Cambio climático y seguridad alimentaria

Estado de conocimiento actual sobre la influencia del cambio climático en la seguridad alimentaria de la producción de alimentos y su salubridad

Isidro J. Mirón Pérez
Veterinario y doctor en Epidemiología y Salud Pública
Consejería de Sanidad de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha

El concepto "seguridad alimentaria" puede entenderse como seguridad en la provisión o abastecimiento de alimentos o bien referirse a la salubridad o higiene de los alimentos, que tiene que ver con la contaminación (biótica o abiótica) de éstos. Así, cuando se realiza una búsqueda bibliográfica sobre la relación entre cambio climático y seguridad alimentaria la mayoría de los trabajos que se encuentran se refieren a la seguridad alimentaria en cuanto a la provisión o producción de alimentos. No obstante, en la mayoría de países de habla hispana, cuando quieren referirse a la salubridad o higiene de los alimentos se emplea el término "inocuidad alimentaria".

En todo caso, empleando los términos de búsqueda bibliográfica apropiados, tanto en español como en inglés, hay muchos menos artículos publicados sobre inocuidad alimentaria que sobre la seguridad en la provisión de alimentos. Tanto es así, que la revisión bibliográfica que es hoy referencia sobre los efectos del cambio climático para científicos y poderes públicos, los informes del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) solo suelen referirse 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.

> **La elevación de la temperatura media global produciría un mayor riesgo potencial de enfermedades de transmisión alimentaria**

En el sexto informe del IPCC [1] se contemplan varios escenarios de emisiones, de manera que las proyecciones sobre concentración de CO_2 para el año 2100 en un escenario de bajas emisiones (Representative Concentration Pathways, RCP 2.6) es de 446 ppm (partes por millón ó mg/Kg), mientras que en el más desfavorable (RCP 8.5), sin la adopción de medidas de mitigación de emisiones, es de más de 1000 ppm.

Como consecuencia del aumento en los gases de efecto invernadero (GEI), entre los que el CO_2 es el más importante, la temperatura media global ha aumentado 1.09ºC en el promedio del periodo 2011-2020 respecto del promedio del periodo 1850-1900 y ese incremento sería de 1.8ºC según las proyecciones calculadas para el año 2100 en un escenario de bajas emisiones (RCP 2.6) y de 4.4ºC en el escenario de emisiones más desfavorable (RCP 8.5). Este mismo informe indica que la media anual de 2019 ya era de 410 ppm, un 147 % por encima de su concentración en la era preindustrial, estimada en 278 ppm.

El incremento de la concentración de CO_2 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. Sin embargo, puede que esto no esté siendo así puesto que otros efectos pro-

ducidos por el cambio climático, como el incremento en la frecuencia de eventos meteorológicos extremos (olas de calor, lluvias torrenciales, periodos de sequía extrema, etc.) están 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 de 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.

Cambio climático y producción de alimentos

Efectos 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. Cabría esperar un efecto positivo en la acción conjunta de la elevación de la concentración de CO_2 y la temperatura respecto al rendimiento de los cultivos. En este sentido, se ha observado que el aumento en la concentración de CO_2 en 200 ppm puede aumentar rendimiento hasta en un 36 % en la producción de arroz [2], pero señala este mismo estudio que los extremos térmicos son un importante factor limitante que pueden influir de forma negativa.

El cambio climático alterará la calidad de algunos alimentos

La concentración de proteínas en los cultivos desciende por el cambio climático y aumenta el riesgo de extensión de plagas

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 [3]. También se ha descrito floración y maduración prematuras en uvas, manzanos y otros cultivos [4,5]. Las temperaturas muy altas después de la floración aceleran la senescencia de los cereales y aumentan el estrés hídrico [6]. No obstante, la gran variabilidad espacial y temporal de las precipitaciones hacen de ellas un peor predictor sobre el rendimiento de los cultivos que las temperaturas aunque, evidentemente, sea la falta de agua (períodos de sequía) el mayor causante de inseguridad alimentaria en el sentido de provisión de alimentos [7]. En todo caso, los modelos estadísticos muestran evidentes efectos negativos en cultivos cuando la temperatura alcanza los 30ºC, aunque las variaciones geográficas son importantes [8]. Incluso en algunos cultivos se han descrito esos efectos como beneficiosos, como en la yuca, debido a su elevada temperatura óptima de crecimiento [9].

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 [10].

Algunos estudios apuntan también hacia una extensión de enfermedades vegetales, y de plagas a latitudes más altas [11]. Como consecuencia, la extensión en el uso de plaguicidas y las alteraciones climáticas juegan un papel clave en la disminución de las poblaciones de insectos polinizadores, afectando negativamente a los rendimientos de los cultivos [12].

