

Cambio climático y seguridad alimentaria

Informe aprobado por el Comité Científico Asesor de Seguridad Alimentaria en mayo de 2021

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.

Miembros del Comité Científico: 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 y M. Carmen Vidal Carou (presidenta).

Grupo de trabajo: Vicent Sanchis Almenar, M. Teresa Dordal Culla, Jesús Gómez Catalán, Jaume Bosch Collet y Victòria Castell Garralda.

Fecha de publicación: mayo de 2021

Canvi climàtic i seguretat alimentària

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 preveure, 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.

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.

Algunos derechos reservados

© 2021, Generalitat de Catalunya Departament de Salut.



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

La licencia se puede consultar en la [página web de Creative Commons](#)

Edita:

Agencia Catalana de Seguridad Alimentaria (ACSA)

1a edición:

Barcelona, mayo de 2021

Asesoramiento lingüístico:

Sección de Planificación Lingüística del Departament de Salut

URL:

<https://acsa.gencat.cat/es/>

Índice

1	Introducción y objetivo de este documento	6
2	Cambio climático. Qué es. Mecanismos y efectos	7
3	Efecto del cambio climático en la seguridad alimentaria. Demostrados, emergentes y plausibles	8
3.1	Microorganismos patógenos y parásitos	8
3.2	Algas	10
3.3	Metales pesados	11
3.4	Metilmercurio	11
3.5	Fitosanitarios	12
3.6	Micotoxinas	13
3.7	Alérgenos alimentarios	14
4	Producción y comercialización de alimentos y cambio climático	17
5	Posicionamiento y herramientas desde la seguridad alimentaria	17
6	Conclusiones	19
7	Bibliografía	21

1 Introducción y objetivo de este documento

Del cambio climático se habla desde hace mucho tiempo, pero hace relativamente poco de su demostración científica, de su incorporación en las agendas políticas de todo el mundo y de la evidencia que hace falta una actuación general para minimizarlo, ya que parece que, de momento, no se podrá revertir ni tampoco mitigar los efectos en la medida de lo que sea posible.

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. En este sentido, el aumento de las sequías y las lluvias torrenciales, el incremento de temperatura, la inundación de tierras costeras, la salinización, etc. se han hecho tan evidentes que se han acabado reconociendo ya como un problema importante que hay que afrontar, ya que son una amenaza para poder garantizar la obtención de alimentos suficientes y seguros para la población. De lo que no hay tanto de conocimiento es de cómo los mecanismos del cambio climático afectan a un aspecto particular de esta obtención segura de los alimentos, a la seguridad alimentaria, es decir a los peligros (físicos, químicos y biológicos) que potencialmente podemos encontrar. El objetivo de este documento es revisar qué efectos sobre los peligros alimentarios causados por el cambio climático están identificados a día de hoy, ya sea como reales, emergentes o previsibles en un futuro y quizás —y lo que es más importante— identificar las herramientas y los posicionamientos estratégicos que se tienen que desarrollar y promover para prever, prevenir y gestionar los problemas emergentes derivados de los efectos del cambio climático sobre los peligros alimentarios.

2 Cambio climático. Qué es. Mecanismos y efectos

El cambio climático engloba un conjunto complejo de causas biológicas, cósmicas y antropogénicas y efectos ambientales que interactúan de maneras diversas con el medio ambiente, en general, y en cada entorno particular, de manera específica, según cuáles sean las características orográficas, paisajísticas y de la flora y fauna, y que ocurren a partir de dos efectos definitorios del propio cambio climático: el incremento de la temperatura ambiental media y el incremento de la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera.

