



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO DE TRANSPORTES,  
MOVILIDAD Y AGENDA URBANA

MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

CONFEDERACIÓN  
HIDROGRÁFICA  
DEL JÚCAR, O. A.

**CEDEX**  
CENTRO DE ESTUDIOS  
Y EXPERIMENTACIÓN  
DE OBRAS PÚBLICAS

# METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE RIESGOS PARA LA SALUD EN LOS PLANES DE GESTIÓN DEL RIESGO DEL AGUA REGENERADA

## 1 INTRODUCCIÓN

El riesgo ligado a un determinado suceso peligroso es el resultado de combinar la probabilidad de que una situación segura se altere y la gravedad de los efectos que generen dicha alteración.

$$\text{Riesgo} = \text{probabilidad} \times \text{gravedad}$$

Para facilitar la determinación de la probabilidad de alteración de las condiciones seguras y de la gravedad sanitaria se han diseñado unas metodologías de apoyo, las cuales se muestran en los siguientes apartados. Para la elaboración de esta propuesta se han revisado diferentes recomendaciones y aproximaciones (APA, 2019; FAO and WHO, 2019; UNE-ISO 16075-1, 2023; NRMCC-EPHC-AHMC, 2006; OMS, 2016, 2009; Ricci et al., 2017) así como el Reglamento Delegado 2024/1765 de la Comisión de 11 de marzo de 2024 por el que se completa el Reglamento (UE) 2020/741 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta a las especificaciones técnicas de los elementos clave de la gestión del riesgo, las Directrices para apoyar la aplicación del Reglamento 2020/741 relativo a los requisitos mínimos para la reutilización del agua, la guía técnica de Gestión del riesgo del agua regenerada para sistemas de riego agrícola en Europa de la JRC y la metodología aplicada por el Ministerio de Sanidad en su herramienta de gestión de los Planes Sanitarios del Agua en el ámbito de las aguas potables.

En el presente documento, además de estas propuestas metodológicas para evaluación de probabilidad, gravedad y riesgo, se plantean una serie de reflexiones sobre las medidas a implantar.

## 2 PROBABILIDAD

La probabilidad de afección de un sistema sería una medida del tiempo que se pudieran ver alteradas las condiciones dentro de un plazo determinado.

En un sistema de reutilización del agua, esta probabilidad podría derivarse de una combinación de la probabilidad de que el agente peligroso (p.ej. E. coli) esté presente en las aguas regeneradas como resultado de un suceso peligroso (p.ej. vertido accidental o fallo de un tratamiento) y de la probabilidad de exposición humana a las aguas regeneradas (por ejemplo, a través de la ingestión).

La probabilidad dependerá entonces de tres probabilidades distintas, que se pueden limitar o reducir con diferentes medidas:

CONFEDERACIÓN  
HIDROGRÁFICA  
DEL JÚCAR, O.A.

AV. BLASCO IBÁÑEZ, 48  
46010 VALENCIA  
TEL: 96 393 88 00

[www.chi.es](http://www.chi.es)

<https://sede.miteco.gob.es/>

CENTRO  
DE ESTUDIOS  
HIDROGRÁFICOS

PASEO BAJO DE LA VIRGEN DEL  
PUERTO, 3  
28005 MADRID  
TEL.: 91 335 79 00  
FAX: 91 335 79 22



ES09/6695



**Probabilidad de que el propio suceso peligroso tenga lugar.** Si no tiene lugar el suceso, no habrá riesgo.

- Esta probabilidad se puede medir revisando y evaluando los datos históricos disponibles como:
  - o El número de horas al año en el que el suceso podría afectar y generar un riesgo.
  - o O bien en el periodo de reutilización, si es un suceso ligado exclusivamente al funcionamiento de la reutilización, en horas del periodo en el que se reutiliza o incluso en horas dentro del periodo del día en que se puede producir el contacto con el grupo de exposición.
- Como procedimiento de simplificación del análisis y que estaría dentro de la seguridad, se propone que cualquier alteración que se produzca se mida en días, independientemente de la duración media de la alteración de las condiciones que genere el suceso, lo cual muchas veces va a ser difícil de cuantificar.
- Para algunos tipos de sucesos las medidas pueden ir enfocadas a evitar o reducir la probabilidad del mismo. Por ejemplo, puede realizarse una mejora en el cerramiento y vigilancia de las instalaciones de tratamiento para evitar el vandalismo y el robo de equipos que pueda afectar al proceso.

**Probabilidad de que el suceso produzca un deterioro de las condiciones seguras.** Aunque se produzca un suceso, puede que no siempre conlleve un deterioro de las condiciones (p.ej. un aumento de la concentración de un agente peligroso) porque existen medidas preventivas que evitan que llegue a pasar. Por tanto, es necesario evaluar la probabilidad de que, por la configuración del sistema y su funcionamiento, se alteren las condiciones con consecuencias (que el agente peligroso, si fuera introducido por el suceso peligroso, pueda estar presente en el agua regenerada en una concentración que suponga un aumento de la gravedad).