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. El sexto informe del IPCC [13] estima que en un escenario sin adaptación (RCP 8.5) habrá a lo largo del presente siglo un 2.3 % de descenso en el rendimiento del cultivo del maíz por década, el 3.3 % para la soja, 0.7 % el arroz y un 1.3 % en el trigo, si bien las diferencias regionales indican que el rendimiento aumentaría en regiones con temperatura media <10ºC, disminuyendo en el resto según los escenarios que se contemplen. Todo ello en un contexto de crecimiento de la demanda de alimentos a nivel global estimado en un 14 % por década [14]. Esa disminución de los rendimientos, según indican la mayoría de los estudios realizados en todos los continentes, es algo que ya se está produciendo [15], especialmente en países situados en regiones tropicales o templadas.

Efectos 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 proteína en trigo y almidón, que afectan a la calidad de la masa de panificación, el contenido de amilosa en el arroz, que afecta a gusto, o las concentraciones de minerales, que afectan a la ingesta de nutrientes por los consumidores.

El cambio climático tendrá algunos efectos adversos sobre 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 [16]. Esto a su vez podría afectar la salud humana y a la del ganado debido a la alteración de la calidad nutricional y/o afectar el valor económico mediante la alteración rasgos valiosos para fabricantes de productos alimenticios o para los consumidores.

Por ejemplo, la elevación en los niveles de CO_2 se relaciona con una menor concentración en proteína [16] y con un descenso en la cantidad de calcio, azufre, magnesio, hierro y otros oligoelementos en el grano y partes verdes del trigo. A este respecto, son muy recomendables las interesantes investigaciones de Myers y colaboradores [17].

Efectos 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 podría inducir una extensión del periodo de crecimiento de forrajes pero de menor calidad y con una producción muy variable debido a la mayor frecuencia de episodios meteorológicos extremos, lo que de hecho ya se está manifestando según diversos estudios [18].

La tendencia de aumento de temperatura en el clima es responsable del incremento en un 19 % de los precios de los alimentos

Por otra parte, desde hace décadas es sabido que las especies ganaderas tienen un rango de temperaturas de confort de modo que fuera del mismo se ven afectadas sus producciones 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 [19].
- Un descenso en la cantidad y calidad de la leche producida debido al estrés térmico [20].
- Menor índice de crecimiento de los animales, afectando a la producción de carne [21].
- Alteraciones en la fertilidad, aumento de la mortalidad por calor y pérdidas económicas [22].

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 que amenazan 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. Además, 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 latitudes más bajas, cercanas a los trópicos [23]. Asimismo, la acidificación de los océanos como consecuencia del aumento de la concentración de CO_2 en la atmósfera tiene efectos directos y rápidos sobre los organismos calcáreos, con disminución de capturas y muerte de arrecifes coralinos. 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 [24]. 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 [25].

Efectos 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 y grandes fluctuaciones 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 biodiésel como consecuencia de la aplicación de determinadas políticas energéticas, relacionándose con las fluctuaciones de los precios de los combustibles [26]. La variabilidad e incertidumbre en las producciones, influidas por los 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 [15]. Pero las medidas de carácter político son susceptibles de amplificar sus efectos, como se ha señalado antes, añadiendo el ejemplo de

Las especies ganaderas tienen un rango de temperaturas de confort que fuera de él afecta a su producción

las restricciones a las exportaciones de alimentos desde determinados países desde 2007 [27] o el estallido de conflictos armados como el que actualmente se está produciendo en Ucrania.

Cambio climático y 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 'campilobacteriosis' o 'salmonelosis', que son las dos enfermedades más frecuentes en Europa producidas por el consumo de alimentos, con picos en verano coincidiendo con la elevación de las temperaturas [28]. 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 [29]. Sin embargo, si tomamos como ejemplo las dos enfermedades antes citadas y considerando el conjunto de los países de la Unión Europea, solo se aprecia en los últimos años una ligera tendencia creciente en el número de casos de campilobacteriosis y ligeramente decreciente en los de salmonelosis. En parte, esa contención es debida 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 [30].

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.

Existen trabajos que refuerzan la idea de la influencia del cambio climático en el cambio de patrones de distribución o frecuencia de aparición o riesgo de que aparezcan determinados microorganismos o contaminantes en alimentos, incluyendo residuos de pesticidas y de medicamentos veterinarios [31].

Se ha observado una relación significativa entre la presencia de 'ocratoxina A' en la uva y el aumento de las temperaturas en España [32]. 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 [33].

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 [34], aumentos en la frecuencia y amplitud de afloramientos de dinoflagelados tóxicos [35]. Todo ello afectando a zonas de producción acuícola, especialmente de moluscos bivalvos (almejas, mejillones, ostras, etc.) en los que estos gérmenes y toxinas se pueden acumular por tratarse de organismos filtradores.

