



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Cali

EFFECTOS EN SALUD Y RESPUESTAS ADAPTATIVAS DE LOS
SISTEMAS DE SALUD FRENTE A OLAS DE CALOR, HUMO POR
INCENDIOS E INUNDACIONES EN AMÉRICA LATINA Y EL
CARIBE: REVISIÓN DE ALCANCE

LUIS FERNANDO GUTIERREZ FERNANDEZ
DIRECTOR: WANDERLEY AUGUSTO ARIAS

MAESTRIA EPIDEMIOLOGIA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
CALI
2026

Contenido

1. Problema de investigación.....	6
2. Pregunta de investigación	8
3. Objetivos	9
3.1. Objetivo general	9
3.2. Objetivos específicos.....	9
4. Justificación de la pertinencia.....	10
5. Marco teórico.....	13
5.1. Eventos climáticos extremos y su influencia en la salud	13
5.1.1. Olas de calor	16
5.1.2. Humo por incendios	17
5.1.3. Inundaciones.....	17
5.2. Medición de los efectos en la salud de las poblaciones en el contexto de cambio climático.	18
5.2.1. Concepto de riesgo	19
5.2.2. Medidas de ocurrencia generales	21
5.2.3. Medidas de ocurrencia asociadas a condiciones ambientales	26
6. Estado del Arte	30
6.1. Cambio climático y salud	30
6.2. Herramientas que permiten el cálculo de los efectos en salud derivados del cambio climático.....	33
6.2.1. AirQ+.....	33
6.3. Olas de calor	33
6.4. Humo por incendios.....	34
6.5. Inundaciones	35
7. Metodología.....	36



7.1. Diseño del estudio	36
7.1. Fases metodológicas según Arksey y O'Malley	37
7.1.1. Fase 1. Identificación de la pregunta de investigación	37
7.1.2. Fase 2. Identificación de estudios relevantes	38
7.1.3. Fase 3. Selección de estudios.....	40
7.1.4. Fase 4. Extracción de datos.....	42
7.1.5. Fase 5. Síntesis y reporte de resultados	44
8. Comité ético	44
9. Cronograma	44
10. Presupuesto.....	45
11. RESULTADOS	46
11.1. Selección de estudios y conformación del corpus de análisis.....	46
11.2. Características generales de los estudios incluidos Características de la evidencia científica publicada.....	47
11.3. Efectos en salud y bienestar reportados.....	63
11.4. Recomendaciones e implicaciones para la adaptación de los sistemas de salud	65
12. Discusión	70
13. Recomendaciones, fortalezas y limitaciones.....	73
13.1. Recomendaciones.....	73
13.2. Fortalezas	74
13.3. Limitaciones	74
14. Aportes del estudio a la salud pública	75
Referencias	77



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Cali

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Medidas de ocurrencia de morbilidad	22
Tabla 2. Medidas de ocurrencia de mortalidad	24
Tabla 3 Categorías de análisis y definición operativa	42
Tabla 4 Características resumidas de los estudios incluidos en la revisión.....	49
Tabla 5 Distribución de los estudios incluidos según año de publicación.....	56
Tabla 6 Distribución de los estudios incluidos según tipo de evidencia y aproximación metodológica predominante.....	56
Tabla 7 Distribución de los estudios incluidos según escala geográfica de análisis	58
Tabla 8 Distribución de los estudios incluidos según presencia de países o territorios y estudios que los reportan	58
Tabla 9 Distribución de los estudios incluidos según evento climático principal analizado	62
Tabla 10 Desenlaces en salud y bienestar reportados en los estudios incluidos	63
Tabla 11 Recomendaciones e implicaciones para la adaptación de los sistemas de salud identificadas en los estudios incluidos	66

1. Problema de investigación

En el mundo entero, pero especialmente en América Latina y el Caribe, se han sentido los efectos del cambio climático, que se manifiestan de manera creciente a través de eventos climáticos cada vez más extremos como las olas de calor, el humo por incendios y las inundaciones. Estos incidentes están generando impactos directos e indirectos sobre la salud y el bienestar de las poblaciones, que pueden incrementar el riesgo de: mortalidad, morbilidad, hospitalizaciones, de enfermedades respiratorias y cardiovasculares, incluso llegar a afectaciones en salud mental, lesiones, enfermedades transmitidas por agua o vectores y otros desenlaces sanitarios que son relevantes (1,2); ejerciendo a su vez presión sobre los sistemas de salud, que son los encargados de responder a una demanda creciente de servicios, y por lo tanto, deben fortalecer sus capacidades de vigilancia, anticipación, preparación y atención, y procurar avanzar en los procesos de adaptación frente a estos riesgos climáticos, que cada vez son más frecuentes e intensos (3,4).

La región de América Latina presenta condiciones particulares de vulnerabilidad frente a estos eventos, debido a las desigualdades sociales, económicas, ambientales y territoriales, que influyen en la exposición y susceptibilidad de las poblaciones, especialmente en algunos grupos como lo son los niños, las personas mayores, o aquellas que tienen enfermedades crónicas, de igual forma las comunidades rurales o las poblaciones indígenas, pueden verse más afectadas ya que generalmente presentan dificultades de acceso a servicios de salud. En este contexto, los efectos sanitarios del cambio climático no se distribuyen de manera homogénea, sino que tienden a profundizar esas inequidades preexistentes y adicionalmente generan nuevos desafíos que deberían ser atendidos por la planificación y respuesta de los sistemas sanitarios (4–6).

A nivel global se cuenta con una amplia variedad de estudios sobre cambio climático y salud, que muestran una importante heterogeneidad en los desenlaces reportados, las definiciones de exposición, los métodos utilizados, las fuentes de información y la calidad metodológica, y es esta variabilidad la que finalmente limita la comparabilidad entre investigaciones y dificulta la construcción de conclusiones sólidas para orientar acciones de salud pública, vigilancia epidemiológica, planificación sanitaria y adaptación climática mediante política pública (1).

El cambio climático constituye una amenaza creciente para la salud pública, al aumentar la frecuencia e intensidad de olas de calor, incendios, inundaciones y otros eventos extremos. Actualmente, 3.600 millones de personas viven en zonas altamente vulnerables y se proyectan 250.000 muertes adicionales por año entre 2030 y 2050. Además, los daños directos a la salud podrían costar hasta US\$4.000 millones anuales para 2030, afectando especialmente a los países con

sistemas sanitarios más débiles. Reducir las emisiones también representa una oportunidad para mejorar la salud, principalmente mediante la disminución de la contaminación del aire(7).

Esta situación adquiere especial relevancia en América Latina y el Caribe, en donde los informes recientes han señalado que la región experimenta una exposición creciente al calor extremo, deterioro de la calidad del aire asociado a incendios, inundaciones recurrentes y otros riesgos climáticos, adicional a las profundas desigualdades socioeconómicas, capacidades institucionales desiguales y brechas persistentes de su población, lo que a su vez se traduce en problemas de disponibilidad y uso de evidencia para la toma de decisiones (2,3,8). Esto no es nuevo y ya la Common Position of Latin America and the Caribbean on Climate Change and Health, ha advertido sobre la existencia de vacíos críticos en datos, indicadores, vigilancia epidemiológica y capacidades técnicas para evaluar y enfrentar los riesgos sanitarios derivados del cambio climático (9).

En la Política Regional de la Organización Panamericana de la Salud sobre Cambio Climático y Salud, se enfatiza la necesidad de fortalecer la capacidad adaptativa del sector salud y promover decisiones basadas en evidencia sólida, permitiendo de esta forma realizar una integración del conocimiento científico y fortalecer los sistemas de planificación sanitaria (3). A esto se suma que otros organismos internacionales han señalado la persistencia de vacíos en datos ambientales que son la base de la toma de decisiones y de igual forma algunas lagunas de información clave sobre salud en la región, lo cual limita el monitoreo adecuado de los riesgos climáticos y la formulación de políticas públicas robustas (8).

Lo anterior contrasta, ya que a pesar de la creciente producción científica y técnica sobre cambio climático y salud, la evidencia disponible en América Latina y el Caribe continúa siendo heterogénea, dispersa y metodológicamente diversa; por lo tanto no es posible contar con un panorama suficientemente organizado que permita conocer y revisar cómo se han documentado los efectos en salud y bienestar asociados a olas de calor, humo por incendios e inundaciones, y cuales han sido las poblaciones y territorios más afectadas. De igual forma es necesario revisar y estandarizar definiciones e indicadores, que ya se hayan utilizado, identificar los vacíos que aun hace falta llenar y definir un patrón en la manera que se han abordado las respuestas adaptativas de los sistemas de salud frente a estos eventos(1,3).

Por tanto, el problema central que aborda esta investigación no es únicamente la existencia de efectos sanitarios asociados a los tres eventos climáticos extremos que son recurrentes, sino a la falta de un mapeo sistemático, organizado y analíticamente sólido, que permita conceptualizar, documentar y por supuesto más adelante realizar medición y seguimiento a los riesgos sanitarios asociados a olas de calor, humo por incendios e inundaciones. Esta ausencia, por lo tanto, limita la posibilidad de identificar patrones, vacíos de conocimiento, prioridades de

investigación y oportunidades para fortalecer la planificación sanitaria, la vigilancia epidemiológica, la gestión del riesgo y la adaptación del sector salud en América Latina y el Caribe (3,4).

En este contexto, una revisión de alcance resulta pertinente, ya que permite revisar y analizar la evidencia disponible, caracterizar los enfoques conceptuales y metodológicos utilizados para describir los efectos en salud y aquellos acaecidos sobre el bienestar que ya han sido reportados, e identificar los supuestos desde los cuales se ha producido este conocimiento, e identificar las respuestas adaptativas de los sistemas de salud frente a estos eventos. De esta manera, el estudio contribuye a establecer bases conceptuales, metodológicas y epistemológicas para orientar futuras investigaciones en el campo de cambio climático y salud en América Latina y el Caribe.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede decir y afirmar que esta investigación busca aportar en un tema relevante de la salud pública y proporcionar una síntesis organizada que contribuya a orientar futuras investigaciones, fortalecer la toma de decisiones y apoyar la construcción de sistemas de salud más preparados y adaptativos frente a olas de calor, humo por incendios e inundaciones en la zona de América Latina y el Caribe.

El estudio proporciona un análisis organizado con la principal evidencia disponible en Latinoamérica y el Caribe (LAC) de los efectos de los tres eventos extremos de interés y, de esta forma, será posible aportar insumos para orientar futuras investigaciones, fortalecer la vigilancia epidemiológica, apoyar la planificación de la adaptación del sector salud y hacer incidencia política al permitir la formulación de políticas públicas basadas en evidencia. Por lo tanto, se puede decir que la pertinencia del estudio se inscribe no solo en el ámbito académico, sino también en lo político y en la acción climática regional.

2. Pregunta de investigación

¿Cuáles son los efectos en la salud de la ocurrencia de olas de calor, humo por incendios e inundaciones en LAC y cuáles son las recomendaciones para implementar respuestas adaptativas en los sistemas salud, según la literatura científica de los últimos diez años?

Esta pregunta se construyó siguiendo el marco PCC (Población, Concepto y Contexto), propuesto por el Joanna Briggs Institute (JBI), específicamente en el capítulo de revisiones de alcance que se encuentra en el JBI “Manual for Evidence Synthesis”; con lo cual se logró definir la formulación del título, la pregunta de investigación y los criterios de inclusión, que se presentan en la parte metodológica. Por lo tanto, el marco utilizado resulta pertinente para el presente estudio, dado que el propósito no es estimar un efecto único, ni comparar formalmente poblaciones expuestas y no expuestas, ni realizar una síntesis cuantitativa de asociación causal, sino revisar y analizar la evidencia disponible,

caracterizar los enfoques conceptuales empleados y los enfoques metodológicos utilizados, así como identificar los principales efectos en salud y bienestar reportados, describir las respuestas adaptativas de los sistemas de salud y reconocer vacíos de conocimiento relevantes para la salud pública regional.

A continuación, se explica el marco PCC utilizado:

P (Población): se analizan las poblaciones humanas, las comunidades y los grupos poblacionales que residen en los países de América Latina y el Caribe, incluyendo población general y grupos en situación de mayor vulnerabilidad, tales como: niños, personas mayores, personas con enfermedades crónicas, poblaciones indígenas, comunidades rurales, habitantes de asentamientos informales y otros grupos expuestos a condiciones de inequidad social, ambiental o territorial.

C (Concepto): es la evidencia de los efectos en la salud y sobre el bienestar, que están asociados a las olas de calor, el humo por incendios y las inundaciones, así como las respuestas de los sistemas de salud frente a dichos eventos. Por lo tanto, en este concepto se incluyen desenlaces como: mortalidad, morbilidad, hospitalizaciones, síntomas, enfermedades respiratorias y cardiovasculares, las infecciosas, los efectos en salud mental, calidad de vida e impactos psicosociales. También incluye las acciones de vigilancia, de preparación, de prevención, de atención, de respuesta institucional, de planificación sanitaria, de adaptación climática y de fortalecimiento de capacidades del sistema de salud.

C (Contexto): se consideran los eventos climáticos y ambientales extremos relacionados con olas de calor, humo por incendios e inundaciones en los países de América Latina y el Caribe, definidos según los criterios utilizados en los estudios primarios o documentos incluidos. Se considerarán publicaciones científicas y documentos técnicos publicados durante los últimos diez años 2016-2026.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Analizar la evidencia publicada en artículos científicos durante los últimos diez años sobre los efectos en salud y bienestar derivados de eventos climáticos extremos como olas de calor, humo por incendios e inundaciones, así como las recomendaciones o implicaciones para la adaptación de los sistemas de salud en América Latina y el Caribe.

3.2. Objetivos específicos

- Describir las características de la evidencia científica publicada en artículos sobre olas de calor, humo por incendios e inundaciones en América Latina y el Caribe.
- Caracterizar los efectos en salud y bienestar reportados en artículos científicos sobre olas de calor, humo por incendios e inundaciones en

América Latina y el Caribe.

- Identificar las recomendaciones o implicaciones para la adaptación de los sistemas de salud reportadas en artículos científicos sobre olas de calor, humo por incendios e inundaciones en América Latina y el Caribe.

4. Justificación de la pertinencia

El presente estudio es de alta relevancia para la salud pública latinoamericana, dado que aborda un problema cuya magnitud y complejidad han sido reiteradamente reconocidas por instituciones como la OPS, la OMS y los ministerios de salud de los países de la región, además que los impactos sanitarios del cambio climático, se expresan a través de múltiples vías directas e indirectas, moduladas por condiciones sociales, ambientales y estructurales, o también llamados determinantes, tema que ha sido de amplia discusión latinoamericana.

Documentos como el *ABC Cambio Climático* del Ministerio de Salud colombiano, enfatizan que el cambio climático constituye uno de los riesgos ambientales más importantes para la salud humana, dadas sus diversas rutas de exposición como: las olas de calor, las crecientes inundaciones, y la alteración de los ecosistemas, que a su vez traen consecuencias indirectas y propician cambios en la calidad del agua y del aire, y que a su vez producen efectos diferenciales según el territorio (10). Esta diversidad de mecanismos hace indispensable contar con una síntesis rigurosa de la evidencia existente, de manera que se logre comprender los patrones, e identificar vacíos y finalmente orientar la toma de decisiones basadas en datos.

La importancia de este estudio también se puede sustentar en los *Health & Climate Change Country Profiles* de la OMS para países como: Bahamas, Jamaica, Dominicana y Granada, en donde se señala que la región de las Américas aún se encuentra en una fase de desarrollo desigual en materia de investigación, vigilancia y respuesta adaptativa (11–15). Leyendo los documentos se evidencia la necesidad de establecer los siguientes elementos claves:

- identificar los riesgos emergentes,
- cuáles son los vacíos de información,
- fortalecer la vigilancia,
- identificar la capacidad adaptativa de los sistemas sanitarios
- establecer los indicadores de riesgo.

Por ejemplo, el perfil de Bahamas señala que muchos países ya presentan una alta carga de enfermedades sensibles al clima, que se ha visto agravada por la

escasez de recursos y la creciente exposición a amenazas climáticas y un alto proceso de contaminación (14).

Asimismo, en el perfil de la isla de Jamaica, organizaciones como la OMS y la OPS plantean preguntas centrales que deben ser resueltas por la planificación sanitaria:

- ¿Si los países han desarrollado evaluaciones de vulnerabilidad e impactos, y si los resultados de estas evaluaciones se están utilizando para priorizar políticas y orientar recursos humanos y financieros hacia los riesgos climáticos en salud? (15).

Estas preguntas lo que muestran es una creciente necesidad de contar con unos documentos que sintetizen la evidencia, y que permita comparar los países de la región, con el objetivo de fortalecer sus estrategias de adaptación y la toma de decisiones.

En este contexto, una revisión de alcance resulta fundamental, ya que permite revisar y analizar de manera sistemática la evidencia disponible, caracterizar cómo se conceptualizan y se han medido los riesgos sanitarios derivados del cambio climático, así como identificar los efectos en salud y bienestar que ya han sido reportados, y por supuesto describir las respuestas adaptativas de los sistemas de salud y reconocer los vacíos de conocimiento relevantes para la salud pública regional.

El propósito del estudio teniendo en cuenta lo anteriormente señalado, es coherente con lo planteado en el JBI Manual for Evidence Synthesis, el cual orienta el desarrollo de revisiones de alcance mediante procedimientos estructurados para formular la pregunta, definir criterios de elegibilidad, seleccionar fuentes de evidencia, extraer información y presentar los resultados de manera transparente(16). En línea con este marco, la síntesis de evidencia, que se logró, permite integrar los hallazgos encontrados en diversos estudios, reduce la incertidumbre y genera conocimiento consolidado que facilita la toma de decisiones informadas en salud pública, incluyendo la formulación de políticas, que como ya se ha mencionado deben ser basadas en la mejor evidencia posible, permite la priorización de intervenciones y la planificación de la adaptación frente al cambio climático.

De acuerdo con los lineamientos metodológicos propuestos por Hurtado de Barrera (17), los objetivos de investigación deben formularse con claridad, coherencia y precisión, manteniendo una relación directa con el problema planteado y con el tipo de estudio a desarrollar. Por lo tanto, en el presente trabajo, los objetivos específicos se han formulado con verbos coherentes con una revisión de alcance, orientados a caracterizar, describir y analizar la evidencia disponible sobre los efectos en salud y bienestar, así como sobre las respuestas adaptativas de los sistemas de salud frente a olas de calor, humo por incendios e inundaciones.

Teniendo en cuenta lo anterior, y lo mencionado por la OPS, quien advierte que la región presenta importantes brechas en definiciones, indicadores, enfoques de medición y capacidad institucional para responder a los riesgos sanitarios derivados del cambio climático, se considera oportuno avanzar primero en procesos de síntesis, revisión y consolidación de la evidencia antes de plantear inferencias explicativas o predictivas. Por lo tanto, comprender la heterogeneidad contextual que se establece como hipótesis inicial, es un paso indispensable para establecer puntos en común y posteriormente orientar políticas públicas que permitan fortalecer los sistemas de vigilancia, priorizar intervenciones y asignar recursos de manera estratégica.

Por lo mencionado hasta ahora, es que el estudio reviste una alta importancia y se considera que puede contribuir a llenar una brecha crítica en la literatura científica latinoamericana: que finalmente se centra en la falta de un mapeo sistemático, comparado y analíticamente sólido sobre cómo se conceptualizan, documentan y miden los riesgos sanitarios asociados a olas de calor, humo por incendios e inundaciones, así como las capacidades adaptativas del sistema de salud.

Desde una perspectiva epidemiológica, se puede plantear que la pertinencia del estudio se encuentra al considerar cuatro dimensiones ampliamente reconocidas en la disciplina: la etiológica, la metodológica, la descriptiva y la traslacional (18–21).

En primer lugar, la etiología constituye un eje central en la epidemiología analítica, orientado a identificar y comprender los mecanismos que vinculan exposiciones y desenlaces en salud (18,21). En el presente estudio que tiene como finalidad sintetizar evidencia sobre mecanismos plausibles que conectan los peligros climáticos con efectos adversos en salud, como lo son el estrés térmico, las complicaciones respiratorias y cardiovasculares, algunos traumatismos, y enfermedades transmitidas por agua y vectores, llegando incluso a las afectaciones en salud mental como lo es la solastalgia, se logrará posteriormente comprender de una mejor forma las posibles rutas causales en un contexto relevante para América Latina.

En segundo lugar, la metodología epidemiológica constituye un componente esencial para comprender cómo se ha producido la evidencia disponible. En este estudio, la revisión de alcance permitirá caracterizar los diseños epidemiológicos utilizados, las formas de medición de las exposiciones y desenlaces, las fuentes de información, las ventanas temporales, los indicadores empleados y las limitaciones metodológicas reportadas en los estudios incluidos. De esta manera, el análisis no busca estimar un efecto agregado ni realizar inferencias causales definitivas, sino mapear la forma en que la literatura ha abordado los riesgos sanitarios y las respuestas adaptativas frente a los eventos climáticos seleccionados (20).

La tercera dimensión con la que se construye el protocolo es la descripción, que es un componente fundamental de la epidemiología descriptiva, cuyo propósito es caracterizar la distribución, magnitud y variación de los eventos en salud en poblaciones específicas (18). Esta revisión fortalecerá la caracterización epidemiológica de los perfiles de riesgo asociados los eventos seleccionados que son:] olas de calor, humo por incendios e inundaciones, que se presentan en distintos países y grupos poblacionales vulnerables, visibilizando inequidades territoriales y sociales.

Finalmente, la dimensión de traslación reconoce la creciente relevancia de la epidemiología traslacional, entendida como el proceso mediante el cual el conocimiento epidemiológico se transforma en acciones, intervenciones y políticas que mejoran la salud poblacional (19). Esta perspectiva se articula con los aportes de las ciencias de la implementación, cuyo propósito es comprender y optimizar cómo las intervenciones y la evidencia científica son adoptadas, integradas y sostenidas en los sistemas reales de salud (22). Desde esta óptica, la información generada por este estudio de revisión, constituye un insumo que apoyará la toma de decisiones en vigilancia, adaptación climática, asignación de recursos y fortalecimiento de la resiliencia sanitaria ante este fenómeno, potenciando de esta manera la capacidad que se tiene de generar evidencia epidemiológica, que finalmente se debe traducir en acciones efectivas de salud pública.

5. Marco teórico

El cambio climático actualmente se reconoce como un determinante estructural de la salud, en la medida en que modifica condiciones fundamentales para el bienestar humano, tales como lo son: la temperatura de los territorios, la calidad del aire, la disponibilidad de agua y los alimentos, así como las condiciones de vivienda e infraestructura(23). Las principales vías mediante las cuales el cambio climático impacta la salud comprenden efectos: directos, mediados por sistemas naturales y aquellos modulados por los sistemas socioeconómicos (24). Además, cambio climático interactúa con determinantes sociales como la pobreza y la desigualdad, profundizando inequidades y limitando el acceso a servicios de salud, lo que genera una distribución desigual del riesgo entre las poblaciones.

5.1. Eventos climáticos extremos y su influencia en la salud

Los eventos climáticos extremos constituyen una de las manifestaciones más relevantes del cambio climático y representan una amenaza creciente para la salud pública actual. Entre estos eventos se encuentran los que se pretenden

estudiar en la presente investigación: las olas de calor, las inundaciones, las tormentas, las sequías y los incendios forestales. Es importante señalar que su importancia sanitaria no depende únicamente de que ocurran, sino también de los cambios en su frecuencia, intensidad, duración, extensión territorial y posibilidad de presentarse de manera simultánea o sucesiva. La Organización Panamericana de la Salud ha señalado que “el cambio climático afecta la salud mediante eventos meteorológicos cada vez más frecuentes y graves, junto con fenómenos de evolución lenta, como el incremento sostenido de la temperatura y el aumento del nivel del mar” (25).