- Se puede medir en función del número de veces que se han alterado las condiciones cuando el suceso se produce.
- Cuando se dispone de analíticas asociadas a un suceso peligroso, puede valorarse a partir de las mismas, porque se evidencia de manera directa cuándo un suceso ha supuesto un deterioro en las condiciones.
- La mayor parte de las medidas preventivas van orientadas a limitar esta probabilidad. Es decir, a evitar o paliar las consecuencias de determinados sucesos peligrosos.

**Probabilidad de exposición de un grupo de exposición al agente.** Aunque el evento se produce y se libere agente peligroso, si no hay posibilidad de exposición, no hay riesgo.

- En ausencia de barreras, para los casos en que se superen los límites establecidos para el regadío, se considera que la probabilidad es del 100% en el momento que se afecta a las aguas de riego.
- En otros grupos de exposición se deberá valorar. Por ejemplo, si se produce el baño tres días al año y el suceso se produce dos días, la probabilidad de que coincidan será muy baja.
- Algunas medidas irán también encaminadas a limitar o reducir la exposición. Por ejemplo, cerrando las instalaciones al paso de transeúntes o poniendo carteles advirtiendo que está prohibido el baño.

Estas probabilidades se valoran por separado y la probabilidad final de si un suceso peligroso concreto va a suponer un peligro, debido al aumento de la exposición del grupo a un agente peligroso en el agua regenerada, vendrá determinada por la raíz cubica del producto de las tres.

En resumen, no se evalúa solo la cantidad de veces que un determinado suceso tiene lugar (p.ej. 10 veces al año la caída de un rayo) sino la probabilidad final de que, considerando además las particularidades del sistema, este suceso altere las condiciones del agua (aparezca un agente peligroso en mayor concentración en el agua) y la persona esté expuesta a él.

$$P_f = \sqrt[3]{P_{os} * P_{pres} * P_{exp}}$$

Donde:

- $P_f$ : Probabilidad final.
- $P_{os}$ : Probabilidad de ocurrencia del suceso (Tabla 1).
- $P_{pres}$ : Probabilidad de presencia del agente (deterioro de la situación) (Figura 1).
- $P_{exp}$ : Probabilidad de exposición a la situación deteriorada (Tabla 3).

Es necesario aclarar que esta fórmula no responde a un procedimiento matemático estadístico de combinación de probabilidades, sino que se trata de una propuesta de indicador para clasificar la probabilidad, en el sentido amplio del concepto, dentro de un enfoque semicuantitativo.

Cuando existan analíticas de los parámetros exigidos en calidad del agua continuas que permitan evaluar las afecciones generadas por los sucesos, podrán emplearse para valorar conjuntamente las dos primeras probabilidades, tal y como se explica en el apartado relativo a la Probabilidad de presencia del agente peligroso en el agua regenerada.

En estos casos se asignará el mismo valor a la probabilidad resultado de las analíticas (Tabla 2) y la probabilidad de exposición (Tabla 3).

A continuación, se plantean las metodologías para valorar las probabilidades citadas. Se considera que pueden ser herramientas útiles para guiar dentro del PGRAR en la valoración de la probabilidad.

## 2.1 Probabilidad de ocurrencia del suceso

La probabilidad de que un suceso peligroso tenga lugar, apoyándose en la revisión de datos históricos, se valora según la Tabla 1.

*Tabla 1. Probabilidad de ocurrencia de un suceso peligroso en el año o periodo de funcionamiento del sistema.*

| Denominación          | Descripción   | Puntuación |
|-----------------------|---|------------|
| <b>Muy improbable</b> | El suceso peligroso ha ocurrido o podría ocurrir una vez cada 5 años.     | 1          |
| <b>Improbable</b>     | El suceso ha ocurrido o podría ocurrir una vez cada 2 años.               | 2          |
| <b>Posible</b>        | El suceso peligroso ha ocurrido o podría ocurrir una vez al año           | 3          |
| <b>Probable</b>       | El suceso peligroso ha ocurrido o podría ocurrir entre 2 y 4 veces al año | 4          |
| <b>Casi seguro</b>    | El suceso peligroso ha ocurrido o podría ocurrir más de 4 veces al año    | 5          |

Se deberá tener en cuenta la temporalidad del sistema de reutilización, es decir, por ejemplo, si caen 4 rayos al año de forma indeterminada, pero el periodo de riego es de seis meses, la probabilidad de caída de rayos se ve reducida a 2 rayos en el periodo de funcionamiento del sistema.

En los nuevos sistemas de reutilización, en los que se desconocen las probabilidades de los diferentes sucesos, quizás sea necesario tomar como referencia los datos de plantas cercanas con esquemas similares.

Es importante que se vayan registrando en el plan de gestión del riesgo del agua regenerada los sucesos peligrosos que se presentan, para tener un registro histórico y poder determinar las frecuencias de ocurrencia, con el objetivo de ir actualizando dicho plan.

