

# Canvi climàtic i seguretat alimentària

---

## **Informe aprovat pel Comitè Científic Assessor de Seguretat Alimentària al maig de 2021**

### **Resum**

El canvi climàtic és un dels reptes que la societat haurà d'afrontar durant les properes dècades ja que els seus efectes incideixen, directament i indirectament i cada cop amb més intensitat, a tot el planeta. Actualment, es tenen moltes evidències i previsions dels efectes que està causant i que causarà el canvi climàtic en la producció i el proveïment d'aliments per a la població, especialment pel que fa a l'obtenció d'aliments suficients i segurs.

Aquest document se centra en els efectes sobre un aspecte particular d'aquesta obtenció segura dels aliments, la seguretat alimentària -és a dir, els perills físics, químics i biològics que hi podem trobar potencialment. Així, s'hi revisen quins efectes sobre els perills alimentaris causats pel canvi climàtic ja s'han identificat avui dia, ja siguin reals, emergents o previsibles en el futur. A més, també identifica les eines i els posicionaments estratègics que s'han de desenvolupar i promoure per prevenir, prevenir i gestionar els problemes emergents derivats dels efectes del canvi climàtic sobre els perills alimentaris.

### **Paraules clau**

Canvi climàtic, seguretat alimentària, perill alimentari, risc emergent.

**Membres del Comitè Científic:** Albert Bosch Navarro, Sara Bover Cid, Joaquim Castellà Espuny, Mariano Domingo Álvarez, M. Teresa Dordal Culla, Jesús Gómez Catalán, 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:** Vicent Sanchis Almenar, M. Teresa Dordal Culla, Jesús Gómez Catalan, Jaume Bosch Collet i Victòria Castell Garralda.

Data de publicació: juny de 2021

# Cambio climático y seguridad alimentaria

## Resumen

El cambio climático es uno de los retos que la sociedad deberá afrontar durante las próximas décadas debido a que sus efectos inciden, directamente e indirectamente y cada vez con más intensidad, en todo el planeta. Actualmente, se tienen muchas evidencias y previsiones de los efectos que está causando y que causará el cambio climático en la producción y el abastecimiento de alimentos para la población, especialmente en lo que se refiere a la obtención de alimentos suficientes y seguros.

Este documento se centra en los efectos sobre un aspecto particular de esta obtención segura de los alimentos, la seguridad alimentaria –es decir, los peligros físicos, químicos y biológicos que potencialmente podemos encontrar. Así, se revisan qué efectos sobre los peligros alimentarios causados por el cambio climático ya se han identificado a día de hoy, ya sean estos reales, emergentes o previsibles en un futuro. Además, también identifica las herramientas y los posicionamientos estratégicos que se deben desarrollar y promover para prever, prevenir y gestionar los problemas emergentes derivados de los efectos del cambio climático sobre los peligros alimentarios.

## Palabras clave

Cambio climático, seguridad alimentaria, peligro alimentario, riesgo emergente.

# Climate change and food safety

## **Abstract**

Climate change is one of the challenges that society will have to face over the next few decades, as its effects are, directly and indirectly, and increasingly, on the whole planet. There is currently much evidence and forecasts of the effects that climate change is causing and will cause on food production and supply for a population, especially in terms of obtaining sufficient and safe food.

This document focuses on the effects on a particular aspect of this safe food procurement – food safety, i. e. physical, chemical and biological hazards that we can potentially encounter –. Thus, it is reviewed what effects on food hazards caused by climate change are already identified today, whether real, emerging or foreseeable in the future. It also identifies tools and strategic positions to be developed and promoted to anticipate, prevent and manage emerging problems arising from the effects of climate change on food hazards.

## **Keywords**

*Climate change, food safety, foodborne hazard, emerging risk.*

## **Alguns drets reservats**

© 2021, 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](#)

### **Edita:**

Agència Catalana de Seguretat Alimentària (ACSA)

### **1a edició:**

Barcelona, juny de 2021

### **Assessorament lingüístic:**

Secció de Planificació Lingüística del Departament de Salut

### **URL:**

<http://acsa.gencat.cat>

## Índex

1	Introducció i objectiu d'aquest document .....	6
2	Canvi climàtic. Què és. Mecanismes i efectes .....	7
3	Efectes del canvi climàtic en la seguretat alimentària: Demostrats, emergents i plausibles .....	8
3.1	Microorganismes patògens i paràsits .....	8
3.2	Algues .....	9
3.3	Metalls pesants .....	11
3.4	Metilmercuri .....	11
3.5	Fitosanitaris.....	12
3.6	Micotoxines .....	13
3.7	Al·lèrgens alimentaris .....	14
4	Producció i comercialització d'aliments i canvi climàtic .....	17
5	Posicionament i eines des de la seguretat alimentària .....	17
6	Conclusions .....	19
7	Bibliografia .....	21