Estos dos efectos definitorios provocan cambios con efectos globales como el calentamiento y la acidificación de los océanos, el incremento de episodios graves de sequías y los incendios forestales, la variación en el régimen y la intensidad de las lluvias, las lluvias ácidas, el deshielo de las masas de hielo, la subida del nivel del mar y el incremento de acontecimientos meteorológicos extremos. Estos efectos globales se interrelacionan entre sí y con el medio ambiente de manera diversa y compleja causando una serie extensa y variada de modificaciones físicas, químicas y biológicas en el propio medio ambiente. Todos estos cambios globales se manifiestan en múltiples efectos que varían dependiendo de las características de cada lugar. La manera más fácil de mostrar esta diversidad de efectos locales y específicos a causa de estos cambios globales es a través de los ejemplos más básicos y evidentes; la subida del nivel de mar afecta más las zonas costeras con poco relieve; el deshielo de masas de hielo tendrá consecuencias más directas donde haya glaciares y permafrost. Los mecanismos y los efectos causados pueden ser, sin embargo, mucho más complejos. En este sentido, la diversidad de las interacciones es de naturaleza tan dispar que hace falta reunir y procesar una gran cantidad de información de ámbitos muy diferentes para poder prever cómo cambiará un aspecto concreto.

El objetivo de este documento es revisar la incidencia de los efectos del cambio climático sobre los peligros alimentarios y qué herramientas y estrategias son necesarias para prever los cambios que indefectiblemente se producirán sobre la seguridad alimentaria.

Aunque este documento se quiere focalizar en la relación entre el cambio climático y su efecto en los peligros alimentarios, hace falta remarcar que el cambio climático no es el único elemento que afecta a los peligros alimentarios, pero sí que debe percibirse como uno de los muchos inductores de los cambios que se producirán en la intensidad y la extensión de peligros conocidos y en la aparición de nuevos peligros.



3 Efecto del cambio climático en la seguridad alimentaria.

Demostrados, emergentes y plausibles

El cambio climático se ha ido aceptando gradualmente a partir de los registros de sus parámetros esenciales; y la evidencia de que hace falta una actuación al respecto ha venido dada por los múltiples estudios que han evidenciado sus efectos —especialmente los perjudiciales— en diferentes ámbitos. En seguridad alimentaria, aunque todavía hay mucho para estudiar, se dispone de bastante información para hacer evidente que el riesgo asociado a algún peligro ya está incrementándose o emergiendo e intuir qué peligros pueden experimentar un incremento del riesgo y, en consecuencia, para resolver que ya se puede empezar a determinar cómo tenemos que actuar para poder prever la aparición de nuevos peligros y riesgos. En este apartado haremos un recorrido por algunas de las evidencias reconocidas y por aquello que sabemos actualmente sobre cómo el cambio climático ha afectado o prevemos que pueda afectar a los peligros alimentarios.

3.1 Microorganismos patógenos y parásitos

Hay muchos datos que relacionan el aumento de las enfermedades infecciosas con los cambios en los parámetros ambientales:

- El aumento de la temperatura ambiental provoca un alto índice de replicación de *Salmonella*, un aumento de la excreción de patógenos entéricos por parte de los rebaños, un aumento de los insectos propagadores de *Campylobacter*, etc.
- El estrés hídrico facilita y aumenta la entrada de *Salmonella* dentro de las verduras de hoja, etc.

Aunque a veces no es tan simple, ya que un mismo efecto puede tener consecuencias contrarias dependiendo de interacciones de otros factores. El incremento de un grado de temperatura se ha relacionado con la disminución de un 4-10% de las diarreas asociadas a rotavirus, ya que estas se suelen presentar en temperaturas frescas y ambientes secos, aunque, por ejemplo, localmente, en Bangladesh se ha asociado a un aumento de la incidencia de un 40%.

En este sentido, es normal que haya varios parámetros que determinen el efecto final y que este no sea único. Por ejemplo, la incidencia de infecciones por *Vibrio* aumenta al aumentar la temperatura, pero al mismo tiempo también se ve afectada la distribución territorial, igual que sucede con otros organismos marinos, cuya incidencia se amplía hacia las aguas que van experimentando un aumento de la temperatura. Esta expansión se ve favorecida por la presencia de microplásticos que actúan como soporte de multiplicación y transporte. Otro ejemplo es el de la zona del Caribe, en el que la expansión es favorecida por un aumento de la llegada de nutrientes con el polvo del Sáhara a causa de la incidencia del régimen de vientos provenientes de allí.