## 2.2 Probabilidad de presencia del agente peligroso en el agua regenerada

Para valorar la probabilidad de presencia del agente peligroso, se puede recurrir al análisis de evidencias o del sistema, determinándose la probabilidad conforme a la Figura 1.

### 2.2.1 Análisis de evidencias

Cuando se dispone de analíticas que se puedan ligar a los efectos de un determinado suceso peligroso, se podrá emplear la escala de la Tabla 2, y aplicar ese mismo valor tanto la ocurrencia del suceso, como la presencia del agente peligroso. Es decir, se conoce por datos de muestreo cuándo está presente el agente peligroso debido a la ocurrencia de un suceso.

Tabla 2. Probabilidad según análisis de evidencias

| Denominación          | Descripción  | Puntuación |
|-----------------------|--|------------|
| <b>Muy improbable</b> | El porcentaje de cumplimiento en las veces que se produce el suceso está entre el 90 y el 100 %. | 1          |
| <b>Improbable</b>     | El porcentaje de cumplimiento en las veces que se produce el suceso está entre el 70 y el 90 %.  | 2          |
| <b>Posible</b>        | El porcentaje de cumplimiento en las veces que se produce el suceso está entre el 50 y el 70 %.  | 3          |
| <b>Probable</b>       | El porcentaje de cumplimiento en las veces que se produce el suceso está entre el 25 y el 50 %.  | 4          |
| <b>Casi seguro</b>    | El porcentaje de cumplimiento en las veces que se produce el suceso está entre el 0 y el 25 %.   | 5          |

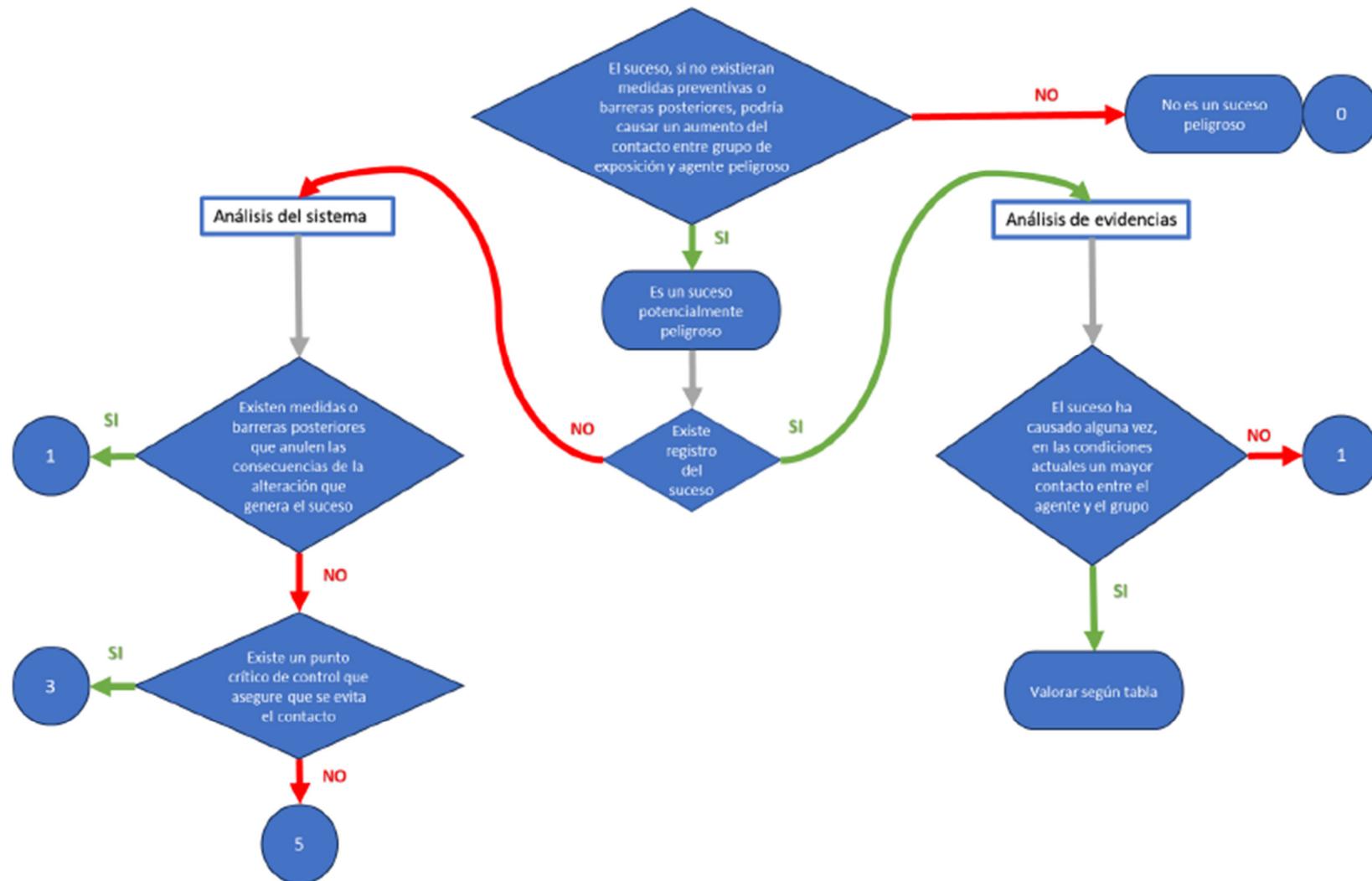
### 2.2.2 Análisis del sistema

Cuando no se cuente con esta información debe deducirse por procedimiento experto y/o experiencia en otras instalaciones.

