

Crisis climática, desigualdad estructural y envejecimiento biológico: Un modelo de internalización somática de externalidades

Climate crisis, structural inequality, and biological ageing:
A model of somatic internalisation of externalities

Mariann Davila² ; Lorena Muñoz-del-Campo³ .

RESUMEN

La crisis climática constituye un fenómeno estructural cuyos efectos trascienden la dimensión ambiental para inscribirse en la biología humana de manera diferencial según la posición socioeconómica. Este artículo desarrolla un modelo teórico que articula economía política de la desigualdad, exposición ambiental diferencial, estrés psicosocial crónico y mecanismos moleculares de envejecimiento. Se argumenta que la desigualdad estructural no es un mero amplificador de la crisis climática, sino una condición que permite la persistencia de externalidades ambientales al fragmentar la sociedad en grupos con capacidad de adaptación y grupos forzados a internalizar costos. La evidencia sobre acortamiento telomérico y modificaciones epigenéticas asociadas a contaminación y estrés crónico sugiere que estas externalidades se inscriben somáticamente, produciendo envejecimiento biológico acelerado en poblaciones vulnerables. El modelo propuesto integra cuatro niveles interdependientes —macroestructural, distributivo-territorial, psicosocial y molecular— y genera derivaciones verificables sobre la estratificación biológica, la insuficiencia de políticas de mitigación sin transformación distributiva y la presión fiscal regresiva derivada de la crisis climática. Se incorpora evidencia comparada de América Latina y Europa para dimensionar la brecha entre el impacto creciente en salud y la capacidad de respuesta institucional.

Palabras claves: desigualdad estructural; crisis climática; epigenética; telómeros; salud planetaria; sistemas de salud.

Fecha de recepción: marzo 2026 Aceptado: mayo 2026

² Instituto de Neurociencias para la Felicidad, Chile.

³ Universitat de Lleida, Escola de Doctorat, España.

Autor de Correspondencia: Mariann Davila. Email: mariann.davila@gmail.com



Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una Licencia Creative Commons.

ABSTRACT

Climate change constitutes a structural phenomenon whose effects transcend the environmental dimension and become inscribed in human biology in a differential manner according to socioeconomic position. This article develops a theoretical model that articulates the political economy of inequality, differential environmental exposure, chronic psychosocial stress, and molecular mechanisms of ageing. It is argued that structural inequality is not merely an amplifier of the climate crisis, but a condition that enables the persistence of environmental externalities by fragmenting society into groups with adaptive capacity and groups compelled to internalise costs. Evidence on telomere shortening and epigenetic modifications associated with pollution and chronic stress suggests that these externalities become somatically embedded, producing accelerated biological ageing in vulnerable populations. The proposed model integrates four interdependent levels—macro-structural, distributive-territorial, psychosocial, and molecular—and generates testable implications regarding biological stratification, the insufficiency of mitigation policies in the absence of distributive transformation, and the regressive fiscal pressure derived from the climate crisis. Comparative evidence from Latin America and Europe is incorporated to assess the widening gap between the growing health impact and institutional response capacity.

Keywords: structural inequality; climate crisis; epigenetics; telomeres; planetary health; health systems.

INTRODUCCIÓN

La crisis climática contemporánea constituye uno de los desafíos más complejos que enfrenta la humanidad, no solo por sus consecuencias ecológicas, sino por su capacidad para reorganizar simultáneamente las estructuras económicas, las dinámicas sociales y los procesos biológicos fundamentales. El aumento sostenido de la temperatura media global, la intensificación de eventos extremos y la degradación de ecosistemas representan manifestaciones visibles de un fenómeno cuyas raíces se hunden en la arquitectura distributiva del capitalismo moderno. Comprender cabalmente esta crisis exige, por tanto, superar la fragmentación disciplinaria que ha caracterizado su análisis.

Tradicionalmente, la economía ambiental ha abordado el cambio climático como un problema de externalidades. Esta perspectiva, inaugurada por Pigou a comienzos del siglo XX, identifica una divergencia entre costos privados y sociales que el mercado no internaliza espontáneamente, justificando intervenciones correctivas como impuestos o subsidios (Pigou, 1920/2017). La contaminación atmosférica constituye el ejemplo paradigmático de esta divergencia. Sin embargo, este enfoque presupone una neutralidad distributiva y una capacidad regulatoria estatal que rara vez se verifican empíricamente, especialmente en contextos de alta concentración patrimonial donde el poder económico condiciona la capacidad regulatoria del Estado (Stiglitz, 2012).

La crítica posterior de Coase (1960) desplazó el énfasis hacia la definición de derechos de propiedad y la negociación entre partes. Bajo su formulación, si los derechos de propiedad están claramente definidos y los costos de transacción son bajos, las partes pueden negociar soluciones eficientes independientemente de la

asignación inicial de derechos. No obstante, la crisis climática introduce características que desbordan este marco: daños acumulativos, víctimas difusas, temporalidad intergeneracional y asimetrías geopolíticas profundas. Los costos de transacción no son bajos, sino estructuralmente elevados; la atmósfera no es un bien susceptible de delimitación contractual simple; las generaciones futuras, principales afectadas por las decisiones presentes, carecen de representación en cualquier negociación hipotética. La solución coasiana resulta analíticamente elegante pero empíricamente inaplicable frente a una externalidad de escala planetaria.

La insuficiencia de ambos enfoques se vuelve evidente cuando se introduce la dinámica distributiva descrita por Piketty (2014). Su análisis monumental de la evolución histórica de la desigualdad demuestra que cuando la tasa de retorno del capital supera sistemáticamente la tasa de crecimiento económico ($r > g$), la riqueza tiende a concentrarse intergeneracionalmente. Esta concentración no solo implica desigualdad de ingresos, sino acumulación de poder estructural en múltiples dimensiones: capacidad de influir en marcos regulatorios, desplazar actividades contaminantes hacia territorios con menor protección ambiental, externalizar costos sanitarios y amortiguar internamente los efectos del deterioro ecológico mediante inversión privada en adaptación.

La desigualdad, por tanto, no es un fenómeno independiente del cambio climático; constituye la condición estructural que permite la persistencia de la externalización ambiental al fragmentar la sociedad en grupos con capacidad de adaptación y grupos forzados a internalizar los costos. Esta perspectiva implica que la crisis climática no es un accidente del sistema económico, ni una falla ocasional corregible mediante ajustes marginales, sino una

consecuencia coherente con su lógica de acumulación. La externalización de costos no es una anomalía, sino un mecanismo funcional para sostener la rentabilidad del capital cuando la presión regulatoria, la escasez de recursos o la competencia internacional amenazan la tasa de ganancia. En el contexto latinoamericano, el análisis de Muñoz del Campo y Parra Vergara (2024) adquiere relevancia fundamental. Utilizando una magnitud económica sintética —el cociente entre riqueza nacional y renta nacional—, demuestran que el crecimiento económico en diversos países pertenecientes a la OCDE, incluyendo los OCDEs de Latino América, no ha alterado sustantivamente la estructura distributiva. La persistencia de la desigualdad pese a la expansión macroeconómica revela un fenómeno estructural: el crecimiento agregado no garantiza reducción de brechas, y la concentración patrimonial se reproduce a través de mecanismos institucionales y políticos que operan con independencia del ciclo económico.