Estos casos sólo son unos ejemplos de los mecanismos diversos mediante los cuales el cambio climático puede afectar a los microorganismos y, aunque no se conocen todos los casos y mecanismos de actuación, las evidencias científicas parecen indicar que el cambio climático provocará un incremento neto de las enfermedades asociadas a la presencia de microorganismos patógenos en los alimentos y en el agua.

En el caso de los parásitos hay que diferenciar entre los monocelulares (*Giardia*, *Toxoplasma*, *Cryptosporidium*, etc.) que, en general, siguen patrones similares a las bacterias, y los pluricelulares, de los cuales no se dispone de tanta información sobre los patrones que siguen que, en muchos casos, dependerá de cómo estos parásitos afecten a los diferentes huéspedes que participan en cada uno de sus ciclos. Así pues, por ejemplo, parece que aumentará la incidencia de la fasciolosis, mientras que en África disminuirá, ya que habrá una clara disminución de su huésped intermediario —un caracol de agua dulce. En el caso de los parásitos, y también de otros patógenos, un efecto claro es la expansión territorial de las enfermedades tropicales hacia zonas de climas más moderados a causa de la expansión de sus vectores de transmisión, que está asociada a cambios climáticos y medioambientales.

Este incremento esperado de bacterias patógenas en los alimentos y de la distribución de vectores de transmisión de organismos patógenos hace previsible un aumento del uso de antimicrobicos y de plaguicidas. Estos segundos los veremos en un apartado específico; y respecto del aumento del uso de antimicrobicos hay que decir que no ayudará a controlar las resistencias antimicrobianas, uno de los peligros —en parte alimentario— más importantes que ha emergido con fuerza los últimos años y que representa una gran amenaza a escala global en las próximas décadas.

3.2 Algas

Hay muchas especies de algas que, básicamente, se clasifican en microalgas y macroalgas, y muchas de las cuales se consumen como alimentos. Aunque las algas comestibles están asociadas a ciertos peligros alimentarios —por contener metales pesados, yodo, etc.—, el peligro específico de las algas son las ficotoxinas, toxinas producidas por ciertas especies de algas, que no son comestibles, pero que llegan al consumo humano a través de la cadena trófica, ya que se acumulan en los crustáceos filtrantes —especialmente los bivalvos— y en ciertas especies de peces de pasto (que se alimentan de vegetales y algas) que las consumen.

Los peligros asociados a las ficotoxinas pueden aumentar cuando por motivos ambientales alguna de estas especies prolifera de manera excesiva (floraciones) provocando mareas invasivas que ocupan la mayor parte del nicho ecológico de una zona, por lo cual los organismos filtrantes que viven allí y los peces que se alimentan de ellas quedan contaminados con altas concentraciones de la ficotoxina que produce la especie en floración. Las floraciones de algas están asociadas a diferentes parámetros (temperatura ambiental, presencia excesiva de nutrientes en el agua, salinidad, luz, etc.) que se ven afectados por el cambio climático y que han desencadenado, globalmente, un aumento de estas floraciones. Las floraciones de algas no tóxicas también tienen otros aspectos problemáticos en relación con la producción y el suministro seguro de alimentos y de agua potable, pero estos no están en el foco del presente documento.

