

## Cambio climático y riesgos alimentarios

### *Climate Change and Food-Related Risks*

### *Alterações Climáticas e Riscos Alimentares*

**Isidro J. Mirón**

Distrito de Salud Torrijos, Consejería de Sanidad de Castilla- La Mancha. Avenida de la Estación, s/n (Centro de Especialidades). Torrijos (Toledo).

**Cita:** Mirón IJ. Cambio climático y riesgos alimentarios. Rev. salud ambient. 2017; 17(1):47-56.

**Recibido:** 26 de enero de 2017. **Aceptado:** 24 de abril de 2017. **Publicado:** 15 de junio de 2017.

**Autor para correspondencia:** Isidro J. Mirón Pérez.

Correo e: [ijmiron@jccm.es](mailto:ijmiron@jccm.es)

Distrito de Salud de Torrijos, Consejería de Sanidad de Castilla-La Mancha. Avendade la Estación, s/n (Centro de Especialidades). 45500 Torrijos (Toledo).

**Financiación:** Este grupo no ha contado con ningún tipo de financiación para el desarrollo de su trabajo.

**Declaración de conflicto de intereses:** Los autores declaran que no existen conflictos de intereses que hayan influido en la realización y la preparación de este trabajo.

**Declaraciones de autoría:** Todos los autores contribuyeron al diseño del estudio y la redacción del artículo. Asimismo, todos los autores aprobaron la versión final.

### Resumen

El concepto "seguridad alimentaria" tiene dos acepciones. Una referida a la seguridad en la provisión de alimentos y otra a la salubridad de los mismos. La mayoría de trabajos que relacionan el cambio climático con la seguridad alimentaria se refieren a la primera acepción del término: seguridad en la provisión de alimentos.

El aumento de las concentraciones de dióxido de carbono unido al incremento de las temperaturas a nivel global produciría, teóricamente, un mayor rendimiento en los cultivos destinados a la alimentación humana y animal. Sin embargo, una mayoría de estudios han evidenciado que, en general, los rendimientos en los cultivos están disminuyendo ya que ese cambio global también incluye un aumento en la frecuencia de episodios meteorológicos extremos. Además, estas anomalías climáticas estarían irregularmente distribuidas afectando de forma más intensa a los países en vía de desarrollo y con menor capacidad para afrontar ese cambio. Todos estos factores derivarían en una mayor incertidumbre en la provisión de alimentos, siendo también menos previsible y sujeta a las especulaciones de los mercados.

Podría preverse que un aumento de la temperatura media incrementara el riesgo de proliferación de microorganismos productores de enfermedades de origen alimentario como *Salmonella* o *Campylobacter*. No obstante, en los países desarrollados, en los que los sistemas de información permiten conocer la evolución temporal de ocurrencia de esas enfermedades, aún no se ha detectado una tendencia en ese sentido ya que los medios de conservación de alimentos y los controles que se realizan están bastante extendidos.

**Palabras clave:** salud; cambio climático; seguridad alimentaria.

### Abstract

There are two principal concepts to take into account relating food and climate change: food security and food safety. Most papers linking climate change to food risks deal with the first one: the security of the food supply.

The increase of the concentration of carbon dioxide in the atmosphere, together with the rise of the temperatures on a global level would theoretically lead to greater yields of crops grown for human and animal consumption. However, most of these studies have shown that, in general, crop yields are decreasing as this global change also brings about an increase in the frequency of extreme weather events. In addition, these weather anomalies would be unevenly spread and affect developing countries, which are less capable of tackling this change, more severely. All these factors would result in greater uncertainty in the supply of food, which

consequently would be less predictable and leave it more exposed to market speculation.

A rise in average temperatures would be expected to increase the risk of proliferation of foodborne disease-causing microorganisms such as Salmonella or Campylobacter. Nevertheless, a trend of this sort has not been detected yet in developed countries, where information systems allow the temporal evolution of the occurrence of those diseases to be tracked, since means for food preservation and food controls are wide spread.

**Keywords:** health; climatechange; food security/safety.

## Resumo

O conceito de “segurança alimentar” tem dois sentidos. Um relativo à segurança na provisão dos alimentos e outro à salubridade dos mesmos. A maioria dos estudos que relaciona as alterações climáticas com a segurança alimentar refere-se à primeira aceção do termo: segurança na provisão dos alimentos.

O aumento das concentrações de dióxido de carbono associado ao aumento das temperaturas a nível global, teoricamente, iria potenciar o rendimento das culturas destinadas à alimentação humana e animal. No entanto, a maioria dos estudos tem demonstrado que em geral, os rendimentos das culturas estão a diminuir, já que as alterações climáticas implicam também, um aumento da frequência de eventos meteorológicos extremos. Além disso, a distribuição dos fenómenos climáticos ocorreria de modo irregular afetando de forma mais intensa os países em vias de desenvolvimento, com menor capacidade de enfrentar essas mudanças. Todos estes fatores resultariam em maior incerteza na provisão de alimentos, sendo também menos previsível e sujeita à especulação dos mercados.

Poderia prever-se que um aumento da temperatura média iria aumentar o risco de proliferação de microrganismos causadores de doenças de origem alimentar, como a Salmonella e a Campylobacter. Não obstante, nos países desenvolvidos onde existem sistemas de informação que permitem conhecer a evolução temporal da ocorrência dessas doenças, ainda não se verificou uma tendência nesse sentido, já que os meios de conservação dos alimentos e as formas de controlo estão bastante generalizados.

