de agua solo debe contemplarse cuando se haya demostrado, con base en resultados analíticos fiables, que el agua cumple los requisitos sanitarios establecidos por la normativa vigente. Finalmente, la comunicación con la población afectada debe mantenerse de forma clara y continua durante todo el proceso, informando sobre las medidas adoptadas, el estado del suministro y las precauciones recomendadas.

2.2. Árbol de decisión: Respuesta a incidentes de contaminación microbiológica

A continuación, se presentan dos modelos de árbol de decisión. El primero es un árbol de decisión ilustrado extraído del documento de la EPA (2018) *Guidance for Responding to Drinking Water Contamination Incidents*. El segundo es un modelo de texto estructurado, inspirado en el anterior, aunque modificado y adaptado a contextos de inundación. Ambos modelos pretenden ilustrar las distintas fases que deben contemplarse en cualquier respuesta a incidentes de contaminación microbiológica. Aunque los árboles pueden ser útiles en cualquier escenario, hemos adaptado las explicaciones a supuestos contextos de post-inundación.

Figura 1. Arbol de decisión descriptivo de la respuesta a un incidente de contaminación.



Fuente: Adaptado de EPA (United States Environmental Protection Agency). Guidance for Responding to Drinking Water Contamination Incidents. EPA 817-B-18-005. 2018

Figura 2. Árbol de decisión en formato de texto estructurado.

Árbol de decisión para incidentes de contaminación microbiológica en redes de agua potable tras inundaciones

- 1. ¿Existe sospecha de contaminación microbiológica del sistema de agua potable?**
 - 1.1. **No** → Continuar con vigilancia operacional y sanitaria.
 - 1.2. **Sí** → Pasar a paso 2.
- 2. ¿Existen indicios operativos, analíticos o epidemiológicos que refuercen la sospecha?**
 - 2.1. **No** → Reforzar monitoreo y evaluación en puntos críticos.
 - 2.2. **Sí** → Pasar a paso 3.
- 3. ¿Puede delimitarse el área potencialmente afectada?**
 - 3.1. **No** → Considerar cierre preventivo de la red completa o emitir aviso de no consumo.
 - 3.2. **Sí** → Aislar hidráulicamente el sector afectado y pasar a paso 4.
- 4. ¿Se ha interrumpido la distribución del agua en el área afectada?**
 - 4.1. **No** → Cerrar válvulas y detener suministro de inmediato.
 - 4.2. **Sí** → Pasar a paso 5.
- 5. ¿Se ha notificado a las autoridades sanitarias y activado el equipo técnico?**
 - 5.1. **No** → Notificar inmediatamente y constituir grupo de respuesta.
 - 5.2. **Sí** → Pasar a paso 6.
- 6. ¿Se han tomado muestras representativas para análisis microbiológicos y cloro residual?**
 - 6.1. **No** → Elaborar plan de muestreo urgente en puntos estratégicos.
 - 6.2. **Sí** → Pasar a paso 7.
- 7. ¿Los resultados confirman presencia de contaminación microbiológica?**
 - 7.1. **No** → Repetir muestreo y evaluar causas no infecciosas.
 - 7.2. **Sí** → Pasar a paso 8.
- 8. ¿Se ha identificado el origen probable de la contaminación?**
 - 8.1. **No** → Ampliar diagnóstico, inspeccionar infraestructuras, buscar conexiones cruzadas o entradas de aguas superficiales.
 - 8.2. **Sí** → Pasar a paso 9.
- 9. ¿Se han aplicado medidas correctoras (lavado, desinfección, reparaciones)?**
 - 9.1. **No** → Ejecutar intervenciones técnicas inmediatamente.
 - 9.2. **Sí** → Pasar a paso 10.
- 10. ¿El análisis post-correctivo indica que el agua es apta para el consumo humano?**
 - 10.1. **No** → Repetir desinfección y monitoreo hasta cumplir estándares.
 - 10.2. **Sí** → Pasar a paso 11.
- 11. ¿Se ha comunicado a la población la finalización del incidente y la seguridad del agua?**
 - 11.1. **No** → Emitir comunicado oficial con respaldo analítico.
 - 11.2. **Sí** → Finalizar protocolo y elaborar informe de cierre.