Además del aumento de la frecuencia de las floraciones excesivas, otro problema asociado a las algas productoras de ficotoxinas es su expansión geográfica, favorecida por el cambio climático, especialmente por el aumento de la temperatura de los océanos. Esta expansión geográfica es, quizás, el aspecto más preocupante, ya que es un problema emergente en zonas donde clásicamente el problema no estaba presente, y a las cuales la población no está acostumbrada; y que requiere, por lo tanto, que las autoridades destinen una especial vigilancia. Por lo tanto, observamos que las especies productoras de la toxina causante de la intoxicación parálitica por marisco (PSP) (*Alexandrium tamerensis* y *Alexandrium catenella*) en los últimos 20 años han pasado de las zonas costeras templadas de Europa, América y Japón hacia el hemisferio sur y han originado floraciones en las costas de Australia, Papúa Nueva Guinea y Sudáfrica. Y esta situación es parecida a la ocasionada por la especie *Gambierdiscus*, causante de la intoxicación por ciguatera, que se está expandiendo desde las aguas cálidas del mar del Caribe y del océano Índico y Pacífico

a otras regiones —se han reportado varios casos en Europa, especialmente en las islas Canarias y el mar Mediterráneo, desde el año 2008.

3.3 Metales pesados

Los metales pesados se liberan al medio ambiente tanto por procesos naturales (incendios forestales, erosión, erupciones volcánicas, etc.) como por antropogénicos (diversos por procesos industriales, tratamientos fitosanitarios, minería, etc.) y son considerados unos contaminantes persistentes que, mayoritariamente mediante la cadena trófica, ingresan en el cuerpo humano donde algunos de ellos tienen efectos tóxicos de índole diversa. Con el cambio climático, fenómenos como el incremento de los incendios forestales y de la erosión asociada a acontecimientos meteorológicos extremos hacen prever una mayor aportación de metales pesados por vías naturales. Pero, además, el incremento de la temperatura ambiental parece que favorece la lixiviación desde los suelos a las aguas y al mismo tiempo aumenta la capacidad de las plantas para absorber y acumular metales pesados. La lixiviación de los metales pesados también parece favorecida por la disminución del pH del suelo a causa de la lluvia ácida y la fertilización con productos nitrificantes. En el caso del arsénico, la acidificación del medio favorece la formación de arsénico inorgánico —la forma más tóxica del arsénico.

En conjunto, los efectos del cambio climático, de manera más o menos directa, parece que provocan un incremento de metales pesados en el medio ambiente y aceleran su integración en las poblaciones vegetales; y, por lo tanto, hay que prever un incremento de su exposición a través de la ingesta de alimentos y agua.

3.4 Metilmercurio

El caso del metilmercurio sigue el patrón general de los metales pesados con el añadido de que hace falta que el mercurio inorgánico presente en los sistemas acuáticos sea metilato por acción de bacterias anaeróbicas Deltaproteobacteria y otras arqueobacterias con capacidades metanógenas. El efecto del cambio climático en las especies responsables de la metilación del mercurio se está investigando y parece que el aumento de temperatura promueve su expansión territorial y acentúa su reacción de metilación. Este hecho, asociado a la circunstancia de que en los últimos años se ha incrementado la liberación antropogénica de mercurio al medio ambiente, sólo augura que la presencia de metilmercurio en la cadena trófica



aumentará, cosa que en algún caso ya se ha comprobado. Además, las altas temperaturas aumentan la actividad de las especies depredadoras de sangre fría, motivo por el cual estas comerán más y, por lo tanto, todo este metilmercurio generado se bioacumulará más rápidamente.

A este escenario general es interesante añadir que hay aspectos regionales que pueden hacer que la situación sea un poco diferente (mejor o peor); y, en casos determinados, la distribución o concentración de bacterias desmetiladoras en algunas áreas puede disminuir de manera significativa. Por otra parte, en zonas donde se descongele el permafrost, donde hay acumuladas concentraciones elevadas de mercurio, la incidencia del metilmercurio puede experimentar todavía un aumento más importante.

