

ORIGINAL

Recibido: 10/5/2022
 Aceptado: 1/8/2022
 Publicado: 9/9/2022

e202209067

e1-e37

Heat and burden of diseases: impacts and future projections in capitals of the Legal Amazon

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses

FINANCIACIÓN

El estudio fue coordinado por la Escuela Nacional de Salud Pública de la FIOCRUZ bajo el proyecto Fortalecimiento de la ENSP/FIOCRUZ para Apoyo a las Redes Internacionales de Formación de Personal de Salud Pública y Salud y Ambiente-Fase II, financiado bajo la Enmienda Parlamentaria 27760021 LOA 2020-Deputado Alessandro Mazon. Número de proceso: 25388.0000396/2020-71.

CORRESPONDENCIA

Luis Sauchay Romero
 Estrada de Curíca 2000,
 CRPHF, Apto 18,
 Curíca, Jacarepaguá,
 Río de Janeiro, Brasil.
 CEP 22780-192
lusaurom@gmail.com

CITA SUGERIDA

Sauchay Romero L, Da Silva Viana Jacobson L, Albuquerque de Castro H, De Souza Hacon S. Calor y carga de enfermedades: impactos y proyecciones futuras en capitales de la Amazonía Legal. Rev Esp Salud Pública. 2022; 96: 9 de septiembre e202209067.

Calor y carga de enfermedades: impactos y proyecciones futuras en capitales de la Amazonía Legal

AUTORES

Luis Sauchay Romero **(1)**
 Ludmilla da Silva Viana Jacobson **(2)**
 Hermano Albuquerque de Castro **(3)**
 Sandra de Souza Hacon **(1)**

CONTRIBUCIONES DE AUTORÍA

ANÁLISIS FORMAL L Sauchay Romero L da Silva Viana Jacobson	SOFTWARE L Sauchay Romero L da Silva Viana Jacobson	REDACCIÓN DEL BORRADOR ORIGINAL L Sauchay Romero
INVESTIGACIÓN L Sauchay Romero L da Silva Viana Jacobson	ADQUISICIÓN DE FINANCIACIÓN H Albuquerque de Castro	REDACCIÓN, REVISIÓN Y EDICIÓN L Sauchay Romero L da Silva Viana Jacobson H Albuquerque de Castro S de Souza Hacon
CONSERVACIÓN DE DATOS L Sauchay Romero	VALIDACIÓN L da Silva Viana Jacobson H Albuquerque de Castro S de Souza Hacon	SUPERVISIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO S de Souza Hacon
METODOLOGÍA L Sauchay Romero L da Silva Viana Jacobson H Albuquerque de Castro S de Souza Hacon	CONCEPTUALIZACIÓN S de Souza Hacon	
	VISUALIZACIÓN L Sauchay Romero	

FILIACIONES

- (1) Departamento de Endemias Samuel Pessoa, Escuela Nacional de Salud Pública Sergio Arouca, Fundación Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), Río de Janeiro, Brasil.
- (2) Departamento de Estadística, Universidad Federal Fluminense (UFF), Río de Janeiro, Brasil.
- (3) Centro de Estudios de la Salud del Trabajador y Ecología Humana, Escuela Nacional de Salud Pública Sergio Arouca, Fundación Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), Río de Janeiro, Brasil.

RESUMEN

FUNDAMENTOS // Bajo la influencia del cambio climático crece la exposición ambiental al calor y a la contaminación, exacerbados por eventos extremos, incrementando el riesgo de mortalidad en áreas vulnerables. En este trabajo se evaluaron los efectos presentes (2000-2019) y futuros del calor sobre la carga de enfermedades cardiovasculares (en personas con 45 años o más), respiratorias (en personas con 60 años o más) y por todas las causas (en personas con 1 año o más) en capitales de la Amazonía Legal (Brasil).

MÉTODOS // Se realizó un estudio ecológico. Se estimaron inicialmente, para el período 2000-2019, el riesgo relativo (RR) de exposición-respuesta relacionado a los efectos de la temperatura sobre los años de vida potencialmente perdidos (AVPP) mediante el modelo de regresión lineal generalizada (GLM), combinado con el modelo no lineal de desfasajes (*lag*) distribuidos (DLNM); y las fracciones de AVPP atribuibles al calor desde la perspectiva prospectiva (*forward*). Posteriormente los resultados fueron estimados en período base (1970-2005) y proyectados a futuro en los niveles específicos de calentamiento y períodos: 1.5 °C (2010-2039), 2 °C (2040-2069) y 4 °C (2070-2099), considerando los datos de temperatura del modelo climático regional WCRP CORDEX en escenario RCP8.5.

RESULTADOS // Entre 2000-2019 el RR de AVPP se incrementó significativamente en las capitales ante la exposición al calor y las marcadas amplitudes térmicas, con los mayores efectos sobre las enfermedades respiratorias en Río Blanco (14%), por todas las causas en Manaus (12%) y cardiovasculares en Cuiabá (9%). Comparado con el período base, el período 2040-2069 mostró el mayor aumento (10,40 veces) de la fracción de número de AVPP atribuibles al calor en la región, con predominio de las causas cardiovasculares. Los hallazgos encontrados no fueron totalmente concluyentes, la baja precisión de los intervalos de confianza estimados no mostró significancia en el efecto negativo del calor.

CONCLUSIONES // Independiente de su significancia, el calor aumenta el riesgo de AVPP a corto y mediano plazo. Los resultados sustentan la necesidad de inclusión de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático como políticas públicas de protección a la salud.

PALABRAS CLAVE // Temperatura; Cambio climático; Años de vida potencialmente perdidos; Enfermedades cardiovasculares; Enfermedades respiratorias; Mortalidad.

ABSTRACT

BACKGROUND // Under the influence of climate change, environmental exposure to heat and pollution grows, exacerbated by extreme events, increasing the risk of mortality in vulnerable areas. We aimed to evaluate the present (2000-2019) and future effects of heat on the burden of cardiovascular (in people aged 45 years or older), respiratory (in people aged 60 years or older) and all-cause (in people aged 1 year or more) diseases in capitals of the Legal Amazon (Brazil).

METHODS // An ecological study was conducted to initially estimate, for the period 2000-2019, the relative risk (RR) of exposure-response related to the effects of temperature on years of life potentially lost (YLL) using the generalized linear regression model (GLM), combined with the distributed non-linear lag model (DLNM); and the fractions of YLL attributable to heat from the prospective perspective (*forward*). Subsequently, the results were estimated in the baseline period (1970-2005) and projected into the future in the specific levels of warming and periods: 1.5 °C (2010-2039), 2 °C (2040-2069) and 4 °C (2070-2099), considering the temperature data from the WCRP CORDEX regional climate model in RCP8.5 scenario.

RESULTS // The RR of YLL increased significantly in the capitals due to exposure to heat and marked thermal amplitudes between 2000-2019, with the major effects on respiratory diseases in Rio Blanco (14%), due to all causes in Manaus (12%) and cardiovascular in Cuiabá (9%). Compared with the baseline period, the period 2040-2069 showed the largest increase (10.40 times) in the fraction of the number of YLL attributable to heat in the region, with the predominance of cardiovascular diseases. The findings were not completely conclusive, the low precision of the estimated confidence intervals did not show the significance of the negative effect of heat.

CONCLUSIONS // Regardless of its significance, heat increases the risk of years of life lost in the short and medium term. The results support the need to include climate change mitigation and adaptation measures as public health protection policies.

KEYWORDS // Temperature; Climate change; Years of life lost; Cardiovascular diseases; Respiratory diseases; Mortality.

INTRODUCCIÓN

EL CAMBIO CLIMÁTICO REPRESENTA UNA grave amenaza para la salud humana. Bajo su influencia, alteraciones estacionales en el comportamiento de las temperaturas y del régimen de lluvia y sequía se conjugan con el aumento en frecuencia y severidad de eventos extremos, trayendo consigo el incremento del riesgo de morbilidad por enfermedades cardiovasculares, respiratorias y otras transmitidas por vectores, agua y alimentos (1,2). A estos efectos se unen los impactos de las pérdidas económicas, la pobreza, la contaminación del aire, las aguas y el suelo, así como la pérdida de biodiversidad y la inseguridad alimentaria, los cuales se amplifican en áreas urbanas (zonas de alta exposición), donde se concentra la mayor parte de la población, teniendo una especial repercusión negativa en ciudades que carecen de infraestructuras y servicios esenciales, como el acceso a los servicios de salud (1,2).

Para elaborar proyecciones climáticas a largo plazo, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) utiliza trayectorias de concentración representativas (RCP, *Representative Concentration Pathways*), cuya dinámica reproduce escenarios con valores variables de forzamiento radiativo que incorporan series temporales de emisiones y concentraciones de la gama completa de gases de efecto invernadero (GEI), aerosoles y gases químicamente activos, incluyendo el uso de la tierra y la cubierta terrestre. Todos los escenarios RCP prevén un aumento de la temperatura media de la superficie terrestre a escala global (1,2); a su vez, estas proyecciones también pueden ser utilizadas en estudios epidemiológicos para evaluar el potencial comportamiento de enfermedades sensibles al clima en escenarios futuros.

Los incendios forestales, la expansión de las quemaduras agrícolas, el calor extremo y las olas de calor se destacan entre los principales eventos extremos con potenciales efectos

negativos en la Salud Pública (2,3,4), afectando en especial a grupos vulnerables: ancianos, personas de bajos ingresos, enfermos crónicos y embarazadas (2,5). Particularmente, la contaminación atmosférica generada por los incendios y quemaduras, constituidas por una compleja mezcla de materiales particulados líquidos y sólidos, vapores, gases y cantidades significativas de otros contaminantes, se propaga a largas distancias, llegando a afectar a grandes áreas urbanas. Entre el 60% y el 80% del material particulado (PM) presente en el humo proveniente de los incendios es PM_{2,5} (diámetro aerodinámico de 2,5 µm o menor), compuestos por partículas primarias y secundarias (carbono orgánico, trazas de metales [plomo, mercurio], compuestos orgánicos volátiles [acroleína, formaldehído, isocianato] y semivolátiles [hidrocarburos aromáticos policíclicos, dioxinas], gases [dióxido de nitrógeno] y vapor de agua) (5). Sus efectos, una vez que atraviesan la barrera hemato-gaseosa, envuelven múltiples sistemas de órganos del cuerpo humano (respiratorio, cardiovascular, hemolinfopoyético, nervioso, piel, etc.), provocando un amplio espectro de respuestas inflamatorias, tóxicas, mutagénicas y carcinogénicas (5,6).

Respecto al calor extremo, se define como un período de tiempo anormal e incómodamente cálido (igual o mayor al percentil 90 de la estimación de la función de densidad de probabilidad observada en la temperatura) en un determinado lugar y época del año (1). La respuesta fisiopatológica depende, en esencia, de la gravedad del fallo del sistema termorregulador, que trae como consecuencia fatiga, calambres, cansancio, síncope y muerte (7,8).

En relación a las temperaturas extremas y las concentraciones estacionales de PM_{2,5} provenientes de quemaduras de la vegetación y los incendios forestales, estudios epidemiológicos en el ámbito internacional han documentado la asociación entre el nivel y duración de la exposición y el incremento del riesgo

Calor y carga de enfermedades: impactos y proyecciones futuras en capitales de la Amazonía Legal.

LUIS SAUCHAY ROMERO et al.

de mortalidad (6,9,10,11,12). Investigaciones brasileñas también exhiben hallazgos similares, mostrando, además, múltiples vulnerabilidades en regiones y municipios (13,14,15). Cabe destacar que la mayoría de esos estudios se basaron en análisis del número de casos diarios de mortalidad, sin tener en cuenta que la edad y la expectativa de vida (16) son características de particular importancia para la Salud Pública. De esa manera, abordajes que las consideren en sus análisis se convierten en estrategias razonables de aplicar en estudios epidemiológicos que tengan el propósito de evaluar las variaciones del riesgo de mortalidad, tanto relativo como atribuible, por efectos de la temperatura a corto, mediano y largo plazo (16,17).

En este sentido, la carga de enfermedades, que expresa los años de vida potencialmente perdidos (AVPP) ante cada defunción, presenta un enfoque amplio y, a la vez, preciso en la estimación de los impactos sociales e introduce un nuevo criterio al concepto de vulnerabilidad en cuanto a la privación colectiva de su potencial económico e intelectual. Este indicador *califica las muertes*, otorgando un mayor peso a las defunciones entre los más jóvenes, cuya expectativa de vida es mayor y, por tanto, siendo más objetivo para la selección de prioridades en salud (18). En este contexto, poco estudios han utilizado los AVPP como indicador en la estimación de la mortalidad a partir de la exposición ambiental (17,19,20,21,22).

En la actualidad, las condiciones de clima cálido, las quemadas agrícolas y los incendios en extensas áreas de bosques se mantienen, afectando a gran parte de la población residente en las capitales brasileñas (2,23). La Amazonía Legal, extensa área geográfica localizada al norte de Brasil, es una de las zonas que viene presentando incrementos de la temperatura de 1 °C por década (2), siendo particularmente impactada por quemadas agrícolas e incendios forestales, con varios períodos de alto riesgo identificados en los últimos 20

años (2004, 2005, 2007, 2010, 2016 e 2019) (23). Por otra parte, entre 2010 y 2017, esa misma región, al contrario de otras del país, mostró una tendencia creciente del 3% de la tasa de mortalidad por enfermedades evitables y del 4% por enfermedades crónicas no transmisibles, las cuales lideran la lista nacional de causas de muerte (21).

Desde esta perspectiva, considerando la importancia del impacto del cambio climático en la salud presente y futura, así como el insuficiente número de estudios que utilizan la carga de enfermedades como indicador de la estimación del riesgo de mortalidad en respuestas a exposiciones ambientales, el presente estudio fue realizado con el objetivo de evaluar los efectos de la exposición al calor a corto y largo plazo, considerando también concentraciones regionales de PM_{2,5}, sobre los AVPP de etiologías respiratorias, cardiovasculares y por todas las causas, en la población de las capitales de los Estados de la Amazonía Legal.

MATERIAL Y MÉTODOS



Tipo, área y período de estudio. Se trató de un estudio ecológico de series temporales. Se estudiaron 9 capitales (San Luís, Palmas, Belém, Macapá, Buena Vista, Manaus, Río Blanco, Puerto Viejo, Cuiabá) de los Estados de la Amazonía Legal (5.015.067.749 km², 59% del territorio de Brasil, población en 2019 de 7.529.018 habitantes) (24) [ANEXOS I y II]. Las relaciones iniciales de exposición-respuesta correspondieron al período 2000-2019. Las proyecciones de datos climáticos corresponden a los períodos 1970-2005 (base), 2010-2039 (próximo), 2040-2069 (medio) y 2070-2099 (distante).

Fuente de datos. Los datos de mortalidad, meteorológicos y de contaminación corresponden al período 2000-2019. La mortalidad diaria fue extraída del sistema de información de mortalidad del Departamento de Informática del Sistema Único de Salud (SIM-DATA-

Calor y carga de enfermedades: impactos y proyecciones futuras en capitales de la Amazonía Legal.

LUIS SAUCHAY ROMERO et al.

Rev Esp Salud Pública
Volumen 96
9/9/2022
e202209067

SUS). Se utilizó la 10^a Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE-10) para la selección por códigos de las series temporales de: enfermedades cardiovasculares (personas de 45 años o más; CID-10: I00-I99); enfermedades respiratorias (personas de 60 años o más; CID-10: J00-J99); todas las causas, excepto las causas externas y perinatales (personas de 1 año o más; CID-10: A00-O99; R00-R99, Z00-U99) (24). La selección de los grupos de las enfermedades y grupos de edades se basó en estudios previos (2,13,14,15,16).

Los AVPP fueron calculados integrando la edad de cada fallecido al grupo de valores etarios distribuidos por rangos de edad para ambos sexos propuestos en la tabla padrón de AVPP de la Organización Mundial de la Salud (OMS), derivada de las menores tasas de mortalidad específicas observadas por edad, proyectadas hasta el año 2050. Ese indicador compara la edad al morir con la edad que sería esperada vivir de acuerdo con las características individuales, por lo que mide cuántos años la persona dejó de vivir, indicando muerte prematura (25). Los AVPP diarios se resumen en la suma de todos los años relacionados a las muertes ocurridas en un día y posteriormente redondeados para ser convertida en una variable discreta (conteo).

