

# Influència del canvi climàtic en la seguretat dels aliments. Un problema real

Canvi climàtic i seguretat alimentària

## *The influence of climate change on food security. A real problem*

*Climate change and food security*



**JOSÉ JUAN RODRÍGUEZ JEREZ**

Catedràtic de l'Àrea de Nutrició i Bromatologia. Departament de Ciència Animal i dels Aliments. Facultat de Veterinària. Campus Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), Bellaterra (Barcelona).

**RESUM:** El canvi climàtic afectarà diferents elements de la vida de les persones en el nostre planeta. Entre ells, un dels més importants es relaciona amb l'alimentació humana i, més concretament, amb la seguretat dels aliments que consumirem. La temperatura és determinant en el creixement dels microorganismes. D'aquesta manera, com més alta és la temperatura més de pressa creixen els microorganismes, i es troba una relació directa entre el nombre de microorganismes i la presència de patògens entèrics. En aquest sentit, s'espera un augment significatiu de brots de malalties de transmissió alimentària per salmonel·la, però també es produirà un augment de les malalties parasitàries i alguns virus, especialment els enterovirus. Això requerirà un esforç en el control de les condicions que permetin l'arribada d'aquests patògens als aliments, assegurar unes temperatures adequades de manteniment dels aliments i de cuina i una gestió adequada de les mesures d'higiene en la manipulació i el processament dels aliments.

**PARAULES CLAU:** canvi climàtic, seguretat alimentària, patògens alimentaris, virus, micotoxines, paràsits.

**ABSTRACT:** *Climate change will be affecting different aspects of people's lives on our planet. One of the most important of these aspects involves human nutrition and, more specifically, the safety of the food that we consume. Temperature, in particular, is decisive for the growth of microorganisms. At higher temperatures, microorganisms grow faster, and there is a direct relationship between the number of microorganisms and the presence of enteric pathogens. In this respect, a significant rise is expected in outbreaks of foodborne diseases due to Salmonella, but there will also be an increase in parasitic diseases and in some viruses, especially enteroviruses. This will require a major effort to control the conditions that allow these pathogens to reach food, ensuring suitable temperatures for food maintenance and cooking, and appropriate management of hygiene measures in food handling and processing.*

**KEYWORDS:** *climate change, food safety, food pathogens, viruses, mycotoxins, parasites.*

# 1. INTRODUCCIÓ

Els diferents canvis que s'estan produint en el clima afectaran, en diferents àmbits, la nostra manera actual de viure. S'ha escrit molt sobre aquest problema, i s'ha generat tanta controvèrsia que, encara avui dia, hi ha persones que consideren que no és certa la influència dels humans en aquests canvis globals. Una de les funcions que tenim com a científics és la de poder avançar-nos als problemes que ens amenacen, considerant diferents escenaris, a fi de plantejar sistemes de control i prevenció, en el nostre cas, respecte a la seguretat dels aliments i la seva influència en la salut pública.

Un canvi de temperatura global implicarà una afectació directa a la seguretat dels aliments que consumirem en el futur. Això es deurà a la capacitat dels microorganismes per a créixer i/o produir toxines, que seran rellevants o no, en funció de les mesures de prevenció que puguem implantar. A això s'hi suma el perill afegit relacionat amb la restricció en el consum d'aigua i en la seva contaminació potencial.

Per això, aquest treball pretén avaluar els perills alimentaris més rellevants que podran veure's afectats pel canvi climàtic, especialment considerant els diferents grups d'aliments.

## 2. CANVI CLIMÀTIC

Les emissions humanes de diòxid de carboni i altres gasos amb efecte d'hivernacle afecten una gran varietat de factors relacionats amb el clima i condueixen a canvis més enllà de les variacions naturals que sempre han ocorregut. Aquests canvis climàtics ja són evidents i, segons diversos escenaris, continuaran durant el pròxim segle (FAO, 2018; EFSA, 2020; FAO, 2020). A escala mundial, això significa temperatures mitjanes anuals més altes, patrons canviants de precipitació, accés reduït a l'aigua potable en moltes regions, augment del nivell de la mar i acidificació dels oceans (FAO, 2020). Fins avui, la temperatura mitjana del planeta ha augmentat entre 0,5 °C i 1,5 °C (Eurostat, 2022).