En este contexto es necesario valorar la presencia de tratamientos o barreras posteriores que puedan eliminar el agente peligroso y la existencia de medidas de control encaminadas a reducir su presencia. Se ha considerado oportuno tener en cuenta estos factores porque son los que determinarán cómo de probable será que finalmente en el agua haya agentes peligrosos por encima de los valores seguros y que en consecuencia puedan suponer un riesgo real para la salud humana.

Para intentar objetivar y facilitar la aplicación de estos criterios, se ha elaborado el árbol de decisión para determinar el valor asociado a la probabilidad de alteración de las condiciones seguras ligadas a un determinado suceso peligroso, que se muestra en la Figura 1. En ella se reflejan la situación con probabilidad asociada muy improbable (1), posible (3) y casi seguro (5), que constituyen los extremos y el centro de la escala. Se podrán asignar también valores intermedios (improbable – 2 / probable -4) según juicio de expertos.

Figura 1. Árbol de decisión para determinar si debe evaluarse el suceso como peligrosos y la probabilidad asociada a la presencia del agente peligroso



### 2.3 Probabilidad de exposición al agente peligroso

La probabilidad de exposición al agente peligroso dependerá de las circunstancias concretas en las que se realice el contacto entre las aguas con el agente y el grupo de exposición. La probabilidad se recoge en la Tabla 3. En ella se reflejan la situación con probabilidad asociada muy improbable (1), posible (3) y casi seguro (5), que constituyen los extremos y el centro de la escala. Se podrán asignar también valores intermedios (improbable – 2 / probable -4) según juicio de expertos y pudiendo servir de guía las condiciones definidas en la Tabla 4, en función del grupo de exposición que se esté evaluando.

*Tabla 3. Probabilidad de exposición al agente peligroso.*

| <b>Probabilidad de exposición</b>      | <b>Probabilidad</b> |
|--|---------------------|
| Es mínima la posibilidad de exposición | 1                   |
| Puede que exista exposición            | 3                   |
| Es casi seguro que existe exposición   | 5                   |

*Tabla 4. Situaciones asociadas a los extremos de la escala de probabilidad de exposición.*

| <b>GRUPO EXPOSICIÓN</b>            | <b>Es mínima la posibilidad de exposición (1)</b>  | <b>Es casi seguro que exista exposición (5)</b>   |
|------------------------------------|--|---|
| <b>Trabajadores ERA/EDAR</b>       | Trabajador con formación.<br>Existencia de plan de explotación en la EDAR.<br>Etapa afectada por el evento tapada o aislada.   | Trabajador sin formación.<br>Inexistencia de plan de explotación en la EDAR.<br>Condiciones de la etapa afectada por el evento que facilitan la exposición.   |
| <b>Trabajadores distribución</b>   | Trabajador con formación.<br>Conocimiento de la procedencia del agua regenerada.<br>Existencia de plan de explotación en la distribución.<br>Distribución por tubería cerrada.           | Trabajador sin formación.<br>Desconocimiento de la procedencia del agua regenerada.<br>Inexistencia de plan de explotación en la distribución.<br>Distribución por canales abiertos.                            |
| <b>Trabajadores almacenamiento</b> | Trabajador con formación.<br>Conocimiento de la procedencia del agua regenerada.<br>Existencia de plan de explotación en el almacenamiento.<br>Almacenamiento aislado mediante cubierta. | Trabajador sin formación.<br>Desconocimiento de la procedencia del agua regenerada.<br>Inexistencia de plan de explotación en el almacenamiento.<br>Condiciones del almacenamiento que facilitan la exposición. |
| <b>Agricultores</b>                | Agricultores con formación.<br>Prácticas de cultivo y métodos de riego que no pongan en contacto al agricultor con el agua regenerada.   | Agricultores sin formación.<br>Prácticas de cultivo y métodos de riego que pongan en contacto al agricultor con el agua regenerada.   |



| <b>GRUPO EXPOSICIÓN</b> | <b>Es mínima la posibilidad de exposición (1)</b>   | <b>Es casi seguro que exista exposición (5)</b>   |
|-------------------------|---|---|
| <b>Comunidad local</b>  | Vallado o control de acceso<br>Ubicación alejada de los núcleos de población, de difícil acceso.<br>e inexistencia de rutas, senderos o vías ciclistas.<br>Conocimiento de la procedencia del agua regenerada.<br>Existencia de cartelería. | Sin vallado ni control de acceso<br>Ubicación cercana de los núcleos de población, de fácil acceso.<br>y existencia de rutas, senderos o vías ciclistas.<br>Desconocimiento de la procedencia del agua regenerada.<br>Inexistencia de cartelería. |
| <b>Consumidor</b>       | No se supera ninguno de los límites establecidos para el regadío  | Salvo justificación de lo contrario, en el caso de la superación de los límites establecidos para el regadío, se considera que la probabilidad es del 100% en el momento que se afecta a las aguas de riego                                       |

