



## **CAMBIO CLIMÁTICO: EFECTOS EN LA INOCUIDAD Y SEGURIDAD ALIMENTARIA EN CHILE\_**

**ACHIPIA**

# Resumen

Durante las últimas décadas, el cambio climático<sup>1</sup> se ha convertido en uno de los problemas más complejos a nivel global. Dicho fenómeno trae consigo repercusiones a nivel económico y en la salud de personas y animales, teniendo efectos en la actividad de vectores de enfermedades infecciosas y parasitarias, cambios ecológicos locales de agentes transmitidos por el agua y alimentos, y la disminución de la productividad agrícola.

Con el fin de promover la identificación de riesgos emergentes en el Sistema Nacional de Inocuidad y Calidad Alimentaria (SNICA), ACHIPIA, a través de su herramienta InFOBIC, presenta las definiciones claves y una noticia/hito y/o tema/riesgo emergente identificado por un organismo competente en la materia.



A continuación, se presenta una revisión bibliográfica de las publicaciones científicas más relevantes que describen el efecto del cambio climático en la inocuidad alimentaria, considerando los peligros microbiológicos (bacterianos y virales) y peligros químicos. Adicionalmente, se presentan algunas evidencias del efecto del cambio climático en la disponibilidad y producción de alimentos a nivel nacional.

1. Cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables (Naciones Unidas, 1992).

# Introducción

Las alteraciones a nivel atmosférico y oceánicas han sido estudiadas con algo de frecuencia en nuestro país, sin embargo, pocos de estos estudios asocian con precisión los efectos del cambio climático en la inocuidad y seguridad alimentaria en Chile.

De acuerdo con el Perfil de Países de Riesgo Climático desarrollado por el Banco Mundial, se espera que al año 2050 Chile sea afectado con un incremento en la temperatura y disminución de precipitaciones a lo largo del país (World Bank, 2021). Los efectos se resumen en la siguiente tabla:

## Situación en Chile

- **El promedio anual de temperaturas se incrementaría en 1.4 °C a 1.7°C a mediados del siglo, y a 3°C-3.5°C a finales de este siglo. La zona norte del país verá un mayor incremento en temperatura comparada a la zona sur, pero la más afectada será la zona central.**
- **Mientras se proyecta un aumento en la temperatura, al año 2050 las precipitaciones tenderán a disminuir de un 1.5 mm a 9.3 mm por mes, y de 5.5 mm a 11 mm al año 2090, y tal como la zona central sería la más afectada con el aumento de temperatura, también lo sería con el déficit de precipitaciones.**
- **Una reducción en las precipitaciones, junto a un aumento de temperatura, impactarían la evaporación, el balance de agua y las condiciones de sequía.**

*[World Bank, 2021]*

Los cambios en los patrones climáticos, como la disminución de las precipitaciones, la temperatura del aire más alta y la frecuencia más alta de eventos climáticos extremos, se traduce en preocupaciones emergentes sobre la inocuidad y seguridad alimentaria. Estos incluyen la escasez de agua segura para el riego de productos agrícolas, un mayor uso de pesticidas debido a la resistencia de las plagas, una mayor dificultad para lograr una cadena de frío bien controlada, o la ocurrencia de inundaciones repentinas que provocan la escorrentía de contaminantes químicos o microbiológicos en los cursos de agua naturales (Duchenne-Moutien & Neetoo, 2021).

# ENFERMEDADES VIRALES Y BACTERIANAS TRANSMITIDAS POR LOS ALIMENTOS.

Las enfermedades transmitidas por alimentos (ETAs) son una importante carga de enfermedad en el mundo. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que cada año enferman unas 600 millones de personas por ingerir alimentos contaminados y 420.000 mueren por dicha causa, perjudicando economías nacionales y el desarrollo económico y social (OMS, 2020).

Los efectos del cambio climático en la ocurrencia de ETAs han sido ampliamente investigados, pues los cambios en la temperatura tienen efectos directos o indirectos en varios niveles a lo largo de la cadena alimenticia desde su producción a su consumo (Mun, 2020). Además, no solo se debe considerar el aumento de la temperatura sino también la probabilidad anual de olas de calor las cuales en Chile aumentarían en un 8% para el año 2040, y un 20% para la década de 2090 (World Bank, 2021).

Varios son los estudios que correlacionan el aumento de la temperatura ambiente, con el aumento en la incidencia de infecciones bacterianas causantes de diarrea. Por ejemplo, a través del modelamiento de datos de temperatura mensual y enfermedades infecciosas, se demostró una relación directa entre el incremento en la temperatura ambiente y el aumento de ocurrencia de *S. Enteritidis*, *C. jejuni* y *C. coli* en zonas de Alemania (Yun et al., 2016).

De igual forma, una revisión sistemática y metaanálisis identificó las asociaciones entre la temperatura ambiente e infecciones entéricas de origen bacteriano y viral (Chua et al., 2022). Este estudio reveló que el riesgo de incidencia de salmonelosis no tifoidea, shigelosis, campylobacteriosis, cholera, enteritis por *E. coli*, y fiebre tifoidea incrementaba por cada 1°C de aumento de temperatura. Por el contrario, el riesgo de incidencia de enteritis causadas por los virus rotavirus y norovirus, disminuye. En la Tabla 1 se muestran los resultados de este metaanálisis.