3.5 Fitosanitarios

Los fitosanitarios se han asociado históricamente a la mejoría de la eficiencia de la agricultura, ya que el control de las plagas supuso un salto cualitativo y cuantitativo en la productividad. No obstante, la persistencia y la toxicidad de algunas de estas sustancias, y el mal uso y abuso que se ha hecho de ellas, ha conducido a una contaminación ambiental que desde hace unos años se está reconduciendo, eliminando los productos más tóxicos y persistentes, obligando a hacer un uso adecuado y limitado a tratamientos estrictamente necesarios y desarrollando y promoviendo otros sistemas de lucha contra las plagas.

El cambio climático puede dificultar este proceso de tránsito hacia un uso mucho más racional y limitado de los fitosanitarios, ya que varios factores pueden hacerlos más necesarios o menos eficaces. Dada la naturaleza multivariante y no lineal de los efectos del cambio climático en los procesos naturales, es difícil considerar todas las posibles relaciones entre el cambio climático y el uso de pesticidas. Por ejemplo:

- El cambio climático supondrá alteraciones en la fisiología de los cultivos para adaptarse a las mayores temperaturas y los más prolongados períodos de sequía. Esto se intentará compensar introduciendo nuevas variedades mejor adaptadas a las nuevas circunstancias, posiblemente con periodos vegetativos más largos. Probablemente serán necesarios tratamientos con pesticidas más prolongados. Pero también es posible que las nuevas variedades sean más resistentes a las plagas y que las condiciones de menor humedad hagan menos necesarios los tratamientos con fungicidas. El desplazamiento de

cultivos hacia zonas actualmente demasiado frías puede hacer que se apliquen pesticidas en áreas geográficas que actualmente no reciben este impacto.

- El incremento de temperatura y los inviernos suaves pueden aumentar la proliferación y diseminación de insectos y otras plagas y facilitar el crecimiento de las malas hierbas a la vez que puede incrementar el estrés sobre los cultivos y su susceptibilidad a las plagas. Por ejemplo, está comprobado que el incremento de temperatura está asociado a un incremento del número de generaciones de áfidos (pulgones) por temporada. Esto puede llevar a la aplicación de mayor cantidad de pesticidas. Por el contrario, los inviernos suaves pueden mermar algunas patologías asociadas a heladas.
- El incremento de temperatura aumenta la volatilidad y la degradación de los productos y las lluvias torrenciales aceleran la percolación de los herbicidas. Por todo ello, es plausible que haya que aplicar fitosanitarios con más frecuencia, de forma más concentrada y en más ubicaciones, ya que su facilidad de aplicación y el bajo coste los posiciona como medida fácil ante estas adversidades, y aún más en zonas donde el control y la regulación de estas sustancias no están del todo implantados.

3.6 Micotoxinas

Las micotoxinas son metabolitos secundarios sintetizados por diferentes especies fúngicas que pueden proliferar en la planta en crecimiento y en su manejo entre la cosecha y la comercialización. La producción de micotoxinas se ve favorecida por ciertas condiciones ambientales (exceso de humedad, sequedad, variaciones de temperatura), la presencia de plagas y la falta de higiene en los procesos de cosecha, conservación o comercialización. Consideradas de forma individual, hay una serie de micotoxinas (aflatoxinas, ocratoxina A, fumonisinas, desoxinivalenol, zearalenona) que son lo bastante conocidas, ya que suelen ser las formas químicas que se presentan libres. En los últimos años hay una serie de micotoxinas consideradas emergentes que se presentan conjugadas con la matriz alimentaria —o que son metabolitos de las primeras—, de las cuales se sospecha que tienen un papel toxicológico importante. A esta complejidad en el número de metabolitos, en la dificultad por detectar las micotoxinas y en la incertidumbre de su papel toxicológico hay que añadir la evidencia de la concomitancia de diferentes micotoxinas y la dificultad de describir posibles sinergias toxicológicas.

Los efectos del cambio climático sobre las micotoxinas no están estudiados del todo, entre otras cosas, por los aspectos emergentes que actualmente se están considerando. Pero ya hay evidencias que el cambio climático está relacionado con la expansión territorial de algunas de las especies micotoxicogénicas y con el aumento de su capacidad de infectar cereales y producir micotoxinas.

