

Cambio climático y seguridad alimentaria microbiológica

Informe aprobado por el Comité Científico Asesor de Seguridad Alimentaria en abril de 2025

Resumen

El cambio climático constituye un reto transversal que afecta a todos los escalones de la cadena alimentaria, desde la producción hasta la distribución y el consumo. El incremento de las temperaturas globales y la variabilidad de los patrones meteorológicos influyen directamente en la proliferación y distribución de peligros biológicos, lo que puede traducirse en un aumento de enfermedades de origen alimenticio.

Factores como la temperatura, precipitaciones, pH, salinidad e intensidad de la luz ejercen una influencia crucial en la contaminación y la seguridad de los alimentos. Los cambios en estos parámetros pueden modificar tanto la presencia de patógenos como la calidad de los cultivos y productos alimenticios, afectando a la disponibilidad de agua potable e incrementando el riesgo de contaminación en diferentes etapas del procesamiento.

Dado el complejo escenario que se plantea, es imprescindible adoptar medidas con un enfoque global que integren la salud humana y el animal en el medio ambiente. Esto debe traducirse en la revisión y adaptación de los sistemas de control, en el desarrollo de marcos de modelado de riesgo y en la implementación de medidas preventivas adecuadas a la evolución que se detecte. La recogida sistemática de datos epidemiológicos, el desarrollo de nuevas tecnologías para la monitorización y la detección de peligros, así como la colaboración entre autoridades, industria y comunidad científica serán claves para adaptarse a los nuevos escenarios que se deriven.

Palabras clave

cambio climático, seguridad alimentaria microbiológica

Miembros del Comité Científico Asesor: Marta Barenys Espadaler, Albert Bosch Navarro, Sara Bover Cid, Joaquín Castellano Espuny, Mariano Domingo Álvarez Jordi Serratosa Vilageliu, Antonio Velarde Calvo y M^a Carmen Vidal Carou (presidenta).

Grupo de trabajo: José Juan Rodríguez Jerez, Alberto Bosch Navarro, Vicente Sanchis Almenar, Sara Bover Cid

Fecha de publicación: mayo de 2025

Este informe refleja el punto de vista de los autores y del Comité Científico Asesor, pero no refleja necesariamente el punto de vista de la institución para la que trabajan.

Algunos derechos reservados

© 2025, Generalitat de Catalunya. Departamento de Salud.



Los contenidos de esta obra están sujetos a una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SenseObresDerivades 4.0 Internacional.

La licencia se puede consultar en la página [web de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Unidad promotora:

Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria.

Asesoramiento lingüístico:

Servicio de Planificación Lingüística del Departament de Salut.

DOI:

10.62727/DSalut.ASPC/13032

Climate change and microbiological food safety

Abstract

Climate change constitutes a crosscutting challenge affecting every stage of the food supply chain, from production to distribution and consumption. The increase in global temperatures and the variability of meteorological patterns directly influence the proliferation and distribution of biological hazards, which may lead to a rise in foodborne illnesses.

Factors such as temperature, precipitation, pH, salinity, and light intensity play a crucial role in food contamination and safety. Changes in these parameters can affect both the presence of pathogens and the quality of crops and food products, thus bearing on the availability of drinking water and increasing the risk of contamination at various stages of processing.

Given the complex climate change scenario, a global focus that integrates human and animal health with environmental changes is imperative. This approach should be manifest in the revision and adaptation of control systems, the development of risk modelling frameworks and the implementation of preventive measures based on the detected changes. The systematic collection of epidemiological data, the development of new technologies for hazard detection and monitoring, and enhanced collaboration between authorities, industry, and the scientific community will be key to adapting to the new scenarios arising from climate change.

Keywords

climate change, microbiological food safety

Índice

1	Riesgos biológicos frente al cambio climático	6
2	Evolución de las temperaturas medias	8
3	Retos de los sistemas de control de la seguridad alimentaria	12
4	Algunos datos epidemiológicos	15
5	Retos frente al control del riesgo biológico	21
5.1	Riesgos asociados a bacterias	21
5.2	Riesgos asociados a los virus	23
5.3	Riesgo asociado a mohos y micotoxinas	25
5.4	Riesgo por parásitos	26
6	Conclusiones	27
7	Referencias bibliográficas	28

1 Riesgos biológicos frente al cambio climático

El cambio climático plantea desafíos significativos para la seguridad alimentaria al influir en la ocurrencia y distribución de peligros biológicos. A medida que las temperaturas globales aumentan y los patrones meteorológicos se vuelven más imprevisibles, la seguridad de los sistemas alimenticios está cada vez más en riesgo (Herrera et al., 2016). Se prevé que el cambio climático exacerbe las enfermedades de transmisión alimentaria afectando a la ocurrencia, persistencia y virulencia de los microorganismos (Duchenne y Neetoo, 2021). El aumento de las temperaturas y los patrones alterados de precipitación pueden favorecer el crecimiento y la propagación de bacterias, virus y parásitos, lo que conlleva mayores riesgos de enfermedades de transmisión alimentaria (Herrera et al., 2016; Duchenne y Neetoo, 2021; Misiou y Koutsou2).

Además, se espera que el calentamiento global aumente el riesgo de contaminación por micotoxinas en los cultivos, especialmente en los cereales. Los cambios en la temperatura y la humedad pueden favorecer el crecimiento de hongos micotoxigénicos, que producen toxinas nocivas que comprometen la seguridad alimentaria (Miraglia et al., 2009; Herrera et al., 2016; Medina et al., 2017).

Para mitigar los impactos del cambio climático en la seguridad alimentaria, son esenciales enfoques integrados y estrategias de adaptación (Tirado et al., 2010). Esto incluye el desarrollo de marcos de modelado de riesgo para evaluar los riesgos para la salud pública y la implementación de medidas de intervención para adaptarse a los impactos cambiantes del clima (Tirado et al., 2010; Smith et al., 2015).

Ante estos retos, es necesario adoptar un enfoque basado en "una salud" para abordar la interconexión entre la salud humana, animal y ambiental. Esta plantilla puede guiar el desarrollo de políticas y estrategias destinadas a garantizar la seguridad alimentaria en el contexto del cambio climático (Duchenne y Neetoo, 2021; Assunção, 2022).

Al mismo tiempo, las empresas del sector alimentario deben adaptarse a estos cambios mediante la implementación de medidas de control de riesgos, que incluyen, entre otros, una monitorización esmerada de las temperaturas a lo largo de toda la cadena alimentaria, una mejora en la gestión del agua y de la energía, una comunicación eficaz de los problemas de contaminación detectados en sus autocontroles y 2.0.

En este sentido, el cambio climático altera el ciclo del agua y modifica sus patrones de precipitación, lo que puede provocar inundaciones, sequías y escasez de agua. Además, contribuye al aumento del nivel del mar y modifica la temperatura, composición química y biota del agua (EEA, 2024).

Actualmente nos encontramos en situaciones de evaluación de riesgo, en las que se calcula el riesgo potencial con el fin de prevenir problemas relacionados con la salud pública. Por este motivo, todas las evaluaciones y simulaciones que se realizan forman parte de una estrategia preventiva destinada a detectar la presencia de patógenos y toxinas en las materias primas, el agua y los procesos industriales o domésticos. Los datos epidemiológicos indican un incremento de bacterias como *Escherichia coli* y *Salmonella* spp., microorganismos que pueden detectarse en cualquier producto crudo o deficientemente manipulado (Duchenne et al., 2021).

En definitiva, se prevé que el cambio climático tenga un impacto en la seguridad alimentaria y, por tanto, que acabe afectando a la producción, almacenamiento y distribución de los alimentos. Este impacto podría derivar en problemas en la gestión del agua y en un aumento de las enfermedades de origen alimentario (Farkas y Beczner, 2011; EEA, 2024).

2 Evolución de las temperaturas medias

La evolución de las temperaturas mundiales es un aspecto crítico para entender el cambio climático, ya que proporciona información sobre la dinámica del sistema climático de la Tierra a lo largo de varios períodos de tiempo. Este tema abarca el estudio de los cambios de temperatura desde hace millones de años hasta el presente y de los factores que influyen en estos cambios.