Los valores medios diarios de las series de variables meteorológicas: temperatura (t; en grados Celsius [°C]) y humedad relativa (HR; en porcentaje [%]), fueron obtenidos de las estaciones meteorológicas convencionales y/o automáticas del Instituto Nacional de Meteorología [ANEXO III] (<https://bdmep.inmet.gov.br/#>). Las concentraciones medias diarias de la serie temporal modelada de PM_{2,5} fueron calculadas a partir de los valores de la serie de concentraciones horarias del Sistema de Informaciones Ambientales (SISAM: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/sisam/v2/>) desarrollado por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales/Centro de Pronóstico del Tiempo y Estudios Climáticos (INPE/CPTEC). Los datos poblacionales de la mitad

del período se obtuvieron del censo demográfico 2010 en DATASUS (24).

Análisis estadísticos. Posteriormente al análisis descriptivo de las variables de mortalidad, meteorológicas y de contaminación se estimó la relación inicial exposición-respuesta mediante el modelo de regresión lineal generalizada (GLM), combinado con el modelo no lineal de desfases (*lag*) distribuidos (DLNM) para medir los efectos lineales de la temperatura sobre los AVPP por tipo de enfermedad para cada capital. Los DLNM se basan en la definición de una función de base cruzada, derivada de la combinación de dos funciones que describen la naturaleza de la asociación exposición-*lag*-respuesta (26). El modelo 1 Binomial Negativo con Exceso de Ceros (27) fue utilizado para modelar los efectos de las covariables temperatura, humedad relativa y concentración de PM_{2,5} sobre los AVPP de causas respiratorias y cardiovasculares. El GLM 2 con distribución Quasi-Poisson se utilizó para modelar el efecto de las mismas covariables sobre los AVPP por todas las causas (26).

Estructura de la ecuación del modelo 1:

$$Y_t \sim \text{Binomial negativa}(\mu t)$$

$$\text{Log}(\mu t) = \alpha + \beta_{\text{Matrixtemp}t} + ns_{(\text{tendencia}, 3df \cdot \text{año})} + \text{dow} + ns_{(\text{HRI}, 3df)} + ns_{(\text{pm}2,5t, 3df)}$$

Estructura de la ecuación del modelo 2:

$$Y_t \sim \text{Quasi-Poisson}(\mu t)$$

$$\text{Log}(\mu t) = \alpha + \beta_{\text{Matrixtemp}t} + ns_{(\text{tendencia}, 3df \cdot \text{año})} + \text{dow} + ns_{(\text{HRI}, 3df)} + ns_{(\text{pm}2,5t, 3df)}$$

Donde t=observación diaria de AVPP; l=e-efecto del desfase o retardo; ns=*spline* de la regresión cúbica natural; df=grados de libertad; β=coeficiente de la matriz; μ=valor de la media de la muestra; Yt=número de años de vida potencialmente perdidos diariamente; α=intercepto; *Matrixtemp*=matriz de la temperatura obtenida posterior a la aplicación

del DLNM; *tendencia* representa la tendencia a largo plazo y estacional en una escala de tiempo cúbica natural; y *dow*=día de la semana (variable categórica) (26). La humedad relativa y el PM_{2,5} entraron en el modelo como variables de ajuste. La concentración media diaria de PM_{2,5} fue considerada representativa de la variabilidad de la contaminación atmosférica en las capitales de la región. Las concentraciones de ozono y de otros contaminantes atmosféricos no fueron consideradas.

La curva de exposición-respuesta, como resultado de la estimación del riesgo relativo (RR) de AVPP, fue modelada con una *spline* cúbica natural con 3 nudos internos colocados en percentiles de temperatura igualmente espaciados (25 °C, 50 °C y 75 °C). El valor de temperatura que corresponde al valor mínimo de AVPP fue definido como punto de temperatura óptima (TO), cuyo percentil fue definido como percentil de temperatura óptima (PTO), sirviendo de referencia para calcular el aumento o disminución del riesgo de AVPP. Los valores de temperatura de los percentiles 95 (P95) y 99 (P99) definieron el calor extremo. La selección de los *splines*, colocación de los nudos y grados de libertad modelados para el control de la estacionalidad se basaron en estudios previos (28,29,30); también se verificaron los residuos, la remoción de la estacionalidad y la autocorrelación (26).

Posteriormente el metanálisis y la metarregresión (metavariables: temperatura media-máxima, concentración media-máxima de PM_{2,5}, población de la mitad del período de estudio [ANEXO I]) sintetizaron las estimaciones multiparamétricas de las capitales, estimando la relación temperatura-AVPP a nivel regional y cuantificando la heterogeneidad (31).

Los riesgos fueron evaluados por medio de la fracción global de AVPP atribuibles a la temperatura (FAG), la fracción de AVPP atribuibles al calor (FAC) y la fracción del número de AVPP atribuibles al calor (FNAC), calculados desde la perspectiva *forward* (prospec-

tiva) a partir de la siguiente fórmula, según descrito en Gasparrini y Leone (32):

$$f - AF_{x,t} = 1 - \exp\left(-\sum_{l=l_0}^L \beta_{x,t,l}\right)$$

$$f - AN_{x,t} = f - AF_{x,t} \cdot \sum_{l=l_0}^L \frac{n_{t+l}}{L - l_0 + 1}$$

Donde *f*=forward; *x*=exposición; *t*=tempo; *l* corresponde al período de desfase o *lag*; *l*₀ y *L* representan el *lag* mínimo y el máximo; y *n*=número de AVPP.

La fracción atribuible estima la proporción de AVPP atribuidos a la temperatura en general (FAG), al calor (FAC) y el número de AVPP atribuibles al calor (FNAC) que serían prevenidos en la población en caso de que la exposición a este factor de riesgo fuese controlada. En general, ofrecen informaciones sobre los potenciales impactos, sustento para la implementación de programas de prevención e intervenciones en la Salud Pública. Las estimaciones de los intervalos de confianza del 95%, así como las incertidumbres, fueron obtenidas empíricamente por medio de simulaciones de Monte Carlo (32,33).

Proyecciones futuras. Para la cuantificación de los impactos futuros del calor sobre los AVPP de causas respiratorias, cardiovasculares y para todas las causas, fueron obtenidas del banco de datos del CPTEC/INPE las series históricas de datos de temperatura media diaria y divididas en 2 períodos básicos: base (1970-2005) y futuro (2010-2099). El período futuro fue proyectado a partir del modelo climático regional WCRP CORDEX, considerando el escenario climático RCP8.5 (escenario pesimista cuya tendencia actual de emisiones se mantiene inalterada hasta finales del siglo XXI, presenta altas emisiones de GEI con valores de forzamiento radiativo ascendente que conduce a 8,5 Wm⁻² en 2100) y los siguientes niveles específicos de calentamiento y períodos: próximo (1,5 °C; 2010-2039), medio (2 °C; 2040-2069) y distante (4 °C; 2070-2099) (1,34,35).

Calor y carga de enfermedades: impactos y proyecciones futuras en capitales de la Amazonia Legal.

LUIS SAUCHAY ROMERO et al.

Rev Esp Salud Pública
Volumen 96
9/9/2022
e202209067

Posteriormente, basados en los análisis estadísticos de relación inicial exposición-respuesta, asumiendo como constantes la distribución de la población y de las muertes de este período, los mismos procedimientos estadísticos fueron aplicados para estimar las curvas de exposición-respuesta en los períodos base y futuro.

Para la descarga y organización de los datos se utilizó el software Excel (Microsoft 365; versión 2108). Para los análisis estadísticos y representaciones gráficas se utilizó el software R (versión 4.0.3; bibliotecas: *dlm*, *mvmeta*, *ggplot2*).

RESULTADOS

DURANTE 2000 Y 2019, EN LAS CAPITALS de la Amazonía Legal ocurrieron 160.881 muertes por causas cardiovasculares en adultos de 45 años o más, 58.787 por causas respiratorias en ancianos de 60 años o más y 663.165 por todas las causas en mayores de 1 año. Respecto a las características sociodemográficas registradas en los certificados de defunción, cabe destacar que en las muertes cardiovasculares predominó el sexo masculino (54%), la raza negra (70%), el estado civil soltero (53%) y la baja escolaridad (77%), siendo Belém la capital con mayor número de AVPP. En el caso de las respiratorias, al contrario de las cardiovasculares, prevaleció el sexo femenino (57%), e igualmente la raza negra (64%), los solteros (60%) y el bajo nivel de instrucción (80%), siendo nuevamente Belém, seguida de Manaus y San Luís, las capitales con mayores números de AVPP [TABLA 1] [ANEXO IV, FIGURAS A y B].

Belém, Manaus, San Luís también fueron las capitales con mayores números de AVPP por todas las causas. Los hombres (54%) predominaron, así como la raza negra (72%), los solteros (58%) y la baja escolaridad (74%). De manera general, a lo largo del período 2000-2019, las tres series de AVPP delinearon una trayectoria con tendencia ascendente [ANEXO IV,

FIGURAS A, B, C]. El comportamiento estacional mostró los meses de mayo y marzo como los de mayor número de AVPP en este período, tanto para las enfermedades cardiovasculares como para todas las causas. Los meses de abril y mayo presentaron los mayores valores de AVPP dentro de las causas respiratorias. Febrero y noviembre fueron los meses de menores pérdidas de años de vida [ANEXO IV, FIGURAS D, E, F].

Con relación al clima, entre 2000 y 2019 la región se mantuvo cálida y húmeda, con valores medios de temperatura diaria de 27,77 °C y 76,72% de humedad relativa, siendo agosto, septiembre y octubre los meses más cálidos y secos [TABLA 2] [ANEXO V, FIGURAS A, B, C, D]. El promedio de las concentraciones diarias de PM_{2,5} fue de 25,29 µg/m³, con las mayores concentraciones en la estación seca [TABLA 2] [ANEXO V, FIGURAS E, F]. Las proyecciones futuras en el escenario RCP 8,5, mostraron aumento en los valores de las temperaturas medias, mínimas y máximas en los períodos próximo, medio y distante, comparado con el período base [TABLA 2] [ANEXO VI, FIGURA 2].

Referente al RR de la exposición-respuesta, entre 2000 y 2019 las enfermedades respiratorias mostraron curvas acumulativas en forma de U abierta, exponiendo un aumento del RR de AVPP en la medida en que se alejaba de la temperatura óptima, excepto en las capitales Belém, que presentó forma de J y Río Blanco, que presentó sus mayores impactos encima de la TO (19 °C) [FIGURA 1A].

Centrados en la exposición al calor, o sea, en las variaciones del riesgo en valores encima de la TO, los análisis mostraron incrementos del riesgo de AVPP, tanto en el P95 como en el P99 en todas las capitales, lo que refleja un incremento en la mortalidad. Río Blanco (14%), Palmas (10%) y San Luís (9%) se destacaron con los mayores aumentos (P99). Cabe señalar que la capital Río Blanco presentó una amplitud térmica de 11 °C, expresada en la diferencia de temperatura registrada entre los

Tabla 1

Características descriptivas del número de años de vida potencialmente perdidos de causas cardiovasculares (≥ 45 años), respiratorias (≥ 60 años) y por todas las causas (≥ 1 años) en las capitales de la Amazonía Legal, 2000-2019.

MORTALIDAD DE CAUSAS CARDIOVASCULARES (≥ 45 AÑOS)

Capitales	Nº de fallecidos ≥ 45 años	Años de vida potencialmente perdidos (valores diarios)					
		Total	Media	SD	Q1	Q3	Min-Max
SAN LUÍS	31.947	694.704	95,1	55	55,18	128,85	0-385
PALMAS	5.998	134.751	18,45	23,3	0	30,25	0-165
BELÉM	47.045	1.009.765	138,23	64,5	90,81	178,88	0-460
MACAPÁ	5.834	128.384	17,57	22,9	0	30,25	0-190
BUENA VISTA	5.117	115.850	15,86	21,9	0	28,37	0-199
MANAOS	29.066	639.806	87,58	53	48,48	119,86	0-339
RÍO BLANCO	7.093	152.876	20,93	24,6	0	35,07	0-188
PUERTO VIEJO	9.567	225.285	30,84	30,7	0	46,68	0-217
CUIABÁ	19.214	454.098	62,16	43,8	30,25	88,83	0-320

MORTALIDAD DE CAUSAS RESPIRATORIAS (≥ 60 AÑOS)

Capitales	Nº de fallecidos ≥ 60 años	Años de vida potencialmente perdidos (valores diarios)					
		Total	Media	SD	Q1	Q3	Min-Max
SAN LUÍS	8.879	137.474	18,82	20,7	0	30,25	0-138
PALMAS	1.490	23.857	3,27	8	0	0	0-60
BELÉM	20.709	324.373	44,4	30,9	20,77	62,87	0-213
MACAPÁ	2.039	31.650	4,33	9,4	0	0	0-84
BUENA VISTA	1.493	24.189	3,31	8,3	0	0	0-94
MANAOS	10.731	172.635	23,63	22,7	0	36,54	0-168
RÍO BLANCO	3.720	60.503	8,28	13,4	0	12,51	0-92
PUERTO VIEJO	3.506	59.028	8,08	13,3	0	12,51	0-102
CUIABÁ	6.220	104.040	14,24	17,3	0	25,49	0-114

MORTALIDAD GENERAL (≥ 1 AÑO)

Capitales	Nº de fallecidos ≥ 1 año	Años de vida potencialmente perdidos (valores diarios)					
		Total	Media	SD	Q1	Q3	Min-Max
SAN LUÍS	117.130	3.611.361	494,4	167,7	371,7	601,4	46-1.437
PALMAS	19.887	621.796	85,12	65,4	35,07	123,64	0-549
BELÉM	203.011	6.785.858	928,9	243,7	758	1.081,8	223-1.980
MACAPÁ	23.993	747.940	102,39	73,6	46,26	143,27	0-608
BUENA VISTA	19.102	601.542	82,35	65,3	33,09	119,31	0-417
MANAOS	139.784	4.227.998	578,78	192,4	441,25	700,57	67-1.404
RÍO BLANCO	30.494	895.996	122,66	75,1	66,22	167,09	0-509
PUERTO VIEJO	39.574	1.255.334	171,8	89,5	105,2	229,4	0-644
CUIABÁ	70.190	2.125.942	291	113,9	208,7	365	0-810

Nota: SD=Desvío Estándar; Q=Cuartil; Min=Mínimo; Max=Máximo.

Calor y carga de enfermedades: impactos y proyecciones futuras en capitales de la Amazonía Legal.

LUIS SAUCHAY ROMERO et al.

Rev Esp Salud Pública
Volumen 96
9/9/2022
e202209067

Resumen de las variables meteorológicas temperatura, humedad relativa y material particulado (PM_{2.5}) del período 2000-2019. Resumen de la temperatura del período base (1970-2005) y de los períodos en los escenarios RCP 8.5: 2010-2039 (período próximo, calentamiento de 1,5 °C), 2014-2069 (período medio, calentamiento de 2,0 °C), 2070-299 (período distante, calentamiento de 4,0 °C).
Capitales de la Amazonía Legal.