Este hallazgo es crucial para el argumento aquí desarrollado. Si el crecimiento no reduce la desigualdad, la vulnerabilidad diferencial frente a riesgos ambientales tampoco disminuye. Los grupos socioeconómicos con menor capital económico continúan expuestos de forma desproporcionada a contaminantes atmosféricos, estrés térmico e inseguridad habitacional. La desigualdad se convierte así en un vector de exposición diferenciada y permanente, no en una condición transitoria que el desarrollo económico corregirá espontáneamente.

Si nos enfocamos en la dimensión sanitaria de la crisis climática podemos ver que ésta actúa como un multiplicador de amenazas para la salud, generando una demanda creciente sobre sistemas sanitarios que frecuentemente carecen de la preparación adecuada para responder. Los indicadores

disponibles muestran un aumento drástico en los factores de riesgo. Las poblaciones más vulnerables, como bebés y personas mayores de 65 años, experimentan actualmente más del 250% de días con olas de calor en comparación con el período 1986-2005 (European Environment Agency, 2025). Esto se traduce directamente en golpes de calor, deshidratación y agravamiento de enfermedades cardiovasculares y respiratorias.

Paralelamente, el cambio climático está expandiendo el hábitat de vectores de enfermedades. La idoneidad climática para la transmisión del dengue por el mosquito *Aedes aegypti* ha aumentado en un 54% en las últimas décadas (The Lancet Countdown [TLC], 2025). La inseguridad alimentaria asociada a sequías y olas de calor afectó a 9.9 millones de personas adicionales solo en 2021 en América Latina, con graves consecuencias para la salud, especialmente la infantil.

Frente a esta creciente demanda, los sistemas de salud muestran importantes rezagos. A pesar de la urgencia, solo 11 países de América Latina cuentan con planes nacionales específicos que integren salud y cambio climático, y únicamente 10 han realizado evaluaciones de su vulnerabilidad en esta materia (TLC, 2025). La mayoría de los sistemas de salud operan sin información estructurada sobre los riesgos que enfrentan.

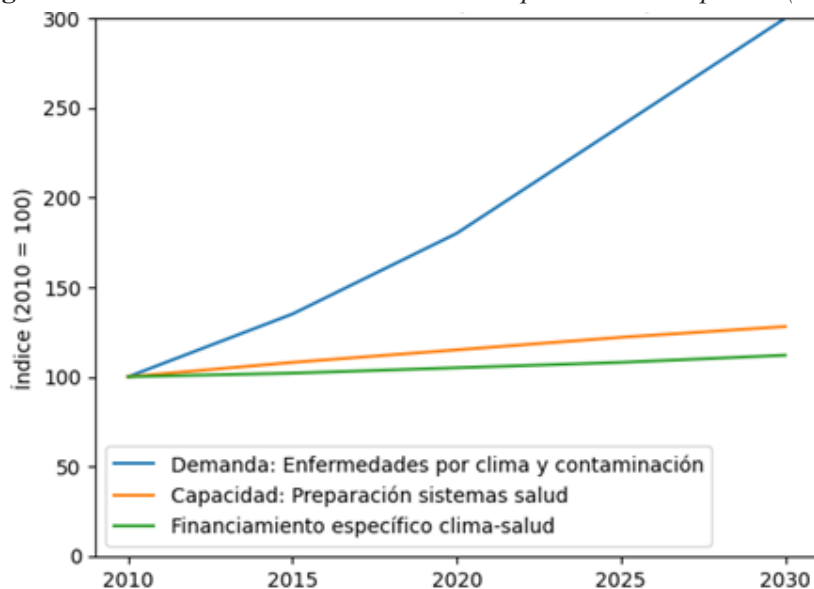
La formación del personal sanitario es igualmente insuficiente. La mayoría de las universidades de la región no incluyen el cambio climático en los currículos de grado en salud, y en 2024 solo el 17% de los estudiantes de instituciones de salud pública encuestados recibió alguna capacitación sobre el tema. La infraestructura tampoco está preparada: las 109 ciudades latinoamericanas con más de 500,000 habitantes presentan niveles de áreas verdes que van desde bajos a excepcionalmente bajos, lo

que las hace menos resilientes a las olas de calor.

Por otro lado, la contaminación atmosférica constituye un problema de salud pública de primera magnitud que se suma y se entrelaza con los efectos del cambio climático. Un alarmante 99% de la población en América Latina está expuesta a niveles de contaminación del aire que dañan la salud (State of Global Air, 2023). Esta exposición tiene consecuencias letales: se estiman más de 360,000 muertes prematuras anuales asociadas a la contaminación por partículas finas (PM2.5) provenientes de combustibles fósiles en el período 2018-2022.

La evidencia sugiere entonces que la brecha entre necesidades de salud y capacidad de respuesta es enorme y creciente. Las curvas de impacto del cambio climático — como dengue y estrés por calor— y de contaminación —enfermedades respiratorias y cardiovasculares— están en trayectoria ascendente, aumentando el número de personas que necesitan atención médica. Simultáneamente, la curva de preparación y resiliencia de los sistemas de salud avanza lentamente (Figura 1). La falta de planes, personal capacitado y financiamiento específico impide que la oferta de servicios crezca al ritmo de la demanda.

Figura 1: Brecha Asistencial: Demanda vs Capacidad de Respuesta (2010 - 2030)



Elaboración Propia. Fuente: Lancet Countdown, Ballester 2023, Alho 2024, State of Global Air, Austria 2026, NIH/PMC 2025.

Un indicador de esta desconexión es el financiamiento: solo el 11.6% de las inversiones del Fondo Verde para el Clima en la región abordan la salud, y menos del 1% de los proyectos de investigación financiados con fondos públicos en seis países latinoamericanos se enfocan en la intersección clima-salud.

Sin embargo, limitar el análisis a la mortalidad agregada y la capacidad institucional invisibiliza una dimensión crucial: los mecanismos moleculares a través de los cuales la exposición ambiental se traduce en deterioro biológico acumulativo. Estudios en poblaciones altamente expuestas han demostrado asociación significativa

entre contaminación atmosférica y reducción de longitud telomérica (Hou et al., 2012; Pavanello et al., 2020). La investigación en epigenética ambiental ha demostrado que contaminantes atmosféricos inducen modificaciones en patrones de metilación de genes involucrados en inflamación y estrés oxidativo (Martorell et al., 2021; Ho et al., 2013).

Paralelamente, el estrés psicosocial constituye un segundo vector biológico. Epel et al. (2004) demostraron que el estrés crónico acelera la erosión telomérica, equivalente a una década adicional de envejecimiento. Shalev et al. (2013) evidenciaron que la exposición a violencia infantil produce reducción longitudinal de telómeros. Zannas et al. (2015) demostraron que el estrés vital acumulado acelera el envejecimiento epigenético. Sánchez et al. (2021) identificaron correlación entre nivel socioeconómico bajo y menor longitud telomérica. Palacio y Sánchez (2023) documentaron envejecimiento prematuro en víctimas del conflicto armado colombiano.