En los últimos 2 millones de años, las temperaturas globales han experimentado fluctuaciones significativas, con una tendencia general de enfriamiento que se estancó hace 1,2 millones de años. Este enfriamiento precedió a la transición del pleistoceno medio y al aumento del tamaño de las capas de hielo, lo que sugiere que, si bien el enfriamiento podría haber preparado el terreno para los ciclos glaciares, no fue la única causa (Snyder, 2016). Durante el eón fanerozoico (en los últimos 485 millones de años), la temperatura de la Tierra ha variado entre 11 °C y 36 °C, con el CO₂ identificado como principal factor de control de las variaciones climáticas (Judd et al., 2024).

El siglo pasado, las temperaturas de la superficie global han aumentado a una velocidad sin precedentes, con un calentamiento notable que empezó hacia 1900 y que se aceleró desde entonces hasta 1980. El calentamiento más rápido se ha producido en las latitudes medias del norte (Ji et al., 2014). En los últimos 30 años, la temperatura de la superficie global ha aumentado aproximadamente 0,2 °C por década, con variaciones regionales significativas (Hansen et al., 2006).

En este sentido, el incremento de las temperaturas es distinto en función de la región del mundo evaluada (FAOSTAT). De acuerdo con la recopilación de datos internacionales, el incremento de la temperatura media a nivel mundial es superior a 1,5 °C. Si lo comparamos con el aumento de temperatura media en Europa, ésta está superando los 2,4 °C, y en España ya se han superado los 2,5 °C (gráficos 1-3). En Cataluña el incremento de temperatura medio se encuentra en torno a los 2,5 °C (gráfico 4).

Gráfico 1. Evolución de las temperaturas medias en el mundo



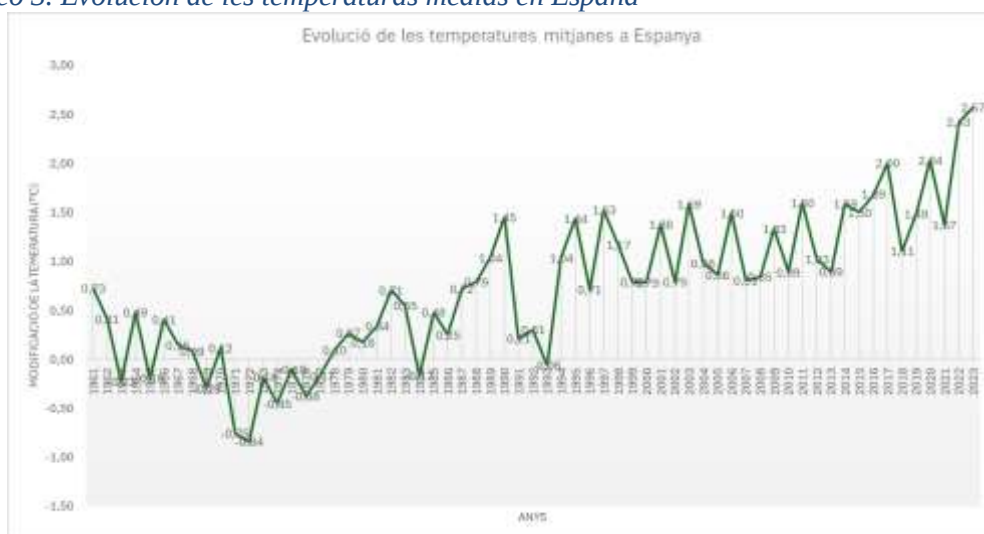
Fuente: FAOSTAT.

Gráfico 2. Evolución de las temperaturas medias en Europa



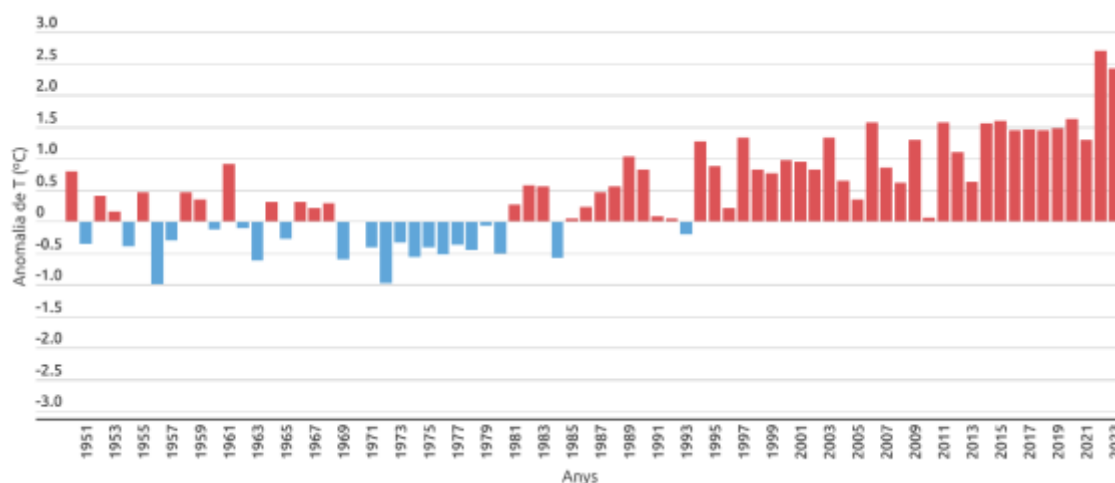
Fuente: FAOSTAT.

Gráfico 3. Evolución de las temperaturas medias en España



Fuente: FAOSTAT.

Gráfico 4. Evolución de las temperaturas medias en Cataluña



Fuente: Meteocat (<https://www.meteo.cat/wpweb/climatologia/evolucio-observada-del-clima/evolucio-observada-de-la-temperatura/>).

El desarrollo industrial y las diversas actividades humanas, como la agricultura, la ganadería y el constante incremento de la población mundial, han comportado un aumento significativo de las emisiones de gases de efecto invernadero (FAO, 2008 y 2020). Estas emisiones han tenido un impacto directo en el clima, generando transformaciones que exceden las variaciones naturales históricas y provocando un aumento de las temperaturas medias, que se prevé que persista durante el próximo siglo (FAO, 2008 y 2020; EFSA, 2020). A nivel mundial, estas alteraciones implican un incremento de la temperatura media anual, cambios en la frecuencia y la intensidad de las precipitaciones, variaciones en la disponibilidad de agua potable en diversas áreas geográficas, aumento del nivel del mar y mayor acidificación de los océanos (FAO, 2020; EEA, 2024). Aunque los modelos climáticos han experimentado una notable mejora en la simulación de la temperatura superficial, todavía presentan aspectos a perfeccionar (Flato et al., 2014). Existe una fuerte correlación entre las concentraciones de CO₂ atmosférico y la temperatura media global de la superficie (GMST), lo que indica que el CO₂ es uno de los principales impulsores del cambio climático (Spiegel et al., 2012). Se calcula que la sensibilidad del sistema terrestre en la duplicación del CO₂ es de unos 8 °C a lo largo de las escalas temporales geológicas (Spiegel et al., 2012). La estabilización de los niveles actuales de gases de efecto invernadero podría ya comprometer la Tierra a un calentamiento futuro significativo (Snyder, 2016).

Factores naturales como la actividad volcánica, la irradiancia solar y los patrones de circulación oceánica, como la circulación meridional de retorno del Atlántico, han influido históricamente en la variabilidad climática (Miraglia et al., 2009). Sin embargo, los recientes cambios de temperatura se atribuyen principalmente a influencias antropogénicas, especialmente a las emisiones de gases de efecto invernadero (Miraglia et al., 2009; Herrera et al., 2016). Las proyecciones sugieren que las temperaturas globales continuarán aumentando debido a las influencias antropogénicas, con posibles modificaciones por factores naturales como las erupciones volcánicas y los eventos del "El Niño-Southern Oscillation" (ENSO). El reto radica en predecir con precisión estos cambios, especialmente a nivel regional (Miraglia et al., 2009).