## 1 Introducció i objectiu d'aquest document

Del canvi climàtic se'n parla des de fa molt de temps, però fa relativament poc de la seva demostració científica, de la seva incorporació a les agendes polítiques de tot el món i de l'evidència que cal una actuació general per minimitzar-lo, ja que sembla que, de moment, no se'n podrà revertir ni tampoc mitigar els efectes en la mesura del que sigui possible.

Actualment, es tenen moltes evidències i previsions dels efectes que està causant i que causarà el canvi climàtic en la producció i el proveïment d'aliments per a la població. En aquest sentit, l'augment de les sequeres i les pluges torrencials, l'increment de temperatura, la inundació de terres costaneres, la salinització, etc. s'han fet tan evidents que s'han acabat reconeixent ja com un problema important que cal afrontar, ja que són una amenaça per poder garantir l'obtenció d'aliments suficients i segurs per a la població. Del que no hi ha tant de coneixement és de com els mecanismes del canvi climàtic afecten un aspecte particular d'aquesta obtenció segura dels aliments, a la seguretat alimentària, és a dir als perills (físics, químics i biològics) que potencialment podem trobar-hi. L'objectiu d'aquest document és revisar quins efectes sobre els perills alimentaris causats pel canvi climàtic estan identificats a dia d'avui, ja sigui com a reals, emergents o previsibles en un futur i potser —i el que és més important— identificar les eines i els posicionaments estratègics que s'han de desenvolupar i promoure per preveure, prevenir i gestionar els problemes emergents derivats dels efectes del canvi climàtic sobre els perills alimentaris.

## 2 Canvi climàtic. Què és. Mecanismes i efectes

El canvi climàtic engloba un conjunt complex de causes biològiques, còsmiques i antropogèniques i efectes ambientals que interactuen de maneres diverses amb el medi ambient, en general, i en cada entorn particular, de manera específica, segons quines siguin les característiques orogràfiques, paisatgístiques i de la flora i fauna, i que s'esdevenen a partir de dos efectes definitoris del propi canvi climàtic: l'increment de la temperatura ambiental mitjana i l'increment de la concentració de diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>) en l'atmosfera.

Aquests dos efectes definitoris provoquen canvis amb efectes globals com l'escalfament i l'acidificació dels oceans, l'increment d'episodis greus de sequeres i els incendis forestals, la variació en el règim i la intensitat de les pluges, les pluges àcides, el desglaç de les masses de gel, la pujada del nivell del mar i l'increment d'esdeveniments meteorològics extrems. Aquests efectes globals s'interrelacionen entre si i amb el medi ambient de manera diversa i complexa tot causant una sèrie extensa i variada de modificacions físiques, químiques i biològiques en el propi medi ambient. Tots aquests canvis globals es manifesten en múltiples efectes que varien depenent de les característiques de cada lloc. La manera més fàcil de mostrar aquesta diversitat d'efectes locals i específics a causa d'aquests canvis globals és a través dels exemples més bàsics i evidents; la pujada del nivell de mar afecta més les zones costaneres amb poc relleu; el desglaç de masses de gel tindrà conseqüències més directes on hi hagi geleres i permagel. Els mecanismes i els efectes causats poden ser, però, molt més complexos. En aquest sentit, la diversitat de les interaccions és de naturalesa tan dispar que cal reunir i processar una gran quantitat d'informació d'àmbits molt diferents per poder preveure com canviarà un aspecte concret.

L'objectiu d'aquest document és revisar la incidència dels efectes del canvi climàtic sobre els perills alimentaris i quines eines i estratègies són necessàries per preveure els canvis que indefectiblement es produiran sobre la seguretat alimentària.

Tot i que aquest document es vol focalitzar en la relació entre el canvi climàtic i el seu efecte en els perills alimentaris, cal remarcar que el canvi climàtic no és l'únic element que afecta els perills alimentaris, però sí que se l'ha de percebre com un dels molts inductors dels canvis que es produiran en la intensitat i l'extensió de perills coneguts i en l'aparició de nous perills.