Condiciones metereológicas regionales	Media	SD	Mínimo	Q1	Q3	Máximo
TEMPERATURA MEDIA DIARIA (°C) [2000-2019]	27,77	1,09	22,74	27,02	28,55	31,70
HUMEDAD RELATIVA MEDIA DIARIA (%) [2000-2019]	76,72	5,67	59,33	72,56	81,31	90,22
CONCENTRACIÓN MEDIA DIARIA DE PM _{2.5} (µg/m3) [2000-2019]	25,29	31,97	3,55	10,53	24,10	434,11
TEMPERATURA MEDIA DIARIA (°C) DEL PERÍODO BASE [1970-2005]	26,37	1,30	23,25	25,55	27,29	29,56
TEMPERATURA MEDIA DIARIA (°C) DEL PERÍODO 2010-2039 (ESCENARIO RCP 8.5)	27,66	1,46	24,54	26,68	28,71	31,22
TEMPERATURA MEDIA DIARIA (°C) DEL PERÍODO 2040-2069 (ESCENARIO RCP 8.5)	29,09	1,60	25,44	27,93	30,22	33,27
TEMPERATURA MEDIA DIARIA (°C) DEL PERÍODO 2070-2099 (ESCENARIO RCP 8.5)	30,97	1,68	27,54	29,73	32,24	35,38

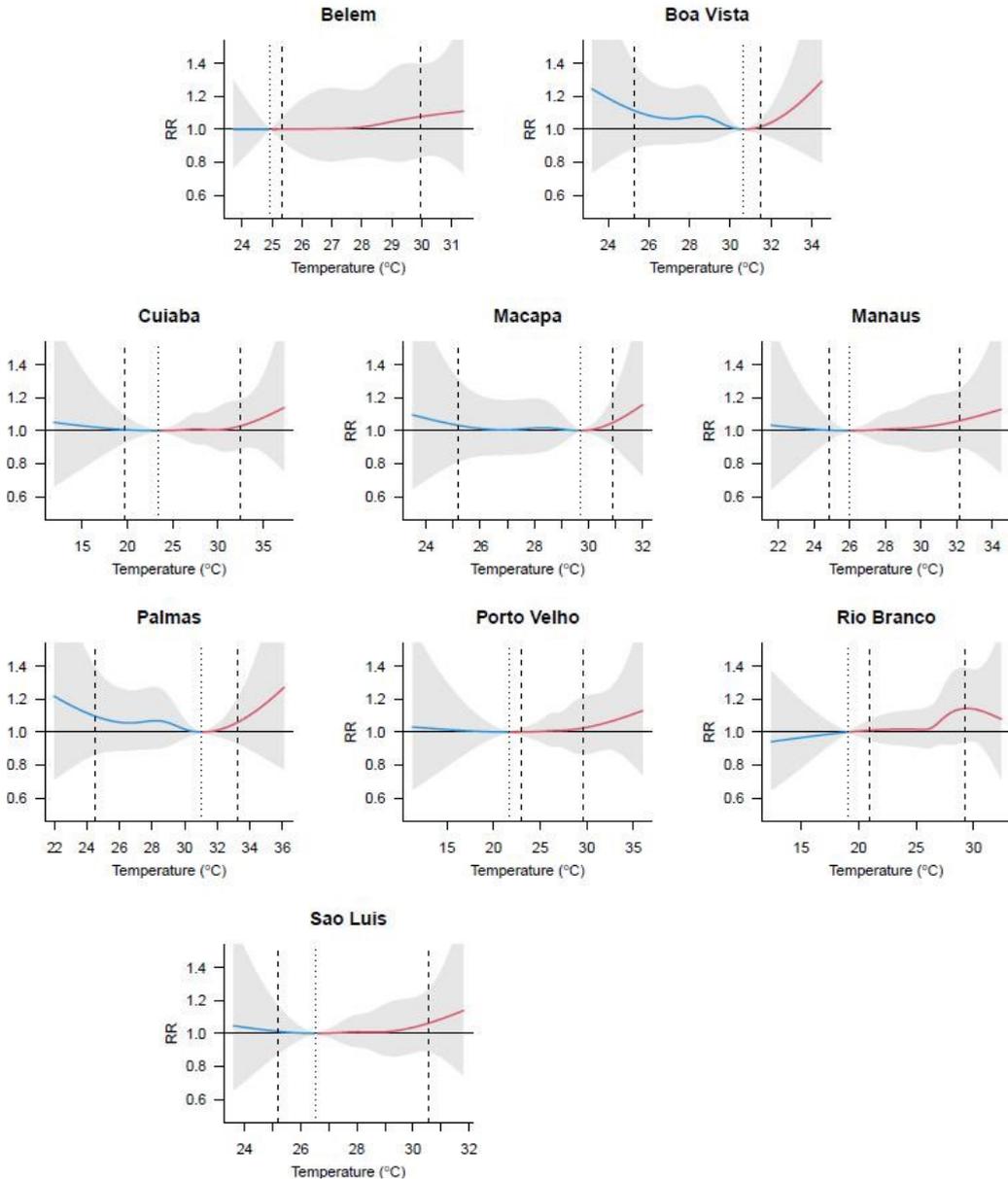
Nota: SD=Desvío Estándar; Q=Cuartil.

Calor y carga de enfermedades: impactos y proyecciones futuras en capitales de la Amazonía Legal.

LUIS SAUCHAY ROMERO et al.

Figura 1A

Curvas de exposición-respuesta de la mejor predicción lineal sin sesgos (BLUP) para los efectos de la temperatura media diaria en el riesgo relativo (RR) de años de vida potencialmente perdidos (AVPP). Enfermedades respiratorias (≥ 60 años). Capitales de la Amazonía Legal, 2000-2019.



Nota: La línea sólida y las áreas grises muestran la media y los intervalos de confianza del 95 %, respectivamente. Las líneas punteadas y discontinuas muestran la temperatura óptima (TO) y los percentiles 2,5 y 97,5, respectivamente.

Calor y carga de enfermedades: impactos y proyecciones futuras en capitales de la Amazonía Legal.

LUIS SAUCHAY ROMERO et al.

◀
percentiles P1 (19 °C) y P99 (30 °C) **[FIGURA 1A] [ANEXO VII]**. Las estimaciones de la FAG igualmente indicaron que, además de los efectos de las temperaturas en general, los impactos del calor sobre el número de AVPP fueron los más importantes en los enfermos respiratorios de 60 años o más. La FAC, así como la FNAC tuvieron un comportamiento similar, alcanzando los mayores valores en 6 capitales (Belém, Río Blanco, Puerto Viejo, Manaus, Cuiabá e San Luís) **[TABLA 3]**.

Con relación al metanálisis y la metarregresión, las metavARIABLES temperatura media-máxima, concentración media-máxima de PM_{2,5} y población de la mitad del período de estudio (2010), no indicaron diferencias estadísticamente significativas en el comportamiento de los AVPP por causa respiratoria en las diferentes capitales de la región, demostrando que no hubo heterogeneidad; de la misma manera que no hubo para las de causa cardiovascular, ni para todas las causas **[ANEXOS VIII y IX]**.

En referencia a los AVPP por enfermedades cardiovasculares, excepto en Manaus, las curvas acumulativas también presentaron forma de U abierta, aunque delineando una leve convexidad inferior debajo de la TO; por consiguiente, los mayores incrementos de RR fueron debajo de la TO **[FIGURA 1B]**. No obstante, el calor también exhibió aumento del RR de AVPP, presentando sus mayores incrementos en Cuiabá (9%), Palmas (6%) y Belém (6%). De estas capitales, Palmas y Cuiabá exhibieron las mayores amplitudes térmicas, con 3,7 °C y 3,1 °C, respectivamente **[ANEXO VII]**. Independientemente de Manaus, donde la FNAC y la FAC fueron negativas, en el resto de las capitales la FNAC presentó un aumento considerable comparada con las respiratorias y la FAC un aumento discreto, como fracción de la FAG **[TABLA 3]**.

Sobre los AVPP por todas las causas, las configuraciones de las curvas acumulativas variaron. Excepto las capitales Buena Vista, Cuiabá

e San Luís, el resto de las curvas presentaron un incremento estable del RR de AVPP encima de la TO **[FIGURA 1C]**. Los máximos impactos del calor se alcanzaron en Manaus (12%) y Palmas (10%), también con las mayores amplitudes térmicas, siendo de 4,4 °C y 5,1 °C, respectivamente **[ANEXO VII]**. En el comportamiento de la FNAC, Manaus, Belém y San Luís alcanzaron los mayores valores. En cuanto a las estimaciones de la FAC destacaron Puerto Viejo, Palmas y Manaus **[TABLA 3]**.

La evaluación de la proyección futura en el escenario RCP 8.5 con diferentes niveles de calentamiento también ofreció resultados relevantes. Comparado con el período base (1970-2005), se observó una trayectoria ascendente de la FAC en el próximo (2010-2039) y medio (2040-2069) en todas las capitales para los AVPP por enfermedades respiratorias, siendo compatible con significativos efectos perjudiciales del calor a corto y mediano plazo. Cabe señalar que todas las capitales decrecieron en el período distante (2070-2099), aunque manteniendo valores positivos de la FAC; Río Blanco mostró un descenso en la tendencia a partir del período medio **[FIGURA 2] [ANEXO X]**. Los valores futuros de la FNAC evidenciaron un comportamiento similar a la FAC. En este aspecto, Buena Vista mostró los mayores aumentos en el período próximo (8,91 veces) y medio (20,25 veces) **[TABLA 4]**. En general, la región mostró un incremento promedio de 1,96 veces de la FNAC en el período próximo, 2,96 veces en el medio y 0,32 en el distante.

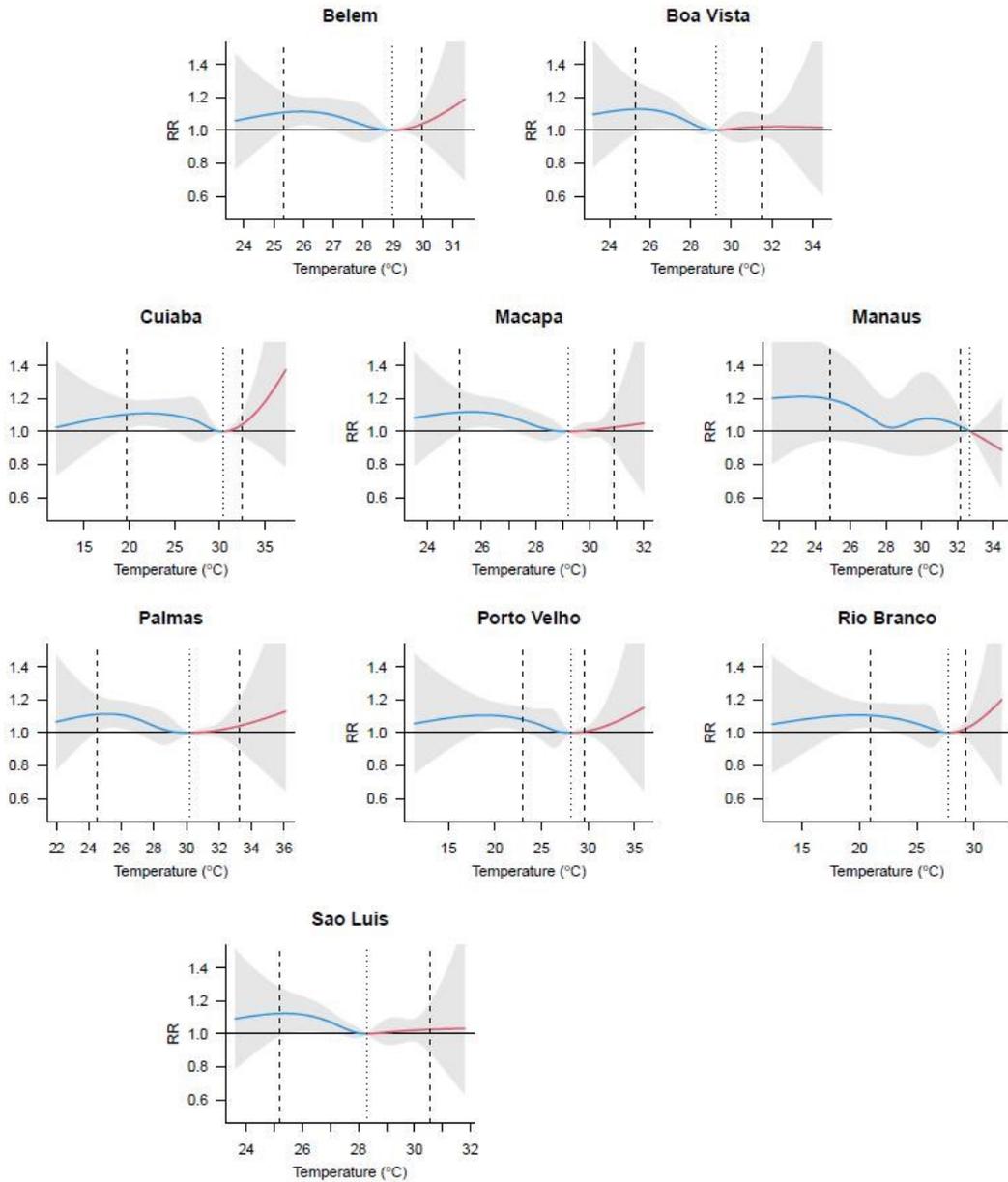
La mortalidad por causas cardiovasculares también tuvo un comportamiento de la proyección futura similar a los de causas respiratorias, a excepción de Manaus, donde el delineamiento inverso “en espejo” de la tendencia indicó una disminución de la FAC hasta el año 2069 con un ascenso posterior, sin alcanzar valores absolutos positivos **[FIGURA 2] [ANEXO X]**. Con relación a la FNAC, Macapá mostró los mayores aumentos con 315 veces de 2010 a 2039 y 1.378 veces de 2030 a 2069. En síntesis

Calor y carga de enfermedades: impactos y proyecciones futuras en capitales de la Amazonía Legal.

LUIS SAUCHAY ROMERO et al.

Figura 1B

Curvas de exposición-respuesta de la mejor predicción lineal sin sesgos (BLUP) para los efectos de la temperatura media diaria en el riesgo relativo (RR) de años de vida potencialmente perdidos (AVPP). Enfermedades cardiovasculares (≥ 45 años). Capitales de la Amazonía Legal, 2000-2019.



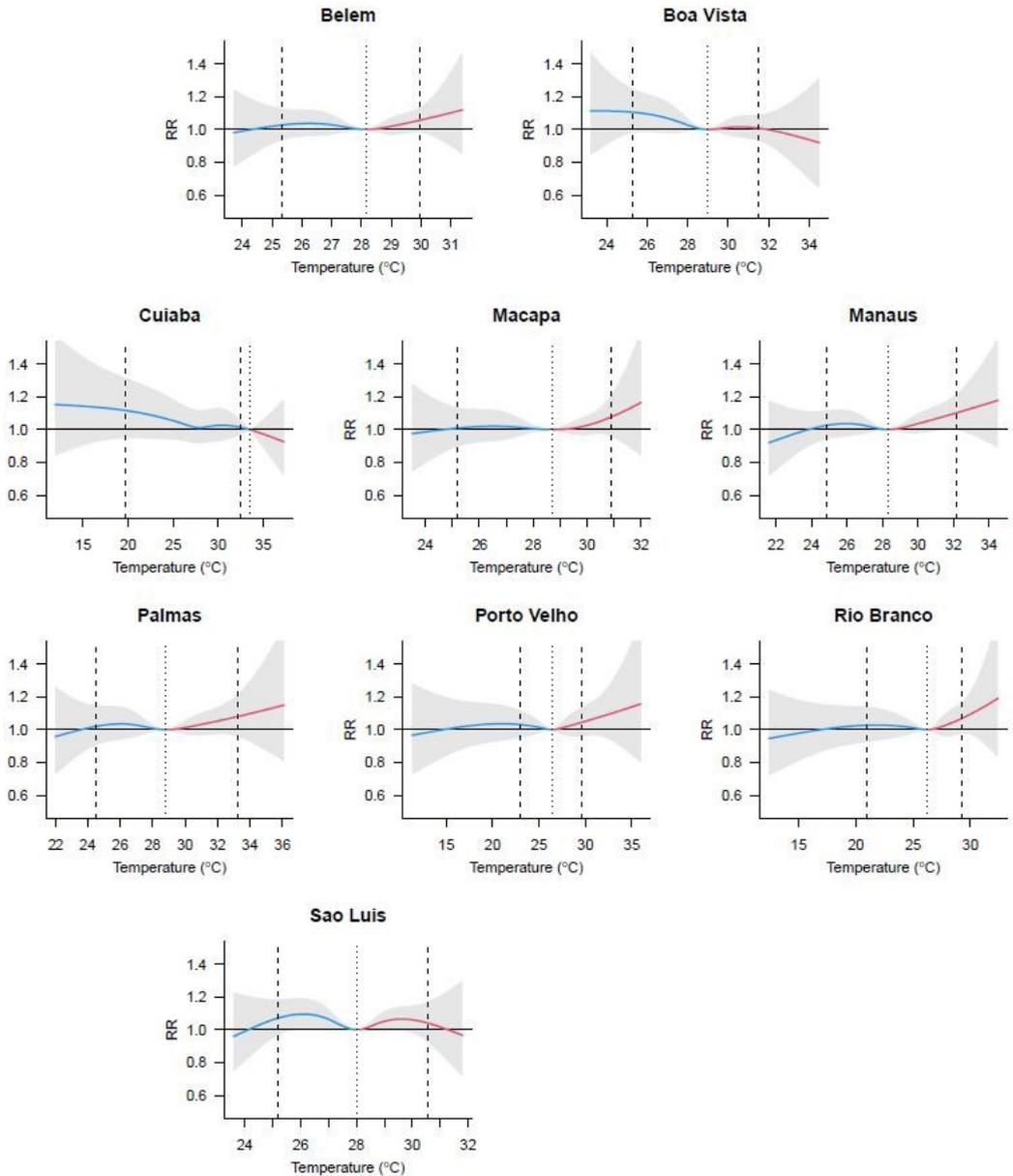
Nota: La línea sólida y las áreas grises muestran la media y los intervalos de confianza del 95 %, respectivamente. Las líneas punteadas y discontinuas muestran la temperatura óptima (TO) y los percentiles 2,5 y 97,5, respectivamente.

Calor y carga de enfermedades: impactos y proyecciones futuras en capitales de la Amazonía Legal.

LUIS SAUCHAY ROMERO et al.

Rev Esp Salud Pública
Volumen 96
9/9/2022
e202209067

Curvas de exposición-respuesta de la mejor predicción lineal sin sesgos (BLUP) para los efectos de la temperatura media diaria en el riesgo relativo (RR) de años de vida potencialmente perdidos (AVPP). Todas las enfermedades (≥ 1 año). Capitales de la Amazonía Legal, 2000-2019.



