



UNIVERSIDAD DE JAÉN

Facultad de Ciencias Experimentales

Trabajo Fin de Grado

Efecto del Cambio Climático Sobre la Salud.

Alumno/a: David Suárez Martos

Jaén, junio, 2024



Trabajo Fin de Grado

Efecto del Cambio Climático Sobre la Salud.

David Suárez Martos

Escritura manuscrita

Jaén, junio, 2024

ÍNDICE

1. RESUMEN Y ABSTRACT.....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
2.1. ¿Qué es el cambio climático?.....	2
2.1.1. Causas del cambio climático.....	2
2.1.2. Efectos de cambio climático.....	5
2.2. Cambio climático y salud.....	8
2.2.1. Impactos en la salud de fenómenos climáticos extremos.....	8
2.2.2. Cambios en los vectores de enfermedades infecciosas.....	9
2.2.3. Cambio climático y salud mental.....	10
2.2.4. Cambio climático y enfermedades crónica.....	10
2.3. Planes de mejora.....	12
2.3.1. Implementación de políticas de salud pública.....	12
2.3.2. Mejoras en infraestructura urbana.....	12
2.3.3. Control de la contaminación del aire.....	13
2.3.4. Fortalecimiento de los servicios de salud.....	13
2.3.5. Investigación y desarrollo.....	13
3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	14
4. METODOLOGÍA.....	15
5. RESULTADOS.....	16
6. DISCUSIÓN.....	33
7. CONCLUSIONES.....	36
8. GLOSARIO	37
9. BIBLIOGRAFÍA.....	37
ANEXO I.....	42

1. RESUMEN

El cambio climático es la alteración de los patrones climáticos y temperaturas de la Tierra, teniendo consecuencias sobre la salud humana aumentando la incidencia de enfermedades, como las cardiovasculares. En el presente trabajo se llevó a cabo una revisión bibliográfica, mediante la base de datos PUDMED, para identificar los mecanismos que pueden contribuir al aumento y desarrollo de enfermedades cardiovasculares. Tras el análisis de los once artículos seleccionados (bajo los criterios elegidos) los resultados indican que entre los factores clave considerados se encuentran las temperaturas extremas y la contaminación del aire, estando correlacionados con un incremento en la incidencia enfermedades cardiovasculares, especialmente en poblaciones vulnerables como los ancianos y aquellos con patologías preexistentes. Además, se abordan estrategias de mitigación y adaptación, que se están desarrollando actualmente, para reducir los impactos negativos del cambio climático en la salud cardiovascular.

Palabras clave: “cambio climático”, “enfermedades cardiovasculares”, “temperaturas extremas”, “contaminación” y “hospitalización”.

ABSTRACT

Climate change is the alteration of the Earth's climatic patterns and temperatures, which has consequences for human health and increases the incidence of diseases such as cardiovascular disease. In the present study, a literature review was carried out using the PUDMED database to identify the mechanisms that may contribute to the increase and development of cardiovascular diseases. After analysis of the eleven selected articles (under the chosen criteria) the results indicate that among the key factors considered are extreme temperatures and air pollution, which are correlated with an increase in the incidence of cardiovascular disease, especially in vulnerable populations such as the elderly and those with pre-existing pathologies. In addition, mitigation and adaptation strategies, which are currently being developed, are addressed to reduce the negative impacts of climate change on cardiovascular health.

Keywords: “climate change”, “cardiovascular disease”, “extreme temperatures”, “pollution”, and “hospitalization”.

2. INTRODUCCIÓN:

2.1. ¿Qué es el cambio climático?

El cambio climático se define como la variación en períodos de plazo largos de la temperatura y otras variables del clima como son las precipitaciones, la nubosidad o la humedad en un ámbito global. Las causas del cambio climático, que serán tratadas dentro de este apartado, pueden ser tanto un origen natural como humano, denominadas estas últimas como antropogénicas. En este sentido, y aunque el cambio climático siempre haya existido, es importante conocer de forma global su historia para entender el papel fundamental que tiene el ser humano en él. Alrededor de mediados del siglo XVIII, con el inicio de la revolución industrial, los gases de efecto invernadero como puede ser el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) procedente de la ganadería, o el óxido nitroso (N₂O) procedente de la agricultura (Maliza, 2023), se empezaron a acumular intensamente en la atmósfera. Esto ha ido provocando a lo largo de los años una muy notable aceleración de cambios en el clima del planeta. Esta es, entre otras, la causa por la que, hasta hoy en día, la temperatura de océanos, el suelo y mares sigue elevándose poco a poco. Los científicos ya han avisado que superar los 1.5°C puede tener consecuencias catastróficas (Suárez, 2024) para el planeta.

2.1.1. Causas del cambio climático

Dentro de las causas naturales tenemos las grandes erupciones volcánicas, que liberan CO₂, y otros gases de efecto invernadero, las variaciones en la radiación solar, que se traducen en un aumento o disminución de la energía proveniente de esta estrella, los desplazamientos tectónicos de las placas, e incluso las pequeñas variaciones en el giro, la inclinación y la órbita de la Tierra, que hacen que la cantidad de energía recibida en una región aumente o disminuya (Turrentine, 2022). Por otro lado, tenemos las causas antropogénicas, es decir, las que se deben a la actividad humana. Estas son las de más peso que provocan los problemas que podemos ver en el mundo actualmente. El problema base reside en la quema incontrolada de combustibles fósiles desde hace 150 años, lo cual supone una liberación masiva tanto de gases de efecto invernadero (GEI) como de partículas en suspensión con un diámetro de hasta

10 μm (PM10) o de hasta 2,5 μm (PM2,5) a la atmósfera, al mismo tiempo que la tala y la destrucción de bosques y humedales hace que desaparezcan estos sumideros de carbono encargados de almacenar el CO_2 evitando que se libere a la atmósfera.

Uno de los grandes contaminantes, y de los más perjudiciales para la salud, son las antes mencionadas partículas (PM). Estas pueden tener origen primario o secundario. Las primarias son emitidas directamente a la atmósfera, ya sea de forma natural (polvo, esporas, polen) o por actividades humanas (tráfico, procesos industriales, calefacción). Las secundarias se forman en la atmósfera por reacciones químicas de gases precursores (SO_2 , NH_3 , compuestos orgánicos volátiles). Entre los componentes inorgánicos secundarios están el sulfato y nitrato amónico, que forman el 30-40% de las PM2,5. Los compuestos orgánicos secundarios provienen de compuestos naturales y antropogénicos, como hidrocarburos y emisiones industriales, y constituyen el 25-30% del PM10 y PM2,5. Las partículas PM son una mezcla de sustancias orgánicas e inorgánicas, tanto sólidas como líquidas, y son contaminantes cruciales para la salud humana. (MITERD, s.f.).

Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), (MAGRAMA, 2015) estas son las principales fuentes de emisión de GEI:

- La industria y la fabricación, que generan grandes cantidades de gases también. La mayoría de las emisiones proceden de la producción de materias primas, la cuales requieren una gran cantidad de energía obtenida mediante la combustión de combustibles fósiles, como pueden ser productos químicos, el acero, cemento, hierro, vidrio, papel o el plástico entre otros, que se utilizan para fabricar el infinito catálogo de productos que es demandado por los consumidores y para construir nuestras infraestructuras. En torno al 18% de los gases de CO_2 mundiales son atribuidos a este sector. Además, este sector genera grandes cantidades de PM10 y PM2,5.

Las fuentes más comunes para la generación de electricidad provienen en su totalidad de combustibles fósiles tales como el carbón, el petróleo o el gas natural. Tanto nuestra sociedad como nuestra economía

están basadas en este tipo de fuentes de energía, y aunque cada vez son más comunes fuentes como la energía eólica o la solar, hacen falta políticas que incentiven el ahorro y la eficiencia energética, puesto que los cambios no son lo suficientemente rápidos. Alrededor del 35% de las emisiones de gases nocivos para el medio ambiente a nivel global, corresponden a este sector.

- La utilización de medios de transporte como camiones, automóviles, barcos o aviones, esenciales tanto para el desplazamiento personal, como el de las mercancías, son otra de las principales fuentes de emisión GEI, como el CO₂, o de PM10 y PM2,5 procedente de la quema de derivados de los combustibles fósiles en los motores de combustión. Se estima que alrededor del 14% de las emisiones de gases contaminantes a nivel mundial son a causa de este sector. A continuación, en la figura 1 podemos observar la huella de CO₂ para cada medio de transporte.

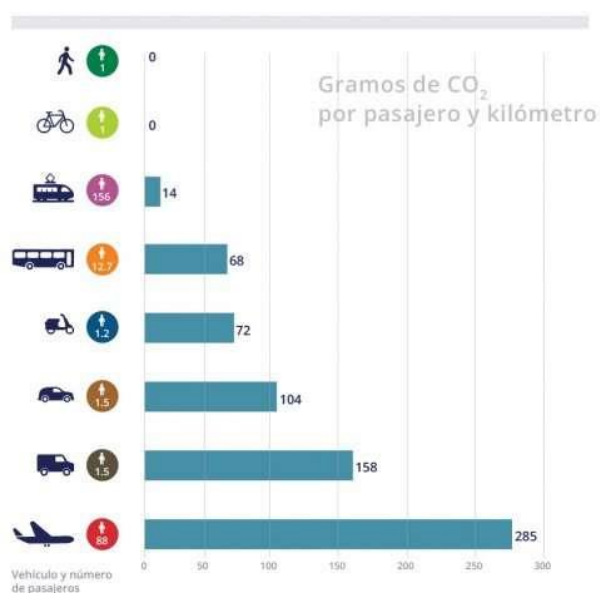


Fig. 1. Huella de contaminación según modo de transporte.

Fuente: Agencia Europea de Medio ambiente (AEMA).

- Por otro lado, tenemos la ganadería y la agricultura. Se estima que alrededor del 24% de los gases de efecto invernadero a nivel global, son causados por la producción de alimentos sin contar con

actividades previas y posteriores el procesamiento o el envío de estos. Este problema se da en gran parte por la producción excesiva, puesto que el consumo de carne se ha duplicado en unos escasos 50 años, conllevando un gran aumento de las emisiones de CH₄ provenientes del ganado y el estiércol. A esto se le suma, la destrucción a un ritmo alarmante de ecosistemas como el Amazonas y bosques de América del Sur, para fines ganaderos o agrícolas.

- Otras actividades menores que aportan también GEI a la atmósfera son la edificación al que le corresponde con un 6%, y los residuos con un 3%.
- La deforestación es otro de los factores a tener en cuenta. La vegetación y el suelo funcionan como grandes almacenes llamados sumideros de carbono que mantienen este elemento a nivel de suelo o subterráneo. La tala descontrolada de bosques, o la destrucción de ecosistemas da lugar a una inyección más grande aún de gases de efecto invernadero en la atmósfera, puesto que cada vez se capta menos carbono.

Todos estos sectores antes mencionados son ocasionados y agravados por el hecho de que la población mundial cada vez es mayor, puesto que, entre otros factores, los avances en medicina han hecho que la tasa de mortalidad baje o la innovación en el sector primario permite una agricultura más eficiente y productiva capaz de abastecer a un número mayor de personas. Actualmente, la población mundial es el doble de la población de hace 48 años, rondando los 8 mil millones de personas (Lichtveld, 2022).

2.1.2. Efectos del cambio climático.

-El cambio climático plantea infinitos riesgos para las actuales formas de vida de la Tierra. Estos impactos son irreversibles a corto plazo y tiene como pronóstico empeorar en las próximas décadas. Además, estos generan otros efectos a su vez (MAGRAMA, 2014). Los principales efectos del cambio climático son:

- Elevación de las temperaturas: a medida que aumenta la concentración de gases de efecto invernadero, la temperatura de la superficie de la Tierra sube. Desde los años 80, cada década ha sido más cálida que la anterior (AEMET, 2020).
- Tormentas más potentes: el aumento de las temperaturas conlleva consigo un aumento de la vaporación de la humedad, causando a su vez inundaciones y precipitaciones extremas. Ciclones, huracanes, y tifones se alimentan de estos fenómenos.
- Aumento de las sequías (Figura 2): la disponibilidad de agua se ve modificada por el calentamiento global. Esto conlleva que regiones secas sean aún más áridas, aumentando el área desértica y reduciendo la tierra fértil disponible.