**Palavras-chave:** saúde; alterações climáticas; segurança alimentar.

## INTRODUCCIÓN

Los riesgos alimentarios pueden dividirse en los derivados de la seguridad alimentaria y los debidos a la composición nutricional y cantidad de dieta que se consume.

Los riesgos en la seguridad alimentaria han sido objeto de especial atención y estudio respecto a cómo se ven influidos por el cambio global. No obstante, conviene distinguir bien de qué estamos hablando, porque el concepto de seguridad alimentaria tiene dos significados. Por un lado, se puede referir a seguridad en la provisión o abastecimiento de alimentos, lo que en inglés se define como “food security”, y por otro lado, se puede referir a la salubridad o higiene de los alimentos, “food safety”, que tiene que ver con la contaminación (biótica o abiótica) de los mismos. Ambos términos ingleses que encontramos con frecuencia en la bibliografía internacional se traducen como “seguridad alimentaria” pero son conceptos distintos.

La precisión anterior es muy pertinente porque cuando se realiza una búsqueda bibliográfica sobre la

relación entre cambio climático y riesgos alimentarios la mayoría de los trabajos que se encuentran se refieren a la seguridad alimentaria en cuanto a la provisión o producción de alimentos. Tanto es así, que la revisión bibliográfica que es hoy referencia sobre los efectos del cambio climático para científicos y poderes públicos, el informe del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático<sup>1</sup> solo se refiere en su análisis sobre seguridad alimentaria al concepto de producción de alimentos, trasladando lo referido a los riesgos por enfermedades transmitidas por alimentos a unos breves párrafos en otra parte del informe.

En este quinto informe del IPCC se contemplan varios escenarios de emisiones de manera que la proyección sobre la concentración de CO<sub>2</sub> para el año 2100, en el escenario más favorable (bajas emisiones) es de 421 ppm, mientras que, en el más desfavorable, es de 936 ppm. Como consecuencia del aumento en los gases de efecto invernadero (GEI), entre los que el CO<sub>2</sub> es el más importante, la temperatura media global ha aumentado 0,61 °C (0,55-0,67) en el promedio del periodo 1986-2005 respecto del promedio del periodo 1850-1900 y ese incremento

sería de 1,6 °C (0,8-2,2) según las proyecciones calculadas para el año 2100 en el escenario de bajas emisiones y de 4,7 °C (3,4-6,0) en el escenario de emisiones más desfavorable. En este sentido, el pasado mes de octubre la Organización Meteorológica Mundial<sup>2</sup> anunció que los niveles de CO<sub>2</sub> ya están por encima de los 400 ppm desde 2015, un 144 % por encima de su concentración en la era preindustrial, estimada en 278 ppm. Es decir, ya está muy cerca del escenario más favorable de las proyecciones realizadas en el último informe del IPCC.

El incremento de la concentración de CO<sub>2</sub> y de la temperatura media, produciría en teoría un aumento en el rendimiento de los cultivos ya que ambos son factores favorecedores del crecimiento vegetal, redundando en una mayor disponibilidad de alimentos para la creciente población humana y para la alimentación de animales destinados a producir alimentos de origen animal. Sin embargo, puede que esto no esté siendo así, puesto que otros efectos producidos por el cambio climático, como el incremento en la frecuencia de eventos meteorológicos extremos (olas de calor, lluvias torrenciales, períodos de sequía extrema, etc.) podrían estar influyendo en sentido negativo en los rendimientos de los cultivos y en otros sectores productores de alimentos.

Del mismo modo, un aumento en la temperatura media global podría corresponderse con un aumento en las enfermedades transmitidas por alimentos, ya que potencialmente podría ampliar el ciclo estacional (verano) en el que actualmente se concentra el mayor número de casos de estas enfermedades en humanos.

En este artículo se tratará de revisar el estado de conocimiento actual sobre la influencia del cambio climático en la seguridad alimentaria, tanto en el sentido de la producción de alimentos como en la salubridad de los mismos.

## CAMBIO CLIMÁTICO Y PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS

### EFFECTOS SOBRE LOS CULTIVOS:

Existe una gran sensibilidad de los cultivos a las variaciones del clima. Hay numerosos estudios que así lo constatan aunque en este artículo hemos de limitarnos a algunos ejemplos. Como se ha comentado cabría esperar un efecto positivo en la acción conjunta de la elevación de la concentración de CO<sub>2</sub> y la temperatura respecto al rendimiento de los cultivos. En este sentido, se ha observado de forma experimental que el aumento en la concentración de CO<sub>2</sub> en 200 ppm puede aumentar rendimiento hasta en un 36 % en la producción de arroz<sup>3</sup> pero señala este mismo estudio que los extremos térmicos son un importante factor limitante que pueden

influir de forma negativa. También se ha descrito que este efecto del CO<sub>2</sub> es mayor en plantas C3 (trigo, arroz, algodón, soja, patata...) que en las C4 (maíz, sorgo, caña...) debido a diferencias fisiológicas entre ambos tipos de plantas<sup>4,5</sup>.