Por lo tanto, el cambio climático puede tener una serie de consecuencias como las que se indican a continuación:

- Es probable que un aumento de los niveles de anhídrido carbónico favorezca la colonización fúngica y la producción de micotoxinas en cultivos infectados por especies micotoxicogénicas de *Aspergillus* y *Fusarium*.
- Se observa que cultivos como el maíz y especies fúngicas de *Aspergillus* sección *Flavi* pueden cambiar su distribución geográfica con la consiguiente acumulación de las micotoxinas producidas por estas especies en otras latitudes.
- Estimaciones cuantitativas recientes han demostrado un aumento importante de la contaminación de los cereales con las micotoxinas aflatoxina B1 y desoxinivalenol en el sur de Europa.

3.7 Alérgenos alimentarios

Hay muchos artículos sobre cambio climático y alergia respiratoria, pero pocas publicaciones sobre cambio climático y alergia en alimentos. De entrada, al menos sobre el papel, podría tener poca repercusión en la alergia en alimentos de clase I (sensibilización primaria por vía digestiva como en el caso de la leche, huevo, marisco, etc.), pero podría ser importante en alergia en alimentos de clase II (sensibilización primaria en un alérgeno por vía respiratoria con el cual hay reactividad cruzada). En este caso, el efecto del cambio climático sobre los alérgenos de los pólenes podría comportar cambios en la alergia a alimentos: proteínas de la familia de las PR-10 (proteínas relacionadas con la patogénesis), profilinas, LTP (proteínas transportadoras de lípidos), etc.

Las causas y los mecanismos que conducirían a estos efectos sobre los alérgenos serían los que se describen a continuación:

- El calentamiento global y el aumento de concentración de CO₂.

- El CO₂ atmosférico favorece la actividad biológica de las plantas y la fotosíntesis, lo cual hace que aumente la producción de biomasa. En consecuencia:
 - Aumenta la velocidad de crecimiento de las plantas.
 - Afecta a la intensidad de la floración.
 - Alcanza los periodos de floración de las plantas.
 - Algunos estudios han visto que el incremento de las concentraciones de CO₂ puede aumentar la expresión alergénica del cacahuete si la planta crece en estas condiciones —habría que ver si eso pasa también en otras especies vegetales.
 - Favorece la expansión territorial de las plantas que pueden invadir zonas donde antes no podían vivir. Por ejemplo, el incremento de *Ambrosia* en Europa, que ha ocasionado la aparición de nuevas sensibilizaciones y fenómenos de reactividad cruzada con especies preexistentes en la zona.
 - Por el contrario, no parece que afecte la alergenicidad de las plantas. Aumentaría la disponibilidad de alérgenos, pero no su estructura química.
- Los fenómenos meteorológicos extremos asociados al cambio climático.
- Los fenómenos climáticos extremos, como las tormentas, pueden provocar la liberación repentina y masiva de grandes cantidades de alérgenos del polen a la atmósfera (ruptura osmótica): crisis de asma los primeros 20-30 minutos de una gran tormenta —por ejemplo, la de Melbourne, 21/11/2016, con 9.900 asistencias a Urgencias por asma y 10 muertes.
 - Los cambios en la humedad atmosférica y las precipitaciones afectan al crecimiento y la distribución de los hongos y las plantas.
 - Se producen sinergias entre contaminación y temperatura.

Asimismo, la contaminación ambiental —una de las causas del cambio climático— representa un factor principal de estrés para las plantas. Eso tiene un efecto directo sobre los granos de polen, ya que reduce su viabilidad y su germinación, cambia las propiedades fisicoquímicas de su superficie y modifica la potencia de los alérgenos. En consecuencia:

- Aumenta la producción de granos de polen de algunas plantas.
- Aumenta la producción de alérgenos, en especial de proteínas de estrés que tienen una alta capacidad alergénica.
- Aumenta la producción de mediadores lipídicos asociados al polen (PALM), capaces de activar linfocitos Th2 y de promover la síntesis de IgE *in vitro*.