La psicología climática ha documentado

que la percepción persistente de amenaza ambiental genera angustia ecológica. Albrecht et al. (2007) introdujeron el concepto de solastalgia para describir la angustia derivada de la degradación del entorno propio. Doherty y Clayton (2011) sistematizaron los impactos psicológicos del cambio climático. Clayton y Manning (2018) analizaron los procesos cognitivos implicados en la percepción del riesgo. Gifford (2011) identificó barreras psicológicas a la acción climática. Huarcaya-Victoria et al. (2022) documentaron en América Latina el aumento de sintomatología ansiosa y depresiva vinculada al cambio climático.

Investigaciones recientes amplían la perspectiva temporal. Antonina Roe et al. (2024) analizaron el impacto de desastres climáticos sobre salud mental y epigenética. Jia et al. (2023) vincularon cambio climático con alteraciones epigenéticas pediátricas. Klibaner-Schiff et al. (2024) documentaron que exposiciones ambientales pueden influir en epigenética multigeneracional.

Pregunta de investigación e hipótesis

La convergencia entre desigualdad estructural, exposición ambiental diferencial, estrés psicosocial crónico y mecanismos epigenéticos sugiere la existencia de un proceso de internalización somática de externalidades económicas. La pregunta central que guía este trabajo es: ¿cómo se traduce la desigualdad estructural en desigualdad biológica a través de los mecanismos de la crisis climática? La hipótesis propuesta sostiene que la desigualdad no es simplemente un amplificador del daño ambiental, sino una condición estructural que permite la persistencia de externalidades al fragmentar la sociedad en grupos con capacidad de externalizar costos y grupos forzados a internalizarlos somáticamente.

Construcción del modelo

El modelo propuesto se fundamenta en la integración de cuatro tradiciones analíticas: la economía política de la desigualdad, la epidemiología ambiental, la biología del envejecimiento y la psicología climática. Cada una de estas tradiciones ha desarrollado conocimientos sustantivos sobre dimensiones específicas del problema, pero su integración en un marco unificado permite identificar mecanismos causales que permanecen invisibles cuando se analizan por separado.

Desde la economía política, la obra de Piketty (2014) proporciona una comprensión dinámica de la desigualdad como fenómeno estructural más que coyuntural. La tendencia a

la concentración patrimonial cuando la tasa de retorno del capital supera el crecimiento económico implica que las asimetrías de poder y capacidad de influencia se reproducen intergeneracionalmente, condicionando la distribución de riesgos y oportunidades. Esta perspectiva permite situar la crisis climática no como una falla ocasional del mercado, sino como una consecuencia coherente con la lógica de acumulación.

La epidemiología ambiental, por su parte, ha establecido sólidamente la asociación entre exposición a contaminantes atmosféricos y carga de enfermedad. Los estudios de carga global de enfermedad proporcionan estimaciones robustas de mortalidad atribuible a PM2.5, ozono y otros contaminantes, así como de su distribución desigual entre regiones y grupos sociales (Cohen et al., 2020; Global Burden of Disease Collaborative Network, 2024). Esta evidencia constituye el punto de partida para comprender cómo la exposición ambiental se traduce en daño sanitario.

La biología del envejecimiento ha revolucionado la comprensión de los mecanismos a través de los cuales factores ambientales y psicosociales se incorporan al organismo. El descubrimiento de que el estrés crónico acelera el acortamiento telomérico (Epel et al., 2004) abrió una nueva frontera en la investigación sobre interacción ambiente-biología. Posteriormente, los estudios sobre envejecimiento epigenético (Zannas et al., 2015) proporcionaron herramientas para cuantificar la edad biológica y su aceleración en respuesta a exposiciones adversas.

La psicología climática ha documentado los impactos psicológicos directos e indirectos del cambio climático, así como las barreras cognitivas que dificultan la respuesta colectiva (Doherty & Clayton, 2011; Clayton & Manning, 2018). Conceptos como so-lastalgia (Albrecht et al., 2007) o eco-ansiedad capturan dimensiones de la experiencia humana frente a la degradación ambiental que no son reducibles a efectos físicos.

La integración de estas tradiciones permite construir un modelo analítico de cuatro niveles (Tabla 1) interdependientes:

Tabla 1: *Niveles analíticos del modelo propuesto*

Nivel	Dimensión	Mecanismo
Nivel 1	Macroestructural	Régimen de acumulación, concentración de capital, externalización ambiental. (1)
Nivel 2	Distributivo-territorial	Exposición diferencial a contaminantes, segregación residencial, vulnerabilidad adaptativa. (2)
Nivel 3	Psicosocial	Estrés crónico, carga alostática, activación eje HPA. (3)
Nivel 4	Molecular	Inflamación sistémica, acortamiento telomérico, modificaciones epigenéticas. (4)

Elaboración propia. Fuente (1) Piketty, 2014; Muñoz del Campo & Parra Vergara, 2024; (2) WHO, 2023; State of Global Air, 2023; (3) Epel et al., 2004; McEwen & Gianaros, 2011; Shalev et al., 2013; y (4) Hou et al., 2012; Martorell et al., 2021; Zannas et al., 2015

Nivel 1: Macroestructural: Comprende la dinámica del sistema económico caracterizada por la concentración del capital y la externalización sistemática de costos ambientales. La desigualdad estructural no es un fenómeno superficial, sino una propiedad emergente del régimen de acumulación que determina la capacidad diferencial de los grupos sociales para influir en regulaciones, localizar actividades contaminantes y amortiguar impactos ambientales mediante inversión privada en adaptación.

Nivel 2: Distributivo-territorial: La desigualdad estructural se traduce en una geografía social del riesgo. Determina qué poblaciones residen en zonas con mayor carga contaminante, menor infraestructura verde y mayor vulnerabilidad a eventos extremos. La segregación residencial, la localización industrial y la distribución desigual de infraestructura protectora producen una exposición diferencial sistemática. Los grupos vulnerables no solo enfrentan mayor riesgo de exposición, sino que disponen de menor capacidad adaptativa: vivienda inadecuada, acceso limitado a climatización, empleos físicamente exigentes que impiden evitar la exposición.

Nivel 3: Psicosocial: La precariedad material y la percepción de amenaza ambiental generan activación crónica del eje neuroendocrino del estrés. La incertidumbre persistente, la angustia ecológica y la experiencia de degradación del entorno constituyen fuentes autónomas de activación del eje hipotálamo-hipófisis-adrenal. La carga alostática resultante representa el costo fisiológico acumulativo de la adaptación crónica al estrés (McEwen & Gianaros, 2011).

Nivel 4: Molecular: La carga alostática y la inflamación sistémica inducida por contaminantes actúan sinérgicamente, acelerando procesos fundamentales de envejecimiento celular. El acortamiento telomérico constituye un marcador robusto de envejecimiento biológico, modulado por estrés oxidativo e inflamación. Las modificaciones epigenéticas representan un mecanismo de memoria biológica del ambiente, alterando patrones de metilación en genes relacionados con inflamación, metabolismo y respuesta al estrés.