Calor y carga de enfermedades: impactos y proyecciones futuras en capitales de la Amazonía Legal.

LUIS SAUCHAY ROMERO et al.

Nota: La línea sólida y las áreas grises muestran la media y los intervalos de confianza del 95 %, respectivamente. Las líneas punteadas y discontinuas muestran la temperatura óptima (TO) y los percentiles 2,5 y 97,5, respectivamente.

Tabla 3

Fracción del número de AVPP atribuible al calor (FNAC), fracción global de AVPP atribuible a la temperatura (FAG [%]) y fracción de AVPP atribuible al calor (FAC [%]) con intervalos de confianza empíricos de 95% (Cie95%) de causas respiratorias (≥ 60 años), cardiovasculares (≥ 45 años) y por todas las causas (≥ 1 año). Capitales de la Amazonía Legal, 2000-2019.

ENFERMEDADES RESPIRATORIAS (≥ 60 AÑOS)			
Capitales	f-NAC de AVPP (Cie95%)	f-FA Global (Cie95%)	f-FAC (Cie95%)
BELÉM	7.682,07 (-67.398,22; 66.209,04)	2,37 (-19,82;20,01)	2,37 (-20,77;20,40)
BUENA VISTA	28,85 (-54,04;102,62)	5,07 (-5,34;14,34)	0,12 (-0,22;0,42)
CUIABÁ	773,25 (-6.660,63;7.343,78)	0,79 (-6,08-6,86)	0,74 (-6,40;7,05)
MACAPÁ	144,46 (-353,49;545,94)	1,35 (-10,17;10,77)	0,45 (-1,11;1,72)
MANAOS	2210,31 (-107,63;12.778,59)	1,30 (-5,70;7,99)	1,28 (-6,23;7,40)
PALMAS	93,71 (-141,08;296,01)	4,67 (-7,52;15,65)	0,39 (-0,59;1,24)
PUERTO VIEJO	525,76 (-4.399,53;5.267,17)	0,89 (-8,19;8,53)	0,89 (-7,44;8,91)
RÍO BLANCO	2.866,15 (-4.433,72;9.558,34)	4,71 (-7,30;14,95)	4,71 (-7,31;15,76)
SAN LUÍS	1.343,26 (-8.667,65;10.515,72)	1,07 (-6,75;8,26)	0,98 (-6,30;7,64)

ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES (45 AÑOS)			
Capitales	f-NAC de AVPP (Cie95%)	f-FA Global (Cie95%)	f-FAC (Cie95%)
BELÉM	3.394,49 (-4.735,06;10.884,43)	4,21 (-1,25;9,20)	0,34 (-0,47;1,08)
BUENA VISTA	468,97 (-2.291,14;2.952,49)	3,79 (-0,25;7,34)	0,40 (-1,98;2,55)
CUIABÁ	1.407,50 (-936,2;3.680,08)	5,05 (-1,92;11,56)	0,31 (-0,21;0,81)
MACAPÁ	508,08 (-1.234,01;2.288,02)	3,90 (0,00;7,11)	0,40 (-0,96;1,78)
MANAOS	-180,10 (-706,94;266,23)	6,89 (-10,09;22,73)	-0,03 (-0,11;0,04)
PALMAS	487,09 (-999,84;1.893,91)	3,91 (-0,96;8,13)	0,36 (-0,74;1,41)
PUERTO VIEJO	181,31 (-311,65;624,42)	2,11 (-5,74;8,82)	0,08 (-0,14;0,28)
RÍO BLANCO	305,85 (-449,18;977,79)	3,10 (-4,43;9,51)	0,20 (-0,29;0,64)
SAN LUÍS	2.724,90 (-8.955,2;14.190,61)	3,55 (-0,04;6,34)	0,39 (-1,29;2,04)

Nota: AVPP=años de vida potencialmente perdidos; NAC=número de AVPP atribuible al calor; FA=fracción atribuible; Cie=intervalo de confianza empírico; FAC=fracción de AVPP atribuible al calor; f=fracción computada desde la perspectiva *forward* o prospectiva.

Calor y carga de enfermedades: impactos y proyecciones futuras en capitales de la Amazonía Legal.

LUIS SAUCHAY ROMERO et al.

Rev Esp Salud Pública
Volumen 96
9/9/2022
e202209067

Fracción del número de AVPP atribuible al calor (FNAC), fracción global de AVPP atribuible a la temperatura (FAG [%]) y fracción de AVPP atribuible al calor (FAC [%]) con intervalos de confianza empíricos de 95% (Cie95%) de causas respiratorias (≥ 60 años), cardiovasculares (≥ 45 años) y por todas las causas (≥ 1 año). Capitales de la Amazonía Legal, 2000-2019.

MORTALIDAD GENERAL (≥ 1 AÑO)			
Capitales	f-NAC de AVPP (Cie95%)	f-FA Global (Cie95%)	f-FAC (Cie95%)
BELÉM	68.087,71 (-53.621,1;200.359,5)	2,01 (-1,49;5,23)	1,00 (-0,74;2,80)
BUENA VISTA	2.370,24 (-8.373,75;12.350,3)	2,81 (-1,38;6,49)	0,39 (-1,48;2,16)
CUIABÁ	-291,15 (-1.330,36;598,95)	2,99 (-7,13;12,16)	-0,01 (-0,06;0,03)
MACAPÁ	8.929,39 (-5.661,52;23.641,29)	1,82 (-1,55;5,22)	1,19 (-1,04;3,15)
MANAOS	65.593,57 (-9.698,58;148.384,9)	2,58 (-0,93;6,14)	1,55 (-0,33;3,35)
PALMAS	7.359,58 (-4.945,28;18.624,07)	2,18 (-1,78;5,84)	1,18 (-0,76;3,07)
PUERTO VIEJO	8.459,37 (-13.086;29.254,62)	1,19 (-1,46;3,76)	0,67 (-0,93;2,30)
RÍO BLANCO	9.743,81 (-10.141,8;28.383,26)	1,58 (-2,02;4,93)	1,08 (-1,23;3,34)
SAN LUÍS	57.096,32 (-11.708,4;121.274,5)	4,05 (0,83;7,13)	1,58 (-0,31;3,22)

Nota: AVPP=años de vida potencialmente perdidos; NAC=número de AVPP atribuible al calor; FA=fracción atribuible; Cie=intervalo de confianza empírico; FAC=fracción de AVPP atribuible al calor; f=fracción computada desde la perspectiva *forward* o prospectiva.

Tabla 4

Proyección de la fracción del número de AVPP atribuibles al calor (FNAC) de causas respiratorias (≥ 60 años), cardiovasculares (≥ 45 años) y por todas las causas (≥ 1 año) calculadas por períodos en perspectiva prospectiva. Proyección de la proporción (expresada en número de veces) de FNAC por causas y períodos en relación con el período de referencia base. Capitales de la Amazonía Legal.

ENFERMEDADES RESPIRATORIAS (≥ 60 AÑOS)

Capitales	Períodos	f-NAC de AVPP (Cie95%)	Proporción de la FNAC [FNAC por períodos/ FNAC período base] ^(*)
BELÉM	Base	8.065,61 (-122.095,82; 120.138,49)	-
	2010-2039	17.975,95 (-91.728,34; 111.204,93)	2,23
	2040-2069	28.374,53 (-86.548,26; 115.799,83)	3,52
	2070-2099	1.522,97 (-72.131,02; 70.001,20)	0,19
BUENA VISTA	Base	191,98 (-325,6; 683,75)	-
	2010-2039	1.709,65 (-1.681,03; 4.624,97)	8,91
	2040-2069	3.888,13 (-4.274,11; 9.208,4)	20,25
	2070-2099	0,16 (-1,83; 2,15)	0,00
CUIABÁ	Base	1.262,48 (-11.235,21; 11.930,54)	-
	2010-2039	2.117,27 (-11.055,5; 13.989,14)	1,68
	2040-2069	3.216,1 (-11.367,51; 15.336,92)	2,55
	2070-2099	597,83 (-6.965,12; 7.029,02)	0,47
MACAPÁ	Base	0	-
	2010-2039	76,1 (-169,28; 305,53)	-
	2040-2069	625,42 (-1.294,1; 2.262,9)	-
	2070-2099	0	-
MANAOS	Base	4.368,09 (-22.631,88; 26.603,84)	-
	2010-2039	9.323,93 (-21.818,57; 35.082,75)	2,13
	2040-2069	15.044,66 (-34.676,98; 48.497,26)	3,44
	2070-2099	1.434,99 (-11.534,59; 12.818,94)	0,33
PALMAS	Base	170,46 (-263,85; 582,23)	-
	2010-2039	689,28 (-796,79; 1.937,69)	4,04
	2040-2069	1.304,47 (-1.654,33; 3.327,76)	7,65
	2070-2099	2,54 (-12,43; 17,11)	0,01
PUERTO VIEJO	Base	1.770,02 (-10.938,35; 11.961,46)	-
	2010-2039	2.659,71 (-10.052,39; 13.105,26)	1,50
	2040-2069	3.731,82 (-8.438,35; 13.405,8)	2,11
	2070-2099	770,62 (-7.063,8; 7.311,03)	0,44
RÍO BLANCO	Base	6.678,02 (-7.993,41; 18.947,02)	-
	2010-2039	8.312,72 (-5.491,12; 19.762,74)	1,24
	2040-2069	7.569,97 (-10.170,91; 21.111,95)	1,13
	2070-2099	3.018,84 (-7.652,02; 12.302,44)	0,45
SAN LUÍS	Base	837,18 (-8.710,18; 8.868,77)	-
	2010-2039	2.859,48 (-17.145,78; 20.276,2)	3,42
	2040-2069	5.761,18 (-18.240,36; 25.059,12)	6,88
	2070-2099	218,2 (-2.329,62; 2.459,24)	0,26

Nota: Períodos: línea base (1970-2005) y 1,5 °C (próximo, 2010-2039), 2,0 °C (medio, 2040-2069), 4,0 °C (distante, 2070-2099). Escenario climático de forzamiento radiativo RCP 8.5.
 AVPP=años de vida potencialmente perdidos; FNAC=fracción del número de AVPP atribuible al calor; f=fracción computada en perspectiva prospectiva; (*) la fórmula de proporción de la FNAC divide la fracción del número de AVPP atribuible al calor por cada período (2010-2039, 2040-2069 e 2070-2099) entre la fracción del número de AVPP atribuible al calor del período base (1970-2005), significando cual es el comportamiento (aumento o disminución cuantificados en número de veces) proyectado a futuro.

Calor y carga de enfermedades: impactos y proyecciones futuras en capitales de la Amazonía Legal.

LUIS SAUCHAY ROMERO et al.

Proyección de la fracción del número de AVPP atribuibles al calor (FNAC) de causas respiratorias (≥ 60 años), cardiovasculares (≥ 45 años) y por todas las causas (≥ 1 año) calculadas por períodos en perspectiva prospectiva. Proyección de la proporción (expresada en número de veces) de FNAC por causas y períodos en relación con el período de referencia base. Capitales de la Amazonía Legal.

ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES (≥ 45 AÑOS)

Capitales	Períodos	f-NAC de AVPP (Cie95%)	Proporción de la FNAC [FNAC por períodos/ FNAC período base] ^(*)
BELÉM	Base	2.746,79 (-3.967,7; 9.343,13)	-
	2010-2039	35.915,63 (-84.953,2; 117.287,21)	13,08
	2040-2069	92.902,24 (-275.188,17; 277.166,32)	33,82
	2070-2099	-	-
BUENA VISTA	Base	1.764,82 (-6.512,62; 9.761,41)	-
	2010-2039	2.595,09 (-12.695,82; 14.933,06)	1,47
	2040-2069	2.321,69 (-50.038,47; 32.099,45)	1,32
	2070-2099	342,33 (-2.492,08; 3.095,72)	0,19
CUIABÁ	Base	1.438,11 (-1.031,15; 3.904,27)	-
	2010-2039	9.464,46 (-7.187,6; 23.116,09)	6,58
	2040-2069	22.208,81 (-19.714,79; 51.048,72)	15,44
	2070-2099	8,72 (-18,74; 37,51)	0,01
MACAPÁ	Base	1,01 (-22,93; 24,41)	-
	2010-2039	319,1 (-847,09; 1.441,34)	315,94
	2040-2069	1.391,87 (-7.580,75; 7.882,93)	1.378,09
	2070-2099	-	0,00
MANAOS	Base	-13,95 (-52,9; 21,74)	-
	2010-2039	-10.389,77 (-44.247,78; 14.182,2)	-744,79
	2040-2069	-44.217,71 (-211.675,24; 54.558,6)	-3.169,73
	2070-2099	-	-
PALMAS	Base	905,59 (-1.766,02; 3.475,23)	-
	2010-2039	2.555,07 (-8.577,55; 10.582,71)	2,82
	2040-2069	4.471,45 (-19.109,72; 18.295,27)	4,94
	2070-2099	69,9 (-327,65; 463,1)	0,08
PUERTO VIEJO	Base	2.040,67 (-3.800,97; 7.436)	-
	2010-2039	5.909,06 (-13.657,8; 21.994,84)	2,90
	2040-2069	11.389,84 (-32.994,65; 42.982,33)	5,58
	2070-2099	126,11 (-590,96; 808,52)	0,06
RÍO BLANCO	Base	1.599,8 (-2.537,62; 5.238,4)	-
	2010-2039	6.964,42 (-16.311,99; 22.417,69)	4,35
	2040-2069	15.199,18 (-43.975,46; 46.837,07)	9,50
	2070-2099	81,84 (-147,35; 311,47)	0,05
SAN LUÍS	Base	1.086,56 (-8.569,06; 11.102,4)	-
	2010-2039	6.143,49 (-16.836,99; 26.882,3)	5,65
	2040-2069	14.697,03 (-48.065,93; 67.112,8)	13,53
	2070-2099	-	-

Nota: Períodos: línea base (1970-2005) y 1,5 °C (próximo, 2010-2039), 2,0 °C (medio, 2040-2069), 4,0 °C (distante, 2070-2099). Escenario climático de forzamiento radiativo RCP 8.5. AVPP=años de vida potencialmente perdidos; FNAC=fracción del número de AVPP atribuible al calor; f=fracción computada en perspectiva prospectiva; (*) la fórmula de proporción de la FNAC divide la fracción del número de AVPP atribuible al calor por cada período (2010-2039, 2040-2069 e 2070-2099) entre la fracción del número de AVPP atribuible al calor del período base (1970-2005), significando cual es el comportamiento (aumento o disminución cuantificados en número de veces) proyectado a futuro.