- Promueve la liberación de alérgenos por lesión celular directa.
- Las proteínas alergénicas liberadas del grano de polen pueden unirse a las partículas diésel y llegar a las vías aéreas más pequeñas.
- Algunos contaminantes ambientales, como los óxidos de nitrógeno, pueden modificar los alérgenos químicamente (oxidación y, sobre todo, nitración). Eso favorece la liberación de mediadores proinflamatorios y puede inducir cambios en la conformación o estabilidad de los alérgenos. Estas modificaciones aumentan su inmunogenicidad y la interacción con los receptores de las células inmunes. De todos modos la relevancia clínica de este fenómeno no es clara.
- Induce cambios epigenéticos en el epitelio respiratorio y en la microbiota respiratoria.
- Aumenta la susceptibilidad de sufrir enfermedades alérgicas, por ejemplo, por disrupción de la barrera cutánea/mucosa, reduciendo la actividad ciliar de las células epiteliales y aumentando la permeabilidad del epitelio respiratorio, etc.

Una última reflexión con respecto a las alergias alimentarias y el cambio climático sería que este puede favorecer el consumo de más alimentos procesados y refinados por el encarecimiento de los precios de los alimentos frescos, atribuible a la reducción de la producción de estos alimentos a causa del cambio climático, etc. Los alimentos frescos naturales contienen una gran diversidad de microbiota, que es importante para la salud inmunológica del intestino. En cambio, el consumo prolongado de alimentos procesados o refinados, con una menor diversidad de la microbiota, se asocia al desarrollo de enfermedades alérgicas, inflamatorias, cardiovasculares y gastrointestinales.

4 Producción y comercialización de alimentos y cambio climático

Una vez introducidos en esta visión global y poliédrica, que relaciona complejamente causas, mecanismos y efectos, no podemos dejar de ver que, como cualquier actividad humana, la producción y comercialización de alimentos tiene incidencia medioambiental —desde el consumo de recursos naturales hasta la generación de residuos—, lo cual tiene su efecto sumatorio en el cambio climático y —por todo lo que se ha ido explicando y de manera circular— en la propia seguridad de los alimentos producidos. Es desde esta visión que los aspectos medioambientales, de producción sostenible y de reducción de despilfarro de recursos, tienen que ser considerados en las recomendaciones y políticas que emanen de los agentes de seguridad alimentaria. En este sentido, las guías de buenas prácticas, las evaluaciones de los riesgos y las políticas de gestión tienen que recoger estos aspectos en el marco de la seguridad alimentaria desde una visión global.

5 Posicionamiento y herramientas desde la seguridad alimentaria

Todos los ejemplos mencionados en el apartado anterior no pretenden ser una lista exhaustiva de todos los peligros alimentarios ni de cómo se ven afectados por el cambio climático, sino que más bien son una muestra de la diversidad de situaciones que se pueden dar, algunas simples, directas y casi obvias, y otras, complejas, con varias interconexiones entre aspectos físicos, químicos y biológicos. Todos los fenómenos expuestos en los ejemplos han sido provocados por causas y efectos globales, pero se han manifestado localmente, de manera diferente según los condicionantes de cada lugar. El objetivo, por lo tanto, no es hacer una lista de lo que se sabe, sino de ver cuáles son la naturaleza y los mecanismos de los efectos observados para intentar entender cómo tenemos que actuar y qué herramientas tenemos que utilizar para seguir garantizando la seguridad alimentaria.

Así pues, lo primero que queda claro es la interacción entre aspectos de ámbitos muy diferentes como la meteorología, la geología, la ecología, la agricultura, la

oceanografía, etc. y los aspectos que nos pueden ayudar a entender qué ha pasado —qué está pasando—, qué evolución puede tener en un futuro; y la previsión de escenarios que ahora no son del todo evidentes y la identificación de las oportunidades y las amenazas.

