



Universidad
Zaragoza



Facultad de
Ciencias de la Salud
y del Deporte - Huesca
Universidad Zaragoza

Grado en Nutrición Humana y Dietética

TRABAJO FIN DE GRADO:

**SEGURIDAD ALIMENTARIA Y CAMBIO
CLIMÁTICO:**

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Autor:

Ruiz Martínez, Samuel

Tutora:

Yagüe Ruiz, Cristina (Nutrición y Bromatología)

Fecha de presentación: 08/06/2023

Resumen:

El cambio climático implica una gran cantidad de cambios a nivel mundial, desde modificaciones en la temperatura del planeta, hasta modificaciones en las características del agua dulce y salada, factores que afectan al rendimiento de los cultivos, disminuyendo la cantidad de producto que se puede cosechar y de los ecosistemas, por lo que se produce una variación de las regiones donde podemos encontrar determinados cultivos y animales. Estos cambios, a su vez, aumentan la prevalencia de microorganismos (MO) que afectan a la inocuidad alimentaria, provocando así un aumento de enfermedades por el consumo de productos contaminados. Es importante conocer los factores que mejoran las condiciones para que estos MO tengan mayor supervivencia, y a su vez, buscar la solución para garantizar la seguridad alimentaria.

El objetivo de este trabajo es recopilar la información sobre cómo afecta el cambio climático a la seguridad alimentaria. Para realizar esta revisión bibliográfica, se usaron páginas de consulta científica como PubMed o ScienceDirect.

Tras comparar los resultados, se concluyó en que el cambio climático afecta negativamente a la seguridad alimentaria, favoreciendo la prevalencia de microorganismos y disminuyendo la inocuidad. Como conclusión principal destacamos que, el aumento de temperatura, como consecuencia del cambio climático, es el factor más importante y el factor que desencadena mayores problemas a la hora de conseguir esa inocuidad.

Abreviaturas:

- **ONU:** Organización de Naciones Unidas
- **MO:** Microorganismos
- **CO2:** Dióxido de carbono
- **CFP:** Intoxicación por ciguatera
- **HAB:** Algas nocivas
- **ASP:** Intoxicación amnésica por mariscos
- **NSP:** Intoxicación neurotóxica por mariscos
- **PSP:** Intoxicación paralizante por mariscos
- **IPCC:** Intergovernmental Panel on Climate Change (Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático)
- **DON:** Deoxinivalenol

INDICE

1. Introducción	1
1.1 Efectos del cambio climático	1
1.1.1 Modificaciones en el agua	1
1.1.2 Modificaciones en el clima	2
1.2 Cambio climático e inocuidad alimentaria	3
1.2.1 Efecto de las modificaciones en el agua marina sobre los peligros alimentarios ..3	
1.2.1.1 Bioacumulacion de metales tóxicos.....	3
1.2.1.2 Prevalencia de MO.....	4
1.2.1.3 Aparición de algas nocivas	4
1.2.2 Efectos de las modificaciones en el clima sobre los peligros alimentarios	5
1.3 Necesidad de actuar y prevención.....	8
2. Objetivos	9
3. Metodología.....	9
4. Resultados	12
4.1 Variaciones en la temperatura y <i>Salmonella</i>	12
4.2 Variabilidad climática y brotes de <i>Vibrio</i>	13
4.3 Aparición de algas nocivas como causa del cambio climático.....	13
4.4 Aumento de micotoxinas como causa del cambio climático	15
5. Discusión	16
6. Conclusiones.....	18
7. Bibliografía.....	18

1. Introducción

La Organización de Naciones Unidas (ONU) define el cambio climático como *“Los cambios a largo plazo de la temperatura y patrones climáticos, siendo la actividad humana el principal motor para estas modificaciones climáticas”* (1).

El principal efecto, y el más importante, es el incremento de la temperatura del planeta como consecuencia de la combustión de combustibles fósiles. Este aumento de temperatura viene acompañado de una serie de complicaciones (sequías, incendios, desastres naturales...) que afectan negativamente tanto a los seres humanos como a los animales y plantas, modificando así la forma de vida de las especies, la alimentación y la salud (2).

Estas modificaciones del clima provocan un incremento de la supervivencia de los microorganismos (MO), ya que obtienen unas condiciones óptimas que favorecen su periodo de vida y su proliferación, además de que los cambios en el clima pueden conllevar a la aparición de dichos MO en otras zonas del mundo donde antes no era común encontrarlos (3).

1.1 Efectos del cambio climático

Los efectos del cambio climático se pueden clasificar según a los parámetros a los que afecta como son: modificaciones en el agua y modificaciones en el clima.

1.1.1 Modificaciones en el agua

El aumento de temperatura a nivel global conlleva al deshielo de los polos. Como consecuencia el agua dulce presente en el hielo, llega a mares y océanos mezclándose y alterando el pH y la salinidad (disminuyendo ambos parámetros). Estas modificaciones en el entorno marítimo pueden tener dos consecuencias:

La primera es que al bajar el pH, aparezcan o tengan mejores condiciones algunos MO, lo que supondría un peligro a la hora de consumir cualquier producto del mar (3).

La segunda consecuencia es que, si la salinidad y el pH disminuye, la cantidad de nutrientes que encontramos en según qué zonas disminuirá (sobre todo en las zonas donde se mezclan los dos tipos de aguas), si disminuyen los nutrientes de la zona, los organismos marinos que se encuentran en las zonas bajas de la cadena alimentaria migrarán a otras zonas o desaparecerán, provocando que las zonas más altas de la cadena alimentaria tengan que emigrar a otras zonas donde si tengan alimentos, lo que originará una disminución de disponibilidad de productos marinos (3).

Otro factor que hay que tener en cuenta del cambio climático es la acumulación de dióxido de carbono (CO₂). Este elemento también afecta al pH de los océanos y mares, al acumularse en nuestro planeta en

grandes cantidades, los océanos lo absorben y como consecuencia se produce una disminución del pH (4).

El aumento de temperatura también afecta negativamente al medio marítimo. Con un aumento de temperatura, la presencia de MO en peces aumenta, la biocumulación de metales tóxicos también incrementa y por último, el aumento de temperatura crea unas condiciones óptimas para la aparición de algas nocivas en el medio (3).

1.1.2 Modificaciones en el clima

Es muy importante tener en cuenta las modificaciones que se producen en el clima, ya que estas nos afectan en mayor proporción. Con un aumento de temperatura, los climas de las zonas de nuestro planeta están cambiando, podemos poner el ejemplo de España, el clima en las diferentes comunidades autónomas no es igual que hace diez o veinte años.

Es muy importante intentar reducir este cambio del clima ya que como consecuencia, los MO tienen mejores condiciones para sobrevivir, por lo que están más presentes en los alimentos.

Pero no es el único problema, este incremento de temperatura (y de fenómenos meteorológicos como las sequías o las olas de calor) disminuyen el rendimiento de los cultivos, provocando que las cosechas sean mucho menores y la calidad más baja, además de tener mayor probabilidad de contaminación por parte de MO (5).

Se puede decir que se obtendrá menor cantidad de alimentos en cada cosecha, lo que supondrá una menor disponibilidad de alimentos y además no se podrá garantizar la inocuidad de estos productos.