**Tabla 1. Cambio en el riesgo de incidencia de infecciones entéricas por cada 1°C de aumento de la temperatura.**

ENFERMEDAD	Cambio en el riesgo de incidencia % (95% IC)
Salmonelosis no tifoidea	<b>5.1</b> (3.6 - 6.7)
Shigelosis	<b>7.0</b> (4.4 - 9.6)
Campylobacteriosis	<b>2.3</b> (0.7 - 4.0)
Colera	<b>5.4</b> (4.2 - 6.6)
Enteritis por <i>E. coli</i>	<b>4.3</b> (1.2 - 7.4)
Salmonelosis tifoidea	<b>15.1</b> (7.1 - 23.6)
Enteritis por rotavirus	<b>-4.4</b> (-10.5 - 2.1)
Enteritis por norovirus	<b>-10.6</b> (-19.3 - 0.9)

[Chua et al., 2022].

Este estudio permite visualizar el comportamiento futuro que tendrían ciertas enfermedades transmitidas por los alimentos en Chile, donde ya hay un aumento del número de ETAs durante épocas estivales asociados a la pérdida de cadena de frío y almacenamiento de los alimentos a temperatura ambiente (Ministerio de Salud, 2019). De interés son aquellos patógenos con dosis infecciosas bajas como *Shigella* spp, *E. coli* enterohemorrágica, *E. coli* O157:H7 y aquellos con alta persistencia en el medio ambiente como *Salmonella* spp los cuales tienen mayor probabilidad de causar brotes de ETAs asociados al cambio climático (FAO, 2020).

El escenario se torna más riesgoso si se considera que las lluvias intensas e inundaciones facilitan el transporte veloz de patógenos hacia las fuentes de suministro de agua (Greer et al., 2008). Esto es importante sobre todo en las regiones sur del país, donde se estima aumente el riesgo por eventos extremos e inundaciones (World Bank, 2021).

Otro factor a considerar es el lugar de preparación de los alimentos. La mayoría de los brotes de ETAs en Chile estuvieron asociados al ambiente domiciliario (43%), seguido por instalaciones como restaurantes o fuentes de soda (35%) (Ministerio de Salud, 2019). Particularmente los restaurantes, se ha señalado el cambio climático como un importante factor en la ocurrencia de brotes de ETAs (Mun, 2020).



# ENFERMEDADES PARASITARIAS TRANSMITIDAS POR LOS ALIMENTOS

Un tema que tiende a ser descuidado entre las enfermedades infecciosas y que sigue siendo una amenaza, es cómo el cambio climático afecta a los parásitos transmitidos por los alimentos (Selstad Utaaker & Robertson, 2015).

El cambio climático impacta directamente los ciclos de vida de los parásitos en el ambiente, aumentando o disminuyendo la supervivencia de los parásitos y sus etapas en el medio ambiente y en sus huéspedes.

El Comité de expertos FAO/OMS desarrolló un ranking de parásitos transmitidos por los alimentos de importancia en salud pública mundial (Tabla 2) (FAO, 2014).

**Tabla 2. Ranking de parásitos transmitidos por los alimentos.**

PARÁSITO	VEHÍCULO ALIMENTARIO PRIMARIO
<i>Taenia solium</i>	Carne de cerdo
<i>Echinococcus granulosus</i>	Productos frescos
<i>Echinococcus multilocularis</i>	Productos frescos
<i>Toxoplasma gondii</i>	Carne de pequeños rumiantes, cerdos, vacuno
<i>Cryptosporidium</i> spp	Productos frescos, jugo de frutas, leche
<i>Entamoeba histolytica</i>	Productos frescos
<i>Trichinella spiralis</i>	Carne de cerdo
Opisthorchiidae	Peces de agua dulce
<i>Ascaris</i> spp	Productos frescos
<i>Trypanosoma cruzi</i>	Jugo de frutas
<i>Giardia duodenalis</i>	Productos frescos
<i>Fasciola</i> spp	Productos frescos (Plantas acuáticas)
<i>Cyclospora cayetanensis</i>	Berries, productos frescos
<i>Paragonimus</i> spp	Crustáceos de agua dulce
<i>Trichuris trichiura</i>	Productos frescos
<i>Trichinella</i> spp	Carne de caza
Anisakidae	Peces de agua salada, crustáceos y cefalópodos
<i>Balantidium coli</i>	Productos frescos
<i>Taenia saginata</i>	Carne de vacuno
<i>Toxocara</i> spp	Productos frescos
<i>Sarcocystis</i> spp	Carne de vacuno y cerdo
Heterophyidae	Peces de agua dulce y salobre
Diphyllobothriidae	Peces de agua dulce y salada
<i>Spirometra</i> spp	Peces, reptiles y anfibios

(FAO, 2014).



El Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) realiza la vigilancia sanitaria pasiva en Establecimientos Faenadores, donde son registradas la prevalencia y comportamiento de las patologías más comúnmente detectadas en animales de abasto. Dicho programa de vigilancia considera la distomatosis, hidatidosis, cisticercosis, tuberculosis y triquinosis, todas ellas enfermedades zoonóticas y prevalentes en el país.

La distomatosis (o fasciolosis) sigue siendo la principal enfermedad parasitaria que afecta a las especies de abasto en Chile, representando el 78.6% de los decomisos (SAG, 2020), ocasionando pérdidas económicas debido al decomiso de hígados infectados, la disminución de parámetros reproductivos como la ganancia de peso diaria y producción de leche, al igual que afectar a pequeños ganaderos y sus comunidades (FAO, 2014). En cuanto a la distribución geográfica de esta parasitosis, destacan las regiones de Los Lagos y la Metropolitana, con un mayor número de casos en bovinos, principal especie afectada (SAG, 2020).