Por lo tanto, hay que seguir y, si es necesario, reforzar los sistemas tradicionales de control y monitorización de los diferentes peligros y, al mismo tiempo, hay que establecer nuevos sistemas de previsión que combinen holísticamente informaciones provenientes de diferentes campos, de manera que se puedan avistar situaciones emergentes. Y eso se tiene que hacer globalmente, pero atendiendo las condiciones locales, ya que pueden determinar de manera específica la forma en que se materialice un determinado efecto, una especie de concepto *One Health* aplicado al cambio climático, que incluye todos los factores del cambio climático.

6 Conclusiones

El cambio climático es, junto con la globalización y la innovación tecnológica, uno de los principales generadores de los riesgos emergentes en el campo de la seguridad alimentaria, e incide en la naturaleza, extensión y presencia de los peligros presentes en los alimentos.

Los mecanismos que explican cómo el cambio climático incide en los peligros alimentarios son complejos. Son el resultado de interacciones entre elementos diversos, por lo que hay que combinar diferentes conocimientos de una manera holística, no sólo para entender y monitorizar lo que está pasando sino también para ser cuanto más proactivos mejor y poder anticipar al máximo los riesgos emergentes a los cuales habrá que hacer frente en un futuro, que, por lo visto, se acerca rápidamente.

El cambio climático es un proceso global, pero sus efectos son localmente diferenciados según los condicionantes que haya en cada región. Hacen falta una interacción de conocimiento y gestión entre estos dos niveles.

Los efectos del cambio climático sobre las micotoxinas son el objetivo de diferentes estudios y actualmente ya hay alguna evidencia que relaciona el incremento de la variabilidad climática con la expansión territorial de algunas de las especies micotoxigénicas y con el aumento de su capacidad de producir micotoxinas en nuestros cultivos.

Los cambios en los factores ambientales, como el incremento de las temperaturas, régimen de lluvias, humedad, provocarán previsiblemente la emergencia de nuevas plagas vegetales y el incremento de las plagas existentes. Estos cambios también modificarán la distribución y supervivencia de bacterias como *Salmonella* y *Campylobacter*.

Es previsible que el cambio climático suponga una mayor aplicación de productos fitosanitarios, debido a la mayor presencia de plagas, la mayor susceptibilidad de los cultivos asociada al estrés ya la menor permanencia del fitosanitario en el cultivo, debido a la mayor volatilidad, degradación y lixiviación.

En el caso de los metales pesados se prevé que el incremento de la temperatura y el efecto erosivo asociado a fenómenos meteorológicos extremos acelere la lixiviación y la distribución desde el suelo hacia la atmósfera y las masas de agua. Así mismo, en

el caso del metilmercurio se prevé que el aumento de la temperatura estimule la actividad depredadora de las especies marinas, aumentando su bioacumulación y bioconcentración en estas especies.

En el medio marino, el incremento de la temperatura de las aguas permite la supervivencia de algas propias de zonas más cálidas, como por ejemplo la ciguatera, productora de la ciguatoxina, lo que representa un nuevo riesgo emergente que hay que gestionar.

En cuanto a los alérgenos alimentarios no hay detectada ninguna alteración de manera general. No obstante, es previsible que el incremento de la producción y la alergenicidad del polen vayan asociadas a un incremento de la alergia alimentaria por la existencia de fenómenos de reactividad cruzada entre proteínas del polen y de los alimentos.

La producción y comercialización de alimentos también comporta actividades implicadas en las causas de cambio climático. Por lo tanto, los agentes de seguridad alimentaria también tienen que considerar aspectos de impacto ambiental y de mitigación del despilfarro de recursos en la evaluación, gestión y comunicación del riesgo alimentario.

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 CO₂ and climatic change on aeroallergens and allergic diseases. *Allergy Asthma Immunol Res.* 2020;12(5):771-82.