Además de la temperatura, los cambios en el clima están afectando gravemente a los ciclos del agua, reduciendo las precipitaciones y provocando sequías, como se ha señalado anteriormente.

Esta falta de precipitaciones también produce que el agua se contamine. Esto se debe a que el agua se estanca y al no haber movimiento, junto con un aumento de la temperatura, se produce un incremento de MO en dicha agua. Los agricultores que no tienen agua limpia para regar sus cultivos tienen que utilizar esta agua estancada y contaminada para evitar las pérdidas, por lo que aumenta el riesgo de contaminación por el uso de agua en mal estado. También hay que sumarle los efectos naturales, como tsunamis, ciclones... Como podemos ver en la figura 1, los efectos en cadena que produce el cambio climático y cómo estos pueden afectar a la producción o inocuidad de los alimentos.

Además, como las condiciones favorecen a la supervivencia de los MO en los cultivos, la frecuencia y cantidad del uso de químicos aumentará. Al aumentar la cantidad de químico y no tener precipitaciones, estas sustancias quedan presentes en los cultivos.

También mencionar que podemos encontrar metales pesados en el suelo, como consecuencia de la actividad industrial, disminuyendo también la inocuidad. Estos metales presentes en el suelo por la falta de precipitación, pueden provocar su acumulación en los cultivos además de alterar las características del suelo, disminuyendo el pH y dificultando el crecimiento óptimo de las cosechas (6)

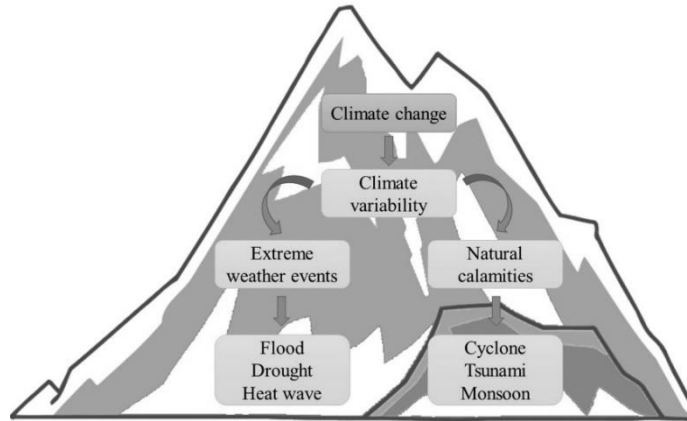


Figura 1. Relación entre la variabilidad climática, los efectos del cambio climático y otros fenómenos relacionados (32)

1.2 Cambio climático e inocuidad alimentaria

Todos los factores mencionados anteriormente pueden afectar en mayor o menor medida la inocuidad de los alimentos.

1.2.1 Efecto de las modificaciones en el agua marina sobre los peligros alimentarios

La inocuidad alimentaria provocada por las alteraciones producidas en el agua, vienen determinadas por la bioacumulación de metales pesados, la supervivencia de MO en los productos marinos y la presencia de algas nocivas en determinadas zonas del medio marino.

1.2.1.1 Bioacumulación de metales tóxicos

La disminución de salinidad del agua de los océanos y mares, provoca que los metales pesados sean absorbidos por los peces con una mayor facilidad, aumentando la presencia de estos metales en los productos marinos. Debemos de tener en cuenta la incapacidad por parte de nuestros organismos de eliminar estos metales. Esto produce que los peces no puedan eliminar estos elementos absorbidos y que, cada vez, la concentración de estos tóxicos sea mayor. Cuando una persona ingiera uno de estos peces contaminados, los metales tóxicos pasarán a su organismo, y tendrá el mismo problema, será incapaz de eliminar estos residuos y se irán acumulando en el organismo poco a poco (7).

Esta bioacumulación de metales tóxicos no solo afecta al acúmulo de estos tóxicos en el organismo, sino que también provoca una menor disponibilidad de productos marinos, causada por una mayor dificultad

para la reproducción por parte de los peces, además de que su descendencia podrá tener malformaciones disminuyendo su calidad de vida, o generando anomalías provocando que las crías de los peces se desarrollen peor (7).

Los seres humanos tampoco toleramos bien la acumulación de estos metales en el organismo. Se pueden encontrar registros de intoxicaciones causadas por la acumulación de metales tóxicos, como por ejemplo en 1960 hubo más de 70 millones de pacientes intoxicados en Tailandia, India y Taiwán por una elevada acumulación de arsénico como consecuencia del uso de aguas contaminadas, otro caso fue en USA en 1975 donde hubo una gran cantidad de niños intoxicados por el plomo, donde hubo más de 400.000 pacientes intoxicados, 800 con daños cerebrales y 200 fallecidos, siendo el plomo, cadmio y mercurio los metales tóxicos más comunes, y más presentes en las intoxicaciones (8)

1.2.1.2 Prevalencia de MO

El aumento de temperatura y las modificaciones en el pH y en la salinidad son factores que aumentan la reproducción y supervivencia de algunas bacterias, como son *Escherichia*, *Enterobacter*, *Enterococcus* y *Clostridium*, teniendo todas ellas respuestas rápidas a los cambios que se producen en el medio, adecuándose y aumentando su supervivencia (9).

Además, estas modificaciones mejoran las condiciones de una bacteria específica, los Vibrios o *Vibrionaceae*. Estos MO son frecuentes en los mariscos, y son capaces de proliferar dentro de un amplio rango de temperaturas, siendo las temperaturas altas las óptimas para su desarrollo. Un estudio de campo de los últimos 40 años, comparaba la incidencia de estos MO según las variaciones en la temperatura. En este estudio se pudo observar que el incremento de las temperaturas favorecía a su supervivencia, además de poderlos encontrar en zonas donde antes no era posible (10).

Dentro del grupo de los Vibrios, podemos diferenciar dos grupos: *V. spp*, siendo los más leves y cuya contaminación se produce por el consumo de agua no potable, y *V. cholerae*, es la más grave y su contaminación puede deberse al consumo de agua no potable o por el consumo de mariscos. Se estima que entre 3 y 5 millones de personas contraen el cólera anualmente, causando 100.000 muertes (la mitad de ellas son en niños menores a 5 años). Además debemos de recalcar que este tipo de Vibrio, tiene una gran facilidad para clonarse y crear cepas más tóxicas y resistentes pudiendo crear y mantener brotes mientras se expanden a nivel mundial. La prueba de ello es que, el cólera es muy común en la zona asiática, pero en numerosas ocasiones ha estallado esta enfermedad y se ha propagado rápidamente causando pandemias mundiales (11) (12) (13)

1.2.1.3 Aparición de algas nocivas

El aumento de temperatura favorece a la aparición de algas nocivas que producen un tipo de toxina estable al calor y que a diferencia de los MO anteriormente mencionados, no se pueden reducir ni eliminar mediante la preparación culinaria.

El aumento de temperatura conlleva a que los periodos cálidos sean mucho más largos, lo que genera que las toxinas estén presentes en el medio durante más tiempo.

