

Análisis de serie de tiempo de patrones estacionales en defunciones por neumonía en el Perú, periodo 2003-2017

Time-series analysis of seasonal patterns for pneumonia deaths in Peru, 2003-2017 period

Carlos A. Sánchez^{1,2,a}, Cristina Davila^{3,b}, Wil Laura^{4,c}, Ciro Maguiña^{2,d}

¹ Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima, Perú.

² Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima, Perú.

³ Ministerio del Ambiente. Lima, Perú.

⁴ Universidad de Liverpool. Liverpool, Inglaterra.

^a Biólogo, médico, epidemiólogo. ORCID: 0000-0002-2895-547X

^b Magister en ciencias. ORCID: 0000-0003-4469-3892

^c Ingeniero meteorólogo. ORCID: 0000-0001-5185-8654

^d Doctor en medicina. ORCID: 0000-0002-2531-2022

An Fac med. 2022;83(4):271-279. / DOI: <https://doi.org/10.15381/anales.v83i4.23713>

Correspondencia:

Carlos Alberto Sánchez Zavaleta
csanchez.peru@gmail.com

Recibido: 29 de septiembre 2022

Aprobado: 29 de noviembre 2022

Publicación en línea: 23 de diciembre 2022

Conflicto de interés: Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Fuente de financiamiento: Autofinanciado.

Contribuciones de los autores: CAS concibió el artículo, recolectó y analizó los datos de salud, WL analizó los datos climáticos. CAS, CD, WL y CM redactaron el manuscrito y aprobaron su versión final.

Citar como: Sánchez C, Dávila C, Laura W, Maguiña C. Análisis de serie de tiempo de patrones estacionales en defunciones por neumonía en el Perú, periodo 2003-2017. An Fac med. 2022; 83(4): 271-279. DOI: <https://doi.org/10.15381/anales.v83i4.23713>.

Resumen

Introducción. Es un concepto generalizado que las infecciones respiratorias son estacionales, pero pocas veces se precisan localmente estos periodos de alta frecuencia en un país con diversidad de climas. Anticipar la temporada de neumonía a nivel local puede proveer de un mejor uso de recursos críticos. **Objetivo.** Examinar la variabilidad estacional en defunciones mensuales por neumonía en el Perú. **Métodos.** Estudio observacional retrospectivo de análisis de serie de tiempo para identificar periodos de alta mortalidad por neumonía en siete ciudades del Perú. Se revisaron registros administrativos del Ministerio de Salud sobre defunciones por neumonía durante los años 2003-2017. Se calcularon estadísticas descriptivas y se analizó mediante una serie de tiempo a escala mensual la frecuencia de defunciones por neumonía, precipitación acumulada, y la temperatura ambiental máxima y mínima. **Resultados.** El 94,4% de las defunciones por neumonía (N = 166 844) reportaron como causa «organismo no especificado», y el 75,6% eran adultos mayores de 65 años. En Tarma, Arequipa y Cusco la temperatura mínima tiene una correlación negativa con las defunciones por neumonía en todas las edades y al menos uno de los grupos de riesgo. En Iquitos la temperatura mínima tiene una correlación positiva con las defunciones en menores de 5 años. Pucallpa y Cajamarca no tuvieron correlaciones significativas. El clima de Lima es un caso particular. La distribución durante el año de las muertes por neumonía sugiere una secuencia norte-sur, mientras que el análisis espaciotemporal del clima sugiere un patrón que va de sur-norte. **Conclusión.** Existen diferentes patrones estacionales en diferentes ciudades y grupos de riesgo.

Palabras Clave: Neumonía; Mortalidad; Clima; Estaciones del Año; Perú (fuente: DeCS BIREME).