La integración de estos cuatro niveles permite formular el modelo de internalización somática de externalidades. La tesis central sostiene que la desigualdad estructural permite la persistencia de externalidades ambientales al fragmentar la sociedad en grupos con capacidad de externalizar costos y grupos forzados a internalizarlos. Esta internalización no ocurre solo en el plano económico —a través de mayor morbilidad y mortalidad— sino en el plano molecular, a través de mecanismos inflamatorios, teloméricos y epigenéticos.

Esta cadena no es unidireccional sino recursiva (Figura 2): el envejecimiento biológico acelerado reduce capacidad productiva y aumenta costos sanitarios, retroalimentando la vulnerabilidad económica y profundizando la desigualdad.

Del modelo propuesto se derivan tres consecuencias estructurales susceptibles de verificación empírica. A continuación se presentan estas derivaciones junto con evidencia comparada de América Latina y Europa que permite dimensionar la magnitud de los fenómenos descritos.

Figura 2: *Modelo de Cadena Causal Multinivel de Envejecimiento Biológico Acelerado*



Fuente: Este artículo

Tabla 2: *Mecanismos moleculares de internalización del daño ambiental*

Mecanismo	Exposición	Efecto biológico
Acortamiento telomérico	PM2.5, estrés crónico	Reducción longitud telomérica equivalente a años de envejecimiento (1)epigenéticas. (4)
Metilación del ADN	Contaminantes atmosféricos	Alteración patrones metilación genes inflamatorios (2)
Aceleración epigenética	Estrés vital acumulado	Edad epigenética superior a edad cronológica (3)
Estrés oxidativo	PM2.5	Daño celular acumulativo, senescencia (4)

Elaboración Propia. Fuente (1) Hou et al., 2012; Pavanello et al., 2020; Epel et al., 2004 (2) Martorell et al., 2021; ; Ho et al., 2013 (3) Zannas et al., 2015; Choi et al., 2024); y (4) Carrión & de la Fuente, 2023

Si la desigualdad modula la exposición ambiental y el estrés crónico, entonces el envejecimiento biológico debe correlacionarse sistemáticamente con gradientes socioeconómicos, incluso dentro de una misma unidad territorial. Esta derivación encuentra respaldo en múltiples estudios que documentan asociación entre nivel socioeconómico bajo y menor longitud telomérica (Sánchez et al., 2021), así como

entre exposición a violencia y envejecimiento prematuro (Palacio & Sánchez, 2023; Shalev et al., 2013). La magnitud de estas diferencias es clínicamente relevante: Epel et al. (2004) encontraron que el estrés crónico equivalía a una década adicional de envejecimiento (Tabla 2). La edad cronológica deja así de ser un indicador suficiente de reserva funcional poblacional. La aceleración biológica se

convierte en una variable estratificada socialmente. Dos individuos con la misma edad cronológica pueden presentar edades biológicas significativamente diferentes en función de su exposición acumulada a estrés ambiental y psicosocial, determinada a su vez por su posición en la estructura distributiva (Tabla 3).

Tabla 3: Evidencia de estratificación biológica según posición socioeconómica

Población	Hallazgo principal	Implicación para el modelo
Adultos españoles (N=1,200)	Nivel socioeconómico bajo asociado a menor longitud telomérica (diferencia equivalente a 7 años de envejecimiento)	La desigualdad económica se traduce en deterioro celular medible (1)
Víctimas conflicto armado Colombia (N=450)	Envejecimiento prematuro en población expuesta a violencia estructural (edad biológica 5 años superior a controles)	El trauma colectivo acelera el envejecimiento biológico (2)
Cohorte longitudinal infantil Reino Unido (N=1,100)	Violencia infantil produce erosión telomérica entre 5 y 10 años (efecto dosis-respuesta)	La adversidad temprana tiene efectos biológicos persistentes (3)
Mujeres con estrés crónico EE.UU. (N=119)	Estrés crónico equivalente a una década adicional de envejecimiento ($p<0.001$)	Establece el vínculo fundacional entre estrés psicosocial y envejecimiento celular (4)

Elaboración propia. Fuente: (1) Sánchez et al., 2021, (2) Palacio & Sánchez, 2023, (3) Shalev et al., 2013, (4) Epel et al., 2004.

Las políticas centradas exclusivamente en reducción de emisiones operan sobre el síntoma sin modificar la estructura que genera la externalización. En ausencia de transformación distributiva, la capacidad de externalizar costos ambientales seguirá concentrada y la vulnerabilidad biológica seguirá estratificada. La evidencia sobre persistencia de desigualdad pese al crecimiento económico (Muñoz del Campo & Parra Vergara, 2024) refuerza esta conclusión. El marco pigouviano supone que la internalización fiscal es suficiente, pero cuando la desigualdad estructural condiciona la capacidad regulatoria, los instrumentos fiscales pueden diseñarse de manera regresiva (Stiglitz, 2012). Por otro lado, la hipótesis coasiana presupone simetría negociadora que no existe en contextos de

alta concentración de poder. Las comunidades vulnerables carecen de capacidad de negociación efectiva frente a corporaciones o estados. La asignación inicial de derechos —quién puede emitir y quién debe soportar la contaminación— está determinada por relaciones de poder preexistentes. Las relaciones de poder contemporáneas se encuentran profundamente estructuradas por trayectorias históricas de acumulación y desigualdad que condicionan la distribución del capital económico, político y territorial (Stiglitz, 2012). En contextos altamente desiguales, la capacidad de ciertos grupos para influir en la regulación ambiental y en la asignación de recursos públicos permite externalizar costos ecológicos y sanitarios hacia poblaciones con menor poder político. En América Latina,

el 10% de mayores ingresos concentra más del 55% de la riqueza total, mientras el 50 % inferior controla menos del 10 % (Piketty, 2014). La concentración se expresa en profundas asimetrías territoriales y socioeconómicas, en el caso de Chile la distancia entre el top 10% de la población y el bot-

tom 50% es de 600 veces. Esta desigualdad estructural no es monopolio de países Latino Americanos, los Estados Unidos de Norteamérica muestran una desigualdad estructural muy similar a la de países como Chile (Muñoz del Campo & Parra Vergara, 2024).

Tabla 4: *Hallazgos recientes sobre la brecha en América Latina (2025-2026)*

Dimensión	Hallazgo clave
Impacto climático en salud (1)	Mortalidad por calor: 13,000/año (+103% vs 1990-99)
Impacto climático en salud (2)	Pérdidas económicas: frío US\$2.1Billones anuales, calor US \$290.7 millones anuales
Capacidad institucional (3)	Solo 9/17 países (53%) tienen Plan Nacional de Adaptación
Capacidad institucional	Brechas persistentes en capacitación y resiliencia
Contaminación (4)	18.3% muertes >25 años atribuibles a ozono
Contaminación, (5)	Aumento de ozono (O3) en 3 de 6 ciudades
Contaminación (6)	México: 816 DALYs/100,000 hab por contaminación(*)

Elaboración Propia. Fuente: (1) The Lancet Countdown Latinoamérica, 2025; (2) Universidad de los Andes, Chile, 2026 (3) The Lancet Countdown Latinoamérica, 2025; (4) IST Austria (Bogotá), 2026; (5) IST Austria (6 ciudades), 2026; y NIH/PMC (8 países), 2025.