Fuente: elaboración propia

Estos árboles de decisión proporcionan una guía para la gestión de incidentes de contaminación microbiológica en redes de agua de consumo tras eventos de inundación. A través de una secuencia de preguntas clave y decisiones operativas, permiten orientar las acciones técnicas y sanitarias necesarias desde la sospecha inicial hasta la restitución segura del suministro. A continuación, se describe cada una de sus fases, incluyendo criterios de actuación, preguntas clave, consideraciones técnicas y ejemplos prácticos para facilitar su aplicación en situaciones reales.

Fase 1: Investigación y respuesta inicial

Puede originarse por alertas operativas (olor, turbidez, pérdida de presión), quejas ciudadanas, o por aparición de casos clínicos sospechosos (gastroenteritis, hepatitis A). Es crucial integrar la vigilancia sanitaria con los datos técnicos de la red. Las preguntas clave de esta fase son:

- ¿Existe sospecha de contaminación microbiológica tras la inundación?*
- ¿Existen indicios operativos, analíticos o epidemiológicos que refuercen la sospecha?*
- ¿Los resultados confirman presencia de contaminación microbiológica?*

Este es el punto de partida del árbol e implica una evaluación rápida de la situación. La evidencia puede ser directa (resultados preliminares de análisis microbiológicos, ingreso de agua turbia por fisuras) o indirecta (presión negativa en la red, reclamaciones de usuarios, o, en ocasiones, la simple presencia de aguas residuales cerca de tuberías de agua potable).

Ejemplo práctico 1:

Una ciudad costera de 80.000 habitantes fue afectada por un evento de lluvias intensas y desbordamiento parcial del río, lo que provocó la inundación de barrios bajos situados junto al estuario. En las primeras horas tras la inundación, los operadores de la empresa municipal de agua detectaron una caída significativa de presión en el circuito noreste, correspondiente a tres barrios cercanos al canal pluvial principal. Simultáneamente, vecinos de estos barrios reportaron a través de la línea de atención al usuario un fuerte olor en el agua y presencia de sedimentos oscuros al abrir los grifos. Además, el monitoreo de cloro residual en un punto intermedio de ese sector mostró valores de 0,05 mg/L (muy por debajo del mínimo aceptable de 0,2 mg/L), lo cual indicaba pérdida de capacidad desinfectante y posible ingreso de agua externa.

Aunque no se contaba aún con resultados de laboratorio, el equipo técnico del servicio determinó que existía evidencia suficiente de contaminación potencial microbiológica, dada la combinación de presión negativa, alteración de parámetros de calidad percibidos y pérdida de cloro. Se decidió activar el protocolo de emergencia preventiva.

Se tomaron de inmediato las siguientes medidas:

1. Se aisló el sector afectado mediante el cierre de válvulas en los tres nodos principales del circuito noreste.
2. Se emitió un aviso preventivo de “no consumo” del agua para los aproximadamente 8.000 residentes del área afectada, distribuido a través de radios locales, redes sociales y mensajes de texto SMS.
3. Se organizaron puntos de distribución de agua segura mediante camiones cisterna y agua embotellada.
4. Se tomaron muestras de agua en cinco puntos del sector para análisis microbiológicos de emergencia, y se realizó medición in situ de cloro, turbidez y conductividad.

Las muestras, analizadas en el laboratorio de salud pública provincial, confirmaron presencia de *Escherichia coli* en 4 de los 5 puntos muestreados (valores entre 20 y 95 UFC/100 mL) y coliformes totales >200 UFC/100 mL. La turbidez era superior a 2 NTU en todos los casos. Estos resultados ratificaron la contaminación fecal activa en la red, muy probablemente por ingreso de aguas pluviales o residuales durante el episodio de presión negativa.

Tras la confirmación, se mantuvo la restricción de consumo, se amplió la zona de aislamiento y se inició un procedimiento de cloración de choque por sectores, incluyendo monitoreo intensivo durante 10 días. Se detectaron también dos tapas de válvulas subterráneas mal selladas, con ingreso visible de sedimentos y materia orgánica, las cuales fueron reemplazadas y selladas adecuadamente.

Este caso ilustra cómo la presencia simultánea de señales indirectas (pérdida de presión, cambio organoléptico, bajo cloro) puede ser una alerta confiable de contaminación, incluso antes de contar con confirmación analítica. La decisión de actuar preventivamente permitió evitar un brote epidémico más amplio y facilitó la contención temprana del riesgo.