Figura 2. Embalse de Entrepeñas, Guadalajara

Fuente: Iagua (<https://www.iagua.es/>)

- Aumento del nivel del océano y calentamiento del agua: debido a la capacidad del océano de absorber energía, el calor generado por el cambio climático es absorbido por él, aumentando su temperatura. Esto conlleva que el agua se expanda, lo que, sumado a un deshielo acelerado de las placas de hielo e icebergs, suponga un aumento del nivel del océano, amenazando comunidades litorales e insulares. Además, este al funcionar como un sumidero de carbono, almacena CO₂ proveniente de la contaminación provocando la acidificación del mismo (ONU, 2021).

- Desaparición de especies: los incendios forestales, el clima cada vez más extremo o la invasión de plagas con la aparición de enfermedades, son algunos de los factores consecuencia del cambio climático que hacen que el ritmo al que se extinguen las especies sea mucho mayor que en cualquier otra época de la que tengamos registros en la historia humana (Morote & Moreno, 2022).
- Escasez de alimentos (Figura 3): el aumento de la desnutrición a nivel global también es una de las consecuencias. Los recursos pesqueros, debido a la acidificación y el aumento de la temperatura de los océanos pueden verse afectados. También, el ganado o los cultivos pueden ser menos productivos debido al calor extremo que hace disminuir el agua y los pastizales destinados a estos sectores.



Figura 3. Reducción de la producción agrícola.

Fuente: NorteAmérica.mx (<https://norteamerica.mx/>)

- Otros efectos que suponen más riesgo para la salud: Las Naciones Unidas (ONU) estiman en 13 millones las muertes atribuibles a los factores medioambientales (UNE, 2021). Los patrones del cambio climático afectan a la salud a través de la contaminación, propagando enfermedades, o mediante los fenómenos meteorológicos extremos, que causan cada vez más muertes. Esto hace que los sistemas sanitarios enfrenten crecientes dificultades para soportar la presión que esto implica.

2.2. Cambio climático y salud.

El impacto del cambio climático va más allá de los fenómenos naturales que altera. Además, este efecto, afecta a nivel económico y social, especialmente en países subdesarrollados y produce también efectos negativos sobre la salud de manera directa e indirecta.

Es por esto que el impacto climático a la salud ha sido reconocido a nivel mundial por la Organización Mundial de la Salud (OMS), quien emitió una resolución sobre el Cambio Climático y la Salud (2008). Además, en este mismo año se aprobó el *Plan de Trabajo en Cambio Climático y Salud* y desde entonces no han dejado de elaborarse medidas y planes de acción a nivel mundial para abordar esta problemática (MSSSI, 2013).

2.2.1. Impactos en la salud de fenómenos climáticos extremos.

Un fenómeno climático extremo es aquel que se da con una frecuencia menor al 10% y ante el cual no es posible dar respuesta por parte de la población (Tirado, 2010).

Las inundaciones son uno de estos fenómenos, ocasionados por el cambio climático. El aumento de las temperaturas continentales atrae mayor aire húmedo del océano generando mayor condensación y, por tanto, mayores precipitaciones. En Europa cada vez son más frecuentes, aunque el máximo exponente se encuentra en Asia, donde se produce un gran aumento de la variabilidad de las precipitaciones en época de monzones. Además, otro motivo que produce inundaciones es el aumento del nivel del mar. El incremento de la frecuencia de las inundaciones puede acarrear consigo otros problemas como la contaminación de agua dulce, el aumento del riesgo de contraer enfermedades transmitidas por el agua, o generar hábitats para animales portadores de enfermedades. Las consecuencias para la salud de estas son muchas, y pueden ir desde contaminación por productos tóxicos, lesiones producidas por corrientes de agua, hipotermias, enfermedades infecciosas, e incluso la muerte por lesiones graves u ahogamientos (Tirado, 2010).

Otro fenómeno climático extremo son las sequías. Estas, aparte de crear desafíos relacionados con la disponibilidad de agua para consumo y saneamiento, provocan la degradación del suelo y una disminución de la

producción agrícola, resultando en pérdidas de cultivos y ganado. También, como consecuencia, las sequías pueden empeorar los problemas de nutrición, debilitando el sistema inmunológico de las personas afectadas y aumentando la propagación de enfermedades infecciosas (De Basea, et al., 2009). Además, la escasez de agua conduce a que en las comunidades más vulnerables se utilice el uso de esta mayoritariamente para cocinar y no para el aseo, lo que incrementa el riesgo de enfermedades transmitidas por vía fecal-oral (Castro & Perez, 2009).

Por último, la gran variabilidad de las temperaturas forma también parte de estos fenómenos extremos. El aumento de la morbilidad y la mortalidad debido a las temperaturas extremas está estrechamente relacionado con el cambio climático.

2.2.2 Cambios en los vectores de enfermedades infecciosas

El cambio climático ha incrementado en más del doble el desarrollo de las enfermedades infecciosas con las que el ser humano entra en contacto actualmente (McKenzie, Mora, & Von Hammerstein, 2022). Hay 4 formas en las que el cambio climático interactúa con los patógenos y el ser humano:

- El área de distribución de los animales que transmiten enfermedades infecciosas, como los mosquitos, se está viendo alterada o desplazada por cambios en algunos factores como pueden ser, entre otros, las precipitaciones.
- Los hábitos de los seres humanos pueden cambiar también o se ven alterados por los fenómenos climáticos extremos de forma que aumenten la probabilidad de estar expuestos a patógenos. Es el caso de las olas de calor, en las que la gente suele pasar más tiempo en el agua, y aumentan las infecciones asociadas a vibrios.
- En ocasiones, los riesgos asociados al cambio climático pueden crear condiciones ambientales que favorecen la interacción entre los patógenos y los vectores, o incluso pueden potenciar la capacidad de los patógenos de causar enfermedades más graves en los seres humanos. Las fuertes precipitaciones e inundaciones pueden crear entornos propicios para la proliferación de enfermedades transmitidas por vectores, como la fiebre

amarilla, el dengue o la malaria, o el aumento de las temperaturas puede contribuir a que un virus se haga más resistente al calor.

- La capacidad del cuerpo humano para enfrentarse a los patógenos puede verse afectada. Por una parte, pueden forzar a las personas a vivir en entornos no adecuados, como durante desastres naturales, donde las condiciones sanitarias no son adecuadas y la exposición a patógenos es mayor.

En gran parte de estos casos, animales como mosquitos, garrapatas o roedores, sirven de vector para transmitir enfermedades.

2.2.3 Cambio Climático y Salud mental

El cambio climático también puede llegar a provocar malestar emocional como: la solastalgia, al darse cuenta de que el cambio climático ha ido modificado el mundo que conocía, o la ecoansiedad, que se define como el miedo constante a cambio climático y su repercusión sobre los seres vivos y el planeta (Donoso, 2021). Otros tipos de efectos mentales más pueden ser ansiedad, depresión, estrés postraumático en personas que han sufrido algún fenómeno climático extremo.

Además, la reducción de la fertilidad del suelo u otras consecuencias del cambio climático pueden crear ansiedad o depresión y aumentar el suicidio (Solis, 2024).

2.2.4. Cambio climático y Enfermedades crónicas

Enfermedades crónicas son aquellas que tienen una larga duración, una evolución lenta y que, por lo general, rara vez tienen cura. En algunas de ellas, se sabe que pueden verse agravadas por la influencia del cambio climático. Así podemos citar:

- Alergias: el aumento de la temperatura global de la tierra causa un adelanto en la floración y como consecuencia, aumenta el período de exposición a pólenes. Además, el aumento de la sequía provoca que especies de plantas más débiles desaparezcan, siendo sustituidas por

plantas más resistentes y alergénicas, con pólenes más agresivos y que se mantienen más tiempo en la atmósfera. Además, las partículas procedentes de la combustión de combustibles fósiles crean ambientes hostiles a las plantas, las cuales responden con proteínas de estrés que hacen que los pólenes sean más agresivos aún (Cots, 2017). Por otra parte, la inversión térmica impulsada por los niveles de contaminación urbana impide a los pólenes abandonar las ciudades y aumenta por lo tanto el tiempo de exposición en las zonas urbanas (Malet, 20204).

- Enfermedades respiratorias: el aumento de las temperaturas y la contaminación aumenta la presencia de alérgenos en el ambiente y dispara la incidencia y prevalencia de enfermedades respiratorias. Por otro lado, las sequías e incendios masivos impactan de una forma muy negativa en la calidad del aire liberando PM y sustancias tóxicas. Enfermedades como el cáncer de pulmón, neumonías crónicas y agudas o el asma, se ven agravadas por estos hechos. Entre los adultos son muy comunes enfermedades asociadas a la polución como el asma, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica y el cáncer de pulmón.
- Enfermedades sobre la piel: el deterioro de la capa de ozono (O_3) producido por la troposfera, o por el uso masivo de aerosoles que contiene clorofluorocarbonos (CFC), permite el paso de grandes cantidades de rayos ultravioleta (UVB), lo cual unido al incremento y los cambios bruscos de las temperaturas, dan lugar a infecciones, piel seca y sensible, alergias, fotoenvejecimiento y cáncer cutáneo (Llamas & García, 2010).
- Enfermedades cardiovasculares: son aquellas que afectan al corazón o a los vasos sanguíneos. La presencia en el ambiente de moléculas como el monóxido de carbono (NO), el dióxido de azufre (SO_2) o el dióxido de nitrógeno (NO_2) o la de PM_{2,5} Y PM₁₀, se relaciona con la hipertensión arterial e incluso con la mortalidad cardiovascular. Además, existe un alto riesgo cardiovascular asociado al calor extremo prolongado, provocando coagulación sanguínea y predisposición a sufrir trombosis. Los cambios de temperatura también pueden conllevar riesgos como vasodilatación, deshidratación que provoca hemoconcentración, o el frío extremo, la presión arterial, aumento de la viscosidad de la sangre o

hipercoagulabilidad, que promueve la generación de trombosis (Bunker et al., 2016).

2.3 Planes de mejora

En un contexto global donde la urbanización y la industrialización continúan aumentando, la calidad del aire se ha deteriorado significativamente, afectando a la salud de millones de personas. Además, los efectos combinados de la contaminación del aire y otros factores climáticos adversos, como las altas temperaturas, aumentan aún más los riesgos para la salud cardiovascular. Esta situación subraya la urgente necesidad de desarrollar e implementar planes de mejora que mitiguen estos factores de riesgo ambientales.

A continuación, se exponen varios planes de mejora que actualmente pretenden abordar tanto la mitigación de los factores climáticos de riesgo como la adaptación de las comunidades para reducir la incidencia de enfermedades cardiovasculares relacionadas con el clima. Estos planes en su gran medida forman parte del Plan Estratégico de Salud y Medioambiente (Ministerio de Sanidad & MITERD , 2021)

2.3.1 Implementación de Políticas de Salud Pública

Objetivo: Desarrollar políticas específicas para proteger a las poblaciones vulnerables de los efectos adversos del clima.

Medidas:

- Implementar sistemas de alerta temprana para olas de calor y frío extremo, especialmente en áreas urbanas densamente pobladas.
- Establecer centros de refugio con aire acondicionado y calefacción, accesibles para personas sin hogar y adultos mayores durante eventos climáticos extremos.
- Desarrollar campañas de concienciación pública sobre los riesgos que suponen para la salud, asociados a temperaturas extremas y la contaminación del aire, y cómo protegerse.