Desde una visión epidemiológica, estos eventos deben comprenderse como exposiciones complejas cuyos efectos resultan de la interacción entre la amenaza climática, el grado de exposición de la población, sus condiciones de vulnerabilidad y la capacidad de respuesta de los sistemas de salud. La Organización Mundial de la Salud afirma que el cambio climático “afecta la salud tanto directa como indirectamente” (25). Por lo tanto, el análisis no debe limitarse solo a establecer si ocurrió un evento, sino que debe considerar quiénes estuvieron expuestos, durante cuánto tiempo, con qué intensidad y bajo qué condiciones sociales, ambientales y sanitarias.

Los efectos directos se presentan durante el evento o inmediatamente después y estos incluyen: lesiones, traumatismos, quemaduras, ahogamientos, enfermedades agudas y muertes asociadas con inundaciones, tormentas, incendios y temperaturas extremas. En el caso del calor, se han descrito trastornos renales, accidentes cerebrovasculares, complicaciones cardiovasculares y respiratorias, resultados adversos del embarazo, falla orgánica y muerte; mientras que, para las inundaciones y tormentas, se han reportado que aumentan el riesgo de lesiones y ahogamiento, además de ocasionar pérdidas de viviendas, infraestructura y medios de vida (25).

Los efectos indirectos no son inmediatos y pueden aparecer días, semanas o meses después; se producen por la alteración de los sistemas ambientales y sociales que sostienen la salud. Entre las principales vías de exposición se encuentran el deterioro de la calidad del aire, la disminución de la disponibilidad y calidad del agua, la contaminación de alimentos, la inseguridad alimentaria y los cambios en la distribución y ecología de los vectores. Estas alteraciones pueden incrementar las enfermedades respiratorias y cardiovasculares, las enfermedades transmitidas por agua y alimentos, la malnutrición y la transmisión de infecciones como dengue y malaria. La OMS por su parte también ha documentado que los eventos extremos pueden provocar: trauma, ansiedad, depresión y trastorno de estrés postraumático, especialmente cuando ocasionan pérdidas humanas, desplazamiento o destrucción de viviendas y medios de subsistencia (25).

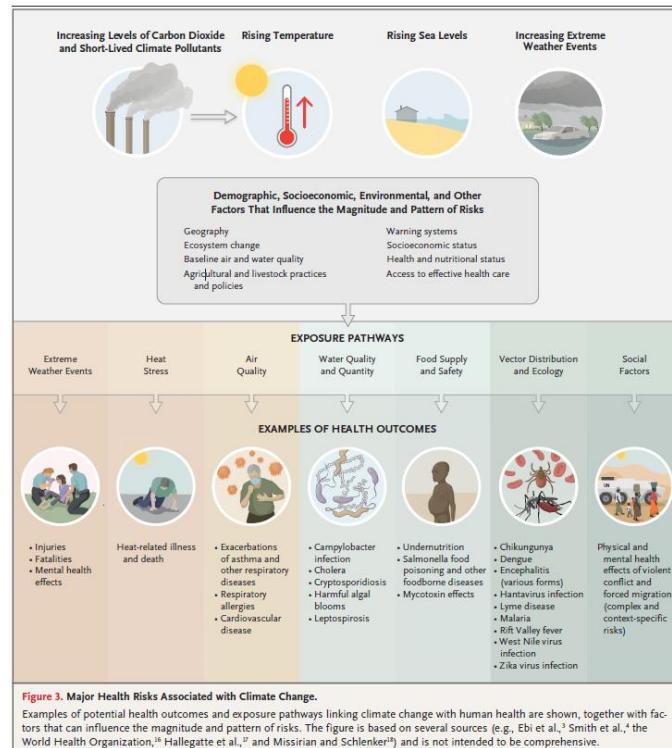
Los impactos también comprometen el funcionamiento de los sistemas sanitarios. El cambio climático “aumenta la demanda de atención, pero también daña la infraestructura sanitaria” (25). Los eventos extremos pueden interrumpir el

suministro de electricidad, agua, medicamentos y tecnologías, impedir el desplazamiento de pacientes y trabajadores, afectar la continuidad del cuidado y reducir la capacidad de vigilancia y respuesta; esta situación puede agravarse cuando ocurren eventos compuestos o en cascada, como olas de calor acompañadas de incendios, o inundaciones seguidas de brotes infecciosos, que sobrecargan simultáneamente la infraestructura y los servicios esenciales (25,26)

En América Latina y el Caribe, de acuerdo con las investigaciones el riesgo se encuentra condicionado por la desigualdad social, la pobreza, la dependencia de actividades sensibles al clima, la urbanización no planificada y las limitaciones de los sistemas de salud. La OPS por ejemplo advierte que “las Américas es una de las regiones más vulnerables”(27), debido a su exposición a eventos extremos, la dependencia económica de sectores como la agricultura y el turismo y los altos niveles de desigualdad. Es así que los efectos no se distribuyen de forma homogénea y el riesgo puede variar según el sexo, el género, la edad, la etnia, la discapacidad, la situación socioeconómica, la ocupación, el lugar de residencia y el acceso a los servicios de salud. Por ello, niñas y niños, personas mayores, comunidades indígenas y rurales, personas con discapacidad y poblaciones en situación de pobreza pueden experimentar exposiciones más intensas y menores capacidades de protección, respuesta y recuperación (25,27).

Como se sintetiza en la Ilustración 1, la relación entre cambio climático y salud no corresponde a una secuencia lineal, sino a una red de amenazas, vías de exposición, factores de vulnerabilidad y desenlaces que también afecta a los establecimientos y sistemas de salud. En esta revisión se analizan tres eventos de especial relevancia para América Latina y el Caribe: las olas de calor, el humo derivado de los incendios forestales y las inundaciones. Aunque cada uno presenta mecanismos particulares, los tres pueden generar efectos inmediatos y diferidos, profundizar las desigualdades ya preexistentes y comprometer la capacidad de los sistemas sanitarios para anticipar, atender y reducir sus consecuencias.

Ilustración 1 Principales riesgos asociados a cambio climático



Fuente: Tomado de (28)

En el contexto específico para América Latina y el Caribe, estos efectos se ven amplificados como ya se ha mencionado por las condiciones de vulnerabilidad social, desigualdad estructural y limitaciones en la capacidad de respuesta de los sistemas de salud, lo que incrementa el riesgo en poblaciones como lo son los niños, las personas mayores, y algunas comunidades rurales y poblaciones en situación de pobreza.

En este estudio se abordan tres eventos climáticos extremos de particular relevancia derivados del cambio climático: las olas de calor, el humo por incendios y las inundaciones, los cuales presentan mecanismos específicos de afectación en salud y que se describen a continuación.

5.1.1. Olas de calor

Las olas de calor han sido definidas como períodos prolongados de temperaturas anormalmente altas en relación con los valores históricos de una región, es decir, que exceden la tendencia. Se sabe por las revisiones hechas que la frecuencia de estas olas de calor, ha aumentado en número y en intensidad en las últimas décadas, como consecuencia del cambio climático.(29)

Desde el punto de vista epidemiológico, las olas de calor se asocian con un incremento en la mortalidad y la morbilidad, especialmente aquella asociada a causas cardiovasculares, respiratorias y renales. La exposición a altas

temperaturas puede generar estrés térmico, deshidratación, golpes de calor y exacerbación de enfermedades crónicas preexistentes. Además, se ha documentado un aumento en hospitalizaciones y consultas por urgencias durante estos eventos.

Las poblaciones más vulnerables incluyen adultos mayores, niños, personas con enfermedades crónicas y trabajadores expuestos al aire libre. Asimismo, factores como la urbanización, en donde se pueden presentar efectos de isla de calor y un acceso limitado a sistemas de refrigeración, es lo que incrementa el riesgo en contextos urbanos.

5.1.2. Humo por incendios

El humo derivado de los incendios forestales y de la cobertura vegetal constituye una fuente importante de contaminación atmosférica, particularmente de material particulado fino o PM2.5, el cual tiene efectos adversos sobre la salud especialmente en problemas cardiovasculares (30).

De igual forma la exposición al humo por incendios de material particulado de 10 micras, se asocia principalmente con un aumento en enfermedades respiratorias, como: asma, bronquitis y exacerbaciones de enfermedad pulmonar obstructiva crónica, así como con efectos cardiovasculares. También se ha documentado un incremento en la mortalidad y en la demanda de servicios de salud durante episodios de alta concentración de este tipo de contaminantes.

Adicionalmente, la evidencia reciente sugiere efectos en la salud mental, que incluyen ansiedad, estrés y otros trastornos asociados a la exposición prolongada a incendios y a la percepción que se puede sentir de riesgo derivado de problemáticas ambientales (31).

Un elemento importante y que no siempre se hace evidente es que los impactos derivados del humo por incendios forestales tienen un alcance que puede extenderse más allá de las zonas directamente afectadas, debido a la dispersión de contaminantes en el aire, lo que amplía la población expuesta y que en muchas ocasiones permanece invisibilizado.

5.1.3. Inundaciones

Las inundaciones son uno de los eventos climáticos extremos más frecuentes y que se ha identificado como de mayor impacto en la salud a nivel global. Su ocurrencia está asociada tanto a precipitaciones intensas como al aumento del nivel del mar (32). De acuerdo con Alderman et al., las inundaciones constituyen el tipo de desastre más común a nivel mundial y sus efectos en salud dependen tanto de las características del evento, de las condiciones del territorio donde sucede, así como de la vulnerabilidad de las poblaciones expuestas (33).

Los efectos en salud reportados de las inundaciones incluyen: lesiones, muertes por ahogamiento y trauma agudo, enfermedades infecciosas transmitidas por agua contaminada, como diarreas, hepatitis E y leptospirosis, así como enfermedades transmitidas por vectores debido a cambios en los ecosistemas. Además, las inundaciones pueden generar desplazamiento poblacional, inseguridad alimentaria posterior al evento, exposición a contaminantes, interrupción en la atención de enfermedades crónicas y afectaciones significativas en la salud mental, incluyendo ansiedad, depresión y trastorno de estrés postraumático (33).

A diferencia de otros eventos, los efectos de las inundaciones pueden extenderse en el tiempo y manifestarse a mediano y largo plazo. La evidencia disponible muestra que, además de los impactos que se presentan de forma inmediata, las inundaciones pueden agravar enfermedades no transmisibles, al afectar la continuidad del tratamiento en personas que ya presentaban condiciones crónicas; adicionalmente, muchas veces deterioran las condiciones de vida, además de generar consecuencias en nutrición, salud materno-infantil y bienestar psicosocial. No obstante, hay que señalar que los efectos de largo plazo aún no están completamente comprendidos, lo que resalta la necesidad de fortalecer la investigación epidemiológica, la vigilancia y la preparación de los sistemas de salud frente a estos eventos (33).

En este contexto, la Organización Mundial de la Salud señala que el cambio climático afecta la salud a través de múltiples vías, entre ellas la ocurrencia de eventos climáticos extremos. Estos incluyen no solo las olas de calor, inundaciones e incendios forestales que son los eventos que constituyen el foco de la presente revisión, sino también fenómenos de sequías, tormentas, huracanes, aumento del nivel del mar, cambios en la distribución de vectores y alteraciones en la disponibilidad y calidad del agua y los alimentos. Dichos eventos pueden producir efectos inmediatos como lesiones, enfermedades agudas y mortalidad, así como efectos indirectos que están más relacionados con el deterioro de la calidad del aire, la inseguridad alimentaria, la disponibilidad de agua, la transmisión de enfermedades infecciosas y las afectaciones en salud mental, incluyendo fenómenos como la solastalgia.

5.2. Medición de los efectos en la salud de las poblaciones en el contexto de cambio climático.

Un efecto en salud es cualquier cambio observable o medible en el estado de salud o bienestar físico, mental, emocional o social de una persona o población, que ocurre como resultado de una exposición, evento, factor de riesgo, determinante ambiental, hábito o intervención. Estos efectos pueden expresarse como síntomas, enfermedad, lesión, discapacidad, alteración funcional, afectación en la calidad de vida, uso de servicios de salud o muerte (34).

En el contexto de cambio climático y salud, un efecto en salud se entiende como cualquier cambio observable o medible en el estado de salud o bienestar físico, mental, emocional o social de una persona o población, asociado a la exposición directa o indirecta a amenazas climáticas o ambientales, como calor extremo, humo por incendios, inundaciones, sequías, cambios en la calidad del aire, agua o alimentos, o alteraciones en los determinantes sociales y ambientales de la salud(35,36).

La medición de los efectos que se originan producto del cambio climático y que tienen una repercusión sobre la salud constituye un componente importante de la salud pública actual y que se requiere para comprender la magnitud, distribución y carga de los desenlaces asociados a los eventos climáticos extremos.

En el contexto de tres eventos principales como son: las olas de calor, el humo por incendios y las inundaciones, la epidemiología permite cuantificar desenlaces como mortalidad, morbilidad, hospitalizaciones, consultas por urgencias, enfermedades respiratorias, problemas cardiovasculares, infecciosas, afectaciones en salud mental y otros resultados sanitarios relevantes.

La medición de estos efectos no se debe limitar a contar los casos o las muertes, sino que debe propender en buscar o establecer cómo determinados eventos ambientales incrementan el riesgo en poblaciones específicas, y en qué proporción los desenlaces pueden atribuirse a dichas exposiciones y qué carga representan para los sistemas de salud. Por ello, es que resulta necesario integrar el concepto de riesgo, las medidas de ocurrencia epidemiológica y las métricas utilizadas en salud ambiental, como la fracción atribuible poblacional, el riesgo atribuible poblacional y la carga de enfermedad.

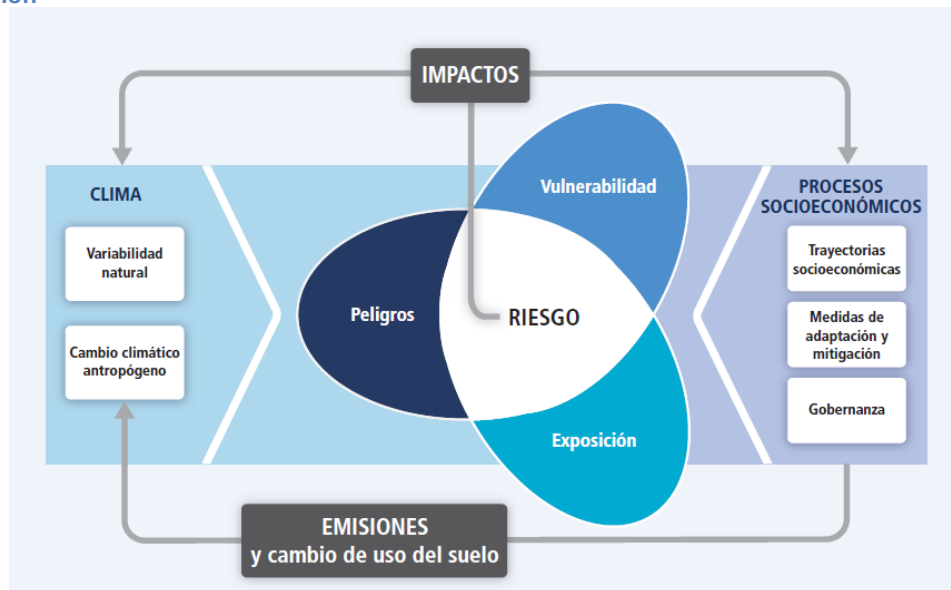
5.2.1. Concepto de riesgo

De acuerdo con lo dicho por el IPCC, en su informe del 2014, el riesgo climático debe ser entendido como: el resultado de la interacción entre tres elementos: peligro, exposición y vulnerabilidad(37). Esta aproximación permite analizar los impactos del cambio climático no solo a partir de la ocurrencia de un evento físico, sino también considerando las condiciones sociales, territoriales e institucionales que hacen que una población o sistema pueda verse más o menos afectado.

El peligro corresponde en el marco de este concepto de riesgo a la ocurrencia potencial de un evento o tendencia capaz de producir daño; la exposición se refiere por su parte a la presencia de personas, medios de vida, infraestructura o servicios en lugares donde pueden verse afectados; y la vulnerabilidad alude entonces a la predisposición de una población o sistema a sufrir daños, incluyendo la susceptibilidad y la limitada capacidad de respuesta o adaptación. El IPCC resume esta relación señalando que el riesgo surge de la interacción entre los tres: vulnerabilidad, exposición y peligro (38).

La Ilustración 2 sintetiza este marco conceptual del IPCC. En ella se observa que el riesgo no surge de un solo elemento, sino de la interacción entre peligro, exposición y vulnerabilidad. El peligro se relaciona con la variabilidad natural del clima y con el cambio climático antropogénico; mientras que la exposición y la vulnerabilidad están fuertemente condicionadas por procesos socioeconómicos, trayectorias de desarrollo, formas de ocupación del territorio, gobernanza y medidas de adaptación o mitigación. En consecuencia, el riesgo climático no puede comprenderse únicamente como resultado de la amenaza ambiental, sino como una construcción dinámica en la que interactúan el clima, la sociedad, el territorio y la capacidad institucional.

Ilustración 2. Conceptos básicos de la contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación



(37)

La lectura de esta figura es particularmente relevante para la salud pública. En primer lugar, permite reconocer que un mismo peligro climático puede generar impactos sanitarios diferentes según quiénes estén expuestos y bajo qué condiciones. Por ejemplo, una ola de calor no afecta de la misma manera a una persona joven y sana que a una persona mayor con enfermedades cardiovasculares, limitada movilidad o residencia en una zona urbana con efecto de isla de calor. De igual forma, el humo por incendios puede tener mayores consecuencias en personas con enfermedades respiratorias o cardiovasculares previas, niños, adultos mayores y poblaciones que viven en zonas con menor capacidad de protección frente a la contaminación del aire. En el caso de las inundaciones, el impacto sanitario puede ser mayor en comunidades asentadas en zonas de riesgo, con acceso limitado a agua potable, saneamiento deficiente, viviendas precarias o barreras para acceder oportunamente a los servicios de salud.

En segundo lugar, la figura permite comprender que los sistemas de salud también forman parte de la exposición y de la vulnerabilidad. Los hospitales, centros de salud, laboratorios, rutas de atención, sistemas de vigilancia, personal sanitario y mecanismos de referencia pueden estar ubicados o funcionar en territorios expuestos a inundaciones, incendios, altas temperaturas o interrupciones de servicios básicos. Por ello, el riesgo sanitario asociado al cambio climático no depende únicamente de la magnitud del evento climático, sino también de la capacidad del sistema de salud para anticipar, prevenir, vigilar, atender y recuperarse frente a sus efectos.

En tercer lugar, el marco del IPCC muestra que la adaptación puede modificar el nivel de riesgo. Las medidas de adaptación, como los sistemas de alerta temprana, la vigilancia integrada clima-salud, la infraestructura sanitaria resiliente, la comunicación del riesgo, la protección de poblaciones vulnerables y la coordinación intersectorial, pueden reducir la exposición, disminuir la vulnerabilidad y mejorar la capacidad de respuesta. Por tanto, desde la salud pública, la adaptación no debe entenderse únicamente como una reacción posterior al desastre, sino como un conjunto de acciones anticipatorias orientadas a reducir el riesgo antes de que este se exprese en enfermedad, hospitalización, muerte o interrupción de los servicios esenciales.

De esta manera, el riesgo sanitario asociado al cambio climático depende de la interacción entre la intensidad y frecuencia de los peligros climáticos, la distribución territorial de la exposición, las condiciones de vulnerabilidad de las poblaciones y la capacidad de los sistemas de salud para anticipar, prevenir, responder y adaptarse. Este enfoque resulta central para la presente revisión, porque permite interpretar los efectos en salud de las olas de calor, el humo por incendios y las inundaciones no como eventos aislados, sino como procesos complejos atravesados por desigualdades sociales, condiciones ambientales, capacidades institucionales y respuestas adaptativas diferenciadas.

5.2.2. Medidas de ocurrencia generales

Las medidas de ocurrencia son aquellas que permiten cuantificar la frecuencia con la que se presentan eventos de salud en una población determinada. Ahora bien, en el contexto de cambio climático y salud, estas medidas son útiles para describir la magnitud de los efectos asociados a eventos climáticos extremos y de esta forma comparar su distribución entre territorios, grupos poblacionales y periodos de tiempo.

Las definiciones que se presentan en la tabla 1 se fundamentan en *A Dictionary of Epidemiology*(39), obra de referencia de la International Epidemiological Association, la cual define la epidemiología como el estudio de la ocurrencia y distribución de estados o eventos relacionados con la salud en poblaciones



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Cali

específicas, incluyendo el estudio de sus determinantes y la aplicación de este conocimiento para el control de problemas de salud.

Tabla 1. Medidas de ocurrencia de morbilidad



Medida	Definición epidemiológica	Fórmula básica de cálculo	Utilidad en el estudio
Incidencia acumulada	Proporción de personas inicialmente libres del evento que desarrollan una enfermedad o desenlace de salud durante un periodo determinado.	Casos nuevos durante el periodo / Población en riesgo al inicio del periodo $\times K$	Permite estimar la aparición de nuevos desenlaces después de una exposición ambiental, por ejemplo, nuevos casos de enfermedad respiratoria durante episodios de humo por incendios o nuevos casos de enfermedad diarreica después de inundaciones.
Tasa de incidencia	Frecuencia con la que ocurren casos nuevos en una población en riesgo, considerando el tiempo de observación de las personas.	Casos nuevos / Suma del tiempo-persona en riesgo $\times K$	Útil cuando los periodos de seguimiento varían entre personas o territorios, por ejemplo, para comparar eventos de salud durante diferentes duraciones de olas de calor, incendios o inundaciones.
Prevalencia puntual	Proporción de personas que presentan una enfermedad, condición o evento de salud en un momento específico.	Casos existentes en un momento dado / Población total en ese momento $\times K$	Permite describir la magnitud de condiciones existentes en una población expuesta, como síntomas respiratorios, afectaciones en salud mental o enfermedades crónicas exacerbadas después de un evento climático extremo.
Prevalencia de periodo	Proporción de personas que presentan una enfermedad, condición o evento de salud en algún momento durante un periodo definido.	Casos existentes durante el periodo / Población total durante el periodo $\times K$	Permite estimar la carga de enfermedad durante un intervalo posterior a una exposición ambiental, como semanas posteriores a una inundación o días de exposición al humo por incendios.
Morbilidad general	Frecuencia de enfermedad, daño o afectación en salud en una población durante un periodo determinado. Puede medirse mediante incidencia, prevalencia, consultas, hospitalizaciones u otros indicadores sanitarios.	Casos de enfermedad o afectación en salud / Población de referencia $\times K$	Permite describir la carga de enfermedad asociada a olas de calor, humo por incendios e inundaciones, incluyendo enfermedades infecciosas, respiratorias, cardiovasculares, renales, lesiones y afectaciones en salud mental.



Tasa de hospitalización	Frecuencia de ingresos hospitalarios en una población durante un periodo determinado, expresada en relación con un denominador poblacional.	Número de hospitalizaciones / Población de referencia $\times K$	Permite evaluar el impacto de eventos climáticos extremos sobre la demanda de servicios hospitalarios, por ejemplo, hospitalizaciones respiratorias durante episodios de humo, cardiovasculares durante olas de calor o infecciosas después de inundaciones.
Tasa de consultas por urgencias	Frecuencia de atenciones en servicios de urgencias por causas específicas durante un periodo determinado.	Número de consultas por urgencias / Población de referencia $\times K$	Útil para detectar efectos agudos asociados a calor extremo, humo por incendios o inundaciones, especialmente cuando los desenlaces no culminan en hospitalización.

