

Canvi climàtic i seguretat alimentària microbiològica

Informe aprovat pel Comitè Científic Assessor de Seguretat Alimentària al març de 2025

Resum

El canvi climàtic constitueix un repte transversal que afecta tots els esglaons de la cadena alimentària, des de la producció fins a la distribució i el consum. L'increment de les temperatures globals i la variabilitat dels patrons meteorològics influeixen directament en la proliferació i distribució de perills biològics, fet que pot traduir-se en un augment de malalties d'origen alimentari.

Factors com la temperatura, les precipitacions, el pH, la salinitat i la intensitat de la llum exerceixen una influència crucial en la contaminació i la seguretat dels aliments. Els canvis en aquests paràmetres poden modificar tant la presència de patògens com la qualitat dels cultius i productes alimentaris, afectant la disponibilitat d'aigua potable i incrementant el risc de contaminació en diferents etapes del processament.

Atès el complex escenari que es planteja, es fa imprescindible adoptar mesures amb un enfocament global que integrin la salut humana i l'animal al medi ambient. Això ha de traduir-se en la revisió i adaptació dels sistemes de control, en el desenvolupament de marcs de modelatge de risc i en la implementació de mesures preventives adequades a l'evolució que es detecti. La recollida sistemàtica de dades epidemiològiques, el desenvolupament de noves tecnologies per al monitoratge i la detecció de perills, així com la col·laboració entre autoritats, indústria i comunitat científica seran claus per adaptar-se als nous escenaris que se'n deriven.

Paraules clau

canvi climàtic, seguretat alimentària microbiològica

Membres del Comitè Científic Assessor: Marta Barenys Espadaler, Albert Bosch Navarro, Sara Bover Cid, Joaquim Castellà Espuny, Mariano Domingo Álvarez, M. Teresa Dordal Culla, Santiago Lavín González, Abel Mariné Font, Martí Nadal Lomas, José Juan Rodríguez Jerez, Jordi Salas-Salvadó, Vicent Sanchis Almenar, Jordi Serratosa Vilageliu, Antonio Velarde Calvo i M. Carmen Vidal Carou (presidenta).

Grup de treball: José Juan Rodríguez Jerez, Albert Bosch Navarro, Vicent Sanchis Almenar, Sara Bover Cid

Data de publicació: maig de 2025

Aquest informe reflecteix el punt de vista dels autors i del Comitè Científic Assessor, però no reflecteix necessàriament el punt de vista de la institució per la qual treballen.

Alguns drets reservats

© 2025, Generalitat de Catalunya. Departament de Salut.



Els continguts d'aquesta obra estan subjectes a una llicència de Reconeixement-NoComercial-SenseObresDerivades 4.0 Internacional.

La llicència es pot consultar a la pàgina [web de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Unitat promotora:

Agència Catalana de Seguretat Alimentària.

Assessorament lingüístic:

Servei de Planificació Lingüística del Departament de Salut.

DOI

10.62727/DSalut.ASPC/13032

Climate change and microbiological food safety

Summary

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

Index

1	Riscos biològics davant del canvi climàtic	6
2	Evolució de les temperatures mitjanes	8
3	Reptes dels sistemes de control de la seguretat alimentària	12
4	Algunes dades epidemiològiques.....	15
5	Reptes davant del control del risc biològic.....	21
5.1	Riscos associats a bacteris	21
5.2	Riscos associats als virus.....	23
5.3	Risc associat a floridures i micotoxines.....	25
5.4	Risc per paràsits	26
6	Conclusions	27
7	Referències bibliogràfiques.....	28

1 Riscos biològics davant del canvi climàtic

El canvi climàtic planteja desafiaments significatius per a la seguretat alimentària en influir en l'ocurrència i distribució de perills biològics. A mesura que les temperatures globals augmenten i els patrons meteorològics es tornen més imprevisibles, la seguretat dels sistemes alimentaris està cada cop més en risc (Herrera et al., 2016). Es preveu que el canvi climàtic exacerbi les malalties de transmissió alimentària afectant l'ocurrència, persistència i virulència dels microorganismes (Duchenne i Neetoo, 2021). L'augment de les temperatures i els patrons alterats de precipitació poden afavorir el creixement i la propagació de bacteris, virus i paràsits, la qual cosa comporta majors riscos de malalties de transmissió alimentària (Herrera et al., 2016; Duchenne i Neetoo, 2021; Misiou i Koutsoumanis, 2022).

A més a més, s'espera que l'escalfament global augmenti el risc de contaminació per micotoxines en els cultius, especialment en els cereals. Els canvis en la temperatura i la humitat poden afavorir el creixement de fongs micotoxigènics, que produeixen toxines nocives que comprometen la seguretat alimentària (Miraglia et al., 2009; Herrera et al., 2016; Medina et al., 2017).

Per mitigar els impactes del canvi climàtic en la seguretat alimentària són essencials enfocaments integrats i estratègies d'adaptació (Tirado et al., 2010). Això inclou el desenvolupament de marcs de modelatge de risc per avaluar els riscos per a la salut pública i la implementació de mesures d'intervenció per adaptar-se als impactes canviants del clima (Tirado et al., 2010; Smith et al., 2015).

Davant d'aquests reptes, és necessari adoptar un enfocament basat en “una salut” per abordar la interconnexió entre la salut humana, animal i ambiental. Aquest model pot guiar el desenvolupament de polítiques i estratègies destinades a garantir la seguretat alimentària en el context del canvi climàtic (Duchenne i Neetoo, 2021; Assunção, 2022).

Al mateix temps, les empreses del sector alimentari s'han d'adaptar a aquests canvis mitjançant la implementació de mesures de control de riscos, que inclouen, entre d'altres, un monitoratge acurat de les temperatures al llarg de tota la cadena alimentària, una millora en la gestió de l'aigua i de l'energia, una comunicació eficaç dels problemes de contaminació detectats en els seus autocontrols i un reforç de la seva capacitat de resposta (Tomasevic et al., 2020).