2.3.2 Mejoras en Infraestructura Urbana

Objetivo: Adaptar la infraestructura urbana para reducir la exposición de la población a condiciones climáticas extremas.

Medidas:

- Incrementar la cantidad de áreas verdes y parques urbanos para reducir el efecto de isla de calor urbano y mejorar la calidad del aire.
- Promover el uso de materiales de construcción que mejoren el aislamiento térmico y reduzcan la necesidad de calefacción y aire acondicionado.
- Diseñar edificios con sistemas de ventilación natural para mantener temperaturas internas más estables.

2.3.3. Control de la Contaminación del Aire

Objetivo: Reducir los niveles de contaminación del aire para mejorar la salud cardiovascular de la población.

Medidas:

- Implementar regulaciones más estrictas sobre las emisiones industriales y promover el uso de tecnologías limpias.
- Fomentar el uso de transporte público, bicicletas y vehículos eléctricos para reducir las emisiones vehiculares.
- Establecer una red de monitoreo de la calidad del aire y proporcionar información en tiempo real a la población.

2.3.4 Fortalecimiento de los Servicios de Salud

Objetivo: Asegurar que los sistemas de salud estén preparados para responder a las demandas adicionales causadas por eventos climáticos extremos.

Medidas:

- Aumentar la capacidad de los servicios de emergencia durante eventos climáticos extremos.
- Garantizar el acceso continuo a medicamentos para enfermedades cardiovasculares durante emergencias climáticas.

2.3.5 Investigación y Desarrollo

Objetivo: Promover la investigación continua sobre los impactos del cambio climático en la salud y el desarrollo de soluciones innovadoras.

Medidas:

- Financiar estudios que analicen casos específicos y desarrollen modelos predictivos para anticipar los efectos de las variaciones climáticas.

- Apoyar la investigación tecnológica para mejorar el confort térmico y la calidad del aire en los entornos urbanos.
- Fomentar la colaboración internacional para compartir conocimientos y estrategias exitosas.

3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Hemos visto, que el cambio climático, producido por el aumento de las temperaturas, en forma de olas de calor, y la alteración en los niveles de contaminación atmosférica (PM), entre otros factores, pueden desencadenar una serie de efectos negativos que afecten a la incidencia y severidad de patologías como son las enfermedades cardiovasculares.

En la actualidad, estas, según los datos de la OMS, son las causantes de la muerte de 17,9 millones de personas al año y son las responsables del 32% de las defunciones en todo el mundo.

Así, y dada la importancia socio-sanitaria que este tema supone en la actualidad, este trabajo tiene como objetivo principal analizar y valorar el impacto que ejerce el cambio climático en la incidencia y severidad de las enfermedades cardiovasculares.

Para lograr este objetivo general, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Examinar y comparar la evidencia científica de los últimos 5 años disponible, según criterios establecidos en el trabajo desarrollado, sobre la relación que existe entre el cambio climático y el aumento de las enfermedades cardiovasculares, incluyendo estudios epidemiológicos y revisiones científicas especializadas.
- Identificar los principales factores climáticos y ambientales que influyen en el desarrollo, incidencia y gravedad de las enfermedades cardiovasculares.
- Analizar algunos de los planes de mejora vigentes dirigidos a la disminución de los factores de riesgo asociados al cambio climático causantes de estas patologías.

4. METODOLOGÍA:

Para la realización de este estudio se ha llevado a cabo una búsqueda bibliográfica en la base de datos PubMed, en la que se han seleccionado una serie de estudios en función de los siguientes criterios de inclusión o filtros establecidos inicialmente: Cardiovascular disease, Climate change, Human and 2014.

A continuación, se aplicaron los criterios adicionales de Free Full Text y de Publication Date From 2019 to 2024.

Los artículos seleccionados son de 2019 a 2024, incluyendo estudios de 2014 hasta la actualidad.

A continuación, en la Figura 4 se representa los pasos seguidos para seleccionar los artículos:

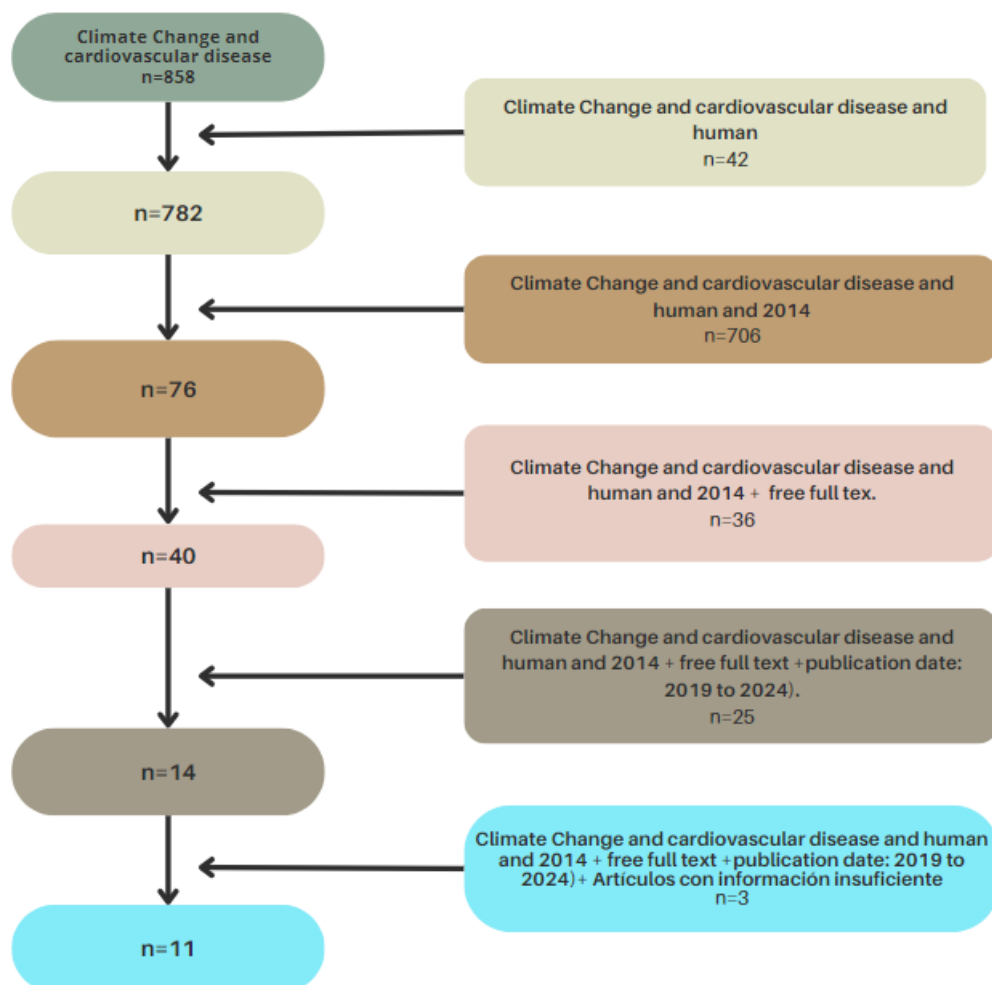


Figura 4: Esquema de selección de artículos.

Fuente: elaboración propia.

5. RESULTADOS

A continuación, se muestran, los resultados de los once trabajos elegidos para la elaboración de este Trabajo Fin de Grado. En el ANEXO I se muestra un resumen de los mismos.

Tian et al., 2019

Este artículo tiene como objetivo evaluar las asociaciones entre la variabilidad de la temperatura y las recepciones hospitalarias debido a enfermedades cardiovasculares a corto plazo en zonas urbanas de China. Para ello, se llevó a cabo un estudio en 184 ciudades de China, mediante un análisis de series temporales entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de diciembre de 2017 con datos suministrados por el Seguro Médico Básico para Empleados Urbanos (UEBMI), al que pertenecen unos 280 millones de afiliados. Se usaron finalmente los datos de 8 millones de hospitalizaciones pertenecientes a pacientes que sufrían cardiopatías isquémicas, insuficiencia cardíaca, accidentes cerebrovasculares o alteraciones del ritmo cardíaco.

En cuanto al análisis estadístico, para calcular la variabilidad de la temperatura diaria se usó la desviación estándar entre las temperaturas máximas y mínimas de los días de exposición, y se usaron modelos de Poisson sobre dispersados para observar las asociaciones de la variabilidad de la temperatura con las enfermedades cardiovasculares. Estos modelos tenían en cuenta el día de la semana, y si era festivo, la temperatura media diaria y además, la humedad relativa. Se realizaron estudios para observar las asociaciones tanto regionales como nacionales, y, por último, se trazó una curva para observar la relación entre la exposición y la respuesta.

Una vez analizados los datos obtenidos, se vio que de los 8 millones de pacientes que ingresaron, el 54,4% eran varones, y el 4,9% pacientes eran mayores de 75 años. Cabe recalcar que tanto para las regiones del sur como las del norte de China, las distribuciones de sexo y edad para los pacientes fueron muy similares. La curva de exposición-respuesta, representada en la Figura 5, muestra como a niveles de variación de temperatura diaria bajos, los ingresos hospitalarios son prácticamente estables, pero a partir de una variación diaria de 3 grados o más, los ingresos aumentan también, observándose una asociación lineal. Esto se puede observar mejor en la siguiente gráfica.

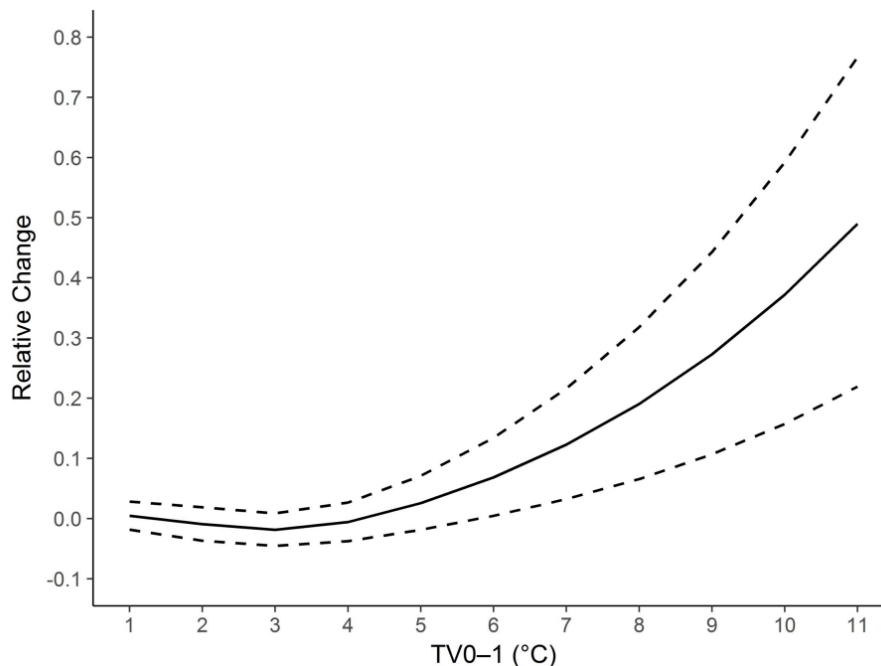


Figura 5: Curva de asociación entre la variación de temperatura diaria e ingresos hospitalarios diarios por enfermedades cardiovasculares en 184 ciudades de China.

Fuente: Tian et al., 2019

Los análisis estratificados mostraron fluctuaciones en los efectos de la variación de temperatura según la edad. Las enfermedades cardiovasculares fueron más acusadas en personas mayores de 65 años, que para personas con edades comprendidas entre los 18 y 54 años. Estas conclusiones no variaron significativamente según el clima, el sexo, la región geográfica, o el nivel adquisitivo de cada paciente. Además, estas asociaciones fueron robustas al ajustarlas con los contaminantes del aire.