Estos cambios pueden afectar a diversas áreas de la vida diaria. Sin embargo, en cuanto a la alimentación, parece evidente que una de las actividades con más impactos será la producción de alimentos, ya que las zonas cálidas se verán con mayores dificultades para la producción agrícola y ganadera (Tirado, 2010; otras zonas FAO, 2020). La producción de alimentos depende, en gran medida, de la disponibilidad de agua, de la temperatura y del control de plagas y malas hierbas (Paterson y Lima, 2011). A medida que la temperatura media aumenta, los insectos pueden colonizar áreas donde anteriormente no podían sobrevivir, con la propagación de enfermedades víricas transmitidas por artrópodos, como el dengue, el virus del Nilo occidental, el chikunguña, o la fiebre hemorrágica de Crimea-Congo (Paterson y Lima, 2010; Medina et al., 2017b), lo que podría incrementar la necesidad de aplicar plaguicidas (Delcour et al., 2015).

Para afrontar estos retos, por una parte, será fundamental implementar buenas prácticas agrícolas y desarrollar nuevas sustancias y tecnologías más eficientes para controlar estas amenazas emergentes (Duchenne et al., 2021). Y por otro, quizás se podría revisar el actual rechazo de Europa hacia los cultivos transgénicos, dado que se requieren soluciones más eficaces para garantizar una suficiente provisión de alimentos a un precio razonable (Grover et al., 2013).

3 Retos de los sistemas de control de la seguridad alimentaria

En Europa es obligatoria la implementación del sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control (APPCC), con el cumplimiento de sus prerequisites, su evaluación y una gestión esmerada que incluye la implementación de buenas prácticas de producción en el sector primario (FAO, 2008, 2020). Ante el escenario de cambio climático, que comporta un incremento progresivo de las temperaturas medias, surgen nuevos retos hasta ahora desconocidos que habrá que integrar en los sistemas de control para asegurar una eficaz gestión de la seguridad alimentaria (FAO, 2020).

Las temperaturas medias anuales están aumentando más rápidamente en los países fríos que en los cálidos (gráficos 1-3), lo que podría acarrear situaciones desconocidas en regiones como los países nórdicos. Sin embargo, hasta ahora no se ha detectado un incremento significativo de las enfermedades de transmisión alimentaria (gráfico 4). Por tanto, todavía es posible observar la evolución que se está produciendo en los países mediterráneos y, en función de ello, implementar medidas eficaces. De acuerdo con los datos epidemiológicos, es necesario mejorar la formación de los manipuladores de alimentos y reforzar el control efectivo de las temperaturas, evitando la interrupción de la cadena de frío (BES, 2021). Es especialmente importante destacar que el lavado de manos, combinado con el riguroso cumplimiento de las medidas higiénicas, constituye actualmente una de las mejores estrategias para prevenir la transmisión de enfermedades (Bosch et al., 2018). Además, resulta relevante valorar científicamente diversos enfoques en la evaluación de riesgos, como la consideración del muestreo y la transferencia de microorganismos entre diferentes áreas de producción de alimentos (Moreno-Torres Molina et al., 2020; Mazaheri et al., 2021). Además, el incremento en la detección de la formación de biofilms subraya la necesidad de entender mejor cómo controlarlos y eliminarlos, así como se deben adaptar y mejorar los sistemas de limpieza y desinfección (González-Rivas et al., 2018).

No existen datos precisos sobre el impacto del clima en los peligros microbiológicos, principalmente debido a las dificultades para identificar relaciones directas entre el cambio climático y los microorganismos habitualmente asociados a enfermedades de transmisión alimentaria (EEA, 2024).

Aunque las previsiones iniciales relacionaban el aumento de temperaturas con un incremento de los brotes asociados a enterobacterias, recientemente se ha evidenciado un aumento en la detección de microorganismos del género *Vibrio*, vinculado a la elevación de la temperatura del agua del mar (EEA, 2024). Así, el cambio climático supondrá un reto importante para la seguridad alimentaria, que requerirá el desarrollo de nuevas estrategias para controlar tanto los nuevos peligros como los peligros emergentes asociados a los alimentos (Oyedele et al., 2020).

Las relaciones entre los factores ambientales y la seguridad alimentaria se resumen en la tabla 1, a partir del trabajo publicado por Duchane et al. (2021a, b). Varios factores, como la temperatura, las precipitaciones, el pH, la salinidad y la intensidad de la luz, ejercen un impacto significativo sobre la seguridad alimentaria. Por ejemplo, un aumento de la temperatura puede incrementar la presencia de parásitos en peces y plantas de agua dulce, así como favorecer la proliferación de nuevas especies de hongos productores de micotoxinas en el maíz en Europa. Esto se puede traducir en un aumento de enfermedades como la mastitis en las vacas o *Salmonella* spp. en aves de corral, mientras que una disminución de las temperaturas podría derivar en una mayor contaminación de bayas por virus, tales como el norovirus y la hepatitis A.

Las variaciones en las precipitaciones y los niveles de humedad también pueden afectar a la contaminación de los alimentos. Un incremento de las precipitaciones puede facilitar la interiorización de patógenos como *Escherichia coli* y *Salmonella* en verduras de hoja verde, así como incrementar la contaminación de los mariscos por organismos indicadores fecales, debido a la escorrentía de agua. Por otra parte, las condiciones húmedas pueden favorecer la contaminación del maíz por micotoxinas producidas por hongos xerófilos.

Por último, los cambios en el pH y la salinidad de los ecosistemas acuáticos, junto con el incremento de la luz solar, también pueden influir en la seguridad alimentaria. La reducción del pH de los océanos puede conducir a un aumento de las algas tóxicas, mientras que una disminución de la salinidad puede incrementar la bioacumulación de metales tóxicos en moluscos. Además, un aumento de la intensidad de la luz solar puede estimular el crecimiento de algas tóxicas, elevando el riesgo de contaminación en mariscos y otros productos acuáticos.

A continuación, presentamos, en 4 tablas, un resumen de los principales efectos de los factores ambientales que dependen del clima (temperatura, precipitaciones y humedad, pH y salinidad y luz) sobre el comportamiento de los patógenos transmitidos por los alimentos e impacto en la seguridad alimentaria:

Tabla 1. Resumen de los principales efectos de la temperatura sobre el comportamiento de los patógenos transmitidos por los alimentos e impacto en la seguridad alimentaria

Aumento de la temperatura	Disminución de la temperatura
• Aumento de la aparición de parásitos en peces y plantas de agua dulce • Detección de nuevas especies de hongos productores de micotoxinas en el maíz en Europa • Aumento de la incidencia de mastitis en las vacas • Aumento de <i>Salmonella</i> spp. en las aves de corral • Aumento del número de células de <i>Vibrio</i> spp. en los mariscos	• Aumento de la contaminación de bayas por norovirus y hepatitis A

Tabla 2. Resumen de los principales efectos de las precipitaciones y humedad sobre el comportamiento de los patógenos transmitidos por los alimentos e impacto en la seguridad alimentaria

Aumento de las precipitaciones	Disminución de las precipitaciones
• Interiorización de <i>E. coli</i> patógenos y <i>Salmonella</i> spp. en verduras de hoja verde • Aumento de la contaminación de los mariscos por organismos indicadores fecales debido a la escorrentía de agua • Aumento del riesgo de dispersión de salpicaduras y <i>Salmonella</i> spp. en aerosol que infecte los tomates debido al aumento de la frecuencia de períodos cortos de fuertes lluvias	• Aumento de la contaminación de micotoxinas por hongos xerófilos en el maíz en la etapa de precosecha

Tabla 3. Resumen de los principales efectos del pH y la salinidad sobre el comportamiento de los patógenos transmitidos por los alimentos e impacto en la seguridad alimentaria

Disminución del pH	Disminución de la salinidad
• La acidificación de los océanos conduce a un aumento de las algas tóxicas	• Aumento de la bioacumulación de metales pesados en moluscos

Tabla 4. Resumen de los principales efectos de la luz sobre el comportamiento de los patógenos transmitidos por los alimentos e impacto en la seguridad alimentaria

Aumento de la luz	Disminución de la luz
• Favorece el aumento de las algas tóxicas	• Disminución de las precipitaciones

Para evaluar los nuevos retos, la EFSA está coordinando a un grupo de científicos internacionales que ha desarrollado un nuevo método para definir los riesgos emergentes que afectan a la seguridad de los alimentos, teniendo en cuenta los peligros asociados al cambio climático. Este método se conoce como CLEFSA (Climate change as a driver of emerging risks for food and feed safety, plant, animal health and nutritional Quality – El cambio climático como motor de riesgos emergentes para la seguridad alimentaria y de piensos, la salud vegetal y animal y la calidad nutricional) (EFSA, 2020).. Esta metodología se encuentra en fase de desarrollo y se esperan nuevas aportaciones en los próximos años.