Tabla 4 (continuación)

Proyección de la fracción del número de AVPP atribuibles al calor (FNAC) de causas respiratorias (≥ 60 años), cardiovasculares (≥ 45 años) y por todas las causas (≥ 1 año) calculadas por períodos en perspectiva prospectiva, Proyección de la proporción (expresada en número de veces) de FNAC por causas y períodos en relación con el período de referencia base, Capitales de la Amazonía Legal,

MORTALIDAD GENERAL (≥ 1 AÑO)			
Capitales	Períodos	f-FNAC de AVPP (CIe95%)	Proporción de la FNAC [FNAC por períodos/ FNAC período base]^(*)
BELÉM	Base	67.615,13 (-64.911,44; 197.328,99)	-
	2010-2039	251.858,28 (-134.020,18; 585.590,45)	3,72
	2040-2069	523.904,9 (-586.205,65; 1.259.587,84)	7,75
	2070-2099	658,44 (-2.877,96; 4.121,14)	0,01
BUENA VISTA	Base	6.629,98 (-31.446,26; 44.846,49)	-
	2010-2039	-7.366,19 (-94.895,5; 69.052,9)	-1,11
	2040-2069	-32.787,43 (-227.825,22; 107.280,52)	-4,95
	2070-2099	2.478,5 (-8.386,2; 12.983,84)	0,37
CUIABÁ	Base	-4,89 (-20,21; 11,2)	-
	2010-2039	-3.032,68 (-12.851,4; 6.636,32)	-620,18
	2040-2069	-18.703,39 (-81.640,49; 38.273,09)	-3.824,82
	2070-2099	-	-
MACAPÁ	Base	115,04 (-843,09; 1.017,93)	-
	2010-2039	6.010,12 (-6.846,35; 18.789,59)	76,10
	2040-2069	24.488,36 (-16.483,13; 60.355,78)	625,42
	2070-2099	-	-
MANAOS	Base	136.345,38 (-36.228,08; 298.739,85)	-
	2010-2039	339.922,02 (-25.496,84; 641.151,44)	2,49
	2040-2069	52.4121,88 (-205.268,39; 1.070.275,42)	3,84
	2070-2099	18.748,03 (-20.729,13; 54.649,64)	0,14
PALMAS	Base	12.562,56 (-7.099,85; 32.496,74)	-
	2010-2039	21.229,99 (-14.422,08; 52.579,45)	1,69
	2040-2069	33.198,27 (-27.028,81; 82.366,63)	2,64
	2070-2099	3.617,77 (-5.559,55; 12.123,46)	0,29
PUERTO VIEJO	Base	50.832,56 (-51.699,77; 147.674,77)	-
	2010-2039	86.322,99 (-55.289,85; 221.922,01)	1,70
	2040-2069	112.985,44 (-79.396,75; 278.102,12)	2,22
	2070-2099	12.986,64 (-21.634,17; 46.327,13)	0,26
RÍO BLANCO	Base	31.099,72 (-22.202,73; 83.220,5)	-
	2010-2039	71.796,37 (-30.919,57; 161.519,95)	2,31
	2040-2069	111.102,06 (-80.520,51; 255.244,24)	3,57
	2070-2099	6.321,82 (-10.402,65; 22.255,95)	0,20
SAN LUÍS	Base	35.964,85 (-5.844,5; 76.883,84)	-
	2010-2039	114.731,57 (-22.779,83; 247.686,87)	3,19
	2040-2069	182.201,73 (-125.786,45; 484.449,39)	5,07
	2070-2099	11,82 (-15,81; 40,35)	-

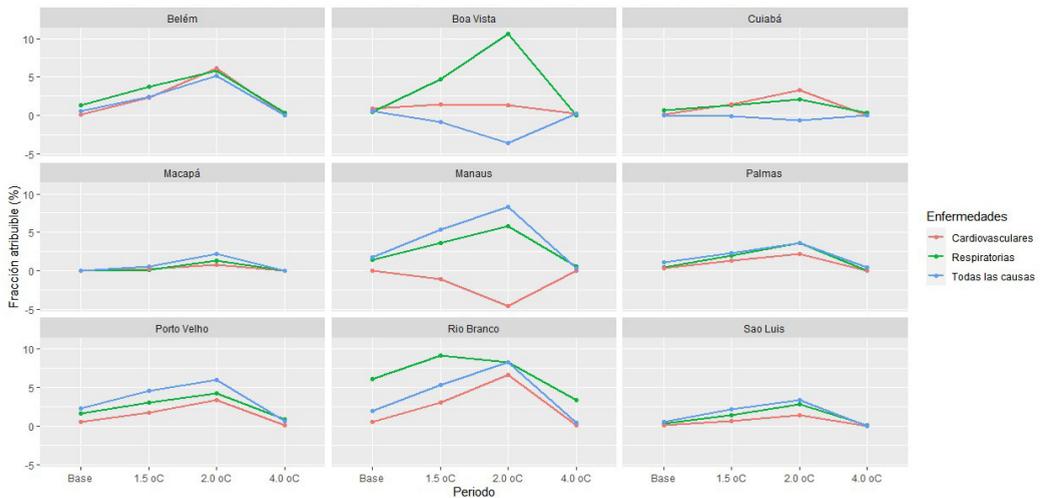
Nota: Períodos: línea base (1970-2005) y 1,5 °C (próximo, 2010-2039), 2,0 °C (medio, 2040-2069), 4,0 °C (distante, 2070-2099), Escenario climático de forzamiento radiativo RCP 8,5, AVPP=años de vida potencialmente perdidos; FNAC=fracción del número de AVPP atribuible al calor; f=fracción computada en perspectiva prospectiva; (*) la fórmula de proporción de la FNAC divide la fracción del número de AVPP atribuible al calor por cada período (2010-2039, 2040-2069 e 2070-2099) entre la fracción del número de AVPP atribuible al calor del período base (1970-2005), significando cual es el comportamiento (aumento o disminución cuantificados en número de veces) proyectado a futuro, ▶

Calor y carga de enfermedades: impactos y proyecciones futuras en capitales de la Amazonía Legal.

LUIS SAUCHAY ROMERO et al.

Rev Esp Salud Pública
Volumen 96
9/9/2022
e202209067

Figura 2 Proyecciones futuras de la fracción de años de vida potencialmente perdidos (AVPP) atribuibles al calor por enfermedades cardiovasculares, respiratorias y por todas las causas. Capitales de la Amazonía Legal.



Nota: Base (período 1970-2005), 1,5 °C (período próximo 2010-2039), 2,0 °C (período medio 2040-2069), 4,0 °C (período distante 2070-2099).

sis, la región registró un aumento promedio de 5,14 veces en el período próximo, 10,40 veces en el medio y se redujo en 0,05 veces en el período distante, comparado con el base [TABLA 4]. En las pérdidas por todas las causas, la proyección de la FAC fue consistente y estable en todas las capitales, cuyo comportamiento se mostró similar a la de causas respiratorias, exceptuando Buena Vista y Cuiabá, donde la tendencia fue inversa “en espejo” [FIGURA 2] [ANEXO X]. La FNAC en la región también exhibió incrementos promedios de 2,58 y 4,28 veces en los períodos próximos y medio, respectivamente, disminuyendo en 0,13 veces en el distante. Los mayores incrementos también se produjeron en Macapá (76,10 veces en el período próximo y 625,42 veces en el medio) [TABLA 4].

Con respecto a estos resultados, es importante señalar que no son necesariamente concluyentes ya que, además del análisis a nivel

agregado característico de los estudios ecológicos, están basados en las estrategias metodológicas expuestas y los valores de calor extremo definidos por los autores. En este sentido, aunque los valores absolutos de RR, FNAC, FAG y de FAC fueron compatibles con el impacto negativo del calor sobre los AVPP, la baja precisión de los intervalos de confianza empíricos estimados, los que incluyeron el 1 para el RR y el 0 para los otros parámetros, no mostraron la significancia de dicho efecto [FIGURA 1, TABLAS 3 Y 4], indicando la posibilidad de perspectivas o abordajes diferentes a los utilizados.

DISCUSIÓN

DE ACUERDO CON LAS ESTIMACIONES DEL período 2000-2019, el resto de los períodos en que sus parámetros constantes de RR de AVPP fueron proyectados sugieren serios efectos negativos de las altas temperaturas en las

capitales de la Amazonía Legal donde, independientemente de la modelación en el escenario RCP 8.5, pronósticos de investigaciones brasileñas recientes ya estaban indicado un incremento de 1 °C por década de la temperatura por la influencia del cambio climático (2). Constituye un patrón de comportamiento, reflejado en las curvas de exposición-respuesta y fracciones atribuibles, el predominio de los mayores impactos del calor en las personas expuestas de raza negra, bajo nivel de escolaridad y solteros, siendo las mujeres las más afectadas por las pérdidas de años de vida por causas respiratorias, al contrario de las cardiovasculares y por todas las causas, cuyo predominio es en hombres.

En cuanto a la ponderación de la FAC, o sea, a los efectos del calor, siendo de particular interés para la Salud Pública, en virtud de la calificación de las muertes prematuras y los costos a la sociedad en términos socioeconómicos, sobre todo cuando se pretende maximizar la esperanza de vida en condiciones de limitación de recursos (18,36), se puede confirmar que en el período 2000-2019 las pérdidas debido a las enfermedades respiratorias en las capitales de la región tienen un impacto más acentuado ante la exposición al calor. En segundo lugar les siguen las pérdidas por todas las causas, también con elevada FNAC, probablemente relacionada al mayor número de muertes por la inclusión de todos los fallecidos. Y en tercer lugar en FAC aparecen las de causas cardiovasculares, segunda en FNAC por ser la primera causa de muerte en Brasil con un registro elevado de casos (37).

La amplitud térmica, a pesar de no ser tan expresiva en la región, es un factor que marca diferencias, al relacionarse con los máximos aumentos de RR de AVPP en las capitales. Por otro lado, en el período inicial 2000-2019, los niveles de PM_{2,5} mantienen una concentración media en la atmósfera que no sobrepasan los niveles recomendados por la OMS. A pesar de eso, aunque los niveles de concentración fueron analizados como variables de

ajuste, sus efectos biológicos negativos sobre las afecciones estudiadas no se descartan, fundamentalmente por las evidencias de los mecanismos fisiopatológicos envueltos en la evolución de las enfermedades cardiorrespiratorias (38), así como por los elevados valores de concentración alcanzados durante las épocas de sequía, hechos que justifican su inclusión en este estudio.

Se debe destacar que las enfermedades cardiovasculares, seguidas de las respiratorias, se mantienen entre las primeras seis causas de muerte en el país por décadas (37); por lo que nuestros resultados, que confirman su relación con la exposición al calor, consolidan la importancia del desarrollo y permanencia de programas preventivos de salud dirigidos a disminuir factores de riesgos, incluidas medidas de mitigación y adaptación al cambio climático en la sociedad.

Otro hallazgo de esta investigación de importancia para la Salud Pública reúne la tendencia positiva de los FAC en las enfermedades estudiadas y el incremento en varias veces del número de AVPP atribuibles al calor en los períodos futuro próximo y medio, comparado al base. La integración de estos elementos sugiere un probable deterioro del cuadro de salud de las poblaciones expuestas a las temperaturas incrementadas por el cambio climático y la posible permanencia de las enfermedades cardiovasculares y respiratorias entre las primeras causas de muerte en escenarios futuros a corto y mediano plazo.

Estudios realizados en China presentan resultados similares. Huang *et al.* (2018) reportan un incremento en la proyección de AVPP de causas cardiovasculares en 3,1 veces para el año 2050 y 11,5 veces para 2070 en relación al período base (2008-2015) de esa investigación en la ciudad de Ningbo, aun teniendo en cuenta un 30% de adaptación de la población (29). Chen *et al.* (2021) y Huang *et al.* (2019) también reportan resultados compatibles al anterior en relación a la carga de enfermeda-

Calor y carga de enfermedades: impactos y proyecciones futuras en capitales de la Amazonia Legal.

LUIS SAUCHAY ROMERO *et al.*

Rev Esp Salud Pública
Volumen 96
9/9/2022
e202209067

des en ancianos taiwaneses (39) y a las enfermedades isquémicas del corazón en ancianos de Tianjin (40), respectivamente.

En un estudio realizado en las capitales brasileñas sobre el número de AVPP debido a enfermedades cardiorrespiratorias, Jacobson *et al.* (2020) también encuentran resultados similares a los nuestros. En general, ese estudio reporta aumentos del número de AVPP relacionados al aumento de la temperatura global en el escenario RCP 8.5 en los mismos períodos y niveles de calentamiento, además de observar descensos de la FNAC en las regiones norte y nordeste en el período distante (22). Sobre el descenso de la tendencia de las fracciones atribuibles en el período distante, igualmente observada en esta investigación, no se llegan a esclarecer las condiciones o circunstancias; no obstante, se considera que pudieran estar asociadas a la capacidad de adaptación de las poblaciones, habituadas a las altas temperaturas de la región, apuntando hacia una mayor capacidad de aclimatación a largo plazo (41). Asimismo, debemos destacar que el estudio de Jacobson *et al.* (2020) no consideró la contaminación atmosférica, por lo que sus resultados indirectamente validan los nuestros, respecto a que la inclusión del PM_{2,5} no representa un factor diferencial y sí las temperaturas, en el comportamiento de las enfermedades estudiadas en la región. Esto sugiere que, a pesar de los períodos de altas concentraciones de material particulado, predominan las concentraciones poco perjudiciales para la salud. Además, el PM_{2,5} tampoco determina heterogeneidad entre las capitales de esta área geográfica.

Otro elemento que no es esclarecido resulta el comportamiento “en espejo” que, en término de valores absolutos de las fracciones atribuibles y del número de AVPP atribuibles en ambos casos al calor, se podría interpretar como un efecto protector del calor en algunas capitales a lo largo de los períodos proyectados. Este resultado podría estar relacionado a

factores específicos de protección, los que no son identificados en esta investigación; sin embargo, cabe destacar que otros trabajos realizados en el país, aunque dirigidos al análisis de la mortalidad y sin proyecciones futuras, manifiestan los impactos negativos del calor en la salud, incluyendo la amplitud térmica y la contaminación atmosférica (13,14,15,30).

En general, la metodología aplicada permite sustentar la hipótesis del impacto negativo ante la exposición al calor en las capitales de la Amazonía Legal sobre los AVPP en fallecidos por enfermedades cardiorrespiratorias y por todas las causas. No obstante, los hallazgos encontrados, la complejidad del fenómeno estudiado combinado a las posibilidades de abordajes analíticos diferentes, hace que estas evidencias no sean del todo concluyentes, una vez que tampoco considera factores a nivel individual. En el tratamiento del calor extremo por encima del 90 percentil, si bien se relaciona con la exposición de valores de temperatura poco frecuentes, la fijación de este parámetro no define per se el umbral de efectos. Por otro lado, factores externos podrían modificar el efecto de la temperatura sobre la mortalidad por estas enfermedades, así como la definición de parámetros distintos para el control de la tendencia y la estacionalidad. La falta de precisión de los intervalos de confianza relacionados al RR, al igual que los intervalos de confianza empíricos, calculando valores aproximados de manera simulada, es otro de los elementos que generó incertidumbre en cuanto a la significancia del efecto (31,32).

Sobre las potenciales limitaciones de este trabajo, consideramos que el uso de datos secundarios, sujetos a presentar problemas de calidad en los bancos de datos, puede haber causado algún grado de incertidumbre en los resultados. No obstante, en lo que se refiere al alcance, cobertura y veracidad, se confirma que los datos del SIM han tenido una evolución favorable, fundamentalmente en áreas de mayor desarrollo económico, como las

capitales, por lo que se considera que su uso es capaz de producir conocimientos sobre la situación de mortalidad y promover políticas para las acciones de salud en el país (21).

Otra limitación se relaciona con el uso de datos modelados de contaminación atmosférica procedentes de sensores remotos, los cuales no miden la calidad del aire con precisión a una altura entre 0 a 10 metros, relevante para los humanos, así como puede ser influenciada por factores meteorológicos; sin embargo, proporciona información con una amplia resolución espacial (0-100 km) y permite estimar las concentraciones de contaminantes cuando la medición en estaciones terrestres no están disponibles (42). No fueron considerados métodos de adaptación de la población en las proyecciones futuras, pues algunos trabajos describen posibles adaptaciones autónomas dentro del contexto de grandes cambios epidemiológicos, demográficos y sociales; aunque, a pesar de ello, la evolución de los impactos generados por el cambio climático todavía es una cuestión en evolución (43). Por último, el estudio presenta las limitaciones propias de todo estudio ecológico, el que basado en el grupo poblacional estudiado permite interpretar la presencia de estos resultados a nivel agregado y no individual (44).

A modo de conclusión, los análisis muestran el aumento del RR de AVPP y de las fracciones de AVPP atribuibles a las altas temperaturas por enfermedades respiratorias, cardiovasculares y por todas las causas, tanto en el período base como en los períodos próximo y medio. Las mayores amplitudes térmicas también se asocian a las mayores pérdidas de años de vida. Independiente de considerar estos resultados no concluyentes, la investigación sustenta la necesidad de establecer y/o mantener políticas públicas de protección de la salud de la población residente en las capitales de la Amazonía Legal, incluidas medidas de mitigación y adaptación al cambio climático.

AGRADECIMIENTOS

|||||

Nuestro agradecimiento a la *Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior* (CAPES) por el apoyo en la realización de este estudio y artículo científico.

BIBLIOGRAFÍA

|||||

1. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Suiza). *Calentamiento global de 1,5 °C*. Ginebra: IPCC; 2019.
2. Ministerio de Ciencias, Tecnología e Innovaciones (Brasil). *Cuarta Comunicación Nacional do Brasil*. Brasília: Gobierno Federal; 2019.
3. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. *The International Disaster Database-EM-DAT*. 2021. Disponible en: <https://www.emdat.be/> [Citado 14 de noviembre de 2021].
4. Smith AJP, Jones MW, Abatzoglou JT, Canadell JG, Betts RA. *Climate change increases the risk of wildfires*. ScienceBrief [Internet]. 2020 [Citado 14 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4570195>
5. Stawski C, Doty AC. *Understanding of organismal responses to fire*. Current Biology. 2019;29:146-147.
6. Lui Z, Murphy JP, Maghirang R, Devlin D. *Health and Environmental Impacts of Smoke from Vegetation Fires: A Review*. Journal of Environmental Protection. 2016;7:1860-1885.
7. Guyton AC, Hall JE, Hall ME. *Fisiología médica*. 14ª ed. San Paulo: GEN Guanabara Koogan;2021.
8. Estela LBL. *Pronósticos biometeorológicos*. La Habana: Citmatel;2019.
9. Doubleday A, Schulte J, Sheppard L, Kadlec M, Dhammapala R, Fox J *et al*. *Mortality associated with wildfire smoke exposure in Washington state, 2006-2017: a case-crossover study*. Environmental Health. 2020;19:1-10.