La toxicidad de estas toxinas dependerá del grupo de fitoplancton al que pertenezcan (dinoflagelados o diatomeas), y serán capaces de contaminar a los peces y a cualquier ser vivo que ingiera dicha toxina o un alimento ya contaminado (14)

El grupo dinoflagelado es el más peligroso, no porque sea más tóxico, sino por que presenta un flagelo que le permite moverse por el medio, llegando así a las zonas que presenten características más óptimas para ellos. Dentro de este grupo encontramos *Alexandrium tamarense*, que puede provocar envenenamiento por el consumo mariscos contaminados por flagelos paralíticos (PSP), es la enfermedad más frecuente y extendida, y puede causar la muerte tanto de animales como de humanos, además de una gran pérdida económica por parte de las empresas y una disminución de disponibilidad de alimentos, también encontramos *Gambierdiscus toxicus*, causa intoxicación por ciguatera (CFP) y por último, siendo el más peligroso, *Karenia brevis*, es un tipo de dinoflagelado que se encuentra en bajas concentraciones pero que tiene un largo periodo de vida, además de poder causar parálisis de células nerviosas, convulsiones y problemas respiratorios (15)

Es muy importante recalcar que el cambio climático va a aumentar el crecimiento del fitoplancton en los océanos globales, las zonas más complicadas para su proliferación son las polares y subpolares por las bajas temperaturas, pero con el aumento de temperatura estas zonas podrían desaparecer, y al tener un flagelo que les permite su movilidad, podrían llegar a estas ubicaciones aumentando la presencia de las toxinas en el medio (16)

1.2.2 Efectos de las modificaciones en el clima sobre los peligros alimentarios

El factor principal que afecta al cambio del clima es el aumento de la temperatura. Este incremento favorece a la aparición de nuevas especies de hongos, además de ser favorables para la supervivencia de otros MO como puede ser *Salmonella*, *Campylobacter* y *Escherichia coli* (17),

El aumento de las temperaturas ha aumentado la presencia de hongos en los cultivos de cereal. Los más comunes son *Aspergillus Flavus*, *Fusarium* y *Penicillium*. Estos hongos afectan a los cultivos intensivos disminuyendo el rendimiento, afectando también a los ganaderos ya que los piensos pueden estar contaminados (18)(19).

Además, se espera que los niveles de micotoxinas en los alimentos y en los productos para animales aumenten como consecuencia del cambio de temperatura y de precipitaciones producidas por el cambio climático. Estas micotoxinas son producidas por hongos toxigénicos, los cuales podemos encontrar en una gran variedad de alimentos, desde piensos para animales, hasta productos lácteos o cárnicos. Algunos de los problemas para la salud que pueden generar este tipo de micotoxina son, la disminución de la inmunidad y el cáncer de hígado (entre otros muchos problemas) (20). Estos peligros están

representados en la figura 2, donde se puede observar cómo afecta la prevalencia de los MO en la inocuidad alimentaria durante todo el proceso de producción.

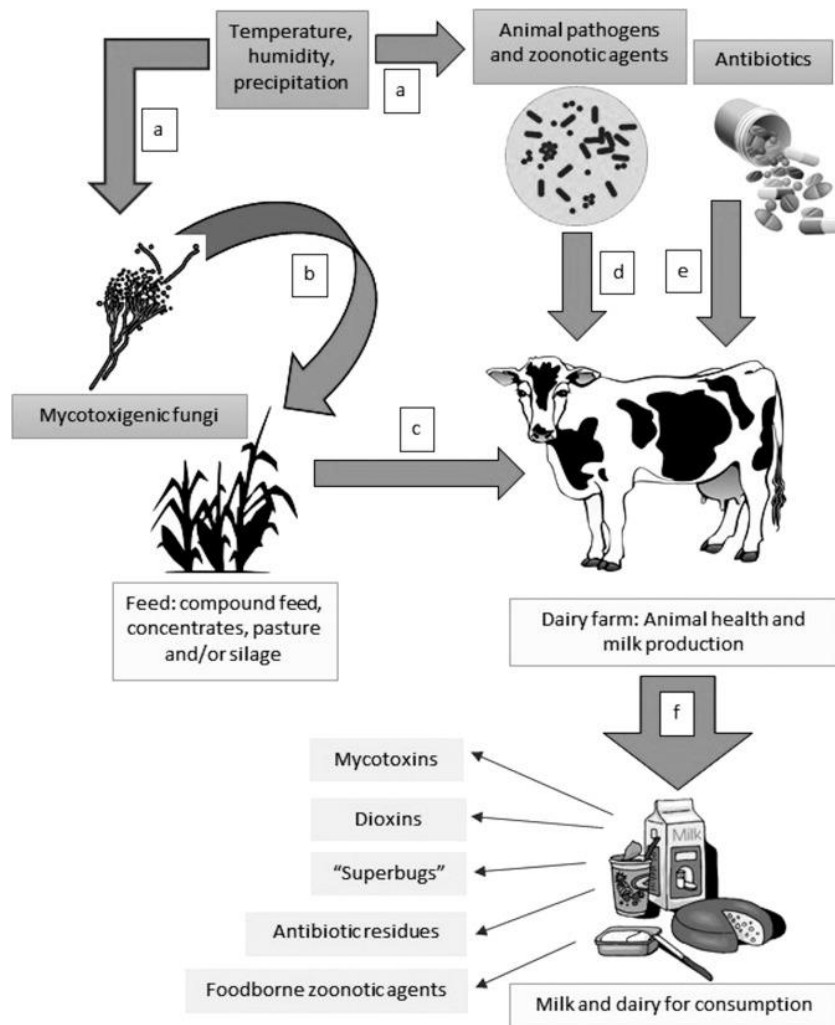


Figura 2. Impacto de los factores climáticos en la inocuidad de los alimentos en la cadena de producción. (a) Incremento y supervivencia de MO por la variación climática, (b) los hongos infectan los cultivos mediante micotoxinas, (c) las micotoxinas que contaminan los cereales pasan a los animales, (f) los MO, antibióticos... presentes en los animales pasan a los productos que los humanos consumimos y que, sin un tratamiento correcto, siguen presentes en los alimentos provocando la contaminación y la presencia de enfermedades (31)

Referencia	MO	Factor	Producto afectado	Observaciones
Donnenberg y Kaper, 1992 (9)	<i>Escherichia</i>	Aumento T ^a del agua	Peces	Mayor presencia en peces
Erdner, Dyvle, Parson y Setevens, 2008 (15)	<i>Alexandrium tamarense</i>	Aumento T ^a del agua	Marisco	Mayor presencia en marisco
Erdner, Dyvle, Parson y Setevens, 2008 (15)	<i>Gambierdiscus toxicus</i>	Aumento T ^a del agua	Peces Marisco	Presente en algas, los peces se contaminan por su ingesta.
Erdner, Dyvle, Parson y Setevens, 2008 (15)	<i>Karenia brevis</i>	Aumento T ^a del agua	Marisco	Causa CFP Es la más tóxica, produce parálisis y enfermedades respiratorias
Austin, Olver, Alam, Alí, Waldor y Martínez, 2021 (12)	<i>Vibrio cholerae</i>	Aumento T ^a del agua	Agua no potable Marico	Provoca la muerte
Medina, Gonzalez y Sainz 2007 (19)	<i>Aspergillus favus</i>	Aumento T ^a en el clima y mal almacenamiento	Maíz Maní	Contaminación de cereales
Medina, Gonzalez y Sainz 2007 (19)	<i>Fusarium</i>	Aumento T ^a en el clima y mal almacenamiento	Pistacho Trigo	Pueden causar enfermedades leves
Medina, Gonzalez y Sainz 2007 (19)	<i>Penicillium</i>	Aumento T ^a en el clima y mal almacenamiento	Cereales	Deterioro de alimentos
Zhang, Hiller y Bi, 2010 (17)	<i>Salmonella</i>	Aumento T ^a	Pollo Huevos Cerdo	Presencia de diarrea, fiebre y cólicos

Tabla 1. Referencias bibliográficas obtenidas a partir de PubMed, pertenecientes a estudios experimentales sobre la prevalencia de MO en productos alimenticios y utilizadas en la introducción de la memoria.