4 Algunos datos epidemiológicos

Una importante información en seguridad alimentaria es conocer los datos epidemiológicos para evaluar el riesgo asociado al consumo de alimentos. En 2021 se publicaron los datos extraídos del sistema de brotes de la RENAVE del período 2012-2020 (Chong et al., 2021). Además, es algo repetitivo que estas enfermedades tienen un carácter estacional, con un aumento muy significativo en los meses cálidos. Existen registros que correlacionan el aumento de temperatura con un incremento del riesgo de transmisión de enfermedades de transmisión alimentaria.

El origen de las enfermedades de transmisión alimentaria se encuentra en malas prácticas higiénicas que ocurren en el hogar. Cabe destacar que son las mismas malas prácticas que ocurren en bares y restaurantes. En este período, comprendido entre los años 2012 y 2020, estos errores suponen más del 80% de los brotes notificados (Chong et al., 2021). Esto significa que es necesaria una formación complementaria, tanto para los consumidores como para la multitud de establecimientos en los que se preparan y se sirven comidas. Un esfuerzo en este sentido, especialmente en los meses cálidos, podría suponer una reducción significativa en la transmisión de estas enfermedades. Un ejemplo de ello es no mantener los alimentos en refrigeración en barbacoas, picnics o comidas al aire libre (Smith y Fazil, 2019). Esto nos puede hacer suponer que las malas prácticas higiénicas en actividades de esparcimiento supondrán un problema actualmente difícil de cuantificar.

Si consideramos los diferentes patógenos declarados durante el período comprendido entre 2012 y 2020, destaca *Salmonella* spp., con un total de 2.131 brotes (tabla 5). Sin embargo, el análisis de los datos publicados permite calcular el número de casos por brote. Al ordenar los microorganismos según este criterio, destacan *Clostridium perfringens*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Campylobacter* spp. y *Bacillus cereus* (tabla 5).

Es importante destacar el papel de los microorganismos esporulados, ya que el incremento en el número de brotes y casos se asocia con el calentamiento de los alimentos y su posterior mantenimiento a temperatura ambiente (BfR, 2024). Es bien conocido que la cocción de un alimento contribuye a su seguridad. Sin embargo, los datos podrían indicar que la falta de refrigeración adecuada, especialmente después de la cocción, puede constituir un riesgo subestimado. Además, si esta situación se produce en contextos en los que las temperaturas ambientales son más elevadas de lo previsto, se esperaría un aumento de las enfermedades asociadas a estos microorganismos.

Taula 5. Microorganismos responsables de enfermedades de transmisión alimentaria en España 2012-2022.

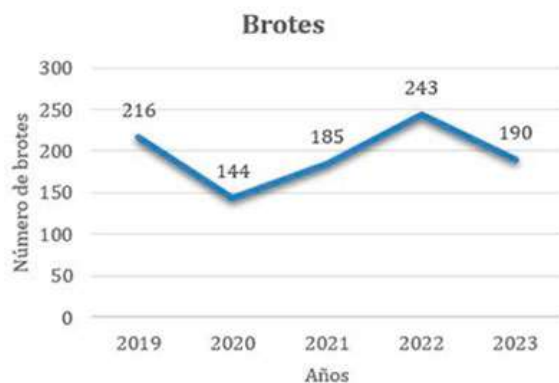
AGENT CAUSAL	BROTOS	CASOS	Casos / Brote
<i>Clostridium perfringens</i>	107	5.208	48,7
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	8	156	19,5
<i>Campylobacter</i> spp.	115	1.658	14,4
<i>Bacillus cereus</i>	42	511	12,2
<i>Shigella</i> spp.	10	107	10,7
<i>Escherichia coli</i>	23	244	10,6
<i>Listeria monocytogenes</i>	19	172	9,1
<i>Staphylococcus</i> spp.	139	1.225	8,8
<i>Salmonella</i> spp.	2.131	16.971	8
<i>Clostridium botulinum</i>	12	29	2,4

Fuente: BES, 2021.

Por otro lado, se han comparado los datos de las enfermedades de transmisión alimentaria publicadas por la EFSA, entre 2019 y 2023, comparando los datos de países europeos fríos —países nórdicos— (Dinamarca, Finlandia, Noruega y Suecia) y países cálidos (Italia y España) (gráficos 5-10).

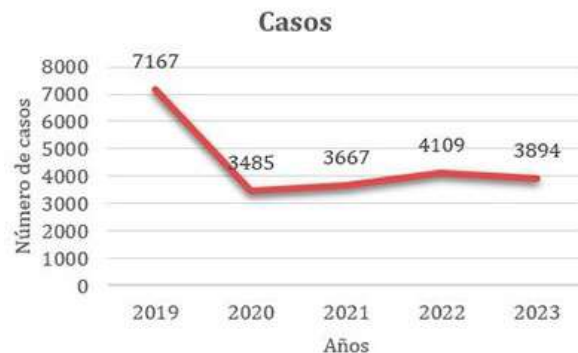
En los países nórdicos, el número de brotes se mantiene relativamente estable, con una media de aproximadamente 200 brotes anuales. Sin embargo, el número de casos se redujo significativamente entre los años 2019 y 2020, estabilizándose posteriormente en valores inferiores a 4.000 casos por año. En cuanto al número de personas hospitalizadas, se ha observado una clara disminución a partir del año 2021 (gráficos 5-7).

Gráfico 5. Datos epidemiológicos de los países nórdicos. (Dinamarca, Finlandia, Noruega y Suecia). Nombre de brotes.



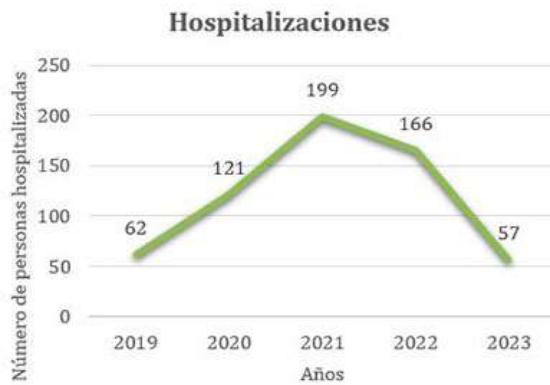
Fuente: EFSA foodborne outbreaks. Tiem trend.

Gráfico 6. Datos epidemiológicos de los países nórdicos. (Dinamarca, Finlandia, Noruega y Suecia). Nombre de casos.



Fuente: EFSA foodborne outbreaks. Tiem trend.

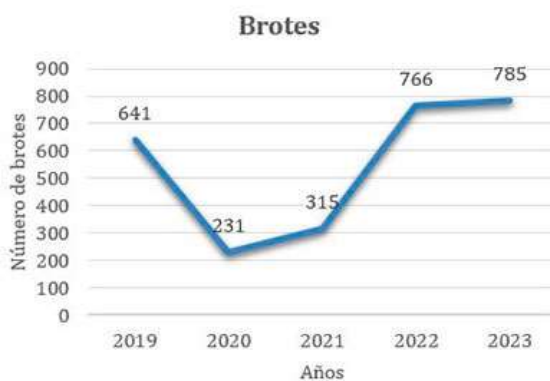
Gráfico 7. Datos epidemiológicos de los países nórdicos. (Dinamarca, Finlandia, Noruega y Suecia). Nombre de hospitalizaciones.



Fuente: EFSA foodborne outbreaks. Tiem trend.

Sin embargo, en los países cálidos se ha observado un aumento progresivo desde el año 2020, tanto del número de brotes como del de casos y hospitalizaciones (figura 4). Así, parece que la temperatura ambiente ejerce una influencia significativa sobre los tres indicadores analizados.

Gráfico 8. Datos epidemiológicos de los países mediterráneos (España y Italia). Nombre de brotes.



Fuente: EFSA foodborne outbreaks. Tiem trend.

Gráfico 9. Datos epidemiológicos de los países mediterráneos (España y Italia). Nombre de casos



Fuente: EFSA foodborne outbreaks. Tiem trend.