## 3 Efectes del canvi climàtic en la seguretat alimentària.

### Demostrats, emergents i plausibles

El canvi climàtic s'ha anat acceptant gradualment a partir dels registres dels seus paràmetres essencials; i l'evidència que cal una actuació al respecte ha vingut donada pels múltiples estudis que n'han evidenciat els efectes —especialment els perjudicials— en diferents àmbits. En seguretat alimentària, tot i que encara hi ha molt per estudiar, es disposa de prou informació per fer evident que el risc associat a algun perill ja està incrementant-se o emergint i intuir quins perills poden experimentar un increment del risc i, en conseqüència, per resoldre que ja es pot començar a determinar com hem d'actuar per poder preveure l'aparició de nous perills i riscos. En aquest apartat farem un recorregut per algunes de les evidències reconegudes i per allò que sabem actualment sobre com el canvi climàtic ha afectat o preveiem que pugui afectar els perills alimentaris.

#### 3.1 Microorganismes patògens i paràsits

Hi ha moltes dades que relacionen l'augment de les malalties infeccioses amb els canvis en els paràmetres ambientals:

- L'augment de la temperatura ambiental provoca un alt índex de replicació de *Salmonella*, un augment de l'excreció de patògens entèrics per part dels ramats, un augment dels insectes propagadors de *Campylobacter*, etc.
- L'estrès hídric facilita i augmenta l'entrada de *Salmonella* dins les verdures de fulla, etc.

Tot i que de vegades no és tan simple, ja que un mateix efecte pot tenir conseqüències contràries depenent d'interaccions d'altres factors. L'increment d'un grau de temperatura s'ha relacionat amb la disminució d'un 4-10% de les diarrees associades a rotavirus, ja que aquestes se solen presentar en temperatures fresques i ambients secs, encara que, per exemple, localment, a Bangladesh s'ha associat a un augment de la incidència d'un 40%.

En aquest sentit, és normal que hi hagi diversos paràmetres que determinin l'efecte final i que aquest no sigui únic. Per exemple, la incidència d'infeccions per *Vibrio* augmenta en augmentar la temperatura, però alhora també se'n veu afectada la



distribució territorial, igual que succeeix amb altres organismes marins, la incidència dels quals s'amplia cap a les aigües que van experimentant un augment de la temperatura. Aquesta expansió es veu afavorida per la presència de microplàstics que actuen com a suport de multiplicació i transport. Un altre exemple és el de la zona del Carib, en què l'expansió és afavorida per un augment de l'arribada de nutrients amb la pols del Sàhara a causa de la incidència del règim de vents provinents d'allí.

Aquests casos només són uns exemples dels mecanismes diversos mitjançant els quals el canvi climàtic pot afectar els microorganismes i, tot i que no es coneixen tots els casos i mecanismes d'actuació, les evidències científiques semblen indicar que el canvi climàtic provocarà un increment net de les malalties associades a la presència de microorganismes patògens en els aliments i en l'aigua.

En el cas dels paràsits cal diferenciar entre els monocel·lulars (*Giardia*, *Toxoplasma*, *Cryptosporidium*, etc.) que, en general, segueixen patrons similars als bacteris, i els pluricel·lulars, dels quals no es disposa de tanta informació sobre els patrons que segueixen que, en molts casos, dependrà de com aquests paràsits afectin els diferents hostes que participen en cadascun dels seus cicles. Així doncs, per exemple, sembla que augmentarà la incidència de la fasciolosi, mentre que a l'Àfrica disminuirà, ja que hi haurà una clara disminució del seu hoste intermediari —un cargol d'aigua dolça. En el cas dels paràsits, i també d'altres patògens, un efecte clar és l'expansió territorial de les malalties tropicals cap a zones de climes més moderats a causa de l'expansió dels seus vectors de transmissió, que està associada a canvis climàtics i mediambientals.

Aquest increment esperat de bacteris patògens en els aliments i de la distribució de vectors de transmissió d'organismes patògens fa previsible un augment de l'ús d'antimicrobians i de plaguicides. Aquests segons els veurem en un apartat específic; i, respecte l'augment de l'ús d'antimicrobians, cal dir que no ajudarà a controlar les resistències antimicrobianes, un dels perills —en part alimentari— més importants que ha emergit amb força els darrers anys i que representa una gran amenaça a escala global en les properes dècades.

### 3.2 Algues

Hi ha moltes espècies d'algues que, bàsicament, es classifiquen en microalgues i macroalgues, i moltes de les quals es consumeixen com a aliments. Tot i que les

algues comestibles estan associades a certs perills alimentaris —per contenir metalls pesants, iode, etc.—, el perill específic de les algues són les ficotoxines, toxines produïdes per certes espècies d'algues, que no són comestibles, però que arriben al consum humà a través de la cadena tròfica, ja que s'acumulen en els crustacis filtrants —especialment els bivalves— i en certes espècies de peixos de pastura (que s'alimenten de vegetals i algues) que en consumeixen.