Este artículo tiene en cuenta tanto la variación de temperatura intra, como entre días, lo cual es un punto a favor puesto que no hay muchos estudios sobre ello. Se observa una homogeneidad entre ciudades para ingresos por enfermedades de insuficiencia cardíaca, alteraciones del ritmo cardíaco y cardiopatía isquémica, por lo que parece que los efectos de las variaciones de temperatura no influyen según la región geográfica y la demografía. Por otro lado, para accidentes cerebrovasculares isquémicos, se observa una heterogeneidad en los ingresos para cada ciudad. Esto podría darse debido a las características específicas de las ciudades como la sociodemografía o la carga de enfermedades crónicas o estilos de vida, aunque no está contrastado

científicamente aún.

Una fortaleza de este estudio es la utilización de un método estadístico uniforme que mejora la comparación de los resultados tanto entre las ciudades estudiadas, como la comparación con otros estudios. Además, se estudian 184 ciudades que dan una gran cantidad de niveles de variabilidad en cuanto a condiciones meteorológicas o geográficas, e incluso se realizan pruebas de solidez de los resultados y un ajuste para los contaminantes del aire.

Por otro lado, también tiene algunas debilidades, como son que los monitores para medir la temperatura son fijos y pueden tener errores de medición, que los niños y adolescentes de 0 a 18 años no se incluyeron en la evaluación.

Estos hallazgos sugieren que cardiólogos y demás médicos especialistas deberían considerar los efectos perjudiciales para la salud de la variación de temperatura en sus estrategias de mitigación e influir a la hora de hacer un diagnóstico.

Stowell et al., 2019

Este estudio tiene como objetivo examinar las asociaciones que hay entre eventos cardiorrespiratorios agudos y la exposición al humo con PM_{2,5} en Colorado de 2011 a 2014 utilizando un modelo de exposición para separar las PM_{2,5} procedentes del humo, de los niveles de PM_{2,5} del ambiente. La necesidad de este estudio surge del creciente aumento de las actividades de los incendios forestales, los cuales cambian la composición química y la concentración de este tipo de partículas, haciéndolas aún más nocivas para la salud con compuestos como el metanol o el formaldehído. Este aumento de los incendios es consecuencia del cambio climático, ya que las altas temperaturas, la baja humedad del suelo o la disminución de las precipitaciones contribuyen a que se den estos fenómenos.

Se trabajó con datos a nivel individual de ingresos en el hospital o las visitas al departamento de emergencias durante las temporadas de incendios (desde mayo a agosto) de 2011 a 2014, analizándose así un total de 446.106 visitas. Para cada paciente se tuvieron en cuenta datos como el sexo, la edad, la fecha de admisión, el lugar de residencia y los códigos de clasificación de

enfermedades. Los criterios para enfermedades respiratorias fueron el asma o la bronquitis entre otras, y para enfermedades cardiovasculares se incluyó la cardiopatía isquémica, el infarto agudo de miocardio, la insuficiencia cardíaca congestiva, la arritmia, enfermedades periféricas/cerebrovasculares entre otras.

Se combinaron mediciones terrestres, modelos de transporte de sustancias químicas y datos de sensores remotos para separar las PM_{2,5} de fuentes ambientales, y las que proceden del humo. Estos datos se unen en una cuadrícula espacial de 1 kilómetro para que coincidan con la resolución de los datos de salud. Para el estudio estadístico se usaron modelos de casos cruzado y estratificaciones en el tiempo según sexo y edad.

Los resultados reflejan una fuerte correlación positiva con la cantidad de PM_{2,5} procedente del humo de los incendios y el aumento de las consecuencias para la salud en enfermedades respiratorias. No obstante, no se observó una relación fuerte entre estas PM_{2,5} y consecuencias negativas en enfermedades cardiovasculares. Se mostraron resultados similares tanto para el grupo de edad de adultos como para el de mayores de 65 años. También, se encontraron que tanto la relación entre los efectos en enfermedades cardiovasculares y la contaminación por PM_{2,5} procedente del humo, como la procedente del ambiente normal, es muy similar. Estos resultados no sorprenden debido a que son similares a los de varios estudios ya realizados.

Este estudio tiene algunas limitaciones. La consideración de la exposición del paciente a la contaminación por PM_{2,5} podría ser más precisa, ya que se asume que dicha exposición corresponde a la ubicación de su domicilio. Además, este análisis se carece de la capacidad de tener en cuenta la composición química de las PM_{2,5}.

Liu et al., 2019

Las olas de frío y calor son preocupaciones importantes para la salud pública debido a sus efectos negativos en la salud humana. Este estudio evaluó los impactos del frío y el calor en los “años de vida perdidos” (AVP) en Lanzhou, una ciudad con clima continental templado, refiriéndonos por AVP, a la diferencia de años entre la edad teórica a la que debería haber muerto el individuo, y la edad la que murió.

Se recopilaron datos diarios de muertes de 4 distritos de la ciudad de Lanzhou, variables climáticas y contaminantes del aire. Las muertes debían ser no accidentales, y se clasificaron en dos grupos: cardiovasculares y respiratorias. Se obtuvieron tablas de vida procedentes de la OMS para China de 2014 a 2016, y se calcularon los AVP diarios sumando los AVP de todas las muertes de cada día y estratificándolos por edad, género y causa de muerte. Los AVP para cada paciente se estimaron haciendo coincidir la edad y el sexo en las tablas de vida.

Los datos meteorológicos fueron proporcionados por la administración meteorológica de Lanzhou, además de obtener los datos de cuatro estaciones de monitoreo de la calidad del aire los siguientes contaminantes: PM₁₀, NO₂, CO, SO₂ y O₃. Estos datos se recogieron durante el período de tres años comprendido entre 2014 y 2017.

Para el análisis estadístico se usó un modelo no lineal de retardo distribuido.

Los resultados indicaron que tanto el frío como el calor se asociaron con un aumento de los AVP para los residentes registrados en Lanzhou. En cuanto a contaminantes del aire respecta, los valores medios de PM₁₀ fueron muy superiores a lo recomendado por la OMS y los de SO₂ fueron altos, pero no llegaron a sobrepasar los límites, mientras que los de NO₂, CO y O₃ estuvieron bastante por debajo. Los efectos del calor estimados se manifestaron inmediatamente en los primeros dos días, mientras que los efectos del frío estimados se prolongaron por un período más largo, hasta 30 días. El frío aumentó significativamente los AVP de todos los residentes, excepto los hombres. El hecho de que Lanzhou tenga un clima más frío, inviernos más largos y niveles económicos más bajos que otras ciudades podría haber causado efectos más prolongados del frío en los AVP. Los resultados mostraron que tanto el calor como el frío tienen efectos notablemente pronunciados sobre las enfermedades cardiovasculares, sobre todo si los comparamos con los efectos sobre las enfermedades respiratorias. Los hombres pueden ser más vulnerables al calor, mientras que las mujeres pueden sufrir más AVP debido al frío. Los efectos del frío o el calor en las personas mayores pueden aparecer antes y durar más que en otros grupos de edad.

Contiero et al., 2019

Las PM_{2.5} Y PM₁₀, presentan un riesgo para la salud pública a nivel global puesto que están consideradas como causantes de graves consecuencias en la salud humana. Provenientes tanto de fuentes naturales como antropogénicas, estas partículas han sido clasificadas como cancerígenas por la OMS. Por ello, este estudio tiene como objetivo investigar la relación entre la contaminación del aire por PM₁₀ y los ingresos en servicios de urgencias por enfermedades cardiovasculares, considerando variables como la temperatura del aire, la estación del año, y la incidencia de enfermedades como la gripe o diagnóstico previo de cáncer.

La muestra de este estudio la constituyen las 1349 visitas a urgencias entre el 1 de enero de 2014 y el 31 de diciembre de 2015 de pacientes con enfermedades cardiovasculares que tuviesen residencia en un radio de 20 kilómetros del hospital Humanitas de Rozzano, en la llanura del río Po. Participaron un total de 109 localidades vecinas. Para cada paciente se consideró que la exposición a la contaminación correspondía a la recogida en su municipio de residencia. La temperatura, en grados Celsius, y la humedad del aire se obtuvieron de la estación de monitoreo ARPA más cercana.

En cuanto al diseño y análisis del estudio, se utilizó un diseño cruzado de casos estratificados para determinar el riesgo de visita a urgencias por enfermedad cardiovascular en relación con la PM₁₀ diaria. Se usó un modelo de regresión logística condicional para estimar la probabilidad de visita a urgencias en comparación con la no presentación en relación con los PM₁₀

Se identificaron 1349 visitas a urgencias y se seleccionaron 5390 días de control (4 días por caso). 168 habían sido diagnosticados de cáncer antes. El aumento de PM₁₀ se asocia con un aumento de las visitas a urgencias por causas cardiovasculares durante el otoño y el invierno, además de cuando las temperaturas eran altas independientemente de la estación. El verano o los días fríos no están relacionados con la visita a urgencias por este tipo de causas. Los cambios rápidos de temperatura del día anterior al día de la visita no guardan relación con las PM₁₀. Se observa también que hay un aumento de las visitas a urgencias al aumentar las PM₁₀ durante los meses fríos de invierno. Para las personas diagnosticadas de cáncer, el riesgo de visita a urgencias aumentó cuando la contaminación por PM₁₀ fue mayor en primavera y verano, pero no

en otoño e invierno. Esto puede deberse a la composición de las PM10 en función de la estación del año. Un estudio realizado en el valle del Po mostró que, durante el invierno, las partículas predominantes fueron amonios, carbono elemental y carbono orgánico, mientras que en verano lo fueron aluminio, silicio, magnesio y calcio. Además, calor provoca vasodilatación y un aumento del ritmo de la respiración, lo que provoca una mejor entrada de PM10 al cuerpo.

Estudio tiene limitaciones. La muestra es muy pequeña y no se tienen en cuenta otras partículas como las PM2.5. Además, para cada paciente se consideró que la exposición a las PM10 media diaria era la estimada para todo el municipio.

Por otro lado, el diseño de casos cruzados es una fortaleza del estudio puesto que se controlan los factores de confusión de las fluctuaciones en los niveles de contaminación y se controlaron los factores de confusión que no varían en el tiempo como la edad, el sexo o el tabaquismo automáticamente. Además, al no ser seleccionados los pacientes, la muestra es probable que sea representativa de la población general.

Lim et al., 2021

Este estudio tiene como objetivo examinar la relación entre una exposición prolongada a la contaminación del aire y el ruido del tráfico, con la incidencia en la insuficiencia cardíaca. Para ello, se utilizó una muestra compuesta por un total de 22.189 enfermeras danesas mayores de 44 años a las que se les realizó un cuestionario compuesto sobre el índice de masa corporal, factores de estilo de vida tales como el tabaquismo, consumo de alcohol, o actividades físicas y hábitos diabéticos. Este estudio se realizó sólo a enfermeras que trabajaron o se jubilaron desde 1993 a 1999, y finalizó el 31 de diciembre de 2014. Para cada una de ellas se realizó un estudio en el que se consideró la media de la exposición durante 3 años

Respecto al análisis estadístico, la relación entre la exposición media de 3 años a la contaminación del aire y ruido, y la insuficiencia cardíaca, se estimó mediante 3 modelos de regresión de Cox variables en el tiempo con la edad y la escala de tiempo subyacente, ajustando los factores de confusión relevantes como son el índice de masa corporal, el tabaquismo, el área de urbanización y

el ingreso promedio del municipio entre otros.