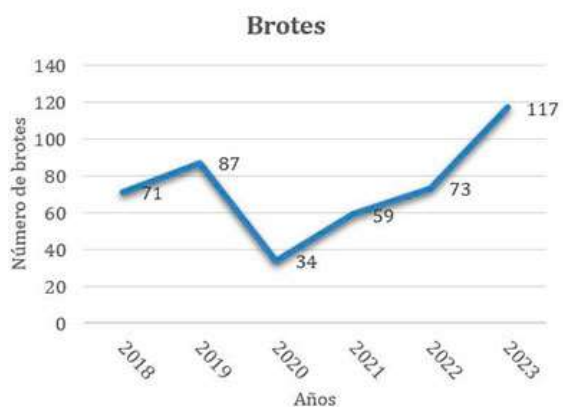
Gráfico 10. Datos epidemiológicos de los países mediterráneos (España y Italia). Nombre de hospitalizaciones.



Fuente: EFSA foodborne outbreaks. Tiem trend.

Revisando los datos de Cataluña, en cuanto al número de brotes, casos y hospitalizaciones, se aprecia una evolución acelerada a partir del año 2020 (figura 5). Mientras que el número de brotes y casos supone en torno al 20% de los casos registrados en España, el número de hospitalizaciones es sensiblemente inferior en 2023, con un porcentaje inferior al 10%.

Gráfico 11. Datos epidemiológicos en Cataluña. Nombre de brotes.



Fuente: ASPCAT, 2025.

Gráfico 12. Datos epidemiológicos en Cataluña. Nombre de casos.



Fuente: ASPCAT, 2025.

Gráfico 13. Datos epidemiológicos en Cataluña. Nombre de hospitalizaciones.



Fuente: ASPCAT, 2025.

5 Retos frente al control del riesgo biológico

Los agentes biológicos suponen probablemente la fuente más importante de riesgo para la salud de los consumidores. De entre ellos, la prevalencia de las bacterias históricamente responsables de enfermedades transmitidas por alimentos, como las enterobacterias, probablemente experimentará un incremento, hecho del que quedará constancia en los informes epidemiológicos. Sin embargo, debe considerarse también el riesgo asociado a las bacterias del género *Vibrio*, dado el incremento de la temperatura del agua marina y la variación en su salinidad (EEA, 2024). Además, se estima que los virus de origen alimenticio podrían incrementar su influencia en la seguridad de los alimentos debido al cambio climático. Por otra parte, también se espera un aumento de la presencia de mohos, especialmente en los alimentos de origen vegetal. Por último, el cambio climático puede favorecer el crecimiento de microorganismos que alteren los alimentos, lo que puede contribuir a un mayor desperdicio alimentario. Este escenario requiere la adopción de enfoques multidisciplinares para afrontar los posibles impactos no sólo sobre la seguridad, sino también sobre la calidad y estabilidad de los alimentos (Misiou y Koutsoumanis, 2021).

5.1 Riesgos asociados a bacterias

Hay varios factores que pueden afectar al crecimiento de las bacterias, destacándose la temperatura ambiente (McMichael et al., 2006). Por tanto, los cambios en el clima y sus consecuencias pueden influir no sólo en la tasa de crecimiento bacteriano, sino también en la diversidad, las interacciones entre microorganismos y la probabilidad de transmisión a los consumidores a través de los alimentos (Hellberg y Chu, 2016). Se ha observado un aumento de las infecciones por bacterias patógenas de origen intestinal después de fuertes lluvias e inundaciones, probablemente debido a la dispersión de la contaminación fecal presente en los suelos contaminados o en el agua potable (Hyllestad et al., 2020). Sin embargo, en períodos de sequía, los casos detectados por estos microorganismos tienden a disminuir (Kuhn et al., 2020).

Es generalmente aceptado que, a temperaturas más elevadas, se observa una mayor tasa de crecimiento bacteriano, atribuible a que la alteración de los comportamientos de consumo durante los meses de verano tiene un efecto indirecto importante en el aumento de las enfermedades de transmisión alimentaria, ya que está asociada a una mayor exposición a los patógenos (Dietrich et al., 2023). Varios estudios han demostrado que un aumento de las temperaturas ambientales se correlaciona con un mayor número de infecciones por bacterias de los géneros *Campylobacter*, *Salmonella* y *Vibrio* (Jiang et al., 2015; Baker-Austin et al., 2017; Dietrich et al., 2023).

La temperatura puede afectar a la transmisión de *Salmonella* a los humanos a través de diversas vías, tanto directamente, favoreciendo la multiplicación de *Salmonella*, como indirectamente, modificando los hábitos alimenticios durante los días de calor (Dietrich et al., 2023). El aumento de la temperatura facilita el crecimiento de este microorganismo, lo que conduce a concentraciones más elevadas en alimentos contaminados en los meses más cálidos. Esto se debe, entre otros factores, a una mala preparación y refrigeración de los alimentos, prácticas que también son más habituales durante estos períodos (Dietrich et al., 2023).

Aunque las infecciones por *Campylobacter* se registran a lo largo del año, suelen aumentar en los meses de verano, incluso en casos no relacionados con viajes. Por tanto, a medida que el calentamiento global avanza como consecuencia del cambio climático, y con el aumento de períodos cálidos prolongados, se espera un incremento de los casos de infección por *Campylobacter* en humanos (Dietrich et al., 2023).

Cabe destacar el incremento de infecciones detectadas por *Vibrio* spp., bacterias habituales en ambientes acuáticos. Dentro de este género, *Vibrio parahaemolyticus*, *V. vulnificus* y *V. cholerae* son patógenos relevantes para los humanos. Los serotipos O1/O139 de *Vibrio cholerae*, que producen la toxina del cólera, son relevantes a escala mundial, ya que pueden provocar brotes pandémicos en regiones tropicales y subtropicales con condiciones higiénicas deficientes del agua, raramente asociados con el consumo de alimentos (Dietrich et al., 2023). En Europa, las enfermedades gastrointestinales por *Vibrio* están principalmente relacionadas con la hemolisina producida por *Vibrio parahaemolyticus* y con el consumo de marisco crudo o poco cocinado. Por otra parte, *Vibrio vulnificus* tiene un papel clave en las infecciones graves de heridas, que se ven influenciadas por los efectos del cambio climático, especialmente por el contacto directo con aguas contaminadas (Dupke et al., 2023).

La carga de *Vibrio* spp. en ambientes acuáticos está fuertemente influida por la temperatura y la salinidad del agua, ya que estas bacterias crecen preferentemente en aguas cálidas (temperaturas superiores a 15 °C) y en condiciones de salinidad baja-moderada (EEA, 2024). Esta característica es especialmente relevante en el contexto del cambio climático, puesto que indudablemente supondrá un mayor riesgo para el consumo de pescado y productos de la pesca insuficientemente cocinados (EFSA, 2020). En cuanto a *Campylobacter*, varios estudios han descrito una relación directamente proporcional entre el aumento de la temperatura media y la incidencia de infecciones (Kuhn et al., 2020).

Desde otro punto de vista, el aumento de la temperatura ambiental puede incrementar la probabilidad de que los animales sufran infecciones. Esto podría comportar una mayor necesidad de recurrir a los antibióticos, lo que a su vez potenciaría la aparición de antibioresistencias (EFSA, 2020). Por tanto, se podría establecer un vínculo entre el cambio climático y un aumento de la resistencia a los antibióticos en bacterias capaces de provocar infecciones en humanos (FAO, 2020).

5.2 Riesgos asociados a los virus

El riesgo de contaminación por virus no se relaciona directamente con el aumento de las temperaturas (Duchane et al., 2021a, b). Sin embargo, este riesgo puede incrementarse durante los períodos secos debido a la reducción del volumen de agua y del caudal de los ríos, lo que puede favorecer la propagación de infecciones de origen hídrico y enfermedades gastrointestinales (Butsch et al., 2023). Existen varios virus relacionados con enfermedades de transmisión alimentaria. Entre éstos, cabe destacar el virus de la hepatitis E (HEV), el virus de la hepatitis A (HAV), el virus de la encefalitis transmitida por garrapatas (TBEV), así como los norovirus, sapovirus, astrovirus y rotavirus (Rose et al., 2001; Rohayem, 2009; Tirado et al., 2010; Gullón et al., 2017; Bosch et al., 2018; Oka et al., 2015). La vía principal de transmisión es la fecal-oral (Bosch et al., 2018).