Els perills associats a les ficotoxines poden augmentar quan per motius ambientals alguna d'aquestes espècies prolifera de manera excessiva (floracions) provocant marees invasives que ocupen la major part del nínxol ecològic d'una zona, per la qual cosa els organismes filtrants que hi viuen i els peixos que se n'alimenten queden contaminats amb altes concentracions de la ficotoxina que produeix l'espècie en floració. Les floracions d'algues estan associades a diferents paràmetres (temperatura ambiental, presència excessiva de nutrients a l'aigua, salinitat, llum, etc.) que es veuen afectats pel canvi climàtic i que han desencadenat, globalment, un augment d'aquestes floracions. Les floracions d'algues no tòxiques també tenen altres aspectes problemàtics en relació amb la producció i el subministrament segur d'aliments i d'aigua potable, però aquests no estan en el focus del present document.

A més de l'augment de la freqüència de les floracions excessives, un altre problema associat a les algues productores de ficotoxines és la seva expansió geogràfica, afavorida pel canvi climàtic, especialment per l'augment de la temperatura dels oceans. Aquesta expansió geogràfica n'és, potser, l'aspecte més preocupant, ja que és un problema emergent en zones on clàssicament el problema no era present, al qual la població no està habituada; i que requereix, per tant, que les autoritats hi destinin una especial vigilància. Per tant, observem que les espècies productores de la toxina causant de la intoxicació paralítica per marisc (PSP) (*Alexandrium tamerensis* i *Alexandrium catenella*) en els últims 20 anys han passat de les zones costaneres temperades d'Europa, Amèrica i Japó cap a l'hemisferi sud i han originat floracions a les costes d'Austràlia, Papua Nova Guinea i Sudàfrica. I aquesta situació és semblant a l'ocasionada per l'espècie *Gambierdiscus*, causant de la intoxicació per ciguatera, que s'està expandint des de les aigües càlides del mar del Carib i dels oceans Índic i Pacífic a altres regions —se n'han reportat diversos casos a Europa, especialment a les illes Canàries i el mar Mediterrani, des de l'any 2008.

### 3.3 Metalls pesants

Els metalls pesants s'alliberen al medi ambient tant per processos naturals (incendis forestals, erosió, erupcions volcàniques, etc.) com antropogènics (diversos per processos industrials, tractaments fitosanitaris, mineria, etc.) i són considerats uns contaminants persistents que, majoritàriament mitjançant la cadena tròfica, ingressen al cos humà on alguns dels quals tenen efectes tòxics d'índole diversa. Amb el canvi climàtic, fenòmens com l'increment dels incendis forestals i de l'erosió associada a esdeveniments meteorològics extrems fan preveure una major aportació de metalls pesants per vies naturals. Però, a més, l'increment de la temperatura ambiental sembla que afavoreix la lixiviació des dels sòls a les aigües i alhora augmenta la capacitat de les plantes per absorbir i acumular metalls pesants. La lixiviació dels metalls pesants també sembla afavorida per la disminució del pH del sòl a causa de la pluja àcida i la fertilització amb productes nitrificants. En el cas de l'arsènic, l'acidificació del medi afavoreix la formació d'arsènic inorgànic —la forma més tòxica de l'arsènic.

En conjunt, els efectes del canvi climàtic, de manera més o menys directa, sembla que provoquen un increment de metalls pesants en el medi ambient i n'acceleren la integració en les poblacions vegetals; i, per tant, cal preveure un increment de l'exposició a través de la ingesta d'aliments i aigua.

### 3.4 Metilmercuri

El cas del metilmercuri segueix el patró general dels metalls pesants amb l'afegit que cal que el mercuri inorgànic present en els sistemes aquàtics sigui metilat per acció de bacteris anaeròbics Deltaproteobacteria i altres arqueobacteris amb capacitats metanògenes. L'efecte del canvi climàtic en les espècies responsables de la metilació del mercuri s'està investigant i sembla que l'augment de temperatura en promou l'expansió territorial i n'accentua la reacció de metilació. Aquest fet, associat a la circumstància que en els últims anys s'ha incrementat l'alliberació antropogènica de mercuri al medi ambient, només augura que la presència de metilmercuri en la cadena tròfica augmentarà, cosa que en algun cas ja s'ha comprovat. A més, les altes temperatures augmenten l'activitat de les espècies depredadores de sang freda, motiu pel qual aquestes menjaran més i, per tant, tot aquest metilmercuri generat es bioacumularà més ràpidament.