Sin embargo, como consecuencia de la elevación de la temperatura y el aumento de la variabilidad en las precipitaciones, con mayor frecuencia de episodios extremos (sequías, lluvias torrenciales), se han observado efectos desfavorables en las plantas. Por ejemplo, se ha relacionado el aumento de la temperatura media con un menor periodo de maduración de cultivos y una menor producción de grano cuando la elevación de temperatura se produce durante la floración<sup>6</sup>. También se ha descrito floración y maduración prematuras en uvas, manzanos y otros cultivos<sup>7,8</sup>. Las temperaturas muy altas después de la floración aceleran la senescencia de los cereales y aumentan el estrés hídrico<sup>9</sup>. No obstante, la gran variabilidad espacial y temporal de las precipitaciones hacen de ellas un mal predictor sobre el rendimiento de los cultivos que las temperaturas<sup>10</sup> aunque, evidentemente, sea la falta de agua (períodos de sequía) el mayor causante de inseguridad alimentaria en el sentido de provisión de alimentos. En todo caso, los modelos estadísticos muestran evidentes efectos negativos en cultivos cuando la temperatura alcanza los 30 °C aunque las variaciones geográficas son importantes<sup>11</sup>, incluso en algunos cultivos se han descrito como beneficiosos, como en la yuca, debido a su elevada temperatura óptima de crecimiento<sup>12</sup>.

Existe un amplio consenso científico acerca del impacto negativo sobre el rendimiento de los cultivos de otro contaminante de origen antropogénico, el ozono, con efectos directos sobre la función reproductora (menos semillas, detención de maduración de frutos, etc), disminución de la fotosíntesis y otros procesos fisiológicos<sup>13,14</sup>.

Algunos estudios apuntan también hacia una extensión de enfermedades vegetales y plagas a latitudes más altas debido al incremento de las temperaturas<sup>15</sup>, aunque son poco numerosos los estudios disponibles con series temporales largas<sup>16</sup>.

Por tanto, la sensibilidad de los cultivos a las variaciones de estos factores climáticos y contaminantes atmosféricos hace que las proyecciones globales indiquen una disminución de los rendimientos de los cultivos (con variaciones regionales o locales) así como una tendencia hacia una mayor variabilidad en esos rendimientos, es decir, mayor incertidumbre en cuanto a la provisión de alimentos de origen vegetal. Por ejemplo, estudios basados en múltiples trabajos (meta-análisis)

sugieren reducciones del 8 % para el año 2050 en el rendimiento de cultivos en el sur de Asia y de África. El quinto informe del IPCC estima en un 1 % por década el descenso en el rendimiento de los cultivos<sup>17</sup>. Todo ello en un contexto de crecimiento de la demanda de alimentos a nivel global estimado en un 14 % por década<sup>18</sup>. Incluso esa disminución de los rendimientos, según indican la mayoría de los estudios, realizados en todos los continentes, es algo que ya se está produciendo<sup>19-21</sup>, especialmente en países situados en regiones tropicales o templadas. En cambio, otros estudios muestran que el calentamiento global está favoreciendo la producción de cultivos en regiones situadas en latitudes altas<sup>22,23</sup>.

#### **EFFECTOS SOBRE LA COMPOSICIÓN Y CALIDAD DE LOS ALIMENTOS:**

La calidad de los alimentos se refiere a cualquier otra característica que no sea el rendimiento y que resulte valioso para el productor o el consumidor, como son las concentraciones de las concentraciones de proteína y almidón en el trigo, que afectan a la calidad de la masa de panificación, el contenido de amilosa en el arroz, que afecta a su gusto, o las concentraciones de minerales, que afectan a la ingesta de nutrientes por los consumidores.

El cambio climático tendrá algunos efectos adversos sobre la calidad de los alimentos mediante la alteración del carbono y procesos de absorción de nutrientes y procesos bioquímicos que producen compuestos secundarios o en su redistribución y almacenamiento durante el desarrollo y maduración del grano<sup>24</sup>. Esto a su vez podría afectar a la salud humana y del ganado debido a la alteración de la calidad nutricional o afectar el valor económico mediante la alteración de rasgos valiosos para fabricantes de productos alimenticios o para los consumidores.

Por ejemplo, la elevación en los niveles de CO<sub>2</sub> se relaciona con una menor concentración en proteína<sup>5,25</sup> y con un descenso en la cantidad de calcio, azufre, magnesio, hierro y otros oligoelementos en el grano y partes verdes del trigo<sup>25,26</sup>.

A este respecto, son muy recomendables las interesantes investigaciones de Myers y colaboradores<sup>27</sup>.

#### **EFFECTOS SOBRE ALIMENTOS DE ORIGEN ANIMAL:**

##### ***Ganadería:***

Evidentemente, todo lo que influya sobre la producción de forrajes afectará a la alimentación animal y, por tanto, a la producción de alimentos de origen ganadero. Así, una disminución de rendimientos en la producción vegetal traerá como consecuencia una

menor disponibilidad de forrajes y mayores precios (costes de producción). En zonas frías el aumento de la temperatura media podrá producir una extensión del periodo de crecimiento de forrajes, pero de menor calidad, y la producción será muy variable debido a episodios meteorológicos extremos, lo que de hecho ya se está manifestando según diversos estudios<sup>28,29</sup>.

Por otra parte, al igual que las temperaturas extremas afectan a la salud pública, con aumento en la morbi-mortalidad<sup>30,31</sup>, desde hace décadas es sabido que las especies ganaderas tienen un rango de temperaturas de confort y que fuera de ellas, por ocurrencia de fenómenos extremos, se afecta la producción y aumenta la mortalidad de los animales por estrés. Por ejemplo, se ha observado:

- Que los animales genéticamente seleccionados son más sensibles a cambios ambientales<sup>32</sup>.
- Un menor rendimiento lechero y mayor mortalidad por calor<sup>33,34</sup>.
- Menor índice de crecimiento<sup>35</sup>.
- Alteraciones en el desarrollo embrionario en porcinos<sup>36</sup>.
- El estrés por calor aumenta la mortalidad y las pérdidas económicas<sup>37</sup>.