1.3 Necesidad de actuar y prevención

El cambio climático además de afectar a la inocuidad alimentaria, también afecta a la vida de las personas. Según el último informe de la Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) en Europa, el aumento de temperatura va a incrementar entre dos y tres veces el número de muertes producidas por golpes de calor, la agricultura se verá muy afectada, sobre todo por el sur de Europa. Estas pérdidas no se compensarán con el resto de producción europea, además la adaptación a los nuevos cultivos estará comprometido por la falta de agua.

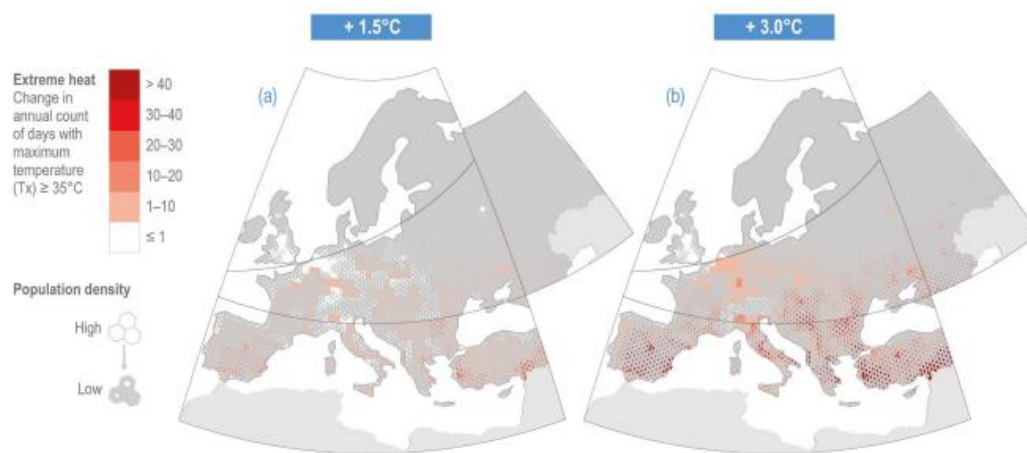


Figura 3. Modificaciones de la temperatura en Europa entre los años 1995-2014.

La Figura 3, es una imagen extraída del informe europeo de la IPCC. En los mapas se muestra el cambio de temperatura en Europa, representando los días donde la temperatura máxima ha sido superior de 35°C. Lado izquierdo Europa durante los años 1995-2014, lado derecho Europa en la actualidad.

Para evitar que estos efectos adversos sigan aumentando, la ONU presenta una lista de acciones que la población debería de considerar. Entre estas acciones se encuentra el ahorro de energía en casa, ya sea disminuyendo el uso del aire acondicionado o cambiar las bombillas tradicionales por LED, desplazarse en transporte público o bicicleta para reducir la emisión de dióxido de carbono o comer más frutas y verduras, ya que la producción de productos animales genera una mayor emisión de gases.

2. Objetivos

- **Objetivo principal:** saber el conocimiento actual sobre el efecto del cambio climático en la seguridad alimentaria
- **Objetivo secundario:** conocer cómo afecta el aumento de temperatura, como consecuencia del cambio climático, en la aparición de microorganismos patógenos que puedan afectar a la inocuidad alimentaria.

3. Metodología

Para la realización de la revisión bibliográfica, se realizaron dos búsquedas sistemáticas de artículos relevantes, una primera búsqueda para la introducción, realizada en PubMed y una segunda búsqueda para desarrollar los objetivos del trabajo, realizada en ScienceDirect.

Para poder identificar aquellos artículos que investigaron el cambio climático y la seguridad alimentaria, se usaron combinaciones de palabras clave y términos relacionados con el objetivo del trabajo.

Después de la búsqueda de los artículos, se usaron algunos criterios para reducir el número de estudios, los requisitos que debían de cumplir para usarlos en esta revisión bibliografía fueron: Artículos de una antigüedad menor a 5 años, deben de ser artículos de investigación, revisión, estudios con datos y deben de estar publicados en español o inglés

La búsqueda se realizó de la siguiente manera:

PubMed: La búsqueda se realizó aplicando los filtros ya mencionados, pero al no tener buenos resultados, se eliminó la antigüedad del estudio. Tras la continua búsqueda de información y de estudios útiles para el desarrollo del trabajo, se descartó esta plataforma por no tener estudios específicos, pero sí que se guardó información útil para el desarrollo de la introducción.

- Climate change AND food safety: obtenemos 690 resultados, a los cuales se le aplicó el filtro del idioma y el tipo de artículo y se redujo a 9 artículos. Tras una breve lectura se descartaron 6, siendo útiles 3.
- Temperature increase AND food safety: obtenemos 2865 resultados, al aplicarle el filtro del idioma y el tipo de artículo, reducimos la búsqueda a 41, descartando 20 por ser duplicados o por el título, y tras una lectura del abstract se redujo la búsqueda a 4

- Climate change AND food pathogen AND food safety: se obtuvieron 110 resultados, al aplicar el filtro del idioma y del tipo de artículo, se descartaron todos.

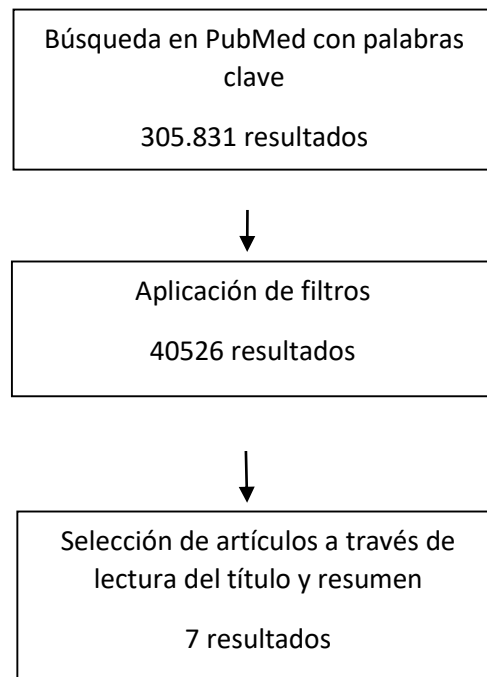


Figura 2. Diagrama de flujo de resultados obtenidos en la búsqueda en PubMed

ScienceDirect: al tener poco éxito con la plataforma anterior, se decidió usar esta ya que es más específica para este tipo de artículos. En esta plataforma se realizó lo siguiente:

- Climate change AND food safety: obtenemos 60.286 resultados, a los cuales les aplicamos el filtro de 5 años (31.733), y aplicamos el idioma en el que deben estar publicados y el tipo de artículo que queremos (23.831). Como sigue siendo una gran cantidad de artículos, añadimos otro filtro más, el estudio deberá de contener en el abstract las mismas palabras clave que hemos usado en la búsqueda, después de añadir este requisito a la búsqueda, reducimos los resultados a un total de 56 artículos. Tras leer los títulos de los artículos, se descartan 38, y de los últimos 18 artículos, tras una breve lectura del abstract, reducimos el número a 7 artículos.
- Temperature increase AND food safety: obtenemos 234.184, con el filtro de los 5 años reducimos la cantidad de artículos que nos pueden ser útiles a 116.354, aplicamos el tipo del tipo de artículo y del idioma y obtenemos un total de 16.653 artículos. Al igual que en la búsqueda anterior, esta cantidad de artículos es excesiva, por lo que vamos a añadir que, en el abstract, deben de aparecer las mismas palabras clave que hemos usado para la búsqueda. Al añadir este requisito, reducimos el número de artículos a 51. Tras descartar los artículos

duplicados y una lectura de los títulos, podemos reducir considerablemente el número de artículos que nos pueden servir, con un total de 3 artículos.

- Climate change AND food pathogen AND food safety: obtenemos 11.361. añadimos las mismas palabras clave al abstract y reducimos la búsqueda a 42 artículos, y tras aplicar los filtros de idioma, antigüedad y tipo de artículo, nos quedamos con un total de 13 artículos. Tras una breve lectura de los títulos y descartando los duplicados, reducimos la búsqueda a 1 artículo.

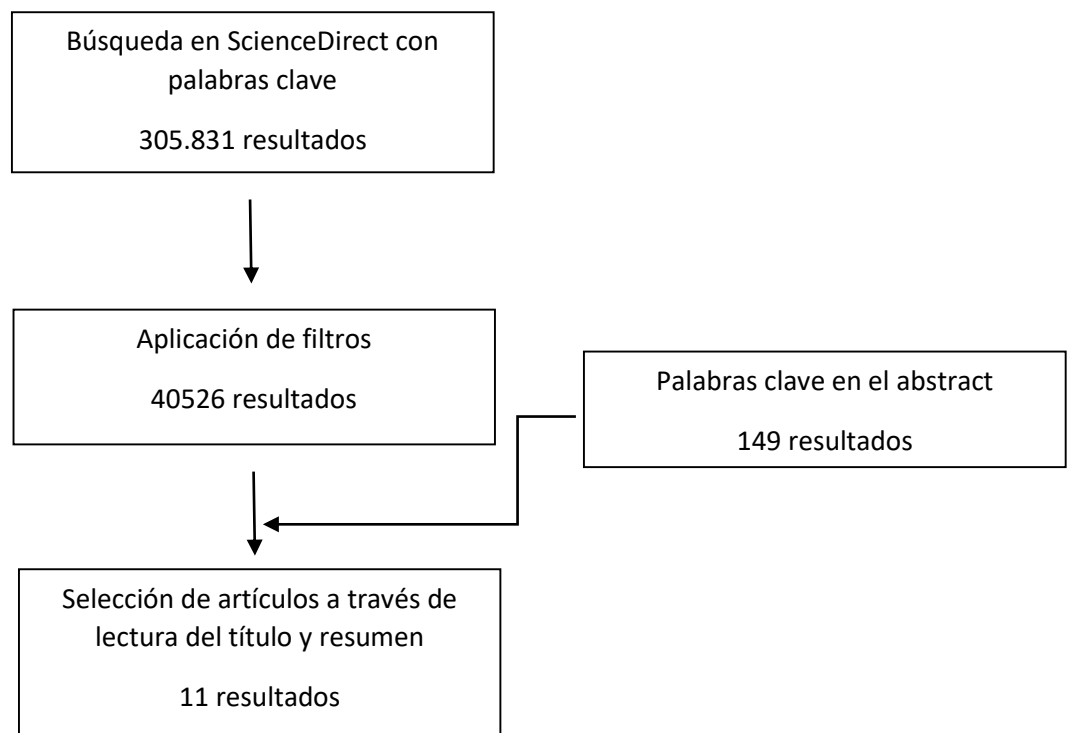


Figura 3. Diagrama de flujo de resultados obtenidos en la búsqueda en ScienceDirect

En todos los casos, se han eliminado los artículos que ya aparecían duplicados en las diferentes bases de datos o estrategias de búsqueda y se han excluido aquellos que no son relevantes para el objetivo de esta revisión.

4. Resultados

4.1 Variaciones en la temperatura y *Salmonella*

Salmonella es una bacteria que se puede transmitir a través de alimentos o agua contaminada, y suelen afectar al tracto intestinal provocando diarreas, vómitos o fiebre. Es una de las enfermedades más comunes y más distribuidas a nivel mundial.

Este tipo de bacteria es capaz de multiplicarse en los alimentos en un amplio rango de temperatura, pueden hacerlo entre 7,5 a 37°C, siempre y cuando las medidas de control no sean las adecuadas, por eso es importante mantener las condiciones adecuadas de seguridad durante todos los procesos de la cadena alimentaria, siendo la contaminación cruzada el principal factor de contaminación en los procesos de manipulación de alimentos.

Se han informado, a nivel mundial, de numerosos brotes de salmonella en los últimos años, relacionados con el consumo de diversos alimentos en los que incluimos el huevo, alimentos cárnicos y vegetales. Hay datos que informan de que en Estados Unidos se llegan a contagiar hasta 1 millón de habitantes cada año, además la Unión Europea ha confirmado que se documentaron más de 48.000 casos en 2018. (21)

Se realizó un estudio en Australia donde se recogieron datos de la época del año, temperatura, precipitaciones y presión, y como resultado se observó un incremento de infección por salmonela en el periodo de verano, donde las temperaturas eran más altas. Al final del estudio se llegó a la conclusión de que el aumento de 1°C de la temperatura máxima y mínima está relacionada con el aumento de un 8,8% del número de casos que se pueden producir, por lo que el aumento de temperatura del planeta como causa del cambio climático va a producir que este tipo de infecciones sean aún más frecuentes. (17)

Además como resultado de otro estudio diferente al anterior, se comprobó que las zonas que pueden estar más afectadas son las zonas de costa ya que las altas temperaturas y la humedad son las mejores condiciones para la supervivencia del salmonela, que junto con las inundaciones que se pueden producir como consecuencia del cambio climático, puede provocar la contaminación de pozos y lagos teniendo agua no potable. Como se puede observar en un estudio que se realizó en Hong-Kong, el riesgo relativo de infección por salmonela era de 6,13 a una temperatura de 30,5°C y una humedad relativa superior del 60% y precipitaciones entre 0 y 0,14mm. En otra época del año, donde la humedad relativa era menor al 60% y las precipitaciones eran nulas, la infección por salmonela disminuyó a 1,3. No debemos de tener en cuenta estos resultados, ya que hay pocos estudios que relacionen la humedad y las precipitaciones con un claro aumento de contaminación, además de que hay estudios contradictorios. Por lo que podemos confirmar que, el aumento de temperatura supone un mayor riesgo de contaminación por salmonella, y para el resto de factores comentados, falta información (22)