Conclusiones

El cambio climático está produciendo, y las proyecciones indican que seguirá produciendo una disminución en los rendimientos de los cultivos, especialmente en regiones templadas y tropicales.

La calidad de los cultivos está siendo afectada, presentando menor concentración de proteína y con mayor riesgo de extensión de plagas desde latitudes más bajas.

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_2.

La mayor incertidumbre en la producción de alimentos junto con la especulación de los mercados derivada de la misma y de determinadas decisiones políticas están ya produciendo importantes fluctuaciones en los precios 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, especialmente en países donde carecen de medidas de control y de sistemas de información sanitaria lo suficientemente desarrollados.

El estrés térmico en las vacas provoca un descenso en la cantidad y calidad de la leche

Bibliografía

IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

Hasegawa T, Sakai H, Tokida T, Nakamura H, Zhu C, Usui Y, Yoshimoto M, Fukuoka M, Wakatsuki H, Katayanagi N, Matsunami T, Kaneta T, Sato T, Takakai F, Sameshima R, Okada M, Mae T, Makino A. Rice cultivar responses to elevated CO2 at two free-air CO2 enrichment (FACE) sites in Japan. Functional Plant Biology.2013;40: 148-59.https://doi.org/10.1071/FP12357

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.https://doi.org/10.1007/s10584-010-9871-0

Martínez-Lüscher J, Kizildeniz T, Vucetic V, Dai Z, Luedeling E, van ´Leeuwen C, Gomes E, Pascual I, Irigoyen JJ, Morales F,Delrot S. Sensitivity of grapevine phenology to water availability, temperature and CO2 concentration. Front. Environ. Sci. 2016; 4:48. doi: 10.3389/fenvs.2016.00048

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. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2010.11.001

Lobell DB, Sibley A, Ortiz-Monasterio JI. Extreme heat effects on wheat senescence in India. Nature Climate Change. 2012; 2(3):186-9. https://doi.org/10.1038/nclimate1356

Zachariah M, Mondal A, Kouchak A. Probabilistic Assessment of Extreme Heat Stress on Indian Wheat Yields Under Climate Change. Geophysical Research Letters 2021; 20(48):e2021GL094702. https://doi.org/10.1029/2021GL094702

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.https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2010.04.013

Rosenthal D, Ort DR. Examining cassava's potential to enhance food security under climate change. Tropical Plant Biology. 2012;5:30-8. https://doi.org/10.1007/s12042-011-9086-1

Mills G, Sharps K, Simpson D,Pleijel H,Broberg M,Uddling J. Jaramillo F,Davies WJ,Dentener F,Van den Berg M,Agrawal M,Agrawal SB,Ainsworth EA,Büker P,Emberson L,Feng Z,Harmens H,Hayes F,Kobayashi K,Paoletti, E,Van Dingenen R.Ozone pollution will compromise efforts to increase global wheat production. Global Change Biol. 2018: 8(24);3560-74. https://doi.org/10.1111/gcb.14157

Bajwa AA, Farooq M, Al-Sadi AM, Nawaz A, Jabran K, Siddique KHM.Impact of climate change on biology and management of wheat pests. Crop Prot.2020; 137:105304. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105304

Rodger JG, Bennett JM, Razanajatovo M, Knight TM, van Kleunen M, Ashman TL, Steets JA, Hui C, Arceo-Gómez G, Burd M, Burkle LA, Burns JH, Durka W, Freitas L, Kemp JE, Li J, Pauw A, Vamosi JC, Wolowski M, Xia J, Ellis AG. Widespread vulnerability of flowering plant seed production to pollinator declines. Sci Adv. 2021 Oct 15;7(42):eabd3524. doi: 10.1126/sciadv.abd3524.

Bezner Kerr R, Hasegawa T,Lasco T, Bhatt I, Deryng D, Farrell A, Gurney-Smith H, Ju H, Lluch-Cota S, Meza F, Nelson G, Neufeldt H, Thornton P. Food, Fibre, and Other Ecosystem Products. In: ***Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.*** Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge UniversityPress. In Press.

Alexandratos N, Bruinsma J. World Agriculture towards 2030/2050: The 2012 Revision. ESA Working Paper No. 12-03, Agricultural Development Economics Division (ESA), Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy. 2012.