Frente al aumento de temperaturas proyectado, y particularmente en la zona sur del país (World Bank, 2021), se vería favorecida la producción y emergencia de cercarias desde el hospedero intermediario (caracol de agua dulce) al ambiente, impactando localmente la transmisión de la fasciola hepática (Selstad Utaaker & Robertson, 2015). Esto no solo impactaría a las especies de abasto y su productividad, sino que, sumados a los eventos extremos e inundaciones previstas para la zona sur (World Bank, 2021), se podrían observar también brotes en personas asociados al consumo de hortalizas, donde el estado infectivo del parásito tomaría contacto directo con las hortalizas frescas consumidas, tal como ya ha ocurrido en otros países en inundaciones de cultivos como lechugas (Rojas et al., 2010).

La hidatidosis, segunda patología de mayor frecuencia de decomiso en Chile y mayormente asociada a los bovinos (SAG, 2020), como problema de inocuidad alimentaria involucra al humano como hospedador accidental cuando ingiere huevos del parásito a través de alimentos o aguas contaminadas. La sobrevivencia de este parásito (*E. granulosus*) se ve favorecida por condiciones de humedad y climas templados, condiciones que se acrecentarían con el cambio

climático (Selstad Utaaker & Robertson, 2015). Las prevalencias más altas en la población chilena se encuentran en zonas rurales asociadas a la práctica de la agricultura y ganadería en las regiones de La Araucanía, Metropolitana, Los Lagos y Biobío (MINSAL, 2021). Esta enfermedad genera un alto impacto socioeconómico, generando altos costos para los centros de salud (MINSAL, 2021).

Otro cestodo, *D. latum*, que si bien no fue ranqueado de gran relevancia por el Comité FAO/OMS dado a su menor importancia clínica (FAO, 2014), cobra importancia a nivel nacional por las características productivas de las costas chilenas, la pesca furtiva y los nuevos hábitos alimenticios de la población. De hecho, se han descrito brotes recientes en las comunas de Puerto Octay y Osorno, uno de ellos con más de 30 casos de personas afectadas (Fundación iO, 2018; Salmon Expert, 2019). La Difilobotriasis se transmite al consumir pescado crudo o semi-crudo generando síntomas que pueden ir de infecciones asintomáticas o síntomas gastro intestinales hasta deficiencias vitamínicas (C. Tuemmers et al., 2013). La transmisión de este parásito es óptima durante temporadas cálidas, por lo que se sugiere que el cambio climático podría favorecer el ciclo de vida de *D. latum* al temperar las aguas dulces e incrementar el número de peces infectados (Wicht et al., 2009). Además, dado que el clima del país se ve influenciado por la aparición del fenómeno de El Niño (World Bank, 2021), ya se ha encontrado una asociación entre el incremento de infecciones de *D. pacificum* (también asociados a infecciones humanas) en Chile, y la aparición del fenómeno en el Pacífico (Sagua et al., 2001).



Entre los parásitos protozoarios más frecuentemente reportados, tanto en animales como humanos, se encuentran *Giardia duodenalis*, *Cryptosporidium* spp. y *Toxoplasma gondii*. La principal vía de transmisión es a través del consumo de agua contaminada, y de la misma manera pueden llegar a través del agua a contaminar a alimentos frescos (Sterk et al., 2013).

Al igual que los demás parásitos discutidos anteriormente, se ha descrito que un aumento de temperaturas y precipitaciones, tal como lo ha proyectado el estudio del Banco Mundial en Chile para el 2050 en la zona sur, favorecería la detección de dichos parásitos en aguas superficiales (Sterk et al., 2013).

En situaciones de escasez hídrica la calidad de agua de irrigación disminuye, y la probabilidad de contacto entre patógenos con cultivos es mayor (Selstad Utaaker & Robertson, 2015). En el norte de Chile, las sequías que se esperan a causa del cambio climático si bien reducirían la supervivencia de huevos, larvas, ooquistes y quistes parasitarios, aumentaría su concentración en agua (Pozio, 2020), aumentando el riesgo de infección.

# PELIGROS QUÍMICOS

Hay muchas vías a través de las cuales el cambio y la variabilidad del clima global pueden afectar la contaminación ambiental y los peligros químicos en los alimentos.

La contaminación de suelos agrícolas y de pastizales se ha asociado con eventos extremos relacionados con el cambio climático, particularmente con la mayor frecuencia de inundaciones (Tirado et al., 2010).

En la siguiente tabla se resume el efecto del cambio climático en algunos peligros químicos.