En aquest sentit, el canvi climàtic altera el cicle de l'aigua i en modifica els patrons de precipitació, fet que pot provocar inundacions, sequeres i escassetat d'aigua. A més, contribueix a l'augment del nivell del mar i modifica la temperatura, la composició química i la biota de l'aigua (EEA, 2024).

Actualment ens trobem en situacions d'avaluació de risc, on es calcula el risc potencial amb la finalitat de prevenir problemes relacionats amb la salut pública. Per aquest motiu, totes les avaluacions i simulacions que es duen a terme formen part d'una estratègia preventiva destinada a detectar la presència de patògens i toxines en les matèries primeres, l'aigua i els processos industrials o domèstics. Les dades epidemiològiques indiquen un increment de bacteris com *Escherichia coli* i *Salmonella* spp., microorganismes que es poden detectar en qualsevol producte cru o deficientment manipulat (Duchenne et al., 2021).

En definitiva, es preveu que el canvi climàtic tingui un impacte en la seguretat alimentària i, per tant, que acabi afectant la producció, l'emmagatzematge i la distribució dels aliments. Aquest impacte podria derivar en problemes en la gestió de l'aigua i en un augment de les malalties d'origen alimentari (Farkas i Beczner, 2011; EEA, 2024).

2 Evolució de les temperatures mitjanes

L'evolució de les temperatures mundials és un aspecte crític per entendre el canvi climàtic, ja que proporciona informació sobre la dinàmica del sistema climàtic de la Terra al llarg de diversos períodes de temps. Aquest tema abasta l'estudi dels canvis de temperatura des de fa milions d'anys fins al present i dels factors que influeixen en aquests canvis.

En els darrers 2 milions d'anys, les temperatures globals han experimentat fluctuacions significatives, amb una tendència general de refredament que es va estancar fa un 1,2 milions d'anys. Aquest refredament va precedir la transició del plistocè mitjà i l'augment de la mida de les capes de gel, cosa que suggereix que, si bé el refredament podria haver preparat el terreny per als cicles glacials, no en va ser l'única causa (Snyder, 2016). Durant l'eó fanerozoic (els darrers 485 milions d'anys), la temperatura de la Terra ha variat entre 11 °C i 36 °C, amb el CO₂ identificat com a principal factor de control de les variacions climàtiques (Judd et al., 2024).

El segle passat, les temperatures de la superfície global han augmentat a una velocitat sense precedents, amb un escalfament notable que va començar cap al 1900 i que es va accelerar des de llavors fins al 1980. L'escalfament més ràpid s'ha produït a les latituds mitjanes del nord (Ji et al., 2014). En els darrers 30 anys, la temperatura de la superfície global ha augmentat aproximadament 0,2 °C per dècada, amb variacions regionals significatives (Hansen et al., 2006).

En aquest sentit, l'increment de les temperatures es diferent en funció de la regió del món avaluada (FAOSTAT). D'acord amb la recopilació de dades internacionals, l'increment de la temperatura mitjana a escala mundial és superior a 1,5 °C. Si el comparem amb l'augment de temperatura mitjana a Europa, aquesta està superant els 2,4 °C, i a Espanya ja s'han superat els 2,5°C (gràfics 1-3). A Catalunya l'increment de temperatura mitjà es troba al voltant dels 2,5 °C (gràfic 4).

Gràfic 1. Evolució de les temperatures mitjanes al món



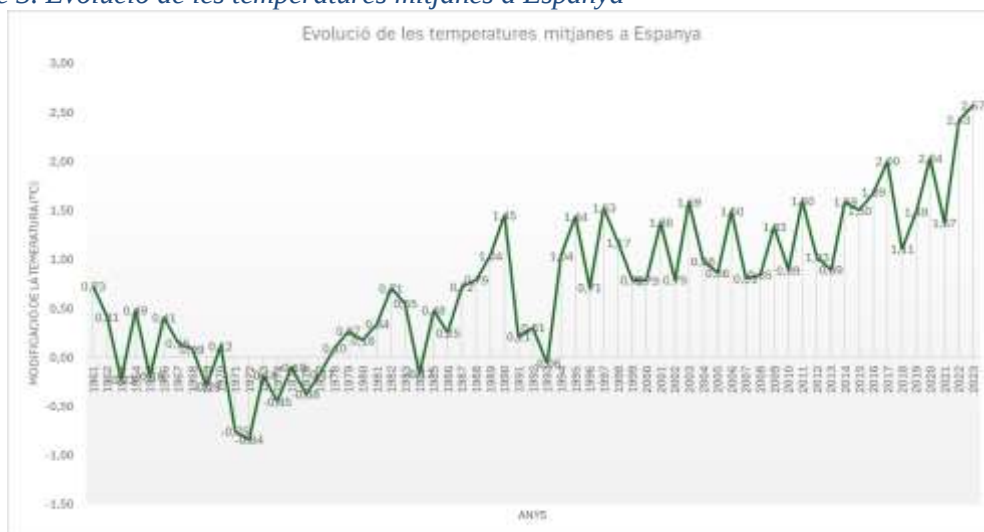
Font: FAOSTAT.

Gràfic 2. Evolució de les temperatures mitjanes a Europa



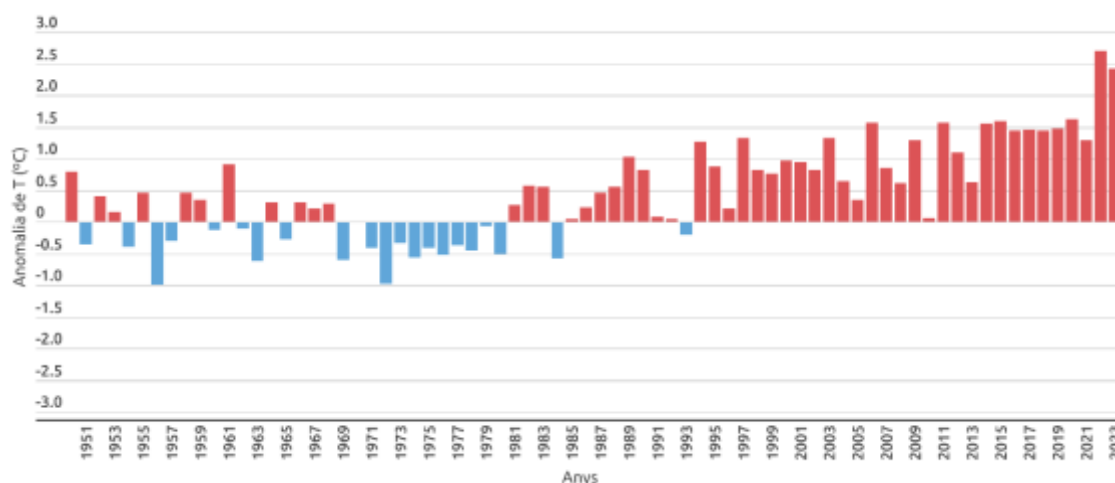
Font: FAOSTAT.