Tabla 2. Medidas de ocurrencia de mortalidad



Medida	Definición epidemiológica ajustada	Fórmula básica de cálculo	Utilidad en el estudio
Mortalidad general	Frecuencia de defunciones ocurridas en una población durante un periodo determinado, por todas las causas.	$\frac{\text{Número total de defunciones}}{\text{Población media durante el periodo}} \times K$	Permite describir el nivel general de mortalidad en una población expuesta a eventos climáticos extremos y comparar su comportamiento entre territorios o periodos.
Tasa específica de mortalidad	Frecuencia de defunciones en un grupo poblacional definido según edad, sexo, territorio, causa o condición de exposición.	$\frac{\text{Defunciones en el grupo específico}}{\text{Población media del mismo grupo}} \times K$	Permite identificar grupos con mayor riesgo de muerte durante olas de calor, incendios o inundaciones, como personas mayores, niños, personas con enfermedades crónicas o poblaciones en zonas de alto riesgo.
Tasa de mortalidad por causa específica	Frecuencia de defunciones atribuidas a una causa determinada en una población durante un periodo definido.	$\frac{\text{Defunciones por una causa específica}}{\text{Población media durante el periodo}} \times K$	Permite cuantificar muertes asociadas a desenlaces relacionados con el clima, como golpe de calor, enfermedades cardiovasculares, enfermedades respiratorias, ahogamiento, trauma o enfermedades infecciosas posteriores a inundaciones.
Mortalidad proporcional	Proporción de defunciones por una causa específica dentro del total de defunciones ocurridas en un periodo.	$\frac{\text{Defunciones por causa específica}}{\text{Total de defunciones}} \times 100$	Permite estimar la importancia relativa de una causa de muerte durante un evento climático extremo, por ejemplo, el porcentaje de muertes por ahogamiento entre todas las muertes registradas durante una inundación.



Letalidad	Proporción de personas con una enfermedad o evento de salud específico que fallecen a causa de dicho evento durante un periodo determinado. No mide el riesgo de morir en la población general, sino la gravedad del evento entre quienes lo presentan.	Defunciones por la enfermedad o evento / Casos diagnosticados de la enfermedad o evento $\times 100$	Permite valorar la gravedad de desenlaces asociados a eventos climáticos, por ejemplo, letalidad por golpe de calor, leptospirosis, dengue grave, enfermedad diarreica aguda severa o lesiones traumáticas posteriores a inundaciones.
Mortalidad atribuible	Número o proporción de defunciones que pueden atribuirse a una exposición específica, bajo ciertos supuestos epidemiológicos.	Defunciones observadas – Defunciones esperadas; o Tasa en expuestos – Tasa en no expuestos	Útil para estimar el exceso de muertes atribuibles a exposiciones ambientales como calor extremo, humo por incendios o inundaciones, comparando con periodos o poblaciones no expuestas.
Razón de mortalidad	Comparación entre la mortalidad observada en una población o periodo y la mortalidad esperada o registrada en otra población o periodo de referencia.	Mortalidad observada / Mortalidad esperada	Permite comparar la mortalidad durante un evento climático extremo frente a una línea basal histórica o frente a territorios no expuestos.

5.2.3. Medidas de ocurrencia asociadas a condiciones ambientales

En epidemiología ambiental, no solamente son útiles las medidas generales de ocurrencia, sino que se deben utilizar métricas orientadas a estimar cuánto de la carga de enfermedad puede atribuirse a una exposición ambiental. Estas medidas son especialmente relevantes cuando lo que se busca es cuantificar los efectos

de exposiciones como: temperaturas extremas, presencia de material particulado fino derivado de humo por incendios o contaminación del agua después de inundaciones.

5.2.3.1. Fracción atribuible poblacional

La fracción atribuible poblacional (FAP) estima la proporción de casos, muertes o carga de enfermedad que podría evitarse si una exposición o factor de riesgo se eliminara o se redujera a un nivel alternativo, bajo ciertos supuestos causales. Este enfoque es utilizado en los estudios de carga de enfermedad, como el Global Burden of Disease, para estimar la carga atribuible a factores de riesgo mediante indicadores como mortalidad atribuible, años de vida perdidos, años vividos con discapacidad y años de vida ajustados por discapacidad(40).

En el contexto que se viene trabajando de cambio climático, esta medida permite estimar, por ejemplo, qué proporción de muertes por calor puede atribuirse a temperaturas no óptimas o qué proporción de hospitalizaciones respiratorias puede atribuirse a PM_{2.5} derivado de humo por incendios.

La FAP es uno de los elementos que ha sido utilizada ampliamente en estudios de carga atribuible de enfermedad y en evaluaciones comparativas de riesgo. En el GBD, por ejemplo, las FAP se calculan frente a un nivel teórico mínimo de exposición al riesgo y se multiplican por la carga total del desenlace para estimar la carga atribuible en muertes, de forma que hay indicadores como los: AVP, AVD o AVAD/DALY (40).

Este enfoque también ha sido aplicado en estudios sobre cambio climático y salud para estimar la mortalidad atribuible a temperaturas no óptimas, la proporción de muertes por calor atribuibles al cambio climático antropogénico y la carga de hospitalizaciones o muertes atribuibles a PM_{2.5} derivado de incendios forestales(41)

5.2.3.2. Riesgo atribuible poblacional

El riesgo atribuible poblacional expresa el exceso absoluto de ocurrencia de un desenlace en la población que puede asociarse con una exposición. A diferencia de la fracción atribuible, que se interpreta como proporción, el riesgo atribuible poblacional permite expresar el exceso en términos absolutos, por ejemplo, número adicional de hospitalizaciones, consultas o muertes asociadas a una exposición ambiental.

Para temperatura y mortalidad, Gasparrini et al. estimaron la mortalidad atribuible a temperaturas altas y bajas en múltiples países, calculando la carga atribuible a temperaturas no óptimas; Zhao et al. estimaron la carga global, regional y nacional de mortalidad asociada a temperaturas no óptimas entre 2000 y 2019; y Vicedo-

Cabrera et al. estimaron la carga de muertes por calor atribuibles al cambio climático antropogénico (41).

5.2.3.3. Carga de enfermedad

La carga de enfermedad es lo que permite estimar el impacto total de una exposición o factor de riesgo sobre la salud poblacional. Por ejemplo, en los estudios de carga global de enfermedad, este impacto puede expresarse mediante indicadores como muertes atribuibles, años de vida perdidos (YLL), años vividos con discapacidad (YLD) y años de vida ajustados por discapacidad (DALY) (40). En el contexto de la actual investigación que es el de eventos climáticos extremos, esta aproximación permite dimensionar no solo la frecuencia de los desenlaces, sino también su gravedad, duración y consecuencias para la salud pública. Estas medidas son especialmente importantes para traducir la evidencia epidemiológica en información útil para la planificación sanitaria, la priorización de intervenciones y la formulación de políticas de adaptación.

5.2.3.3.1. Carga de enfermedad ambiental

La carga de enfermedad que es atribuible al ambiente permite estimar la pérdida de salud asociada con la exposición de una población a factores de riesgo presentes en su entorno. Este enfoque, por lo tanto, no se limita a contar casos de enfermedad o defunciones, sino que busca establecer qué proporción de la carga observada podría evitarse si la exposición se redujera hasta un nivel mínimo teórico de riesgo. Para ello se utilizan medidas sintéticas como los años de vida ajustados por discapacidad (AVAD), también denominados AVISA en el informe del Instituto Nacional de Salud colombiano. Esta medida integra los años de vida perdidos por muerte prematura y los años vividos con discapacidad; por tanto, un AVAD representa la pérdida equivalente a un año de vida en plena salud (42).

En Colombia, el principal antecedente es el informe Carga de enfermedad ambiental en Colombia, publicado en 2018 por el Observatorio Nacional de Salud del Instituto Nacional de Salud. El estudio estimó la carga atribuible a factores ambientales durante 2016, tanto en el ámbito nacional como departamental. La metodología tomó como referente el estudio Global Burden of Disease del año 2016 y combinó datos con la Encuesta Nacional de Demografía y Salud, los Registros Individuales de Prestación de Servicios de Salud, la Encuesta Nacional de Calidad de Vida, las Estadísticas Vitales y proyecciones poblacionales del DANE, registros del IDEAM, literatura científica y estimaciones del GBD de 2016(42).

El análisis incorporó parámetros de mortalidad, morbilidad y severidad de los eventos, así como la prevalencia de exposición a los factores de riesgo, desagregados por edad y sexo. La carga atribuible se estimó mediante el enfoque de riesgo atribuible poblacional, comparando la exposición observada con el nivel mínimo teórico de exposición. De esta manera, el estudio estimó el número de muertes y de AVISA que podrían evitarse mediante la reducción de los riesgos ambientales considerados (42)

Los factores analizados se agruparon en tres categorías. La primera correspondió a la contaminación del aire e incluyó la exposición ambiental a material particulado fino es decir $PM_{2.5}$, la contaminación del aire en el hogar por el uso de combustibles sólidos y la exposición ambiental al ozono. La segunda comprendió los riesgos relacionados con agua, saneamiento e higiene, incluidos el acceso a agua insegura, las condiciones inadecuadas de saneamiento y la falta de instalaciones para el lavado de manos. La tercera incluyó la exposición a plomo en sangre y hueso y al radón residencial. Los eventos en salud seleccionados fueron enfermedad diarreica aguda, infecciones respiratorias bajas, cáncer de pulmón, enfermedad isquémica del corazón, enfermedad cerebrovascular, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, enfermedad renal crónica, discapacidad intelectual idiopática y cataratas; para estos dos últimos desenlaces se analizó únicamente la morbilidad (42).

En el informe se estimaron 17.549 muertes y 335.180 AVISA atribuibles a los factores ambientales incluidos. Las muertes atribuibles representaron aproximadamente el 8 % de la mortalidad total registrada en el país durante 2016. La contaminación del aire produjo las mayores pérdidas de vida saludable, principalmente por su asociación con la enfermedad isquémica del corazón, mientras que los riesgos relacionados con el agua, el saneamiento y la higiene se vincularon fundamentalmente con la enfermedad diarreica aguda. En conjunto, la exposición a los factores estudiados representó el 3,4 % de los AVISA perdidos por todas las causas en Colombia (42).

Para la evaluación específica de la contaminación atmosférica, una herramienta complementaria es el AirQ+, desarrollada por la Oficina Regional para Europa de la OMS. El programa permite cuantificar la carga y el impacto sanitario atribuibles a exposiciones de corto y largo plazo a la contaminación del aire. Sus principales metodologías utilizan funciones concentración-respuesta procedentes de estudios epidemiológicos, especialmente estudios de cohorte que relacionan las concentraciones promedio de contaminantes con el riesgo de mortalidad en las poblaciones expuestas. Su aplicación requiere información sobre concentraciones, población, frecuencia basal del desenlace y riesgo relativo, y debe realizarse con acompañamiento epidemiológico o de especialistas en evaluación del impacto sanitario (43,44)

En el ámbito urbano, Pérez Molina et al. (2025) analizaron la carga asociada con factores ambientales en las 20 localidades de Bogotá mediante un estudio ecológico cuantitativo. Los autores emplearon datos secundarios de SALUDATA, los RIPS, las proyecciones poblacionales y las Estadísticas Vitales del DANE. El estudio estimó años de vida perdidos, años vividos con discapacidad y años de vida ajustados por discapacidad para grupos de enfermedades influenciados por condiciones ambientales, entre ellos eventos cardiovasculares, respiratorios, gastrointestinales, cánceres, enfermedades asociadas con el calor y nefritis vinculada con metales pesados. Este ejercicio aporta una aproximación territorial

a la distribución de la carga, aunque, por su diseño ecológico, sus resultados deben interpretarse en el nivel poblacional y no como relaciones causales individuales (45).

En Medellín, Grisales-Romero et al. (2021) estimaron la carga atribuible a la exposición ambiental a PM_{2,5} entre 2010 y 2016 siguiendo las orientaciones del GBD. Los AVAD atribuibles a PM_{2,5} representaron el 13,8 % de la carga total estimada para la ciudad y el 71,4 % correspondió a mortalidad prematura. Las mayores contribuciones provinieron de la enfermedad isquémica del corazón, las enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores, la influenza y la neumonía. Estos resultados evidencian que una proporción relevante de la pérdida de salud urbana puede asociarse con una exposición ambiental prevenible (46).

Nieto-López et al. (2022) complementaron este análisis mediante la estimación de los costos de la morbilidad y mortalidad atribuibles a PM_{2,5} en Medellín. El estudio aplicó los enfoques de costo de la enfermedad y capital humano, incorporando costos médicos directos y pérdidas de productividad. Para el periodo 2010–2016 estimó 5.540 años potenciales de vida laboral perdidos y costos totales de USD 86 millones en el escenario de referencia y USD 281,2 millones en el escenario alternativo. Estos hallazgos muestran que la carga ambiental no solo representa pérdida de salud, sino también presión sobre los servicios sanitarios, los hogares y la productividad económica. No obstante, este artículo corresponde a una primera versión que, al momento de su publicación, se encontraba pendiente de revisión por pares (47).

En conjunto, estos antecedentes muestran que la estimación de la carga atribuible constituye una herramienta útil para traducir las exposiciones ambientales en indicadores comparables de mortalidad prematura, discapacidad y costos económicos. Su valor para la toma de decisiones depende de la calidad de los datos sobre exposición y desenlaces, de la selección adecuada de las funciones de concentración-respuesta y del reconocimiento de la incertidumbre inherente a la estimación de la fracción atribuible. Por ello, sus resultados deben complementarse con análisis territoriales, sociales y de desigualdad que permitan identificar no solo cuánta salud se pierde, sino también dónde, en qué poblaciones y bajo qué condiciones se concentra esa pérdida.

6. Estado del Arte

6.1. Cambio climático y salud

El cambio climático constituye uno de los mayores desafíos para la salud pública en el siglo XXI. La Organización Mundial de la Salud en su reciente informe “La salud argumento para la acción climática” señala en la página 11 que “los impactos climáticos ya representan una amenaza existencial para la vida humana y generan pérdidas significativas en la salud, el bienestar y los medios de vida de

las poblaciones, particularmente en comunidades vulnerables (4), de igual forma se establece que la crisis climática ejerce presión creciente sobre la capacidad de los sistemas de salud para prevenir, adaptarse y responder a los riesgos sanitarios emergentes asociados al cambio climático (4).

Dentro de las previsiones se tiene que los efectos del cambio climático no se distribuyan de una manera uniforme entre las poblaciones, siendo las regiones más vulnerables al cambio climático, las que también presentan una menor cobertura de servicios de salud(4). Teniendo en cuenta esto, es posible considerar el cambio climático no solo como un determinante estructural de la salud, sino como un factor que profundiza las inequidades sanitarias, ya que interactúa con determinantes sociales, económicos y políticos que a su vez influyen en la exposición y vulnerabilidad de las poblaciones frente a los riesgos climáticos.

En este sentido, se ha señalado que la posición socioeconómica de las personas condiciona diferencias en la exposición y en la vulnerabilidad frente a las condiciones que comprometen la salud (6). Instituciones como la Organización Mundial de la Salud han señalado que “muchas de las regiones del mundo con mayor vulnerabilidad al cambio climático son también aquellas con menor cobertura de atención en salud, y los grupos más desfavorecidos de la sociedad suelen ser también los más vulnerables a los riesgos climáticos”(4).

En este contexto, diversos estudios han señalado que el cambio climático está modificando de manera progresiva los perfiles epidemiológicos y las condiciones ambientales que determinan la salud de las poblaciones. Por ejemplo, el informe de The Lancet Countdown de 2023, en el que se realizó un análisis global de eventos de mortalidad asociados al calor, se logró identificar 783 episodios documentados de mortalidad relacionados con temperaturas extremas, para ello se analizaron 164 ciudades de 36 países, evidenciando la magnitud del impacto del calor extremo sobre la salud humana.(48).

Asimismo, estimaciones recientes indican que alrededor del 30% de la población mundial ya está en este momento se encuentra expuesta al menos durante 20 días al año a condiciones climáticas que superan los umbrales asociados con mortalidad por calor, y se proyecta que esta proporción podría aumentar hasta aproximadamente el 74% hacia finales del siglo XXI en escenarios de altas emisiones de gases de efecto invernadero. (48)En este sentido, diversos análisis epidemiológicos advierten que las amenazas generalizadas que el cambio climático representa para la salud humana, exigen acciones urgentes por parte de los sistemas de salud y los gobiernos para proteger la salud de las generaciones actuales y futuras, dada la creciente evidencia de que el calentamiento global está amplificando múltiples riesgos sanitarios asociados a condiciones ambientales extremas (49).

Desde la epidemiología ambiental, la temperatura ya se reconoce como un determinante cuantificable de mortalidad. En el estudio multicéntrico de Gasparrini

et al., llevado a cabo en 384 localidades de 13 países y en el que se logró analizar 74,225,200 muertes, terminó concluyendo que 7.71% de la mortalidad fue atribuible a temperaturas no óptimas, con una mayor contribución de estas a causa del frío (7.29%), ya que el calor era únicamente el 0.42%. Además, el mismo estudio muestra que la fracción atribuible a temperaturas extremas (tanto por frío como por calor) fue relativamente menor (0.86%), y que una parte sustancial de la carga se concentra en temperaturas “moderadas” pero no óptimas, precisamente por su mayor frecuencia. Esto es clave para el argumento de cambio climático y salud: si el calentamiento desplaza la distribución térmica y aumenta la exposición a calor “no óptimo”, el riesgo poblacional puede aumentar incluso sin depender exclusivamente de eventos extremos (50).

Más allá de la asociación, ya existe evidencia de atribución al calentamiento inducido por humanos. Vicedo-Cabrera et al. estimaron en 732 localidades de 43 países durante el período de 1991 a 2018 que en el escenario factual (forzamientos naturales + antropogénicos), la mortalidad por calor en temporada cálida era de 1.56% de todas las muertes que se presentaban durante la temporada cálida, frente a 0.98% en el contrafactual (solo forzamientos naturales). Esa diferencia se interpreta como la fracción atribuible al cambio climático antropogénico: 0.58% (IC95%: 0.24–1.14) de todas las muertes en temporada cálida, equivalente a 9,702 muertes (IC95%: 4,005–19,135). En la misma línea, el estudio reportó que, en promedio, 37.0% (rango 20.5–76.3%) de las muertes por calor en temporada cálida puede atribuirse al cambio climático antropogénico (51).

Estas tendencias se reflejan en indicadores globales de exposición, según el informe de Lancet Countdown 2023, durante 2018–2022 se registraron en promedio 86 días/año con temperaturas que alcanzaron niveles potencialmente dañinos para la salud. Además, los análisis de atribución sugieren que más del 60% de esos días ocurrieron con una probabilidad de más del doble de la esperada en ausencia del calentamiento inducido por actividades humanas. En concordancia con ello, el mismo informe estima que la mortalidad por calor en mayores de 65 años aumentó 85% durante el período 2013 a 2022 comparado con 1991–2000 (52).

Finalmente, en términos de carga futura, la OMS proyecta que, bajo un escenario base, habría aproximadamente 250,000 muertes adicionales por año entre 2030 y 2050 atribuibles al cambio climático (para un subconjunto de vías), y que para 2030 se incrementará en 48,000 muertes adicionales por diarrea y 60,000 por malaria (53).

Con las cifras presentadas se soporta el argumento de la presenta investigación y es que el cambio climático no es solo un problema ambiental, sino un problema epidemiológico medible, que aumenta la exposición peligrosa, eleva la mortalidad por calor y desplaza riesgos infecciosos y nutricionales, con impactos desiguales según la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación de la población.



6.2. Herramientas que permiten el cálculo de los efectos en salud derivados del cambio climático

6.2.1. AirQ+

Una herramienta relevante para estimar impactos sanitarios asociados a contaminación del aire es AirQ+, desarrollada por la Organización Mundial de la Salud. AirQ+ permite cuantificar la carga e impacto en salud atribuible a la contaminación atmosférica, incluyendo exposiciones de corto y largo plazo a contaminantes ambientales. Sus metodologías se basan principalmente en evidencia de estudios epidemiológicos de cohorte que relacionan niveles promedio de contaminación con riesgos de mortalidad en poblaciones expuestas.

En el contexto de este estudio, AirQ+ puede ser útil especialmente para comprender cómo se estiman los efectos en salud asociados a contaminación atmosférica, particularmente PM_{2.5}, un contaminante relevante en episodios de humo por incendios. La herramienta permite calcular indicadores como muertes atribuibles, carga de enfermedad y beneficios potenciales de reducción de la exposición. La OMS Europa señala que AirQ+ permite cuantificar efectos en salud de la exposición a contaminación del aire, incluyendo estimaciones relacionadas con reducción de la esperanza de vida y otros impactos relevantes(54).

Sin embargo, es importante precisar que AirQ+ no reemplaza otros enfoques metodológicos necesarios para estudiar olas de calor o inundaciones. En el caso del calor extremo suelen emplearse análisis de series de tiempo, modelos de rezagos distribuidos no lineales y estimaciones de mortalidad atribuible a temperatura. Para inundaciones, pueden utilizarse estudios de cohorte, estudios ecológicos, análisis de hospitalizaciones, vigilancia epidemiológica, estudios de brotes y evaluación de impactos en salud mental o continuidad de atención. Por tanto, AirQ+ debe presentarse como una herramienta relevante para impactos asociados a contaminación del aire, no como una herramienta universal para los tres eventos climáticos analizados (44).

6.3. Olas de calor

La evidencia epidemiológica reciente confirma que las olas de calor incrementan de forma significativa el riesgo de muerte y enfermedad, especialmente en contextos urbanos. En un meta-análisis centrado en salud urbana que revisó 188 estudios incluidos de 12,893 identificados, se estimó que por cada aumento de 1 °C se asocia con un incremento de 2.1% en mortalidad relacionada con enfermedad (RR 1.021; IC95% 1.018–1.023) y un aumento de 1.1% en morbilidad (RR 1.011; IC95% 1.007–1.016). Además, cuando la exposición se define específicamente como ola de calor, el efecto agregado es mayor: se reportó un aumento de la mortalidad total de RR 1.224 (IC95% 1.186–1.264) y un aumento de la morbilidad de RR 1.038 (IC95% 1.010–1.066). Por ejemplo, el análisis por intensidad mostró una relación dosis-respuesta: para mortalidad, las olas de calor

de alta intensidad alcanzaron RR 1.322 (IC95% 1.254–1.393), frente a niveles intermedios (RR 1.173) y bajos (RR 1.086)(55).

Más allá del riesgo relativo, la literatura más reciente también cuantifica la carga poblacional de mortalidad por olas de calor y su atribución a cambio climático antropogénico. Un estudio global con datos de mortalidad y clima de alta resolución analizó 2,013 localidades en 67 territorios y estimó que en 2023 ocurrieron 178,486 muertes en exceso asociadas a olas de calor (IC95% eCI: 159,892–204,147), lo que equivale a 0.73% de las muertes globales durante los meses más cálidos y a 23 muertes por millón de habitantes. (56). Adicionalmente, los autores analizaron los dos escenarios: factual y contrafactual, y estimaron que 54.29% (IC95% eCI: 45.71%–61.36%) de las muertes por olas de calor en 2023 fueron atribuibles al cambio climático inducido por humanos, equivalente a 96,900 muertes (IC95% eCI: 73,089–125,266). (56)

Los estudios citados sustentan con evidencia cuantitativa que las olas de calor constituyen un problema epidemiológico, ya que elevan de manera consistente el riesgo de mortalidad y morbilidad (RR>1), con incrementos que se intensifican cuando la ola de calor es más severa; y adicional generan una carga poblacional medible de muertes en exceso, una proporción importante de las cuales es atribuible al calentamiento antropogénico (55,56).

6.4. Humo por incendios

Desde la epidemiología ambiental, el humo de incendios forestales, especialmente la fracción fina es decir el PM_{2.5}, que se asocia principalmente con efectos adversos agudos y crónicos sobre la salud, con impacto en mortalidad, hospitalizaciones y salud mental; lo cual se logró demostrar mediante una revisión sistemática y meta-análisis realizada por Gould et al, quienes encontraron que por cada 1 µg/m³ adicional de PM_{2.5} proveniente de los incendios, la mortalidad por todas las causas en el mismo día aumentaba 0.15% (IC95% 0.01–0.28%); además, hubo asociaciones robustas con desenlaces respiratorios, ya que las hospitalizaciones respiratorias aumentaron 0.25% (IC95% 0.09–0.52%) y las visitas a urgencias respiratorias aumentaron 0.36% (IC95% 0.19–0.53%) por cada 1 µg/m³ adicional de PM_{2.5} por humo. (57). Estos resultados apoyan que el humo no solo incrementa el riesgo, sino que lo hace de forma consistente en desenlaces clave como: la mortalidad y problemas de tipo respiratorio, con evidencia menos consistente para morbilidad cardiovascular.