Finalmente, de los 22.189 participantes, un total de 484 desarrollaron insuficiencia cardíaca con una media de edad de 60,4 años. Se determinó que la exposición a la contaminación por PM_{2,5} y ruido se asoció con la insuficiencia cardíaca. El mayor riesgo lo tuvieron las personas expuestas a estos 4 factores: personas mayores, exfumadores, hipertensos y con antecedentes de diabetes. Los análisis realizados por separado para PM_{2,5} y el ruido del tráfico rodado reflejaron fuertes asociaciones positivas entre la exposición a estos contaminantes y la incidencia de insuficiencia cardíaca. Para el estudio de NO₂, después de su ajuste para PM_{2,5}, se observó que la asociación se atenuó a nula. Sin embargo, un estudio sugiere que sí que hay una asociación positiva sólida, además de haber varios estudios que también encuentran asociaciones positivas, aunque no tienen ajuste por PM_{2,5}.

La principal ventaja de este estudio es el hecho de que se haya realizado sobre un área grande, como es Dinamarca, en vez de cubrir sólo áreas urbanas, además de haber estudiado el efecto de 3 contaminantes tanto conjuntamente como por separado, habiendo modificado el efecto de las coexposiciones sobre la asociación.

Las limitaciones de este estudio son carecer de la información sobre el nivel socioeconómico de cada participante y el ambiente donde vive, como las fuentes de contaminación del aire en el trabajo o en casa o el grosor de las ventanas de la residencia.

Rahman et al., 2022a

Este artículo tiene como objetivo estimar la asociación entre la coexposición al calor extremo y las PM_{2,5} con la mortalidad por cualquier causa, pero sobre todo por causas cardiovasculares y respiratorias en California de 2014 a 2019. Esta necesidad surge debido a que el cambio climático, responsable del aumento en la frecuencia de olas de calor y de incendios forestales, incrementa tanto el calor como la presencia de PM_{2,5}. Esto hace urgente comprender los impactos de estos factores en la salud, ya que están relacionados con la mortalidad.

El método con el que se evalúa la asociación de la coexposición al calor extremo y a las PM 2,5, es un diseño cruzado de casos con emparejamiento estratificado en el tiempo. Este método se ha usado en numerosas ocasiones para investigar los efectos entre la contaminación del aire y temperatura en la salud. En él, determinamos una muestra compuesta por todos los certificados de defunción de California desde el 1 de enero de 2014 hasta el 31 de diciembre de 2019. Estos datos se obtuvieron de las Estadísticas Vitales del Departamento de Salud Pública de California. Se utilizó la CIE-10 (Clasificación Internacional de Enfermedades, décima revisión), para definir las causas subyacentes de la mortalidad por enfermedades cardiovasculares y respiratorias.

Las PM 2,5 fue el principal contaminante de interés. Los datos de este contaminante se obtuvieron del Sistema de Calidad del Aire de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. La concentración para cada tramo censal se obtuvo de los datos de 4 estaciones cercanas en un radio de 50 kilómetros de la residencia del difunto.

Los resultados reflejan que el exceso de muertes para los días de temperaturas extremas es del 6,1%, para las PM_{2,5} μm o menos es del 5%, y que, para la coexistencia de estos dos factores, del 21%. Además, se observa que las muertes por causas cardiovasculares o respiratorias son las más frecuentes.

Se concluye que los días de exposición simultánea a calor extremo y contaminación del aire presentan un mayor riesgo de mortalidad por causas cardiovasculares y respiratorias, en comparación con los días sin exposición extrema. Se observa que el riesgo de mortalidad asociado a la coexposición de calor extremo y de PM_{2,5} es tres veces mayor que el asociado sólo a uno de estos dos factores. Además, los resultados reflejan como cuando las exposiciones son más extremas, el riesgo de mortalidad aumenta. Estos efectos son muy notables en el oeste de los Estados Unidos, por causas de los incendios. Además, las altas temperaturas nocturnas podrían aumentar la mortalidad, lo que destaca la importancia de considerar tanto temperaturas diurnas como nocturnas. Los adultos mayores son más susceptibles a estos efectos.

Este estudio presenta algunas limitaciones, como posibles errores en la medición de la exposición, la necesidad de investigar más a fondo la contribución

de los incendios forestales a las concentraciones de PM_{2,5}, y la falta de datos sobre el uso del aire acondicionado por parte del difunto, que podría modificar los efectos de las temperaturas extremas sobre la mortalidad.

Rahman et al., 2022b

Este estudio tiene como objetivo analizar cómo las variaciones de temperatura a corto plazo se relacionan con las visitas diarias en el servicio de urgencias por enfermedades cardiovasculares y urgencias respiratorias, además de considerar cómo estos efectos pueden variar según la edad y la estación del año. La necesidad de este estudio procede de que las emisiones de gases de efecto invernadero modifican continuamente las temperaturas y su variabilidad, haciendo que probablemente la incidencia sobre la población de países con ingresos bajos y medios sea mayor. Bangladesh es una de las ciudades más susceptibles de sufrir con más intensidad los efectos del cambio climático, pudiendo inferir en la salud cardiorrespiratoria de la población.

El área sobre la que se realizó el estudio es Dhaka, que son unos 360 km², y la muestra está constituida por más de 8,9 millones de personas. Se contabilizaron todas las visitas que se efectuaron al Instituto Nacional de Enfermedades Cardiovasculares (NICVD) y al Instituto Nacional de Enfermedades del Tórax y Hospitales (NICDH). Las causas cardiorrespiratorias más comunes fueron el infarto agudo de miocardio, la hipertensión, la insuficiencia cardíaca entre otras, y las causas respiratorias más comunes fueron el asma, la bronquitis y el neumotórax. Los datos de temperaturas máximas y mínimas y promedio, además de la humedad relativa se obtuvieron del Departamento Meteorológico de Bangladés, y los datos de las PM_{2,5} diarios, del Departamento de Medio Ambiente. Las estaciones de monitoreo meteorológico y de calidad del aire están ubicadas entre 2 y 3 millas de los hospitales del estudio.

Se usó una desviación estándar para calcular la variación de temperatura en base a las temperaturas máximas y mínimas diarias durante los días de exposición. Se aplicó un modelo de regresión de series temporales sobre las visitas diarias al servicio de urgencias por motivos respiratorios y cardiovasculares desde enero de 2014 a diciembre de 2017. Las dimensiones

de la variación de temperatura se estimaron después de llevar un control a de las tendencias a largo plazo y de la estacionalidad, el día de la semana, los días festivos, la humedad relativa media diaria y la temperatura ambiente.

Se descubrió que las variaciones de temperatura a corto plazo estaban estrechamente vinculadas a un aumento en las visitas a urgencias por enfermedades cardiovasculares y respiratorias. Se observó un mayor impacto en las visitas a urgencias respiratorias por parte de adultos mayores, mientras que, por urgencias cardiovasculares, la asociación fue notable tanto en adultos mayores como en otros grupos de edad a lo largo de todas las estaciones. Se encontró también que el efecto de la variación de temperatura fluctuaba con la temporada del año, siendo más prominente en estaciones extremas. Las visitas al servicio de emergencias cardiovasculares fueron mayores en el monzón cálido y húmedo, así como en la estación fría.

Se demuestra pues, que los cambios bruscos de temperatura producen cambios fisiológicos que pueden desencadenar enfermedades cardiovasculares y respiratorias. Además, este estudio subraya la importancia de considerar la variabilidad de la temperatura como un factor a tener en cuenta en las evaluaciones de salud, puesto que puede tener efectos adversos significativos durante todo el año, y no sólo en episodios de calor extremo.

Çağlak, 2022

El confort térmico es el estado en el que no hay una sensación ni de frío ni de calor incómodos. La ausencia de este provoca negatividades en muchas condiciones de la vida de un individuo, llegando incluso a provocar la muerte. Además, el cambio climático hace que esta ausencia sea cada vez más común, sobre todo en países en desarrollo como Turquía, donde la carga de enfermedades cardiovasculares es más evidente. Este estudio intenta examinar la relación que hay entre las condiciones de confort térmico y las enfermedades cardiovasculares, que son la principal causa de muerte en Turquía con un 63%.

Los datos de estudio se seleccionaron el número de ingresos en los policlínicos de cardiología y cirugía cardiovascular en la institución de salud terciaria en el Centro Amasya entre 2017 y 2019. Los parámetros meteorológicos considerados fueron la temperatura del aire horaria en grados centígrados, la

humedad relativa (%), el viento (m/s) y la nubosidad. Estos datos fueron recogidos por una estación meteorológica en el centro de la ciudad. Las condiciones ambientales se recogen en el índice de la temperatura fisiológica equivalente (PET), que calcula el nivel de radiación relacionando estos factores con los personales (ropa, actividades, etc.) y determina las condiciones de confort térmico. En la Figura 6, podemos ver la escala PET considerada en este estudio.

PET (°C)	<0	0.1 - 4.0	4.1 - 8.0	8.1 - 13.0	13.1 - 18.0	18.1 - 23.0	23.1 - 29.0	29.1 - 35.0	35.1 - 41.0	>41
Thermal Sensations	Extreme Cold	Very Cold	Cold	Cool	Slightly Cool	Comfortable	Slightly Warm	Warm	Hot	Very Hot

Figura 6: Escala de valores PET considerada en el estudio, en la que se asocia una sensación corporal a intervalos de temperatura en grados centígrados.

Fuente: Çağlak, 2022

En cuanto al análisis estadístico, se llevó a cabo un análisis de correlación de Pearson y un análisis de regresión lineal.

Se determinó que los ingresos por enfermedades cardiovasculares y los valores generales de las condiciones de confort térmico (correspondiente al PET), se distribuían normalmente. Los resultados indican que las enfermedades cardiovasculares se explican en un 35% por los valores máximos de PET, un 36,7% por los valores mínimos, y un 36,8% por los valores medios. Los grupos más sensibles de la población son las personas mayores de 65 años, los niños y las personas con enfermedades crónicas.

Chen & Zhang., 2023

Es un estudio que tiene como objetivo investigar las asociaciones entre la influencia del cambio climático sobre la temperatura y la humedad relativa y las enfermedades cardiovasculares entre la población de 65 años o más en China, puesto que la frecuencia de estas enfermedades entre la población envejecida es sustancial.

Para ello, se usaron los datos de cohorte de la Encuesta Longitudinal de Salud y Longevidad de China (CLHLS), realizada en 2002, 2005, 2008, 2011, 2014 y 2018. Esta encuesta se realizó a un total de 39.728 personas mayores, procedentes de 631 ciudades y condados de 22 provincias de China, lo que supone alrededor de un 85% de la población total. De estas personas, el 58,13%

padecían hipertensión, enfermedades cardíacas y accidentes cerebrovasculares, lo cual supone una muestra representativa de pacientes con enfermedades cardiovasculares.

En cada encuesta de seguimiento, se volvieron a entrevistar a las personas encuestadas en la ola anterior, y además se incluyó a nuevas personas para reemplazar a los encuestados fallecidos y perdidos durante el seguimiento con el mismo sexo y edad. Por cada 3 individuos de entre 65 a 79 años, se seleccionaban dos centenarios. Para evaluar la exposición de cada individuo a la temperatura (°C) y humedad relativa (%), se obtuvieron los datos de la Red de Datos Meteorológicos de China.

El análisis estadístico se basa en el uso de la, puesto que permite desarrollar parámetros de regresión eficientes y objetivos.

El estudio tiene varias limitaciones puesto que no se pudieron realizar análisis profundos de los efectos puesto que los indicadores biomédicos no eran suficientes. Además, se debería haber estudiado el impacto de otros factores ambientales, puesto que podrían interferir en los efectos observados. Además, en China se usa mucho el carbón para la calefacción, por lo que gran parte de la incidencia en épocas frías podrían deberse a estos contaminantes. Los resultados del estudio muestran que la temperatura media anual se correlacionó negativamente con la prevalencia de enfermedades cardiovasculares.