Cuando se activa el protocolo de emergencia, se debe constituir un equipo de respuesta con personal de salud pública, operadores de agua, epidemiología y laboratorios. Se definen responsabilidades y canales de comunicación. La composición del equipo depende de las circunstancias locales y de la experiencia previa en situaciones similares, pero, de manera general, debe incluir técnicos y personal sanitario.

Se aplican protocolos de muestreo dirigidos a detectar bacterias indicadoras (*E. coli*, coliformes totales, enterococos) y otros microorganismos (como virus y protozoos, dependiendo del contexto y si el análisis rápido es viable). Como parámetros fisicoquímicos puede determinarse el cloro residual libre y la turbidez. Se recomienda realizar al menos una muestra por cada sector sospechoso. La elección de los parámetros analíticos depende del contexto normativo y de la experiencia previa en la zona. Se inicia vigilancia epidemiológica activa de casos de gastroenteritis aguda.

A continuación, se dan otros ejemplos prácticos

Ejemplo práctico 2:

En una comunidad rural abastecida por una red pequeña, se detectaron niveles de *E. coli* >10 UFC/100 mL en dos puntos cercanos a una zona anegada. No hubo otros hallazgos de interés. Esta confirmación analítica implica, por sí misma, un riesgo inaceptable y deben activarse medidas inmediatas.

Ejemplo práctico 3:

En una ciudad, tras varios días de lluvias muy fuertes, el sector norte fue aislado tras recibir quejas de los vecinos que el agua les llegaba muy turbia. Los técnicos detectaron problemas de presión en dos ramales. Se cerraron los dos ramales afectados. Se desplegaron camiones cisterna en tres puntos estratégicos, y se emitió un boletín informativo por radio y TV y en redes sociales advirtiendo a los vecinos. Los análisis confirmaron contaminación fecal en muestras de ambos ramales.

En resumen, ante la confirmación del riesgo, es fundamental interrumpir el consumo humano del agua potencialmente contaminada. El aviso puede recomendar suspender completamente su uso para bebida y preparación de alimentos, consumir solo agua embotellada, utilizar cisternas o equipos móviles o hervir el agua. Paralelamente, se debe aislar el tramo afectado mediante válvulas de corte o cierre del sistema si no existen zonas de seccionamiento.

Fase 2: Remediación y recuperación del servicio

En esta fase, las preguntas clave son:

- ¿Se han tomado muestras representativas para análisis microbiológicos y cloro residual?*
- ¿Los resultados confirman presencia de contaminación microbiológica?*
- ¿Se ha identificado el origen probable de la contaminación?*
- ¿Se han aplicado medidas correctoras (lavado, desinfección, reparaciones)?*
- ¿El análisis post-correctivo indica que el agua es apta para el consumo humano?*

En el último ejemplo de la fase anterior, al ser un sistema urbano con buena sectorización, se aplicó cloración de choque en los dos ramales afectados, utilizando hipoclorito de sodio al 10 %. Se controlaron concentraciones en cuatro hidrantes y se purgó la red por 12 horas.

La cloración de choque es una medida correctiva eficaz si la red permite su aplicación. Requiere dosificar cloro a alta concentración durante un tiempo prolongado (usualmente 20-50 mg/L durante varias horas) y luego realizar un purgado del tramo. Esta operación debe realizarse de forma segura y controlada, evitando contacto humano con el agua tratada y midiendo la concentración en puntos de control.

Si la cloración no es posible o no se espera que sea eficaz, pueden emplearse otras medidas como el lavado intensivo de redes (purgado), el reemplazo de tramos de tubería, o el bypass con nuevas conexiones temporales. Estas acciones son más costosas y lentas, pero necesarias en casos graves.

La causa de la contaminación fue trazada a través de una válvula de alivio de aire en el interior de una arqueta que quedó inundada después de lluvias torrenciales intensas, contaminando la red de agua potable por aguas superficiales de escorrentía. Se decidió elevar la arqueta en cuestión 50 cm por encima del nivel del suelo y se protegió debidamente.

La restitución del servicio requiere resultados microbiológicos conformes a los límites legales (por ejemplo, ausencia de *E. coli* en 100 mL, según normativa nacional y OMS) y la recuperación del nivel de desinfección residual.