A aquest escenari general és interessant afegir-hi que hi ha aspectes regionals que poden fer que la situació sigui una mica diferent (millor o pitjor); i, en casos determinats, la distribució o concentració de bacteris desmetiladors en algunes àrees pot disminuir de manera significativa. D'altra banda, en zones on es descongeli el permagel, on hi ha acumulades concentracions elevades de mercuri, la incidència del metilmercuri pot experimentar encara un augment més important.

### 3.5 Fitosanitaris

Els fitosanitaris s'han associat històricament a la millora de l'eficiència de l'agricultura, ja que el control de les plagues va suposar un salt qualitatiu i quantitatiu en la productivitat. No obstant això, la persistència i la toxicitat d'algunes d'aquestes substàncies, i el mal ús i abús que se n'ha fet, ha conduït a una contaminació ambiental que des de fa uns anys s'està reconduint, eliminant els productes més tòxics i persistents, obligant a fer-ne un ús adequat i limitat a tractaments estrictament necessaris i desenvolupant i promovent altres sistemes de lluita contra les plagues.

El canvi climàtic pot dificultar aquest procés de trànsit cap a un ús molt més racional i limitat dels fitosanitaris, ja que diversos factors els poden fer més necessaris o menys eficaços. Donada la naturalesa multivariant i no lineal dels efectes del canvi climàtic en els processos naturals, és difícil considerar totes les possibles relacions entre el canvi climàtic i l'ús de pesticides. Per exemple:

- El canvi climàtic suposarà alteracions en la fisiologia dels cultius per adaptar-se a les majors temperatures i als més perllongats períodes de sequera. Això s'intentarà compensar introduint noves varietats millor adaptades a les noves circumstàncies, possiblement amb períodes vegetatius més llargs. Probablement seran necessaris tractaments amb pesticides més perllongats. Però també és possible que les noves varietats siguin més resistents a les plagues i que les condicions de menor humitat facin menys necessaris els tractaments amb fungicides. El desplaçament de cultius cap a zones actualment massa fredes pot fer que s'apliquin pesticides en àrees geogràfiques que actualment no reben aquest impacte.
- L'increment de temperatura i els hiverns suaus poden augmentar la proliferació i disseminació d'insectes i altres plagues i facilitar el creixement de les males herbes a la vegada que pot incrementar l'estrès sobre els cultius



i la seva susceptibilitat a les plagues. Per exemple, està comprovat que l'increment de temperatura està associat a un increment del nombre de generacions d'àfids (pugons) per temporada. Això pot portar a l'aplicació de major quantitat de pesticides. Per contra, els hiverns suaus poden minvar algunes patologies associades a gelades.

- L'increment de temperatura augmenta la volatilitat i la degradació dels productes i les pluges torrencials acceleren la percolació dels herbicides. Per tot això, és plausible que calgui aplicar fitosanitaris amb més freqüència, de forma més concentrada i en més ubicacions, ja que la seva facilitat d'aplicació i el baix cost els posiciona com a mesura fàcil davant d'aquestes adversitats, i encara més en zones on el control i la regulació d'aquestes substàncies no estan del tot implantats.

### 3.6 Micotoxines

Les micotoxines són metabòlits secundaris sintetitzats per diferents espècies fúngiques que poden proliferar en la planta en creixement i en el maneig entre la collita i la comercialització. La producció de micotoxines es veu afavorida per certes condicions ambientals (excés d'humitat, sequedat, variacions de temperatura), la presència de plagues i la manca d'higiene en els processos de collita, conservació o comercialització. Considerades de forma individual, hi ha un seguit de micotoxines (aflatoxines, ocratoxina A, fumonisines, desoxinivalenol, zearalenona) que són prou conegudes, ja que solen ser les formes químiques que es presenten lliures. En els últims anys hi ha un seguit de micotoxines considerades emergents que es presenten conjugades amb la matriu alimentària —o que són metabòlits de les primeres—, de les quals se sospita que tenen un paper toxicològic important. A aquesta complexitat en el nombre de metabòlits, en la dificultat per detectar les micotoxines i en la incertesa del seu paper toxicològic cal afegir-hi l'evidència de la concomitància de diferents micotoxines i la dificultat de descriure possibles sinergies toxicològiques.