Gràfic 3. Evolució de les temperatures mitjanes a Espanya



Font: FAOSTAT.

Gràfic 4. Evolució de les temperatures mitjanes a Catalunya



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

El desenvolupament industrial i les diverses activitats humanes, com ara l'agricultura, la ramaderia i l'increment constant de la població mundial, han comportat un augment significatiu de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (FAO, 2008 i 2020). Aquestes emissions han tingut un impacte directe en el clima, generant transformacions que excedeixen les variacions naturals històriques i provocant un augment de les temperatures mitjanes, que es preveu que persisteixi durant el proper segle (FAO, 2008 i 2020; EFSA, 2020).

A escala mundial, aquestes alteracions impliquen un increment de la temperatura mitjana anual, canvis en la freqüència i la intensitat de les precipitacions, variacions en la disponibilitat d'aigua potable en diverses àrees geogràfiques, augment del nivell del mar i major acidificació dels oceans (FAO, 2020; EEA, 2024). Tot i que els models climàtics han experimentat una millora notable en la simulació de la temperatura superficial, encara presenten aspectes que cal perfeccionar (Flato et al., 2014). Hi ha una forta correlació entre les concentracions de CO₂ atmosfèric i la temperatura mitjana global de la superfície (GMST), cosa que indica que el CO₂ és un dels principals impulsors del canvi climàtic (Spiegel et al., 2012). Es calcula que la sensibilitat del sistema terrestre a la duplicació del CO₂ és d'uns 8 °C al llarg de les escales temporals geològiques (Spiegel et al., 2012). L'estabilització dels nivells actuals de gasos d'efecte hivernacle podria ja comprometre la Terra a un escalfament futur significatiu (Snyder, 2016).

Factors naturals com l'activitat volcànica, la irradiància solar i els patrons de circulació oceànica, com la circulació meridional de retorn de l'Atlàntic, han influït històricament en la variabilitat climàtica (Miraglia et al., 2009). No obstant això, els recents canvis de temperatura s'atribueixen principalment a influències antropogèniques, especialment a les emissions de gasos d'efecte hivernacle (Miraglia et al., 2009; Herrera et al., 2016). Les projeccions suggereixen que les temperatures globals continuaran augmentant a causa de les influències antropogèniques, amb possibles modificacions per factors naturals com les erupcions volcàniques i els esdeveniments del "El Niño-Southern Oscillation" (ENSO). El repte rau a predir amb precisió aquests canvis, especialment a escala regional (Miraglia et al., 2009).

Aquests canvis poden afectar diverses àrees de la vida diària. No obstant això, pel que fa a l'alimentació, sembla evident que una de les activitats amb més impactes serà la producció d'aliments, ja que les zones càlides es veuran amb més dificultats per a la producció agrícola i ramadera (Tirado, 2010; altres zones FAO, 2020). La producció d'aliments depèn, en gran mesura, de la disponibilitat d'aigua, de la temperatura i del control de plagues i males herbes (Paterson i Lima, 2011). A mesura que la temperatura mitjana augmenta, els insectes poden colonitzar àrees on anteriorment no podien sobreviure, amb la propagació de malalties víriques transmeses per artròpodes, com el dengue, el virus del Nil occidental, el chikungunya, o la febre hemorràgica de Crimea-Congo (Paterson i Lima, 2010; Medina et al., 2017b), fet que podria incrementar la necessitat d'aplicar-hi plaguicides (Delcour et al., 2015).

Per afrontar aquests reptes, d'una banda, serà fonamental implementar bones pràctiques agrícoles i desenvolupar noves substàncies i tecnologies més eficients per controlar aquestes amenaces emergents (Duchenne et al., 2021). I de l'altra, potser es podria revisar l'actual rebuig d'Europa envers els cultius transgènics, atès que es requereixen solucions més eficaces per garantir una provisió suficient d'aliments a un preu raonable (Grover et al., 2013).

3 Reptes dels sistemes de control de la seguretat alimentària

A Europa és obligatòria la implementació del sistema d'anàlisi de perills i punts crítics de control (APPCC), amb el compliment dels seus prerequisits, la seva avaluació i una gestió acurada que inclou la implementació de bones pràctiques de producció en el sector primari (FAO, 2008, 2020). Davant de l'escenari de canvi climàtic, que comporta un increment progressiu de les temperatures mitjanes, sorgeixen nous reptes fins ara desconeguts que caldrà integrar als sistemes de control per assegurar una gestió eficaç de la seguretat alimentària (FAO, 2020).

Les temperatures mitjanes anuals estan augmentant més ràpidament als països freds que als càlids (gràfics 1-3), fet que podria comportar situacions desconegudes en regions com els països nòrdics. No obstant això, fins ara no s'ha detectat un increment significatiu de les malalties de transmissió alimentària (gràfic 4). Per tant, encara és possible observar l'evolució que s'està produint als països mediterranis i, en funció d'això, implementar-hi mesures eficaces. D'acord amb les dades epidemiològiques, és necessari millorar la formació dels manipuladors d'aliments i reforçar el control efectiu de les temperatures, evitant la interrupció de la cadena de fred (BES, 2021). És especialment important destacar que el rentat de mans, combinat amb el compliment rigorós de les mesures higièniques, constitueix actualment una de les millors estratègies per prevenir la transmissió de malalties (Bosch et al., 2018). A més, resulta rellevant valorar científicament diversos enfocaments en l'avaluació de riscos, com ara la consideració del mostreig i la transferència de microorganismes entre diferents àrees de producció d'aliments (Moreno-Torres Molina et al., 2020; Mazaheri et al., 2021). A més, l'increment en la detecció de la formació de biofilms subratlla la necessitat d'entendre millor com controlar-los i eliminar-los, així com s'han d'adaptar i millorar els sistemes de neteja i desinfecció (González-Rivas et al., 2018).