Otro factor muy importante que debemos de considerar, es la prevalencia del salmonela en aves urbanas que conviven con nosotros en las ciudades. El aumento de temperatura, el aumento de la población humana y la falta de alimento, conllevan a las aves a modificar su patrón de comportamiento, como puede ser en anidar en zonas poco comunes o alimentarse de residuos de los vertederos. El aumento de temperatura y el consumo de alimentos de vertedero aumentan el riesgo de que las aves se contaminen de salmonella. El salmonela puede colonizar el intestino de cualquier animal (incluido el ser humano), por lo que la convivencia con aves silvestres contaminadas, es una buena vía para contaminarnos (23)

4.2 Variabilidad climática y brotes de Vibrio

En este estudio, se examinó y cuantificó la relación entre la variación climática y la prevalencia de vibrios en la región de Taiwán, debido a que el pescado y el marisco son fundamentales para la dieta en esta zona.

La principal amenaza de intoxicación alimentaria, es la producida por el *Vibrio parahaemolyticus*, siendo el marisco el principal motivo de intoxicación.

La temperatura ambiente, la temperatura del océano, la salinidad y las precipitaciones, fueron las variables que se escogieron para comprobar como afectaban a las enfermedades producidas por los vibrios. Al finalizar el estudio, se comprobó que la salinidad, y el aumento de la temperatura, tanto la del océano como la del ambiente (siendo esta última el factor principal que determina la estacionalidad del crecimiento y distribución del Vibrio) tenían una correlación positiva con las epidemias de *Vibrio parahaemolyticus*, y descartando las precipitaciones como causa potencial para su aumento.

Durante el estudio, se recogieron las temperaturas de los meses más cálidos del año, y se pudo observar que por cada grado que aumento la temperatura, el aumento de infección crecía, pasando de una tasa de infección del 4% en el mes menos cálido, a una tasa de infección del 10% en el mes más cálido.

También se demostró en el mismo estudio que, la salinidad es un factor a tener en cuenta para la prevalencia de los vibrios, la salinidad en la que pueden sobrevivir oscila entre 10 y 34ppt, siendo 23ppt la salinidad óptima. Pero no hubo mucha evidencia sobre la influencia de la salinidad y el aumento de intoxicaciones por parte del vibrio, por lo que se llega a la conclusión de que, hay una mayor prevalencia de vibrios a una determinada salinidad pero no afecta a la contaminación de mariscos. (24)

4.3 Aparición de algas nocivas como causa del cambio climático

Las variaciones en las características de las aguas marinas, están favoreciendo a la proliferación de algas nocivas (HAB), amenazando así, la vida acuática y la salud humana.

Estos tipos de algas nocivas son peligrosas ya que, durante su floración, producen toxinas. Estas toxinas se acumulan en los peces o mariscos que se alimentan por filtración, provocando así la contaminación de los humanos.

La intoxicación más común es la intoxicación con ciguatera (CFP), pero también tenemos la intoxicación por mariscos amnésica (ASP), intoxicación por mariscos neurotóxicos (NSP) o la intoxicación por mariscos paralizante (PSP), y es muy importante saber que todas estas intoxicaciones no se pueden prevenir mediante los procedimientos durante la preparación de los alimentos.

Recientes estudios han informado que la distribución, abundancia y crecimiento de estos tipos de algas está afectado por la temperatura, y que el calentamiento de los océanos va a mejorar sus condiciones. También se ha informado que, en las últimas décadas, se han expandido geográficamente, y los casos de intoxicación por CFP se han ido incrementando sobre todo en los periodos de altas temperaturas (25)

En otro estudio, se investigó sobre el envenenamiento por ciguatera, siendo este el envenenamiento por mariscos más común, esta enfermedad se caracteriza por síntomas gastrointestinales, neurológicos y cardíacos que aparecen a los pocos minutos una vez ingerido el producto contaminado, y es causada por la ingesta de productos contaminados por una neurotoxina muy potente denominada ciguatoxina, producida por el dinoflagelado *Gambierdiscus toxicus*. Tras experimentos de campo y de laboratorio, se detectó que la máxima abundancia de este tipo de MO se consigue cuando la temperatura del agua está en torno a los 30°C, pero hay un rango de temperaturas donde la tasa de crecimiento es máximo (24-29°C) pudiendo desarrollarse también a temperaturas más bajas (incluso a 19,5°C) (26). También se demostró que la toxicidad de la toxina es mayor cuando se genera a temperaturas más altas, tras un experimento se compararon la formación de toxinas a temperaturas de 27°C y 21°C, siendo las primeras las más tóxicas (27).

Pero las enfermedades que conlleva la aparición de las algas nocivas no son el único efecto adverso que podemos encontrar, el aumento de las algas nocivas en los ecosistemas marinos produce que el oxígeno disuelto del agua sea mínimo y el pH bajo, lo que provoca la aparición de zonas muertas donde no va a ver vida de ningún tipo. No hay estudios suficientes sobre este tema, pero sí que se advierte que con el cambio climático, las zonas muertas del océano cada vez serán mayores, disminuyendo los productos que podremos conseguir. El crecimiento de este tipo de algas va a aumentar con el incremento de la temperatura, además de tener una temporada de floración mucho más larga, lo que conlleva a la producción de múltiples toxinas, y será más característico encontrar situaciones de hipoxia. Este fenómeno dependerá de los gradientes estacionales, en las épocas cálidas se consumirá mayor cantidad de oxígeno, creando así la fase de hipoxia que, junto con el cambio climático, este periodo cálido terminará más tarde y empezará mucho antes (28).

Hay numerosos estudios que investigan acerca de cómo afectan los parámetros del cambio climático sobre la prevalencia de dichas algas, pero hay muy pocos que investigan sobre los problemas que pueden producir la presencia de dichas algas en los ecosistemas marinos. A medida que el cambio climático continua, las HAB se están convirtiendo en un factor de estrés acuático de creciente preocupación. (29)

4.4 Aumento de micotoxinas como causa del cambio climático

Las micotoxinas son una clase de metabolitos secundarios producidos por hongos toxigénicos y que están presentes en una gran variedad de alimentos y piensos, siendo las aflatoxinas más importantes las producidas por la especie de *Aspergillus* como son la *A. flavus* o la *A. parasiticus*. La ingesta de estos alimentos contaminados, como los cereales, verduras o piensos, es la principal manera en que los humanos y animales están expuestos a las enfermedades que conllevan la ingesta de estas toxinas, además se sabe que estas toxinas pueden pasar de los animales, a los productos obtenidos a partir de él, como puede ser la leche, huevos o la carne (20)

Hace una década, estas micotoxinas y los propios hongos productores se encuentran en zonas determinadas del planeta, siendo los climas cálidos y húmedos la mejor opción para su supervivencia y desarrollo. América Central y América del Sur, África, Medio Oriente y el sur de Asia, son las zonas donde encontramos estas condiciones, pero también hay micotoxinas y hongos resistentes a los climas fríos, como puede ser el deoxinivalenol (DON), producido por el hongo *Fusarium culmorum*, siendo este muy común en Europa y América del Norte (20)