Els efectes del canvi climàtic sobre les micotoxines no estan estudiats del tot, entre altres coses, pels aspectes emergents que actualment s'estan considerant. Però ja hi ha evidències que el canvi climàtic està relacionat amb l'expansió territorial d'algunes de les espècies micotoxigèniques i amb l'augment de la seva capacitat d'infectar cereals i de produir micotoxines.

Per tant, el canvi climàtic pot tenir una sèrie de conseqüències com les que s'indiquen a continuació:

- És probable que un augment dels nivells d'anhídrid carbònic afavoreixi la colonització fúngica i la producció de micotoxines en cultius infectats per espècies micotoxigèniques d'*Aspergillus* i *Fusarium*.
- S'observa que cultius com el blat de moro i espècies fúngiques d'*Aspergillus* secció *Flavi* poden canviar la seva distribució geogràfica amb la consegüent acumulació de les micotoxines produïdes per aquestes espècies en altres latituds.
- Estimacions quantitatives recents han demostrat un augment important de la contaminació dels cereals amb les micotoxines aflatoxina B1 i desoxinivalenol en el sud d'Europa.

### 3.7 Al·lèrgens alimentaris

Hi ha molts articles sobre canvi climàtic i al·lèrgia respiratòria, però poques publicacions sobre canvi climàtic i al·lèrgia a aliments. D'entrada, almenys sobre el paper, podria tenir poca repercussió en l'al·lèrgia a aliments de classe I (sensibilització primària per via digestiva com en el cas de la llet, ou, marisc, etc.), però podria ser important en al·lèrgia a aliments de classe II (sensibilització primària a un al·lèrgen per via respiratòria amb el qual hi ha reactivitat encreuada). En aquest cas, els efectes del canvi climàtic sobre els al·lèrgens dels pòl·lens podria comportar canvis en l'al·lèrgia a aliments: proteïnes de la família de les PR-10 (proteïnes relacionades amb la patogènesi), profilines, LTP (proteïnes transportadores de lípids), etc.

Les causes i els mecanismes que conduirien a aquests efectes sobre els al·lèrgens serien els que es descriuen a continuació:

- L'escalfament global i l'augment de concentració de CO<sub>2</sub>.
  - El CO<sub>2</sub> atmosfèric afavoreix l'activitat biològica de les plantes i la fotosíntesi, la qual cosa fa que augmenti la producció de biomassa. En conseqüència:
    - Augmenta la velocitat de creixement de les plantes.
    - Afecta la intensitat de la floració.
    - Allarga els períodes de floració de les plantes.

- Alguns estudis han vist que l'increment de CO2 pot augmentar l'expressió al·lèrgica del cacauet si la planta creixen aquestes condicions —caldría veure si això passa també en altres espècies vegetals.
  - Afavoreix l'expansió territorial de les plantes que poden envair zones on abans no podien viure. Per exemple, l'increment d'*Ambrosia* a Europa, que ha ocasionat l'aparició de noves sensibilitzacions i fenòmens de reactivitat encreuada amb espècies preexistents a la zona.
  - Per contra, no sembla que afecti l'al·lèrgicitat de les plantes. Augmentaria la disponibilitat d'al·lèrgens, però no la seva estructura química.
- Els fenòmens meteorològics extrems associats al canvi climàtic.
- Els fenòmens climàtics extrems, com les tempestes, poden provocar l'alliberament sobtat i massiu de grans quantitats d'al·lèrgens del pol·len a l'atmosfera (ruptura osmòtica): crisi d'asma els primers 20-30 minuts d'una gran tempesta —per exemple, la de Melbourne, 21/11/2016, amb 9.900 assistències a Urgències per asma i 10 morts.
  - Els canvis en la humitat atmosfèrica i les precipitacions afecten el creixement i la distribució dels fongs i les plantes.
  - Es creen sinergies entre contaminació i temperatura.

Així mateix, la contaminació ambiental —una de les causes del canvi climàtic— representa un factor principal d'estrès per a les plantes. Això té un efecte directe sobre els grans de pol·len, atès que en redueix la viabilitat i la germinació, en canvia les propietats fisicoquímiques de la superfície i modifica la potència dels al·lèrgens. En conseqüència:

- Augmenta la producció de grans de pol·len d'algunes plantes.
- Augmenta la producció d'al·lèrgens, en especial de proteïnes d'estrès que tenen una alta capacitat al·lèrgica.
- Augmenta la producció de mediadors lipídics associats al pol·len (PALM), capaços d'activar limfòcits Th2 i de promoure la síntesi d'IgE *in vitro*.
- Promou l'alliberament d'al·lèrgens per lesió cel·lular directa.
- Les proteïnes al·lèrgiques alliberades del gra de pol·len poden unir-se a les partícules dièsel i arribar a les vies aèries més petites.
- Alguns contaminants ambientals, com els òxids de nitrogen, poden modificar els al·lèrgens químicament (oxidació i, sobretot, nitració). Això afavoreix l'alliberament de mediadors proinflamatoris i pot induir canvis en la conformació o estabilitat dels al·lèrgens. Aquestes modificacions augmenten

la seva immunogenicitat i la interacció amb els receptors de les cèl·lules immunes. De tota manera la rellevància clínica d'aquest fenomen no és clara.