### 3 GRAVEDAD

La gravedad está relacionada con el posible efecto adverso sobre las personas del agente peligroso asociado al suceso peligroso. Dicho efecto dependerá a su vez de la dosis y de cómo entre en contacto con el grupo de exposición, es decir, de la vía de exposición. La dosis depende de la concentración del agente peligroso y del tiempo de exposición.

La valoración de la gravedad se expresará matemáticamente basándose en la presencia o concentración del agente y se puede minimizar o mantener mediante un factor relacionado con la gravedad asociada a la vía de exposición.

$$G_f = G_{ap} \cdot \frac{F_{vexp}}{3}$$

Donde:

- $G_f$ : Gravedad final.
- $G_{ap}$ : Gravedad asociada al agente peligroso (Tabla 5 y Tabla 6 para E. coli).
- $F_{vexp}$ : Factor de la gravedad asociado a la vía de exposición (Tabla 9).

Cuando se evalúa la gravedad para el propio cultivo, esto es, indirectamente para el consumo humano o animal, si existe incumplimiento con la calidad requerida según el Reglamento o determinados por las autoridades sanitarias en el propio PGRAR, se considerará la máxima gravedad final dentro de la escala definida, ya que dichos valores han sido determinados para protección de la salud. Por tanto, cualquier incumplimiento en este sentido se considerará grave.

El reglamento es claro al respecto y determina límites en función del tipo de cultivo y del método de riego. Sin embargo, para evaluar el resto de los riesgos estos límites deberán ser establecidos, planteándose a continuación metodologías para valorar las gravedades citadas. Se considera que



pueden ser herramientas útiles para guiar a la persona responsable de elaborar el PGRAR en la valoración de la gravedad.

### 3.1 Gravedad asociada al agente peligroso

La escala de gravedad puede determinarse considerando la presencia en el agua regenerada del agente peligroso o un organismo indicador, por sus potenciales efectos. Dicha escala se recoge en la Tabla 5 y es una adaptación del cuadro 3.3 de las Directrices de la CE, que, a su vez, se basa en las normas ISO 20426:2018 y la OMS, 2016.

Tabla 5. Gravedad asociada al agente peligroso

| Gravedad                   | Descripción   |
|----------------------------|---|
| <b>1 – Insignificantes</b> | Agente peligroso que produce efectos nulos o insignificantes para la salud <sup>1</sup> en comparación con los niveles de fondo.            |
| <b>2 – Leves</b>           | Agente peligroso que podría tener efectos secundarios leves para la salud <sup>2</sup> .  |
| <b>4 – Moderadas</b>       | Agente peligroso que puede tener efectos autolimitados para la salud o causar enfermedades de poca importancia <sup>3</sup> .               |
| <b>8 – Graves</b>          | Agente peligroso que podría causar enfermedades o lesiones <sup>4</sup> .   |
| <b>16 – Catastróficas</b>  | Agente peligroso que podría dar lugar a una <b>enfermedad o lesión graves</b> <sup>5</sup> o incluso a la <b>pérdida de vidas humanas</b> . |

Este razonamiento es el que se ha llevado a cabo en las fichas de los planes sanitarios del agua en el ámbito de las aguas potables, donde se asigna una determinada gravedad para cada parámetro microbiológico, por sus características intrínsecas y, por tanto, su potencial efecto sobre la sanidad.

Considerando los patógenos habituales del agua residual, de manera general y si la autoridad sanitaria no manifestara lo contrario, en la escala de gravedad de la Tabla 5 no sería de aplicación la categoría catastrófica a los sistemas de reutilización de agua.

El incumplimiento de los parámetros sanitarios impuestos por el Reglamento europeo en el PGRAR se considerará graves (8) en la escala definida.

<sup>1</sup> Efectos nulos o insignificantes para la salud: no se observan efectos sobre la salud.

<sup>2</sup> Efectos secundarios leves para la salud: por ejemplo, síntomas temporales como irritación, náuseas y dolor de cabeza.

<sup>3</sup> Efectos autolimitados para la salud o enfermedades de poca importancia: por ejemplo, diarrea aguda, vómitos, infección de las vías respiratorias superiores, traumatismo leve.

<sup>4</sup> Enfermedad o lesión: por ejemplo, malaria, esquistosomiasis, trematodiasis de transmisión alimentaria, diarrea crónica, problemas respiratorios crónicos, trastornos neurológicos o fractura ósea.

<sup>5</sup> Enfermedad o lesión graves: por ejemplo, intoxicación grave, pérdida de extremidades, quemaduras graves, ahogamiento.