Aquests canvis podran condicionar totes les etapes de la vida en el nostre planeta. No obstant això, en l'àmbit alimentari, els canvis podran afectar especialment la producció primària (Tirado *et al.*, 2010; Paterson i Lima, 2010; FAO, 2020). Aquesta producció està molt condicionada per la disponibilitat d'aigua de pluja o reg, les

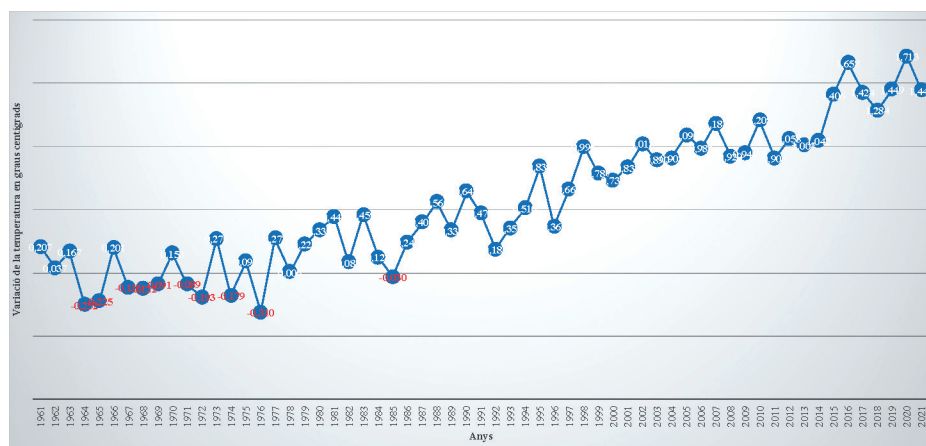
temperatures adequades per a la producció i la presència de males herbes i plagues (Paterson i Lima, 2010). Una vegada que augmenta la temperatura mitjana, els insectes poden viure en zones on abans no podien, reproduir-se més ràpid i afectar àrees de cultiu més extenses (Paterson i Lima, 2010; Medina, González-Jartín i Sainz, 2017). Aquests problemes es podran abordar, fins a cert punt, mitjançant l'aplicació de bones pràctiques agrícoles i el desenvolupament i l'aplicació de noves substàncies eficaces davant els nous reptes (Duchenne, Ranghoo-Sanmukhiya i Neetoo, 2021). D'igual manera, és possible que el rebuig que s'ha produït dels vegetals transgènics a Europa, sigui superat davant els nous reptes (Grover *et al.*, 2013).

Per això, caldrà més preparació per a poder prevenir i gestionar esdeveniments extrems que poden conduir a una major presència de patògens i toxines en les matèries primeres i en l'aigua potable i de procés. En aquest sentit, ja avui dia és evident la contaminació dels cereals per enterobacteris, entre els quals cal destacar l'*Escherichia coli* i la *Salmonella* spp. Aquests microorganismes podran estar implicats en brots relacionats amb el consum de masses de panificació no cuites o escassament escalfades (Duchenne, Ranghoo-Sanmukhiya i Neetoo, 2021).

## 3. SISTEMES DE CONTROL DE LA SEGURETAT DELS ALIMENTS I INCERTeses

En les diferents etapes de la cadena alimentària, tradicionalment s'ha considerat bàsica la correcta aplicació del sistema d'anàlisi de perills i punts de control crítics (APPCC) i l'emplenament dels seus requisits, així com unes bones pràctiques de producció (FAO, 2018, 2020). No obstant això, una situació de canvi del clima, amb una elevació de les temperatures mitjanes, suposa una situació desconeguda i nova per a la nostra disciplina (vegeu el gràfic 1). Això suposarà una revisió dels controls que es realitzen sobre els perills microbiològics. Els canvis que es produiran són complexos i poden afectar-nos de formes diferents.