10. Al-Kindi SG, Brook RD, Biswal S, Rajagopalan S. *Environmental determinants of cardiovascular disease: lessons learned from air pollution*. *Nature Reviews Cardiology*. 2020;17:656-672.
11. Sun Z, Chen Ch, Yan M, Shi W, Wang J, Ban J *et al*. *Heat wave characteristics, mortality and effect modification by temperature zones: a time-series study in 130 counties of China*. *International Journal of Epidemiology*. 2020;49:1813-1822.
12. Wang Ch, Zhang Z, Maigeng Z, Wang P, Yin P, Ye W *et al*. *Different response of human mortality to extreme temperatures (MoET) between rural and urban areas: A multi-scale study across China*. *Health & Place*. 2018;50:119-129.
13. Oliveira BF, Silveira IH, Feitosa RC, Horta MAP, Junger WL, Hacon S. *Human Heat stress risk prediction in the Brazilian semiarid Region based on the Wet-Bulb Globe Temperature*. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*. 2019;91:1-13.
14. Gonçalves KS. *Cardiovascular diseases and the exposure to particulate air pollutants derived from forest fires in Puerto Viejo municipality, Rondônia state, Brazilian amazon rain forest region* [tesis doctoral]. Río de Janeiro (RJ): Escuela Nacional de Salud Pública;2016 (81p).
15. Silveira HI, Cortes TR, Oliveira BFA, Junger WL. *Temperature and cardiovascular mortality in Río de Janeiro, Brazil: effect modification by individual-level and neighbourhood-level factors*. *J Epidemiol Community Health*. 2020;0:1-7.
16. Luan G, Yin P, Li T, Wang L, Zhou M. *The years of life lost on cardiovascular disease attributable to ambient temperature in China*. *Scientific Reports*. 2017;7:1-9.
17. Hajat S, Armstrong B, Gouveia N, Wilkinson P. *Mortality displacement of heat-related deaths: A comparison of Delhi, San Paulo and London*. *Epidemiology*. 2005;16:613-620.
18. Reichenheim ME, Werneck GL. *Anos Potenciais de Vida Perdidos no Río de Janeiro, 1990. As Mortes Violentas em Questão*. *Cadernos de Saúde Pública*. 1994;10:188-198.
19. Jiao A, Yu Ch, Xiang Q, Zhang F, Chen D, Zhang L *et al*. *Impact of summer heat on mortality and years of life lost: Application of a novel indicator of daily excess hourly heat*. *Environmental Research*. 2019;172:596-603.
20. Broome RA, Powel J, Cope ME, Morgan GG. *The mortality effect of PM2.5 sources in the Greater Metropolitan Region of Sidney, Australia*. *Environmental International*. 2020;137:105429.
21. Ministério da Saúde (Brasil). *Saúde brasil 2018. Uma análise da situação de saúde e das doenças e agravos crônicos: desafios e perspectivas*. Brasília: Secretaria de Vigilância em Saúde; 2019.
22. Jacobson LSV, Oliveira BFA, Perez LP, Hacon SS. *Impacto do aquecimento global nos anos potenciais de vida perdidos por doenças cardiorrespiratórias em capitais brasileiras*. *Sustainability in Debate*. 2020;11:346-360.
23. Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais. *Queimadas*. 2021. Disponible en: https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal-static/estatisticas_estados/ [Citado 14 de noviembre de 2021].
24. DATASUS: Departamento de Informática del Sistema Único de Salud [Internet]. Brasília: Tabnet [citado el 24 de abril de 2022]. Disponible en: <https://datasus.saude.gov.br/informacoes-de-saude-tabnet/>
25. Organización Mundial de la Salud. *Métodos y fuentes de datos de la OMS para las estimaciones de la carga mundial de enfermedades*. OMS. 2017. Disponible en: https://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/GlobalDALYmethods_2000_2015.pdf [Citado 25 de noviembre de 2021].
26. Gasparini A, Armstrong B, Kenward MG. *Distributed lag non-linear models*. *Statist. Med*. 2010;29:2224-2234.
27. Fumes G, Corrente JE. *Modelos Inflacionados de Zeros: Aplicações na análise de um questionário de frequência alimentar*. *Ver. Bras. Biom*. 2010;28(1):24-38.
28. Guo Y, Li S, Pan X, Zhang J, Williams G. *The burden of air pollution on years of life lost in Beijing, China, 2004-08: retrospective regression analysis of daily deaths*. *BMJ*. 2013;347:1-10.

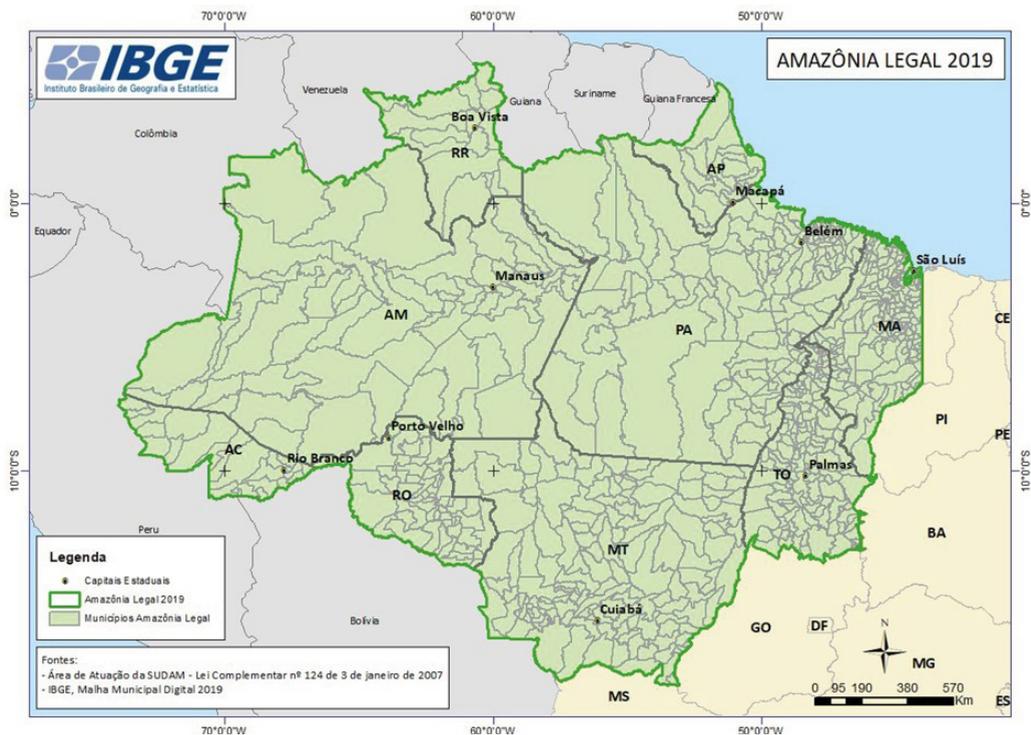
- 29.** Huang J, Li G, Liu Y, Huang J, Xu G, Qian X *et al.* *Projections for temperature-related years of life lost from cardiovascular diseases in the elderly in a Chinese city with typical subtropical climate.* Environmental Research. 2018;167:614-621.
- 30.** Silveira IH, Oliveira BFA, Cortes TR, Junger WL. *The effect of ambient temperature on cardiovascular mortality in 27 Brazilian cities.* Science of the Total Environment. 2019;691:996-1004.
- 31.** Gasparrini A, Armstrong B, Kenward MG. *Multivariate meta-analysis for non-linear and other multi-parameter associations.* Statist. Med. 2012; 31:3821-3839.
- 32.** Gasparrini A., Leone M. *Attributable risk from distributed lag models.* BMC Medical Research Methodology. 2014;55:1-8.
- 33.** Rezende LFM, Eluf-Neto J. *Fração atribuível populacional: planejamento de ações de prevenção de doenças no Brasil.* Ver. Saúde Pública. 2016;30:1-6.
- 34.** Programa Mundial de Investigaciones sobre el Clima. CORDEX. WCRP. 2022. Disponible en: <https://cordex.org/about/what-is-regional-downscaling/> [Citado 1 de mayo de 2022].
- 35.** Intergovernmental Panel on Climate Change. *Representative Concentration Pathways (RCPs).* IPCC. 2019. Disponible en: https://sedac.ciesin.columbia.edu/ddc/ar5_scenario_process/RCPs.html [Citado 25 de noviembre de 2021].
- 36.** Arriaga EE. *Los años de vida perdidos: su utilización para medir el nivel y cambio de la mortalidad.* United States: U.S Bureau of the Census; 1995.
- 37.** Secretaría de Vigilancia en Salud (Brasil). *Principales causas de muerte.* Brasilia: Ministerio de la Salud; 2021.
- 38.** Giorgini P, Giosia P, Petrarca M, Lattanzio F, Stammer CA, Ferri C. *Climate Changes and Human Health: A Review of the Effect of Environmental Stressors on Cardiovascular Diseases Across Epidemiology and Biological Mechanisms.* Current Pharmaceutical Design. 2017;23:3247-3261.
- 39.** Chen CC, Wang YR, Wang YC, Lin SL, Chen CT, Lu MM *et al.* *Projection of future temperature extremes, related mortality, and adaptation due to climate and population changes in Taiwan.* Science of the Total Environment. 2021;760.
- 40.** Huang J, Zeng Q, Pan X, Guo X, Li G. *Projections of the effects of global warming on the disease burden of ischemic heart disease in the elderly in Tianjin, China.* BMC Public Health. 2019;19:4-12.
- 41.** Zhao Q, Li S, Coelho MSZS, Saldiva PHN, Hu K, Abramson MJ *et al.* *Assessment of Intraseasonal Variation in Hospitalization Associated With Heat Exposure in Brazil.* JAMA Network Open. 2019;2:1-11.
- 42.** Veeffkind P, Oss RF, Eskes H, Borowiak A, Dentner F, Wilson J. *The Applicability of Remote Sensing in the Field of Air Pollution.* Luxemburgo:European Commission;2007.
- 43.** Åström DO, Tornevi A, Ebi KL, Rocklöv J, Forsberg B. *Evolution of minimum mortality temperature in Stockholm, Sweden, 1901-2009.* Environ Health Perspect. 2016;124:740-744.
- 44.** Blanco-Becerra LC, Pinzón-Flórez CE, Idrovo ÁJ. *Estudios ecológicos en salud ambiental: más allá de la epidemiología.* 2015;35(3):191-206.

Población de las capitales de la Amazonía Legal por edad y sexo, según censo demográfico de 2010.

Nº	Municipio/UF		Población total	Población >1 año	Población ≥45 años	Población ≥60 años
1	San Luís/MA	Total	1.014.837	999.578	215.637	7.7971
		Masculina	474.995	467.241	94.726	32.260
		Femenina	539.842	532.337	120.911	4.5711
2	Palmas/TO	Total	228.332	224.144	35.283	9.978
		Masculina	112.848	110.693	18.091	5.124
		Femenina	115.484	113.451	17.192	4.854
3	Belém/PA	Total	1.393.399	1.373.546	338.140	129.929
		Masculina	659.008	648.816	147.454	52.225
		Femenina	734.391	724.730	190.686	77.704
4	Macapá/AP	Total	398.204	390.146	62.400	20.508
		Masculina	195.613	191.585	29.859	9.303
		Femenina	202.591	198.561	32.541	11.205
5	Buena Vista/RR	Total	284.313	278.890	47.498	14.729
		Masculina	140.801	138.024	23.468	7.102
		Femenina	143.512	140.866	24.030	7.627
6	Manaos/AM	Total	1.802.014	1.768.310	330.144	108.081
		Masculina	879.742	862.596	153.729	46.880
		Femenina	922.272	905.714	176.415	61.201
7	Río Blanco/AC	Total	336.038	330.285	6.1241	21.620
		Masculina	163.592	160.703	28.959	10.060
		Femenina	172.446	169.582	32.282	11.560
8	Puerto Viejo/RO	Total	428.527	421.662	81.945	24.153
		Masculina	217.618	214.123	41.530	11.852
		Femenina	210.909	207.539	40.415	12.301
9	Cuiabá/MT	Total	551.098	543.090	131.725	44.817
		Masculina	269.204	265.086	61.291	20.106
		Femenina	281.894	278.004	70.434	24.711

Calor y carga de enfermedades: impactos y proyecciones futuras en capitales de la Amazonía Legal.

LUIS SAUCHAY ROMERO et al.



Fuente: Mapa tomado de *website* del IBGE:
<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/28089-ibge-atualiza-mapa-da-Amazônia-legal>

Calor y carga de enfermedades: impactos y proyecciones futuras en capitales de la Amazonía Legal.

LUIS SAUCHAY ROMERO et al.

Nº	Regiones, capitales (Estado)	Identificación y características
1	Palmas (Tocantins)	Estación (convencional) 83033-Palmas (WSI: 0-76-0-172100000W83033, LatLong: [-10.19, -48.3], Altitud: 291,68 m)
2	Belém (Pará)	Estación (convencional) 82192-Belém (WSI: 0-76-0-1501402000W82191, LatLong: [-1.44, -48.44], Altitud: 7,13 m)
3	San Luís (Maranhão)	Estación (convencional) 82280-San Luís (WSI: 0-76-0-2111300000W82280, LatLong: [-2.53, -44.21], Altitud: 32,58 m) Estación (automática) A203-San Luís (WSI: 0-76-0-211130000000047, LatLong: [-2.53, -44.21], Altitud: 54,80 m [dado 2017-2019])
4	Macapá (Amapá)	Estación (convencional) 82098-Macapa (WSI: 0-76-0-1600303000W82098, LatLong: [-0.04, -51.11], Altitud: 12,8 m)
5	Buena Vista (Roraima)	Estación (convencional) 82024-Buena Vista (WSI: 0-76-0-1400100000W82024, LatLong: [2.83, -60.66], Altitud: 84,18 m) Estación (automática) A135-Buena Vista (WSI: 0-76-0-1400100000000465, LatLong: [2.82, -60.69], Altitud: 82,35 m [enero, 2017-diciembre, 2019])
6	Manaos (Amazonas)	Estación (convencional) 82331-Manaos (WSI: 0-76-0-1302603000W82331, LatLong: [-3.1, -60.02], Altitud: 48,86 m)
7	Río Blanco (Acre)	Estación (convencional) 82915-Río Blanco (WSI: 0-76-0-1200401000W82915, LatLong: [-9.96, -67.87], Altitud: 160,71 m)
8	Puerto Viejo (Rondônia)	Estación (automática) A925-Puerto Viejo (WSI: 0-76-0-1100205000000227, LatLong: [-8.79, -63.85], Altitud: 86,7 m) Estación (automática) 82825-Puerto Viejo, LatLong: [-8.77, -63.92], Altitude: 95 m (Desactivada-Fin de operación 20/02/2008) 31998-Estación: Puerto Viejo/RO, Latitud: -8.790, Longitud: -63.841, Altitud: 95 m.
9	Cuiabá (Mato Grosso)	Estación (convencional) 83361-Cuiabá (WSI: 0-76-0-5103403000W83361, LatLong: [-15.62, -56.11], Altitud: 157,7 m) Estación (automática) A901-Cuiabá (WSI: 0-76-0-5108402000000028, LatLong: [-15.56, -56.06], Altitud: 241,56 m)

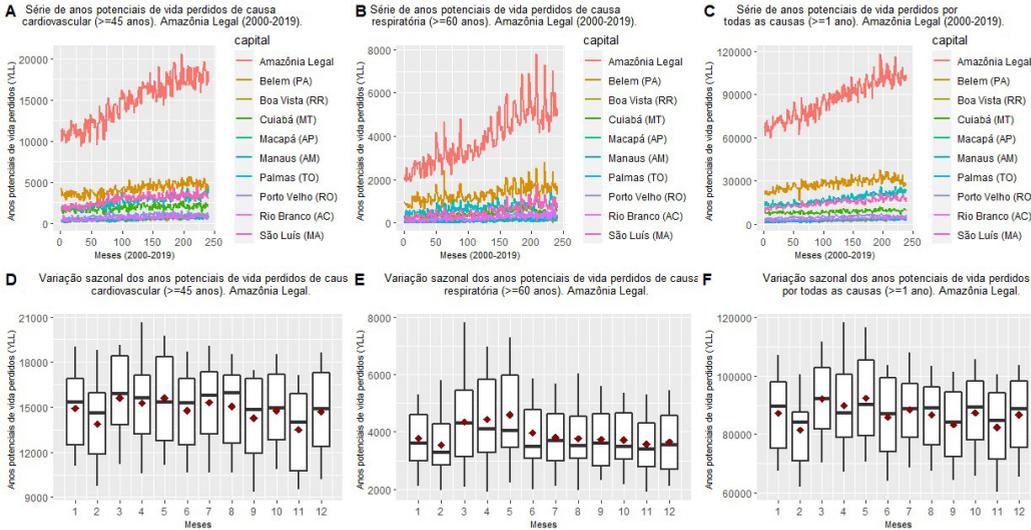
Fuente: Los datos de las estaciones meteorológicas están disponibles *online* en <https://bdmep.inmet.gov.br/#>.