No obstante, en caso de que se dispongan de datos, se aplicará el coeficiente de la tabla 6 en función de la concentración de ecoli correspondiente al percentil 90 de los últimos 5 años o del periodo que se considere representativo.

Asimismo, podrá tenerse en cuenta la reducción de unidades logarítmicas correspondientes si hay barreras implantadas entre el punto de muestreo y el consumidor final.

Podrán también justificarse otros casos particulares de cada sistema, debidamente acreditados.

Cuando se utilice el E. coli como indicador, dado que existe una amplia experiencia respecto a sus efectos en función de su concentración, para la evaluación del riesgo se podría utilizar de manera orientativa la escala de gravedad de la Tabla 6.

Tabla 6. Gravedad asociada al E.coli<sup>6</sup>

| Gravedad                  | Concentración prevista de E. coli   |
|---------------------------|-------------------------------------|
| <b>1 – Insignificante</b> | ≤100 UFC/100 ml                     |
| <b>2 – Leve</b>           | >100 y ≤1000 UFC/100 ml             |
| <b>4 – Moderada</b>       | >1000 y ≤10 <sup>5</sup> UFC/100 ml |
| <b>8 – Grave</b>          | >10 <sup>5</sup> UFC/100 ml         |

Nota: Estos valores tendrían que ser validados por la autoridad sanitaria.

En ausencia de datos, partiendo de la concentración de E. coli en la entrada del agua bruta de la depuradora, para estimar la concentración prevista de E. coli en las circunstancias concretas de evaluación de la gravedad, se podrán considerar las siguientes tablas de tratamientos (Tabla 7), traducida de la guía de Portugal, y de otras barreras (Tabla 8), procedente de la guía de la CE y basada a su vez en la ISO 16075:2020.

<sup>6</sup> Para proponer esos valores, se ha tenido en consideración:

- Nota de la Comisión sobre la Guía para combatir los riesgos microbiológicos en frutas y hortalizas frescas en la producción primaria mediante una buena higiene (2017/C 163/01): Establece en 100 UFC/100ml de E.coli el límite de indicador de contaminación fecal para frutas y hortalizas frescas que se consumen sin cocinar y que la parte comestible ha tenido contacto directo con el agua de riego.
- 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: En su anexo I. C Parámetros indicadores de calidad, exige 0 UFC o NMP / 100 ml para bacterias coliformes. Sin embargo, anota "Si supera este valor, significará que no ha habido una buena desinfección o que ha existido una recontaminación, por lo que se deberán poner medidas correctoras. El valor de no aptitud será 100 UFC/100 ml".
- Real Decreto 1341/2007, de 11 de octubre, sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño. Las aguas de baño continentales se consideran aptas con 900-1000 ufc/100 ml de E. coli.
- Además, en la valoración se ha considerado que no se trataría de una ingesta permanente sino puntual, al tener lugar sólo durante la ocurrencia del suceso peligroso en su caso.



Tabla 7. Concentración prevista de *E. coli* en función del tipo de tratamiento previo indicativo.

| Tipo tratamiento previo indicativo         | Concentración prevista de <i>E. coli</i> |
|--|--|
| Avanzado + post-cloración                  | $\leq 10$ UFC/100 ml                     |
| Secundario + desinfección + post-cloración | $> 10$ y $\leq 10^2$ UFC/100 ml          |
| Avanzado                                   | $> 10^2$ y $\leq 10^3$ UFC/100 ml        |
| Secundario + desinfección                  | $> 10^3$ y $\leq 10^4$ UFC/100 ml        |
| Secundario                                 | $> 10^4$ UFC/100 ml                      |

Tabla 8. Tipos de barreras y sus correspondientes reducciones logarítmicas de patógenos.

| Tipo de barrera   | Aplicación  | Reducción log patógeno |
|---|---|------------------------|
| <b>RIEGO DE CULTIVOS DE ALIMENTOS</b>                           |   |                        |
| Riego por goteo   | Riego por goteo de cultivos bajos, como los que crecen a 25 cm o más por encima del nivel del suelo.                    | 2                      |
|   | Riego por goteo de cultivos altos, como los que crecen a 50 cm o más por encima del nivel del suelo.                    | 4                      |
|   | Riego por goteo subsuperficial en el que el agua no asciende por acción capilar a la superficie del suelo.              | 6                      |
| Riego por aspersión y microaspersión                            | Riego por aspersores y microaspersores en cultivos bajos, como a 25 cm o más del chorro de agua.                        | 2                      |
|   | Riego por aspersores y microaspersores en árboles frutales, como a 50 cm o más del chorro de agua.                      | 4                      |
| Desinfección adicional sobre el terreno.                        | Desinfección de bajo nivel (1 mg/l de cloro total, después de 30 minutos de cloración).                                 | 2                      |
|   | Desinfección de nivel alto ( $\geq 1$ mg/l de cloro total, después de 30 minutos de cloración).                         | 4                      |
| Lámina de cubierta resistente a la luz solar.                   | En riego por goteo, donde la lámina separa el riego de las hortalizas.  | Entre 2 y 4            |
| Reducción del patógeno.   | Reducción mediante el cese o la interrupción del riego antes de la cosecha.   | De 0,5 a 2 al día      |
| Lavado de los alimentos antes de su venta a los consumidores.   | Lavado de cultivos para ensalada, hortalizas y frutas con agua potable.   | 1                      |
| Desinfección de los alimentos antes de su venta a consumidores. | Lavado de cultivos para ensalada, hortalizas y frutas con una solución desinfectante débil y aclarado con agua potable. | 1                      |
| Pelado de alimentos.  | Pelado de frutas y tubérculos   | 2                      |