No hi ha dades precises sobre l'impacte del clima en els perills microbiològics, principalment a causa de les dificultats per identificar relacions directes entre el canvi climàtic i els microorganismes habitualment associats a malalties de transmissió alimentària (EEA, 2024).

Tot i que les previsions inicials relacionaven l'augment de temperatures amb un increment dels brots associats a enterobacteris, recentment s'ha evidenciat un augment en la detecció de microorganismes del gènere *Vibrio*, vinculat a l'elevació de la temperatura de l'aigua del mar (EEA, 2024). Així, el canvi climàtic suposarà un repte important per a la seguretat alimentària, que requerirà el desenvolupament de noves estratègies per controlar tant els nous perills com els perills emergents associats als aliments (Oyedele et al., 2020).

Les relacions entre els factors ambientals i la seguretat alimentària es resumeixen a la taules 1, 2, 3 i 4, a partir del treball publicat per Duchane et al. (2021a, b). Diversos factors, com la temperatura, les precipitacions, el pH, la salinitat i la intensitat de la llum, exerceixen un impacte significatiu sobre la seguretat alimentària. Per exemple, un augment de la temperatura pot incrementar la presència de paràsits en peixos i plantes d'aigua dolça, així com afavorir la proliferació de noves espècies de fongs productors de micotoxines en el blat de moro a Europa. Això es pot traduir en un augment de malalties com la mastitis en les vaques o *Salmonella* spp. en aus de corral, mentre que una disminució de les temperatures podria derivar en una major contaminació de baies per virus, com ara el norovirus i l'hepatitis A.

Les variacions en les precipitacions i els nivells d'humitat també poden afectar la contaminació dels aliments. Un increment de les precipitacions pot facilitar la interiorització de patògens com *Escherichia coli* i *Salmonella* en verdures de fulla verda, així com incrementar la contaminació dels mariscs per organismes indicadors fecals, a causa de l'escorrentia d'aigua. D'altra banda, les condicions humides poden afavorir la contaminació del blat de moro per micotoxines produïdes per fongs xeròfils.

Finalment, els canvis en el pH i la salinitat dels ecosistemes aquàtics, juntament amb l'increment de la llum solar, també poden influir en la seguretat alimentària. La reducció del pH dels oceans pot conduir a un augment de les algues tòxiques, mentre que una disminució de la salinitat pot incrementar la bioacumulació de metalls tòxics en mol·luscs. A més, un augment de la intensitat de la llum solar pot estimular el creixement d'algues tòxiques, elevant el risc de contaminació en mariscs i altres productes aquàtics.

A continuació presentem, en 4 taules, un resum dels principals efectes dels factors ambientals que depenen del clima (temperatura, precipitacions i humitat, pH i salinitat i llum) sobre el comportament dels patògens transmesos pels aliments i impacte en la seguretat alimentària:

Taula 1. Resum dels principals efectes de la temperatura sobre el comportament dels patògens transmesos pels aliments i impacte en la seguretat alimentària

Augment de la temperatura	Disminució de la temperatura
• Augment de l'aparició de paràsits en peixos i plantes d'aigua dolça • Detecció de noves espècies de fongs productors de micotoxines al blat de moro a Europa • Augment de la incidència de mastitis a les vaques • Augment de <i>Salmonella</i> spp. a les aus de corral • Augment del nombre de cèl·lules de <i>Vibrio</i> spp. en els mariscs	• Augment de la contaminació de baies per norovirus i hepatitis A

Taula 2. Resum dels principals efectes de les precipitacions i humitat sobre el comportament dels patògens transmesos pels aliments i impacte en la seguretat alimentària

Augment de les precipitacions	Disminució de les precipitacions
• Interiorització d'<i>E. coli</i> patògens i <i>Salmonella</i> spp. en verdures de fulla verda • Augment de la contaminació dels mariscs per organismes indicadors fecals a causa de l'escorrentia d'aigua • Augment del risc de dispersió d'esquitxades i <i>Salmonella</i> spp. en aerosol que infecti els tomàquets a causa de l'augment de la freqüència de períodes curts de fortes pluges	• Augment de la contaminació de micotoxines per fongs xeròfils al blat de moro en l'etapa de precollita

Taula 3. Resum dels principals efectes del pH i la salinitat sobre el comportament dels patògens transmesos pels aliments i impacte en la seguretat alimentària

Disminució del pH	Disminució de la salinitat
• L'acidificació dels oceans condueix a un augment de les algues tòxiques	• Augment de la bioacumulació de metalls pesants en mol·luscs

Taula 4. Resum dels principals efectes de la llum sobre el comportament dels patògens transmesos pels aliments i impacte en la seguretat alimentària

Augment de la llum	Disminució de la llum
• Afavoreix l'augment de les algues tòxiques	• Disminució de les precipitacions

Per avaluar els nous reptes, l'EFSA està coordinant un grup de científics internacionals que ha desenvolupat un nou mètode per definir els riscos emergents que afecten la seguretat dels aliments, tenint en compte els perills associats al canvi climàtic. Aquest mètode es coneix com a CLEFSA (Climate change as a driver of emerging risks for food and feed safety, plant, animal health and nutritional Quality – El canvi climàtic com a motor de riscos emergents per a la seguretat alimentària i de pinsos, la salut vegetal i animal i la qualitat nutricional) (EFSA, 2020). Aquesta metodologia es troba en fase de desenvolupament i s'esperen noves aportacions en els pròxims anys.