De igual manera la evidencia observacional y de servicios de salud muestra efectos clínicos medibles en población vulnerable. En un estudio de cohorte retrospectiva en adultos mayores (Medicare; 10,369,361 personas; 4,760,651 hospitalizaciones no programadas; 2006–2016), se observó que las curvas concentración-respuesta para hospitalizaciones respiratorias y cardiovasculares fueron prácticamente planas en concentraciones bajas, pero aumentaron cuando el humo superó aproximadamente 25 µg/m³. En promedio, las hospitalizaciones

respiratorias diarias aumentaron 2.40 por 100,000 (IC95% 0.17–4.63) al comparar un escenario de exposición de 0 a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (mismo día y semana previa), mientras que para cardiovasculares el incremento fue 2.61 por 100,000 (IC95% –0.09 a 5.30, no significativo) (58).

Este patrón respalda el argumento de que el humo por incendios incrementa de manera cuantificable la demanda de atención hospitalaria por causas respiratorias, sobre todo cuando las concentraciones de $\text{PM}_{2.5}$ atribuible a humo alcanzan niveles altos. En un estudio en adultos mayores del oeste de Estados Unidos que eran beneficiarios de Medicare, se encontró que al aumentar las concentraciones de $\text{PM}_{2.5}$ por humo de 0 a 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, las hospitalizaciones respiratorias diarias aumentaban en promedio 2.40 por 100,000 personas (IC95%: 0.17 a 4.63). En contraste, el cambio promedio en hospitalizaciones cardiovasculares fue 2.61 por 100,000 (IC95%: –0.09 a 5.30), con intervalos que incluyen el cero. Además, el estudio describió que la curva concentración–respuesta para hospitalizaciones fue prácticamente plana por debajo de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, pero mostró un incremento entre 20 y 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (con incertidumbre creciente por encima de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) (59).

Además de lo respiratorio, el humo por incendios se asocia con desenlaces de salud mental medibles a escala poblacional. En el estudio con diseño case-crossover en el oeste de Estados Unidos (2007–2018) realizado por Zhu et al, en el que se analizaron 1,897,865 visitas a urgencias por trastornos de ansiedad, se encontró que un aumento de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la exposición promedio de 48 horas de humo con $\text{PM}_{2.5}$ estaba asociado con un aumento del riesgo de visitas a urgencias por ansiedad de 0.6% (OR 1.006; IC95% 1.000–1.013; $P=0.040$). Para interpretar los análisis por eventos, el estudio define eventos de humo (smoke events) como los días en los que el $\text{PM}_{2.5}$ derivado del humo, aporta $\geq 25\%$ del $\text{PM}_{2.5}$ total, y los eventos mayores de humo (major smoke events), son definidos como días en los que el $\text{PM}_{2.5}$ derivado del humo aporta $\geq 75\%$ del $\text{PM}_{2.5}$ total. Bajo esa definición, los eventos mayores de humo sí se asociaron con un aumento claro del riesgo: OR 1.063 (IC95% 1.015–1.113; $P=0.009$) (60).

6.5. Inundaciones

Las inundaciones constituyen uno de los peligros climáticos más frecuentes y, en el contexto del cambio climático, su intensidad y frecuencia se proyectan en aumento. En el Reino Unido, por ejemplo, Wu et al, documentaron que las inundaciones representaban el 47% de todos los desastres meteorológicos en el período 1995 a 2015, y que, en ese tiempo más de 2.3 mil millones de personas se vieron afectadas y más de 157,000 murieron directamente por desastres por inundación (61).

Además, la evidencia reciente advierte que las inundaciones catastróficas se han intensificado en severidad, duración y frecuencia por cambios recientes en el clima (entre otros factores). En términos de inequidad, la carga también se concentra

desproporcionadamente en países de ingresos bajos y medianos: se reporta que 89% de la población global expuesta a inundaciones reside en países de bajos ingresos (LMICs - Low- and Middle-Income Countries) (62).

Desde la epidemiología, los efectos en salud se observan en desenlaces diversos y cuantificables, por ejemplo en salud materna, el estudio realizado por He et al, que fue multicéntrico incluyéndose 33 países en desarrollo, y en el que se analizaron 90,465 registros de pérdida gestacional, se encontró que la exposición a inundaciones durante la gestación se asoció con mayor probabilidad de pérdida del embarazo (OR 1.08; IC95% 1.04–1.11) y estimó 107,888 pérdidas gestacionales atribuibles anualmente en esos países. La magnitud del riesgo aumenta cuando la exposición es más intensa o repetida: para duraciones >16 días se reportó OR 2.00 (IC95% 1.83–2.18), y para ≥ 2 exposiciones OR 1.78 (IC95% 1.69–1.88) (62).

En mortalidad, también hay señal epidemiológica de impactos más allá del corto plazo. Un estudio caso-control anidado con UK Biobank (33,021 muertes y 258,393 controles) mostró que cada aumento de una unidad en un índice de inundación se asoció con incremento del riesgo de mortalidad por todas las causas en el modelo totalmente ajustado (OR 1.067; IC95% 1.063–1.071) acumulado en rezagos de 0–5 años. En desenlaces específicos, se observó un patrón temporal diferenciado: la mortalidad por suicidio fue más fuerte en el año corriente (OR 1.018; IC95% 1.008–1.028), mientras que la mortalidad por causas neurodegenerativas y por enfermedad mental mostró mayor fuerza en rezagos de 3–4 años (61).

Finalmente, la evidencia de demanda de servicios sugiere impactos amplios y persistentes; por ejemplo, en adultos mayores de 65 años en EE. UU. mediante un análisis de 72 eventos de inundación (2000–2016) en el que se incluyeron 4,878,158 hospitalizaciones, se detectó aumentos promedio (durante exposición y semanas posteriores) para varias causas: piel (+3.1%), sistema nervioso (+2.5%), y musculoesquelético (+1.3%) (63).

Complementariamente, un estudio multinacional en ocho territorios (2000–2019) reportó que el riesgo de hospitalización aumentó hasta 210 días después de la exposición, con un riesgo relativo acumulado para todas las causas de riesgo relativo acumulado (cumRR) de 1.26 (IC95% 1.15–1.38) y aumentos destacados para diabetes (1.61; 1.39–1.86) y enfermedad renal (1.40; 1.22–1.60) (64).

7. Metodología

7.1. Diseño del estudio

El presente estudio se desarrollará como una revisión de alcance, orientada a analizar la evidencia publicada en artículos científicos durante los últimos diez

años sobre los efectos en salud y bienestar derivados de olas de calor, humo por incendios e inundaciones, así como las recomendaciones o implicaciones para la adaptación de los sistemas de salud en Latinoamérica y el Caribe.

La revisión de alcance se considera que es pertinente para esta investigación porque permite examinar un campo amplio, heterogéneo y metodológicamente diverso, sin restringirse exclusivamente a la estimación de un efecto único o a la comparación de intervenciones. Este tipo de revisión permite mapear conceptos, identificar tipos de evidencia, reconocer vacíos de conocimiento, así como describir el abordaje histórico de un fenómeno en la literatura científica. El presente estudio seguirá el marco metodológico propuesto por Arksey y O'Malley, estructurado en cinco fases: identificación de la pregunta de investigación, identificación de estudios relevantes, selección de estudios, extracción de datos y síntesis y reporte de resultados.

En coherencia con este enfoque, la revisión permitirá organizar la evidencia disponible en torno a tres dimensiones principales: las características de la evidencia científica publicada, los efectos en salud y bienestar que han sido reportados, y las recomendaciones o las implicaciones que se han propuesto para la adaptación de los sistemas de salud frente a los eventos climáticos extremos seleccionados.

7.1. Fases metodológicas según Arksey y O'Malley

El estudio seguirá las cinco fases propuestas por Arksey y O'Malley para revisiones de alcance:

7.1.1. Fase 1. Identificación de la pregunta de investigación

Se definió una pregunta orientada a conocer cómo se ha documentado la evidencia sobre los efectos en salud y bienestar, así como las recomendaciones o implicaciones para la adaptación de los sistemas de salud que se deriven del estudio de las olas de calor, el humo por incendios y/o las inundaciones en América Latina y el Caribe. Que se presenta en el numeral 2 de la presente investigación, pero que para continuar con la explicación metodológica se retoma en este aparte:

¿Cuáles son los efectos en la salud de la ocurrencia de olas de calor, humo por incendios e inundaciones en LAC y cuáles son las recomendaciones para (revisar) implementar respuestas adaptativas en los sistemas salud, según la literatura científica de los últimos diez años?

7.1.1.2. Fase 2. Identificación de estudios relevantes

Se realizó una búsqueda estructurada en PubMed/MEDLINE, Embase y BIREME/BVS, para lo cual se emplearon, términos controlados y libres relacionados con eventos climáticos extremos, efectos en salud, adaptación de sistemas de salud y Latinoamérica y el Caribe.

- MeSH (PubMed/MEDLINE)

Español	Ingles	Termino normalizado
Olas de calor	heat wave	Extreme Heat
Altas temperaturas	high temperature	high temperature
	Heat Stress	Heat Stress Disorders
	forest fire	Wildfires
Inundaciones	Floods	Floods
Cambio climático	Climate Change	Climate Change
Humo de incendios	fire smoke	Fires
Polución del aire	Air Pollution	Air Pollution

- Términos libres

Calor	extreme heat
	high temperature
	temperature extremes
	heat stress
Humo / incendios	wildfire smoke
	forest fire
	Bushfire
	biomass burning
Inundaciones	flood
	Flooding
	Inundation
	extreme rainfall

Con esto se construyeron las siguientes claves de búsqueda

- Clave 1: Foco en eventos climáticos y ambientales del cambio climático ("Extreme Heat" OR "High Temperature" OR "Heat Stress Disorders" OR "Wildfires" OR "Fires" OR "Floods" OR "Air Pollution") AND "Climate Change" AND ("Latin America" OR "South America" OR "Central America" OR "Caribbean Region")

Clave 2: Foco en los efectos en salud del cambio climático

("Health Impact Assessment" OR "Environment and Public Health" OR "Risk Factors" OR "Health Risk Behaviors" OR "Mortality" OR "Mortality, Premature" OR "Morbidity" OR "Multimorbidity" OR "Quality of Life") AND "Climate Change" AND ("Latin America" OR "South America" OR "Central America" OR "Caribbean Region")

Clave 3: Estrategia combinada salud y ambiente originada por cambio climático ("Extreme Heat" OR "High Temperature" OR "Heat Stress Disorders" OR "Wildfires" OR "Fires" OR "Floods" OR "Air Pollution") AND ("Health Impact Assessment" OR "Environment and Public Health" OR "Risk Factors" OR "Health Risk Behaviors" OR "Mortality" OR "Mortality, Premature" OR "Morbidity" OR "Multimorbidity" OR "Quality of Life") AND "Climate Change" AND ("Latin America" OR "South America" OR "Central America" OR "Caribbean Region")

Clave 4: Eventos climáticos extremos + salud (sin forzar "Climate Change") ("Extreme Heat" OR "High Temperature" OR "Heat Stress Disorders" OR "Wildfires" OR "Fires" OR "Floods" OR "Air Pollution") AND ("Health Impact Assessment" OR "Environment and Public Health" OR "Risk Factors" OR "Health Risk Behaviors" OR "Mortality" OR "Mortality, Premature" OR "Morbidity" OR "Multimorbidity" OR "Quality of Life") AND ("Latin America" OR "South America" OR "Central America" OR "Caribbean Region")

Clave 5. Eventos climáticos extremos y respuestas adaptativas

("Extreme Heat" OR "High Temperature" OR "Heat Stress Disorders" OR "Wildfires" OR "Fires" OR "Floods" OR "Air Pollution") AND ("Health System Adaptation" OR "Adaptive Capacity" OR "Health System Resilience" OR "Climate-Resilient Health Systems" OR "Preparedness" OR "Public Health Preparedness" OR "Surveillance" OR "Epidemiological Surveillance" OR "Early Warning Systems" OR "Emergency Response" OR "Disaster Risk Management" OR "Public Health Response" OR "Health Planning" OR "Climate Adaptation") AND ("Latin America" OR "South America" OR "Central America" OR "Caribbean Region")

Clave 6. Estrategia integrada completa

("Extreme Heat" OR "High Temperature" OR "Heat Stress Disorders" OR "Wildfires" OR "Fires" OR "Floods" OR "Air Pollution") AND ("Health Impact Assessment" OR "Environment and Public Health" OR "Risk Factors" OR "Health Risk Behaviors" OR "Mortality" OR "Mortality, Premature" OR "Morbidity" OR "Multimorbidity" OR "Quality of Life") AND ("Health System Adaptation" OR "Adaptive Capacity" OR "Health System Resilience" OR "Climate-Resilient Health Systems" OR "Preparedness" OR "Public Health Preparedness" OR "Surveillance" OR "Epidemiological Surveillance" OR "Early Warning Systems" OR "Emergency Response" OR "Disaster Risk Management" OR "Public Health Response" OR

"Health Planning" OR "Climate Adaptation") AND ("Latin America" OR "South America" OR "Central America" OR "Caribbean Region")

Clave 7. Respuestas adaptativas sin forzar desenlaces específicos
("Health System Adaptation" OR "Adaptive Capacity" OR "Health System Resilience" OR "Climate-Resilient Health Systems" OR "Preparedness" OR "Public Health Preparedness" OR "Surveillance" OR "Epidemiological Surveillance" OR "Early Warning Systems" OR "Emergency Response" OR "Disaster Risk Management" OR "Public Health Response" OR "Health Planning" OR "Climate Adaptation") AND ("Climate Change" OR "Extreme Heat" OR "Wildfires" OR "Floods" OR "Air Pollution") AND ("Latin America" OR "South America" OR "Central America" OR "Caribbean Region")

7.1.3. Fase 3. Selección de estudios

Los registros identificados fueron depurados y evaluados mediante cribado de título y resumen, lo cual se realizó en Rayyan. Posteriormente, los artículos potencialmente elegibles fueron revisados en texto completo para determinar su inclusión final, para lo cual se utilizó igualmente el mencionado software .

7.1.3.1. Criterios de elegibilidad

Se incluyeron artículos que cumplieron con los criterios de temporalidad, ámbito geográfico, idioma, disponibilidad de texto completo y procedencia de las bases de datos señaladas previamente. De manera adicional, los estudios debieron cumplir con los siguientes criterios de elegibilidad:

- Abordaron al menos uno de los tres eventos climáticos de interés para esta revisión: olas de calor, humo por incendios o inundaciones. También se incluyeron estudios que analizaron dos o los tres eventos seleccionados, así como estudios multievento que incorporaron otros eventos relacionados con el cambio climático, siempre que fue posible identificar información específica sobre al menos uno de los tres eventos definidos para la presente revisión.
- Reportaron efectos en salud o bienestar, indicadores epidemiológicos, condiciones de salud, medidas de ocurrencia, medidas de asociación, estimadores de carga o recomendaciones e implicaciones para la vigilancia, preparación, respuesta o adaptación de los sistemas de salud relacionadas con al menos uno de los tres eventos climáticos de interés.
- Presentaron una metodología explícita y aportaron información suficiente para la extracción de datos conforme a las categorías definidas en la matriz del estudio.

- Incluyeron abordajes cuantitativos, cualitativos o mixtos, así como estudios observacionales, ecológicos, series temporales, estudios de modelación, evaluaciones de impacto en salud, estudios de carga atribuible, estudios de caso, análisis de vigilancia, estudios sobre preparación o respuesta institucional, revisiones con metodología explícita y estudios relacionados con adaptación de los sistemas de salud.
- Presentaron información sobre poblaciones humanas, comunidades, grupos poblacionales, territorios, ciudades, países, servicios de salud o sistemas de salud ubicados en América Latina y el Caribe, o con resultados desagregados para la región.
- Estuvieron disponibles en texto completo.

7.1.3.2. Razones de exclusión durante la selección de estudios

Durante el proceso de selección se excluyeron los registros que no cumplieron con los criterios de elegibilidad definidos para la revisión. Las principales razones de exclusión fueron las siguientes:

- Estudios realizados fuera de América Latina y el Caribe, o que no presentaron resultados desagregados para la región.
- Documentos que abordaron el cambio climático de manera general, sin analizar de forma específica al menos uno de los tres eventos climáticos de interés para esta revisión: olas de calor, humo por incendios o inundaciones.
- Estudios centrados exclusivamente en variables meteorológicas, hidrológicas, geográficas, ecológicas o ambientales, sin reportar efectos en salud, bienestar, indicadores epidemiológicos, condiciones de salud o implicaciones para la vigilancia o adaptación sanitaria.
- Artículos narrativos, documentos de contexto, ensayos conceptuales o revisiones no sistemáticas que, aunque abordaron temas relevantes para la revisión, no presentaron metodología explícita ni información suficiente para realizar extracción conforme a la matriz del estudio.
- Revisiones sistemáticas, revisiones rápidas u otros documentos de síntesis que, aunque abordaron temas relacionados con los eventos climáticos de interés, no permitieron extraer información específica según las categorías de análisis definidas para la revisión. Estos documentos se conservaron, cuando fue pertinente, como apoyo para antecedentes, marco teórico, discusión o identificación de vacíos, pero no fueron incorporados en la matriz principal de extracción.
- Editoriales, cartas al editor, comentarios, opiniones, documentos institucionales sin metodología explícita, informes técnicos no analíticos o literatura gris que no cumplió con los criterios metodológicos definidos.

- Artículos que no estuvieron disponibles en texto completo después de intentar su recuperación.

7.1.4. Fase 4. Extracción de datos

La información de los estudios incluidos se organizó mediante una matriz de extracción diseñada en Microsoft Excel. Su estructura se definió de acuerdo con la pregunta de investigación y los objetivos específicos de la revisión.

La selección de las categorías tomó como referencia instrumentos utilizados en revisiones de alcance sobre cambio climático y salud, revisando el estudio de Delpla et al. en el que extrajeron información sobre la localización, el evento climático, la medición de la exposición, los desenlaces en salud, la estrategia de adaptación o mitigación, la escala de aplicación y la medición de los efectos sanitarios(65). De manera complementaria, se revisó el de Moreira et al, quienes utilizaron un instrumento estandarizado que incluyó la identificación del estudio, el país de origen, las enfermedades sensibles al clima, las intervenciones en salud y los principales hallazgos, y posteriormente organizaron las intervenciones según los niveles macro, meso y micro de gestión (66). Estos antecedentes respaldan la inclusión de variables descriptivas, epidemiológicas y de aplicación para la salud pública.

En concordancia con las orientaciones metodológicas para las revisiones de alcance, la matriz se diseñó para facilitar una extracción transparente, consistente y vinculada con los objetivos del estudio (16). Las categorías y sus definiciones operativas se presentan a continuación.

Tabla 3 Categorías de análisis y definición operativa

Categoría	Definición operativa
1. Estudio: autor, año y título	Identificación bibliográfica del artículo. Esta categoría garantiza la trazabilidad de la información y permite relacionar cada hallazgo con su fuente original.
2. País, territorio y escala geográfica	Lugar donde se desarrolló el estudio o al cual corresponden los resultados. Se registrará el país, la ciudad, la región o el conjunto de territorios y se clasificará la escala como local, urbana, subnacional, nacional, multicéntrica regional o global con información desagregada para América Latina y el Caribe.
3. Periodo de estudio	Intervalo temporal correspondiente a los datos analizados. En los estudios de modelación o proyección se diferenciará el periodo histórico de referencia de los escenarios futuros.
4. Diseño y población o unidad de análisis	Diseño epidemiológico o aproximación metodológica empleada y población, registros, ciudades, territorios, establecimientos de salud o unidades ambientales analizadas. Cuando corresponda, se señalarán los grupos en situación de vulnerabilidad.

Categoría	Definición operativa
5. Evento climático y exposición analizada	Evento climático principal y forma en que la exposición fue definida o medida. Incluye, entre otros, temperatura media o máxima, umbrales térmicos, duración de la ola de calor, concentraciones de PM2.5 u ozono, focos de calor, áreas quemadas, precipitación extrema, niveles de agua o presencia y severidad de inundaciones.
6. Desenlace en salud y medida epidemiológica	Efecto en salud o bienestar reportado y medida utilizada para expresarlo. Puede incluir mortalidad, morbilidad, hospitalizaciones, enfermedades cardiovasculares, respiratorias o infecciosas, salud mental, salud materno-infantil, continuidad de la atención o uso de servicios. Se registrarán tasas, riesgos relativos, razones de posibilidades, porcentajes de cambio, carga atribuible, años de vida perdidos, intervalos de confianza u otras medidas de incertidumbre. Cuando el estudio sea cualitativo o descriptivo, se indicará la naturaleza del hallazgo.
7. Resultado principal	Síntesis del hallazgo central del estudio. Cuando sea posible, se consignará la dirección y magnitud del efecto, la población o territorio afectado y la medida de precisión o incertidumbre.
8. Aporte a la comprensión del riesgo sanitario emergente	Contribución del estudio al reconocimiento de exposiciones nuevas o crecientes, expansión geográfica del riesgo, desenlaces poco estudiados, poblaciones vulnerables, efectos indirectos o diferidos, eventos compuestos o escenarios futuros relevantes para la salud pública.
9. Aporte a la vigilancia y alerta temprana	Utilidad de los resultados para fortalecer el monitoreo y la anticipación de los riesgos. Incluye indicadores, fuentes de información, integración de datos climáticos, ambientales y sanitarios, modelos predictivos, mapas de riesgo, identificación de umbrales y sistemas de alerta temprana.
10. Aporte a la adaptación del sistema de salud	Implicaciones para la preparación, prevención y respuesta del sistema de salud. Comprende políticas y planes, gobernanza, coordinación intersectorial, recursos humanos, infraestructura resiliente, continuidad de servicios, comunicación del riesgo, protección de poblaciones vulnerables y fortalecimiento de capacidades institucionales y territoriales.

Fuente: Las categorías se definieron a partir de los objetivos de la revisión y de los elementos utilizados en matrices de extracción de estudios sobre cambio climático, salud y adaptación (65,66)

Las categorías 8, 9 y 10 corresponden a un nivel analítico e interpretativo. Para evitar sobre interpretaciones, cada aporte se clasificará como: a) explícito, cuando sea formulado directamente por los autores; b) derivado, cuando se desprenda de manera directa de los resultados; c) inferido por la revisión, cuando corresponda a una interpretación razonada realizada durante la síntesis; o d) no identificado, cuando el estudio no aporte información suficiente para la categoría. Cuando una variable básica no sea informada por el artículo, se registrará como “no reportado”; cuando no corresponda por el tipo de estudio, se indicará “no aplica”.

Para interpretar el aporte a la adaptación del sistema de salud se considerarán tres niveles de actuación. El nivel macro comprenderá políticas, gobernanza, planes nacionales o regionales, sistemas de información y mecanismos de financiamiento; el nivel meso incluirá instituciones, municipios, redes de servicios, infraestructura y coordinación territorial; y el nivel micro agrupará acciones

dirigidas a individuos, familias y comunidades. Esta organización permite reconocer que las intervenciones locales e individuales dependen de estructuras institucionales y decisiones de política más amplias(66)

7.1.5. Fase 5. Síntesis y reporte de resultados

Los resultados serán organizados mediante síntesis cualitativa y descriptiva, tablas de caracterización, matrices de evidencia y narrativas temáticas. El reporte seguirá las recomendaciones de PRISMA-ScR (67) para mejorar la transparencia y trazabilidad del proceso.

8. Comité ético

El presente estudio corresponde a una revisión de alcance basada exclusivamente en artículos científicos e informes previamente publicados. Por lo tanto, se considera que no implica intervención directa sobre seres humanos, ya que no recolecta información primaria, no accede a datos sensibles, identificables o confidenciales, y no modifica variables biológicas, psicológicas o sociales de los individuos.