**Tabla 3. Peligros químicos en los alimentos y su asociación al cambio climático.**

PELIGRO QUÍMICO	EFFECTO DIRECTO O INDIRECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA FUENTE DEL CONTAMINANTE	EFFECTO DIRECTO O INDIRECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL DESTINO O TRANSPORTE DEL CONTAMINANTE	EFFECTO EN LA EXPOSICIÓN
<b>Arsénico</b>	Comunidades microbianas y la química de aguas superficiales pueden afectar la distribución de arsénico.	Contaminación de cultivos alimentarios a través de la irrigación.	Adverso.
<b>Mercurio</b>	Suelos contaminados y sedimentos.	Climas alterados pueden afectar la biotransformación de mercurio a su forma biológica más biodisponible.	Se espera que la absorción de mercurio en peces aumente. Entre un 3% y un 5% por cada 1°C de aumento en la temperatura del agua (Tirado et al., 2010).
<b>Pesticidas</b>	Agricultura.	Se espera un aumento en la cantidad de insectos o patógenos, lo que resultará en un mayor uso de pesticidas.	La exposición a pesticidas se prevé que aumente.
<b>Medicamentos veterinarios</b>	Agricultura.	La proliferación de enfermedades animales debido a los cambios relacionados con el clima puede dar lugar a un mayor uso de medicamentos veterinarios.	La liberación al medio ambiente aumentaría.
<b>Toxinas algales</b>	Floraciones Algales.	Con el aumento de temperatura se proyectan Floraciones Algales Nocivas (FAN) de mayor frecuencia, duración, y alcance geográfico.	Adverso.
<b>Micotoxinas</b>	Cultivos infectados por hongos.	Debido al estrés por sequías, temperatura, ataques de plagas, y déficit de nutrientes, se espera que la contaminación de micotoxinas en los cultivos aumente. Adicionalmente se esperan nuevas asociaciones entre hongos-cultivos que antes no habían sido considerados.	Adverso.

Adaptado de [Balbus et al., 2013]

Los peligros químicos son de relevancia al país. Así lo evidencia el análisis de las notificaciones de eventos en Chile del Reporte de la Red de Información y Alertas Alimentarias (RIAL), donde del total de notificaciones de eventos en Chile (incumplimiento de criterios según lo establecido en el Reglamento Sanitario de los Alimentos), el 89% correspondió a peligros químicos (ACHIPIA, 2018), casi en su totalidad de origen nacional.

## PESTICIDAS

Se proyecta que el aumento de temperaturas y precipitaciones, pronosticado en cierta medida para la zona sur de Chile, afectarían la salud de las plantas, aumentando el uso y costos de pesticidas para cultivos como el maíz, papas, soya y trigo (Tirado et al., 2010).

El rubro frutas y hortalizas frescas acumuló la mayor cantidad de notificaciones en Chile en 2018 y todas correspondieron a peligros químicos relacionados con la presencia de residuos de plaguicidas que exceden los límites permitidos o de plaguicidas no autorizados (ACHIPIA, 2018).

El cambio climático puede afectar las tasas de desarrollo de plagas, número de generaciones de plagas anuales, mortalidad de plagas por frío y congelación, y/o susceptibilidad de la planta huésped a las plagas (Tirado et al., 2010). Asimismo, pesticidas que son comúnmente utilizados podrían dejar de ser efectivos ante un nuevo escenario climático, probablemente necesitándose mayores dosis de aplicación para proteger los cultivos. Por ejemplo, eventos de lluvias extremas en la zona centro-sur de Chile, han provocado que los cultivos sean susceptibles a pérdidas importantes de la cosecha por contaminación por hongos, y se señaló que el aumento de número de aplicaciones de fungicidas podría ser un manejo apropiado (FAO, 2012).



# MEDICAMENTOS VETERINARIOS

Como peligro químico, los fármacos de uso veterinario serían utilizados en mayor cantidad, puesto que la salud de animales de abasto se verá afectada por enfermedades parasitarias e infecciosas, desordenes nutricionales, insolación o deshidratación (Tirado et al., 2010). Esto aumentaría la probabilidad de detectar niveles inaceptables de residuos en alimentos de origen animal, así como también la llegada de residuos al medio ambiente.

Los animales acuáticos, quienes son altamente vulnerables a los cambios de temperatura, salinidad y niveles de oxígeno en su ecosistema, se verían más predispuestos a enfermedades, particularmente en sistemas intensivos (Tirado et al., 2010). Esto último cobra enorme relevancia en nuestro país, donde existen grandes salmoniculturas en la zona sur-austral, desde la Región de la Araucanía hasta Magallanes (Revista Aqua N°257, 2022).

En la actualidad, la industria nacional del salmón cuenta con una producción anual de alrededor de 1.000.000 toneladas (Revista Aqua N°257, 2022), utilizando cantidades considerables de medicamentos veterinarios. Según el último Informe sobre uso de antimicrobianos en la salmonicultura nacional, durante el año 2021 la cantidad de antimicrobianos utilizados fue equivalente a 463,4 toneladas de principio activo (SERNAPESCA, 2022), lo que presentó un alza respecto al año anterior (379,6 toneladas) (SERNAPESCA, 2021). Esta alza se explicaría por la ocurrencia de eventos de floraciones algales nocivas (FAN) (también relacionadas al cambio climático) en las regiones de Los Lagos y Aysén lo que habría afectado la respuesta inmune de los peces, produciendo un aumento en la incidencia de Piscirickettsiosis y su posterior tratamiento (Salmon Expert, 2022).

Otro fenómeno asociado y con gran impacto en la salud humana y animal es la emergencia y diseminación de bacterias resistentes a los antimicrobianos. El uso excesivo de antimicrobianos en las extendidas áreas geográficas en Chile utilizadas por la actividad acuícola son relevantes en la generación de bacterias resistentes (Cabello, 2018). Adicionalmente, el empleo de antimicrobianos en la acuicultura puede disminuir la diversidad biológica en el ambiente con el potencial de facilitar los eventos de FAN y la selección de patógenos resistentes de origen marino, como *V. parahaemolyticus* (Cabello, 2018).