4 Algunes dades epidemiològiques

Una informació important en seguretat alimentària és conèixer les dades epidemiològiques per avaluar el risc associat al consum d'aliments. L'any 2021 es van publicar les dades extretes del sistema de brots de la RENAVE del període 2012-2020 (Chong et al., 2021). A més, és un fet repetitiu que aquestes malalties tenen un caràcter estacional, amb un augment molt significatiu en els mesos càlids. Hi ha registres que correlacionen l'augment de temperatura amb un increment del risc de transmissió de malalties de transmissió alimentària.

L'origen de les malalties de transmissió alimentària es troba en males pràctiques higièniques que tenen lloc a la llar. Cal destacar que són les mateixes males pràctiques que ocorren a bars i restaurants. En aquest període, comprès entre els anys 2012 i 2020, aquests errors suposen més del 80% dels brots notificats (Chong et al., 2021). Això significa que és necessària una formació complementària, tant per als consumidors com per a la multitud d'establiments on es preparen i se serveixen menjars. Un esforç en aquest sentit, especialment els mesos càlids, podria suposar una reducció significativa en la transmissió d'aquestes malalties. N'és un clar exemple el fet de no mantenir els aliments en refrigeració en barbacoes, pícnic o àpats a l'aire lliure (Smith i Fazil, 2019). Això ens pot fer suposar que les mals pràctiques higièniques en activitats d'esplai suposaran un problema actualment difícil de quantificar.

Si considerem els diferents patògens declarats durant el període comprès entre 2012 i 2020, destaca *Salmonella* spp., amb un total de 2.131 brots (taula 5). Tot i això, l'anàlisi de les dades publicades permet calcular el nombre de casos per brot. En ordenar els microorganismes segons aquest criteri, destaquen *Clostridium perfringens*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Campylobacter* spp. i *Bacillus cereus* (taula 5).

És important destacar el paper dels microorganismes esporulats, ja que l'increment en el nombre de brots i casos s'associa amb l'escalfament dels aliments i el seu manteniment posterior a temperatura ambient (BfR, 2024). És ben conegut que la cocció d'un aliment contribueix a la seva seguretat. No obstant això, les dades podrien indicar que la manca de refrigeració adequada, especialment després de la cocció, pot constituir un risc subestimat. A més, si aquesta situació es produeix en contextos on les temperatures ambientals són més elevades del previst, s'esperaria un augment de les malalties associades a aquests microorganismes.

Taula 5. Microorganismes responsables de malalties de transmissió alimentària a Espanya 2012-2022.

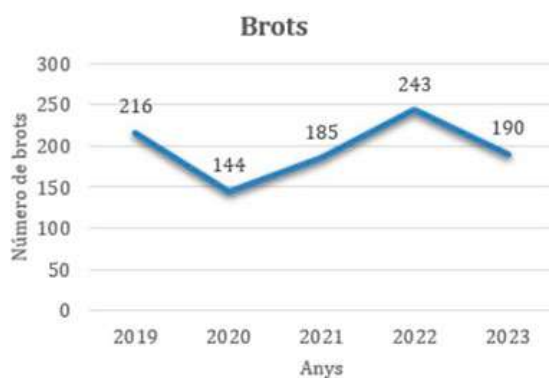
AGENT CAUSAL	BROTS	CASOS	Casos / Brot
<i>Clostridium perfringens</i>	107	5.208	48,7
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	8	156	19,5
<i>Campylobacter</i> spp.	115	1.658	14,4
<i>Bacillus cereus</i>	42	511	12,2
<i>Shigella</i> spp.	10	107	10,7
<i>Escherichia coli</i>	23	244	10,6
<i>Listeria monocytogenes</i>	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

Font: BES, 2021.

D'altra banda, s'han comparat les dades de les malalties de transmissió alimentària publicades per l'EFSA, entre els anys 2019 i 2023, comparant les dades de països europeus freds —països nòrdics— (Dinamarca, Finlàndia, Noruega i Suècia) i països càlids (Itàlia i Espanya) (gràfics 5-10).

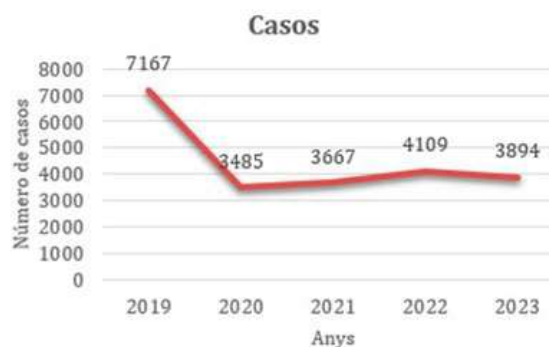
Als països nòrdics, el nombre de brots es manté relativament estable, amb una mitjana d'aproximadament 200 brots anuals. No obstant això, el nombre de casos es va reduir significativament entre els anys 2019 i 2020, estabilitzant-se posteriorment en valors inferiors a 4.000 casos per any. Pel que fa al nombre de persones hospitalitzades, se n'ha observat una clara disminució a partir de l'any 2021 (gràfics 5-7).

Gràfic 5. Dades epidemiològiques als països nòrdics (Dinamarca, Finlàndia, Noruega i Suècia). Nombre de brots.



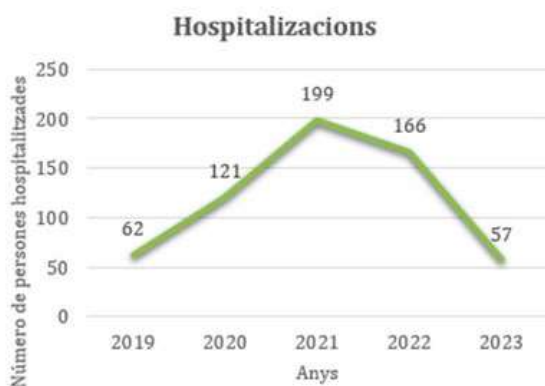
Font: EFSA foodborne outbreaks. Tiem trend.

Gràfic 6. Dades epidemiològiques als països nòrdics (Dinamarca, Finlàndia, Noruega i Suècia). Nombre de casos



Font: EFSA foodborne outbreaks. Tiem trend.