Así mismo, la mayor variabilidad en las precipitaciones y el aumento de periodos de sequía extrema produce dificultades en el suministro de agua y un consiguiente aumento de costes de producción<sup>38</sup>.

Una consecuencia ya evidente del aumento de la temperatura media es la extensión hacia latitudes más altas de enfermedades transmitidas por vectores, muchas de ellas zoonosis con riesgos sobre la salud pública (fiebre de Crimea-Congo, fiebre del Nilo Occidental, etc).

##### ***Pesca:***

Este sector aporta una gran parte de la provisión de alimentos a la población mundial, especialmente en los países en vías de desarrollo donde la pesca a pequeña escala, para el mercado local, es muy mayoritaria<sup>39</sup>.

Tanto la pesca extractiva como la acuicultura son particularmente vulnerables al cambio climático ya que la elevación de la temperatura del agua y la acidificación de los océanos se manifiestan de una manera global, afectándole de forma significativa.

Por ejemplo, ya se está observando una redistribución del potencial de capturas pesqueras hacia latitudes más altas debido a estos cambios, en detrimento de las que

se observan en más bajas, cercanas a los trópicos<sup>40,41</sup>. La acidificación de los océanos como consecuencia del aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera tiene efectos directos y rápidos sobre los organismos calcáreos (como, por ejemplo, los moluscos, es decir, mejillones, almejas, etc.), con disminución de capturas y muerte de arrecifes coralinos<sup>42</sup>. Muchas especies marinas están asociadas a la supervivencia de los corales por lo que el hecho combinado de su desaparición, la elevación de la temperatura del mar y la sobrepesca está llevando a situaciones preocupantes por la disminución en los volúmenes de capturas<sup>43</sup>. Estos cambios tienen implicaciones muy negativas en el sector pesquero de países en vías de desarrollo tropicales ya que tienden a ser muy vulnerables al cambio climático<sup>41</sup>.

Hay estudios que sugieren también disminuciones de capturas en lagos y ríos atribuibles al cambio climático<sup>44</sup> si bien es difícil separar este hecho de la mayor presión humana en esos lugares mediante la pesca para abastecer a una población creciente.

#### **EFFECTOS SOBRE LOS PRECIOS DE LOS ALIMENTOS:**

Un factor muy importante sobre la seguridad en el aprovisionamiento de alimentos son sus precios. Estos, siguiendo la ley de la oferta y la demanda a nivel global, han tenido una tendencia descendente durante gran parte del siglo XX pero desde 2007 ha habido periodos de rápido incremento en los precios de los alimentos. Se atribuye a una mayor demanda de alimentos pero también, de forma significativa, al aumento de la producción de biodiesel como consecuencia de la aplicación de determinadas políticas energéticas, relacionándose con las fluctuaciones de los precios de los combustibles<sup>45</sup>. Por supuesto, también las variables producciones influidas por cada vez más frecuentes episodios climáticos extremos juegan su papel en estas variaciones de los precios, estimando algunos estudios que esa tendencia en el clima es responsable del incremento en un 19 % de los precios de los alimentos<sup>20</sup>. Pero las medidas de carácter político son susceptibles de amplificar sus efectos, como se ha señalado antes, añadiendo el ejemplo de las restricciones a las exportaciones de alimentos desde determinados países desde 2007<sup>46</sup>.

#### **CAMBIO CLIMÁTICO Y SALUBRIDAD DE LOS ALIMENTOS**

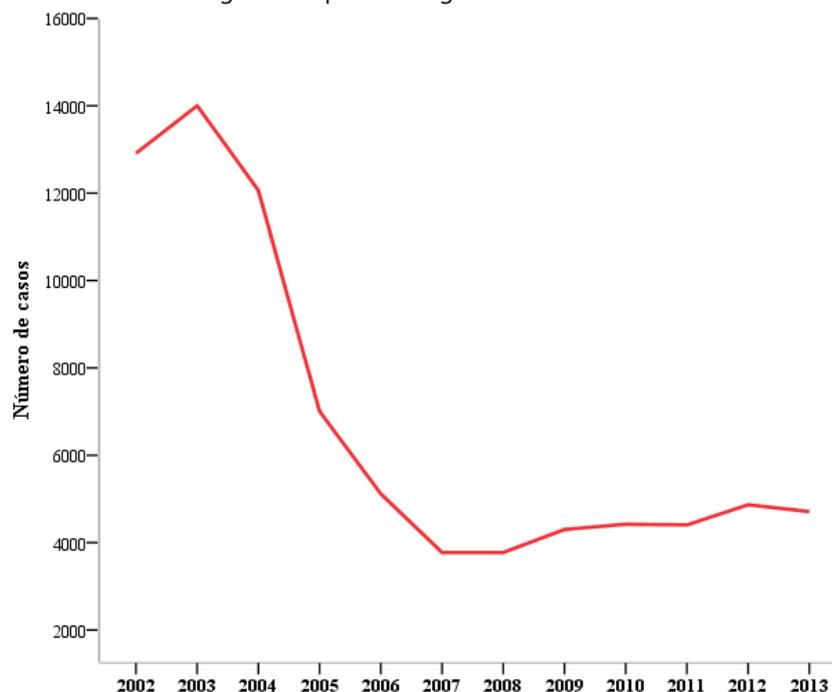
Como se ha señalado al principio de este artículo, la mayoría de los informes y revisiones bibliográficas que encontramos relacionando cambio climático con seguridad alimentaria se refieren a la provisión o producción de alimentos. No obstante, también encontramos referencias a la influencia del cambio

climático sobre la higiene o salubridad de los alimentos.