Estas infecciones se pueden clasificar en tres grupos principales: las que causan gastroenteritis, las que se replican en el intestino provocando hepatitis y las que, después de multiplicarse en los intestinos, se difunden en otros órganos, originando infecciones del sistema nervioso central o infecciones hepáticas (Koopmans y Duizer, 2004). Entre ellos, los norovirus son considerados los más relevantes para la seguridad alimentaria a escala global (Bosch et al., 2018).

La contaminación por estos virus surge principalmente a partir de la exposición a heces humanas, que pueden afectar al medio ambiente, al agua y los alimentos. En el caso de los virus zoonóticos, las heces animales también juegan un papel importante (FAO, 2008), lo que puede incrementar el riesgo de infección durante acontecimientos como inundaciones, cuando se utilizan aguas residuales (Tirado et al., 2010). Además, se ha observado que, después de lluvias intensas, aumentan los casos de infección por el virus de la hepatitis A y otros virus responsables de gastroenteritis (Curriero et al., 2001; Risebro et al., 2007; Gullón et al., 2017).

Cabe destacar que los virus no se replican en los alimentos; por tanto, un aumento de la temperatura ambiental no influye directamente en su multiplicación. De hecho, las infecciones por virus como los norovirus, astrovirus o rotavirus son más frecuentes durante períodos más fríos (FAO, 2008, 2020).

Debido a los cambios en las condiciones climáticas, también se puede esperar la aparición de nuevos patógenos zoonóticos y un incremento de infecciones víricas transmitidas por el agua (Butsch et al., 2023), que pueden afectar a verduras y frutas frescas, dando lugar a brotes cuando estos productos no se desinfectan correctamente (Svanström et al., 2021; Butsch et al., 2023). También es relevante el riesgo asociado a los moluscos bivalvos –como mejillones y ostras– que se consumen crudos o con un tratamiento térmico inadecuado, así como otros alimentos manipulados por personas portadoras asintomáticas (Svanström et al., 2021).

Por su parte, algunos virus están relacionados con el aumento de la temperatura asociada al cambio climático. En este sentido, se ha observado un posible aumento de la incidencia del virus de la encefalitis por garrapatas (TBEV) a través del consumo de leche sin pasteurizar y queso elaborado con leche no pasteurizada (Kerbo et al., 2005; Hansmann et al., 2006). Esta situación dependerá de la propagación de garrapatas en la producción primaria y de los controles ejercidos sobre los animales, aunque la vía de transmisión todavía no está claramente definida (Svanström et al., 2021).

5.3 Riesgo asociado a mohos y micotoxinas

Los mohos se ven directamente afectados por el clima, ya que condiciones de mayor temperatura y humedad facilitan su crecimiento (Tirado et al., 2010). Este crecimiento puede provocar infecciones en las plantas, dando lugar a la producción de micotoxinas por parte de especies micotoxigénicas (Tirado et al., 2010; Moretti et al., 2019; FAO, 2020). Un clima más cálido y húmedo podría dificultar los cultivos en regiones actualmente cálidas y al mismo tiempo permitir cultivar una variedad más amplia de vegetales en zonas actualmente frías (FAO, 2020). Así pues, se podría llegar a cultivar maíz, hortalizas, verduras y frutas en el centro y norte de Europa. Además, en áreas templadas se podrían observar fenómenos como floraciones más tempranas, lo que favorecería la incidencia de infecciones por mohos (van der Fels-Klerx et al., 2016; FAO, 2020). Por último, las situaciones de estrés en los cultivos, ocasionadas por períodos de sequía o de inundaciones, indudablemente facilitarán la presencia de mohos (Medina et al., 2015; FAO, 2020).

El elemento más importante en la formación de micotoxinas es el almacenamiento de los vegetales después de la recolección. En este contexto, resulta especialmente relevante la medida de la actividad de agua; un valor inferior a 0,7 se considera seguro, ya que impide tanto el crecimiento de mohos como la formación de toxinas (Paterson y Lima, 2010). Por tanto, según estos autores, la llegada de un clima cálido y húmedo representará un nuevo reto, ya que requerirá un mayor esfuerzo en la capacidad de secado de los granos de cereales en el sector agrícola. En ausencia de un secado adecuado, se prevé un mayor riesgo de contaminación por ocratoxina A y aflatoxinas (FAO, 2020). Además, entre las diferentes micotoxinas, se espera un aumento de la producción de las elaboradas por especies del género *Fusarium* (Dall'Asta y Battilani, 2016; Medina et al., 2017a). Será necesario aumentar los controles de micotoxinas en la cadena de productos frescos para garantizar la seguridad de estos alimentos (Perre et al., 2014).

A medida que aumenten las temperaturas, se espera que exista un aumento en la diversidad de especies de plagas, con la detección de insectos no habituales en zonas históricamente más frías (Tirado et al., 2010; Paterson y Lima, 2011; FAO, 2020). Estos insectos actúan como vectores de esporas de mohos, llegando a los cultivos de forma rápida. En consecuencia, estas esporas facilitarán la propagación de los mohos a los cultivos, generando estrés en las plantas, provocando daños mecánicos y favoreciendo las infecciones por éstas (Paterson y Lima, 2010; Medina et al., 2017b).

5.4 Riesgo por parásitos

El cambio climático también puede influir en las infecciones por parásitos, especialmente aquéllos que tienen una presencia ambiental significativa y una gran resistencia a las condiciones externas. Algunas investigaciones indican que el número de ciertos parásitos podría aumentar como resultado del cambio climático; por ejemplo, se ha reportado que *Anisakis simplex*, *Cryptosporidium* spp., *Giardia intestinalis* y *Toxoplasma gondii* experimentan esta tendencia (Abollo et al., 2001; Polley, 2015). En este contexto, es fundamental prestar especial atención a los patógenos que se transmiten por vía acuosa (Abollo et al., 2001; Shamsi, 2021). Esto es especialmente relevante en el caso de los protozoos, organismos unicelulares que pueden vivir como parásitos (Dietrich et al., 2023). Según estos autores, *Cryptosporidium* y *Giardia* pueden permanecer infecciosos durante largos períodos y causar enfermedades, especialmente después del consumo de alimentos crudos y contaminados. Su alta resistencia a las influencias ambientales, en particular su prolongada supervivencia en entornos acuosos, sugiere que estos parásitos podrían tener una presencia más frecuente como patógenos en el futuro (Dietrich et al., 2023).

Por otra parte, las condiciones ambientales también pueden afectar a la supervivencia y la transmisión de otros parásitos (Pozio, 2020). Con temperaturas frías, la transmisión puede limitarse, aunque pueden persistir formas resistentes de parásitos, siempre que no se alcancen temperaturas de congelación. En cambio, si las temperaturas aumentan, se facilita su transmisión debido a la mayor actividad e interacción con el medio ambiente (Polley, 2015; Pozio, 2020). Por otra parte, cuando las temperaturas son muy elevadas y las condiciones ambientales presentan una humedad relativa muy baja, la supervivencia de los parásitos disminuye y se reduce significativamente su transmisión (Pozio, 2020).

6 Conclusiones

El cambio climático está alterando significativamente la seguridad alimentaria, afectando tanto a la producción como a la distribución de los alimentos. El incremento de las temperaturas y la variabilidad de los patrones climáticos favorecen la proliferación y dispersión de organismos patógenos (bacterias, virus, parásitos y hongos productores de micotoxinas), incrementando el riesgo de enfermedades de origen alimentario. Además, estos cambios tienen impacto en factores ambientales clave –la temperatura, la humedad y la calidad del agua– que, a su vez, modifican la presencia y el comportamiento de los patógenos.

Ante este escenario, es fundamental adoptar enfoques integrados y adaptativos basados en el concepto de “una salud”, que aúnen la salud humana, animal y ambiental. La actualización de los sistemas de control (como el APPCC), el desarrollo de modelos predictivos y la mejora en la formación y las prácticas de higiene son estrategias clave para mitigar estos riesgos y garantizar la seguridad alimentaria en un contexto de cambio climático.