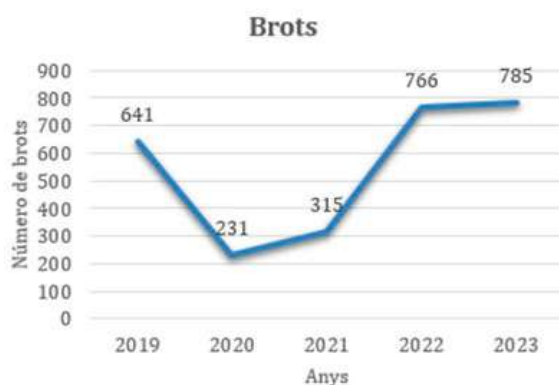
Gràfic 7. Dades epidemiològiques als països nòrdics (Dinamarca, Finlàndia, Noruega i Suècia). Nombre d'hospitalitzacions



Font: EFSA foodborne outbreaks. Tiem trend.

Tanmateix, en els països càlids s'ha observat un augment progressiu des de l'any 2020, tant del nombre de brots, com del de casos i hospitalitzacions (gràfics 8-10). Així doncs, sembla que la temperatura ambient exerceix una influència significativa sobre els tres indicadors analitzats.

Gràfic 8. Dades epidemiològiques als països mediterranis (Itàlia i Espanya). Nombre de brots.



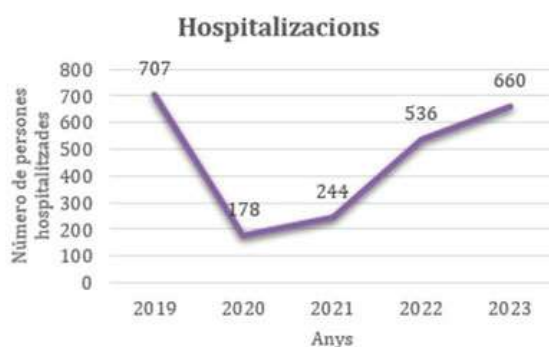
Font: EFSA foodborne outbreaks. Tiem trend.

Gràfic 9. Dades epidemiològiques als països mediterranis (Itàlia i Espanya). Nombre de casos



Font: EFSA foodborne outbreaks. Tiem trend.

Gràfic 10. Dades epidemiològiques als països mediterranis (Itàlia i Espanya). Nombre d'hospitalitzacions



Font: EFSA foodborne outbreaks. Tiem trend.

Revisant les dades de Catalunya, pel que fa al nombre de brots, de casos i d'hospitalitzacions, s'aprecia una evolució accelerada a partir de l'any 2020 (gràfics 11-13). Mentre que el nombre de brots i casos suposa al voltant del 20% dels casos registrats a Espanya, el nombre d'hospitalitzacions és sensiblement inferior el 2023, amb un percentatge inferior al 10%.

Gràfic 11. Dades epidemiològiques a Catalunya. Nombre de brots



Font: ASPCAT, 2025.

Gràfic 12. Dades epidemiològiques a Catalunya. Nombre de casos



Font: ASPCAT, 2025.

Gràfic 13. Dades epidemiològiques a Catalunya. Nombre d'hospitalitzacions



Font: ASPCAT, 2025.

5 Reptes davant del control del risc biològic

Els agents biològics suposen, probablement, la font més important de risc per a la salut dels consumidors. D'entre aquests, la prevalença dels bacteris històricament responsables de malalties transmeses per aliments, com els enterobacteris, probablement experimentarà un increment, fet del qual en quedarà constància en els informes epidemiològics. Tanmateix, cal considerar també el risc associat als bacteris del gènere *Vibrio*, atès l'increment de la temperatura de l'aigua marina i la variació en la seva salinitat (EEA, 2024). A més, s'estima que els virus d'origen alimentari podrien incrementar la seva influència en la seguretat dels aliments a causa del canvi climàtic. D'altra banda, també s'espera un augment de la presència de floridures, especialment en els aliments d'origen vegetal. Finalment, el canvi climàtic pot afavorir el creixement de microorganismes que alterin els aliments, fet que pot contribuir a un major malbaratament alimentari. Aquest escenari requereix l'adopció d'enfocaments multidisciplinaris per afrontar els possibles impactes no només sobre la seguretat, sinó també sobre la qualitat i estabilitat dels aliments (Misiou i Koutsoumanis, 2021).

5.1 Riscos associats a bacteris

Hi ha diversos factors que poden afectar el creixement dels bacteris, destacant-se la temperatura ambient (McMichael et al., 2006). Per tant, els canvis en el clima i les seves conseqüències poden influir no només en la taxa de creixement bacterià, sinó també en la diversitat, les interaccions entre microorganismes i la probabilitat de transmissió als consumidors a través dels aliments (Hellberg i Chu, 2016). S'ha observat un augment de les infeccions per bacteris patògens d'origen intestinal després de fortes pluges i inundacions, probablement a causa de la dispersió de la contaminació fecal present als sòls contaminats o en l'aigua potable (Hyllestad et al., 2020). Això no obstant, en períodes de sequera, els casos detectats per aquests microorganismes tendeixen a disminuir (Kuhn et al., 2020).

És generalment acceptat que, a temperatures més elevades, s'observa una taxa de creixement bacterià més alta, atribuïble al fet que l'alteració dels comportaments de consum durant els mesos d'estiu té un efecte indirecte important en l'augment de les malalties de transmissió alimentària, ja que està associada a una exposició més gran als patògens (Dietrich et al., 2023). Diversos estudis han demostrat que un augment de les temperatures ambientals es correlaciona amb un major nombre d'infeccions per bacteris dels gèneres *Campylobacter*, *Salmonella* i *Vibrio* (Jiang et al., 2015; Baker-Austin et al., 2017; Dietrich et al., 2023).