# MICOTOXINAS

El cambio climático puede influir en el crecimiento de hongos y producción de micotoxinas los cuales afectan la cadena alimentaria a nivel de pre y post cosecha (Perrone et al., 2020). Cambios en la temperatura, precipitación y concentración atmosférica de CO<sub>2</sub>, pueden llevar a un incremento o disminución inesperada del riesgo de contaminación de cultivos por micotoxinas, impactando la distribución geográfica de cereales, y otros cultivos (Perrone et al., 2020).

La mayoría de las micotoxinas de interés en la salud pública y animal, están asociadas a los hongos del género *Aspergillus*, *Fusarium* y *Penicillium*. Estos hongos filamentosos, bajo condiciones favorables de temperatura y humedad pueden producir metabolitos tóxicos tanto a nivel de campo como en condiciones de almacenamiento (Perrone et al., 2020).

Un estudio realizado en Chile analizó la ocurrencia de micotoxinas en productos alimenticios consumidos entre los años 2008 y 2017. Las micotoxinas con mayor prevalencia a nivel nacional fueron: Ocratoxina A en pimiento<sup>2</sup>, café, pan y cereal (30%), fumonisinas en harina de trigo y cereal (21%), aflatoxinas en especias, pimiento y nueces (16%) y deoxinivalenol en pan (12%) (Foerster et al., 2020).

Si bien en dicho estudio no se afirma el origen de la materia prima de los alimentos, es altamente probable que, en el país de producción, los hongos y la producción de micotoxinas se vean exacerbados por los incrementos de temperatura tanto en los cultivos como en su almacenamiento.



2. Pimiento o capsicum: por ejemplo, pimienta en polvo o ají

# FLORACIONES ALGALES NOCIVAS (FAN)

Las Floraciones Algales Nocivas (FAN), también conocidas como “marea roja” son eventos naturales que ocurren en todos los océanos alrededor del mundo. Son originados por la proliferación de ciertas algas tóxicas, causando mortalidades masivas en peces, contaminación de mariscos con toxinas y alteración de los ecosistemas (Sandoval et al., 2018).

En Chile se ha descrito la presencia de las siguientes biotoxinas marinas<sup>3</sup>: Veneno Paralizante de los Mariscos (VPM), Veneno Amnésico de los Mariscos (VAM), Biotoxinas Marinas Lipofílicas (conocidas anteriormente como Veneno Diarreico de los Mariscos (VDM) y (Laboratorio de Toxinas Marinas, 2016).

Los eventos de FAN han aumentado en frecuencia y gravedad (Global Aquaculture Alliance, 2017). El año 2016, *Pseudochattonella verruculos* fue responsable del peor daño causado por una FAN en la historia de Chile, causando una mortalidad en peces con pérdidas estimadas en 100.000 toneladas de salmón y trucha, correspondiente a una pérdida de 800 millones de dólares (Trainer et al., 2020). Como principal factor desencadenante de este evento ocurrido en la Región de Los Lagos, se describen condiciones excepcionales del océano y la zona costera, donde las masas de agua estables y mucho más cálidas de lo normal estuvieron asociadas al curso a gran escala del fenómeno de El Niño (Global Aquaculture Alliance, 2017). Respecto a esto último, es probable que el cambio climático favorezca la ocurrencia de eventos de El Niño de alta intensidad, lo que aumentaría la probabilidad de ocurrencia de FAN en nuestro país (Sandoval et al., 2018).

Los océanos están experimentando un estrés ambiental y ecológico severo. Bajo mayor presión, se encuentran las capas superficiales del océano, las cuales responden rápidamente a las variaciones en las condiciones atmosféricas. Las algas responsables de FANs habitan la parte superior del océano, siendo más vulnerables a los efectos del cambio climático (Trainer et al., 2020).



3. Además, en otras zonas del mundo se describe la presencia de brevetoxinas o Veneno Neurotóxico de los Mariscos (VNM), Ciguatera (CTX) (Intoxicación producida por el consumo de peces), palitoxinas, espirólidos (Laboratorio de Toxinas Marinas, 2016).

# METALES PESADOS

Se espera que el aumento de la temperatura del suelo facilite la absorción de metales pesados por las plantas, por ejemplo, el arsénico en el arroz. Eventos de fuertes precipitaciones, especialmente en áreas mineras, pueden liberar varios metales pesados en las áreas circundantes, comprometiendo la calidad de los alimentos y el agua (FAO, 2020).

El deshielo acelerado puede liberar grandes inventarios históricamente atrapados de metales pesados como el mercurio en nuestros sistemas de agua dulce. Este mercurio se metila en los sistemas acuáticos y el proceso se ve afectado por una serie de factores ambientales diferentes que están influenciados por el cambio climático. La bioacumulación de metilmercurio en la cadena alimentaria acuática es una preocupación importante en las condiciones del cambio climático (FAO, 2020).



# CAMBIO CLIMÁTICO Y LA SEGURIDAD ALIMENTARIA EN CHILE

Chile posee condiciones geográficas y topográficas únicas, generando un amplio rango de climas y ambientes. Esto le ha permitido el producir una amplia variedad de cultivos, posicionándolo como uno de los principales exportadores de productos agrícolas tales como arándanos frescos, cerezas, uvas, ciruelas y manzanas (World Bank, 2021). Estos y otros mercados productivos alimentarios pueden verse afectados en el mediano plazo debido a los efectos del cambio climático.