| Tipo de barrera                                   | Aplicación   | Reducción log patógeno |
|---|--|------------------------|
| <b>RIEGO DE FORRAJES Y CULTIVOS PARA SEMILLAS</b> |  |                        |
| Control de acceso                                 | Restringir la entrada en el campo de regadío durante 24 horas o más después del riego, por ejemplo, los animales que entran en los pastos o los trabajadores que acceden a los campos. | Entre 0,5 y 2          |
|   | Restricción de la entrada en el campo de regadío cinco días y más después del riego.   | Entre 2 y 4            |
| Secado al sol de cultivos forrajeros.             | Cultivos forrajeros y otros cultivos secados al sol y cosechados antes de su consumo.  | Entre 2 y 4            |

Nota: Podrían existir ya barreras en el campo de regadío; las restricciones a los cultivos y los métodos de riego como barreras ya están incluidos en el Reglamento a la hora de seleccionar la clase de calidad de las aguas regeneradas y el tipo de cultivo.

### 3.2 Gravedad asociada a la vía de exposición

Se aplicará un factor en función de la vía de exposición que tenga lugar en las circunstancias concretas, con valor 1, 2 o 3. En la Tabla 9 se recogen los valores extremos (1 y 3) y la selección del valor intermedio dependerá de la evaluación de la situación según juicio de expertos.

Tabla 9. Factor asociado a la gravedad en función de la vía de exposición al agente peligroso.

| Vía de exposición                       | Factor |
|---|--------|
| Contacto dérmico                        | 1      |
| Inhalación cuando existe aerosolización | 3      |
| Ingestión                               | 3      |

Esta tabla será de utilidad a la hora de evaluar determinados sucesos que específicamente afectan a la forma en que se produce el contacto entre el agua y el grupo de exposición. Por ejemplo, si se produce el suceso de que los nuevos trabajadores en la ERA o en el regadío beben por descuido o desconocimiento del agua regenerada.

## 4 MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGOS

El riesgo se determina mediante una matriz de evaluación por el producto de la probabilidad y la gravedad.

Como matriz de evaluación de riesgos se ha adoptado la matriz semicuantitativa recogida en las Directrices de la CE, Cuadro 3.2, procedente del Manual de Planificación de la Seguridad del Saneamiento (OMS, 2016)).



Tabla 10. Matriz semicuantitativa de evaluación de los riesgos. Fuente: Cuadro 3.2 de la Comunicación 2022/C 298/01 de la Comisión Europea (CE, 2022).

| Probabilidad     | Gravedad            |            |               |                 |                    |
|------------------|---------------------|------------|---------------|-----------------|--------------------|
|                  | Insignificante<br>1 | Leves<br>2 | Moderada<br>4 | Importante<br>8 | Catastrófica<br>16 |
| Muy improbable-1 | 1                   | 2          | 4             | 8               | 16                 |
| Improbable - 2   | 2                   | 4          | 8             | 16              | 32                 |
| Posible - 3      | 3                   | 6          | 12            | 24              | 48                 |
| Probable - 4     | 4                   | 8          | 16            | 32              | 64                 |
| Casi Seguro - 5  | 5                   | 10         | 20            | 40              | 80                 |

| Puntuación riesgo<br>$R = P \times G$ | $\leq 6$    | 7-12         | 13-32       | $> 32$          |
|---------------------------------------|-------------|--------------|-------------|-----------------|
| Nivel de Riesgo                       | Riesgo bajo | Riesgo medio | Riesgo alto | Riesgo muy alto |

La clasificación del riesgo, conforme a la Tabla 10, es.

- Riesgo bajo: 1 – 6 (verde)
- Riesgo medio: 7 – 12 (amarillo)
- Riesgo alto: 13 – 32 (naranja)
- Riesgo muy alto: > 32 (rojo)

Sólo serán aceptables los riesgos bajos y medios. En aquellos casos que el riesgo tenga una clasificación de alto o muy alto se considerará un riesgo inaceptable para el sistema y deberán aplicarse medidas encaminadas a disminuir dicho riesgo.

## 5 MEDIDAS A IMPLANTAR

En el sistema se deberán implantar medidas que eviten que los riesgos tengan niveles inaceptables. En general se tratará de medidas preventivas y de control.