Calor y carga
de enfermedades:
impactos y
proyecciones
futuras en
capitales de la
Amazonía Legal.

LUIS
SAUCHAY
ROMERO
et al.

Anexo IV

Gráficos de línea (arriba) de series temporales de años de vida potencialmente perdidos por causas cardiovasculares (A), respiratorias (B) y por todas las causas (C). Diagramas de caja (abajo) de la variación estacional en los años potenciales de vida perdidos por causas cardiovasculares (D), respiratorias (E) y por todas las causas (F). Amazonía Legal, 2000-2019.

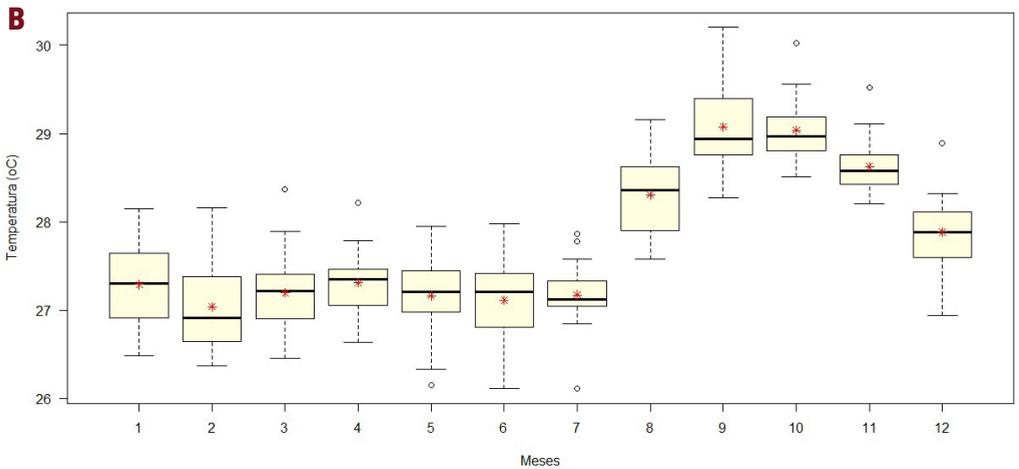
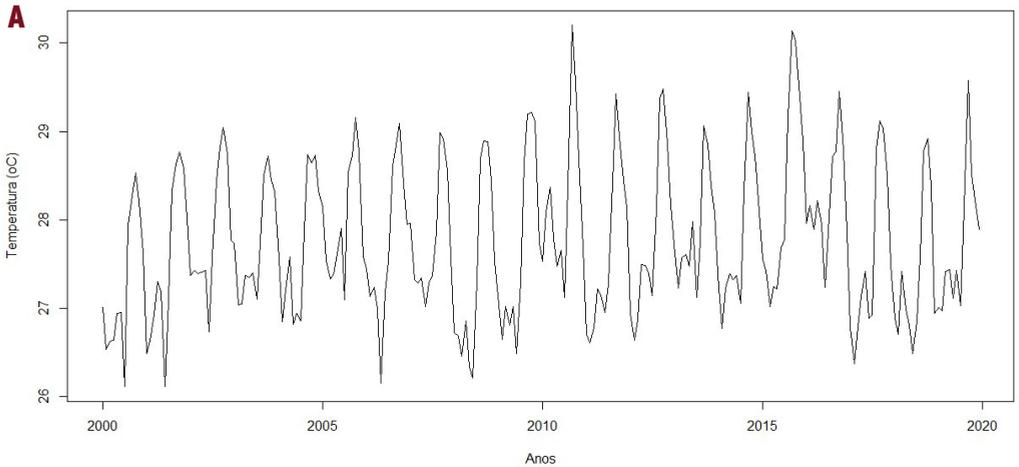


Nota: AVPP=años de vida potencialmente perdidos.

Calor y carga de enfermedades: impactos y proyecciones futuras en capitales de la Amazonia Legal.

LUIS SAUCHAY ROMERO et al.

Resumen del comportamiento de la temperatura (A-B), humedad relativa (C-D) y concentraciones atmosféricas de PM2,5 (E-F) para el período 2000-2019. Capitales de la Amazonía Legal.

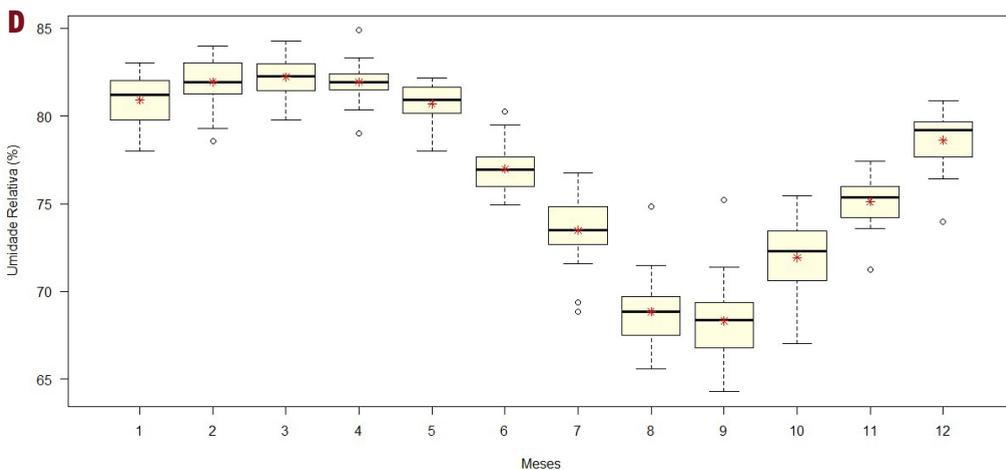
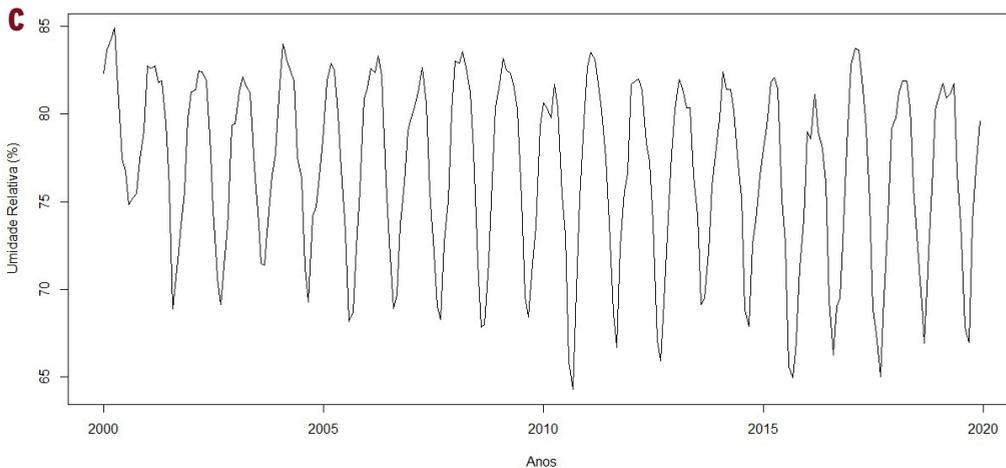


Calor y carga de enfermedades: impactos y proyecciones futuras en capitales de la Amazonía Legal.

LUIS SAUCHAY ROMERO et al.

Anexo V (continuación)

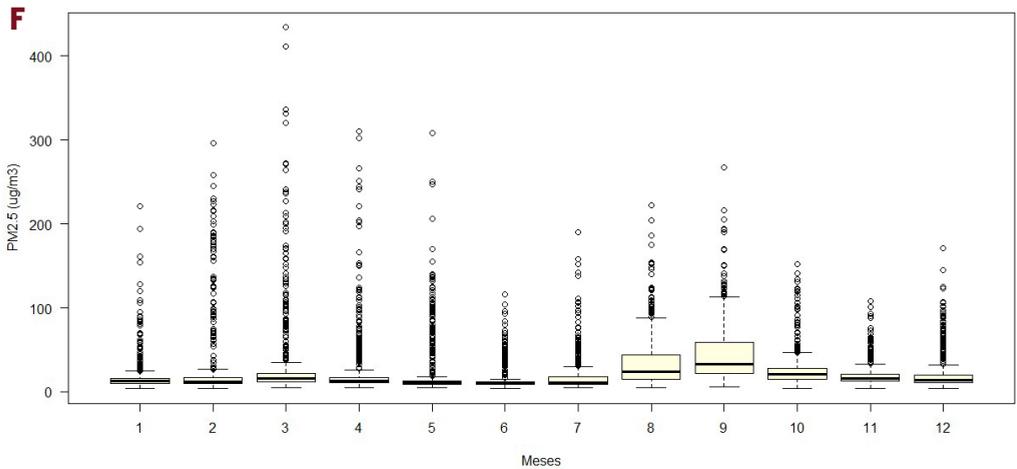
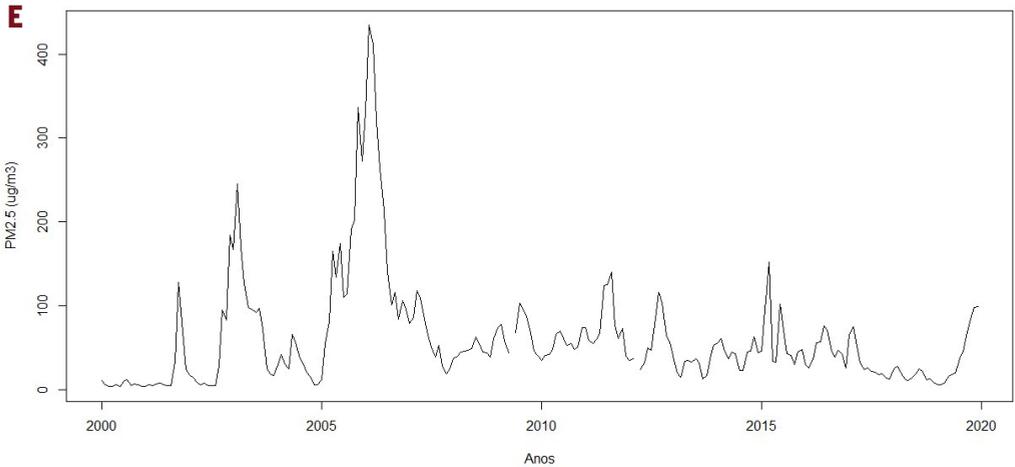
Resumen del comportamiento de la temperatura (A-B), humedad relativa (C-D) y concentraciones atmosféricas de PM_{2,5} (E-F) para el período 2000-2019. Capitales de la Amazonia Legal.



Calor y carga de enfermedades: impactos y proyecciones futuras en capitales de la Amazonia Legal.

LUIS SAUCHAY ROMERO *et al.*

Resumen del comportamiento de la temperatura (A-B), humedad relativa (C-D) y concentraciones atmosféricas de PM2,5 (E-F) para el período 2000-2019. Capitales de la Amazonía Legal.

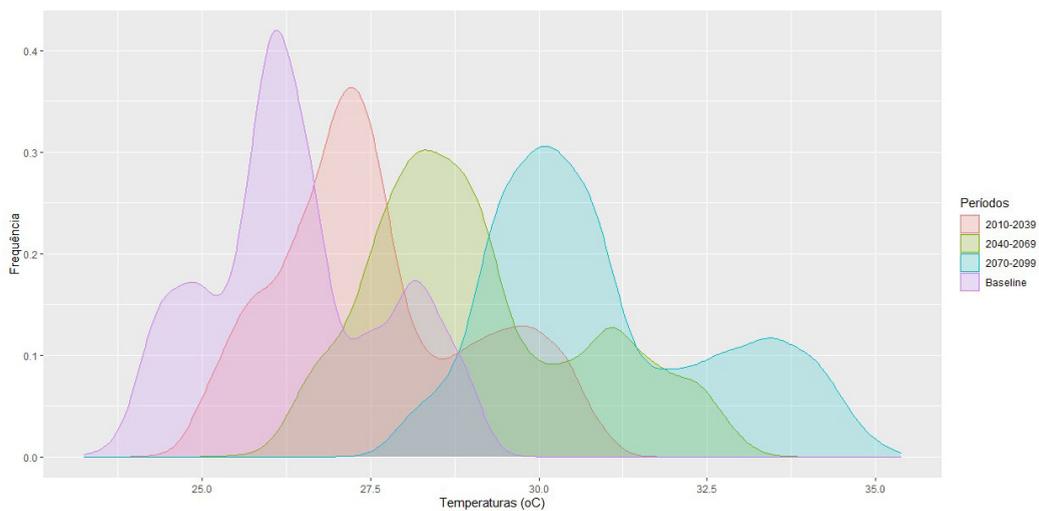


Calor y carga de enfermedades: impactos y proyecciones futuras en capitales de la Amazonía Legal.

LUIS SAUCHAY ROMERO et al.

Anexo VI

Distribución de frecuencia de los valores de temperatura media en la Amazonía Legal por períodos: Base (1970-2005) y 1,5 °C (2010-2039), 2,0 °C (2040-2069), 4,0 °C (2070-2099) en escenario climático de forzamiento radiativo RCP 8.5.



Calor y carga de enfermedades: impactos y proyecciones futuras en capitales de la Amazonía Legal.

LUIS SAUCHAY ROMERO *et al.*

Rev Esp Salud Pública
Volumen 96
9/9/2022
e202209067

Riesgo relativo años de vida potencialmente perdidos (AVPP) por enfermedades de causas respiratorias (≥ 60 años), cardiovasculares (≥ 45 años) y por todas las causas (≥ 1 año) en condiciones de calor extremo (percentiles 95, 99) basados en valores de temperatura media. Capitales de la Amazonía Legal, 2000-2019.

N° Capitales	Enfermedades Respiratorias (≥ 60 años)			Enfermedades Cardiovasculares (≥ 45 años)			Mortalidad General (≥ 1 año)		
	PTO [TO]	RR P ₉₅ (CI95%) [t-P ₉₅]	RR P ₉₉ (CI95%) [t-P ₉₉]	PTO [TO]	RR P ₉₅ (CI95%) [t-P ₉₅]	RR P ₉₉ (CI95%) [t-P ₉₉]	PTO [TO]	RR P ₉₅ (CI95%) [t-P ₉₅]	RR P ₉₉ (CI95%) [t-P ₉₉]
1 Belém	P1 [24,9 °C]	1,07 (0,82-1,4) [29,7 °C]	1,08 (0,84-1,14) [30,1 °C]	P77 [28,9 °C]	1,03 (0,96-1,09) [29,7 °C]	1,06 (0,91-1,22) [30,1 °C]	P50 [28,2 °C]	1,05 (0,98-1,12) [29,7 °C]	1,07 (0,98-1,16) [30,1 °C]
2 Buena Vista	P89 [30,7 °C]	1 (0,98-1,03) [31,1 °C]	1,03 (0,95-1,12) [31,9 °C]	P59 [29,2 °C]	1,02 (0,94-1,11) [31,1 °C]	1,02 (0,95-1,10) [31,9 °C]	P54 [29 °C]	1,01 (0,94-1,09) [31,1 °C]	1,00 (0,91-1,10) [31,9 °C]
3 Cuiabá	P8 [23,4 °C]	1,02 (0,88-1,18) [31,7 °C]	1,05 (0,90-1,22) [33,4 °C]	P87 [30,3 °C]	1,02 (0,99-1,05) [31,7 °C]	1,09 (0,94-1,25) [33,4 °C]	P99 [33,4 °C]	1,02 (0,95-1,1) [31,7 °C]	1,00 (1,00-1,00) [33,4 °C]
4 Macapá	P72 [29,7 °C]	1,03 (0,94-1,14) [30,7 °C]	1,07 (0,87-1,31) [31,1 °C]	P62 [29,2 °C]	1,02 (0,93-1,12) [30,7 °C]	1,03 (0,83-1,28) [31,1 °C]	P53 [28,7 °C]	1,06 (0,97-1,16) [30,7 °C]	1,09 (0,94-1,27) [31,1 °C]
5 Manaus	P11 [25,9 °C]	1,05 (0,89-1,23) [31,6 °C]	1,08 (0,88-1,31) [32,7 °C]	P99 [32,7 °C]	1,06 (0,91-1,22) [31,6 °C]	1,00 (1,00-1,00) [32,7 °C]	P52 [28,3 °C]	1,08 (1,17) [31,6 °C]	1,12 (0,98-1,28) [32,7 °C]
6 Palmas	P85 [31 °C]	1,03 (0,96-1,11) [32,6 °C]	1,10 (0,90-1,34) [33,9 °C]	P76 [30,2 °C]	1,03 (0,94-1,12) [32,6 °C]	1,06 (0,84-1,33) [33,9 °C]	P53 [28,8 °C]	1,07 (0,97-1,17) [32,6 °C]	1,10 (0,93-1,29) [33,9 °C]
7 Puerto Viejo	P1 [21,6 °C]	1,02 (0,87,119) [28,9 °C]	1,04 (0,88-1,23) [31 °C]	P90 [28,2 °C]	1 (0,98-1,02) [28,9 °C]	1,03 (0,9-1,10) [31 °C]	P50 [26,4 °C]	1,03 (0,96-1,11) [28,9 °C]	1,07 (0,96-1,18) [31 °C]
8 Río Blanco	P1 [19 °C]	1,14 (0,93-1,39) [28,8 °C]	1,14 (0,95-1,38) [30 °C]	P83 [27,8 °C]	1,01 (0,98-1,05) [28,8 °C]	1,05 (0,93-1,18) [30 °C]	P47 [26,2 °C]	1,06 (0,97-1,15) [28,8 °C]	1,09 (0,97-1,12) [30 °C]
9 San Luís	P16 [26,5 °C]	1,04 (0,88-1,22) [30 °C]	1,09 (0,84-1,42) [31 °C]	P59 [28,3 °C]	1,02 (0,96-1,09) [30 °C]	1,03 (0,78-1,37) [31 °C]	P50 [28 °C]	1,06 (0,98-1,15) [30 °C]	1,01 (0,84-1,22) [31 °C]

Nota: CI95%=intervalo de confianza de 95%; Pto=percentil de temperatura mínima; TO=Temperatura óptima; RR P₉₅=riesgo relativo de años de vida potencialmente perdidos en el percentil 95; RR P₉₉=riesgo relativo de años de vida potencialmente perdidos en el percentil 99; P=percentil; t-P₉₅=temperatura em percentil 95; t-P₉₉=temperatura em percentil 99.