Estudios recientes estiman que el rendimiento agrícola mundial se reduzca en casi un 7% debido al cambio climático, donde ya se evidencia la reducción de un 1-2% por cada década del último siglo (Wiebe et al., 2015). A nivel nacional se puede esperar una disminución en la calidad y cantidad de los cultivos del norte, afectado por sequías severas, temperaturas altas en el interior y disminución de la disponibilidad de agua. El déficit de precipitaciones en las regiones de la zona norte y central afectaría tanto a los cultivos irrigados exclusivamente por aguas lluvias, como a aquellos cultivos irrigados con otras fuentes de agua. Esto, junto al incremento de temperaturas causaría un aumento de la evapotranspiración, afectando el rendimiento de los cultivos y pérdidas de cosechas (World Bank, 2021).

El aumento de temperaturas desplazaría las áreas agrícolas hacia el sur, cambiando el tipo de cultivos como se ha visto al sur de la Araucanía y en las Regiones de Los Lagos, donde la producción de maíz y papa aumentó hasta un 200% debido al balance favorable de lluvias y el rango de temperaturas diarias (Pino et al., 2015). Estos cambios de temperatura por un lado reducirían el riesgo de heladas, mientras que cultivos y el ganado sensible a altas temperaturas se verían afectados particularmente en la zona norte y regiones áridas del país (World Bank, 2021).

Uno de los eventos asociados al cambio climático, son las lluvias extremas. En enero del año 2021, las lluvias intensas afectaron cultivos en la Región V y VI, donde se señalaron pérdidas de más del 50% de algunas cosechas de frutas (por partición y posibles pudriciones en uvas y carozos) (Villena Maximiliano, 2021). Condiciones meteorológicas adversas también han ocasionado pérdidas importantes en años anteriores. Por ejemplo, episodios de alta pluviometrías durante época de cosechas, ocasionaron pérdidas estimadas de un 60 a 65% en cultivos de cerezas en la VIII Región (FAO, 2015).

La pérdida de cosechas no solo significa pérdidas económicas para el productor, sino que pueden relacionarse con un aumento de precio de los cultivos afectados y menor disponibilidad para la población, poniendo en riesgo los niveles de seguridad alimentaria en el país.

Respecto a la disponibilidad de agua, el aumento del nivel del mar provocaría la intrusión de agua salada en los cuerpos de agua dulce, extendiéndose a aguas subterráneas, lo que disminuirá la disponibilidad de agua apropiadas para el consumo humano, la agricultura, y los ecosistemas en las áreas costeras (Tirado et al., 2010).

# CONCLUSIONES

- Las vías por las cuales el cambio climático afecta la inocuidad y seguridad alimentaria en Chile y en el mundo, son abundantes y complejas.
- Son necesarios más estudios a nivel nacional que nos permitan predecir cuáles serían los peligros microbiológicos y químicos predominantes que afectarían a la población chilena ante ambientes cada vez más cálidos y eventos climáticos extremos.
- Considerando que las ETAs pueden aumentar y cambiar su distribución en el futuro, es también necesario evaluar posibles vías de adaptación, tanto a nivel de la agricultura y salud pública.



# REFERENCIAS

- ACHIPIA. (2018).** REPORTE DE NOTIFICACIONES - 2018 -RIAL. [https://www.achipia.gob.cl/wp-content/uploads/2021/01/RIAL\\_Reporte\\_notificaciones\\_2018-1.pdf](https://www.achipia.gob.cl/wp-content/uploads/2021/01/RIAL_Reporte_notificaciones_2018-1.pdf)
- Balbus, J. M., Boxall, A. B. A., Fenske, R. A., McKone, T. E., & Zeise, L. (2013).** IMPLICATIONS OF GLOBAL CLIMATE CHANGE FOR THE ASSESSMENT AND MANAGEMENT OF HUMAN HEALTH RISKS OF CHEMICALS IN THE NATURAL ENVIRONMENT. *Environmental Toxicology and Chemistry / Setac*, 32(1), 62. <https://doi.org/10.1002/ETC.2046>
- C. Tuemmers, C. Nuñez, Willgert K, & M Serri. (2013).** Vista de Anisakiasis y Difilobotriasis. Ictiozoonosis de riesgo para la salud pública asociada al consumo del pescado crudo en Chile. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/rluz/article/view/31025/32073>
- Cabello, F. C. (2018).** Resistencia a los antimicrobianos en Chile y el paradigma de Una Salud: manejando los riesgos para la salud pública humana y animal resultante del uso de antimicrobianos en la acuicultura del salmón y en medicina. *Rev Chilena Infectol* 2018; 35 (3): 299-303. [www.sochinf.cl](http://www.sochinf.cl)
- Chua, P. L. C., Ng, C. F. S., Tobias, A., Seposo, X. T., & Hashizume, M. (2022).** Associations between ambient temperature and enteric infections by pathogen: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Planetary Health*, 6(3), e202–e218. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(22\)00003-1/ATTACHMENT/44CB8751-F148-4236-8A1C-E1B2CCC471AD/MMC1.PDF](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(22)00003-1/ATTACHMENT/44CB8751-F148-4236-8A1C-E1B2CCC471AD/MMC1.PDF)
- Duchenne-Moutien, R. A., & Neetoo, H. (2021).** Climate Change and Emerging Food Safety Issues: A Review. *Journal of Food Protection*, 84(11), 1884–1897. <https://doi.org/10.4315/JFP-21-141>
- FAO. (2012).** Las cerezas de Chile, afectadas por las lluvias. <https://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/511135/>
- FAO. (2014).** Multicriteria-based ranking for risk management of food-borne parasites. <http://www.who.int/bookorders>
- FAO. (2015). La producción de cereza chilena disminuirá hasta un 65% en la Octava Región. <https://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/516350/>
- FAO. (2020).** Climate change: Unpacking the burden on food safety. *Climate Change: Unpacking the Burden on Food Safety*. <https://doi.org/10.4060/CA8185EN>
- Foerster, C., Muñoz, K., Delgado-Rivera, L., Rivera, A., Cortés, S., Müller, A., Arriagada, G., Ferreccio, C., & Rios, G. (2020).** Occurrence of relevant mycotoxins in food commodities consumed in Chile. *Mycotoxin Research*, 36(1), 63–72. <https://doi.org/10.1007/S12550-019-00369-5>
- Fundación iO. (2018).** NOVIEMBRE 2018. BROTE DE DIPHYLLOBOTHRIUM LATUM EN LA REGIÓN DE LAGOS, CHILE. <https://old.com.fundacionio.es/2018/11/18/noviembre-2018-brote-de-diphyllobothrium-latum-en-la-region-de-lagos-chile/>
- Global Aquaculture Alliance. (2017).** Harmful Algal Blooms Assessing Chile's Historic HAB Events of 2016 A Report Prepared for the Global Aquaculture Alliance.
- Greer, A., Ng, V., & Fisman, D. (2008).** Climate change and infectious diseases in North America: the road ahead. *CMAJ*, 178(6), 715–722. <https://doi.org/10.1503/CMAJ.081325>
- Laboratorio de Toxinas Marinas, U. de C. (2016).** Qué es la marea roja. [https://labtox.cl/?page\\_id=42#:~:text=En%20Chile%20se%20ha%20descrito,de%20los%20Mariscos%20\(VDM\).](https://labtox.cl/?page_id=42#:~:text=En%20Chile%20se%20ha%20descrito,de%20los%20Mariscos%20(VDM).)