De acuerdo con lo establecido en la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia, este estudio se clasifica como una investigación sin riesgo, ya que al emplear técnicas y métodos de investigación documental., no interviene con humanos; no obstante, se garantizarán en todo momento los principios de integridad científica, transparencia metodológica, respeto por los derechos de autor y adecuada citación de las fuentes consultadas.

El autor no declaró un posible conflicto de interés relacionado con el desarrollo del estudio, al no presentarse. Asimismo, se declara un uso de herramientas de inteligencia artificial, este se realizó de manera ética y transparente, limitado al apoyo en organización, redacción, revisión de estilo, sin sustituir el juicio académico del investigador ni la lectura crítica de los artículos incluidos. Finalmente, todas las decisiones metodológicas, la selección de criterios de inclusión, la extracción de datos y el análisis e interpretación fueron responsabilidad del autor.

9. Cronograma

Fase/Actividad	Duración (semanas)	Semanas estimadas	Responsable	Entregable
1. INICIO				
1.1 Revisión del tema y alcance	1	1	Estudiante	Alcance
1.2 Identificación de interesados	1	1-2	Estudiante	Mapa de interesados

1.3 Acta de constitución	1	2	Est/Tutor	Acta aprobada
2. PLANIFICACIÓN				
2.1 Delimitación del problema, pregunta y objetivos	2	3-4	Estudiante	Objetivos aprobados
2.2 Construcción marco teórico	3	4-6	Estudiante	Marco teórico
2.3 Diseño metodológico	2	5-6	Estudiante	Metodología
2.4 Plan de gestión del proyecto	1	6	Estudiante	Plan de proyecto
2.5 Registro PROSPERO	1	7	Estudiante	Registro
3. EJECUCIÓN (Revisión sistemática)				
3.1 Estrategias de búsqueda	1	8	Estudiante	Búsqueda preliminar
3.2 Descarga y depuración de artículos	1	9	Estudiante	Biblioteca base
3.3 Cribado títulos y resúmenes	2	10-11	Est/Tutor	Lista de elegibles
3.4 Lectura a texto completo	2	12-13	Estudiante	Base final
3.5 Extracción de datos	2	14-15	Estudiante	Matriz extracción
3.6 Evaluación calidad – CASP	2	16-17	Est/Tutor	Matriz CASP
4. ANÁLISIS Y SÍNTESIS				
4.1 Síntesis temática	2	18-19	Estudiante	Síntesis temática
4.2 Figuras y tablas PRISMA	1	19	Estudiante	Figuras/tablas
4.3 Identificación de vacíos y discusión	1	20	Estudiante	Discusión
5. CIERRE				
5.1 Redacción final	2	21-22	Estudiante	Documento completo
5.2 Revisión y ajustes del tutor	1	23	Tutor/Estudiante	Versión final
5.3 Entrega del documento final	1	24	Estudiante	Entrega
5.4 Preparación sustentación	1	24	Estudiante	Presentación

10. Presupuesto

Categoría	Categoría	Valor (COP)
Recurso humano	Horas dedicadas (240 h)	7.200.000
Tecnología	Insumos e internet	480.000
Logística	Transporte	300.000
Soporte	Papelería e impresiones	120.000
Tecnología	Software y almacenamiento	100.000
Recurso humano	Acompañamiento (26 h)	2.080.000
Publicación	APC revista	5.160.000
Imprevistos	10% del subtotal	1.544.000

TOTAL	Total, general	16.984.000
--------------	-----------------------	-------------------

11. RESULTADOS

11.1. Selección de estudios y conformación del corpus de análisis

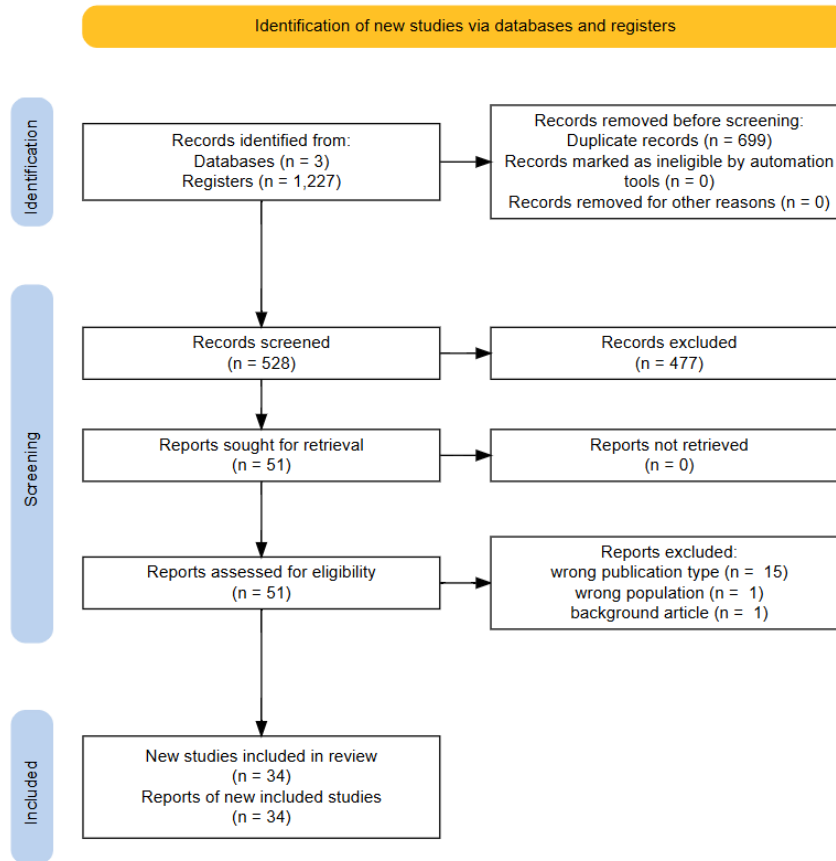
El proceso de identificación, tamizaje, elegibilidad e inclusión de los estudios se presenta en la Figura 1. Este proceso se organizó siguiendo la estructura de reporte PRISMA aplicable a revisiones de alcance, con el fin de documentar el recorrido de los registros desde su identificación inicial en las bases de datos hasta la conformación de la base definitiva de artículos incluidos en la matriz de extracción.

Durante la búsqueda se identificaron 1.227 registros en las bases de datos seleccionadas. Después de eliminar 699 registros duplicados, quedaron 528 registros para tamizaje por título y resumen. En esta fase se excluyeron 477 registros por no cumplir los criterios de elegibilidad definidos para la revisión.

Posteriormente, se buscaron y recuperaron 51 artículos en texto completo, los cuales fueron evaluados para determinar su inclusión final. De estos, 17 artículos fueron excluidos por razones específicas: 15 por corresponder a un tipo de publicación no elegible, uno por no corresponder a la población o contexto definido para la revisión y uno por tratarse de un artículo de contexto.

Finalmente, 34 estudios cumplieron los criterios de inclusión y fueron incorporados en la matriz definitiva de extracción. Estos 34 estudios constituyen el corpus de análisis sobre el cual se desarrollan los resultados relacionados con las características de la evidencia científica, los efectos en salud y bienestar reportados, y las recomendaciones o implicaciones para la adaptación de los sistemas de salud frente a olas de calor, humo por incendios e inundaciones en Latinoamérica y el Caribe.

Figura 1 Diagrama de flujo del proceso de identificación, tamizaje, elegibilidad e inclusión de estudios



Fuente: elaboración propia con base en el proceso de búsqueda, selección y extracción de la revisión, siguiendo la estructura PRISMA-ScR y utilizando el software Rayyan

11.2. Características generales de los estudios incluidos Características de la evidencia científica publicada

Este apartado responde al primer objetivo específico de la revisión: describir las características de la evidencia científica publicada en artículos sobre olas de calor, humo por incendios e inundaciones en Latinoamérica y el Caribe (LAC). Para ello, se presenta una caracterización sintética de los 34 estudios incluidos, organizada a partir de la matriz de extracción (ver anexo 1).

Con el fin de mantener la claridad del reporte y evitar la duplicación de información, en el cuerpo de los resultados se incluye una tabla resumida con las principales características de los estudios. La matriz completa de extracción, que contiene las diez categorías analíticas utilizadas para cada artículo, se presenta como anexo. Esta decisión permite tener coherencia con el reporte PRISMA (67)y, al mismo tiempo, conservar la trazabilidad completa de la información extraída.



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Cali

La tabla 4 presenta una síntesis de las características principales de los 34 estudios incluidos. La matriz completa de extracción donde se encuentran las diez categorías utilizadas se presenta en el Anexo 1.

Tabla 4 Características resumidas de los estudios incluidos en la revisión

Estudio	País o territorio	Evento climático principal	Diseño o enfoque metodológico	Desenlace o dimensión evaluada	Resultado o aporte principal
Hartinger et al. (2024) - (68)	América Latina, 17 países	Multievento / evidencia contextual	Informe regional de monitoreo con indicadores secundarios	Exposición a olas de calor, peligro de incendio, inundaciones, pérdidas económicas y preparación/adaptación	Reporta aumento de exposición de menores de un año y mayores de 65 años a olas de calor; aumento de días con peligro de incendio en 11 de 17 países; y reconocimiento municipal de inundaciones, precipitación extrema y calor como amenazas relevantes.
Chen et al. (2024) - (69)	Global, con países de América Latina y el Caribe	Humo por incendios	Series temporales multicéntricas en dos etapas	Mortalidad diaria por todas las causas, cardiovascular y respiratoria asociada a ozono relacionado con incendios	Las mayores concentraciones de ozono relacionado con incendios se observaron en Sudamérica y Centroamérica. Cada aumento de 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ se asoció con incrementos de 0,55 % en mortalidad total y 0,82 % en mortalidad respiratoria.
Xu et al. (2023) (70)	Global, con resultados para Sudamérica	Humo por incendios	Estudio ecológico global de exposición poblacional	Exposición poblacional a PM2.5 y ozono atribuibles a incendios	Sudamérica registró 4,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM2.5 atribuible al fuego y 5,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de ozono; además, presentó un promedio de 23,1 días de exposición por persona al año.
Monteiro dos Santos et al. (2024) (71)	Brasil, 14 regiones metropolitanas	Calor extremo / olas de calor	Estudio ecológico multicéntrico retrospectivo	Mortalidad natural y exceso de muertes durante olas de calor	Entre 2000 y 2018 se atribuyeron 48.075 muertes excesivas a olas de calor. Las mayores afectaciones se observaron en personas mayores, población negra y personas con menor nivel educativo.

Estudio	País o territorio	Evento climático principal	Diseño o enfoque metodológico	Desenlace o dimensión evaluada	Resultado o aporte principal
Acosta-España et al. (2024) (72)	Global, con énfasis en América Latina	Inundaciones	Revisión narrativa con síntesis descriptiva	Brotes infecciosos posteriores a inundaciones	La evidencia sintetizada indica que las inundaciones aumentan el riesgo de brotes infecciosos por contaminación de agua, formación de criaderos de vectores, desplazamiento e interrupción de servicios sanitarios.
Xu et al. (2024) (73)	Global, regional y nacional	Humo por incendios	Evaluación de impacto en salud y modelación de carga	Mortalidad atribuible a PM2.5 y ozono procedentes de incendios	Durante 2000-2019 se atribuyeron globalmente 1,53 millones de muertes anuales a contaminación por incendios. En América Latina y el Caribe se estimaron 121.562 muertes totales anuales atribuibles.
Borchers-Arriagada et al. (2024) (74)	Paraguay	Humo por incendios	Evaluación de impacto en salud y económica basada en modelación predictiva	Mortalidad prematura atribuible a PM2.5 de humo por incendios	El PM2.5 atribuible a incendios representó cerca del 40 % del PM2.5 total histórico. Bajo SSP5-8.5, la actividad de incendios podría aumentar 120 % hacia 2100.
Yglesias-González et al. (2023) (75)	Perú	Inundaciones / El Niño Costero	Estudio de caso multidimensional de métodos mixtos	Enfermedades infecciosas, población afectada, daños y respuesta institucional	El evento de 2017 afectó aproximadamente 1,9 millones de personas, causó 169 muertes y se asoció con aumentos de dengue, zika y leptospirosis en regiones costeras.
Kephart et al. (2022) (76)	326 ciudades de nueve países latinoamericanos	Calor extremo	Series temporales multicéntricas con modelos de rezago distribuido	Mortalidad por todas las causas, cardiovascular, respiratoria e infecciones respiratorias	La fracción de muertes atribuible al calor fue 0,67 % y al calor extremo 0,42 %. En mayores de 65 años estas fracciones aumentaron a 0,81 % y 0,55 %, respectivamente.

Estudio	País o territorio	Evento climático principal	Diseño o enfoque metodológico	Desenlace o dimensión evaluada	Resultado o aporte principal
Gomes Rodrigues et al. (2026) (77)	Brasil y evidencia internacional	Multievento	Revisión narrativa con análisis ecológico regional	Accidente cerebrovascular, hospitalizaciones y mortalidad asociadas a calor, humo e inundaciones	La evidencia sintetizada muestra asociaciones entre extremos térmicos, PM2.5 y enfermedad cerebrovascular; también señala que inundaciones y desastres pueden afectar la atención y la continuidad de servicios.
Dickason et al. (2023) (78)	Guatemala, Honduras y El Salvador	Inundaciones y desastres	Estudio ecológico descriptivo retrospectivo con EM-DAT	Mortalidad por desastre, población afectada y daños económicos	Se registraron 359 desastres entre 1902 y 2022. Las inundaciones fueron el evento más frecuente y, junto con tormentas y sequías, causaron 72.854 muertes y afectaron a 25,7 millones de personas.
Alvarado-Calvo et al. (2025) (79)	Ocho países de América Latina	Temperatura y exposiciones ambientales	Estudio ecológico multinacional con datos GBD 2021	Carga de enfermedades no transmisibles atribuible a exposiciones ambientales	El material particulado fue el principal factor ambiental en los ocho países. La temperatura apareció como factor relevante para la carga de enfermedades no transmisibles.
De Moura et al. (2025) (80)	Sinop, Mato Grosso, Brasil	Calor y contaminación atmosférica	Evaluación de impacto en salud con modelación predictiva	Mortalidad atribuible a PM2.5, PM10 y ozono bajo escenarios de aumento térmico	El escenario de +4 °C proyectó aumentos de PM2.5, PM10 y ozono, con mayores concentraciones en la estación seca, coincidente con mayor quema de biomasa.
Tobias et al. (2026) (81)	34 países, incluidos nueve de América Latina	Calor extremo	Estudio observacional ecológico multinacional	Mortalidad registrada por golpe de calor o exposición excesiva al calor natural	Las tasas de mortalidad por golpe de calor variaron ampliamente entre países. La mayoría de países de Sudamérica notificó menos de una muerte por millón, lo que sugiere diferencias en registro y certificación.

Estudio	País o territorio	Evento climático principal	Diseño o enfoque metodológico	Desenlace o dimensión evaluada	Resultado o aporte principal
Méndez-Espinosa et al. (2020) (82)	Colombia y norte de Suramérica	Humo por incendios / quema de biomasa	Estudio ambiental ecológico y experimento natural	Concentraciones de PM2.5, PM10 y NO2; exposición ambiental	Durante el confinamiento por COVID-19 disminuyeron contaminantes urbanos, pero la quema regional aumentó el PM2.5 en cerca de 20 µg/m³, evidenciando influencia de incendios regionales en la calidad del aire.
Silva et al. (2022) (83)	Paraná, Brasil	Temperatura y desigualdad socioambiental	Estudio ecológico de series temporales múltiples	Hospitalizaciones y muertes cardiovasculares, respiratorias y por trastornos mentales	Las hospitalizaciones cardiovasculares se asociaron con temperaturas máximas altas y baja humedad; los desenlaces respiratorios se relacionaron principalmente con temperaturas mínimas y rezagos de 2-3 días.
Ballesteros-González et al. (2020) (84)	Norte de Suramérica y Colombia	Humo por incendios / quema de biomasa	Modelación ambiental y evaluación cuantitativa de impacto en salud	Mortalidad y visitas a urgencias atribuibles a PM2.5 y ozono de quema de biomasa	La quema aumentó PM2.5 y ozono. Para un febrero típico se estimaron 171 muertes por todas las causas en el norte de Suramérica, asociadas a PM2.5 y ozono.
Moraes et al. (2026) (85)	307 ciudades de siete países latinoamericanos	Calor extremo	Diseño de series temporales de casos	Mortalidad por homicidio asociada a temperatura	La temperatura alta se asoció con mayor mortalidad por homicidio. En el percentil 95, el riesgo relativo acumulado fue 1,14 y la fracción excedente atribuible al calor fue 6,21 %.
García-Witulski et al. (2023) (86)	Argentina	Temperaturas extremas	Panel municipal de efectos fijos	Mortalidad total, cardiovascular, respiratoria y por neoplasias	Un día adicional de calor extremo aumentó la mortalidad total en 0,496 defunciones por 100.000 habitantes. La mayor vulnerabilidad se observó en mayores de 64 años y mortalidad cardiovascular.

Estudio	País o territorio	Evento climático principal	Diseño o enfoque metodológico	Desenlace o dimensión evaluada	Resultado o aporte principal
Silveira et al. (2019) (87)	27 ciudades de Brasil	Temperatura ambiental	Series temporales en dos etapas con DLNM	Mortalidad cardiovascular diaria	La relación temperatura-mortalidad cardiovascular fue en forma de U. El frío extremo presentó RR 1,26 y el calor extremo RR 1,07 frente a la temperatura de mínima mortalidad.
García-Witulski et al. (2026) (88)	Global, 156 países	Temperatura	Estudio longitudinal ecológico de panel	Inactividad física en adultos asociada a temperatura	Cada mes adicional con temperatura media >27,8 °C incrementó la inactividad física en 1,44 puntos porcentuales a escala global y en 1,85 puntos en países de ingresos bajos y medios.
Gasparini et al. (2017) (89)	451 localizaciones de 23 países	Temperatura y cambio climático	Series temporales y proyecciones bajo escenarios climáticos	Mortalidad excesiva atribuible a temperaturas no óptimas	Bajo RCP8.5, el aumento de mortalidad por calor no sería compensado por la reducción de mortalidad por frío en la mayoría de regiones. Para 2090-2099 se proyectaron aumentos netos en Centroamérica y Sudamérica.
Bakhtsiyarava et al. (2023) (90)	325 ciudades de nueve países latinoamericanos	Calor extremo	Series temporales multicéntricas y meta-regresión	Mortalidad total y cardiovascular; modificación por características socioeconómicas y demográficas	El 5,75 % de las muertes se asoció con temperaturas no óptimas. La mortalidad atribuible al calor fue 0,67 %, y las desigualdades urbanas modificaron parte del riesgo.
Lichtveld et al. (2025) (91)	Siete países del Caribe	Multievento / adaptación	Estudio de caso evaluativo con datos secundarios	Seguridad hospitalaria, resiliencia e infraestructura sanitaria climáticamente inteligente	Las 55 instalaciones evaluadas mejoraron significativamente sus calificaciones del Hospital Safety Index después de intervenciones de adecuación climática.

Estudio	País o territorio	Evento climático principal	Diseño o enfoque metodológico	Desenlace o dimensión evaluada	Resultado o aporte principal
Schinasi et al. (2023) (92)	323 ciudades de nueve países latinoamericanos	Calor extremo y áreas verdes	Estudio ecológico multicéntrico en dos etapas	Mortalidad por calor y configuración de espacios verdes	En ciudades áridas se observaron menores fracciones de muertes excesivas por calor en niveles moderados y altos de verdor, aunque con intervalos de confianza amplios.
Bakhtsiyarava et al. (2025) (93)	326 ciudades de nueve países latinoamericanos	Calor extremo y proyecciones	Estudio ecológico de proyección multicéntrica	Mortalidad futura atribuible a calor y frío	La fracción de muertes excesivas por calor aumentaría de 0,87 % en el periodo basal a 1,73 % bajo RCP2.6 y 2,06 % bajo RCP8.5.
Silveira et al. (2021) (94)	21 capitales de Brasil	Temperatura y cambio climático	Proyección ecológica con series temporales en dos etapas	Mortalidad cardiovascular atribuible a temperaturas altas y bajas	En casi todas las combinaciones aumentó la mortalidad cardiovascular atribuible a temperaturas altas y disminuyó la atribuible a temperaturas bajas, con exceso neto positivo hacia finales de siglo.
Di Napoli et al. (2023) (95)	Caribe	Estrés térmico	Estudio climatológico y biometeorológico con reanálisis	Indicadores biometeorológicos UTCI e HI; sin desenlace clínico directo	El estrés térmico más alto, frecuente y extendido ocurre durante agosto-septiembre-octubre. El UTCI mostró estrés moderado, fuerte o muy fuerte en varias áreas del Caribe.
Harris-Glenville y Cloos (2024) (96)	Dominica	Multievento adaptación APS / en	Estudio cualitativo exploratorio con grupos focales	Percepciones de personal de atención primaria sobre cambio climático, acceso y continuidad de servicios	Los equipos de atención primaria perciben que el cambio climático agrava problemas de salud, interrumpe la atención, aumenta la demanda y reduce la disponibilidad de servicios.

Estudio	País o territorio	Evento climático principal	Diseño o enfoque metodológico	Desenlace o dimensión evaluada	Resultado o aporte principal
Nagy et al. (2018) (97)	17 países de América Latina	Multievento / vulnerabilidad	Estudio ecológico comparativo, descriptivo y de métodos mixtos	Muertes, personas afectadas, daños, vulnerabilidad, bienestar humano y capacidad adaptativa	Los impactos de eventos climáticos extremos se relacionaron con determinantes socioeconómicos, exposición geográfica, desigualdades en salud y capacidad adaptativa.
Requia et al. (2022) (98)	Brasil	Temperatura durante el embarazo	Estudio nacional de base poblacional con casos y controles	Bajo peso al nacer en nacimientos a término	La región Norte fue la única con asociaciones positivas consistentes. El mayor aumento se observó en el segundo trimestre: 5,16 % más probabilidades de bajo peso al nacer por cada 1 °C.
He et al. (2024) (99)	33 países en desarrollo, incluidos territorios de América Latina y el Caribe	Inundaciones	Casos y controles emparejado dentro de la misma mujer	Pérdida gestacional, aborto espontáneo y muerte fetal	La exposición gestacional a inundaciones se asoció con mayor riesgo de pérdida gestacional: OR 1,08. El riesgo aumentó con exposición prolongada y con dos o más eventos.
Souto-Oliveira et al. (2023) (100)	Región Metropolitana de São Paulo, Brasil	Humo por incendios y quema de biomasa	Estudio observacional ambiental y atmosférico de atribución de fuentes	Deterioro de calidad del aire por PM2.5, CO, CO2, CH4 y plumas de humo	Se identificaron siete días de evento en septiembre de 2020. En esos días, 99 % de las estaciones registró PM2.5 por encima del estándar OMS de 25 µg/m³ en 24 horas.
Chery et al. (2020) (101)	Santa Lucía	Inundaciones / temporada lluviosa	Estudio analítico retrospectivo basado en vigilancia pasiva	Leptospirosis humana confirmada por laboratorio	Entre 2010 y 2017 se reportaron 353 casos sospechosos y 145 confirmados. El 71 % ocurrió en estación húmeda; la correlación con lluvia fue débil pero significativa.

Fuente: elaboración propia a partir de la matriz de extracción de los 34 estudios incluidos.

La distribución de los estudios según año de publicación muestra que los 34 artículos incluidos fueron publicados entre 2017 y 2026. Aunque la búsqueda contempló el periodo 2016-2026, no se identificaron estudios incluidos correspondientes al año 2016. Los años con mayor número de publicaciones fueron 2023 y 2024, con ocho estudios en cada año. La distribución completa se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5 Distribución de los estudios incluidos según año de publicación

Año de publicación	Número de estudios	Frecuencia relativa
2017	1	2,9 %
2018	1	2,9 %
2019	1	2,9 %
2020	3	8,8 %
2021	1	2,9 %
2022	3	8,8 %
2023	8	23,5 %
2024	8	23,5 %
2025	4	11,8 %
2026	4	11,8 %
Total	34	100 %

Fuente: elaboración propia a partir de los 34 artículos incluidos en la matriz de extracción.