Las medidas podrán ir dirigidas a disminuir la frecuencia del suceso (reducir la probabilidad de su ocurrencia) y/o evitar que el suceso genere efectos negativos, ya sea reduciendo la probabilidad de presencia del agente peligroso y/o limitando la probabilidad de exposición.



### **5.1 Disminuir la frecuencia del suceso**

En algunos casos los sucesos vienen determinados por causas naturales u otras circunstancias externas sobre las que no se podrá actuar. Incluso, algunos sucesos derivados de condiciones climáticas extremas es muy probable que se acentúen con el cambio climático. Sin embargo, en otros sí se podrá actuar o limitar de partida sus efectos.

Si se producen accesos incontrolados y vandalismo en las instalaciones, se puede proceder al vallado de las instalaciones.

Por ejemplo, el baño de transeúntes en acequias se podrá reducir mucho por la instalación de carteles informativos y prohibiendo el baño en las zonas donde se haya detectad esta práctica, en las zonas de acceso y de mayor tránsito.

Una carencia en disponibilidad de reactivos se podrá paliar con un almacenamiento suficientemente holgado y un mantenimiento de este estocaje de garantía.

La formación de los agricultores evitará que estos laven las hortalizas con el agua regenerada.

### **5.2 Evitar que el suceso genere efectos**

Por ejemplo, los apagones que pueda generar la caída de un rayo se podrán evitar con la instalación de pararrayos y/o con la prevención de grupos electrógenos (que tienen que estar puestos a punto en todo momento) que permitan suministrar electricidad en cualquier momento de corte del suministro sea cual sea su causa.

Si la instalación es de tamaño medio grande, se podrán prever unidades de proceso de reserva para el caso de que se produzca el fallo en alguna de ellas.

### **5.3 Corregir los posibles efectos negativos**

La formación, preparación y la actuación rápida puede evitar los efectos negativos de una serie de sucesos.

Se pueden implantar toda una serie de medidas de control y de actuación que permitan en etapas de proceso posteriores contrarrestar los efectos negativos en la calidad del agua acecidos en una etapa anterior.

Asimismo, en caso necesario, se pueden implantar puntos críticos de control que eviten suministrar agua de mala calidad.

Además, se implementarán sistemas de comunicación entre las partes que, aunque se haya generado un agente peligroso en el agua se eviten sus consecuencias posteriores en el sistema.



## 6 REFERENCIAS

APA, 2019. Guia para a reutilização de água. Usos não potáveis. Agencia Portuguesa de Ambiente & Água para Reutilização.

DOUE, 2020. Reglamento (UE) 2020/741 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de mayo de 2020, relativo a los requisitos mínimos para la reutilización del agua. D. Of. la Unión Eur.

DOUE, 2022. Comunicación de la Comisión. Directrices para apoyar la aplicación del Reglamento 2020/741 relativo a los requisitos mínimos para la reutilización del agua (2022/C 298/01).

DOUE, 2024. Reglamento Delegado 2024/1765 de la Comisión de 11 de marzo de 2024 por el que se completa el Reglamento (UE) 2020/741 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta a las especificaciones técnicas de los elementos clave de la gestión del riesgo.

FAO, WHO, 2019. Safety and quality of water used in food production and processing: Meeting report, Microbiolo. ed. Food and Agriculture Organization & World Health Organization, Roma.

ISO 16075-1, 2020. Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects - Part 1: the basis of a reuse project for irrigation.

Maffettone, R., Gawlik, B.M., 2022. Technical Guidance Water Reuse Risk Management for Agricultural Irrigation Schemes in Europe. <https://doi.org/10.2760/590804>

NRMMC-EPHC-AHMC, 2006. Australian guidelines for water recycling: managing health and environmental risks: Phase 1. the Environment Protection and Heritage Council, the Natural Resource Management Ministerial Council and the Australian Health Ministers' Conference., Canberra.

OMS, 2009; Manual para el desarrollo de planes de seguridad del agua: metodología pormenorizada de gestión de riesgos para proveedores de agua de consumo.

OMS, 2023. Planificación de la seguridad del saneamiento: gestión de riesgos paso a paso para administrar de forma segura los sistemas de saneamiento.

Ricci, A., Chemaly, M., Davies, R., Fernández Escámez, P.S., Girones, R., Herman, L., Lindqvist, R., Nørrung, B., Robertson, L., Ru, G., Simmons, M., Skandamis, P., Snary, E., Speybroeck, N., Ter Kuile, B., Threlfall, J., Wahlström, H., Allende, A., Barregård, L., Jacxsens, L., Koutsoumanis, K., Sanaa, M., Varzakas, T., Baert, K., Hempen, M., Rizzi, V., Van der Stede, Y., Bolton, D., 2017. Hazard analysis approaches for certain small retail establishments in view of the application of their food safety management systems. EFSA J. 15, 1–52. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4697>

UNE-ISO 16075-1, 2023. Directrices para el uso de agua residual tratada en proyectos de riego. Parte 1: Base de un proyecto de reutilización para riego.