La importància dels canvis en el clima sobre la seguretat alimentària dependrà de l'efectivitat de les mesures que es puguin prendre per a abordar els desafiaments que se'n presentaran. En aquest sentit, convindrà que les regions o els països més freds vagin prenent exemple de les mesures que ja s'han instaurat en les zones més càlides. Queda encara molt per fer sobre la formació eficaç dels



**Gràfic 1. Evolució de la temperatura mitjana global.**  
**Font:** Elaboració pròpia a partir de les dades de FAOSTAT (vegeu <https://www.fao.org/faostat/es/#data/ET/visualize>).

manipuladors, el control efectiu de les temperatures i la instauració de mesures adequades en termes de neteja i desinfecció. La generació de biofilms s'incrementarà, la qual cosa farà necessari comprendre millor els mecanismes de formació i entendre mecanismes eficaços per a eliminar-los (González-Rivas *et al.*, 2018).

És probable que els perills que sorgiran a causa d'un clima canviant, variïn per als diferents grups d'aliments. És de suma importància considerar quines vies i tipus de perills poden ser rellevants en els diferents grups d'aliments, perquè les mesures de control seran en la majoria dels casos similars per a diferents tipus de perills.

Hi ha moltes fonts d'incertesa. Les més importants identificades són les llacunes de coneixement associades a dades sobre l'impacte del clima en els perills microbiològics, a les dificultats per a identificar relacions causals, a la metodologia per a dur a terme aquest tipus d'avaluació complexa, enfront d'escenaris futurs incerts, i al resultat exacte del canvi climàtic i els seus efectes concrets. Una altra incertesa que s'hi suma són les llacunes de coneixement sobre com el canvi climàtic i els seus efectes poden interactuar i contrarestar-se o enfortir-se mútuament.

La implementació de la majoria de les mesures de control es pot millorar fixant-se en la capacitació, els controls dels proveïdors durant el processament i les estratègies d'intervenció en cas de brots (FDA, 2004). La capacitació ha de centrar-se a canviar els hàbits dels manipuladors i els consumidors d'aliments, i a crear una cultura d'innocuitat dels aliments, amb consciència de les mesures d'higiene efectives (FDA, 2004; EFSA, 2020). La rentada de mans adequada i el compliment estricte de les mesures higièniques són essencials i encara es troben entre les millors

mesures de control per a prevenir la transmissió de malalties (Bosch *et al.*, 2018). Per a fer el millor ús de totes les dades disponibles, és important que explorem els beneficis de diversos enfocaments d'avaluació de riscos (Moreno-Torres Molina, Ripolles-Avila i Rodríguez Jerez, 2020; Mazaheri *et al.*, 2021).

## 4. CONTAMINACIÓ BIÒTICA QUE CAL CONTROLAR

Els bacteris seran probablement el perill que farà augmentar el risc per a la nostra salut. A més d'aquests, s'estima que la incidència de tots els virus transmesos pels aliments podria créixer a causa del canvi climàtic. I també les micotoxines, com a conseqüència de l'increment en el creixement de les floridures, especialment en els aliments d'origen vegetal.

### 4.1. Bacteris

La capacitat dels bacteris per a créixer i sobreviure depèn, entre altres coses, de la temperatura, el pH i el contingut d'humitat (McMichael, Woodruff i Hales, 2006). Els canvis en aquests factors climàtics poden afectar tant el creixement com la supervivència i la propagació de bacteris transmesos pels aliments (Hellberg i Chu, 2016). No obstant això, l'aspecte d'aquest impacte no és fàcil de predir. Es tracta de sistemes complexos que interactuen i que depenen de les propietats intrínseques de cada microorganisme, així com de les característiques dels reservoris i del medi ambient (Hellberg i Chu, 2016). Se-

gons aquests mateixos autors, hi ha un fet generalment acceptat i és que una major temperatura condueix a una major taxa de creixement de bacteris, mentre que en aquelles condicions en les quals s'impedeix el creixement bacterià, el que és esperable és que la supervivència es redueixi. Hi ha nombrosos estudis que demostren una relació entre temperatures més altes de l'aire i més infeccions per bacteris dels gèneres salmonel·la i vibrió (Baker-Austin *et al.*, 2017; Jiang *et al.*, 2015). Igualment, s'ha trobat una relació directament proporcional entre la incidència de campilobacteriosi i un augment de la temperatura mitjana (Kuhn *et al.*, 2020). Per tant, una exposició dels bacteris patògens, ja coneguts, a unes temperatures ambientals més elevades, suposarà un increment de les malalties de transmissió alimentària. Aquest és ja un fet ben conegut en els països mediterranis, on s'observa una clara estacionalitat en el nombre de brots associats a salmonel·la.