Teóricamente, la tendencia al calentamiento global favorecería la proliferación de microorganismos potencialmente productores de intoxicaciones y toxiinfecciones alimentarias al aproximarse la temperatura media global a la temperatura óptima de crecimiento de esos gérmenes. Tendríamos el ejemplo del comportamiento estacional de los casos de campylobacteriosis o salmonelosis, que son las dos enfermedades producidas por el consumo de alimentos más frecuentes en Europa, con picos en verano coincidiendo con la elevación de las temperaturas<sup>47,48</sup>. Incluso algunos estudios realizados en varios países europeos han descrito un aumento significativo de casos notificados de salmonelosis en humanos por cada grado que la temperatura media mensual supera un determinado umbral de temperatura, que es variable según los países estudiados sugiriendo que la temperatura influye en la aparición de la enfermedad en un 35 % de los casos de salmonelosis que se producen en países como Inglaterra, Holanda o España<sup>49</sup>. Sin embargo, lo cierto es que las infecciones entéricas bacterianas presentan una tendencia decreciente a lo largo de Europa. En parte, ello es debido a las medidas de control establecidas desde instancias públicas, lo que indica que en este sentido el riesgo potencial por temperaturas elevadas relacionadas con el cambio climático puede ser contrarrestado a través de la acción concertada de salud pública<sup>50</sup>. Por ejemplo, en España existe un claro descenso en el número de casos notificados de salmonelosis desde 2003 (figura 1), sobre todo en los debidos a *Salmonella enteritidis*, coincidiendo con la puesta en marcha del Plan sanitario avícola<sup>51</sup> que contempla estrictas medidas generales de higiene en la explotaciones avícolas y medidas concretas de control de *Salmonella* spp. en las mismas, junto con la implementación de programas de control en huevos y ovoproductos ejecutados por los Servicios oficiales de salud pública como complemento a las medidas de higiene ya establecidas en el marco del control oficial de establecimientos alimentarios con unas consecuencias evidentes.

No obstante, hay que ser conscientes del riesgo potencial que el calentamiento global supone en este aspecto en países donde las medidas de control son leves o no existen y de los que no se tiene constancia de cuál es la tendencia por carecer de datos y estudios. El Centro Europeo para la prevención y el control de las enfermedades incluye, en una revisión bibliográfica<sup>52</sup>, riesgo potencial de incremento de *Campylobacter* por la elevación de la temperatura y los episodios de lluvias torrenciales y de mayor riesgo por *Salmonella* debido al aumento de las temperaturas.

Figura 1. Número de casos por *Salmonella* spp. notificados en España de 2002 a 2013. Fuente: Sistema de Información Microbiológica de la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica



Existen trabajos que refuerzan la idea de la influencia del cambio climático en el cambio de patrones de distribución, frecuencia de aparición, o riesgo de que aparezcan determinados microorganismos o contaminantes bióticos en alimentos. Por ejemplo, se ha descrito que la alteración de los ecosistemas puede producir una mayor proliferación de roedores y como consecuencia un aumento del riesgo de leptospirosis por contaminación de aguas y alimentos<sup>53</sup>.

Se ha observado una relación significativa entre la presencia de ocratoxina A en la uva y el aumento de las temperaturas en España<sup>54</sup>. Modelos predictivos en escenarios de aumento de 2 °C o de 5 °C de la temperatura en Europa obtienen mapas de riesgos por contaminación de maíz por aflatoxinas que indican una mayor incidencia en el sur de Europa, con especial relevancia en España<sup>55</sup>.

La elevación del nivel del mar, fusión de hielos polares y de glaciares continentales, cambios en los patrones de precipitaciones y aportes fluviales a mares y lagos, así como otros fenómenos meteorológicos extremos, como el incremento en la frecuencia de grandes tormentas afectan al sistema marino en términos de disminución de la salinidad y arrastre de contaminantes, con modificación de especies, aparición de patógenos fecales (superación de sistemas de alcantarillado por inundaciones), patógenos marinos, como *Vibrio* spp., por

cambios en la salinidad y temperatura del agua<sup>56</sup>, aumentos en la frecuencia y amplitud de afloramientos de dinoflagelados tóxicos<sup>57</sup>. Todo ello, con afectación de zonas de producción acuícola, especialmente de moluscos bivalvos en los que estos gérmenes y toxinas se pueden acumular por tratarse de organismos filtradores.

### ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Los efectos que ya se están observando como consecuencia del cambio climático, así como los previstos, obligan a establecer medidas adaptativas en la producción de alimentos. La mayoría de las que los expertos proponen figuran en el quinto informe del IPCC<sup>1</sup> y muchas de ellas dependen de condicionantes regionales climáticos, socioeconómicos y políticos o de determinadas situaciones ya que la distribución de los impactos previstos a consecuencia del cambio climático no es homogénea. En muchos casos, puede suponer cambios en políticas, afectando a estructuras institucionales y sociales que en ocasiones son difíciles de superar. Algunas de las propuestas adaptativas están relacionadas con innovaciones técnicas como, por ejemplo, la obtención de variedades de cultivos más resistentes a la sequía o a las altas temperaturas, variedades con ciclos de crecimiento adaptados, modificaciones en enmiendas agrícolas, épocas de siembra, optimización de fertilizantes, técnicas

de irrigación y almacenamiento de agua, estudios oceanográficos en relación con los recursos pesqueros, regeneración de especies marinas, implementación de paradas biológicas, racionalización en la explotación de caladeros, técnicas de pesca sostenible, desarrollo de la acuicultura marina y continental, etc. En regiones o países con medios suficientes ya se están aplicando muchas de ellas desde hace tiempo y están en condiciones de trasladar su experiencia a zonas más desfavorecidas debiendo fomentarse y ampliarse la cooperación técnica existente.