Después de la cloración, se deben tomar al menos dos muestras consecutivas con 24 horas de diferencia. La ausencia de *E. coli*, presencia de cloro residual adecuado y turbidez baja (<1 NTU) son condiciones mínimas para rehabilitar el sistema. Si los resultados son satisfactorios, se puede considerar el tramo seguro.

En este caso, tras cloración de choque, se tomaron muestras en tres puntos de ambos tramos afectados. Todos los resultados fueron negativos para coliformes y con cloro residual entre 0,3 y 1,0 mg/L. Se autorizó la reapertura del servicio. La rehabilitación debe comunicarse formalmente a la población, indicando que el agua es segura. Es buena práctica mantener un monitoreo diario durante al menos una semana para asegurar que no haya recontaminación.

Cuando los resultados post-intervención siguen mostrando contaminación, se debe repetir la desinfección o evaluar medidas más drásticas. Es fundamental no levantar restricciones hasta tener la certeza técnica de que el sistema es seguro. Este paso puede repetirse varias veces hasta alcanzar los estándares.

Ejemplo práctico 4:

Una ciudad de tamaño mediano sufrió una inundación súbita debido a lluvias intensas y el desborde del río urbano. El evento afectó especialmente a un barrio de la ciudad, caracterizado por una red de distribución antigua, compuesta en su mayoría por tuberías de acero galvanizado instaladas hace más de 40 años. Al día siguiente, el sistema de salud local comenzó a recibir consultas por diarreas agudas en niños. En respuesta, se activó el protocolo de emergencia. Las muestras tomadas en tres puntos de la red del sector afectado arrojaron presencia de *E. coli* (70, 35 y 90 UFC/100 mL, respectivamente) y coliformes totales >200 UFC/100 mL, lo que indicaba contaminación fecal significativa.

Se realizó una cloración de choque del tramo afectado (cerca de 1.000 metros), inyectando hipoclorito de sodio al 10 % hasta alcanzar 35 mg/L de cloro libre residual.

El cloro se mantuvo durante 8 horas, con purgas en tres hidrantes del sector. Luego se estabilizó el sistema y se tomaron nuevas muestras 24 horas después.

Los resultados del segundo análisis post-intervención mostraron una mejora parcial, pero aún inaceptable: dos de las tres muestras mostraron presencia de *E. coli* (8 y 5 UFC/100 mL) y valores de coliformes totales de hasta 40 UFC/100 mL. El cloro residual había descendido rápidamente en una zona periférica, lo que indicaba posible recontaminación o biofilm persistente.

Ante estos resultados, se amplió la intervención. Se incrementó la dosis de cloro a 50 mg/L y se extendió el tiempo de retención a 12 horas. Además, durante una inspección de campo, se detectó un empalme irregular entre una nave industrial y la red pública, que utilizaba una bomba de succión directa sin válvula de retención, localizada en una calle que había estado bajo agua. Este empalme fue desconectado inmediatamente. Se tomaron medidas sancionatorias conforme a la normativa municipal.

Tras esta segunda intervención, los análisis de control realizados en cinco puntos del tramo mostraron ausencia total de *E. coli* y coliformes totales, cloro residual estabilizado (0,4-0,6 mg/L), y turbidez <0,5 NTU. Se autorizó la rehabilitación del servicio y se mantuvo un monitoreo intensificado durante los siete días posteriores, sin detección de nuevos indicadores de contaminación.

Este caso evidencia cómo, incluso con una primera intervención técnicamente adecuada, la presencia de vulnerabilidades estructurales, como conexiones no autorizadas o ramales ciegos en la red inaccesibles a la desinfección, puede mantener el riesgo activo. La detección de estos factores y la persistencia en la aplicación de medidas correctivas y los nuevos análisis de verificación son claves para recuperar la seguridad sanitaria del sistema.