L'exposició humana a bacteris patògens també pot augmentar a través de mals hàbits i comportaments inadequats, que no importen quan la temperatura ambient és baixa, però que es converteixen en un problema quan el clima es torna més càlid. Un clar exemple és el fet de no mantenir els aliments en refrigeració en barbacoes i pícnic (Smith i Fazil, 2019). Això ens pot fer suposar que les males pràctiques higièniques en activitats d'esplai suposaran un problema, encara que actualment ens és difícil de quantificar.

Al mateix temps, un clima canviant, amb un major nombre de patògens en l'ambient, pot suposar una major susceptibilitat dels animals a sofrir infeccions. Això podria suposar un major ús dels antibiòtics, la qual cosa podria incrementar l'aparició de antibioresistències (EFSA, 2020). Per aquest mateix motiu, hi haurà un vincle potencial entre l'augment de les temperatures mitjanes i una major proporció de resistència als antibiòtics en bacteris que poden provocar infeccions en humans (FAO, 2020).

## 4.2. Paràsits

Pel que fa als diferents paràsits que es poden transmetre pels aliments, no hi ha gaire informació específica sobre l'impacte que el canvi climàtic podria tenir sobre la salut de la població. Les temperatures elevades poden accelerar el desenvolupament de paràsits que es propaguen pel medi ambient i la humitat elevada en promou la supervivència, mentre que les temperatures més altes i els períodes secs més prolongats poden afectar la supervivència dels ous i les larves, així com dels cists o oocists (Pozio, 2020). Les fortes pluges i les inundacions poden propa-

gar els paràsits dels sòls contaminats als cursos d'aigua, la qual cosa pot implicar que els tractaments habituals de l'aigua, per a fer-la potable, puguin ser insuficients (Pozio, 2020). Per a la transmissió d'aquests organismes, és necessari que tant els animals salvatges com els domèstics estiguin implicats en el cicle de vida de molts paràsits transmesos pels aliments. Per tant, la presència de paràsits també es veu afectada per la forma en què el canvi climàtic afecta la distribució i les condicions de vida d'aquests animals (Polley, 2015; Pozio, 2020). L'impacte en els animals hostes pot significar que els paràsits, que són comuns als països més càlids, també s'estableixin o augmentin en àrees temperades, aquelles que avui considerem fredes (Polley, 2015).

Hi ha literatura que dona suport a l'increment degut al canvi climàtic d'alguns paràsits, com ara l'*Anisakis simplex*, el *Cryptosporidium* spp., la *Giardia intestinalis* i el *Toxoplasma gondii* (Abollo, D'Amelio i Pascual, 2001; Polley, 2015). No obstant això, és probable que el canvi climàtic tingui impacte en d'altres paràsits i que la prevalença i la propagació augmentin en general. En aquest sentit, caldrà estar atents especialment amb aquells que es transmeten per l'aigua, entre els quals caldrà estar en alerta respecte a l'extensió de patògens com ara el de l'*Anisakis* (Abollo, D'Amelio i Pascual, 2001; Shamsi, 2021).

## 4.3. Virus

Entre els virus que poden ser transmesos pels aliments podem citar el virus de l'hepatitis E (HEV, de l'anglès *hepatitis E virus*), el virus de l'hepatitis A (HAV, de l'anglès *hepatitis A virus*), el virus de l'encefalitis transmesa per paparres (TBEV, de l'anglès *tick-borne encephalitis virus*), el norovirus, el sapovirus, l'astrovirus i el rotavirus (Rose *et al.*, 2001; Rohayem, 2009; Tirado *et al.*, 2010; Gullón *et al.*, 2017; Bosch *et al.*, 2018; Oka *et al.*, 2015). La importància dels aliments, en comparació amb altres vies d'infecció, varia molt en funció del microorganisme. En una primera aproximació, caldrà tenir especial control d'aquells que es transmeten per via fecal-oral (Bosch *et al.*, 2018). Aquests es poden dividir en els que causen gastroenteritis, els que es disseminin a través de l'intestí i causen hepatitis, i els que es multipliquen en el tracte gastrointestinal però després es distribueixen per la resta de l'organisme i ocasionen infeccions en el sistema nerviós central o en el fetge (Koopmans i Duizer, 2004). Per tant, els norovirus seran els virus que probablement tindran una major incidència global (Bosch *et al.*, 2018).