Cada grado centígrado que aumentaba la temperatura media anual, la hipertensión se reducía un 3%, las enfermedades cardíacas un 6%, y los accidentes cerebrovasculares un 5%. Así mismo, el estudio también nos muestra cómo la humedad relativa tiene un efecto inhibitor y también está correlacionada negativamente con la prevalencia de este tipo de enfermedades. Con cada aumento del 1% de la humedad relativa media anual, las tasas de hipertensión se redujeron un 0,4%, las enfermedades cardíacas un 0,6%, y los accidentes cerebrovasculares un 0,08%. Para tener una mejor perspectiva de lo que suponen estos datos, contamos con la Figura 7 y la Figura 8.

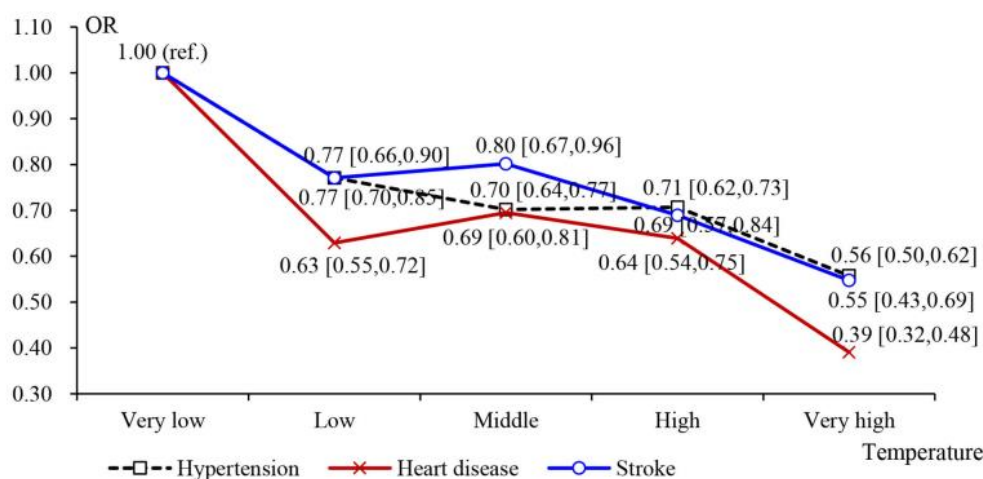


Figura 7: Efectos de la temperatura promedio sobre las enfermedades cardiovasculares.

Fuente: Chen & Zhang., 2023

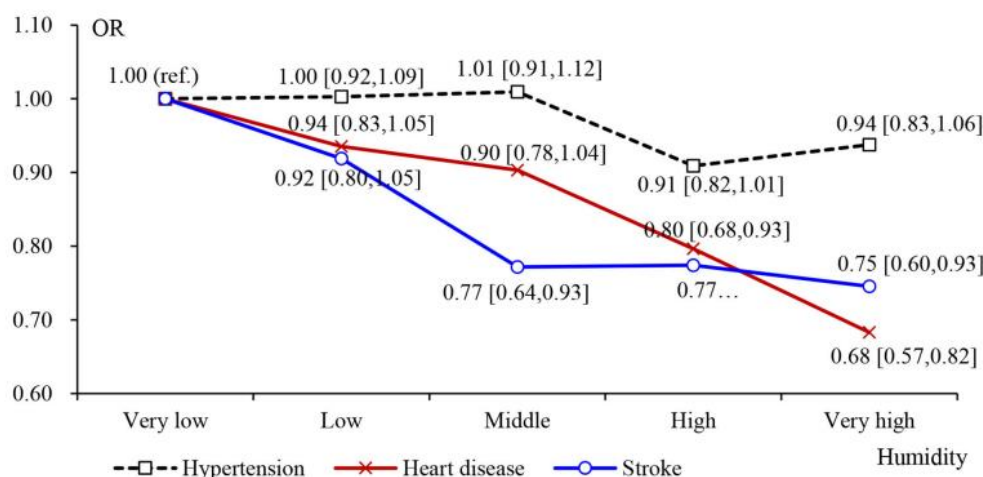


Figura 8: Efecto de la humedad promedio sobre las enfermedades cardiovasculares.

Fuente: Chen & Zhang., 2023

Yan et al., 2023

Este estudio pretende evaluar el riesgo por mortalidad cardiovascular asociado a las olas de calor que se dieron en 2017 y compararlo con las de otros años, para mejorar la comprensión de los impactos en la salud, puesto que cada vez serán más frecuentes debido al cambio climático. Cada vez son más las pruebas que relacionan las olas de calor con la mortalidad por causas cardiovasculares pero los riesgos de mortalidad asociados a subcausas cardiovasculares no están bien definidos

La muestra seleccionada para hacer el estudio consta de un total de 5,8 millones de personas que constituían la población total de 102 condados de China, según el sexto Censo Nacional de Población de 2010. Para esta población, se hicieron recuentos diarios de mortalidad por causas específicas, como son la mortalidad circulatoria, o subcausas como enfermedades cerebrovasculares, cardiopatías isquémicas agudas y crónicas, ictus, infartos de miocardio, arritmia y cardiopatía hipertensiva.

Los datos de temperatura media y máxima diaria, y de humedad relativa diaria se recogieron del Sistema de Servicio de Intercambio de Datos Meteorológicos de China, y los datos correspondientes a la contaminación como el promedio diario de PM_{2,5} y la media del máximo diario de O₃, de la Plataforma de Publicación en Tiempo Real de la Calidad del Aire Urbano Nacional de China.

El análisis estadístico de este estudio compara cada día de ola de calor con tres días comparables sin olas de calor que cumplen ciertos requisitos, para examinar contrastes dentro de estratos emparejados. Para investigar posibles riesgos de mortalidad retrasados asociados a las olas de calor, se extrajeron datos de los cuatro días siguientes para cada ola de calor y días sin olas de calor. Se ajustó un modelo lineal generalizado de efectos mixtos (GLMM) con una distribución de Poisson utilizando los datos de varios condados para analizar los resultados. Se realizaron análisis estratificados por edad y sexo. Finalmente, el estudio realizó análisis de sensibilidad para evaluar la robustez de los resultados ante las diferentes definiciones de olas de calor, selecciones de controles no relacionados, y especificaciones del modelo. Todos los análisis se realizaron mediante el software R.

Los resultados reflejan que la ola de 2017 estuvo presente en más condados que las anteriores, durante más días y de forma más intensa. Para la mortalidad por todas las enfermedades circulatorias y los resultados de mortalidad por diez subcausas, los recuentos de muertes fueron bastante más elevados en los días de olas de calor que en días normales. El riesgo para las enfermedades circulatorias en su conjunto aumentó un 27,8% o el riesgo de enfermedad cerebrovascular un 26,7%. También cabe recalcar el 55% de probabilidad de mortalidad por cardiopatía isquémica, muy superior al 28% de olas de calor de años anteriores, al igual que ocurre con el infarto de miocardio. Para enfermedades como la arritmia o la hipertensión, no se observan riesgos

para la mortalidad el mismo día de la ola de calor, si no en los siguientes. Así mismo, es importante señalar que esta ola de calor fue más dañina para las mujeres que para los hombres, y para las personas mayores que para los jóvenes.

Por último, es importante señalar que este estudio tiene una limitación, puesto que se seleccionaron días de referencia de otros años para comparar los efectos en la salud de las olas de calor en 2017, lo que puede introducir incertidumbre en las estimaciones. Al comparar las olas de calor de 2017 con las de 2014 o 2016, se observa que el patrón de riesgos para la salud y la magnitud difieren de las olas de calor modernas.

Kai et al., 2023

Este estudio tiene como objetivo observar la relación que hay entre el rango de temperatura diurna (DTR), y la mortalidad por enfermedades cardiovasculares en el noreste de China.

La muestra del estudio la componen un total de 21.067 casos de fallecimientos por este tipo de enfermedades en la región de Hulunbuir, entre 2014 y 2020. El clima de esta región hace que la media anual esté entre los 2,2°C y los 4°C, existiendo una diferencia de temperatura diaria grande. Para este estudio se divide en estación fría (otoño e invierno), y estación cálida (primavera y verano) puesto que el efecto de la DTR puede variar entre estas dos estaciones.

El conjunto de los datos incluye para cada defunción la edad, el sexo, los códigos de diagnóstico y la residencia actual del paciente. Las causas de mortalidad se clasifican según los siguientes códigos: cardiopatía reumática crónica con hipertensión, cardiopatía isquémica con cardiopatía pulmonar, enfermedad de la circulación pulmonar, y otros tipos en enfermedades cardíacas. Estos datos a su vez se dividieron en varios subgrupos por género, edad y estación (cálida y fría). Los datos meteorológicos consistieron en las temperaturas mínimas y máximas diarias, la humedad relativa, la dirección de la luz solar y la velocidad del viento, los cuales provenían de 5 estaciones meteorológicas en Hulunbuir.

En cuanto al diseño estadístico, se utilizó una regresión lineal

generalizada causi-Poisson combinada con un modelo no lineal de retardo de distribución (DLNM) para poder evaluar los efectos de la DTR en la mortalidad diaria por enfermedades cardiovasculares, a la vez que se controla la humedad relativa y los parámetros antes mencionados, además del día de la semana, y de si es festivo y las tendencias a largo plazo de la mortalidad por estas enfermedades.

Este estudio nos muestra una correlación positiva de la DTR con la duración de la luz solar y la velocidad del viento (aunque no llega a ser significativa) además de una correlación negativa con la humedad relativa.

Un total de 21.067 defunciones se registraron a causa de estas enfermedades en todos esos años. Hubo una media de 8,24 defunciones al año, 8,65 en la estación fría y 7,83 en la estación cálida. También vemos que el promedio de muertes diarias fue mayor en hombres que en mujeres, al igual que en personas mayores de 65 años. Entre la temperatura máxima y mínima registradas en todo el estudio hay una diferencia de unos 22°C, siendo el promedio de 11,52°C para el total, 10,46°C para la estación fría, y 12,58°C para la estación cálida. La asociación entre la DTR y la mortalidad por enfermedades cardiovasculares no fue lineal, si no que resultó tener forma de U, como se puede ver en la Figura 9.

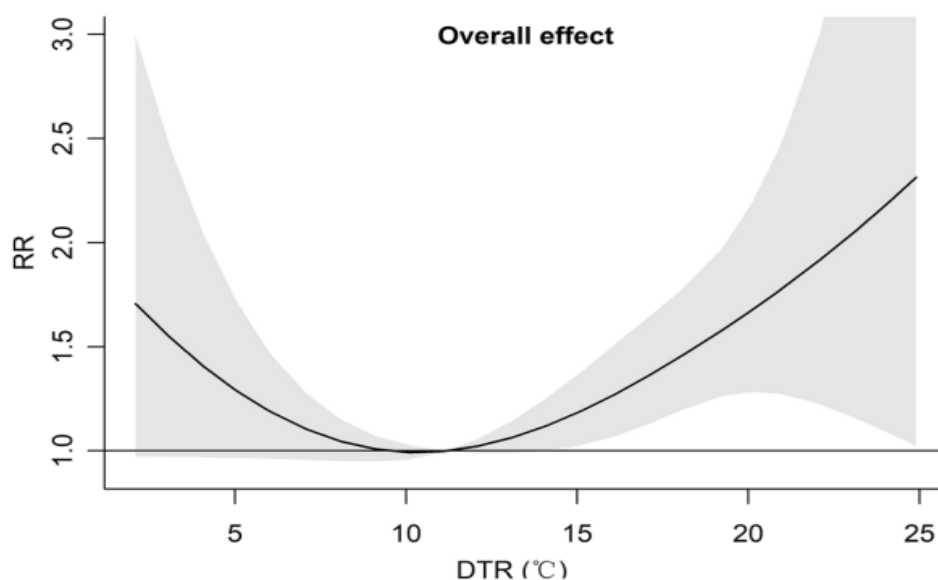


Figura 9: Riesgo relativo (RR) de mortalidad por enfermedades cardiovasculares en relación con el rango de temperatura diaria.