**Ministerio de Salud. (2019).** *Boletín Epidemiológico Trimestral Brotes de Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETA) SE1-52 año 2019.* [http://epi.minsal.cl/wp-content/uploads/2020/02/BET\\_ETA\\_2019.pdf](http://epi.minsal.cl/wp-content/uploads/2020/02/BET_ETA_2019.pdf)

**MINSAL. (2021).** *INFORME SITUACIÓN DE LA EQUINOCOCOSIS QUÍSTICA/ HIDATIDOSIS EN CHILE.*

**Mun, S. G. (2020).** The effects of ambient temperature changes on foodborne illness outbreaks associated with the restaurant industry. *International Journal of Hospitality Management*, 85, 102432. <https://doi.org/10.1016/J.IJHM.2019.102432>

**Naciones Unidas. (1992).** *CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO.*

**ND-GAIN. (2019).** *Rank countries by ND-GAIN Country Index, Vulnerability and Readiness.* <https://gain.nd.edu/our-work/country-index/rankings/>

**OMS. (2020).** *Inocuidad de los alimentos.* <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>

**Perrone, G., Ferrara, M., Medina, A., Pascale, M., & Magan, N. (2020).** Toxigenic Fungi and Mycotoxins in a Climate Change Scenario: Ecology, Genomics, Distribution, Prediction and Prevention of the Risk. *Microorganisms*, 8(10), 1–20. <https://doi.org/10.3390/MICROORGANISMS8101496>

**Pino, P., Iglesias, V., Garreaud, R., Cortés, S., Canals, M., Folch, W., Burgos, S., Levy, K., Naeher, L. P., & Steenland, K. (2015).** Chile confronts its environmental health future after 25 years of accelerated growth. *Annals of Global Health*, 81(3), 354–367. <https://doi.org/10.1016/j.aogh.2015.06.008>

**Pozio, E. (2020).** How globalization and climate change could affect foodborne parasites. *Experimental Parasitology*, 208, 107807. <https://doi.org/10.1016/J.EXPPARA.2019.107807>

**Revista Aqua N°257. (2022).** *40 años de salmonicultura chilena: Una historia en constante evolución.* <https://www.aqua.cl/2022/03/09/salmonicultura-chilena-una-historia-en-constante-evolucion/#>

**Rojas, L., Vazquez, A., Domenech, I., & Robertson, L. J. (2010).** Fascioliasis: can Cuba conquer this emerging parasitosis? *Trends in Parasitology*, 26(1), 26–34. <https://doi.org/10.1016/J.PT.2009.10.005>

**SAG. (2020).** *INFORME BENEFICIO Y HALLAZGOS PATOLÓGICOS EN MATADEROS DIVISIÓN DE PROTECCIÓN PECUARIA DEPARTAMENTO DE SANIDAD ANIMAL SUBDEPARTAMENTO DE EPIDEMIOLOGÍA Y CONTROL DE ENFERMEDADES SERVICIO AGRÍCOLA Y GANADERO.*

**Sagua, H., Neira, I., Araya, J., & González, J. (2001).** [New cases of *Diphyllbothrium pacificum* (Nybelin, 1931) Margolis, 1956 human infection in North of Chile, probably related with El Niño phenomenon, 1975-2000]. *Boletín Chileno de Parasitología*, 56(1–2), 22–25. <https://europepmc.org/article/med/12058668>