Bibliografía

1. US Environmental Protection Agency (EPA). Guidance for Responding to Drinking Water Contamination Incidents. EPA 817-B-18-005. 2018.
2. US Environmental Protection Agency (EPA). Flood resilience: A Basic Guide for Water and Wastewater Utilities. EPA 817-B-14-006. 2014.
3. World Health Organization (WHO). Rehabilitating Small-Scale Water Distribution Systems. Technical Note N°. 4. 2005.
4. Ireland Environmental Protection Agency. Restoring Public Water Supplies Affected by Flooding. Advice Note No. 6. 2009.
5. Ministerio de Sanidad. *Preguntas Frecuentes sobre Salud Pública tras Inundaciones*. 2024

ANEXO V

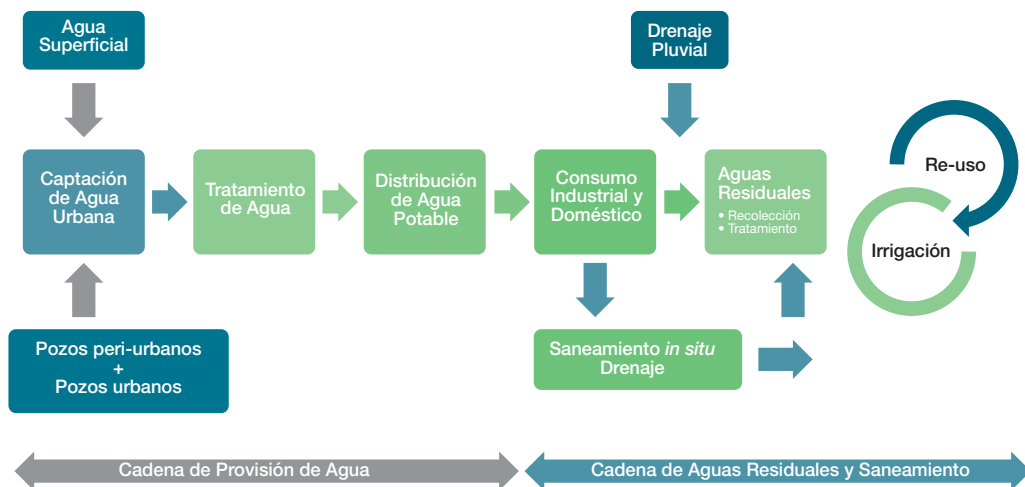
SISTEMA DE SANEAMIENTO

*José M^a Ordóñez Iriarte
Sebastián Crespi Rotger*

El Sistema de Saneamiento es el conjunto de infraestructuras (alcantarillado, colectores, estaciones de bombeo) destinadas a la recogida de aguas residuales y del agua de lluvia y su transporte a las estaciones depuradoras, desde donde son reutilizadas o vertidas a un cauce receptor, teniendo en cuenta las condiciones exigidas por las normas vigentes¹.

Si las aguas de lluvia que discurren por las calles y aceras de las ciudades (escorrentía pluvial) desembocan en el alcantarillado, se habla de sistema unitario; por su parte, estaremos ante un sistema separativo si usa dos redes independientes: una para las aguas residuales y otra para las aguas de lluvia. En ambos casos, las aguas residuales urbanas y pluviales son conducidas a las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR). Una vez depuradas, estas aguas son vertidas, previa autorización, a la masa de agua receptora².

El sistema de saneamiento no necesariamente da cobertura a toda la población; a veces, en determinados núcleos o casas más aisladas o alejadas, comunidades y otros sistemas descentralizados, como es el caso de algunas industrias y hoteles de zonas rurales o periurbanas siguen existiendo **fosas sépticas**, que se verían muy perjudicadas con este tipo de inundaciones. Por ello, es un elemento para considerar en la evaluación del riesgo para la **salud pública** derivado de las aguas residuales.



Fuente: iAQUA

Por su parte, las aguas residuales industriales pueden converger también en el sistema de saneamiento, siempre que cumplan con las especificaciones concretas en lo relativo a la composición y concentración de las sustancias químicas que contienen.

En una situación de inundaciones como la que se vivió en Valencia con el paso de la depresión aislada en niveles altos (DANA), ocurrida en octubre de 2024, es muy probable que el sistema de saneamiento quede colapsado.

El alto nivel de impermeabilización y el sistema de drenaje habitual de las ciudades aumentan la probabilidad de inundación. Cuando se producen lluvias intensas, el agua discurre rápidamente por el pavimento impermeable y por los sistemas estancos de transporte, llegando a colapsar la red general de saneamiento y provocando la acumulación del agua de lluvia en la superficie³.

El grado de urbanización y de impermeabilización del suelo está directamente relacionado con la capacidad de infiltración y el aumento de la escorrentía urbana. En las superficies muy urbanizadas de las ciudades, la escorrentía es significativamente mayor que en las zonas rurales poco edificadas³.