Calor y carga de enfermedades: impactos y proyecciones futuras en capitales de la Amazonía Legal.

LUIS SAUCHAY ROMERO et al.

Anexo VIII

Resultados de la estadística I^2 , prueba Q de Cochran, criterio de información de Akaike (AIC) y Bayesiano (BIC) del metaanálisis de AVPP por mortalidad respiratoria (≥ 60 años), cardiovascular (≥ 45 años) y por todas las causas (≥ 1 año). Capitales de la Amazonía legal. Período 2000-2019.

Enfermedades respiratorias (≥ 60 años)

I^2 (%)	Prueba Q	p-valor prueba Q	AIC	BIC
1,0	17,72	0,93	77,01	100,99

Enfermedades cardiovasculares (≥ 45 años)

I^2 (%)	Prueba Q	p-valor prueba Q	AIC	BIC
1,0	24,21	0,84	53,51	74,03

Mortalidad general (≥ 1 año)

I^2 (%)	Prueba Q	p-valor prueba Q	AIC	BIC
14,6	37,46	0,23	38,56	59,08

Anexo IX

Resultados de la estadística I^2 , prueba Q de Cochran, prueba de Wald, criterios de información de Akaike (AIC) y Bayesiano (BIC) de la metarregresión para AVPP por enfermedades respiratorias (≥ 60 años), cardiovasculares (≥ 45 años) y por todas las causas (≥ 1 año). Capitales de la Amazonía Legal. Período 2000-2019.

Enfermedades respiratorias (≥ 60 años)

Variables	I^2 (%)	p-valor prueba Q	p-valor prueba Wald	AIC	BIC
Intercepto	1,00	0,76	N/A	70,65	91,17
Temperatura media máxima	1,00	0,68	0,83	91,44	115,42
PM _{2,5} media máxima	1,00	0,76	0,61	128,54	152,52
Población	1,00	0,71	0,71	190,60	214,58

Enfermedades cardiovasculares (≥ 45 años)

Variables	I^2 (%)	p-valor prueba Q	p-valor prueba Wald	AIC	BIC
Intercepto	1,00	0,84	N/A	53,51	74,03
Temperatura media máxima	1,00	0,74	0,87	76,36	100,34
PM _{2,5} media máxima	1,00	0,86	0,50	112,74	136,72
Población	1,00	0,83	0,62	175,21	199,19

Mortalidad general (≥ 1 año)

Variables	I^2 (%)	p-valor prueba Q	p-valor prueba Wald	AIC	BIC
Intercepto	14,6	0,23	N/A	38,56	59,08
Temperatura media máxima	17,1	0,21	0,77	64,16	88,14
PM _{2,5} media máxima	17,4	0,20	0,32	99,72	123,70
Población	17,6	0,20	0,71	163,54	187,52

Calor y carga de enfermedades: impactos y proyecciones futuras en capitales de la Amazonia Legal.

LUIS SAUCHAY ROMERO et al.

Rev Esp Salud Pública
Volumen 96
9/9/2022
e202209067

Proyección futura de la fracción de años de vida potencialmente perdidos atribuible al calor (FAC) por tipos de enfermedades. Períodos en escenarios de altas emisiones RCP 8.5: línea base (1970-2005), 2010-2039 (aumento de temperatura=1,5 °C), 2040-2069 (aumento de temperatura=2,0 °C) y 2070-2099 (aumento de temperatura= 4,0 °C). Capitales de la Amazonía Legal.

Período	Capital	FAC	FAC Cie95% inferior	FAC Cie95% superior	Enfermedades
1970-2005	Belém	1,38	-20,92	20,59	Respiratorias
2010-2039	Belém	3,7	-18,86	22,87	Respiratorias
2040-2069	Belém	5,84	-17,8	23,81	Respiratorias
2070-2099	Belém	0,31	-14,83	14,4	Respiratorias
1970-2005	Buena Vista	0,44	-0,75	1,57	Respiratorias
2010-2039	Buena Vista	4,7	-4,62	12,71	Respiratorias
2040-2069	Buena Vista	10,68	-11,75	25,31	Respiratorias
2070-2099	Buena Vista	0	-0,01	0,01	Respiratorias
1970-2005	Cuiabá	0,67	-6	6,37	Respiratorias
2010-2039	Cuiabá	1,36	-7,08	8,96	Respiratorias
2040-2069	Cuiabá	2,06	-7,28	9,82	Respiratorias
2070-2099	Cuiabá	0,38	-4,46	4,5	Respiratorias
1970-2005	Macapá	0	0	0	Respiratorias
2010-2039	Macapá	0,16	-0,36	0,64	Respiratorias
2040-2069	Macapá	1,31	-2,72	4,76	Respiratorias
2070-2099	Macapá	0	0	0	Respiratorias
1970-2005	Manaos	1,41	-7,28	8,56	Respiratorias
2010-2039	Manaos	3,6	-8,42	13,54	Respiratorias
2040-2069	Manaos	5,81	-13,39	18,72	Respiratorias
2070-2099	Manaos	0,55	-4,45	4,95	Respiratorias
1970-2005	Palmas	0,4	-0,61	1,35	Respiratorias
2010-2039	Palmas	1,92	-2,22	5,4	Respiratorias
2040-2069	Palmas	3,64	-4,61	9,28	Respiratorias
2070-2099	Palmas	0,01	-0,03	0,05	Respiratorias
1970-2005	Puerto Viejo	1,66	-10,27	11,23	Respiratorias
2010-2039	Puerto Viejo	3	-11,33	14,77	Respiratorias
2040-2069	Puerto Viejo	4,21	-9,51	15,11	Respiratorias

Nota: FAC=fracción de años de vida potencialmente perdidos atribuibles al calor; Cie=intervalo de confianza empírico.

Calor y carga de enfermedades: impactos y proyecciones futuras en capitales de la Amazonía Legal.

LUIS SAUCHAY ROMERO et al.

Rev Esp Salud Pública
Volumen 96
9/9/2022
e202209067

Anexo X (continuación)

Proyección futura de la fracción de años de vida potencialmente perdidos atribuible al calor (FAC) por tipos de enfermedades. Períodos en escenarios de altas emisiones RCP 8.5: línea base (1970-2005), 2010-2039 (aumento de temperatura=1,5 °C), 2040-2069 (aumento de temperatura=2,0 °C) y 2070-2099 (aumento de temperatura= 4,0 °C). Capitales de la Amazonía Legal.

Período	Capital	FAC	FAC Cie95% inferior	FAC Cie95% superior	Enfermedades
2070-2099	Puerto Viejo	0,87	-7,96	8,24	Respiratorias
1970-2005	Río Blanco	6,12	-7,32	17,36	Respiratorias
2010-2039	Río Blanco	9,14	-6,04	21,73	Respiratorias
2040-2069	Río Blanco	8,32	-11,18	23,21	Respiratorias
2070-2099	Río Blanco	3,32	-8,41	13,53	Respiratorias
1970-2005	San Luís	0,34	-3,52	3,58	Respiratorias
2010-2039	San Luís	1,39	-8,31	9,82	Respiratorias
2040-2069	San Luís	2,79	-8,84	12,14	Respiratorias
2070-2099	San Luís	0,11	-1,13	1,19	Respiratorias
1970-2005	Belém	0,15	-0,22	0,51	Cardiovasculares
2010-2039	Belém	2,37	-5,61	7,75	Cardiovasculares
2040-2069	Belém	6,14	-18,17	18,31	Cardiovasculares
2070-2099	Belém	0	0	0	Cardiovasculares
1970-2005	Buena Vista	0,85	-3,13	4,68	Cardiovasculares
2010-2039	Buena Vista	1,49	-7,31	8,6	Cardiovasculares
2040-2069	Buena Vista	1,34	-28,82	18,49	Cardiovasculares
2070-2099	Buena Vista	0,2	-1,44	1,78	Cardiovasculares
1970-2005	Cuiabá	0,18	-0,13	0,48	Cardiovasculares
2010-2039	Cuiabá	1,39	-1,06	3,4	Cardiovasculares
2040-2069	Cuiabá	3,26	-2,9	7,5	Cardiovasculares
2070-2099	Cuiabá	0	0	0,01	Cardiovasculares
1970-2005	Macapá	0	-0,01	0,01	Cardiovasculares
2010-2039	Macapá	0,17	-0,44	0,75	Cardiovasculares
2040-2069	Macapá	0,72	-3,93	4,09	Cardiovasculares
2070-2099	Macapá	0	0	0	Cardiovasculares
1970-2005	Manaos	0	0	0	Cardiovasculares
2010-2039	Manaos	-1,08	-4,61	1,48	Cardiovasculares

Nota: FAC=fracción de años de vida potencialmente perdidos atribuibles al calor; Cie=intervalo de confianza empírico.

Calor y carga de enfermedades: impactos y proyecciones futuras en capitales de la Amazonía Legal.

LUIS SAUCHAY ROMERO et al.

Rev Esp Salud Pública
Volumen 96
9/9/2022
e202209067

Proyección futura de la fracción de años de vida potencialmente perdidos atribuible al calor (FAC) por tipos de enfermedades. Períodos en escenarios de altas emisiones RCP 8.5: línea base (1970-2005), 2010-2039 (aumento de temperatura=1,5 °C), 2040-2069 (aumento de temperatura=2,0 °C) y 2070-2099 (aumento de temperatura= 4,0 °C). Capitales de la Amazonía Legal.

Período	Capital	FAC	FAC Cie95% inferior	FAC Cie95% superior	Enfermedades
2040-2069	Manaos	-4,61	-22,07	5,69	Cardiovasculares
2070-2099	Manaos	0	0	0	Cardiovasculares
1970-2005	Palmas	0,37	-0,73	1,43	Cardiovasculares
2010-2039	Palmas	1,27	-4,25	5,24	Cardiovasculares
2040-2069	Palmas	2,21	-9,46	9,06	Cardiovasculares
2070-2099	Palmas	0,03	-0,16	0,23	Cardiovasculares
1970-2005	Puerto Viejo	0,5	-0,94	1,83	Cardiovasculares
2010-2039	Puerto Viejo	1,75	-4,04	6,51	Cardiovasculares
2040-2069	Puerto Viejo	3,37	-9,76	12,72	Cardiovasculares
2070-2099	Puerto Viejo	0,04	-0,17	0,24	Cardiovasculares
1970-2005	Río Blanco	0,58	-0,92	1,9	Cardiovasculares
2010-2039	Río Blanco	3,04	-7,11	9,77	Cardiovasculares
2040-2069	Río Blanco	6,63	-19,17	20,42	Cardiovasculares
2070-2099	Río Blanco	0,04	-0,06	0,14	Cardiovasculares
1970-2005	San Luís	0,09	-0,69	0,89	Cardiovasculares
2010-2039	San Luís	0,59	-1,62	2,58	Cardiovasculares
2040-2069	San Luís	1,41	-4,61	6,44	Cardiovasculares
2070-2099	San Luís	0	0	0	Cardiovasculares
1970-2005	Belém	0,55	-0,53	1,62	Todas las causas
2010-2039	Belém	2,48	-1,32	5,76	Todas las causas
2040-2069	Belém	5,15	-5,76	12,38	Todas las causas
2070-2099	Belém	0,01	-0,03	0,04	Todas las causas
1970-2005	Buena Vista	0,61	-2,91	4,14	Todas las causas
2010-2039	Buena Vista	-0,82	-10,52	7,66	Todas las causas
2040-2069	Buena Vista	-3,64	-25,26	11,9	Todas las causas
2070-2099	Buena Vista	0,27	-0,93	1,44	Todas las causas
1970-2005	Cuiabá	0	0	0	Todas las causas

Nota: FAC=fracción de años de vida potencialmente perdidos atribuibles al calor; Cie=intervalo de confianza empírico.

Anexo X (continuación)

Proyección futura de la fracción de años de vida potencialmente perdidos atribuible al calor (FAC) por tipos de enfermedades. Períodos en escenarios de altas emisiones RCP 8.5: línea base (1970-2005), 2010-2039 (aumento de temperatura=1,5 °C), 2040-2069 (aumento de temperatura=2,0 °C) y 2070-2099 (aumento de temperatura= 4,0 °C). Capitales de la Amazonía Legal.

Período	Capital	FAC	FAC Cie95% inferior	FAC Cie95% superior	Enfermedades
2010-2039	Cuiabá	-0,1	-0,4	0,21	Todas las causas
2040-2069	Cuiabá	-0,59	-2,56	1,2	Todas las causas
2070-2099	Cuiabá	0	0	0	Todas las causas
1970-2005	Macapá	0,01	-0,06	0,08	Todas las causas
2010-2039	Macapá	0,54	-0,61	1,68	Todas las causas
2040-2069	Macapá	2,18	-1,47	5,38	Todas las causas
2070-2099	Macapá	0	0	0	Todas las causas
1970-2005	Manaos	1,79	-0,48	3,93	Todas las causas
2010-2039	Manaos	5,36	-0,4	10,11	Todas las causas
2040-2069	Manaos	8,27	-3,24	16,88	Todas las causas
2070-2099	Manaos	0,3	-0,33	0,86	Todas las causas
1970-2005	Palmas	1,12	-0,64	2,91	Todas las causas
2010-2039	Palmas	2,28	-1,55	5,64	Todas las causas
2040-2069	Palmas	3,56	-2,9	8,84	Todas las causas
2070-2099	Palmas	0,39	-0,6	1,3	Todas las causas
1970-2005	Puerto Viejo	2,25	-2,29	6,54	Todas las causas
2010-2039	Puerto Viejo	4,59	-2,94	11,79	Todas las causas
2040-2069	Puerto Viejo	6	-4,22	14,77	Todas las causas
2070-2099	Puerto Viejo	0,69	-1,15	2,46	Todas las causas
1970-2005	Río Blanco	1,93	-1,38	5,16	Todas las causas
2010-2039	Río Blanco	5,34	-2,3	12,02	Todas las causas
2040-2069	Río Blanco	8,27	-5,99	19	Todas las causas
2070-2099	Río Blanco	0,47	-0,77	1,66	Todas las causas
1970-2005	San Luís	0,55	-0,09	1,18	Todas las causas
2010-2039	San Luís	2,12	-0,42	4,57	Todas las causas
2040-2069	San Luís	3,36	-2,32	8,95	Todas las causas
2070-2099	San Luís	0	0	0	Todas las causas

Nota: FAC=fracción de años de vida potencialmente perdidos atribuibles al calor; Cie=intervalo de confianza empírico.

Calor y carga de enfermedades: impactos y proyecciones futuras en capitales de la Amazonía Legal.

LUIS SAUCHAY ROMERO et al.

Rev Esp Salud Pública
Volumen 96
9/9/2022
e202209067