- Indueix canvis epigenètics en l'epiteli respiratori i en la microbiota respiratòria.
- Augmenta la susceptibilitat de patir malalties al·lèrgiques, per exemple, per disrupció de la barrera cutània/mucosa, reduint l'activitat ciliar de les cèl·lules epitelials i augmentant la permeabilitat de l'epiteli respiratori, etc.

Una última reflexió respecte a les al·lèrgies alimentàries i el canvi climàtic seria que aquest pot afavorir el consum de més aliments processats i refinats per l'encariment dels preus dels aliments frescos, atribuïble a la reducció de la producció d'aquests aliments a causa del canvi climàtic, etc. Els aliments frescos naturals contenen una gran diversitat de microbiota, que és important per a la salut immunològica del budell. En canvi, el consum prolongat d'aliments processats o refinats, amb una menor diversitat de la microbiota, s'associa al desenvolupament de malalties al·lèrgiques, inflamatòries, cardiovasculars i gastrointestinals.



## 4 Producció i comercialització d'aliments i canvi climàtic

Un cop introduïts en aquesta visió global i polièdrica, que relaciona complexament causes, mecanismes i efectes, no podem deixar de veure que, com qualsevol activitat humana, la producció i comercialització d'aliments té incidència mediambiental —des del consum de recursos naturals fins a la generació de residus—, la qual cosa té el seu efecte sumatori en el canvi climàtic i —per tot el que s'ha anat explicant i de manera circular— en la pròpia seguretat dels aliments produïts. És des d'aquesta visió que els aspectes mediambientals, de producció sostenible i de reducció de malbaratament de recursos, han de ser considerats en les recomanacions i polítiques que emanin dels agents de seguretat alimentària. En aquest sentit, les guies de bones pràctiques, les avaluacions dels riscos i les polítiques de gestió han de recollir aquests aspectes en el marc de la seguretat alimentària des d'una visió global.

## 5 Posicionament i eines des de la seguretat alimentària

Tots els exemples mencionats en l'apartat anterior no pretenen ser una llista exhaustiva de tots els perills alimentaris ni de com es veuen afectats pel canvi climàtic, sinó que més aviat són una mostra de la diversitat de situacions que es poden donar, algunes simples, directes i gairebé òbvies, i d'altres, complexes, amb diverses interconnexions entre aspectes físics, químics i biològics. Tots els fenòmens exposats en els exemples han estat provocats per causes i efectes globals, però s'han manifestat localment, de manera diferent segons els condicionants de cada lloc. L'objectiu, per tant, no és fer una llista del que se sap, sinó de veure quines són la naturalesa i els mecanismes dels efectes observats per intentar entendre com cal actuar i quines eines hem de fer servir per seguir garantint la seguretat alimentària.

Així doncs, el primer que queda clar és la interacció entre aspectes d'àmbits molt diferents com la meteorologia, la geologia, l'ecologia, l'agricultura, l'oceanografia, etc. i els aspectes que ens poden ajudar a entendre què ha passat —que està passant—, quina evolució pot tenir en un futur; i la previsió d'escenaris que ara no són del tot evidents i la identificació de les oportunitats i les amenaces.

Per tant, cal seguir i, si és necessari, reforçar els sistemes tradicionals de control i monitoratge dels diferents perills i, alhora, cal establir nous sistemes de previsió que combinin holísticament informacions provinents de diferents camps, de manera que es puguin albirar situacions emergents. I això s'ha de fer globalment, però atenent les condicions locals, ja que poden determinar de manera específica la forma en què es materialitzi un determinat efecte, una espècie de concepte *One Health* aplicat al canvi climàtic, que inclou tots els factors del canvi climàtic.

## 6 Conclusions

El canvi climàtic és, juntament amb la globalització i la innovació tecnològica, un dels principals generadors dels riscos emergents en el camp de la seguretat alimentària, i incideix en la naturalesa, extensió i presència dels perills presents en els aliments.