Es importante señalar también que muchas de las medidas están orientadas al fomento de actividades sostenibles, como la ganadería extensiva, con aplicación de técnicas de conservación de forrajes, avances en alimentación animal, como el racionamiento, disminución del rechazo de alimentos (alimentos más apetecibles), mejora en la composición de pastos, rotaciones, recuperación de razas rústicas más resistentes (autóctonas), medidas de bioseguridad para el control de enfermedades, etc.

Hay que citar el reconocimiento expreso que el citado informe del IPCC hace a las prácticas tradicionales sostenibles como, por ejemplo, el uso de muchas variedades de cultivos (gran diversidad genética) y la utilización de sistemas de predicción meteorológica y de colecta y almacenamiento de agua en poblaciones andinas.

En relación con la salubridad de los alimentos, las medidas que se proponen pasan por el mantenimiento de bases de datos procedentes de la vigilancia epidemiológica de las enfermedades alimentarias que hagan factible la realización de estudios de series temporales (ciclos, estacionalidades, tendencias, etc.) con datos epidemiológicos y climáticos para la elaboración de mapas de riesgos que contemplen diversos escenarios, con la finalidad de poder planificar con anticipación las medidas preventivas necesarias en el ámbito de los correspondientes programas sanitarios, como los referidos al control oficial de productos alimenticios.

## CONCLUSIONES

Según la mayoría de los estudios publicados el cambio climático está produciendo, y la proyecciones indican que seguirá produciendo, una disminución en los rendimientos de los cultivos, especialmente en regiones templadas y tropicales con efectos particularmente importantes en países en vías de desarrollo, donde la capacidad para adaptarse al cambio es más limitada. No solo se está viendo afectado el rendimiento sino también la calidad de los cultivos, con menor concentración de

proteína. No obstante, las zonas situadas a altas latitudes tendrían una perspectiva favorable por la elevación de la temperatura, ampliando el periodo de crecimiento vegetativo si bien con mayor riesgo de extensión de plagas desde zonas templadas.

Al ser los efectos similares sobre la prateria, la ganadería se vería afectada vía alimentación animal por una elevación de costes de producción y también por efectos directos sobre el bienestar animal y sus menores rendimientos a nivel de producción de alimentos de origen animal.

Particularmente sensibles están demostrando ser los recursos pesqueros respecto al cambio climático, alterando los ecosistemas marinos de forma importante por la elevación de la temperatura, modificaciones de la salinidad y la acidificación consecuente al aumento de la concentración de CO<sub>2</sub>.

La mayor incertidumbre en la producción de alimentos junto con la especulación de los mercados derivada de la misma y de determinadas decisiones políticas (producciones de biodiesel, restricciones a las exportaciones/importaciones) están ya produciendo importantes fluctuaciones en los precios, sobre todo de los cereales, con creciente problemas de acceso a los mercados de grandes grupos de población en un contexto de mayor demanda por el crecimiento de la población mundial.

La elevación de la temperatura media global produciría un mayor riesgo potencial de enfermedades de transmisión alimentaria, si bien en países que disponen de medidas de control de la higiene de los mismos la tendencia no es desfavorable, hasta ahora, en cuanto a casos notificados, aunque no cabe duda de que el riesgo existe, especialmente en países donde carecen de medidas de control y de sistemas de información sanitaria lo suficientemente desarrollados.

El límite fijado en el acuerdo sobre el cambio climático<sup>58</sup> alcanzado en París en 2015 es que el aumento de la temperatura media mundial se sitúe por debajo de 2 °C pero con el objetivo de que quede en 1,5 °C buscando un escenario de contención de emisiones. Este objetivo sería congruente con el escenario más favorable de mitigación de emisiones que contempla el quinto informe del IPCC pero como hemos señalado al principio de este artículo ese horizonte (emisiones para el año 2100) prácticamente ya se ha alcanzado en cuanto al nivel de emisiones de CO<sub>2</sub>. Por tanto, se confía en este acuerdo para la reducción de misiones que evite que la inercia del cambio climático nos lleve a escenarios más desfavorables.

Estudios recientemente publicados advierten sobre el aumento en la emisiones de metano a la atmósfera, gas con efecto invernadero 23 veces mayor que el dióxido de carbono, atribuible al incremento de las actividades agrícolas<sup>59</sup> y de forma cada vez más importante, según alertan los expertos, a la disminución de la extensión del hielo ártico produciendo la emisión de metano debido al deshielo del *permafrost* marino<sup>60</sup>. Este proceso es creciente por verse constantemente retroalimentado por la menor superficie helada, disminuyendo la cantidad de radiación reflejada (albedo), traduciéndose en mayor calor absorbido. Por tanto, hay otras fuentes de gases de efecto invernadero que parecen influir de forma creciente en el cambio climático mientras que los esfuerzos se están centrando en las emisiones de CO<sub>2</sub>. De ahí el escepticismo de parte de la comunidad científica respecto al cumplimiento de los objetivos acordados en la cumbre de París.