Lobell DB, Schlenker W, Costa-Roberts J. Climate trends and global crop production since 1980. Science. 2011; 333(6042):616-20.doi: 10.1126/science.1204531

Fernando N, Panozzo J, Tausz M, Norton R, Fitzgerald G, Seneweera S. Rising atmospheric CO2 concentration affects mineral content and protein concentration of wheat grain. Food Chemistry. 2012; 133:1307-11.https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.01.105

Myers SS, Zanobetti A, Kloog I, Huybers P, Leakey ADB, Bloom AJ, et al. Increasing CO2 threatens human nutrition. Nature.2014; 7503 (510):139-42. doi:10.1038/nature13179

Dumont B, AnduezaD, Niderkorn V, Lüscher A, Porqueddu C,Picon-Cochard C. A meta-analysis of climate change effects on forage quality in grasslands: specificities of mountain and Mediterranean areas. Grass Forage Sci. 2015; 70: 239-254. https://doi.org/10.1111/gfs.12169

Hoffmann I. Climate change and the characterization, breeding, and conservation of animal genetic resources. Animal Genetics. 2010; 41:32-46.https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2010.02043.x

Bertocchi L, Vitali A, Lacetera N, Nardone A, Varisco G, Bernabucci U. Seasonal variations in the composition of Holstein cow's milk and temperature-humidity index relationship. Animal. 2014;8:667–74. doi: 10.1017/S1751731114000032.

Thornton P., Nelson G., Mayberry D, Herrero, M. Increases in extreme heat stress in domesticated livestock species during the twenty-first century. Global Change Biol. 2021; 27: **5762**-72. https://doi.org/10.1111/gcb.15825

Godde C, Mason-D'Croz D, Mayberry D, Thornton PK, Herrero M. Risk of climate-related impacts on the livestock sector: A review of the evidence. Global Food Security. 2021; 28:100488.https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100488

Bryndum-Buchholz A, Boyce DG, Tittensor DP, Christensen V, Bianchi D, Lotze HK. Climate-change impacts and fisheries management challenges in the North Atlantic Ocean. Mar. Ecol. Prog. Ser. 2020; 648: 1-17.https://doi.org/10.3354/meps13438.

Magel J MT, Dimoff SA, Baum J K. Direct and Indirect Effects of Climate Change-Amplified Pulse Heat Stress Events on Coral Reef Fish Communities. Bull Ecol. Soc. Am. 2020; 101(3):e01706.https://doi.org/10.1002/bes2.1706

O'Reilly CM, Alin SR, Plisnier PD, Cohen AS, McKee BA. Climate change decreases aquatic ecosystem productivity of Lake Tanganyika, Africa. Nature. 2003; 424:766-8.https://doi.org/10.1038/nature01833

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.https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.01.030

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2011. The State of Food Insecurity in the World: How does International Price Volatility Affect Domestic Economies and Food Security? Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Fund for Agricultural Development, World Food Programme: Rome, Italy.

EFSA and ECDC (European Food Safety Authority and European Centre for Disease Prevention and Control), 2021. The European Union One Health 2020 Zoonoses Report. EFSA Journal 2021;19(12):6971, 324 pp. https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6971

Kovats RS, Edwards SJ, Hajat S, Armstrong BG, Ebi KL, Menne B. 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. https://doi.org/10.1017/S0950268804001992.

Semenza JC, Menne B. Climate Change and Infectious Diseases in Europe The Lancet ID. 2009; 9:365-75.https://doi.org/10.1016/S1473-3099(09)70104-5

Herrera M, Anadón R, Iqbal,SZ, Bailly JD, Ariño A. Climate Change and Food Safety. In: Selamat, J., Iqbal, S. (eds) Food Safety. 2016, Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-39253-0_8

Cervini C, Verheecke-Vaessen C, Ferrara M, García-Cela E, Magistà D, Medina A, Gallo A, Magan N, Perrone G. Interacting climate change factors (CO_2 **and temperature cycles) effects on growth, secondary metabolite gene expression and phenotypic ochratoxin A production by Aspergillus** carbonarius strains on a grape-based matrix. Fungal Biol. 2021 Feb;125(2):115-122. doi: 10.1016/j.funbio.2019.11.001.

Battilani P, Toscano P, Van Der Fels-Klerx HJ, Moretti A, Camardo-Leggieri M, Brera C, et al. Aflatoxin B 1 contamination in maize in Europe increases due to climate change. Sci Rep 2016; 6: 24328. doi: 10.1038/srep24328.

Froelich BA, Daines DA. In hot water: effects of climate change on Vibrio-human interactions. EnvironMicrobiol. 2020 Oct;22(10):4101-4111. doi: 10.1111/1462-2920.14967

Estevez P, Castro D, Pequeño-Valtierra A, Giraldez J, Gago-Martinez A. Emerging Marine Biotoxins in Seafood from European Coasts: Incidence and Analytical Challenges. Foods. 2019 May 1;8(5):149. doi: 10.3390/foods8050149.

Ciudades como Zaragoza apuestan por la