Fuente: Kai et al., 2023

El valor máximo de RR fue de 2,31 a una DTR de 24,90°C. Observamos como para una DTR extremadamente baja, la mortalidad por enfermedades cardiovasculares es inferior que para una DTR extremadamente alta, aunque para ambas DTR, los efectos adversos a corto plazo fueron notables. Las variaciones de temperatura muy altas en la estación fría tuvieron efectos más adversos que los acontecidos en la estación cálida.

También se intenta dar una explicación a los resultados obtenidos. Una diferencia grande en las temperaturas diarias puede suponer un aumento de la presión sistólica y del pulso, y disminuir la presión arterial diastólica. Además, las personas mayores tienen un sistema termorregulador funcional no tan eficaz como el de una persona joven además de tener algunas condiciones médicas subyacentes. La población masculina está relacionada con un mayor consumo de tabaco y alcohol, además de estar más expuesto al aire libre. Por otro lado, las personas expuestas a climas fríos tienen receptores sensoriales del frío en la piel además de membranas mucosas que transmiten cambios en la temperatura ambiente externa al sistema nervioso simpático, lo que causa vasoconstricción, aumenta la contractibilidad del miocardio, eleva la frecuencia cardíaca, aumenta la presión arterial y aumenta las plaquetas y la viscosidad de la sangre, cambios fisiológicos que constituyen un riesgo para desencadenar enfermedades cardiovasculares.

Este estudio evalúa el efecto no lineal y el efecto de retraso de la DTR sobre la mortalidad por enfermedades cardiovasculares, explorando factores como la estación, género y edad, lo cual constituye una fortaleza, pero tiene algunas limitaciones. Los datos del estudio se obtuvieron solamente de una región de China, por lo que los resultados deberían aplicarse con mucha cautela a otras ciudades con diferencias geográficas, climática, etc. Además, los datos meteorológicos se obtienen de estaciones de medición fijas en vez de considerar niveles de exposición individuales para cada paciente.

6. DISCUSIÓN

El propósito del análisis de los artículos anteriores sobre enfermedades cardiovasculares en relación con el cambio climático es identificar patrones y relaciones entre los factores climáticos modificados por este fenómeno y su incidencia en las enfermedades cardiovasculares, con el fin de encontrar estrategias de mitigación más efectivas. Tras analizar los resultados de los 11 artículos elegidos en este trabajo, determinamos que los principales factores analizados que influyen en las enfermedades cardiovasculares son la temperatura y la contaminación atmosférica por PM10 y PM2,5.

Liu et al. 2019, Tian et al. 2019, Çağlak 2022, Rahman et al., 2022a, Rahman et al., 2022b, Chen y Zhang 2023, Kai et al., 2023 y Yan et al. 2023 son los 8 artículos de los 11 totales, que estudian la relación de las enfermedades cardiovasculares con la temperatura.

Liu et al. 2019, Tian et al. 2019, Çağlak 2022, Rahman et al., 2022a, Rahman et al., 2022b, y Kai et al., 2023 coinciden en que las olas de calor aumentan significativamente la mortalidad y el riesgo de enfermedades cardiovasculares. Las altas temperaturas imponen una carga adicional sobre el sistema cardiovascular, especialmente en individuos mayores y aquellos con patologías preexistentes como el cáncer.

Por otro lado, Liu et al., 2019, Çağlak., 2022 y, Kai et al., 2023 encontraron que tanto las bajas como las altas temperaturas están asociadas con un incremento en la mortalidad y morbilidad cardiovascular, y Chen & Zhang., 2023 encontraron que únicamente las temperaturas bajas están asociadas con una mayor incidencia en este tipo de enfermedades. A diferencia de los demás estudios, estos estudiaron las temperaturas en su totalidad, considerando olas de frío y temperatura bajas también. El frío extremo puede causar vasoconstricción, aumento de la presión arterial y sobrecarga del corazón, lo cual aumenta la incidencia.

Las diferencias entre los resultados de este grupo de estudios con las de Chen & Zhang., 2023, pueden residir en que las olas de frío en este estudio fueron muy superiores en duración en comparación a las de calor, por lo que la incidencia fue superior además de achacar sus resultados a factores como que, en China, el carbón se usa como fuente de calefacción y la incidencia en las

enfermedades cardiovasculares pueden deberse a estos contaminantes entre otros.

Una observación común es que ciertos grupos de la población, como ancianos, niños y personas con enfermedades crónicas, son más vulnerables a los efectos de las temperaturas extremas. La falta de adaptabilidad fisiológica en estos grupos los pone en mayor riesgo durante los eventos climáticos extremos.

Las metodologías utilizadas en los estudios también varían, desde análisis de series temporales y estudios de casos cruzados hasta modelos predictivos y estudios de cohortes. Estas diferencias metodológicas pueden llevar a variaciones en los resultados y las conclusiones sobre la magnitud del impacto de las temperaturas extremas en la salud cardiovascular.

Por otro lado, tenemos que los otros 4 artículos restantes correspondientes a: Contiero et al., 2019, Stowell et al., 2019, Lim et al., 2021 y Rahman et al., 2022a.

Comparando los artículos de Contiero et al., 2019, Lim et al., 2021 y Rahman et al., 2022a, se observa una tendencia clara: las PM_{2.5} tienen un impacto significativo en la salud cardiovascular. Lim et al., 2021 y Rahman et al., 2022b coinciden en que PM_{2.5} está asociada con enfermedades y cardíacas.

Por otro lado, Stowell et al., 2019, no encontró una correlación significativa con enfermedades cardiovasculares. Estos resultados discordantes con el resto pueden deberse a las limitaciones del estudio. A diferencia de los demás, este sólo se basó en las PM_{2.5} procedentes exclusivamente del humo de los incendios, usando un método de exclusión para partículas del ambiente el cual nunca se había utilizado con anterioridad. Además, la exposición del paciente a PM_{2.5} podría ser más exacta, puesto que se asume que los niveles de exposición son los correspondientes a cada domicilio, y no existe la capacidad de determinar la composición de estas partículas.

Contiero et al., 2019 amplían esta perspectiva al mostrar que PM₁₀ también afecta la salud cardiovascular, con variaciones según la estación del año y la temperatura. Resalta que hay que tener en cuenta también la composición de estas partículas contaminantes, puesto que, en determinadas fechas del año, estas pueden ser más dañinas porque estén formadas por otros compuestos procedentes de actividades que se den sólo en esa época del año.

Respecto a la vulnerabilidad de los grupos específicos, las personas

mayores son las más expuestas. Además, hábitos como fumar y el consumo de alcohol, o tener hipertensión o antecedentes de diabetes, son factores que aumentan el riesgo.

De nuevo hay que recalcar las diferencias en los métodos de medición: Los métodos de medición de la exposición a PM2.5 y PM10 varían entre los estudios, desde el uso de datos de estaciones de monitoreo fijo hasta la modelación de la exposición basada en proximidad a fuentes de emisión. Estas diferencias pueden influir en la precisión y la comparabilidad de los resultados.

Por último, Rahman et al., 2022a examina la interacción de las temperaturas extremas con otros factores ambientales, como la contaminación del aire, y han encontrado que la combinación de estos factores puede amplificar los efectos adversos en la salud cardiovascular. Otros estudios no han considerado estas interacciones, centrándose únicamente en el impacto de las temperaturas extremas.

7. CONCLUSIONES:

- Las temperaturas extremas incrementan significativamente la incidencia de enfermedades cardiovasculares en la población.
- La exposición a PM2.5 y PM10 se correlaciona con enfermedades cardiorrespiratorias, y hay que tener en cuenta la composición de estas.
- La coexposición a temperaturas extremas y contaminación del aire triplican el riesgo de mortalidad en las enfermedades cardiovasculares.
- En cuanto a las poblaciones de riesgo, las personas mayores son particularmente susceptibles a los cambios extremos de temperatura, así como los hombres son más vulnerables al calor extremo, y las mujeres al frío.
- El creciente aumento de enfermedades cardiovasculares destaca la necesidad de seguir implementando medidas de control y adaptación de la sociedad al cambio climático para proteger la salud pública.

9. GLOSARIO

CO₂: dióxido de carbono

CH₄: metano

N₂O: óxido nitroso

NO: monóxido de nitrógeno

O₃: *ozono*

SO₂: dióxido de azufre

NO₂: dióxido de nitrógeno

PM 2.5: partículas en suspensión con un diámetro de hasta 2,5

PM10: partículas en suspensión con un diámetro de hasta

GEI: gases de efecto invernadero

OMS: Organización Mundial de la Salud

AVP: años de vida perdidos

PET: temperatura fisiológica equivalente

DTR: rango de temperatura diurna

RR: rango relativo

10. BIBLIOGRAFÍA

AEMET. (2 de julio de 2020). *El primer informe anual del estado del clima muestra una España más cálida y con menor disponibilidad de agua que hace 50 años*. Obtenido de Agencia Estatal de Meteorología: <https://news.un.org/es/>

Bunker, A., Wildenhain, J., Vanderbergh, A., Henschke, N., Rocklöv, J., & Hajat, S. (7 de marzo de 2016). Effects of Air Temperature on Climate-Sensitive Mortality and Morbidity Outcomes in the Elderly; a Systematic Review and Meta-analysis of Epidemiological Evidence. *eBioMedicine*. Obtenido de <https://www.thelancet.com/>

Çağlak, S. (7 de noviembre de 2022). Evaluation of the Effects of Thermal Comfort Conditions . *PubMed*.

- Castro, R., & Perez, R. (diciembre de 2009). *Saneamiento rural y salud. Guía para acciones a nivel local*. Obtenido de Pan American Health Organization: <https://www3.paho.org/>
- Chen, H., & Zhang, X. (9 de enero de 2023). Influences of temperature and humidity on cardiovascular disease among adults 65 years and older in China. *PubMed*.
- Contiero, P., Boffi, R., Tagliabue, G., Scaburri, A., Tittarelli, A., Bertoldi, M., . . . Ciccarelli, M. (21 de noviembre de 2019). A Case-Crossover Study to Investigate the Effects of. *PubMed*.
- Cots, P. (7 de noviembre de 2017). Cambio climático, contaminación y alergia. Obtenido de Quirónsalud: <https://www.quironsalud.com/>
- De Basea, M., Cabrera, C., Castro, A., Espigares, M., Espigares, E., Fernández-Crehuet, M., . . . Puigdômenech, E. (marzo de 2009). *Estado de la cuestión: Alimentación, Medio Ambiente y Salud*. Obtenido de Hospital del Mar, Research Institut: <https://www.imim.es/>
- Donoso, C. (4 de abril de 2021). Cambio climatico: “salud mental en un mundo en llamas”. *Mutatis Mutandis*.
- Kai, X., Hong, Z., Hong, Y., Wrang, X., & Li, C. (7 de julio de 2023). Short-term impact of diurnal. *PubMed*.
- Lichtveld, M. (13 de noviembre de 2022). Ocho mil millones de personas: así amenazan a la salud pública el cambio climático y la superpoblación. *The Conversation*. Obtenido de <https://theconversation.com>
- Lim, Y.-H., Jørgensen, J., So, R., Cole-Hunter, T., Mehta, A., Amini, H., . . . Andersen, Z. (19 de octubre de 2021). Long-Term Exposure to Air Pollution, Road Traffic Noise, and Heart Failure Incidence: The Danish Nurse Cohort.
- Liu, J., Ma, Y., Wang, Y., Li, S., Liu, S., He, X., . . . Zhang, K. (20 de octubre de 2019). The Impact of Cold and Heat on Years of Life Lost in a. *PubMed*.