## BIBLIOGRAFÍA

- IPCC. Cambio climático. Impactos, adaptación y vulnerabilidad -Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Field, CB, Barros VR, Dokken DJ, et ál. (eds.). Ginebra, Suiza: Organización Meteorológica Mundial; 2014.
- OMM. El promedio mundial de CO<sub>2</sub> alcanza las 400 partes por millón en 2015. [Publicado el 24 de octubre de 2016]. Disponible en: <http://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/el-promedio-mundial-de-co2-alcanza-las-400-partes-por-mill%C3%B3n-en-2015>.
- Hasegawa T, Sakai H, Tokida T, et ál. Rice cultivar responses to elevated CO<sub>2</sub> at two free-air CO<sub>2</sub> enrichment (FACE) sites in Japan. *Functional Plant Biology* 2013;40:148-59.
- Leakey ADB. Rising atmospheric carbon dioxide concentration and the future of C4 crops for food and fuel. *Proceedings of the Royal Society B* 2009; 276 (1666):2333-43.
- DaMatta FM, Grandis A, Arenque BC, Buckeridge MS. Impacts of climate changes on crop physiology and food quality. *Food Research International* 2010; 43:1814-23.
- Moriondo M, Giannakopoulos C, Bindi M. Climate change impact assessment: the role of climate extremes in crop yield simulation. *Climatic Change* 2011;104:679-701.
- Duchêne E, Huard F, Dumas V, et ál. The challenge of adapting grapevine varieties to climate change. *Climate Research* 2010;41(3):193-204.
- Grab S, Craparo A. Advance of apple and pear tree full bloom dates in response to climate change in the southwestern Cape, South Africa: 1973-2009. *Agricultural and Forest Meteorology* 2011;151:406-13.
- Lobell DB, Sibley A, Ortiz-Monasterio JI. Extreme heat effects on wheat senescence in India. *Nature Climate Change* 2012;2(3):186-9.
- Li S, Wheeler T, Challinor A, et ál. The observed relationships between wheat and climate in China. *Agricultural and Forest Meteorology* 2010; 150:1412-19.
- Zhang T, Zhu J, Wassmann R. Responses of rice yields to recent climate change in China: an empirical assessment based on long-term observations at different spatial scales (1981-2005). *Agricultural and Forest Meteorology* 2010;150:1128-37.
- Rosenthal D, Ort DR. Examining cassava's potential to enhance food security under climate change. *Tropical Plant Biology* 2012; 5:30-8.
- Van Dingenen R, Dentener FJ, Raes F, et ál. The global impact of ozone on agricultural crop yields under current and future air quality legislation. *Atmospheric Environment* 2009; 43:604-18.
- Pleijel H, Uddling J. Yield vs. quality trade-offs for wheat in response to carbon dioxide and ozone. *Global Change Biology* 2012; 18:596-605.
- Ziska LH, Blumenthal D, Runion G, et ál. Invasive species and climate change: an agronomic perspective. *Climatic Change* 2011; 105(1-2):13-42.
- Shaw MW, Bearchell SJ, Fitt BDL, Fraaije BA. Long-term relationships between environment and abundance in wheat of *Phaeosphaeria nodorum* and *Mycosphaerella graminicola*. *New Phytologist* 2008; 177(1):229-38.
- Porter JR, Xie L, Challinor AJ, et ál. Food security and food production systems. En: Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, et ál. (eds.). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press. 2014. pp 485-533.
- Alexandratos N, Bruinsma J. *World Agriculture towards 2030/2050: The 2012 Revision*. ESA Working Paper No. 12-03, Agricultural Development Economics Division (ESA). Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO); 2012.
- Licker R, Kucharik CJ, Doré T, et ál. Climatic impacts on winter wheat yields in Picardy, France and Rostov, Russia: 1973-2010. *Agricultural and Forest Meteorology* 2013; 176:25-37.
- Lobell DB, Schlenker W, Costa-Roberts J. Climate trends and global crop production since 1980. *Science* 2011; 333(6042):616-20.
- Ludwig F, Milroy S, Asseng S. Impacts of recent climate change on wheat production systems in Western Australia. *Climatic Change* 2009; 92:495-517.
- Chen C, Wang E, Yu Q, Zhang Y. Quantifying the effects of climate trends in the past 43 years (1961-2003) on crop growth and water demand in the North China Plain. *Climatic Change* 2010; 100:559-78.
- Gregory PJ, Marshall BE. Attribution of climate change: a