Les principals vies de transmissió dels virus són les aigües residuals, el fem i llocs contaminats per femta humana, els portadors que manipulen els aliments i, en el cas dels virus zoonòtics, els animals salvatges i domèstics (FAO, 2018). Els virus no es multipliquen en els aliments i, per tant, no hi haurà un efecte directe de la temperatura de l'aliment, com sí que ocorre amb els bacteris. No obstant això, s'observa una clara estacionalitat, de manera que les infeccions són més freqüents en els mesos càlids de l'any (FAO, 2018; 2020). Hi ha un major risc de disseminació, a partir d'aigües residuals, especialment durant les inundacions (Tirado *et al.*, 2010). És especialment interessant destacar que després de pluges intenses augmenta el risc de sofrir una infecció del virus de l'hepatitis A (Gullón *et al.*, 2017).

Entre els aliments que s'han relacionat amb una incidència més gran en la transmissió de virus cal destacar les verdures i les fruites fresques no desinfectades, els musclos i les ostres que es mengen sense cuinar o amb un tractament tèrmic inadequat i els aliments que, quan estan llestos per al seu consum, són manipulats per portadors asimptomàtics (Svanström *et al.*, 2021).

Entre els virus que poden ser rellevants en un entorn d'increment de temperatures ambientals, cal esmentar la possible propagació de TBEV a través de llet sense pasteuritzar i formatge elaborat amb llet d'animals infectats. Encara no és clar com d'important és aquesta via de transmissió, però podria produir-se en la mesura que es produeixi una major propagació de paparres cap a àrees considerades fredes (Svanström *et al.*, 2021). A això cal afegir l'interès que estan despertant els formatges elaborats amb llet no pasteuritzada. A més de la propagació de TBEV a través de productes lactis no pasteuritzats, es pot esperar que augmenti la propagació dels virus que es transmeten per via fecal-oral, independentment de si ocorre a través de l'aigua contaminada amb aigües residuals o a través dels aliments. En aquest sentit, la higiene en la manipulació tindrà un paper essencial.

#### 4.4. Micotoxines

Les floridures que infecten, creixen i formen micotoxines en els cultius es veuen directament afectades pel clima. Moltes espècies de floridura que formen micotoxines creixen més de pressa en climes càlids i humits. Per tant, és probable que la presència de floridures i el grau de formació de micotoxines es vegin afectats pel canvi climàtic (Tirado *et al.*, 2010; Moretti, Pascale i Logrieco, 2019; FAO, 2020). Un clima més càlid i humit significa que es podran conrear més varietats de vegetals

en regions on això no era possible. En aquest sentit, és probable que el blat de moro es conreï més al nord, de la mateixa manera que moltes hortalisses, verdures i fruites. Això suposarà que les floridures associades a aquests vegetals i les seves micotoxines seran un problema més gran. El canvi climàtic també pot provocar canvis en les fases de desenvolupament dels cultius, com ara la floració més primerenca, la qual cosa pot afavorir la infecció per floridura (Fels-Klerx, Liu i Battilani, 2016; FAO, 2020). Al mateix temps, es donaran condicions climàtiques que provocaran estrès en els cultius, com ara sequeres o inundacions, la qual cosa també afectarà la presència de floridura (Medina, Rodríguez i Magan, 2015; FAO, 2020).