Actualmente, y como consecuencia de las olas de calor y de las sequías, se han notificado la contaminación por aflatoxinas en el centro y sur de Europa, como pueden ser Italia, Serbia y Hungría. La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) notificó que en las zonas del sur de Europa, debido a las modificaciones del clima uno más subtropical, iba a ser más común encontrar este tipo de aflatoxinas (20)

Se prevé que estas modificaciones en el clima, produzcan que los periodos, el tipo y la zona de cultivo cambien, por ejemplo se prevé que el cultivo de maíz se extienda más hacia el norte de Europa y disminuirá en el sur. Otro aspecto que debemos de considerar es el acumulo de dióxido de carbono en el planeta, este aumento de dióxido de carbono puede afectar a la susceptibilidad de los cultivos sobre el ataque de los hongos, con el mismo ejemplo de antes, el acumulo de dióxido hace que el maíz sea más débil. (20)

Respecto a las micotoxinas en los productos animales, hay estudios que evaluaron la prevalencia de estas micotoxinas en los productos de origen animal, y los productos más afectados son los lácteos. La EFSA realizó un estudio donde se modeló la relación dosis-respuesta para la aflatoxina M1, siendo esta la más común en estos productos, y tras este estudio la Unión Europea creó un apartado en la normativa

para la regulación de esta, mas concretamente el apartado 2.1.13 del anexo EU 2020/1322, siendo esta aflatoxina M la única micotoxina regulada en los productos animales. (30)

Patógeno	Factor del cambio climático	Consecuencia
Salmonela	Aumento de la temperatura	Aumento del número de casos
	Aumento de humedad	Mayor prevalencia*
	Aumento de las precipitaciones	Mayor prevalencia*
Vibrio	Aumento de la temperatura	Aumento del número de casos
	Variación en la salinidad	Mayor prevalencia (pero no intoxicaciones)*
	Aumento de precipitaciones	Sin efectos
Algas HAB	Aumento de la temperatura	Mayor presencia de HAB y aparición de zonas muertas por hipoxia Toxinas más tóxicas
Micotoxinas	Aumento de temperatura	Formación de mayor cantidad de micotoxinas Mayor contagio Modificaciones de las zonas de cultivo

Tabla 2. Resumen de los resultados, se representan los factores más importantes y las consecuencias que producen cada uno de ellos. Los factores señalados con un * quiere decir que se deben de investigar más para llegar a un resultado definitivo.

5. Discusión

El cambio climático es un problema que lleva afectando al ser humano en las últimas décadas, pero no se le había dado tanta importancia como se le da actualmente, ya que hasta entonces no habíamos vivido todos los peligros y consecuencias que este fenómeno conlleva. La información recopilada de los numerosos artículos que se han consultado, nos confirma que el cambio climático tiene efectos adversos para el ser humano, entre ellos, la disminución de la inocuidad alimentaria, generando así alimentos no tan seguros para el consumo y aumentando la prevalencia de enfermedades que se pueden desarrollar.

La variabilidad de clima está generando las condiciones óptimas para la prevalencia de MO patógenas, esta variabilidad en el clima provoca que factores como la temperatura, la humedad o las precipitaciones afecten a la inocuidad alimentaria.

El aumento de temperatura, siendo este el parámetro más importante, conlleva a que patógenos como el salmonela encuentren condiciones favorables para su desarrollo, aumentando así la cantidad de

enfermedades y contagios que se producen durante el año. Esta modificación de temperatura también condiciona a otros MO como pueden ser los Vibrios, los cuales también aumentan su prevalencia, además de aumentar su toxicidad con el aumento de la temperatura, la aparición de las algas nocivas HAB, la temperatura alarga el tiempo de floración, produciendo mayor cantidad de toxinas y provocando la contaminación de productos marinos, además de crear zonas muertas por la situación de hipoxia, y por último, la presencia de micotoxinas en los cultivos, el aumento de temperatura conlleva a una mayor presencia de micotoxinas en los cultivos de cereales, además de que las modificaciones de la temperatura conllevan a modificaciones en los climas, lo que provoca que se tengan que cultivar en regiones del planeta donde antes no se podría cultivar.

Tenemos que tener en cuenta que el cambio climático no afecta solo al cultivo o procesado de alimentos, el transporte de estos productos a otras partes del mundo, o incluso a su almacenaje, son problemas que también hay que estudiar. Es importante que, como sociedad, corrijamos todos los malos hábitos que tenemos para así, evitar el aumento de la temperatura de nuestro planeta.

También es importante que no solo se investigue sobre los problemas actuales, sino que también se investigue sobre nuevas técnicas de inocuidad alimentaria y sobre como mejorar los sistemas que usamos actualmente, ya que en un futuro no muy lejano, estos tratamientos-sistemas serán ineficaces.

Como ejemplo de lo último mencionado, podemos ver que el aumento de la temperatura del planeta, reduce a la vida útil de los productos, por lo que muchos de ellos deberán de ser almacenados mediante sistemas de refrigeración. Estos sistemas deberán de soportar mayor carga de calor para conseguir el mismo objetivo, a su vez, estos sistemas necesitarán mayor consumo energético, por lo que producirán mayor cantidad de CO₂, factor que no favorece al cambio climático. Por ello mismo es importante que se desarrollen nuevos sistemas de conservación de alimentos, adecuándose a las circunstancias actuales.

Actualmente, y gracias al desarrollo tecnológico de los últimos años, se está intentando aplicar la inteligencia artificial al ámbito de la seguridad alimentaria. Esta inteligencia artificial es capaz de estudiar las variaciones extremas, recopilar datos y aprender de ellos y así poder modificar las condiciones de las cadenas de producción o transporte para poder garantizar una mejor inocuidad.

En resumen, es importante saber cómo el cambio climático afecta a la seguridad alimentaria, y que acciones podemos tener para reducir este impacto, pero también es muy importante que desarrollemos nuevas técnicas y nuevos sistemas que garanticen el mismo objetivo pero que sean métodos más “limpios”.

6. Conclusiones

A continuación, se exponen las conclusiones finales a las que se ha llegado tras la revisión bibliográfica realizada, en base a los objetivos que se planteaban al principio del trabajo:

- El cambio climático disminuye la inocuidad alimentaria, pudiendo aumentar la prevalencia de enfermedades de transmisión alimentaria, además de crear nuevas vías de contagio.
- El factor más importante, y el cual deberemos de tener en cuenta a la hora del procesado y de la producción de alimentos, es la temperatura, siendo este factor el desencadenante de la mayoría de los problemas.
- El incremento de la temperatura debido al cambio climático, aumenta la prevalencia de *Salmonella*, *Vibrios* y de las algas HAB, , provocando un aumento de las infecciones e intoxicaciones alimentarias causadas por estos patógenos
- Debido a los efectos del cambio climático, es necesario investigar sobre nuevas técnicas de procesado y de seguridad alimentaria para garantizar la inocuidad, y evitar o reducir la contaminación a lo largo de la cadena alimentaria.
- No hay suficientes estudios sobre cómo afectan determinados parámetros, como las precipitaciones, humedad o salinidad, en la prevalencia de los patógenos anteriormente mencionados, o qué modificaciones-causas producen en el ecosistema, por lo que esto puede ser un objetivo de estudios futuros.