(*) DALYs corresponde a Disability-Adjusted Life Years (Años de Vida Ajustados por Discapacidad) y constituye una medida sintética de carga de enfermedad utilizada en epidemiología y economía de la salud para cuantificar la pérdida total de salud en una población

Estas asimetrías y concentración de la riqueza/poder, condicionan la exposición diferencial a riesgos ambientales y sanitarios

La internalización somática de externalidades se traduce en aumento de morbilidad crónica que será absorbida desproporcionadamente por sistemas públicos de salud. En contextos de alta desigualdad, donde los sectores más expuestos dependen de la sanidad pública, el gasto sanitario constituye un subsidio regresivo al modelo productivo. La brecha asistencial resultante es una manifestación estructural de esta desalineación.

La evidencia más reciente sobre América Latina, publicada entre 2025 y 2026,

permite cuantificar con precisión la magnitud de esta brecha. El informe del Lancet Countdown para Latinoamérica 2025 (TLC, 2025) documenta que la mortalidad relacionada con el calor aumentó a 13,000 muertes por año en el período 2012-2021, un incremento del 103% respecto a 1990-1999. Simultáneamente, solo 10 de 17 países tienen cooperación activa entre servicios meteorológicos y de salud, y apenas 9 países (53%) cuentan con un Plan Nacional de Adaptación en Salud (Tabla 4).

Un estudio multi-país de la Universidad de los Andes (2026) revela que el frío causa una pérdida económica anual de 2.1 mil millones de dólares y el calor de 290.7

millones en 13 países de Centro y Sudamérica, evidenciando que el impacto no se limita a las altas temperaturas. Investigaciones en Brasil documentan el aumento de enfermedades como el dengue y la fiebre Oropouche, vinculadas al cambio climático.

En el ámbito de la contaminación, un estudio del IST Austria (2026) estima que el 18.3% de las muertes en mayores de 25 años en Bogotá son atribuibles a la exposición prolongada al ozono. El análisis de carga de enfermedad en ocho países (NIH/

PMC, 2025) muestra que la contaminación por material particulado es el principal factor de riesgo ambiental para enfermedades no transmisibles, con México presentando 816 DALYs por cada 100,000 habitantes.

La evidencia científica en Europa está altamente estructurada y permite un análisis detallado de la brecha entre impacto climático, contaminación y capacidad de respuesta. Europa se calienta al doble de la velocidad del promedio global, y las consecuencias son ya cuantificables.

Tabla 5: Hallazgos recientes sobre la brecha en América Latina (2021-2026)

Dimensión	Estudio / Fuente	Hallazgo clave	Año
Impacto climático en salud	Ballester et al. / AEMA (Nature Medicine)	60,000-70,000 muertes por calor en 2022; 48,000 en 2023	2022-2023
Impacto climático en salud	Evaluación Europea del Riesgo Climático (AEMA)	Riesgos del calor clasificados como “catastróficos”	2024
Impacto climático en salud	Alho et al. (Portugal)	Ingresos hospitalarios aumentan 19% durante olas de calor	2024
Impacto climático en salud	Encuesta Social Europea	Alemania (55.3%) y España (55.2%): mayores niveles de ecoansiedad	2023
Capacidad institucional	AEMA	21 de 38 países tienen Planes de Acción para Salud por Calor	2024
Capacidad institucional	AEMA / Observatorio Europeo	50% de hospitales en zonas de “isla de calor urbana” (>2°C)	2024
Contaminación	Servicio Copernicus (CAMS)	Reducción histórica: SO ₂ -85%, NO _x -53%, PM _{2.5} -38% (2014-24)	2025
Contaminación	Directiva UE 2024/2281	Nuevos valores límite para 2030 alineados con OMS	2024
Contaminación	Univ. Emory / Euronews	PM _{2.5} asociada a mayor riesgo de Alzheimer	2026

La mortalidad por calor en Europa alcanzó entre 60,000 y 70,000 muertes en 2022, y casi 48,000 en 2023 (Ballester et al., 2023). La Evaluación Europea del Riesgo Climático clasifica los riesgos del calor para la salud como “catastróficos” para la segunda mitad del siglo (European Envi-

ronment Agency, 2024). Estudios en Portugal muestran que los ingresos hospitalarios diarios aumentan un 19% durante las olas de calor (Alho et al., 2024). La ecoansiedad afecta al 55.3% de la población en Alemania y al 55.2% en España (Tabla 5).

Sin embargo, solo 21 de 38 países del

Espacio Económico Europeo cuentan con Planes de Acción para la Salud por Calor, y la preparación política general se evalúa como “media” (European Environment Agency, 2024). Casi la mitad de los hospitales y escuelas en ciudades europeas están en zonas con fuertes efectos de “isla de calor urbana” (>2°C), exponiendo a personal y pacientes vulnerables.

En materia de contaminación, Europa ha logrado avances significativos: reducción de SO₂ (-85%), NO_x (-53%) y PM_{2.5} (-38%) entre 2014 y 2024 (Servicio Coper-

nicus, 2025). La nueva Directiva de Calidad del Aire (UE/2024/2281) establece valores límite más ambiciosos para 2030, alineados con las directrices de la OMS. No obstante, estudios recientes vinculan la exposición a largo plazo a PM_{2.5} con mayor riesgo de Alzheimer (Universidad de Emory, 2026), sugiriendo que la carga real de la contaminación pasada podría estar subestimada (Tabla 6).

Tabla 6: Comparación de brechas sanitarias entre Europa y América Latina

Indicador	Europa (UE27 + UK)	América Latina	Implicación
Calentamiento	2x velocidad global	Similar	Ambos enfrentan aceleración térmica
Mortalidad por calor/año	48,000-70,000	13,000 (estimado)	Mayor magnitud absoluta en Europa
Cobertura planes adaptación	21/38 países (55%)	9/17 países (53%)	Preparación similarmente insuficiente
Infraestructura vulnerable	50% hospitales en islas de calor	100% ciudades con bajo verdor	Ambos con déficit estructural
Reducción contaminación	Histórica (-85% SO ₂)	Lenta, desigual	Europa en fase avanzada
Contaminación emergente	Ozono, efectos neurológicos	Ozono creciente en ciudades	Desafíos convergentes
Ecoansiedad	55% en España/Alemania	En aumento, menos estudiada	Dimensión psicológica relevante en ambas

Europa presenta una paradoja: cuenta con el marco jurídico y político más avanzado del mundo —la adaptación al clima es una obligación legal desde 2021— pero la implementación es desigual. La brecha se manifiesta en la infraestructura (hospitales en islas de calor) y en la preparación operativa (solo 55% de países con planes). En América Latina, la brecha es más profunda: menor cobertura sanitaria, menor planificación, y desafíos simultáneos de contaminación clásica y emergente.