Entre els diferents tipus de micotoxines, és esperable un augment de les produïdes per espècies de *Fusarium* (Dall'Asta i Battilani, 2016; Medina *et al.*, 2017). Un dels elements més determinants en la formació de micotoxines és la manera com s'emmagatzemen els vegetals després de la seva recollecció. Una activitat d'aigua de 0,7 o menor és generalment segura, tant en termes de creixement de floridura com de formació de toxines, independentment de la temperatura (Paterson i Lima, 2010). Davant l'existència d'un clima càlid i humit, es produirà un desafiament que imposa grans exigències a la capacitat d'assecat en la gestió agrícola, especialment per als grans de cereals. En aquests casos, hi ha un risc més elevat de presència d'ocratoxina A (OTA) i aflatoxines (FAO, 2020).

Els pronòstics suggereixen que és probable que la variació d'espècies i la incidència de plagues augmentin a mesura que el clima canviï, amb un augment de la temperatura global (Tirado *et al.*, 2010; Paterson i Lima, 2010;



Imatge 1. Tomàquets amb presència de floridura.  
Font: Pixabay.

FAO, 2020). Les espores de floridura es poden propagar als cultius a través d'insectes vectors, que estressen la planta i en redueix la capacitat de resposta. A més, es formen danys mecànics durant els atacs en els quals la floridura pot infectar més fàcilment (Paterson i Lima, 2010; Medina, González-Jartín i Sainz, 2017).

## 5. CONCLUSIONS

La seguretat alimentària es veurà afectada pel canvi climàtic. Donats els coneixements actuals, sabem que un increment de la temperatura mitjana suposa un augment del risc associat al creixement de microorganismes patògens. Per això, són els microorganismes els que haurem de controlar de manera significativa. Les experiències dels països càlids ens indiquen que una bona gestió de la temperatura i una millora en la formació dels manipuladors serà essencial en la gestió del risc alimentari. No obstant això, l'abast de l'impacte i la velocitat amb la qual pot procedir estan subjectes a una incertesa important. Això es deu principalment al fet que l'impacte del canvi climàtic depèn de la precisió dels escenaris climàtics i de les mesures que s'implementin.

El perfil de risc ha de veure's com una recopilació inicial i general de coneixements que pot servir de base per a estudis més detallats i futurs i per a la preparació de diverses activitats en el sector alimentari.

## BIBLIOGRAFIA

ABOLLO, E.; D'AMELIO, S.; PASCUAL, S. (2001). «Fitness of the marine parasitic nematode *Anisakis simplex* s. str. in temperate waters of the NE Atlantic». *Diseases of Aquatic Organisms* [en línia], 45 (2), p. 131-139. <<https://doi.org/10.3354/dao045131>>.

BAKER-AUSTIN, C.; TRINANES, J.; GONZALEZ-ESCALONA, N.; MARTINEZ-URTAZA, J. (2017). «Non-cholera Vibrios: The microbial barometer of climate change». *Trends in Microbiology* [en línia], 25 (1), p. 76-84. <<https://doi.org/10.1016/j.tim.2016.09.008>>.

BOSCH, A.; GKOGKA, E.; LE GUYADER, F. S.; LOISY-HAMON, F.; LEE, A.; LIESHOUT, L. van; MARTI, B.; MYRMEL, M.; SANSOM, A.; SCHULTZ, A. C.; WINKLER, A.; ZUBER, S.; PHISTER, T. (2018). «Foodborne viruses: Detection, risk assessment, and control options in food processing». *International Journal of Food Microbiology* [en línia], 285, p. 110-128. <<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.06.001>>.

DALL'ASTA, C.; BATTILANI, P. (2016). «Fumonisin and their modified forms, a matter of concern in future scenario?» *World Mycotoxin Journal* [en línia], 9 (5), p. 727-739. <<https://doi.org/10.3920/WMJ2016.2058>>.

DUCHENNE, R.; RANGHOO-SANMUKHIYA, V. M.; NEETOO, H. (2021). «Impact of climate change and climate variability on food safety and occurrence of foodborne diseases». A: BABALOLA, O. O. (ed.). *Food Security and Safety*. Cham: Springer, p. 451-474. També disponible en línia a: <[https://doi.org/10.1007/978-3-030-50672-8\\_24](https://doi.org/10.1007/978-3-030-50672-8_24)>.