En cuanto al tipo de evidencia y aproximación metodológica, los estudios incluidos se agruparon según el enfoque predominante utilizado en cada artículo. Esta clasificación permite describir la naturaleza metodológica de la evidencia disponible antes de presentar los resultados por evento climático, desenlace en salud y aportes a la adaptación.

De acuerdo con las categorías definidas en la matriz de extracción, los estudios incluidos se agruparon según el tipo de evidencia y la aproximación metodológica predominante. Esta clasificación se derivó principalmente de la información registrada sobre el diseño del estudio, la unidad de análisis, el desenlace o dimensión evaluada, la medida epidemiológica o ambiental utilizada y el resultado principal reportado. Los conteos se realizaron sobre los 34 estudios incluidos en la revisión.

Tabla 6 Distribución de los estudios incluidos según tipo de evidencia y aproximación metodológica predominante

Tipo de evidencia aproximación metodológica predominante	Criterio operativo de clasificación	Número de estudios	Porcentaje
Estudios cuantitativos con desenlace en salud, carga de enfermedad, series temporales, modelos epidemiológicos o proyecciones	Estudios que estimaron desenlaces en salud, carga atribuible, mortalidad, morbilidad, hospitalizaciones, bajo peso al nacer, pérdida gestacional, inactividad física u otros desenlaces sanitarios mediante diseños epidemiológicos cuantitativos, análisis ecológicos, series temporales, casos y controles, evaluaciones de impacto en salud.	22	64,7 %
Estudios ambientales, atmosféricos o biometeorológicos sin desenlace clínico directo	Estudios que caracterizaron la exposición ambiental o climática, como PM2.5, ozono, humo por incendios, gases, focos de calor, plumas de humo, calidad del aire o estrés térmico, sin estimar directamente desenlaces clínicos, mortalidad, hospitalizaciones o morbilidad.	4	11,8 %
Reportes regionales, estudios ecológicos descriptivos o análisis de bases secundarias de desastres	Estudios o reportes que describieron tendencias regionales, exposición, eventos extremos, población afectada, daños, vulnerabilidad o indicadores secundarios a partir de fuentes agregadas, bases de datos regionales o registros de desastres.	3	8,8 %
Revisiones narrativas o síntesis de literatura	Estudios que organizaron evidencia secundaria sobre efectos en salud, riesgos sanitarios, eventos climáticos extremos o mecanismos de afectación, sin realizar metaanálisis ni estimación primaria de desenlaces.	2	5,9 %
Estudios de caso, estudios evaluativos, cualitativos o centrados en sistemas de salud	Estudios orientados a describir experiencias territoriales, respuestas institucionales, atención primaria, resiliencia, infraestructura sanitaria, continuidad de servicios o adaptación de los sistemas de salud mediante aproximaciones cualitativas, evaluativas, de caso o de métodos mixtos.	3	8,8 %
Total		34	100 %

Fuente: elaboración propia a partir de los 34 estudios incluidos en la matriz de extracción.

La distribución geográfica de la evidencia se analizó en dos niveles complementarios. En primer lugar, se clasificaron los estudios según la escala geográfica de análisis, con el fin de identificar si la evidencia fue producida desde aproximaciones globales, regionales, multicéntricas, nacionales, subnacionales, locales o urbanas. Esta clasificación permite reconocer el nivel territorial desde el cual se construyó el análisis y el grado de agregación de los resultados.

Tabla 7 Distribución de los estudios incluidos según escala geográfica de análisis

Escala geográfica de análisis	Criterio operativo de clasificación	Número de estudios	Porcentaje
Global, internacional o multicontinental con datos para Latinoamérica y el Caribe (LAC)	Estudios realizados a escala global, internacional o multicontinental que incluyeron países, ciudades, territorios o resultados aplicables a América Latina y el Caribe.	8	23,5 %
Regional, subregional o multicéntrica en Latinoamérica y el Caribe (LAC)	Estudios que incluyeron varios países, ciudades o territorios de Latinoamérica y el Caribe (LAC), se incluyeron estudios multicéntricos urbanos, análisis subregionales.	14	41,2 %
Nacional o subnacional dentro de un país	Estudios desarrollados en un solo país, con análisis nacional, regional, departamental, estatal, municipal o en varias ciudades dentro del mismo país. También incluye estudios en pequeños Estados insulares analizados a escala nacional o por distritos.	10	29,4 %
Local, municipal o área metropolitana	Estudios centrados en una ciudad, municipio o área metropolitana específica.	2	5,9 %
Total		34	100 %

Fuente: elaboración propia a partir de los 34 estudios incluidos en la matriz de extracción.

Aunque la clasificación por escala geográfica permite reconocer el nivel territorial de análisis de los estudios, no muestra por sí sola qué países o territorios están representados en la evidencia. Por esta razón, se realizó un segundo análisis orientado a identificar la presencia específica de países y territorios dentro de los estudios incluidos.

Este conteo se hizo de manera no excluyente, dado que varios artículos corresponden a estudios multicéntricos, regionales o globales con información para más de un país de América Latina y el Caribe. En consecuencia, la frecuencia presentada no debe interpretarse como una distribución exclusiva de los 34 estudios, sino como una medida de presencia territorial dentro del conjunto de la evidencia revisada.

Tabla 8 Distribución de los estudios incluidos según presencia de países o territorios y estudios que los reportan

País o territorio	Número de estudios en los que aparece	Frecuencia relativa sobre 34 estudios (%)	Estudios que citan o incluyen el país/territorio
Brasil	22	64,7	Acosta-España et al. (2024); Alvarado-Calvo et al. (2025); Bakhtsiyarava et al. (2023); Bakhtsiyarava et al. (2025);



País o territorio	Número de estudios en los que aparece	Frecuencia relativa sobre 34 estudios (%)	Estudios que citan o incluyen el país/territorio
			Chen et al. (2024); De Moura et al. (2025); Gomes Rodrigues et al. (2026); Hartinger et al. (2024); Kephart et al. (2022); Mendez-Espinosa et al. (2020); Monteiro dos Santos et al. (2024); Moraes et al. (2026); Nagy et al. (2018); Requia et al. (2022); Schinasi et al. (2023); Silva et al. (2022); Silveira et al. (2019); Silveira et al. (2021); Souto-Oliveira et al. (2023); Tobias et al. (2026); Xu et al. (2023); Xu et al. (2024).
Perú	13	38,2	Acosta-España et al. (2024); Alvarado-Calvo et al. (2025); Bakhtsiyarava et al. (2023); Bakhtsiyarava et al. (2025); Ballesteros-González et al. (2020); Chen et al. (2024); Hartinger et al. (2024); Kephart et al. (2022); Mendez-Espinosa et al. (2020); Nagy et al. (2018); Schinasi et al. (2023); Tobias et al. (2026); Yglesias-González et al. (2023).
Chile	12	35,3	Alvarado-Calvo et al. (2025); Bakhtsiyarava et al. (2023); Bakhtsiyarava et al. (2025); Chen et al. (2024); Hartinger et al. (2024); Kephart et al. (2022); Moraes et al. (2026); Nagy et al. (2018); Schinasi et al. (2023); Tobias et al. (2026); Xu et al. (2023); Xu et al. (2024).
Colombia	12	35,3	Acosta-España et al. (2024); Alvarado-Calvo et al. (2025); Bakhtsiyarava et al. (2023); Bakhtsiyarava et al. (2025); Ballesteros-González et al. (2020); Chen et al. (2024); Hartinger et al. (2024); Kephart et al. (2022); Mendez-Espinosa et al. (2020); Moraes et al. (2026); Nagy et al. (2018); Tobias et al. (2026).
Argentina	11	32,4	Alvarado-Calvo et al. (2025); Bakhtsiyarava et al. (2023); Bakhtsiyarava et al. (2025); Chen et al. (2024); García-Witulski et al. (2023); Hartinger et al. (2024); Kephart et al. (2022); Nagy et al. (2018); Schinasi et al. (2023); Tobias et al. (2026); Xu et al. (2024).
México	11	32,4	Alvarado-Calvo et al. (2025); Bakhtsiyarava et al. (2023); Bakhtsiyarava et al. (2025); Chen et al. (2024); Hartinger et al. (2024); Kephart et al. (2022); Moraes et al. (2026);



País o territorio	Número de estudios en los que aparece	Frecuencia relativa sobre 34 estudios (%)	Estudios que citan o incluyen el país/territorio
			al. (2026); Nagy et al. (2018); Schinasi et al. (2023); Tobias et al. (2026); Xu et al. (2023).
Costa Rica	10	29,4	Alvarado-Calvo et al. (2025); Bakhtsiyarava et al. (2023); Bakhtsiyarava et al. (2025); Chen et al. (2024); Hartinger et al. (2024); Kephart et al. (2022); Moraes et al. (2026); Nagy et al. (2018); Schinasi et al. (2023); Tobias et al. (2026).
El Salvador	8	23,5	Bakhtsiyarava et al. (2023); Bakhtsiyarava et al. (2025); Dickason et al. (2023); Hartinger et al. (2024); Kephart et al. (2022); Moraes et al. (2026); Nagy et al. (2018); Schinasi et al. (2023).
Guatemala	8	23,5	Bakhtsiyarava et al. (2023); Bakhtsiyarava et al. (2025); Chen et al. (2024); Dickason et al. (2023); Hartinger et al. (2024); Kephart et al. (2022); Nagy et al. (2018); Schinasi et al. (2023).
Panamá	8	23,5	Bakhtsiyarava et al. (2023); Bakhtsiyarava et al. (2025); Chen et al. (2024); Hartinger et al. (2024); Kephart et al. (2022); Moraes et al. (2026); Nagy et al. (2018); Schinasi et al. (2023).
Ecuador	7	20,6	Acosta-España et al. (2024); Ballesteros-González et al. (2020); Chen et al. (2024); Hartinger et al. (2024); Mendez-Espinosa et al. (2020); Nagy et al. (2018); Tobias et al. (2026).
Uruguay	6	17,6	Alvarado-Calvo et al. (2025); Chen et al. (2024); Hartinger et al. (2024); Nagy et al. (2018); Tobias et al. (2026); Xu et al. (2024).
Nicaragua	5	14,7	Bakhtsiyarava et al. (2023); Bakhtsiyarava et al. (2025); Hartinger et al. (2024); Kephart et al. (2022); Nagy et al. (2018).
Paraguay	5	14,7	Borchers-Arriagada et al. (2024); Chen et al. (2024); Hartinger et al. (2024); Nagy et al. (2018); Xu et al. (2023).
Bolivia	4	11,8	Hartinger et al. (2024); Nagy et al. (2018); Xu et al. (2023); Xu et al. (2024).

País o territorio	Número de estudios en los que aparece	Frecuencia relativa sobre 34 estudios (%)	Estudios que citan o incluyen el país/territorio
Honduras	3	8,8	Dickason et al. (2023); Hartinger et al. (2024); Nagy et al. (2018).
Venezuela	3	8,8	Hartinger et al. (2024); Mendez-Espinosa et al. (2020); Nagy et al. (2018).
Dominica	2	5,9	Harris-Glenville et al. (2024); Lichtveld et al. (2025).
Santa Lucía	2	5,9	Chery et al. (2020); Lichtveld et al. (2025).
Belice	1	2,9	Lichtveld et al. (2025).
Granada	1	2,9	Lichtveld et al. (2025).
Guyana	1	2,9	Lichtveld et al. (2025).
Haití	1	2,9	Acosta-España et al. (2024).
Jamaica	1	2,9	Lichtveld et al. (2025).
Puerto Rico	1	2,9	Chen et al. (2024).
República Dominicana	1	2,9	Acosta-España et al. (2024).
San Vicente y las Granadinas	1	2,9	Lichtveld et al. (2025).

Fuente: elaboración propia a partir de la matriz de extracción de los 34 estudios incluidos.

El conteo que se presenta en la table 8, es no excluyente. Un mismo estudio puede aportar información para más de un país o territorio, especialmente cuando corresponde a estudios multicéntricos, regionales o globales con resultados desagregados para América Latina y el Caribe. Por esta razón, las frecuencias relativas no suman 100 %. Los estudios con resultados regionales amplios, pero sin identificación explícita de países o territorios específicos, no fueron asignados a países particulares.

La lectura conjunta de ambas tablas permite identificar una característica relevante de la evidencia disponible. Por una parte, la escala geográfica muestra que varios estudios se desarrollan desde aproximaciones regionales, multicéntricas o globales con información para Latinoamérica y el Caribe. Por otra parte, el conteo por país permite observar que esa cobertura no es homogénea, pues algunos países aparecen de manera reiterada en los estudios incluidos, mientras que otros territorios tienen una presencia limitada o marginal.

Esta diferencia es importante porque una escala regional o global puede dar la impresión de una cobertura amplia de Latinoamérica y el Caribe; sin embargo, al

desagregar la presencia de países y territorios se evidencia una concentración de la producción científica en algunos contextos, especialmente en Brasil y otros países suramericanos. En contraste, varios países de Centroamérica y del Caribe aparecen con menor frecuencia dentro de la matriz de extracción.

Por tanto, la distribución geográfica de la evidencia no solo permite identificar dónde se ha investigado más, sino también posibles vacíos territoriales en la producción científica sobre eventos climáticos extremos, salud y adaptación de los sistemas de salud. La menor presencia de algunos países o territorios no debe interpretarse como menor exposición o menor riesgo sanitario, sino como una posible subrepresentación de la evidencia disponible.

La distribución de los estudios según evento climático principal se construyó a partir de la categoría 5 “*Evento climático y exposición analizada*” de la matriz de extracción. Para este conteo, cada artículo fue clasificado una sola vez, de acuerdo con el evento climático o enfoque predominante del estudio. En los casos en que un artículo abordó más de un evento o aportó evidencia contextual, se clasificó como multievento o evidencia contextual de adaptación.

Tabla 9 Distribución de los estudios incluidos según evento climático principal analizado

Evento climático principal analizado	Criterio operativo de clasificación	Número de estudios	Porcentaje
Calor extremo, olas de calor o temperaturas extremas	Estudios cuyo evento o exposición principal correspondió a calor extremo, olas de calor, temperatura ambiental, temperaturas no óptimas, estrés térmico o proyecciones de mortalidad asociadas a temperatura.	17	50,0 %
Humo por incendios, incendios forestales o quema de biomasa	Estudios centrados en humo por incendios, incendios de paisaje, incendios forestales, quema de biomasa, PM2.5, ozono u otros contaminantes asociados a incendios.	7	20,6 %
Inundaciones, lluvias intensas, tormentas o eventos hidrometeorológicos	Estudios cuyo evento principal fue la inundación, la lluvia extrema, la temporada lluviosa, tormentas, huracanes, El Niño Costero u otros eventos hidrometeorológicos asociados.	6	17,6 %
Multievento, evidencia contextual o adaptación	Estudios que abordaron más de un evento climático extremo o que aportaron evidencia contextual, regional, de vulnerabilidad, resiliencia, infraestructura sanitaria o adaptación sin centrarse exclusivamente en un solo evento.	4	11,8 %
Total		34	100 %

Fuente: elaboración propia a partir de los 34 estudios incluidos en la matriz de extracción.

11.3. Efectos en salud y bienestar reportados

Este apartado responde al segundo objetivo específico de la revisión: caracterizar los efectos en salud y bienestar reportados en artículos científicos sobre olas de calor, humo por incendios e inundaciones en Latinoamérica y el Caribe (LAC). Para ello, los estudios incluidos se organizaron según el tipo de desenlace reportado, la naturaleza de la evidencia aportada y el evento climático extremo analizado.

A partir de la matriz de extracción, se diferenciaron los estudios que reportaron desenlaces clínicos o epidemiológicos directos, aquellos que estimaron carga de la enfermedad, los estudios que aportaron evidencia ambiental o de exposición sin medir desenlaces clínicos directos, y los estudios que describieron efectos sobre el bienestar, la población afectada o la continuidad de condiciones necesarias para la salud.

Esta organización permite presentar los resultados de manera descriptiva, sin establecer inferencias causales adicionales a las reportadas por los estudios incluidos. Además, permite distinguir entre evidencia directa sobre efectos en salud y evidencia indirecta o ambiental que contribuye a comprender el riesgo sanitario asociado a los eventos climáticos extremos analizados.

Tabla 10 Desenlaces en salud y bienestar reportados en los estudios incluidos

Desenlace o dimensión reportada	Número de estudios	Frecuencia relativa	Estudios que reportan el desenlace	Tipo de evento climático relacionado
Mortalidad total, mortalidad natural, exceso de mortalidad o mortalidad atribuible	24	70,6 %	(68,69,71,73–81,83–87,89,90,92–94,97,101)	Principalmente calor extremo y humo por incendios; también estudios multievento, desastres o eventos hidrometeorológicos.
Enfermedades cardiovasculares o cerebrovasculares	8	23,5 %	(69,76,77,83, 86,87,90,94)	Calor extremo, temperaturas no óptimas, humo por incendios y contaminación atmosférica.
Enfermedades respiratorias, hospitalizaciones respiratorias o exposición atmosférica	7	20,6 %	(69,73,76,77, 80,83,84)	Humo por incendios, PM2.5, ozono, quema de biomasa, contaminación atmosférica y calor extremo.



Desenlace o dimensión reportada	Número de estudios	Frecuencia relativa	Estudios que reportan el desenlace	Tipo de evento climático relacionado
con relevancia respiratoria				
Enfermedades infecciosas asociadas a inundaciones, lluvias o eventos hidrometeorológicos	4	11,8 %	(68,72,75,101)	Inundaciones, lluvias intensas, tormentas, huracanes, El Niño Costero y temporada húmeda.
Salud materna, reproductiva o perinatal	2	5,9 %	(98,99)	Temperatura durante el embarazo e inundaciones.
Salud mental, bienestar humano o afectaciones psicosociales	1	2,9 %	(97)	Estudios multievento, desastres, vulnerabilidad y bienestar humano.
Homicidio asociado a temperatura	1	2,9 %	(85)	Calor extremo y altas temperaturas.
Inactividad física asociada a temperatura	1	2,9 %	(88)	Temperatura ambiental y calor.
Exposición ambiental o climática sin desenlace clínico directo	4	11,8 %	(70,82,95,100)	Humo por incendios, PM2.5, ozono, gases, plumas de humo, estrés térmico y temperatura.

Fuente: elaboración propia a partir de los 34 estudios incluidos en la matriz de extracción.

Nota: esta tabla corresponde a una lectura no excluyente. Un mismo estudio puede reportar más de un desenlace o dimensión de salud; por esta razón, la suma de las frecuencias absolutas supera los 34 estudios y las frecuencias relativas no suman 100 %. La frecuencia relativa se calculó tomando como denominador los 34 estudios incluidos en la revisión

En conjunto, la evidencia incluida muestra que la mortalidad fue el desenlace más reportado, presente en 24 estudios, equivalente al 70,6 % del total. Esta categoría incluyó mortalidad total, mortalidad natural, exceso de mortalidad y mortalidad atribuible, principalmente asociada a calor extremo y humo por incendios, aunque también se identificó en estudios multievento, desastres y eventos hidrometeorológicos.

Los desenlaces cardiovasculares o cerebrovasculares fueron reportados en ocho estudios, mientras que los desenlaces respiratorios, las hospitalizaciones respiratorias o la exposición atmosférica con relevancia respiratoria aparecieron en siete estudios. Estos efectos se relacionaron principalmente con calor extremo, temperaturas no óptimas, humo por incendios, PM_{2.5}, ozono y contaminación atmosférica.

En el caso de las inundaciones, lluvias intensas y eventos hidrometeorológicos, los efectos reportados se concentraron en enfermedades infecciosas,

leptospirosis, dengue, zika, pérdida gestacional, población afectada y mortalidad por desastre. También se identificaron desenlaces menos frecuentes, pero relevantes para la salud pública, como salud materna y perinatal, salud mental y bienestar humano, homicidio asociado a temperatura e inactividad física relacionada con calor.

Finalmente, cuatro estudios no reportaron desenlaces clínicos directos, pero aportaron evidencia ambiental o climática relevante para comprender el riesgo sanitario. Estos estudios caracterizaron exposición a PM_{2.5}, ozono, gases, plumas de humo, estrés térmico y temperatura, lo que contribuye a interpretar las vías indirectas por las cuales los eventos climáticos extremos pueden afectar la salud. En síntesis, los desenlaces en salud y bienestar identificados en los estudios incluidos se agruparon principalmente en mortalidad, enfermedades cardiovasculares o cerebrovasculares, enfermedades respiratorias, enfermedades infecciosas, salud materna y perinatal, salud mental y bienestar, homicidio asociado a temperatura, inactividad física y exposición ambiental sin desenlace clínico directo. La mortalidad fue el desenlace más frecuente, seguida por los desenlaces cardiovasculares o cerebrovasculares y los desenlaces respiratorios o de exposición atmosférica con relevancia respiratoria.

De esta manera, el segundo objetivo específico se responde mediante la caracterización de los principales desenlaces en salud y bienestar reportados en los estudios incluidos, diferenciando su frecuencia dentro del corpus de evidencia y su relación con los tres eventos climáticos extremos analizados.

11.4. Recomendaciones e implicaciones para la adaptación de los sistemas de salud

Este apartado responde al tercer objetivo específico de la revisión: identificar las recomendaciones o implicaciones para la adaptación de los sistemas de salud reportadas o derivadas de artículos científicos sobre olas de calor, humo por incendios e inundaciones en Latinoamérica y el Caribe.

Para este análisis se retomaron las categorías de extracción relacionadas con el aporte a la vigilancia y alerta temprana y con el aporte a la adaptación del sistema de salud. Estas categorías permitieron identificar elementos vinculados con monitoreo, anticipación del riesgo, sistemas de alerta temprana, preparación institucional, continuidad de servicios, protección de poblaciones vulnerables, comunicación del riesgo, infraestructura resiliente y coordinación intersectorial.

La clasificación se realizó considerando que los aportes podían tener diferente nivel de formulación dentro de los estudios incluidos. Se consideraron explícitos aquellos aportes formulados directamente por los autores como recomendaciones, acciones necesarias o implicaciones para la vigilancia, la preparación, la respuesta o la adaptación. Se clasificaron como derivados aquellos aportes que no fueron planteados como recomendación directa, pero que

se desprenden claramente de los resultados reportados por el estudio. Finalmente, se consideraron inferidos por la revisión aquellos aportes que resultan de una interpretación razonada del conjunto de la evidencia, especialmente cuando los hallazgos permiten identificar necesidades de adaptación, aunque el artículo no las haya desarrollado de manera explícita.

Esta distinción permite evitar que todas las implicaciones sean presentadas como recomendaciones directas de los estudios. Por esta razón, los resultados que se presentan a continuación deben entenderse como una síntesis de recomendaciones explícitas, implicaciones derivadas e inferencias analíticas construidas a partir de la matriz de extracción, y no como intervenciones evaluadas por todos los estudios incluidos.

Tabla 11 Recomendaciones e implicaciones para la adaptación de los sistemas de salud identificadas en los estudios incluidos

Eje de adaptación identificado	Recomendaciones o implicaciones principales	Eventos climáticos relacionados	Estudios que sustentan el aporte	Tipo de aporte predominante
Vigilancia integrada clima-salud	Integrar información meteorológica, ambiental, territorial y sanitaria para relacionar temperatura, humedad, PM _{2.5} , ozono, focos de calor, áreas quemadas, precipitación, inundaciones y eventos hidrometeorológicos con mortalidad, hospitalizaciones, consultas, enfermedades infecciosas y afectación de servicios.	Calor extremo, humo por incendios e inundaciones.	Hartinger et al. (2024); Kephart et al. (2022); Chen et al. (2024); Ballesteros-González et al. (2020); Méndez-Espinosa et al. (2020); Souto-Oliveira et al. (2023); Chery et al. (2020); Yglesias-González et al. (2023); Harris-Glenville y Cloos (2024).	Explícito y derivado.
Sistemas de alerta temprana	Fortalecer alertas por calor extremo, estrés térmico, deterioro de la calidad del aire, humo por incendios, lluvias intensas e inundaciones. Incluye la definición	Principalmente calor extremo y humo por incendios; también inundaciones y eventos hidrometeorológicos.	Hartinger et al. (2024); Bakhtsiyarava et al. (2023); Schinasi et al. (2023); Chen et al. (2024); Borchers-	Explícito y derivado.