- methodology to estimate the potential contribution to increases in potato yield in Scotland since 1960. *Global Change Biology* 2012; 18:1372-88.
24. Ceccarelli S, Grando S, Maatougui M, et ál. Plant breeding and climate changes. *The Journal of Agricultural Science* 2010; 148:627-37.
  25. Fernando N, Panozzo J, Tausz M, et ál. Rising atmospheric CO<sub>2</sub> concentration affects mineral content and protein concentration of wheat grain. *Food Chemistry* 2012; 133:1307-11.
  26. Myers SS, Wessells KR, Kloog I, et ál. Effect of increased concentrations of atmospheric carbon dioxide on the global threat of zinc deficiency: a modelling study. *Lancet Global Health* 2015; 3(10):639-45.
  27. Myers SS, Zanobetti A, Kloog I, et ál. Increasing CO<sub>2</sub> threatens human nutrition. *Nature* 2014; 7503 (510):139-42.
  28. Craine JM, Elmore AJ, Olson KC, Tolleson D. Climate change and cattle nutritional stress. *Global Change Biology* 2010; 16:2901-11.
  29. Izaurrealde RC, Thomson AM, Morgan JA, et ál. Climate impacts on agriculture: implications for forage and rangeland production. *Agronomy Journal* 2011; 103(2):371-81.
  30. Mirón IJ, Linares C, Montero JC, et ál. Changes in cause-specific mortality during heat waves in Castile-la Mancha: Spain, 1975-2008. *International Journal of Biometeorology* 2015; 59:1213-22.
  31. Carmona R, Díaz J, Mirón IJ, et ál. Mortality attributable to extreme temperatures in Spain: A comparative analysis by city. *Environment International* 2016; 91:22-8.
  32. Hoffmann I. Climate change and the characterization, breeding and conservation of animal genetic resources. *Animal Genetics* 2010; 41:32-46.
  33. André G, Engel B, Berentsen P, et ál. Quantifying the effect of heat stress on daily milk yield and monitoring dynamic changes using an adaptive dynamic model. *Journal of Dairy Science* 2011; 94:4502-13.
  34. Wall E, Wreford A, Topp K, Moran D. Biological and economic consequences heat stress due to a changing climate on UK livestock. *Advances in Animal Biosciences* 2010;1(1):53.
  35. Renaudeau D, Gourdine J, St-Pierre N. A meta-analysis of the effects of high ambient temperature on growth performance of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science* 2011; 89:2220-30.
  36. Barati F, Agung B, Wongsrikeao P, et ál. Meiotic competence and DNA damage of porcine oocytes exposed to an elevated temperature. *Theriogenology* 2008; 69:767-72.
  37. Vitali A, Segnalini M, Bertocchi L, et ál. Seasonal pattern of mortality and relationships between mortality and temperature-humidity index in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 2009; 92(8), 3781-90.
  38. Molden D, Oweis T, Steduto P, et ál. Improving agricultural water productivity: between optimism and caution. *Agricultural Water Management* 2010; 97:528-35.
  39. Cochrane KL, Andrew NL, Parma AM. Primary fisheries management: a minimum requirement for provision of sustainable human benefits in small scale fisheries. *Fish and Fisheries* 2011; 12:275-88.
  40. Brander K. Impacts of climate change on fisheries. *Journal of Marine Systems* 2010; 79:389-402.
  41. Cheung WL, Watson R, Pauly D. Signature of ocean warming in global fisheries catch. *Nature* 2013; 497:365-8.
  42. Hoegh-Guldberg O. Coral reef ecosystems and anthropogenic climate change. *Regional Environmental Change* 2011; 11:215-27.
  43. Burke L, Reytar K, Spalding M, Perry A. Reefs at Risk Revisited. Executive Summary. Washington, DC, USA:World Resources Institute; 2011.
  44. O'Reilly CM, Alin SR, Plisnier PD, et ál. Climate change decreases aquatic ecosystem productivity of Lake Tanganyika, Africa. *Nature* 2003; 424:766-8.
  45. Mueller S, Anderson J, Wallington T. Impact of biofuel production and other supply and demand factors on food price increases in 2008. *Biomass and Bioenergy* 2011; 35:1623-32.
  46. FAO. The State of Food Insecurity in the World: High Food Prices and Food Security—Threats and Opportunities. Rome, Italy:Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO); 2008.
  47. Instituto de Salud Carlos III (ISCIII). Centro Nacional de Epidemiología. Infecciones por *Salmonella* no tifoidea de origen humano en España. Sistema de Información Microbiológica. Años 2000-2008. *Boletín Epidemiológico Semanal* 2009; 17:193-204.
  48. European Centre for Disease Prevention and Control. Annual Epidemiological Report 2012. Reporting on 2010 surveillance data and 2011 epidemic intelligence data. Stockholm: ECDC. 2013.
  49. Kovats RS, Edwards SJ, Hajat S, et ál. The effect of temperature on food poisoning: a time-series analysis of salmonellosis in ten European countries. *Epidemiology and Infection* 2004; 132 (3): 443-53.
  50. Semenza JC, Menne B. Climate Change and Infectious Diseases in Europe *The Lancet ID* 2009; 9:365-75.
  51. Real Decreto 328/2003, de 14 de marzo, por el que se establece y regula el plan sanitario avícola. BOE nº 81 de 24 de abril.
  52. European Centre for Disease Prevention and Control. Assessing the potential impacts of climate change on food- and waterborne diseases in Europe. Stockholm: ECDC; 2012.
  53. Iniesta-Arandia N, Ríos-Blanco JJ, Fernández-Capitán MC, Barbado-Hernández FJ. Cambio climático: ¿nuevas enfermedades para un nuevo clima?. *Revista Clínica Española* 2009;209:234-40.
  54. Bellí N, Ramos AJ, Sanchís V, Marín S. Effect of photoperiod and day-night temperatures simulating field conditions on growth and

- ochratoxin A production of *Aspergillus carbonarius* strains isolated from grapes. *Food Microbiology* 2006; 23:622-7.
55. Battilani P, Toscano P, Van Der Fels-Klerx HJ, et ál. Aflatoxin B1 contamination in maize in Europe increases due to climate change. *Sci. Rep* 2016;6:24328.
  56. Marques A, Nunes ML, Moore SK, Strom MS. Climate change and seafood safety: Human health implications. *Food Research International* 2010; 43(7):1766-79.
  57. Hallegraeff GM. Harmful marine algal blooms and climate change: Progress on a formidable predictive challenge. En: Boltaña LM, Louzao MC, Vilariño N (eds.). *Climate Change and Marine Freshwater Toxins*. Berlin/Boston: Walter de Gruyter GmbH. 2015. pp. 181-188.
  58. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Aprobación del acuerdo de París, 2015. [citado 8 de mayo de 2017] Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/l09s.pdf>.
  59. Sauniois M, Jackson RB, Bousquet P, et ál. The growing role of methane in anthropogenic climate change. *Environmental Research Letters* 2016; 11:120207.
  60. Wadhams P. *A Farewell to Ice: A Report from the Arctic*. London, UK: Penguin; 2016.