- Llamas, M., & García, A. (5 de julio de 2010). Cambio climático y piel: retos diagnósticos y terapéuticos. ScienceDirect. Obtenido de Sien: <https://www.sciencedirect.com/>
- MAGRAMA. (junio de 2015). *GUÍA RESUMIDA DEL QUINTO INFORME DE EVALUACIÓN DEL IPCC. GRUPO DE TRABAJO III*. Obtenido de Ministerio de Transición Ecológicas y Reto Demográfico: <https://www.miteco.gob.es>
- MAGRAMA. (noviembre de 2014). *Cambio Climático: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad. (GUÍA RESUMIDA DEL QUINTO INFORME DE EVALUACIÓN DEL IPCC GRUPO DE TRABAJO II)*. Obtenido de Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico: <https://www.miteco.gob.es>
- Malet, A. (19 de marzo de 20204). *Control de la alergia al polen. Entender y gestionar la polinosis en primavera*. Obtenido de Centro Médico Teknon: <https://www.teknon.es/>
- Maliza, E. (2023). *Consumo de energías renovables y emisión de gases de efecto invernadero en la economía ecuatoriana*. Obtenido de Repositorio Universidad Técnica de Ambato: <https://repositorio.uta.edu.ec/>
- McKenzie, T., Mora, C., & Von Hammerstein, H. (9 de agosto de 2022). El 58 % de las enfermedades infecciosas humanas puede empeorar con el cambio climático. *The Conversation*. Obtenido de <https://theconversation.com>
- Ministerio de Sanidad & MITERD . (2021). *Plan Estratégico de Salud y Medioambiente*. Obtenido de <https://www.miteco.gob.es/>
- MITERD. (s.f.). *Partículas*. Obtenido de Ministerio de la Transición Ecológica y el Reto Demográfico: <https://www.miteco.gob.e>
- Morote, Á.-F., & Moreno, J. (21 de noviembre de 2022). La percepción del futuro profesorado sobre los efectos del cambio climático en la biodiversidad y la bioculturalidad. *Revista Internacional de Comunicación y Desarrollo*. Obtenido de <https://digitum.um.es>

- MSSSI. (2013). *Impactos del Cambio Climático en la Salud*. Obtenido de Ministerio de Sanidad: <https://www.sanidad.gob.es/>
- ONU. (27 de abril de 2021). *Los océanos pueden pasar de ser sumideros del carbono a convertirse en sus chimeneas, y acelerar el cambio climático*. Obtenido de Naciones Unidas: <https://news.un.org/es/>
- Rahman, M., García, E., Lim, C., Ghazipura, M., Alam, N., Palinkas, L., . . . Thurston, G. (2 de mayo de 2022b). Temperature variability associations with cardiovascular and respiratory emergency department visits in Dhaka, Bangladesh. *PubMed*.
- Rahman, M., McConnell, R., Schlaerth, H., Ko, J., Silva, S., Lurmann, F., . . . Garcia, E. (5 de abril de 2022a). The Effects of Coexposure to Extremes of Heat and Particulate Air Pollution on Mortality in California. *PubMed*.
- Solis, C. (30 de enero de 2024). Intersecciones entre cambio climático y salud mental: nuevos desafíos para el desarrollo de servicios de atención. *MEDWAVE*. Obtenido de <https://www.medwave.cl/>
- Stowell, J., Geng, G., Saikawa, E., Chang, H., Fu, J., Yang, C.-E., . . . Strickland, M. (11 de septiembre de 2019). Associations of wildfire smoke PM_{2.5} exposure with cardiorespiratory events in Colorado 2011–2014.
- Suárez, B. (6 de febrero de 2024). Los mitos en los que se escudan los países para no asumir su responsabilidad climática. *The Conversation*. Obtenido de <https://theconversation.com/>
- Tian, Y., Si, Y., Cao, Y., Song, J., Li, M., Wu, Y., . . . Hu, Y. (28 de enero de 2019). Association between temperature variability and daily hospital admissions for cause-specific cardiovascular disease in urban China: A national time-series study.
- Tirado, M. (4 de octubre de 2010). Cambio climático y salud. Informe SESPAS 2010. *ELSEVIER*. Obtenido de <https://www.elsevier.com/es-es>
- Turrentine, J. (13 de septiembre de 2022). *¿Cuáles son las causas del cambio climático?* Obtenido de Consejo para la Defensa de Recursos Naturales: <https://www.nrdc.org/>

UNE. (2021). *Energías renovables: energías para un futuro más seguro*.
Obtenido de Naciones Unidas: <https://www.un.org/>

Yan, M., Xie, Y., Zhu, H., Ban, J., Gong, J., & Li, T. (21 de febrero de 2023).
Riesgos de mortalidad cardiovascular durante las excepcionales olas de
calor de 2017 en China. *PubMed*.

ANEXO I

Autor y Año	Muestra	Método Estadístico	Objetivos	Resultados
Tian et al., 2019	8 millones de ingresos en 184 ciudades entre 2014 y 2017 con diferentes patologías cardiovasculares. El 54,4% eran hombre y el resto mujeres. No se incluyeron niños ni adolescentes de 0 a 18 años.	Modelos de Poisson para observar las asociaciones de la variabilidad de la temperatura con las enfermedades cardiovasculares.	Evaluar la relación entre la variabilidad de la temperatura y las hospitalizaciones por enfermedades cardiovasculares en zonas urbanas de China.	Mayor variabilidad de temperatura se asoció con un aumento de hospitalizaciones por enfermedades cardiovasculares. Los mayores de 65 años fueron los más afectados
Stowell et al., 2019	446.106 pacientes entre 2011 y 2014, de los cuales el 45,9% eran mujeres, y el 54,1% hombres de todas las edades	Modelo de exposición para separar las PM _{2,5} del ambiente con las del humo de los incendios. Se usaron modelos de casos cruzados y estratificaciones en el tiempo según la edad y el sexo	Examinar la asociación de la influencia de las PM _{2,5} del humo de incendios forestales sobre enfermedades cardiorrespiratorias	Correlación positiva con las enfermedades respiratorias, pero no con las cardiovasculares. Resultados similares para adultos como mayores de 65 años. La influencia de las PM _{2,5} de los incendios es muy similar a la de las PM _{2,5} del ambiente normal.
Liu et al., 2019	Datos diarios de muertes no accidentales en 4 distritos de la ciudad.	Modelo no lineal de retardo distribuido	Evaluar los impactos del frío y el calor en los AVP en Lanzhou, una ciudad con clima continental templado.	Tanto el frío como el calor se asocian con un aumento de los AVP. Los efectos del calor se manifestaron rápidamente, pero los del frío tardaron más (hasta 30 días). Los hombres son más vulnerables al calor, y las mujeres al frío. Las personas mayores de 65 años son más vulnerables.

Contiero et al., 2019	1349 visitas a urgencias por enfermedades cardiovasculares entre 2014 y 2015 en un radio de 20 km al Hospital Humanita de Rozzano (Italia)	Diseño cruzado de casos estratificados para determinar el riesgo de visita a urgencias por enfermedad cardiovascular en relación con la PM10 diaria	Investigar la relación entre la contaminación del aire por PM10 y los ingresos en servicios de urgencias considerando variables como la temperatura del aire, la estación del año, y la incidencia de enfermedades como la gripe o diagnóstico previo de cáncer.	El aumento de PM10 se asocia positivamente con las visitas a urgencias sobre todo en otoño e invierno, además de cuando las temperaturas son altas. Los días fríos y el verano no se relacionan con el aumento de enfermedades cardiovasculares. Para las personas con cáncer hay un aumento del riesgo con PM10 altas. Todo se puede deber a la composición de las PM10 en función de la estación.
Lim et al., 2021	22.189 enfermeras danesas mayores de 44 años.	Modelos de regresión de Cox variables en el tiempo con la edad y la escala de tiempo con ajustes de confusión por otros factores relevantes.	Examinar la relación entre una exposición prolongada a la contaminación del aire y el ruido del tráfico, con la incidencia en la insuficiencia cardíaca.	PM2.5 y ruido del tráfico asociados con mayor riesgo de insuficiencia cardíaca, especialmente en mayores, exfumadores, hipertensos y diabéticos.
Rahman et al., 2022a	Todos los certificados de defunción de California desde 2014 a 2019	Diseño cruzado de casos con emparejamiento estratificado en el tiempo	Estimar la asociación entre la coexposición al calor extremo y las PM 2,5 con la mortalidad por cualquier causa, pero sobre todo por causas cardiovasculares y respiratorias en California de 2014 a 2019.	La exposición simultánea a calor extremo y contaminación del aire presentan un mayor riesgo de mortalidad por causas cardiovasculares y respiratorias, siendo 3 veces mayor que cuando se dan picos extremos de estos factores por separado.

Rahman et al., 2022b	8,9 millones de personas en un área de 360 km ² sobre la ciudad de Dhaka	Se aplicó un modelo de regresión de series temporales sobre las visitas diarias al servicio de urgencias por motivos respiratorios y cardiovasculares desde enero de 2014 a diciembre de 2017	Analizar cómo las variaciones de temperatura a corto plazo se relacionan con las visitas a urgencias por enfermedades cardiovasculares y respiratorias.	Las variaciones de temperatura a corto plazo estaban estrechamente vinculadas a un aumento en las visitas a urgencias por enfermedades cardiovasculares y respiratorias. La asociación para enfermedades cardiovasculares fue notable tanto en adultos mayores como en otros grupos de edad a lo largo de todas las estaciones.
Çağlak., 2022	Total del número de ingresos en los policlínicos de cardiología y cirugía cardiovascular en la institución de salud terciaria en el Centro Amasya entre 2017 y 2019.	Análisis de correlación de Pearson y un análisis de regresión lineal	Examinar la relación que hay entre las condiciones de confort térmico y las enfermedades cardiovasculares	Las enfermedades cardiovasculares se explican en un 35% por los valores máximos de PET, un 36,7% por los valores mínimos, y un 36,8% por los valores medios. Los grupos más sensibles de la población son las personas mayores de 65 años, los niños y las personas con enfermedades crónicas
Chen y Zhang., 2023	39.728 personas mayores de 65 años de 631 ciudades de las cuales el 58,13% presentaban enfermedades cardiovasculares.	Ecuación de estimación generalizada para examinar las asociaciones entre la temperatura, la humedad relativa y las enfermedades cardiovasculares	Investigar la asociación entre la temperatura y la humedad y la influencia en las enfermedades cardiovasculares	El aumento de la temperatura y la humedad se correlacionan negativamente con la prevalencia de enfermedades cardiovasculares. A mayor temperatura menor prevalencia

Yan et al., 2023	5,8 millones de personas procedentes de 102 condados diferentes.	Se ajustó un modelo lineal generalizado de efectos mixtos (GLMM) con una distribución de Poisson utilizando los datos de varios condados para analizar los resultados.	Evaluar el riesgo por mortalidad cardiovascular asociado a las olas de calor que se dieron en 2017 y compararlo con las de otros años, para mejorar la comprensión de los impactos en la salud,	La ola de calor de 2017 (superior en intensidad y duración) la mortalidad para enfermedades cardiovasculares fue superior, sobre todo en cardiopatía isquémica. Para enfermedades como la arritmia o la hipertensión no se observó un aumento en el riesgo. La ola de calor afectó más a mujeres y a personas mayores.
Kai et al., 2023	21.067 casos de fallecimientos por este tipo de enfermedades en la región de Hulunbuir, entre 2014 y 2020	Regresión lineal generalizada causi-Poisson combinada con un modelo no lineal de retardo de distribución	Observar la relación que hay entre el rango de temperatura diurna (DTR), y la mortalidad por enfermedades cardiovasculares en el noreste de China	La relación entre DTR y mortalidad cardiovascular tiene una forma de U, con mayor mortalidad en DTR extremos y las variaciones de temperatura alta en la estación fría tuvieron efectos más adversos

Tabla 1: ANEXO I con el resumen de cada artículo estudiado.

Fuente: elaboración propia