Eje de adaptación identificado	Recomendaciones o implicaciones principales	Eventos climáticos relacionados	Estudios que sustentan el aporte	Tipo de aporte predominante
	de umbrales de riesgo, mapas de exposición y activación de acciones preventivas antes, durante y después del evento.		Arriagada et al. (2024); Ballesteros-González et al. (2020); Chery et al. (2020); Yglesias-González et al. (2023); Nagy et al. (2018).	
Preparación y continuidad de los servicios de salud	Fortalecer planes de contingencia, capacidad de respuesta de urgencias, rutas de atención, referencia y contrarreferencia, disponibilidad de medicamentos, funcionamiento de laboratorios, continuidad de controles prenatales, atención de enfermedades crónicas y operación de servicios esenciales durante emergencias.	Principalmente inundaciones y eventos hidrometeorológicos; también calor extremo y humo por incendios.	Harris-Glenville y Cloos (2024); Lichtveld et al. (2025); Yglesias-González et al. (2023); Acosta-España et al. (2024); He et al. (2024); Gomes Rodrigues et al. (2026); Nagy et al. (2018).	Derivado e inferido por la revisión.
Protección de poblaciones vulnerables	Priorizar personas mayores, niños, mujeres gestantes, personas con enfermedades crónicas, trabajadores al aire libre, población rural, comunidades expuestas a inundaciones, habitantes de zonas urbanas con islas de calor y poblaciones con limitado acceso a servicios de salud.	Calor extremo, humo por incendios e inundaciones.	Monteiro dos Santos et al. (2024); Kephart et al. (2022); Bakhtsiyarava et al. (2023); Bakhtsiyarava et al. (2025); Requía et al. (2022); He et al. (2024); Chery et al. (2020); Borchers-Arriagada et al. (2024); Hartinger et al. (2024);	Explícito, derivado e inferido.



Eje de adaptación identificado	Recomendaciones o implicaciones principales	Eventos climáticos relacionados	Estudios que sustentan el aporte	Tipo de aporte predominante
			Harris-Glenville y Cloos (2024).	
Comunicación del riesgo y educación pública	Emitir recomendaciones oportunas para reducir la exposición al calor, al humo y a aguas contaminadas. Incluye mensajes sobre hidratación, reducción de actividad física en horas críticas, permanencia en espacios protegidos durante episodios de mala calidad del aire, prevención de exposición a aguas contaminadas y fortalecimiento de la alfabetización climática.	Calor extremo, humo por incendios e inundaciones.	Borchers-Arriagada et al. (2024); Nagy et al. (2018); Chery et al. (2020); Yglesias-González et al. (2023); Harris-Glenville y Cloos (2024); Hartinger et al. (2024).	Explícito y derivado.
Infraestructura sanitaria resiliente	Incorporar criterios de resiliencia climática en hospitales, centros de salud y servicios de atención primaria; proteger infraestructura crítica frente a huracanes, inundaciones, interrupciones de energía, escasez de agua, deterioro de vías de acceso y aumento de la demanda asistencial.	Principalmente inundaciones, tormentas y eventos hidrometeorológicos; también calor extremo.	Lichtveld et al. (2025); Harris-Glenville y Cloos (2024); Yglesias-González et al. (2023); Dickason et al. (2023); Hartinger et al. (2024).	Explícito y derivado.
Atención primaria y respuesta territorial	Fortalecer la atención primaria como punto de vigilancia, prevención, comunicación con comunidades,	Principalmente inundaciones y estudios multievento; también calor extremo y humo por incendios.	Harris-Glenville y Cloos (2024); Lichtveld et al. (2025); Yglesias-González et	Explícito y derivado.



Eje de adaptación identificado	Recomendaciones o implicaciones principales	Eventos climáticos relacionados	Estudios que sustentan el aporte	Tipo de aporte predominante
	continuidad de la atención y respuesta frente a riesgos climáticos, especialmente en territorios rurales, insulares o con menor capacidad institucional.		al. (2023); Chery et al. (2020); Hartinger et al. (2024).	
Coordinación intersectorial y gobernanza	Articular el sector salud con ambiente, meteorología, gestión del riesgo, agua y saneamiento, vivienda, planeación urbana, agricultura, educación y protección social. También incluye integrar adaptación climática con reducción del riesgo de desastres y planificación territorial.	Calor extremo, humo por incendios e inundaciones.	Nagy et al. (2018); Hartinger et al. (2024); Harris-Glenville y Cloos (2024); Lichtveld et al. (2025); Acosta-España et al. (2024); Yglesias-González et al. (2023); Schinasi et al. (2023).	Explícito, derivado e inferido.

Fuente: elaboración propia a partir de las recomendaciones explícitas y de las implicaciones para la adaptación identificadas en los estudios incluidos en la revisión.

La clasificación de la table No. 10 no implica que todos los estudios hayan formulado recomendaciones directas sobre adaptación. Algunos aportes fueron explícitos en los artículos, como ya se ha mencionado pero que es importante volver a señalar, mientras que otros se derivaron de los resultados reportados o fueron inferidos durante la síntesis de la revisión, de acuerdo con los criterios definidos en la matriz de extracción.

Frente al calor extremo, las recomendaciones e implicaciones se concentraron en la necesidad de fortalecer la vigilancia de la temperatura y de sus efectos sobre la mortalidad, las enfermedades cardiovasculares y respiratorias, la salud materno-infantil y otros desenlaces sensibles al calor. Los estudios sugieren la importancia de contar con sistemas de alerta temprana, umbrales de riesgo, identificación de poblaciones vulnerables y acciones preventivas dirigidas a personas mayores, gestantes, niños, trabajadores al aire libre y población urbana expuesta a islas de calor. También se identificaron aportes relacionados con la planificación urbana, el acceso a zonas verdes y la reducción de exposiciones térmicas en las ciudades.

En el caso del humo por incendios, los aportes se relacionaron principalmente con el monitoreo de la calidad del aire, el uso de información satelital, la identificación de focos de calor, áreas quemadas, plumas de humo y concentraciones de contaminantes como PM_{2.5} y ozono. La evidencia permitió reconocer la importancia de articular la vigilancia ambiental con la vigilancia epidemiológica, especialmente para anticipar aumentos en mortalidad, enfermedades respiratorias, enfermedades cardiovasculares y visitas a urgencias. Las implicaciones para la adaptación incluyen alertas por deterioro de la calidad del aire, comunicación del riesgo, reducción de la exposición en población vulnerable y coordinación entre los sectores ambiental, sanitario y de gestión del riesgo.

Para las inundaciones y eventos hidrometeorológicos, las recomendaciones e implicaciones se orientaron hacia la vigilancia posterior al evento, la prevención de enfermedades infecciosas, el fortalecimiento de la atención primaria y la continuidad de los servicios de salud. Los estudios incluidos resaltaron la importancia de mantener la vigilancia de leptospirosis, dengue, zika y otros brotes posteriores a inundaciones, así como de proteger la atención de gestantes, personas con enfermedades crónicas y comunidades ubicadas en zonas de riesgo. También se identificaron implicaciones relacionadas con agua segura, saneamiento, funcionamiento de laboratorios, rutas de atención, infraestructura sanitaria resiliente y preparación institucional frente a tormentas, huracanes e inundaciones.

En los estudios multievento o de adaptación, los aportes se concentraron en la capacidad institucional, la articulación entre adaptación al cambio climático y reducción del riesgo de desastres, la preparación de los servicios, la participación comunitaria, la comunicación del riesgo y la generación de información útil para la toma de decisiones. Estos estudios aportaron una lectura transversal sobre la adaptación, al mostrar que la respuesta del sistema de salud se relaciona tanto con capacidades sanitarias como con condiciones territoriales, sociales, ambientales e institucionales.

En síntesis, las recomendaciones e implicaciones para la adaptación identificadas en la revisión se agruparon en ocho ejes principales: vigilancia integrada clima-salud, sistemas de alerta temprana, preparación y continuidad de los servicios, protección de poblaciones vulnerables, comunicación del riesgo, infraestructura sanitaria resiliente, atención primaria y respuesta territorial, y coordinación intersectorial. Estos ejes permiten responder el tercer objetivo específico, al identificar los principales aportes de la evidencia científica para orientar la adaptación de los sistemas de salud frente a los eventos climáticos extremos analizados

12. Discusión

Esta revisión de alcance permitió organizar la evidencia científica disponible sobre los efectos en salud y bienestar asociados a olas de calor, humo por incendios e

inundaciones en Latinoamérica y el Caribe (LAC), así como identificar recomendaciones e implicaciones para la adaptación de los sistemas de salud. A partir de los 34 estudios incluidos, se encontró que existe una producción científica relevante sobre el tema, pero todavía fragmentada, desigual y concentrada en ciertos eventos, países, diseños metodológicos y desenlaces.

En primer lugar, la evidencia disponible muestra un mayor desarrollo de estudios sobre calor extremo y temperatura, seguidos por investigaciones sobre humo por incendios y, en menor medida, sobre inundaciones y eventos hidrometeorológicos. Esta distribución muestra que el calor ha sido el evento más estudiado, especialmente mediante estudios cuantitativos, series temporales, modelos de rezago distribuido, estudios ecológicos, evaluaciones de carga DE la enfermedad atribuible y proyecciones. Por el contrario, la evidencia sobre inundaciones aparece más dispersa, con estudios de caso, revisiones, reportes de desastres, análisis de brotes y aproximaciones a la continuidad de servicios o infraestructura sanitaria.

También se identificó una distribución geográfica desigual. La evidencia se concentra principalmente en Brasil, grandes ciudades y estudios multicéntricos urbanos. En contraste, Centroamérica, el Caribe, las zonas rurales, los pequeños Estados insulares, las comunidades indígenas, las áreas costeras y los territorios con menor capacidad institucional aparecen menos representados. Esto indica que la producción científica no siempre coincide con los territorios que enfrentan mayores condiciones de vulnerabilidad climática, social y sanitaria.

Por esta razón, se requiere ampliar la producción de evidencia en los territorios menos estudiados, fortalecer capacidades locales de investigación y mejorar la disponibilidad de datos comparables entre países. También es necesario estandarizar definiciones de exposición, desenlaces, poblaciones vulnerables, escalas geográficas e indicadores de adaptación, para que los resultados puedan ser comparados y utilizados con mayor claridad en la toma de decisiones en salud pública.

En segundo lugar, los estudios incluidos muestran que las olas de calor, el humo por incendios y las inundaciones se relacionan con múltiples efectos en salud y bienestar. La mortalidad fue el desenlace más frecuente, reportada como mortalidad total, mortalidad natural, exceso de mortalidad o mortalidad atribuible. Este desenlace apareció principalmente asociado al calor extremo y al humo por incendios, aunque también se identificó en estudios sobre desastres, inundaciones y eventos multievento.

El calor extremo fue el evento con mayor diversidad de desenlaces reportados. La evidencia identificó asociaciones con mortalidad total, mortalidad cardiovascular, mortalidad respiratoria, enfermedad cerebrovascular, golpe de calor, bajo peso al nacer, inactividad física y homicidio asociado a temperatura. Estos hallazgos muestran que el calor no debe entenderse únicamente como un evento ambiental,

sino como una exposición relevante para la salud pública, con efectos sobre condiciones clínicas, comportamientos, vulnerabilidad urbana y desigualdad social.

En el caso del humo por incendios, los estudios reportaron efectos principalmente relacionados con mortalidad atribuible, desenlaces respiratorios y cardiovasculares, visitas a urgencias y exposición a contaminantes como PM_{2.5} y ozono. Además, varios estudios ambientales permitieron caracterizar focos de calor, áreas quemadas, gases, plumas de humo y deterioro de la calidad del aire. Esto muestra que el humo puede afectar a poblaciones ubicadas lejos del lugar donde ocurre el incendio, debido al transporte atmosférico de contaminantes.

Para las inundaciones y eventos hidrometeorológicos, los efectos reportados fueron más heterogéneos. Se identificaron enfermedades infecciosas, leptospirosis, dengue, zika, brotes posteriores a inundaciones, pérdida gestacional, mortalidad por desastre, población afectada, daños materiales y alteración de condiciones necesarias para la salud. Estos efectos pueden presentarse de manera inmediata o diferida, especialmente cuando se afecta el acceso a agua segura, saneamiento, movilidad, atención prenatal, medicamentos, continuidad de tratamientos y servicios esenciales.

En este sentido, se requiere fortalecer la vigilancia epidemiológica de desenlaces sensibles al clima, incluyendo mortalidad, hospitalizaciones, enfermedades cardiovasculares, respiratorias e infecciosas, salud materno-infantil, salud mental, lesiones, uso de servicios y continuidad de la atención. Esta vigilancia debe integrarse con datos meteorológicos, ambientales, territoriales y sociales, para identificar con mayor precisión cuándo, dónde y en qué poblaciones se concentran los riesgos.

En tercer lugar, la revisión permitió identificar recomendaciones e implicaciones para la adaptación de los sistemas de salud. Estas se agruparon en ocho ejes principales: vigilancia integrada clima-salud, sistemas de alerta temprana, preparación y continuidad de los servicios, protección de poblaciones vulnerables, comunicación del riesgo, infraestructura sanitaria resiliente, fortalecimiento de la atención primaria y coordinación intersectorial.

Frente al calor extremo, se requiere avanzar en planes de acción frente al calor, definición de umbrales de riesgo, alertas tempranas, vigilancia de mortalidad y hospitalizaciones, protección de personas mayores, gestantes, niños, personas con enfermedades crónicas, trabajadores al aire libre y población urbana expuesta a islas de calor. También es necesario articular la salud pública con la planificación urbana, el acceso a zonas verdes, la reducción de exposición térmica y el diseño de ciudades más saludables.

Frente al humo por incendios, se debe fortalecer el monitoreo de calidad del aire, el uso de información satelital, la identificación de focos de calor y plumas de

humo, y la integración de datos ambientales con desenlaces respiratorios y cardiovasculares. También se requieren alertas por deterioro de la calidad del aire, comunicación clara del riesgo, recomendaciones para reducir exposición y preparación de servicios de urgencias durante episodios críticos.

Frente a las inundaciones, se requiere vigilancia posterior al evento, control de enfermedades infecciosas, acceso a agua segura, saneamiento, fortalecimiento de laboratorios, protección de gestantes, continuidad de tratamientos y preparación de la atención primaria en territorios expuestos. La respuesta no debe limitarse al momento de la emergencia, porque muchos efectos sanitarios aparecen días, semanas o meses después del evento.

En conjunto, el estudio muestra que la adaptación de los sistemas de salud no puede depender únicamente de la atención de urgencias. Se necesita pasar de una respuesta reactiva a una lógica preventiva, anticipatoria, territorial e intersectorial. Esto implica producir mejor evidencia, integrar datos climáticos y sanitarios, fortalecer la vigilancia, preparar los servicios, proteger la infraestructura crítica, comunicar oportunamente el riesgo y priorizar a las poblaciones más vulnerables.

Finalmente, la adaptación en salud debe entenderse como una responsabilidad compartida entre el sector salud y otros sectores como ambiente, meteorología, gestión del riesgo, agua y saneamiento, vivienda, transporte, agricultura, educación, planeación urbana y protección social. Los riesgos climáticos se producen en el territorio, pero sus consecuencias se expresan en enfermedad, hospitalización, mortalidad y presión sobre los servicios. Por esta razón, los sistemas de salud de Latinoamérica y el Caribe deben participar de manera activa en la planificación climática y territorial, con el fin de anticipar riesgos, reducir exposiciones y garantizar la continuidad de los servicios esenciales frente a eventos climáticos extremos cada vez más frecuentes e intensos.

13. Recomendaciones, fortalezas y limitaciones

13.1. Recomendaciones

- Fortalecer sistemas integrados de vigilancia clima-salud que articulen datos meteorológicos, ambientales, epidemiológicos, territoriales y de servicios de salud.
- Desarrollar sistemas de alerta temprana y planes de acción diferenciados para olas de calor, humo por incendios e inundaciones, con umbrales, rutas de respuesta y acciones preventivas claras.
- Priorizar poblaciones y territorios vulnerables, especialmente personas mayores, niños, gestantes, personas con enfermedades crónicas, trabajadores al aire libre, comunidades rurales, zonas costeras, territorios indígenas, Centroamérica y el Caribe.



- Estandarizar definiciones, indicadores y medidas de ocurrencia para mejorar la comparabilidad de los estudios sobre cambio climático y salud en América Latina y el Caribe.
- Ampliar la investigación sobre desenlaces menos estudiados, como salud mental, salud materno-infantil, continuidad de la atención, afectación de servicios de salud y efectos diferidos posteriores a inundaciones e incendios.
- Evaluar de manera más directa la capacidad adaptativa real de los sistemas de salud, incluyendo infraestructura, personal sanitario, laboratorios, atención primaria, referencia y contrarreferencia, medicamentos y continuidad de servicios esenciales.
- Promover respuestas intersectoriales que integren salud, ambiente, meteorología, gestión del riesgo, agua y saneamiento, vivienda, planeación urbana, protección social y educación.

13.2. Fortalezas

- El diseño de revisión de alcance fue adecuado para mapear un campo amplio, heterogéneo y metodológicamente diverso.
- El proceso de búsqueda, selección y reporte siguió una estructura transparente, apoyada en PRISMA-ScR y en el uso de Rayyan para el cribado de estudios.
- La revisión integró tres eventos climáticos relevantes para la salud pública regional: olas de calor, humo por incendios e inundaciones.
- El estudio permitió organizar evidencia dispersa sobre efectos en salud, desenlaces epidemiológicos, poblaciones vulnerables, vigilancia y adaptación sanitaria.
- La matriz de extracción permitió mantener trazabilidad entre los estudios incluidos, los eventos analizados, los desenlaces reportados y los aportes a la adaptación.
- El trabajo aporta una lectura regional útil para orientar investigación futura, vigilancia epidemiológica, planificación sanitaria y toma de decisiones en salud pública.

13.3. Limitaciones

- La heterogeneidad de diseños, definiciones de exposición, desenlaces e indicadores limitó la comparación directa entre estudios.
- La revisión no realizó metaanálisis ni estimó medidas epidemiológicas agregadas, dado que su propósito fue mapear y sintetizar la evidencia disponible.
- La evidencia disponible presentó una distribución geográfica desigual, con mayor presencia de algunos países y menor representación de Centroamérica, el Caribe, territorios rurales, costeros e insulares.

- Algunos estudios incluidos abordaron exposición ambiental, como PM2.5, ozono, áreas quemadas o estrés térmico, sin reportar desenlaces clínicos directos.
- Las recomendaciones sobre adaptación no siempre correspondieron a intervenciones evaluadas; en varios casos fueron aportes explícitos, derivados o inferidos a partir de los resultados de los estudios.
- La revisión dependió de la disponibilidad de artículos en texto completo y de la producción científica publicada en las bases de datos seleccionadas, por lo que algunas experiencias institucionales o literatura gris pudieron no estar representadas.
- La calidad, disponibilidad y comparabilidad de los datos sobre clima, salud y sistemas sanitarios fue variable entre países, territorios y estudios.

14. Aportes del estudio a la salud pública

Este estudio aporta a la salud pública al ofrecer una síntesis organizada de la evidencia científica disponible sobre los efectos en salud y bienestar asociados a olas de calor, humo por incendios e inundaciones en América Latina y el Caribe. Su principal contribución consiste en reunir y clasificar información que se encontraba dispersa en la literatura, permitiendo reconocer qué eventos climáticos han sido más estudiados, qué desenlaces en salud se han reportado con mayor frecuencia, qué poblaciones aparecen como más vulnerables y cuáles son los vacíos de conocimiento que aún limitan la toma de decisiones.

Desde una perspectiva epidemiológica, el estudio contribuye a visibilizar que los eventos climáticos extremos no solo producen impactos ambientales, sino que se expresan en desenlaces sanitarios concretos, como mortalidad, enfermedades cardiovasculares y respiratorias, enfermedades infecciosas, afectaciones materno-infantiles, salud mental, interrupción de servicios y exposición ambiental con relevancia sanitaria. Esta lectura permite comprender que el cambio climático debe ser abordado como un problema de salud pública que requiere vigilancia, análisis territorial, priorización de poblaciones vulnerables y fortalecimiento de la capacidad de respuesta de los sistemas de salud.

El estudio también aporta elementos para la planificación sanitaria y la adaptación. Al identificar recomendaciones e implicaciones relacionadas con vigilancia integrada clima-salud, sistemas de alerta temprana, preparación institucional, continuidad de servicios, comunicación del riesgo, infraestructura resiliente y coordinación intersectorial, ofrece insumos útiles para orientar políticas, programas y estrategias de respuesta frente a riesgos climáticos emergentes. En este sentido, la revisión no se limita a describir efectos en salud, sino que contribuye a traducir la evidencia científica en posibles líneas de acción para fortalecer sistemas de salud más anticipatorios, resilientes y adaptativos.

Otro aporte relevante es la identificación de desigualdades en la producción de evidencia. La revisión muestra que algunos países, ciudades y eventos han sido estudiados con mayor frecuencia, mientras que territorios como Centroamérica, el Caribe, zonas rurales, áreas costeras y poblaciones con menor capacidad institucional aparecen menos representados. Esto permite señalar prioridades para futuras investigaciones y resalta la necesidad de generar evidencia más contextualizada, comparable y útil para los territorios con mayores niveles de vulnerabilidad climática y sanitaria.

En conjunto, el estudio aporta a la salud pública regional al consolidar un mapa de evidencia sobre eventos climáticos extremos y salud, reconocer vacíos metodológicos y geográficos, y proponer líneas de acción para fortalecer la vigilancia, la adaptación y la toma de decisiones basada en evidencia. Su potencial impacto radica en apoyar la formulación de políticas públicas, orientar nuevas investigaciones y contribuir a la preparación de los sistemas de salud frente a los efectos presentes y futuros del cambio climático.

Referencias

1. Rocque RJ, Beaudoin C, Ndjaboue R, Cameron L, Poirier-Bergeron L, Poulin-Rheault RA, et al. Health effects of climate change: An overview of systematic reviews. *BMJ Open*. 2021 Jun 9;11(6). doi:10.1136/bmjopen-2020-046333 PubMed PMID: 34108165.
2. Romanello M, Napoli C di, Green C, Kennard H, Lampard P, Scamman D, et al. The 2023 report of the Lancet Countdown on health and climate change: the imperative for a health-centred response in a world facing irreversible harms. *The Lancet*. Elsevier B.V.; 2023. p. 2346–94. doi:10.1016/S0140-6736(23)01859-7 PubMed PMID: 37977174.
3. Pan American Health Organization, World Health Organization. Resolution CE174.R15 POLICY FOR STRENGTHENING EQUITY-ORIENTED HEALTH SECTOR ACTION ON CLIMATE CHANGE AND HEALTH. 2024.
4. World Health Organization; COP26 special report on climate change and health: the health argument for climate action. Geneva; 2021.
5. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambio climático 2014 Impactos, adaptación y vulnerabilidad Edición a cargo de Editores científicos para la traducción [Internet]. 2014. Available from: www.ipcc.ch.
6. Solar O, Irwin A. A conceptual framework for action on the social determinants of health. *Social Determinants of Health. Discussion Paper 2*. World Health Organization; 2010. 75 p.
7. Cambio climático [Internet]. [cited 2026 Jul 19]. Available from: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health?utm_source=chatgpt.com

8. OECD. Environment at a Glance in Latin America and the Caribbean: Spotlight on Climate Change. [Internet]. 2023. doi:10.1787/2431bd6c-en
9. Common Position of Latin America and the Caribbean on Climate Change and Health - The Global Climate and Health Alliance [Internet]. [cited 2026 Apr 26]. Available from: <https://climateandhealthalliance.org/position-paper-latin-america-and-the-caribbean-on-climate-change-and-health/>
10. Ministerio de salud y protección social. ¿Qué es el cambio climático? 2021.
11. HEALTH & CLIMATE CHANGE COUNTRY PROFILE 2020 Small Island Developing States Initiative Dominica conTEnTS.
12. HEALTH & CLIMATE CHANGE 11 HEaLTH SEcTOR RESPONSE: mEaSURiNG PROGRESS acknowledgements.
13. HEALTH & CLIMATE CHANGE COUNTRY PROFILE 2021 Small Island Developing States Initiative.
14. WHO UP. THE BAHAMAS. HEALTH & CLIMATE CHANGE COUNTRY PROFILE 2021. 2021.
15. WHO UP. JAMAICA. HEALTH & CLIMATE CHANGE. COUNTRY PROFILE 2021. 2021.
16. JBI. JBI Manual for Evidence Synthesis. JBI Manual for Evidence Synthesis. JBI; 2024. doi:10.46658/JBIMES-24-01
17. Hurtado de Barrera J. Cómo formular objetivos de investigación: un acercamiento desde la investigación holística. Fundación Sygal; 2005.
18. Modern Epidemiology.
19. Khoury MJ, Gwinn M, Ioannidis JPA. The emergence of translational epidemiology: From scientific discovery to population health impact.