ECHETA, M. A.; ALADUEÑA, A. M.; FUENTE, M. de la; GONZÁLEZ-SANZ, R.; DíEZ, R.; ARROYO, M.; CERDÁN, F.; GUTIERREZ, R.; HERRERA, S. (2007). «Análisis de las cepas de *Salmonella* spp aisladas de muestras clínicas de ori-

gen humano en España. Años 2004 y 2005 (I)». *Boletín epidemiológico semanal*, 15 (13) (Semanas: 24-25 del 10/06 al 23/06), p. 145-148.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (EFSA) (2020). «Climate change as a driver of emerging risks for food and feed safety, plant, animal health and nutritional quality». *EFSA Supporting Publications* [en línia], 17 (6), article 1881E. <<https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2020.EN-1881>>.

EUROSTAT (2022). *Sustainable development in the European Union. Monitoring report on progress towards the SDGs in an EU context* [en línia]. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <<https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-statistical-books/-/ks-09-22-019>> [Consulta: 11 agost 2022].

FELS-KLERX, H. J. van der; LIU, C.; BATTILANI, P. (2016). «Modelling climate change impacts on mycotoxin contamination». *World Mycotoxin Journal* [en línia], 9 (5), p. 717-726. <<https://doi.org/10.3920/WMJ2016.2066>>.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO) (2018). *Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: Synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options*. Roma: FAO. (FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper; 627). També disponible en línia a: <<https://www.fao.org/3/I9705EN/I9705en.pdf>> [Consulta: 11 agost 2022].

— (2020). *Climate change: Unpacking the burden on food safety*. Roma: FAO. (Food Safety and Quality Series; 8)

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (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* [en línia]. Estats Units d'Amèrica: FDA. <<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>> [Consulta: 11 agost 2022].

GONZÁLEZ-RIVAS, F.; RIPPOLLES-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* [en línia], 17 (5), p. 1261-1276. <<https://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* [en línia], 205-206, p. 38-47. <<https://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* [en línia], 102, p. 230-235. <<https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.03.008>>.

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* [en línia], 42 (4), p. 548-572. <<https://doi.org/10.3109/1040841X.2014.972335>>.

JIANG, C.; SHAW, K. S.; UPPERMAN, C. R.; BLYTHE, D.; MITCHELL, C.; MURTUGUDDU, R.; SAKPOTA, A. R.; SAKPOTA, A. (2015). «Climate change, extreme events and increased risk of salmonellosis in Maryland, USA: Evidence for coastal vulnerability». *Environment International* [en línia], 83, p. 58-62. <<https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.06.006>>.

KOOPMANS, M.; DUISER, E. (2004). «Foodborne viruses: an emerging problem». *International Journal of Food Microbiology* [en línia], 90 (1), p. 23-41. <[https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(03\)00169-7](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(03)00169-7)>.

KUHN, K. G.; NYGÅRD, K. M.; GUZMAN-HERRADOR, B.; SUNDE, L. S.; RIMHANNEN-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* [en línia], 10, article 13874. <<https://doi.org/10.1038/s41598-020-70593-y>>.

MAZAHERI, T.; CERVANTES-HUAMÁN, B. R. H.; BERMÚDEZ-CAPDEVILA, M.; RIPPOLLES-AVILA, C.; RODRÍGUEZ-JEREZ, J. J. (2021). «*Listeria monocytogenes* biofilms in the food industry: Is the current hygiene program sufficient to combat the persistence of the pathogen?». *Microorganisms* [en línia], 9 (1), article 181, p. 1-19. <<https://dx.doi.org/10.3390%2Fmicroorganisms9010181>>.

McMICHAEL, A. J.; WOODRUFF, R. E.; HALES, S. (2006). «Climate change and human health: Present and future risks». *The Lancet* [en línia], 367 (9513), p. 859-869. <[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(06\)68079-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(06)68079-3)>.