Els mecanismes que expliquen com el canvi climàtic incideix en els perills alimentaris són complexos. Són el resultat d'interaccions entre elements diversos, per la qual cosa cal combinar diferents coneixements d'una manera holística, no només per entendre i monitorar el que està passant sinó també per ser com més proactius millor i poder anticipar al màxim els riscos emergents als quals caldrà fer front en un futur que, pel que sembla, s'apropa ràpidament.

El canvi climàtic és un procés global, però els seus efectes són localment diferenciats segons els condicionants que hi hagi a cada regió. Cal una interacció de coneixement i gestió entre aquests dos nivells.

Els efectes del canvi climàtic sobre les micotoxines són l'objectiu de diferents estudis i actualment ja hi ha alguna evidència que relaciona l'increment de la variabilitat climàtica amb l'expansió territorial d'algunes de les espècies micotoxigèniques i amb l'augment de la seva capacitat de produir micotoxines als nostres conreus.

Els canvis en els factors ambientals com l'increment de les temperatures, règim de pluges, humitat, provocaran previsiblement l'emergència de noves plagues vegetals i l'increment de les plagues existents. Tanmateix aquests canvis modificaran la distribució i supervivència de bacteris com *Salmonella* i *Campylobacter*.

És previsible que el canvi climàtic suposi una major aplicació de productes fitosanitaris, degut a la major presència de plagues, la major susceptibilitat dels cultius associada a l'estrès i a la menor permanència del fitosanitari en el cultiu, a causa de la major volatilitat, degradació i lixiviació.

En el cas del metalls pesants es preveu que l'increment de la temperatura i l'efecte erosiu associat a fenòmens meteorològics extrems acceleri la lixiviació i la distribució des del sòl cap a l'atmosfera i masses d'aigua. Així mateix, en el cas del metilmercuri es preveu que l'augment de la temperatura estimuli l'activitat depredadora de les espècies marines, augmentant-ne la seva bioacumulació i bioconcentració en aquestes espècies.

En el medi marí, l'increment de la temperatura de les aigües permet la supervivència d'algues pròpies de zones més càlides com per exemple la ciguatera, productora de la ciguatoxina, el que representa un nou risc emergent que cal gestionar.

Pel que fa als al·lèrgens alimentaris no hi ha detectada cap alteració de manera general. No obstant, és previsible que l'increment de la producció i l'al·lergenicitat del pol·len vagin associades a un increment de l'al·lèrgia alimentària per l'existència de fenòmens de reactivitat encreuada entre proteïnes del pol·len i dels aliments.

La producció i comercialització d'aliments també comporta activitats implicades en les causes de canvi climàtic. Per tant, els agents de seguretat alimentària també han de considerar aspectes d'impacte ambiental i de mitigació del malbaratament de recursos en l'avaluació, gestió i comunicació del risc alimentari.

## 7 Bibliografia

Delcour I , Spanoghe P, Uyttendaele M. Literature review: Impact of climate change on pesticide use. *Food Res Int.* 2015;68:7-15.

EFSA. 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

Eguiluz-Gracia I, Mathioudakis AG, Bartel S, Vijverberg SJH, Fuertes E, Comberiat P, et al. The need for clean air: the way air pollution and climate change affect allergic rhinitis and asthma. *Allergy.* 2020;75(9):2170-84.

FAO. Climate Change.: Unpacking the burden on food safety. FAO Food Safety and Quality Series. Roma, 2020.

FAO. Climate Change: Implications for Food Safety. Roma, 2008.

Galan C, Thibaudon M. Climate change, airborne pollen, and pollution. *Allergy.* 2020; 75(9):2354-6.

IEC. Canvi climàtic i salut a Catalunya. Informe de la Secció de Ciències Biològiques de l'Institut d'Estudis Catalans. Barcelona, 2019.

JRC. Delivering on EU Food Safety and Nutrition in 2050 - Future challenges and policy preparedness. EUR 27957 EN, 2016.

Katellaris CH, Beggs PJ. Climate change: allergens and allergic diseases. *Intern Med J.* 2018;48(2):129-134.

Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. Impactos y Riesgos derivados del Cambio Climático en España. Madrid, 2020.

Tirado MC, Clarke R, Jaykus LA, McQuatters-Gollop A, Frank JM. Climate change and food safety: A review. *Food Res Int.* 2010;43:1745-1765.

WEF. The Global Risks Report 2020. Insight Report 15th Edition. 2020

Ziska LH. An overview of rising CO<sub>2</sub> and climatic change on aeroallergens and allergic diseases. *Allergy Asthma Immunol Res.* 2020;12(5):771-82.