- American Journal of Epidemiology. Oxford University Press; 2010. p. 517–24. doi:10.1093/aje/kwq211 PubMed PMID: 20688899.
20. Hernán MA, Robins JM. Causal Inference: What If [Internet]. 2024. Available from: <https://www.hsph.harvard.edu/miguel->
 21. A Dictionary of Epidemiology (DRAFT). Oxford University Press; 2016. A Dictionary of Epidemiology (DRAFT). doi:10.1093/ACREF/9780199976720.001.0001
 22. Nilsen P. Making sense of implementation theories, models and frameworks. Implementation Science. 2015 Apr 21;10(1). doi:10.1186/s13012-015-0242-0 PubMed PMID: 25895742.
 23. Chaudhry D. Climate change and health of the urban poor: The role of environmental justice. Journal of Climate Change and Health. Elsevier Masson s.r.l.; 2024. doi:10.1016/j.joclim.2023.100277
 24. Haines A, Ebi K. The Imperative for Climate Action to Protect Health. New England Journal of Medicine. 2019 Jan 17;380(3):263–73. doi:10.1056/nejmra1807873 PubMed PMID: 30650330.
 25. WHO. Health is the argument for climate action COP29 special report on climate change and health. 2024.
 26. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Health, Wellbeing and the Changing Structure of Communities. In: Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge University Press; 2023. p. 1041–170. doi:10.1017/9781009325844.009
 27. Washington DC. 61st Directing Council 76th Session of the Regional Committee of WHO for the Americas.

28. Haines A, Ebi K. The Imperative for Climate Action to Protect Health. *New England Journal of Medicine*. 2019 Jan 17;380(3):263–73. doi:10.1056/nejmra1807873 PubMed PMID: 30650330.
29. Heat and health [Internet]. [cited 2026 Apr 27]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-heat-and-health>
30. Gould CF, Heft-Neal S, Johnson M, Aguilera J, Burke M, Nadeau K. Health Effects of Wildfire Smoke Exposure [Internet]. Vol. 20. 2026;20:38. doi:10.1146/annurev-med-052422
31. Zhu Q, Zhang D, Wang W, D'Souza RR, Zhang H, Yang B, et al. Wildfires are associated with increased emergency department visits for anxiety disorders in the western United States. *Nature Mental Health*. 2024 Apr 1;2(4):379–87. doi:10.1038/s44220-024-00210-8
32. Ebi KL, Vanos J, Baldwin JW, Bell JE, Hondula DM, Errett NA, et al. Extreme Weather and Climate Change: Population Health and Health System Implications. In: *Annual Review of Public Health*. Annual Reviews Inc.; 2020. p. 293–315. doi:10.1146/annurev-publhealth-012420-105026 PubMed PMID: 33406378.
33. Alderman K, Turner LR, Tong S. Floods and human health: A systematic review. *Environment International*. Elsevier Ltd; 2012. p. 37–47. doi:10.1016/j.envint.2012.06.003 PubMed PMID: 22750033.
34. Exposure Definition and Measurement - Developing a Protocol for Observational Comparative Effectiveness Research: A User's Guide - NCBI Bookshelf [Internet]. [cited 2026 Apr 29]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK126191/>
35. Climate change [Internet]. [cited 2026 Apr 29]. Available from: https://www.who.int/health-topics/climate-change#tab=tab_1

36. Climate change [Internet]. [cited 2026 Apr 29]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health>
37. Field CB, Barros VR, Dokken DJ, Mach KJ, Mastrandrea Codirector MD, Calvo Buendía E, et al. Cambio climático 2014 Impactos, adaptación y vulnerabilidad Edición a cargo de Editores científicos para la traducción [Internet]. 2014. Available from: www.ipcc.ch.
38. IPCC. Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. [Internet]. Arias P, Bustamante M, Elgizouli I, Flato G, Howden M, Méndez-Vallejo C, et al., editors. 2023 Jul. Available from: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/> doi:10.59327/IPCC/AR6-9789291691647
39. Antunes JLF. A dictionary of epidemiology. Journal of Epidemiology and Community Health. 2009. p. 337. doi:10.1136/jech.2008.082511 PubMed PMID: 19366887.
40. GBD 2019 Risk Factors Collaborators. Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019 [Internet]. 2020. Available from: www.thelancet.com
41. Gasparrini A, Guo Y, Hashizume M, Lavigne E, Zanobetti A, Schwartz J, et al. Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: A multicountry observational study. The Lancet. 2015 Jul 25;386(9991):369–75. doi:10.1016/S0140-6736(14)62114-0 PubMed PMID: 26003380.
42. Instituto Nacional de Salud. Carga de enfermedad ambiental. 2018.

43. WHO. WHO methods and data sources for global burden of disease estimates 2000 - 2021 [Internet]. 2024. Available from: <https://www.who.int/data/global-health-estimates>
44. WHO. AirQ+: burden of disease due to air pollution manual. 2020.
45. Pérez-Molina C de J, Chavarro-Bermeo FE, Gutiérrez-Fernández LF, Arias-Ortiz WA. Environmental impact on human health: analysis of the global burden of disease in Bogotá D. C. *Revista de Salud Publica*. 2025 Mar 1;27(2). doi:10.15446/rsap.v27n2.116666
46. Grisales-Romero H, Piñeros-Jiménez JG, Nieto E, Porras-Cataño S, Montealegre N, González D, et al. Local attributable burden disease to PM2.5 ambient air pollution in Medellín, Colombia, 2010–2016. *F1000Res*. 2021 May 28;10:428. doi:10.12688/f1000research.52025.1
47. Nieto-López E, Grisales-Romero H, Montealegre-Hernández N, Lopera-Velásquez V, Piñeros-Jiménez JG. Costs of attributable burden disease to PM2.5 ambient air pollution exposure in Medellín, Colombia, 2010–2016. *F1000Res*. 2022 Jan 26;11:99. doi:10.12688/f1000research.55494.1
48. Mora C, Dousset B, Caldwell IR, Powell FE, Geronimo RC, Bielecki CR, et al. Global risk of deadly heat. *Nat Clim Chang*. 2017 Jun 30;7(7):501–6. doi:10.1038/nclimate3322
49. Patrice K. Nicholas, William E. Rosa, Suellen Breakey. The Imperative for Climate Action to Protect Health. *New England Journal of Medicine*. 2019 Apr 25;380(17). doi:10.1056/nejmc1902963 PubMed PMID: 31018086.
50. Gasparrini A, Guo Y, Hashizume M, Lavigne E, Zanobetti A, Schwartz J, et al. Mortality risk attributable to high and low ambient temperature: A multicountry observational study. *The Lancet*. 2015 Jul 25;386(9991):369–75. doi:10.1016/S0140-6736(14)62114-0 PubMed PMID: 26003380.

51. Vicedo-Cabrera AM, Scovronick N, Sera F, Royé D, Schneider R, Tobias A, et al. The burden of heat-related mortality attributable to recent human-induced climate change. *Nat Clim Chang*. 2021 Jun 1;11(6):492–500. doi:10.1038/s41558-021-01058-x
52. Romanello M, Napoli C di, Green C, Kennard H, Lampard P, Scamman D, et al. The 2023 report of the Lancet Countdown on health and climate change: the imperative for a health-centred response in a world facing irreversible harms. *The Lancet*. Elsevier B.V.; 2023. p. 2346–94. doi:10.1016/S0140-6736(23)01859-7 PubMed PMID: 37977174.
53. Hales Simon, Kovats Sari, Lloyd Simon, Campbell-Lendrum Diarmid. Quantitative risk assessment of the effects of climate change on selected causes of death, 2030s and 2050s. World Health Organization; 2014. 115 p.
54. Amini H, Yousefian F, Faridi S, Andersen ZJ, Calas E, Castro A, et al. Two Decades of Air Pollution Health Risk Assessment: Insights From the Use of WHO's AirQ and AirQ+ Tools. *Public Health Reviews* . 2024;45. doi:10.3389/PHRS.2024.1606969/FULL
55. Yang X, Xu X, Wang Y, Yang J, Wu X. Heat exposure impacts on urban health: A meta-analysis. *Science of the Total Environment*. Elsevier B.V.; 2024. doi:10.1016/j.scitotenv.2024.174650 PubMed PMID: 38986701.
56. Hundessa S, Huang W, Xu R, Yang Z, Zhao Q, Gasparrini A, et al. Global excess deaths associated with heatwaves in 2023 and the contribution of human-induced climate change. *Innovation*. 2025. doi:10.1016/j.xinn.2025.101110
57. Gould CF, Heft-Neal S, Johnson M, Aguilera J, Burke M, Nadeau K. Health Effects of Wildfire Smoke Exposure. *Annual Review of Medicine*. Annual Reviews Inc.; 2024. p. 277–92. doi:10.1146/annurev-med-052422-020909 PubMed PMID: 37738508.

58. Zhang M, Castro E, Shtein A, Peralta AA, Danesh Yazdi M, Wu X, et al. Wildfire smoke PM 2.5 and mortality rate in the contiguous United States: A causal modeling study. *Sci. Adv.* 2026.
59. Vega SL, Childs ML, Aggarwal S, Nethery RC. Wildfire Smoke Exposure and Cause-Specific Hospitalization in Older Adults. *JAMA Netw Open.* 2025 Apr 30;8(4). doi:10.1001/jamanetworkopen.2025.7956 PubMed PMID: 40305019.
60. Zhu Q, Zhang D, Wang W, D'Souza RR, Zhang H, Yang B, et al. Wildfires are associated with increased emergency department visits for anxiety disorders in the western United States. *Nature Mental Health.* 2024 Apr 1;2(4):379–87. doi:10.1038/s44220-024-00210-8
61. Wu Y, Gasevic D, Wen B, Yang Z, Yu P, Zhou G, et al. Floods and cause-specific mortality in the UK: a nested case-control study. *BMC Med.* 2024 Dec 1;22(1). doi:10.1186/s12916-024-03412-0 PubMed PMID: 38715068.
62. He C, Zhu Y, Zhou L, Bachwenkizi J, Schneider A, Chen R, et al. Flood exposure and pregnancy loss in 33 developing countries. *Nat Commun.* 2024 Dec 1;15(1). doi:10.1038/s41467-023-44508-0 PubMed PMID: 38167351.
63. Aggarwal S, Hu JK, Sullivan JA, Parks RM, Nethery RC. Severe flooding and cause-specific hospitalisation among older adults in the USA: a retrospective matched cohort analysis. *Lancet Planet Health.* 2025 Jul 1;9(7). doi:10.1016/S2542-5196(25)00132-9 PubMed PMID: 40752514.
64. Yang Z, Huang W, McKenzie JE, Xu R, Yu P, Wu Y, et al. Hospitalization risks associated with floods in a multi-country study. *Nature Water.* 2025 May 1;3(5):561–70. doi:10.1038/s44221-025-00425-8
65. Delpla I, Diallo TA, Keeling M, Bellefleur O. Tools and methods to include health in climate change adaptation and mitigation strategies and policies: A

- scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. MDPI AG; 2021. p. 1–20. doi:10.3390/ijerph18052547 PubMed PMID: 33806462.
66. Moreira RP, de Oliveira FBB, de Araujo TL, Morais HCC, Cavalcante TF, Gomez MBS, et al. Health Interventions for Preventing Climate-Sensitive Diseases: Scoping Review. *Journal of Urban Health*. Springer; 2022. p. 519–32. doi:10.1007/s11524-022-00631-9 PubMed PMID: 35467327.
67. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. BMJ Publishing Group; 2021. doi:10.1136/bmj.n71 PubMed PMID: 33780438.
68. Hartinger SM, Palmeiro-Silva YK, Llerena-Cayo C, Blanco-Villafuerte L, Escobar LE, Diaz A, et al. The 2023 Latin America report of the Lancet Countdown on health and climate change: the imperative for health-centred climate-resilient development. *The Lancet Regional Health - Americas*. 2024 May;33:100746. doi:10.1016/j.lana.2024.100746
69. Chen G, Guo Y, Yue X, Xu R, Yu W, Ye T, et al. All-cause, cardiovascular, and respiratory mortality and wildfire-related ozone: a multicountry two-stage time series analysis. *Lancet Planet Health*. 2024 Jul 1;8(7):e452–62. doi:10.1016/S2542-5196(24)00117-7 PubMed PMID: 38969473.
70. Xu R, Ye T, Yue X, Yang Z, Yu W, Zhang Y, et al. Global population exposure to landscape fire air pollution from 2000 to 2019. *Nature*. 2023 Sep 21;621(7979):521–9. doi:10.1038/s41586-023-06398-6 PubMed PMID: 37730866.
71. dos Santos DM, Libonati R, Garcia BN, Geirinhas JL, Salvi BB, e Silva EL, et al. Twenty-first-century demographic and social inequalities of heat-related deaths in Brazilian urban areas. *PLoS One*. 2024 Jan 1;19(1 January). doi:10.1371/journal.pone.0295766 PubMed PMID: 38265975.

72. Acosta-España JD, Romero-Alvarez D, Luna C, Rodriguez-Morales AJ. Infectious disease outbreaks in the wake of natural flood disasters: global patterns and local implications. *Infezioni in Medicina. EDIMES Edizioni Medico Scientifiche*; 2024. p. 451–62. doi:10.53854/liim-3204-4
73. Xu R, Ye T, Huang W, Yue X, Morawska L, Abramson MJ, et al. Global, regional, and national mortality burden attributable to air pollution from landscape fires: a health impact assessment study. *The Lancet*. 2024 Dec 14;404(10470):2447–59. doi:10.1016/S0140-6736(24)02251-7 PubMed PMID: 39615506.
74. Borchers-Arriagada N, Schulz-Antipa P, Conte-Grand M. Future fire-smoke PM2.5 health burden under climate change in Paraguay. *Science of the Total Environment*. 2024 May 10;924. doi:10.1016/j.scitotenv.2024.171356 PubMed PMID: 38447729.
75. Yglesias-González M, Valdés-Velásquez A, Hartinger SM, Takahashi K, Salvatierra G, Velarde R, et al. Reflections on the impact and response to the Peruvian 2017 Coastal El Niño event: Looking to the past to prepare for the future. *PLoS One*. 2023 Sep 1;18(9 September). doi:10.1371/journal.pone.0290767 PubMed PMID: 37751405.
76. Kephart JL, Sánchez BN, Moore J, Schinasi LH, Bakhtsiyarava M, Ju Y, et al. City-level impact of extreme temperatures and mortality in Latin America. *Nat Med*. 2022 Aug 1;28(8):1700–5. doi:10.1038/s41591-022-01872-6 PubMed PMID: 35760859.
77. Rodrigues DLG, Andrade JBC de, Santos JPN dos, Russo AC, Sampaio Silva G. Climate change and cerebrovascular diseases: A narrative review with Brazilian regional analysis. *International Journal of Stroke*. SAGE Publications Inc.; 2026. doi:10.1177/17474930261429878 PubMed PMID: 41731311.

78. Dickason RM, Hertelendy AJ, Hart A, Ciottone GR. Disasters in the Northern Triangle: A Descriptive Analysis Using the EM-DAT Database 1902-2022. *Prehosp Disaster Med.* 2023 Oct 27;38(5):668–76. doi:10.1017/S1049023X23006374 PubMed PMID: 37753629.
79. Alvarado-Calvo A, Alvarado-Rodríguez Y, Cruz-Mora K, Mora-Jiménez J, Arguedas-Chacón S, Zavaleta-Monestel E. Trends and Association of Environmental Exposure and Climate Change with Non-Communicable Diseases in Latin America. *Healthcare (Switzerland).* 2025 Jul 1;13(14). doi:10.3390/healthcare13141653
80. de Moura FR, Buffarini R, Barlem ELD, Nadaleti WC, Carvalho H, da Silva Júnior FMR. Amazon's climate crossroads: analyzing air pollution and health impacts under machine learning-based temperature increase scenarios in Northern Mato Grosso, Brazil. *Environ Geochem Health.* 2025 Jun 1;47(6). doi:10.1007/s10653-025-02524-7 PubMed PMID: 40366449.
81. Tobias A, Honda Y, Madaniyazi L, Alhamad B, Lavigne E, Roye D, et al. Variation in reporting of heatstroke mortality: evidence from a multi-country study. *Lancet Public Health.* 2026 Mar 1;11(3):e156–63. doi:10.1016/S2468-2667(25)00322-6 PubMed PMID: 41748235.
82. Mendez-Espinosa JF, Rojas NY, Vargas J, Pachón JE, Belalcazar LC, Ramírez O. Air quality variations in Northern South America during the COVID-19 lockdown. *Science of the Total Environment.* 2020 Dec 20;749. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.141621 PubMed PMID: 32822915.
83. Silva I da, Wikuats CFH, Hashimoto EM, Martins LD. Effects of Environmental and Socioeconomic Inequalities on Health Outcomes: A Multi-Region Time-Series Study. *Int J Environ Res Public Health.* 2022 Dec 1;19(24). doi:10.3390/ijerph192416521
84. Ballesteros-González K, Sullivan AP, Morales-Betancourt R. Estimating the air quality and health impacts of biomass burning in northern South America

- using a chemical transport model. *Science of the Total Environment*. 2020 Oct 15;739. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.139755 PubMed PMID: 32758934.
85. Moraes SL de, Rodriguez DA, Schinasi LH, Kephart JL, Dronova I, Bakhtsiyarava M, et al. Ambient temperature and homicide mortality in 307 Latin American cities: A case time series design. *Environ Res*. 2026 May 15;297. doi:10.1016/j.envres.2026.124083 PubMed PMID: 41765315.
86. García-Witulski C, Rabassa MJ, Conte Grand M, Rozenberg J. Valuing mortality attributable to present and future temperature extremes in Argentina. *Econ Hum Biol*. 2023 Dec 1;51. doi:10.1016/j.ehb.2023.101305 PubMed PMID: 37722142.
87. Silveira IH, Oliveira BFA, Cortes TR, Junger WL. The effect of ambient temperature on cardiovascular mortality in 27 Brazilian cities. *Science of the Total Environment*. 2019 Nov 15;691:996–1004. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.06.493 PubMed PMID: 31326821.
88. García-Witulski C, Rabassa M, Melo O, Sarmiento JH. Effects of climate change on physical inactivity: a panel data study across 156 countries from 2000 to 2022. *Lancet Glob Health*. 2026 Apr 1;14(4):e500–11. doi:10.1016/S2214-109X(25)00472-3 PubMed PMID: 41856136.
89. Gasparrini A, Guo Y, Sera F, Vicedo-Cabrera AM, Huber V, Tong S, et al. Projections of temperature-related excess mortality under climate change scenarios. *Lancet Planet Health*. 2017;1(9):e360–7. doi:10.1016/S2542-5196(17)30156-0
90. Bakhtsiyarava M, Schinasi LH, Sánchez BN, Dronova I, Kephart JL, Ju Y, et al. Modification of temperature-related human mortality by area-level socioeconomic and demographic characteristics in Latin American cities. *Soc Sci Med*. 2023 Jan 1;317. doi:10.1016/j.socscimed.2022.115526 PubMed PMID: 36476939.

91. Lichtveld M, Hospedales J, Davenport SR, Buchanich J, Harvey J, Wahid FA, et al. Assessing the Effectiveness of Climate-Smart Health Facilities in Small Island Caribbean Nations. *Ann Glob Health*. 2025;91(1). doi:10.5334/aogh.4755 PubMed PMID: 40860454.
92. Schinasi LH, Bakhtsiyarava M, Sanchez BN, Kephart JL, Ju Y, Arunachalam S, et al. Greenness and excess deaths from heat in 323 Latin American cities: Do associations vary according to climate zone or green space configuration? *Environ Int*. 2023 Oct 1;180. doi:10.1016/j.envint.2023.108230 PubMed PMID: 37776620.
93. Bakhtsiyarava M, Kephart JL, Sánchez BN, Ramarao MVS, Arunachalam S, Gouveia N, et al. Future temperature-related mortality in Latin American cities under climate change and population scenarios. *Environ Int*. 2025 Aug 1;202. doi:10.1016/j.envint.2025.109694 PubMed PMID: 40737859.
94. Silveira IH, Cortes TR, de Oliveira BFA, Junger WL. Projections of excess cardiovascular mortality related to temperature under different climate change scenarios and regionalized climate model simulations in Brazilian cities. *Environ Res*. 2021 Jun 1;197. doi:10.1016/j.envres.2021.110995 PubMed PMID: 33713709.
95. Di Napoli C, Allen T, Méndez-Lázaro PA, Pappenberger F. Heat stress in the Caribbean: Climatology, drivers, and trends of human biometeorology indices. *International Journal of Climatology*. 2023 Jan 1;43(1):405–25. doi:10.1002/joc.7774
96. Harris-Glenville F, Cloos P. “I think they should give primary health care a little more priority”. The primary health care in Caribbean SIDS: what can be said about adaptation to the changing climate? The case of Dominica— a qualitative study. *BMC Primary Care*. 2024 Dec 1;25(1). doi:10.1186/s12875-024-02311-w PubMed PMID: 38388362.

97. Nagy GJ, Leal Filho W, Azeiteiro UM, Heimfarth J, Verocai JE, Li C. An assessment of the relationships between extreme weather events, vulnerability, and the impacts on human wellbeing in Latin America. *Int J Environ Res Public Health*. 2018 Sep 1;15(9). doi:10.3390/ijerph15091802 PubMed PMID: 30134614.
98. Requia WJ, Koutrakis P, Papatheodorou S. The association of maternal exposure to ambient temperature with low birth weight in term pregnancies varies by location: In Brazil, positive associations may occur only in the Amazon region. *Environ Res*. 2022 Nov 1;214. doi:10.1016/j.envres.2022.113923 PubMed PMID: 35863440.
99. He C, Zhu Y, Zhou L, Bachwenkizi J, Schneider A, Chen R, et al. Flood exposure and pregnancy loss in 33 developing countries. *Nat Commun*. 2024 Dec 1;15(1). doi:10.1038/s41467-023-44508-0 PubMed PMID: 38167351.
100. Souto-Oliveira CE, Marques MTA, Nogueira T, Lopes FJS, Medeiros JAG, Medeiros IMMA, et al. Impact of extreme wildfires from the Brazilian Forests and sugarcane burning on the air quality of the biggest megacity on South America. *Science of the Total Environment*. 2023 Aug 25;888. doi:10.1016/j.scitotenv.2023.163439 PubMed PMID: 37196956.
101. Chery G, Francis L, Hunte SA, Leon P. Epidemiology of human leptospirosis in Saint Lucia, 2010–2017 [Internet]. 2020 Jun. doi:https://doi.org/10.26633/RPSP.2020.160