- MEDINA, A.; AKBAR, A.; BAAZEEM, A.; RODRÍGUEZ, A.; MAGAN, N. (2017). «Climate change, food security and mycotoxins: Do we know enough?». *Fungal Biology Reviews* [en línia], 31 (3), p. 143-154. <<https://dx.doi.org/10.1016/j.fbr.2017.04.002>>.
- MEDINA, A.; GONZÁLEZ-JARTÍN, J. M.; SAINZ, M. J. (2017). «Impact of global warming on mycotoxins». *Current Opinion in Food Science* [en línia], 18, p. 76-81. <<https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.11.009>>.
- MEDINA, A.; RODRÍGUEZ, A.; MAGAN, N. (2015). «Climate change and mycotoxigenic fungi: Impacts on mycotoxin production». *Current Opinion in Food Science* [en línia], 5, p. 99-104. <<https://dx.doi.org/10.1016/j.cofs.2015.11.002>>.
- MORENO-TORRES MOLINA, A.; RIPOLLES-AVILA, C.; RODRÍGUEZ-JEREZ, J. J. (2020). «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* [en línia]: *Tecnologia i Ciència dels Aliments* [Barcelona], 19, p. 10-19. <<https://doi-org/10.2436/20.2005.01.92>>.
- MORETTI, A.; PASCALE, M.; LOGRIECO, A. F. (2019). «Mycotoxin risks under a climate change scenario in Europe». *Trends in Food Science & Technology* [en línia], 84, p. 38-40. <<https://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2018.03.008>>.
- OKA, T.; WANG, Q.; KATAYAMA, K.; SAIF, L. J. (2015). «Comprehensive review of human sapoviruses». *Clinical Microbiology Reviews* [en línia], 28 (1), p. 32-53. <<https://dx.doi.org/10.1128%2FCMR.00011-14>>.
- PATERSON, R. R. M.; LIMA, N. (2010). «How will climate change affect mycotoxins in food?». *Food Research International* [en línia], 43 (7), p. 1902-1914. <<https://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2009.07.010>>.
- POLLEY, L. (2015). «Foodborne parasites and climate change: Possible impacts and challenges». A: GAJADHAR, A. (ed.) *Foodborne Parasites in the Food Supply Web: Occurrence and Control*. Sawston: Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, p. 23-47.
- POZIO, E. (2020). «How globalization and climate change could affect foodborne parasites». *Experimental Parasitology*, 208, article 107807. <<https://doi.org/10.1016/j.exppara.2019.107807>>.
- ROHAYEM, J. (2009). «Norovirus seasonality and the potential impact of climate change». *Clinical Microbiology and Infection* [en línia], 15 (6), p. 524-527. <<https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2009.02846.x>>.
- ROSE, J. B.; EPSTEIN, P. R.; LIPP, E. K.; SHERMAN, B. H.; BERNARD, S. M.; PATZ, J. A. (2001). «Climate variability and change in the United States: Potential impacts on water- and foodborne diseases caused by microbiologic agents». *Environmental Health Perspectives* [en línia], 109 (supl. 2), p. 211-221. <<https://dx.doi.org/10.1289%2Fehp.01109s2211>>.
- SHAMSI, S. (2021). «The occurrence of *Anisakis* spp. in Australian waters: Past, present, and future trends». *Parasitology Research* [en línia], 120, p. 3007-3033. <<https://doi.org/10.1007/s00436-021-07243-3>>.
- SMITH, B. A.; FAZIL, A. (2019). «How will climate change impact microbial foodborne disease in Canada?». *Canada Communicable Disease Report* [en línia], 45 (4), p. 108-113. <<https://doi.org/10.14745/ccdr.v45i04a05>>.
- SVANSTRÖM, Å.; EGERVÄRN, M.; NYBERG, K.; LINDQVIST, R. (2021). *Mikrobiologiska faror i livsmedel vid ett förändrat klimat* [en línia]. Uppsala: Livsmedelsverkets rapportserie. 116 p. (Riskprofil; 19) <<https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/publikationsdatabas/rapporter/2021/1-2021-nr-19-mikrobiologiska-faror-i-livsmedel-vid-ett-forandrat-klimat.pdf>>.
- TIRADO, M. C.; CLARKE, R.; JAYKUS, L. A.; MCQUATTERS-GOLLOP, A.; FRANK, J. M. (2010). «Climate change and food safety: A review». *Food Research International* [en línia], 43 (7), p. 1745-1765. <<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.07.003>>.