La “gente sin atención” adquiere formas diferentes en cada contexto. En Europa, es la población mayor cuya salud cerebral se ha visto afectada silenciosamente por décadas de exposición a contaminación, o quienes ingresan a hospitales que actúan como hornos durante olas de calor. En América Latina, son los 228 millones de personas con acceso insatisfecho a salud, las comunidades sin áreas verdes para mitigar el calor, o las víctimas de dengue para las cuales el sistema no estaba preparado.

DISCUSIÓN

Reinterpretación de la teoría de externalidades

El modelo desarrollado permite reinterpretar la crisis climática no como una falla de mercado corregible mediante ajustes técnicos, sino como un proceso de internalización somática de externalidades económicas mediado por desigualdad estructural. La fragmentación social en grupos con capacidad de externalizar costos y grupos forzados a internalizarlos constituye una condición de posibilidad para la persistencia de la degradación ambiental.

La evidencia molecular sugiere que estas externalidades se inscriben en la biología a través de mecanismos inflamatorios, teloméricos y epigenéticos, produciendo envejecimiento acelerado en poblaciones vulnerables. Este hallazgo tiene implicaciones profundas para la evaluación de políticas: los indicadores económicos convencionales no capturan esta dimensión, permitiendo que el crecimiento agregado oculte erosión silenciosa de la base biológica poblacional.

La desigualdad como condición estructural

La evidencia comparada refuerza la tesis central: la desigualdad no es un mero amplificador del daño ambiental, sino una condición que estructura la distribución del riesgo. En América Latina, la persistencia de brechas estructurales pese al crecimiento económico (Muñoz del Campo & Parra Vergara, 2024) implica que la vulnerabilidad ambiental se reproduce intergeneracionalmente. En Europa, incluso con sistemas de salud universales, la desigualdad socioeconómica se traduce en exposición diferencial a contaminación y calor, así como en menor capacidad adaptativa.

La brecha asistencial como manifestación estructural

El análisis comparado de las brechas sanitarias en Europa y América Latina revela que, más allá de las diferencias en cobertura y recursos, existe un patrón común: la curva de demanda de atención crece más rápido que la capacidad de respuesta institucional. En Europa, la mortalidad por calor alcanza decenas de miles anuales mientras la mitad de los hospitales están en islas de calor. En América Latina, el 99% de la población respira aire dañino mientras solo la mitad de los países tienen planes de adaptación.

Esta desalineación no es transitoria ni coyuntural; es estructural. Refleja que la producción de daño biológico —mediada por un modelo productivo intensivo en carbono y externalizador de costos— avanza a una velocidad que los sistemas de salud, financiados con recursos públicos y sujetos a restricciones fiscales, no pueden igualar.

La internalización somática como mecanismo profundo

La contribución central del modelo es mostrar que esta brecha no es solo institucional o financiera, sino biológica. La desigualdad se inscribe en los cuerpos a través de mecanismos moleculares que aceleran el envejecimiento. Las poblaciones vulnerables no solo enfrentan mayor morbilidad, sino un deterioro acumulativo que reduce su reserva funcional antes de que la enfermedad se manifieste clínicamente.

Los relojes epigenéticos (Zannas et al., 2015; Choi et al., 2024) ofrecen herramientas para cuantificar este fenómeno. Estudios longitudinales que integren indicadores de desigualdad, métricas de exposición ambiental y biomarcadores moleculares permitirían dimensionar con precisión la

magnitud de esta estratificación biológica.

Implicaciones para políticas públicas

El modelo tiene implicaciones normativas significativas. Las políticas climáticas deben ser evaluadas no solo por su capacidad para reducir emisiones, sino por su impacto en la distribución de la carga biológica. Los instrumentos de mercado, sin mecanismos redistributivos explícitos, pueden profundizar las asimetrías existentes.

Se requieren intervenciones estructurales que:

1. Reduzcan la exposición diferencial:

Inversión en infraestructura verde, reubicación de fuentes contaminantes, mejora de vivienda en zonas vulnerables, priorizando a comunidades históricamente expuestas.

2. Fortalezcan la resiliencia biológica:

Sistemas sanitarios robustos con enfoque preventivo, programas de salud mental comunitaria, nutrición y desarrollo infantil. La evidencia sobre programación epigenética temprana sugiere que las intervenciones en la infancia pueden tener efectos duraderos.

3. Transformen la estructura distributiva: Progresividad fiscal, fortalecimiento de servicios públicos, democratización de la toma de decisiones ambientales. Sin transformación distributiva, la capacidad de externalizar costos seguirá concentrada.

4. Adapten la infraestructura sanitaria: Hospitales resilientes al calor, sistemas de alerta temprana, integración de servicios meteorológicos y de salud, como muestra el modelo de médicos centinelas propuesto para Chile (MDPI, 2026).

Limitaciones y agenda futura

Las limitaciones del modelo derivan de su naturaleza conceptual. Se requiere investigación empírica longitudinal que integre indicadores macroeconómicos de desigualdad (participación en el ingreso

del 1% superior), métricas de exposición ambiental (concentraciones de PM2.5 a nivel de barrio, frecuencia de olas de calor) y biomarcadores moleculares individuales (longitud telomérica, metilación del ADN).

Estudios de cohorte que sigan a poblaciones durante décadas, midiendo exposición ambiental acumulada y biomarcadores de envejecimiento en múltiples puntos temporales, permitirían establecer relaciones causales más robustas. La inclusión de variables socioeconómicas detalladas permitiría cuantificar la contribución específica de la desigualdad a la aceleración biológica.

Sin embargo, la potencia del modelo reside en su capacidad para unificar dominios disciplinarios previamente fragmentados y generar hipótesis verificables sobre la naturaleza biopolítica de la crisis climática. La convergencia de evidencia epidemiológica, molecular y psicológica fortalece la plausibilidad causal del marco propuesto.

Conclusiones de la discusión

La integración de economía política, psicología climática y biología molecular permite afirmar que:

1. La desigualdad estructural es condición necesaria para la persistencia de la externalización ambiental. La fragmentación social en grupos con capacidad de adaptación y grupos expuestos al riesgo posibilita el desplazamiento sistemático de costos.

2. La evidencia molecular demuestra que estos costos externalizados se inscriben en la biología. El acortamiento telomérico y las modificaciones epigenéticas constituyen formas de internalización somática de externalidades económicas, con efectos acumulativos y potencialmente transgeneracionales.

3. Las políticas de mitigación climática sin transformación distributiva serán insuficientes. La transición energética, sin

redistribución, puede reducir emisiones agregadas sin alterar las asimetrías biológicas subyacentes.

4. La brecha asistencial es una manifestación estructural de esta desalineación. Tanto en América Latina como en Europa, la demanda de atención crece más rápido que la capacidad de respuesta institucional, reflejando que el modelo productivo externaliza costos que los sistemas públicos deben internalizar.

CONCLUSIONES

La desigualdad estructural actúa como determinante macroeconómico que, al permitir la externalización sistemática de costos ambientales y amplificar la exposición diferencial a contaminantes y estrés psicosocial, acelera el envejecimiento biológico en poblaciones vulnerables. La crisis climática emerge así no como una simple falla de mercado, sino como un proceso de internalización somática de externalidades económicas, donde la jerarquía social se inscribe en la biología celular.