Las propias aguas de escorrentía, dada la velocidad con la que circulan, podrían arrastrar bancos, árboles, vehículos, lodos, basura y todo lo que vayan encontrado a su paso, contribuyendo al colapso y desbordamiento del sistema de saneamiento en episodios de lluvia (VDSS) que son definidos como “los vertidos no tratados al dominio público hidráulico en episodios de lluvia que proceden de los sistemas de saneamiento, unitario o separativo pluvial”⁴.

De ello se deriva una zona amplia que quedará contaminada (sótanos de viviendas, centros sanitarios, espacios públicos, etc.), por residuos orgánicos, químicos (en algunas circunstancias radiactivos) y la inutilización del sistema de saneamiento y de las EDAR. Los riesgos para la salud son especialmente graves para las poblaciones vulnerables, incluidos los niños menores de 5 años, los adultos mayores de 65 años y las personas con enfermedades crónicas. Tampoco debe olvidarse que algunos microorganismos patógenos pueden ser resistentes a los desinfectantes o poseer propiedades de resistencia antimicrobiana, lo que supone riesgos para la salud más graves^{5,6}.

Estas zonas inundadas con aguas residuales crudas o parcialmente tratadas pueden atraer animales domésticos, alimañas y plagas, lo que puede crear un ambiente desagradable (olor y vista), pero también podrían ser uno de los riesgos para la salud pública.

Según datos del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, más de 100 EDAR están sometidas al riesgo de inundaciones en un periodo de retorno de 10 años⁷.

Ante el colapso por inundación del sistema de saneamiento, desde el punto de vista de la salud pública convendría considerar los siguientes aspectos:

1. Obstrucción del inodoro de las viviendas⁸.

Existen varias opciones al respecto. Desde utilizar las instalaciones de familiares, amigos y vecinos no afectados, hasta poner a disposición del público afectado los baños públicos, centros comerciales, tiendas locales y hoteles.

También, instalar retretes portátiles en las zonas en cantidad suficiente para satisfacer las demandas de la población afectada.

En su zona, se pueden conseguir productos portátiles en bolsas (por ejemplo, “bolsas de alivio breve”, “bolsas para orinar”) diseñados para desechos sólidos y orina. Una vez utilizados según las instrucciones del fabricante, los desechos deben colocarse dentro de otra bolsa, como una bolsa de basura, y desecharse de la manera habitual³.

2. Gestión de los lodos

La mejor opción es recoger los lodos y depositarlos en terrenos impermeables. Los lodos son muy densos y al acumularlos, se irán compactando por gravedad, favorecerán la salida de lixiviados y se irán secando. A continuación, y al ser su composición fundamentalmente materia orgánica, entrarán en procesos anaeróbicos para su estabilización (mineralización).

Desde salud pública, interesan, al menos, dos aspectos: los lixiviados y los olores derivados del proceso anaeróbico.

Los lixiviados pueden contener una alta carga de compuestos químicos derivados del arrastre del agua y los lodos a través de terrenos contaminados, de empresas que fabrican y almacenan sustancias y mezclas químicas; además de tener una alta Demanda Química de Oxígeno (DQO); por ello, procedería su recogida y gestión adecuada. Por su parte, para evitar los olores, habría que tener en cuenta la localización del vertedero donde gestionar temporalmente esos lodos.

Una vez estabilizados los lodos, convendría estudiar su posible reutilización como abono del campo agrícola, pero hay que pensar que, si los lixiviados contienen contaminantes químicos, los lodos los pueden contener en concentraciones mayores.

Para ello, se podría tener en cuenta, como marco de referencia, el vigente marco normativo de reutilización del lodo de las depuradoras de aguas residuales urbanas con fines agrícolas, que considera la concentración de metales (cadmio, cobre, níquel, plomo, zinc, mercurio y cromo), parámetros agronómicos (materia seca, materia orgánica, pH, C/N, ...) y parámetros microbiológicos: *E. coli* y *Salmonella*.

3. Reactivación del SIS y de la EDAR⁹.

Desde las empresas de abastecimiento y saneamiento se abordará con la mayor rapidez posible la limpieza y operatividad de los sistemas de abastecimiento y los de saneamiento colectivos. Ello implica poner de nuevo en funcionamiento la EDAR afectada.