7 Referencias bibliográficas

- Abollo E, D'Amelio S, Pascual S. Fitness of the marine parasitic nematode *Anisakis simplex* s. str. in temperate waters of the NE Atlantic. *Dis Aquat Organ*. 2001;45(2):131–9. doi: 10.3354/dao045131.
- ACSA (Agència Catalana de Seguretat Alimentària). 2025. Memòria sobre la situació de la seguretat alimentària 2022 a Catalunya. Generalitat de Catalunya. Departament de Salut. 133 pàg.
- Assunção R. 2022. Impact of climate change on food systems – the One Health approach. *The European Journal of Public Health*, 32(Suppl. 3), ckac129.019. <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckac129.019>.
- Baker-Austin C, Trinanes J, Gonzalez-Escalona N, Martinez-Urtaza J. Non-cholera *Vibrios*: The microbial barometer of climate change. *Trends Microbiol*. 2017;25(1):76-84. doi.org/10.1016/j.tim.2016.09.008.
- BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung). 2024. Prevention of Foodborne Illness When Keeping Food Hot: BfR Opinion No 016/2024 of 19 March 2024, BfR-Stellungnahmen. Bundesinst. für Risikobewertung. <https://doi.org/10.17590/20240319-154339-0>
- Bosch A, Gkogka E, Le Guyader FS, Loisy-Hamon F, Lee A, Van Lieshout L, Marthi B, Myrmel M, Sansom A, Schultz AC, Winkler A, Zuber S, Phister T. Foodborne viruses: Detection, risk assessment, and control options in food processing. *International Journal of Microbiology*. 2018;285:110-28. doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.06.001.
- Butsch C, Beckers LM, Nilson E, Frassl M, Brennholt N, Kwiatkowski R, Söder M. Health impacts of extreme weather events - Cascading risks in a changing climate. *Journal of Health Monitoring*. 2023;8(S4):33-56. doi: 10.25646/11652.
- Chong A, Peñuelas M, Guerrero M, Cabezas C, Díaz O, Martín C, Cano R, Varela C. Brotes de transmisión alimentaria. Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica. 2012-2020. Semanas 29-38. *Boletín Epidemiológico Semanal*. 2021;29(5):23-67. <https://revista.isciii.es/index.php/bes/issue/view/274/256>
- Curriero FC, Patz JA, Rose JB, Lele S. The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States, 1948-1994. *American Journal of Public Health*. 2001;91:1194–9. doi: 10.2105/ajph.91.8.1194.
- Dall'Asta C, Battilani P. Fumonisin and their modified forms, a matter of concern in future scenario? *World Mycotoxin Journal*. 2016;9:727-39. doi.org/10.3920/WMJ2016.2058.
- Delcour I, Spanoghe P, Uyttendaele M. Literature review: Impact of climate change on pesticide use. *Food Research International*. 2015;68:7-15. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2014.09.030>.
- Dietrich J, Hammerl JA, John A, Kappenstein O, Loeffler C, Nöckler K, Rosner B, Spielmeier A, Szabo I, Richter MH. Impact of climate change on foodborne infections and intoxications. *Journal of Health Monitoring*. 2023;8(S3):78-92. doi: 10.25646/11403.
- Duchenne RA, Neetoo H. Climate Change and Emerging Food Safety Issues: A Review. *Journal of Food Protection*. 2021;84:1884-97. doi.org/10.4315/JFP-21-141.

- Duchenne R, Ranghoo-Sanmukhiya VM, Neetoo H. 2021 Impact of Climate Change and Climate Variability on Food Safety and Occurrence of Foodborne Diseases. In: Babalola, O.O. (eds) Food Security and Safety . Springer, Cham. 2021. doi.org/10.1007/978-3-030-50672-8_24.
- Dupke S, Buchholz U, Fastner J, Förster C, Frank C, Lewin A, Rickerts V, Selinka HC. Impact of climate change on waterborne infections and intoxications. *Journal of Health Monitoring*. 2023;8(S3):62-77. doi: 10.25646/11402.
- Echeita M. A., Aladueña A. M., de la Fuente M., González-Sanz R., Díez R., Arroyo M., Cerdán F., Gutierrez R, Herrera S. Análisis de las cepas de Salmonella spp aisladas de muestras clínicas de origen humano en España. Años 2004 y 2005. *Boletín Epidemiológico Semanal*. 2007;15(13):145-8.
- EEA (European Environment Agency). 2024. Responding to climate change impacts on human health in Europe: focus on floods, droughts and water Quality. EEA Report 3/2024. doi:10.2800/4810
- EFSA (European Food Safety Authority). Climate change as a driver of emerging risks for food and feed safety, plant, animal health and nutritional quality. EFSA supporting publication 2020:EN-1881. 146pp. doi:10.2903/sp.efsa.2020.EN-1881.
- FaoStat. Temperature change at land. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/ET>. [Consulta: 11 febrer 2025]
- Farkas J, Beczner J. Climate change and food safety. *Acta Alimentaria*. 2011;40:313-4. <https://doi.org/10.1556/AALIM.40.2011.3.1>.
- FAO. Impacts of climate change on fisheries and aquaculture - Synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 627. Rome, Italy: Food and Agricultural Organisation of the United Nations; 2018.
- FAO. Climate change: Unpacking the burden on food safety. Food Safety and Quality Series. Rome, Italy: Food and Agricultural Organisation of the United Nations; 2020.
- FDA. 2004. Good Manufacturing Practices for the 21st Century for Food Processing (2004 Study) Section 2: Literature Review of Common Food Safety Problems and Applicable Controls. <https://www.fda.gov/food/current-good-manufacturing-practices-cgmps-food-and-dietary-supplements/good-manufacturing-practices-21st-century-food-processing-2004-study-section-2-literature-review>.
- Flato G, Marotzke J, Abiodun B, Braconnot P, Chou S, Collins W, Cox P, Driouech F, Emori S, Eyring V, Forest C, Gleckler P, Guilyardi E, Jakob C, Kattsov V, Reason C, Rummukainen M. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Evaluation of Climate Models. In: Climate Change 2013 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: University Press; 2014. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.020>.
- González-Rivas F., Ripolles-Avila C., Fontecha-Umaña F., Ríos-Castillo A.G., Rodríguez-Jerez J.J. 2018. Biofilms in the Spotlight: Detection, Quantification, and Removal Methods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17, 1261-1276. doi.org/10.1111/1541-4337.12378.
- Grover A., Mittal D., Negi M., Lavania D. 2013. Generating high temperature tolerant transgenic plants: Achievements and challenges. *Plant Science*, 205–206, 38-47. doi.org/10.1016/j.plantsci.2013.01.005.