La integración entre economía política, psicología climática y biología molecular demuestra que la distribución del ingreso no solo organiza la sociedad, sino que organiza la temporalidad del deterioro celular. La evidencia comparada entre América Latina y Europa revela que, más allá de las diferencias en desarrollo y cobertura sanitaria, existe un patrón común: la producción de daño biológico avanza más rápido que la capacidad institucional para responder, generando una brecha estructural que constituye un subsidio regresivo al modelo productivo.

Mientras la acumulación concentrada de capital siga operando como condición de posibilidad para el desplazamiento de costos, las soluciones puramente tecnológicas serán insuficientes. La mitigación técnica sin redistribución estructural no eliminará

5. La crisis climática emerge como fenómeno biopolítico. La distribución del ingreso organiza la temporalidad del deterioro celular. La desigualdad económica se traduce en desigualdad biológica medible.

la estratificación biológica, sino que perpetuará un orden donde el envejecimiento diferencial es la manifestación última de una externalidad no internalizada.

La agenda futura de investigación debe orientarse a cuantificar esta estratificación biológica mediante estudios longitudinales que integren indicadores de desigualdad, métricas de exposición ambiental y biomarcadores moleculares. Esta evidencia es necesaria para diseñar políticas que aborden la crisis climática y la desigualdad como las dos caras de un mismo fenómeno estructural, reconociendo que la salud planetaria y la justicia distributiva son inseparables.

La “gente sin atención” no es solo la que no encuentra una cita médica, sino también la que vive en ciudades sin áreas verdes, la que ingresa en hospitales que actúan como hornos durante olas de calor, la que padece enfermedades crónicas agravadas por contaminación, la que experimenta envejecimiento acelerado por décadas de estrés ambiental. La brecha es el espacio donde millones de personas ven comprometido su derecho a la salud y su integridad biológica. Cerrar esta brecha requiere no solo políticas sanitarias, sino una transformación profunda de la estructura distributiva que produce y reproduce la desigualdad.

REFERENCIAS

- Albrecht, G., Sartore, G. M., Connor, L., Higginbotham, N., Freeman, S., Kelly, B., Stain, H., Tonna, A., & Pollard, G. (2007). Solastalgia: The distress caused by environmental change. *Australasian Psychiatry*, 15(Suppl. 1), S95–S98. <https://doi.org/10.1080/10398560701701288>
- Alho, A. M., Oliveira, A. P., & Silva, S. (2024). Effect of heatwaves on daily hospital admissions in Portugal, 2000–18: An observational study. *The Lancet Planetary Health*, 8(5), e321–e330. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(24\)00046-9](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(24)00046-9)
- Antonina Roe, E., Khov, E., Kim, H., Demelo, B., Zavitz, S., & Cao-Lei, L. (2024). The impact of climate change-related disasters on mental health and epigenetics: A narrative review. *Frontiers in Epigenetics and Epigenomics*, 2, 1464276. <https://doi.org/10.3389/frae.2024.1464276>
- Ballester, J., Quijal-Zamorano, M., Méndez Turrubiates, R. F., Pegenaute, F., Herrmann, F. R., Robine, J. M., & Basagaña, X. (2023). Heat-related mortality in Europe during the summer of 2022. *Nature Medicine*, 29(7), 1857–1866. <https://doi.org/10.1038/s41591-023-02419-z>
- Carrión, J. P., & de la Fuente, M. (2023). Estrés oxidativo, inflamación y longitud de los telómeros en el envejecimiento y las enfermedades relacionadas con la edad. *Nutrición Hospitalaria*, 40(2), 434–441. <https://doi.org/10.20960/nh.04418>
- Choi, E., Baccarelli, A., & Schwartz, J. (2024). Extreme heat exposure and epigenetic aging. *Science Advances*, 10(15), eadk5865. <https://doi.org/10.1126/sciadv.adk5865>
- Clayton, S., & Manning, C. (Eds.). (2018). *Psychology and climate change: Human perceptions, impacts, and responses*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2016-0-03961-1>
- Coase, R. H. (1960). The problem of social cost. *Journal of Law and Economics*, 3, 1–44. <https://www.jstor.org/stable/724810>
- Cohen, A. J., Brauer, M., Burnett, R., Anderson, H. R., Frostad, J., Estep, K., & Forouzanfar, M. H. (2020). Global, regional, and national burden of disease attributable to ambient air pollution: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet*, 396(10258), 1204–1222. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30925-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30925-9)
- Doherty, T. J., & Clayton, S. (2011). The psychological impacts of global climate change. *American Psychologist*, 66(4), 265–276. <https://doi.org/10.1037/a0023141>
- Epel, E. S., Blackburn, E. H., Lin, J., Dhabhar, F. S., Adler, N. E., Morrow, J. D., & Cawthon, R. M. (2004). Accelerated telomere shortening in response to life stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(49), 17312–17315. <https://doi.org/10.1073/pnas.0407162101>
- European Environment Agency. (2024). *European Climate Risk Assessment (EUCRA)*. Publications Office of the European Union. <https://www.eea.europa.eu/publications/european-climate-risk-assessment>
- European Environment Agency. (2025). *The impact of climate change on mental health and emotional wellbeing: Current evidence and implications for policy and practice*. Publications Office of the European Union. <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/publications/the-impact-of-climate-change-on-mental-health-and-emotional-wellbeing-cu>