Por su parte, si existen fosas sépticas, y han quedado inundadas, la primera medida es no utilizarlas y evitar el contacto con cualquier agua estancada que pueda contener aguas residuales.

En el caso de que las fosas sépticas sean de hoteles, industria alimentaria, pequeñas comunidades de vecinos, etc., sería conveniente que dispusiesen de un plan de contingencia, con protocolos establecidos de respuesta inmediata y de recuperación y reinicio, además de tener prevista la disponibilidad de tanques móviles de almacenamiento provisional de las aguas residuales.

Para suplir estas deficiencias, valorar la posibilidad de contratar, tanto los servicios de baños portátiles temporales, como dichos tanques móviles de almacenamiento provisional.

Posteriormente, se recomienda contratar a una empresa para que los gestione y retire su contenido periódicamente hasta que el terreno deje de estar inundado y la fosa séptica vuelva a estar operativa.

4. Coordinación

Resulta fundamental la coordinación interinstitucional, necesaria para una respuesta efectiva post-inundación (salud, medio ambiente, obras públicas, ...), en este caso para abordar todo lo relacionado con las aguas residuales. Merece la pena insistir en la necesidad de disponer en los planes de contingencia y de indicadores de desempeño o recuperación, que permitan un seguimiento de la efectividad de las medidas remediadoras implantadas.

Prevención

Desde el punto de vista de la prevención primaria se recomienda la implementación de las medidas contenidas en las Guías de adaptación al riesgo de inundación: sistemas urbanos de drenaje sostenible⁸. Se trata de una guía descriptiva de las posibles medidas a adoptar para conseguir una mejor gestión de las aguas pluviales de las ciudades, atendiendo a la climatología y entorno del lugar. Se centra en la **prevención** de las inundaciones en zonas urbanas mediante el uso de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS).

Bibliografía

1. Canal de Isabel II. El ciclo integral del agua. (Citado el 17 de noviembre). Disponible en: https://www.canaldeisabelsegunda.es/estatico/ciclodelagua/pdf/Canal_Ciclo_del_Agua.pdf
2. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Sistemas de saneamiento y depuración. (citado el 17 de noviembre). Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/saneamiento-depuracion/sistemas.html>
3. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Guías de adaptación al riesgo de inundación: Sistemas urbanos de drenaje sostenible (2019). (citado el 17 de noviembre). Disponible en: https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/temas/concesiones-y-autorizaciones/guia-adaptacion-riesgo-inundacion-sistemas-urbano-drenaje-sostenible_tcm30-503726.pdf
4. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Vertidos por desbordamientos de los Sistemas de Saneamiento en episodios de lluvia. (citado el 17 de noviembre). Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/concesiones-y-autorizaciones/vertidos-de-aguas-residuales/vertido-desbordamiento-sistema-saneamiento-dss.html>
5. Farhan A, Xiuquan W, Muhammad Qasim M, O’Keeffe J. Assessing human health risks associated with wastewater flooding. *Environ. Impact Assess*, 2025; 115, 108031.
6. Wu Y., Wen B., Gasevic D., Patz J.A., Haines A., Ebi J.L., *et al.* Climate Change, Floods, and Human Health. *N Engl J Med* 2024;391:1949-1958.
7. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Resumen ejecutivo de la caracterización de la peligrosidad y riesgo por inundación fluvial en los PGRI de 2º ciclo en las cuencas intercomunitarias (2022-2027). (citado el 17 de noviembre). Disponible en: https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion/mejoras-estimacion-riesgo-2-ciclo-def-formato-2021_tcm30-527811.pdf
8. UK Health Security Agency. Guidance How to recover from flooding. Updated 19 December 2023. (citado el 17 de noviembre). Disponible en: <https://www.gov.uk/government/publications/flooding-and-health-advice-for-frontline-responders/how-to-recover-from-flooding>
9. Ministerio para la Transición Ecológica. Guías de adaptación al riesgo de inundación: sistemas urbanos de drenaje sostenible. (citado el 17 de noviembre). Disponible en: https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/agua/temas/concesiones-y-autorizaciones/guia-adaptacion-riesgo-inundacion-sistemas-urbano-drenaje-sostenible_tcm30-533204.pdf

www.salud-ambiental.com



www.salud-ambiental.com