7. Bibliografía

1. Acción por el clima [Internet]. Naciones Unidas. 2016. Disponible en: <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>
2. Efectos del cambio climático [Internet]. Nasa. Disponible en: <https://climate.nasa.gov/en-espanol/datos/efectos/>
3. Marques A, Núñez ML, Mooreb S, Stromb M. El cambio climático y la seguridad de los productos del mar: implicaciones para la salud humana. 2010;43(7):1766–1779.
4. El cambio climático y el agua: océanos más cálidos, inundaciones y sequías [Internet]. European Environment Agency. 2018 [citado 27 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2018-el-agua-es-vida/articulos/el-cambio-climatico-y-el>
5. Cambio Climático [Internet]. Gobierno de Aragón. 2018 [citado 27 octubre 2022]. Disponible en: <https://www.aragon.es/-/el-cambio->

[climatico#:~:text=Las%20precipitaciones%20se%20reducen%20en,h%C3%A1bitat%20o%20cambian%20de%20comportamiento](#)

6. Moreno AM, Pérez L, Cano M, González J. CONTENIDO EN METALES PESADOS Y RELACION CON PARAMETROS EDAFICOS EN SUELOS AGRICOLAS DE LA COMUNIDAD DE MADRID . Icona Madrid . 1993;7:27–35.
7. Jeziserka B, Lugowska K, Witeska M. Los efectos de los metales pesados en el desarrollo embrionario de los peces, *Fish Physiology and Biochemistry*, 2008;35:625–640.
8. Londoño Franco LF, Londoño Muñoz PT, Muñoz García FG. LOS RIESGOS DE LOS METALES PESADOS EN LA SALUD HUMANA Y ANIMAL. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 2015;14:145–153.
9. Donnenberg MS, Kaper JB. Enteropathogenic *Escherichia coli*. *Infect Immun*. 1992 Oct;60(10):3953-61. doi: 10.1128/iai.60.10.3953-3961.1992. American Society for Microbiology
10. D. Oliver J, Pruzo C, Vezzulli L, Kaper JB. Especies de *Vibrio*. *Microbiología de los alimentos: fundamentos y fronteras*. 2012;4.
11. Faruque SM, Albert MJ, Mekalanos JJ. Epidemiología, genética y ecología de *Vibrio cholerae* toxigénico. *Applied and Environmental Microbiology*. 1998;.
12. Austin CB, D. Oliver J, Alam M, Alí A, K Waldor M, Qdari F, Martinez Urtaza J. *Vibrio* infecciones. *Nature Reviews*. 2018;4:1–19.
13. Baker-Austin C, Oliver JD, Alam M, Ali A, Waldor MK, Qadri F, Martinez-Urtaza J. *Vibrio* spp. infections. *Nat Rev Dis Primers*. 2018 Jul 12;4(1):8. doi: 10.1038/s41572-018-0005-8. Erratum in: *Nat Rev Dis Primers*. 2021 Feb 19;7(1):15. PMID: 30002421.
14. Prescott L, Harley J y Klein; D. *Microbiología*. Editorial McGraw-Hill. Madrid, España;1996.
15. Erdner DL, Dyble J, Parsons ML, Stevens RC, Hubbard K, Wrabel ML, Moore SK. un enfoque unificado para el desafío de la proliferación de algas nocivas, *Environmental Health* ,2008;52.
16. Moore SK, Entrenadora VL, Mantua NJ, Parker M, A Laws E, Patroinador LC. Impactos de la variabilidad climática y el cambio climático futuro en la proliferación de algas nocivas y la salud humana, *Environmental Health* 2008;54.
17. Zhang Y, Bi P, Hiller J. Variaciones climáticas e infección por *Salmonella* en las regiones tropicales y subtropicales de Australia, *Nature reviews*, 2010;408:524–530.
18. Moretti A, Pascale M Ángel, Logrieco AF. Riesgo de micotoxinas en un escenario de cambio climático en Europa. *Institute of Sciences of Food Production*. 2019;84:38–40.
19. Medina Ángel, Gonzalez Jartin JM, Sainz MJ. Impacto del calentamiento global en las micotoxinas, *Applied and Environmental Microbiology* 2017;18:76–81.
20. Chhayaa S, O'BriendJ, Cumminis E. Evaluación del riesgo de micotoxinas desde el alimento hasta el tenedor bajo la influencia del cambio climático: desarrollos recientes. *Trends in Food Science & Technology*. 2022;126:126–141.

21. Jiang C, Shaw KS, Upperman CR, Blytheb D, Mitchellb C, Murtugudde R, Sapkota AR, Sapkota A. Cambio climático, eventos extremos y mayor riesgo de salmonelosis en Maryland, EE. UU.: Evidencia de vulnerabilidad costera. 2019;83:58–62
22. Wang P, Goggings W, Chan E. Asociaciones de hospitalizaciones por Salmonella con temperatura ambiente, humedad y lluvia en Hong Kong. *Environment International*. 2018;120:222–230.
23. Martin B, Vega S, Mencia Gutierrez A. Aves urbanas: una fuente importante de cepas de Salmonella resistentes a los antimicrobianos en el centro de España. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*. 2020;72.
24. Ju-Chi H, Hsiao H. Impactos de la variabilidad climática en los brotes de *Vibrio parahaemolyticus* en Taiwán. *Environment International*. 2018;188.
25. Misiou O, Koutsoumanis K. El cambio climático y sus implicaciones para la seguridad y el deterioro de los alimentos. *Trends in Food Science & Technology*. 2022;126:145–150.
26. Chinain M, Cerf N, Hubertc B. Temperatura del agua de mar, *Gambierdiscus* spp. variabilidad e incidencia de la intoxicación por ciguatera en la Polinesia Francesa. *Harmful Algae*. 2020;4:145–1501053–1062.
27. Kibler S, Holanda G, Tester P. Crecimiento de ocho especies de *Gambierdiscus* (Dinophyceae): efectos de la temperatura, la salinidad y la irradiancia. *Harmful Algae*. 2019;19:1–14.
28. Bombardero J, Guillard N. El papel de la temperatura, la salinidad y la luz en la estacionalidad, el crecimiento y la toxicidad de *Gambierdiscus toxicus* Adachi et Fukuyo (Dinophyceae) que causa la ciguatera. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 2019;115:53–65.
29. Griffith A, Gobler C. Proliferaciones de algas nocivas: un cofactor del cambio climático en los ecosistemas marinos y de agua dulce. *Harmful Algae*. 2020;91:87–100.
30. Moretti A, Pascale M Ángel. Riesgos de micotoxinas en un escenario de cambio climático en Europa. *Trends in Food Science & Technology*. 2019;84:38–40.
31. Duchenne-Moutien R, Neetoo H. Cambio climático y problemas emergentes de inocuidad de los alimentos: una revisión. *Diario de protección de alimentos*. 2021;86:1184–1897.