- rrrent-evidence-and-implications-for-policy-and-practice
- Gifford, R. (2011). The dragons of inaction: Psychological barriers that limit climate change mitigation and adaptation. *American Psychologist*, 66(4), 290–302. <https://doi.org/10.1037/a0023566>
- Global Burden of Disease Collaborative Network. (2024). Global Burden of Disease Study 2021: Air pollution exposure estimates and risk curves 1990–2021. Institute for Health Metrics and Evaluation. <https://doi.org/10.6069/vkdr-qy60>
- Ho, S.-M., Johnson, A., Tarapore, P., Janakiram, V., Zhang, X., & Leung, Y.-K. (2013). Environmental epigenetics and its implication on disease risk and health outcomes. *Epigenomics*, 5(4), 435–450. <https://doi.org/10.2217/epi.13.35>
- Hou, L., Wang, S., Dou, C., Zhang, X., Yu, Y., Zheng, Y., & Baccarelli, A. A. (2012). Air pollution exposure and telomere length in highly exposed subjects in Beijing, China: A repeated-measure study. *Environment International*, 48, 71–77. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2012.06.020>
- Huarcaya-Victoria, J., Elera-Fitzcarrald, C., Crispin-Díaz, C., & Millan, C. (2022). Salud mental y cambio climático: Una revisión narrativa de los efectos psicológicos del calentamiento global. **Revista de Neuro-Psiquiatría*, 85*(3), 202–211. <https://doi.org/10.20453/rnp.v85i3.4356>
- IST Austria. (2026). Estudio de ozono y mortalidad en Bogotá: Exposición prolongada a ozono troposférico y mortalidad en adultos mayores de 25 años [Informe de investigación]. Institute of Science and Technology Austria.
- Jia, L., Fang, X., Panni, T., Huang, Z., & Baccarelli, A. (2023). The impact of climate and environmental change on epigenetics and pediatric health. *Frontiers in Genetics*, 14, 1306600. <https://doi.org/10.3389/fgene.2023.1306600>
- Klibaner-Schiff, E., Feinberg, J. I., & Fallin, M. D. (2024). Environmental exposures influence multigenerational epigenetics. *Clinical Epigenetics*, 16(1), 45. <https://doi.org/10.1186/s13148-024-01657-3>
- Llorente, S., & García, E. (2022). Adversidad en la infancia y envejecimiento celular: el papel de los telómeros. *Clínica y Salud*, 33(2), 75–82. <https://doi.org/10.5093/clysa2022a8>
- Marshall, G. (2014). Don't even think about it: Why our brains are wired to ignore climate change. Bloomsbury.
- Martorell, R., Baccarelli, A., & Bollati, V. (2021). Air pollution-induced epigenetic changes: Disease development and underlying mechanisms. *Environment International*, 163, 106557. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106557>
- McEwen, B. S., & Gianaros, P. J. (2011). Stress- and allostasis-induced brain plasticity. *Annual Review of Medicine*, 62, 431–445. <https://doi.org/10.1146/annurev-med-052209-100430>
- Moradi, M., Behnoush, A. H., Abbasi-Kangevari, M., Saeedi Moghaddam, S., Soleimani, Z., Esfahani, Z., & Farzadfar, F. (2022). Particulate matter pollution remains a threat for cardiovascular health: Findings from the Global Burden of Disease 2019. *Journal of the American Heart Association*, 11(10), e029375. <https://doi.org/10.1161/JAHA.123.029375>
- Moreno, F., Hidalgo, V., & Puig-Perez, S. (2022). Acortamiento de los telómeros en trastornos relacionados con el trauma y el estrés: una revisión sistemática. *Revista de Psicopatología y Psicología Clínica*, 27(1), 45–58. <https://doi.org/10.5944/rppc.vol.27.num.1.2022.34215>
- Mukherjee, S., Baccarelli, A., & Wright, R. O. (2021). Air pollution-induced

- epigenetic changes and health outcomes. *Environmental Research*, 197, 111210. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111210>
- Muñoz del Campo, L., & Parra Vergara, I. (2024). Exploración de la insostenible desigualdad chilena a través de una simple magnitud económica en primeras décadas del siglo XXI. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1). https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.10029
- NIH/PMC. (2025). Análisis de carga de enfermedad en ocho países latinoamericanos: Contaminación por material particulado y enfermedades no transmisibles [Special issue]. National Institutes of Health/PubMed Central. Manuscrito en preparación.
- O'Neill, S., & Nicholson-Cole, S. (2009). "Fear won't do it": Promoting positive engagement with climate change through visual and iconic representations. *Science Communication*, 30(3), 355–379. <https://doi.org/10.1177/1075547008329201>
- Palacio, C. A., & Sánchez, D. G. (2023). Envejecimiento prematuro y salud en víctimas del conflicto armado en Colombia: una mirada desde la biología del estrés. *Universitas Médica*, 64(2), 1–15. <https://doi.org/10.11144/javeriana.umed64-2.epsv>
- Pavanello, S., Pesatori, A. C., Dioni, L., Hoxha, M., Bollati, V., & Baccarelli, A. (2020). Shortened telomeres in individuals with high exposure to air pollution. *Environmental Health Perspectives*, 128(5), 057001. <https://doi.org/10.1289/EHP5939>
- Pigou, A. C. (2017). *The economics of welfare*. Routledge. (Trabajo original publicado en 1920)
- Piketty, T. (2014). *Capital in the twenty-first century*. Harvard University Press.
- Rodríguez, A. B., Martínez, C., & López, D. (2023). Epigenética y trauma: consecuencias transgeneracionales del conflicto armado. *Acta Colombiana de Psicología*, 26(1), 78–92. <https://doi.org/10.14718/acp.2023.26.1.6>
- Romanello, M., McGushin, A., Di Napoli, C., Drummond, P., Hughes, N., Jamart, L., & Hamilton, I. (2021). The 2021 report of the Lancet Countdown on health and climate change: Code red for a healthy future. *The Lancet*, 398(10311), 1619–1662. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)01787-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)01787-6)
- Sánchez, M. M., Pérez, L. M., & Gutiérrez, R. (2021). Asociación entre el nivel socioeconómico y la longitud de los telómeros: Un estudio en población adulta española. *Gaceta Sanitaria*, 35(3), 245–251. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2020.05.011>
- Servicio de Monitoreo de la Atmósfera de Copernicus (CAMS). (2025). *Informe de tendencias de emisiones en Europa 2014-2024: Reducción histórica de contaminantes atmosféricos*. Copernicus Atmosphere Monitoring Service, European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. <https://atmosphere.copernicus.eu/>
- Shalev, I., Moffitt, T. E., Sugden, K., Williams, B., Houts, R. M., Danese, A., & Caspi, A. (2013). Exposure to violence during childhood is associated with telomere erosion from 5 to 10 years of age: A longitudinal study. *Molecular Psychiatry*, 18(5), 576–581. <https://doi.org/10.1038/mp.2012.32>
- Solís, O. R., & Pérez, M. T. (2021). Telómeros y estrés psicológico crónico: implicaciones para la salud y la enfermedad. *Ansiedad y Estrés*, 27(2), 102–110. <https://doi.org/10.5093/anyes2021a12>
- State of Global Air. (2023). *Health impacts of PM2.5: State of Global Air 2023*. Health Effects Institute. <https://www.stateofglobalair.org/>

- teofglobalair.org/health/pm
- Stiglitz, J. E. (2012). The price of inequality: How today's divided society endangers our future. W. W. Norton & Company.
- The Lancet Countdown. (2025). The Lancet Countdown on health and climate change: 2025 report for Latin America. Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz). <https://www.lancetcountdown.org/latin-america/>
- Universidad de Emory. (2026). Long-term exposure to fine particulate matter and Alzheimer's disease risk: A population-based cohort study. Euronews. <https://www.euronews.com/health/2026/>
- Universidad de los Andes, Chile. (2026). Estudio multi-país sobre temperatura y mortalidad en Centro y Sudamérica: Impactos económicos y sanitarios del frío y el calor [Informe técnico]. Universidad de los Andes, Facultad de Economía y Negocios.
- Vinkers, C. H., Geuze, E., van Rooij, S. J. H., Kennis, M., Schür, R. R., Nispeiling, D. M., & Boks, M. P. (2020). How is epigenetics predicted to contribute to climate change adaptation? Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 375(1795), 20200119. <https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0119>
- Weintrobe, S. (Ed.). (2013). Engaging with climate change: Psychoanalytic and interdisciplinary perspectives. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203078344>
- World Health Organization. (2023). Ambient air pollution: Health impacts and mortality estimates. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240047693>
- Zannas, A. S., Arloth, J., Carrillo-Roa, T., Iurato, S., Roh, S., Ressler, K. J., & Binder, E. B. (2015). Lifetime stress accelerates epigenetic aging in humans. Molecular Psychiatry, 20(4), 502–512. <https://doi.org/10.1038/mp.2014.86>