**Salmon Expert. (2019).** *Llaman a extremar precauciones por parásito en salmónes de agua dulce.* <https://www.salmonexpert.cl/article/llaman-a-extremar-precauciones-por-parasito-presente-en-salmones-de-agua-dulce/>

**Salmon Expert. (2022).** *Aumenta uso de antimicrobianos en la salmonicultura chilena durante 2021.* <https://www.salmonexpert.cl/article/aumento-uso-de-antimicrobianos-en-la-salmonicultura-chilena-durante-2021/>

**Sandoval, M., Parada, C., & Torres, R. (2018).** Forecasting harmful algal blooms in Chile 1 Proposal of an integrated system for forecasting Harmful Algal Blooms (HAB) in Chile. *Lat. Am. J. Aquat. Res*, 46(2), 424–451. <https://doi.org/10.3856/vol46-issue2-fulltext-18>

**Selstad Utaaker, K., & Robertson, L. J. (2015).** Climate change and foodborne transmission of parasites: A consideration of possible interactions and impacts for selected parasites. *Food Research International*, 68, 16–23. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2014.06.051>

**SERNAPESCA. (2021).** INFORME SOBRE USO DE ANTIMICROBIANOS EN LA SALMONICULTURA NACIONAL Año 2020. [http://www.sernapesca.cl/sites/default/files/informe\\_sobre\\_uso\\_de\\_antimicrobianos\\_en\\_la\\_salmonicultura\\_nacional\\_ano\\_2020.pdf](http://www.sernapesca.cl/sites/default/files/informe_sobre_uso_de_antimicrobianos_en_la_salmonicultura_nacional_ano_2020.pdf)

**SERNAPESCA. (2022).** INFORME SOBRE USO DE ANTIMICROBIANOS EN LA SALMONICULTURA NACIONAL Año 2021. [http://www.sernapesca.cl/sites/default/files/informe\\_sobre\\_uso\\_de\\_antimicrobianos\\_en\\_la\\_salmonicultura\\_nacional\\_ano\\_2021.pdf](http://www.sernapesca.cl/sites/default/files/informe_sobre_uso_de_antimicrobianos_en_la_salmonicultura_nacional_ano_2021.pdf)

**Sterk, A., Schijven, J., de Nijs, T., & de Roda Husman, A. M. (2013).** Direct and indirect effects of climate change on the risk of infection by water-transmitted pathogens. *Environmental Science and Technology*, 47(22), 12648–12660. [https://doi.org/10.1021/ES403549S/SUPPL\\_FILE/ES403549S\\_SI\\_001.PDF](https://doi.org/10.1021/ES403549S/SUPPL_FILE/ES403549S_SI_001.PDF)

**Tirado, M. C., Clarke, R., Jaykus, L. A., McQuatters-Gollop, A., & Frank, J. M. (2010).** Climate change and food safety: A review. *Food Research International*, 43(7), 1745–1765. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2010.07.003>

**Trainer, V. L., Moore, S. K., Hallegraeff, G., Kudela, R. M., Clement, A., Mardones, J. I., & Cochlan, W. P. (2020).** Pelagic harmful algal blooms and climate change: Lessons from nature's experiments with extremes. *Harmful Algae*, 91. <https://doi.org/10.1016/J.HAL.2019.03.009>

**Villena Maximiliano. (2021).** Lluvias impactan más de 50% de la cosecha de algunas frutas en la zona centro. <https://www.latercera.com/pulso/noticia/lluvias-impactan-mas-de-50-de-la-cosecha-de-algunas-frutas-en-la-zona-centro/AM2Z56UBWBERTL56NGKB5NQVPA/>

**Wicht, B., Limoni, C., Petrini, O., & Peduzzi, R. (2009).** Diphyllbothrium latum (Cestoda: Diphyllbothriidea) in perch (*Perca fluviatilis*) in three sub-alpine lakes: Influence of biotic and abiotic factors on prevalence Studies on *Clostridium difficile* View project Diagnosis of fungal infections View project Diphyllbothrium latum (Cestoda: Diphyllbothriidea) in perch (*Perca fluviatilis*) in three sub-alpine lakes: influence of biotic and abiotic factors on prevalence. *Article in Journal of Limnology*, 68(2), 167–173. <https://doi.org/10.4081/jlimnol.2009.167>

**Wiebe, K., Lotze-Campen, H., Sands, R., Tabeau, A., van der Mensbrugge, D., Biewald, A., Bodirsky, B., Islam, S., Kavallari, A., Mason-D'Croz, D., Müller, C., Popp, A., Robertson, R., Robinson, S., van Meijl, H., & Willenbockel, D. (2015).** Climate change impacts on agriculture in 2050 under a range of plausible socioeconomic and emissions scenarios. *Environmental Research Letters*, 10(8), 085010. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/8/085010>

**World Bank. (2021).** CHILE CLIMATE RISK COUNTRY PROFILE. [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org)

**Yun, J., Greiner, M., Höller, C., Messelhäusser, U., Rampp, A., & Klein, G. (2016).** Association between the ambient temperature and the occurrence of human Salmonella and Campylobacter infections. *Scientific Reports*, 6. <https://doi.org/10.1038/SREP28442>

**Descarga  
todos nuestros  
informativos**



desde nuestra  
Aplicación móvil  
**Appchipia o [achipia.cl](http://achipia.cl)**

**ACHIPIA**

***Inocuidad, Nuestra mejor receta.***