La temperatura pot afectar la transmissió de *Salmonella* als humans a través de diverses vies, tant directament, afavorint la multiplicació de *Salmonella*, com indirectament, modificant els hàbits alimentaris durant els dies de calor (Dietrich et al., 2023). L'augment de la temperatura facilita el creixement d'aquest microorganisme, fet que condueix a concentracions més elevades en aliments contaminats durant els mesos més càlids. Això es deu, entre altres factors, a una mala preparació i refrigeració dels aliments, pràctiques que també són més habituals durant aquests períodes (Dietrich et al., 2023).

Tot i que les infeccions per *Campylobacter* es registren al llarg de l'any, solen augmentar durant els mesos d'estiu, fins i tot en casos no relacionats amb viatges. Per tant, a mesura que l'escalfament global avança com a conseqüència del canvi climàtic, i amb l'augment de períodes càlids perllongats, s'espera un increment dels casos d'infecció per *Campylobacter* en humans (Dietrich et al., 2023).

Cal destacar l'increment d'infeccions detectades per *Vibrio* spp., bacteris habituals en ambients aquàtics. Dins d'aquest gènere, *Vibrio parahaemolyticus*, *V. vulnificus* i *V. cholerae* són patògens rellevants per als humans. Els serotips O1/O139 de *Vibrio cholerae*, que produeixen la toxina del còlera, són rellevants a escala mundial, ja que poden provocar brots pandèmics en regions tropicals i subtropicals amb condicions higièniques deficientes de l'aigua, rarament associats amb el consum d'aliments (Dietrich et al., 2023). A Europa, les malalties gastrointestinals per *Vibrio* estan principalment relacionades amb l'hemolisina produïda per *Vibrio parahaemolyticus* i amb el consum de marisc cru o poc cuinat. Per altra banda, *Vibrio vulnificus* té un paper clau en les infeccions greus de ferides, les quals es veuen influenciades pels efectes del canvi climàtic, especialment pel contacte directe amb aigües contaminades (Dupke et al., 2023).

La càrrega de *Vibrio* spp. en ambients aquàtics està fortament influïda per la temperatura i la salinitat de l'aigua, ja que aquests bacteris creixen preferentment en aigües càlides (temperatures superiors a 15 °C) i en condicions de salinitat baixa-moderada (EEA, 2024). Aquesta característica és especialment rellevant en el context del canvi climàtic, ja que indubtablement suposarà un major risc per al consum de peix i productes de la pesca insuficientment cuinats (EFSA, 2020). Pel que fa a *Campylobacter*, diversos estudis han descrit una relació directament proporcional entre l'augment de la temperatura mitjana i la incidència d'infeccions (Kuhn et al., 2020).

Des d'un altre punt de vista, l'augment de la temperatura ambiental pot incrementar la probabilitat que els animals pateixin infeccions. Això podria comportar una major necessitat de recórrer als antibiòtics, fet que, al seu torn, potenciarà l'aparició d'antibioresistències (EFSA, 2020). Per tant, es podria establir un vincle entre el canvi climàtic i un augment de la resistència als antibiòtics en bacteris capaços de provocar infeccions en humans (FAO, 2020).

5.2 Riscos associats als virus

El risc de contaminació per virus no es relaciona directament amb l'augment de les temperatures (Duchane et al., 2021a, b). No obstant això, aquest risc pot incrementar-se durant els períodes secs a causa de la reducció del volum d'aigua i del cabal dels rius, fet que pot afavorir la propagació d'infeccions d'origen hídric i malalties gastrointestinals (Butsch et al., 2023). Hi ha diversos virus relacionats amb malalties de transmissió alimentària. Entre aquests, cal destacar el virus de l'hepatitis E (HEV), el virus de l'hepatitis A (HAV), el virus de l'encefalitis transmesa per paparres (TBEV), així com els norovirus, sapovirus, astrovirus i rotavirus (Rose et al., 2001; Rohayem, 2009; Tirado et al., 2010; Gullón et al., 2017; Bosch et al., 2018; Oka et al., 2015). La via principal de transmissió és la fecal-oral (Bosch et al., 2018).

Aquestes infeccions es poden classificar en tres grups principals: les que causen gastroenteritis, les que es repliquen a l'intestí provocant hepatitis i les que, després de multiplicar-se als intestins, es difonen a altres òrgans, originant infeccions del sistema nerviós central o infeccions hepàtiques (Koopmans i Duizer, 2004). D'entre aquests, els norovirus són considerats els més rellevants per a la seguretat alimentària a escala global (Bosch et al., 2018).

La contaminació per aquests virus sorgeix principalment a partir de l'exposició a excrements humans, que poden afectar el medi ambient, l'aigua i els aliments. En el cas dels virus zoonòtics, els excrements animals també hi tenen un paper important (FAO, 2008), fet que pot incrementar el risc d'infecció durant esdeveniments com inundacions, quan es fan servir aigües residuals (Tirado et al., 2010). A més, s'ha observat que, després de pluges intenses, augmenten els casos d'infecció pel virus de l'hepatitis A i altres virus responsables de gastroenteritis (Curriero et al., 2001; Risebro et al., 2007; Gullón et al., 2017).

Cal destacar que els virus no es repliquen als aliments; per tant, un augment de la temperatura ambiental no influeix directament en la seva multiplicació. De fet, les infeccions per virus com els norovirus, astrovirus o rotavirus són més freqüents durant períodes més freds (FAO, 2008, 2020).

A causa dels canvis en les condicions climàtiques, també es pot esperar l'aparició de nous patògens zoonòtics i un increment d'infeccions víriques transmeses per l'aigua (Butsch et al., 2023), que poden afectar verdures i fruites fresques, donant lloc a brots quan aquests productes no es desinfecten correctament (Svanström et al., 2021; Butsch et al., 2023). També és rellevant el risc associat als mol·luscs bivalves –com ara musclos i ostres– que es consumeixen crus o amb un tractament tèrmic inadequat, així com altres aliments manipulats per persones portadores asimptomàtiques (Svanström et al., 2021).

D'altra banda, alguns virus estan relacionats amb l'augment de la temperatura associada al canvi climàtic. En aquest sentit, s'ha observat un possible augment de la incidència del virus de l'encefalitis per paparres (TBEV) a través del consum de llet sense pasteuritzar i formatge elaborat amb llet no pasteuritzada (Kerbo et al., 2005; Hansmann et al., 2006). Aquesta situació dependrà de la propagació de paparres en la producció primària i dels controls exercits sobre els animals, tot i que la via de transmissió encara no està clarament definida (Svanström et al., 2021).