- Gullón P., Varela C., Martínez E. V., Gómez-Barroso, D. 2017. Association between meteorological factors and hepatitis A in Spain 2010–2014. *Environment International*, 102, 230-235. doi.org/10.1016/j.envint.2017.03.008.
- Hansen J, Sato M, Ruedy R, Lo K, Lea D, edina-Elizade M. Global temperature change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2006;103:14288-93. https://doi.org/10.1073/pnas.0606291103.
- Hansmann Y, Pierre Gut J, Remy V, Martinot M, Allard Witz M, Christmann D. Tick-borne encephalitis in eastern France. *Scandinavian Journal of Infective Diseases*. 2006;38(6-7):520-6. doi: 10.1080/00365540600585073.
- Hellberg R. S., CHU E. 2016. Effects of climate change on the persistence and dispersal of foodborne bacterial pathogens in the outdoor environment: A review. *Critical Reviews in Microbiology*, 42, 548-572. doi.org/10.3109/1040841X.2014.972335.
- Herrera M, Anadón R, Iqbal SZ, Bailly JD, Ariño A. Climate Change and Food Safety. A: Selamat J, Iqbal S (eds). *Food Safety*. Springer, Cham.; 2016. https://doi.org/10.1007/978-3-319-39253-0_8.
- Hyllestad S, Iversen A, MacDonald E, Amato E, Borge BÅS, Bøe A, Sandvin A, Brandal LT, Lyngstad TM, Naseer U, Nygård K, Veneti L, Vold L. Large waterborne *Campylobacter* outbreak: use of multiple approaches to investigate contamination of the drinking water supply system, Norway, June 2019. *Euro Surveillance*. 2020;25(35):2000011. doi: 10.2807/1560-7917.ES.2020.25.35.2000011.
- Ji F, Wu Z, Huang J, Chassignet E. Evolution of land surface air temperature trend. *Nature Climate Change*. 2014;4:462-6. https://doi.org/10.1038/NCLIMATE2223.
- Jiang C, Shaw KS, Upperman CR, Blythe D, Mitchell C, Murtugudde R, Sapkota AR, Sapkota A. Climate change, extreme events and increased risk of salmonellosis in Maryland, USA: Evidence for coastal vulnerability. *Environment International*. 2015;83:58-62. doi.org/10.1016/j.envint.2015.06.006.
- Judd E, Tierney J, Lunt D, Montañez I, Huber B, Win, S, Valdes P. A 485-million-year history of Earth's surface temperature. *Science*, 2024;385:6715. https://doi.org/10.1126/science.adk3705.
- Kerbo N, Donchenko I, Kutsar K, Vasilenko V. Tickborne encephalitis outbreak in Estonia linked to raw goat milk, May-June 2005. *Euro Surveillance*. 2005;10(6):E050623.2. doi: 10.2807/esw.10.25.02730-en.
- Kuhn K. G., Nygård K. M., Guzman-Herrador B., Sunde L. S., Rimhanen-Finne R., Trönnberg L., Jepsen M. R., Ruuhela R., Wong W. K., Ethelberg, S. 2020. *Campylobacter* infections expected to increase due to climate change in Northern Europe. *Scientific Reports*, 10, 13874. doi.org/10.1038/s41598-020-70593-y.
- Mazaheri T, Cervantes-Huamán BRH, Bermúdez-Capdevila M, Ripolles-Avila C, Rodríguez-Jerez JJ. *Listeria monocytogenes* Biofilms in the Food Industry: Is the Current Hygiene Program Sufficient to Combat the Persistence of the Pathogen? *Microorganisms*. 2021;9(181):1-19. dx.doi.org/10.3390%2Fmicroorganisms9010181.
- McMichael AJ, Woodruff RE, Hales S. Climate change and human health: present and future risks. *The Lancet*. 2006;367:859-69. doi.org/10.1016/S0140-6736(06)68079-3.

- Medina A, Rodríguez A, Magan N. Climate change and mycotoxigenic fungi: impacts on mycotoxin production. *Current Opinion in Food Science*. 2015;5:99-104. [dx.doi.org/10.1016/j.cofs.2015.11.002](https://doi.org/10.1016/j.cofs.2015.11.002).
- Medina A, Akbar A, Baazeem A, Rodríguez A, Magan N. Climate change, food security and mycotoxins: Do we know enough? *Fungal Biology Reviews*. 2017a;31:143-54. [dx.doi.org/10.1016/j.fbr.2017.04.002](https://doi.org/10.1016/j.fbr.2017.04.002).
- Medina A, González-Jartín JM, Sainz MJ.. Impact of global warming on mycotoxins. *Current Opinion in Food Science*. 2017b;18:76-81. doi.org/10.1016/j.cofs.2017.11.009.
- Miraglia M, Marvin H, Kleter G, Battilani P, Brera C, Coni E, Cubadda F, Croci L, Santis B, Dekkers S, Filippi L, Hutjes R, Noordam M, Pisante M, Piva G, Prandini A, Toti L, Born G, Vespermann A. Climate change and food safety: an emerging issue with special focus on Europe. *Food and chemical toxicology*. 2009;47(5):1009-21. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.02.005>.
- Misiou O, Koutsoumanis K. Climate change and its implications for food safety and spoilage. *Trends in Food Science and Technology*. 2021;126:142-52. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2021.03.031>.
- Moreno-Torres Molina A, Ripolles-Avila C, Rodríguez-Jerez JJ. La importància de les anàlisis i la interpretació dels resultats en el control dels microorganismes patògens en els aliments. El cas de *Listeria monocytogenes*. *TECA: Tecnologia i Ciència dels Aliments*. 2020;19:10-9.
- Moretti A, Pascale M, Logrieco AF. Mycotoxin risks under a climate change scenario in Europe. *Trends in Food Science & Technology*. 2019;84:38-40. [dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2018.03.008](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.03.008).
- Oyedele O, Akinyemi M, Kovač T, Eze U, Ezekiel C. Food safety in the face of climate change. *Croatian journal of food science and technology*. 2020;12:280-6. <https://doi.org/10.17508/CJFST.2020.12.2.12>.
- Perre E, Deschuyffeleer N, Jacxsens L, Vekeman F, Hauwaert W, Asam S, Rychlik M, Devlieghere F, Meulenaer B. Screening of moulds and mycotoxins in tomatoes, bell peppers, onions, soft red fruits and derived tomato products. *Food Control*. 2014;37:165-70. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCONT.2013.09.034>.
- Paterson R. R. M., Lima, N. 2010. How will climate change affect mycotoxins in food? *Food Research International*, 43, 1902-1914. [dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2009.07.010](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.07.010).
- Risebro HL, Doria MF, Andersson Y, Medema G, Osborn K, Schlosser O, Hunter PR. Fault tree analysis of the causes of waterborne outbreaks. *Journal Water Health*. 2007;5(1):1–18. doi: 10.2166/wh.2007.136. PMID: 17890833.
- Rohayem J. Norovirus seasonality and the potential impact of climate change. *Clinical Microbiology and Infection*. 2009;15:524-7. [10.1111/j.1469-0691.2009.02846.x](https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2009.02846.x).
- Rose JB, Epstein PR, Lipp EK, Sherman BH, Bernard SM, Patz JA. Climate variability and change in the United States: potential impacts on water- and foodborne diseases caused by microbiologic agents. *Environmental Health Perspectives*. 2001;109(2):211-21. [dx.doi.org/10.1289%2Fehp.01109s2211](https://doi.org/10.1289%2Fehp.01109s2211).
- Smith BA, Fazil A. How will climate change impact microbial foodborne disease in Canada? *Canada Communicable Disease Report*. 2019;45:108-3. doi.org/10.14745/ccdr.v45i04a05.
- Shamsi S. The occurrence of *Anisakis* spp. in Australian waters: past, present, and future trends. *Parasitology Research*. 2021;120:3007–33. doi.org/10.1007/s00436-021-07243-3

- Smith B, Ruthman T, Sparling E, Auld H, Comer N, Young I, Lammerding A, Fazil A. A risk modeling framework to evaluate the impacts of climate change and adaptation on food and water safety. *Food Research International*. 2015;68:78-85.
<https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2014.07.006>.
- Snyder C. Evolution of global temperature over the past two million years. *Nature*. 2016;538:226-8.
<https://doi.org/10.1038/nature19798>.
- Spiegel M, Fels-Klerx H, Marvin H. Effects of climate change on food safety hazards in the dairy production chain. *Food Research International*. 2012;46:201-8.
<https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2011.12.011>.
- Svanström Å, Egervärn M, Nyberg K, Lindqvist R. 2021. nr 19: Riskprofil – Mikrobiologiska faror i livsmedel vid ett förändrat klimat. Livsmedelsverkets rapportserie. Uppsala. 116pp.
<https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/publikationsdatabas/rapporter/2021/l-2021-nr-19-mikrobiologiska-faror-i-livsmedel-vid-ett-forandrat-klimat.pdf>.
- Tirado MC, Clarke R, Jaykus LA, McQuatters-Gollop A, Frank JM. Climate change and food safety: A review. *Food Research International*. 2010;43:1745-65. doi.org/10.1016/j.foodres.2010.07.003.
- Tomasevic I, Kovačević D, Jambrak A, Zsolt S, Zotte A, Martinovic A, Prodanov M, Sołowiej B, Sîrbu A, Subić J, Roljević S, Semenova A, Kročko M, Ducková V, Getya A, Kravchenko O, Djekic I. Comprehensive insight into the food safety climate in Central and Eastern Europe. *Food Control*. 2020;114:107238-107238. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107238>.
- Van Der Fels-Klerx H, Liu C, Battilani P. Modelling climate change impacts on mycotoxin contamination. *World Mycotoxin Journal*. 2016;9:717-26. doi.org/10.3920/WMJ2016.2066.