5.3 Risc associat a floridures i micotoxines

Les floridures es veuen directament afectades pel clima, ja que condicions de major temperatura i humitat en faciliten el creixement (Tirado et al., 2010). Aquest creixement pot provocar infeccions en les plantes, donant lloc a la producció de micotoxines per part d'espècies micotoxigèniques (Tirado et al., 2010; Moretti et al., 2019; FAO, 2020). Un clima més càlid i humit podria dificultar els cultius en regions actualment càlides i alhora permetre cultivar una varietat més àmplia de vegetals en zones actualment fredes (FAO, 2020). Així doncs, es podria arribar a cultivar blat de moro, hortalisses, verdures i fruites al centre i al nord d'Europa. A més, en àrees temperades es podrien observar fenòmens com floracions més primerenques, la qual cosa afavoriria la incidència d'infeccions per floridures (van der Fels-Klerx et al., 2016; FAO, 2020). Finalment, les situacions d'estrès en els cultius, ocasionades per períodes de sequera o d'inundacions, indubtablement facilitaran la presència de floridures (Medina et al., 2015; FAO, 2020).

L'element més important en la formació de micotoxines és l'emmagatzematge dels vegetals després de la recol·lecció. En aquest context, resulta especialment rellevant la mesura de l'activitat d'aigua; un valor inferior a 0,7 es considera segur, ja que impedeix tant el creixement de floridures com la formació de toxines (Paterson i Lima, 2010). Per tant, segons aquests autors, l'arribada d'un clima càlid i humit representarà un nou repte, ja que requerirà un esforç més gran en la capacitat d'assecatge dels grans de cereals en el sector agrícola. En absència d'un assecatge adequat, es preveu un major risc de contaminació per ocratoxina A i aflatoxines (FAO, 2020). A més, entre les diferents micotoxines, s'espera un augment de la producció de les elaborades per espècies del gènere *Fusarium* (Dall'Asta i Battilani, 2016; Medina et al., 2017a). Serà necessari augmentar els controls de micotoxines a la cadena de productes frescos per garantir la seguretat d'aquests aliments (Perre et al., 2014).

A mesura que augmentin les temperatures, s'espera que hi hagi un augment en la diversitat d'espècies de plagues, amb la detecció d'insectes no habituals en zones històricament més fredes (Tirado et al., 2010; Paterson i Lima, 2011; FAO, 2020). Aquests insectes actuen com a vectors d'espores de floridures, arribant als cultius de manera ràpida. En conseqüència, es facilitarà la propagació de les floridures als cultius, generant estrès en les plantes, provocant danys mecànics i afavorint les infeccions per aquestes (Paterson i Lima, 2010; Medina et al., 2017b).

5.4 Risc per paràsits

El canvi climàtic també pot influir en les infeccions per paràsits, especialment aquells que tenen una presència ambiental significativa i una gran resistència a les condicions externes. Algunes investigacions indiquen que el nombre de certs paràsits podria augmentar com a resultat del canvi climàtic; per exemple, s'ha reportat que *Anisakis simplex*, *Cryptosporidium* spp., *Giardia intestinalis* i *Toxoplasma gondii* experimenten aquesta tendència (Abollo et al., 2001; Polley, 2015). En aquest context, és fonamental prestar especial atenció als patògens que es transmeten per via aquosa (Abollo et al., 2001; Shamsi, 2021). Això és especialment rellevant en el cas dels protozous, organismes unicel·lulars que poden viure com a paràsits (Dietrich et al., 2023). Segons aquests autors, *Cryptosporidium* i *Giardia* poden romandre infecciosos durant llargs períodes i causar malalties, especialment després del consum d'aliments crus i contaminats. La seva alta resistència a les influències ambientals, en particular la seva prolongada supervivència en entorns aquosos, suggereix que aquests paràsits podrien tenir una presència més freqüent com a patògens en el futur (Dietrich et al., 2023).

D'altra banda, les condicions ambientals també poden afectar la supervivència i la transmissió d'altres paràsits (Pozio, 2020). Amb temperatures fredes, la transmissió es pot limitar, tot i que poden persistir formes resistents de paràsits, sempre que no s'assoleixin temperatures de congelació. En canvi, si les temperatures augmenten, se'n facilita la transmissió a causa de la major activitat i interacció amb el medi ambient (Polley, 2015; Pozio, 2020). Per altra banda, quan les temperatures són molt elevades i les condicions ambientals presenten una humitat relativa molt baixa, la supervivència dels paràsits disminueix i se'n redueix significativament la transmissió (Pozio, 2020).

6 Conclusions

El canvi climàtic està alterant significativament la seguretat alimentària, afectant tant la producció com la distribució dels aliments. L'increment de les temperatures i la variabilitat dels patrons climàtics afavoreixen la proliferació i dispersió d'organismes patògens (bacteris, virus, paràsits i fongs productors de micotoxines), cosa que incrementa el risc de malalties d'origen alimentari. A més, aquests canvis tenen impacte en factors ambientals clau —la temperatura, la humitat i la qualitat de l'aigua— que, al seu torn, modifiquen la presència i el comportament dels patògens.

Davant aquest escenari, és fonamental adoptar enfocaments integrats i adaptatius basats en el concepte de “una salut”, que uneixin la salut humana, animal i ambiental. L'actualització dels sistemes de control (com l'APPCC), el desenvolupament de models predictius i la millora en la formació i les pràctiques d'higiene són estratègies clau per mitigar aquests riscos i garantir la seguretat alimentària en un context de canvi climàtic.

7 Referències bibliogràfiques

- 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, Johne A, Kappenstein O, Loeffler C, Nöckler K, Rosner B, Spielmeyer 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/microorganisms9010181](https://doi.org/10.3390/microorganisms9010181).
- 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/ehp.01109s2211](https://doi.org/10.1289/ehp.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/2021/1-2021-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.