Abstract

Introduction. It is generally accepted that respiratory infections are seasonal, but high-frequency periods are rarely identified at the local level in a country with diverse climates. Anticipating the pneumonia season locally can provide a better use of critical resources. **Objective.** The aim of the study was to examine seasonal variability in monthly deaths due to pneumonia in Peru. **Methods.** Observational retrospective study using time series analysis to identify periods of high pneumonia mortality in seven cities in Peru. We reviewed administrative reports from the Ministry of Health for pneumonia deaths during 2003-2017. Descriptive statistics were calculated and a time series analysis at a monthly scale was performed on the frequency of deaths due to pneumonia, cumulative rainfall, and maximum and minimum environmental temperatures. **Results:** 94.4% of pneumonia deaths (N = 166,844) were reported as pneumonia due to "unspecified organism", and 75.6% were adults older than 65 years. In the cities of Tarma, Arequipa and Cusco, minimum ambient temperature is negatively correlated to pneumonia deaths in all age groups and at least one risk group. In Iquitos, minimum temperature is positively correlated with deaths among children under 5 years of age. The cities of Pucallpa and Cajamarca reported no statistically significant correlation. The climate in Lima is a peculiar case. The distribution of pneumonia deaths throughout the year suggests a north-south sequence, while the climate space-time analysis suggests a south-north pattern. **Conclusion:** Results show different seasonal patterns for pneumonia deaths in different cities and risk groups.

Keywords: Pneumonia; Mortality; Climate; Seasons, Peru (Source: MeSH).

INTRODUCCIÓN

Establecer si existe estacionalidad es necesario para calcular correctamente el exceso de mortalidad atribuible a un evento particular. Las infecciones respiratorias muestran una transmisión estacional y coinciden con cambios en temperatura, humedad y radiación solar (las estaciones); por otro lado, las epidemias estacionales también dependen de la transmisibilidad del virus, la susceptibilidad de la población, y el grado y naturaleza de la inmunidad conferida por las infecciones ⁽¹⁾. Por esta confluencia de factores, la estacionalidad de un nuevo virus o de una nueva cepa de un virus, inicialmente, no es predecible ⁽²⁾. Efectivamente, la dispersión inicial del virus de la COVID-19 en el Perú no siguió un patrón estacional, pero si el virus se vuelve endémico puede empezar a comportarse como otras infecciones respiratorias adquiridas en la comunidad, presentando así estacionalidad.

La estacionalidad de infecciones respiratorias agudas (IRAs) ya ha sido reportada en otros países y existen varios patógenos respiratorios humanos conocidos que presentan un aumento anual en la incidencia durante el invierno, aunque con diferencias en el momento del inicio y la magnitud ⁽²⁾. En regiones con clima templado con cuatro estaciones —primavera, verano, otoño e invierno— bien definidas astronómicamente ⁽³⁾, se ha reportado que las hospitalizaciones por neumonía se han asociado a virus influenza y/o virus sincicial respiratorio durante la «temporada de enfermedades respiratorias» ⁽⁴⁾. En Estados Unidos se distingue entre la «temporada de alergias respiratorias» ⁽⁵⁾ y la «temporada de gripe» ⁽⁶⁾. En Canadá se ha reportado una relación en el tiempo entre: 1) las atenciones de emergencia por infecciones respiratorias (incluida la neumonía) asociada con atenciones de emergencia por enfermedad pulmonar obstructiva crónica en adultos mayores, 2) las atenciones por asma asociada con la detección del virus de la influenza, y 3) las enfermedades respiratorias asociada con eventos sociales como el comienzo de clases en los colegios y las reuniones por navidad ⁽⁷⁾. En Finlandia, el clima frío se asoció a un aumento en problemas respiratorios en pacientes con asma y/o alergias ⁽⁸⁾. En países tropicales (cercanos

a la línea ecuatorial) donde se reportan la mayoría de las muertes infantiles por neumonía, las estaciones pueden estar menos diferenciadas y otros factores meteorológicos (como la disminución del número de horas diarias con sol durante la temporada de lluvias) pueden estar mejor asociadas con la incidencia de neumonía en niños ⁽⁹⁾.

En el Perú, el comportamiento estacional de los episodios de neumonía no es un concepto nuevo ⁽¹⁰⁾. Desde el 2015, el Ministerio de Salud (MINSa) ha elaborado a nivel nacional el escenario de riesgo en salud ante la temporada de bajas temperaturas (Resolución Ministerial N° 019-2015/MINSa), que define el principal período de incremento de IRAs y neumonías en menores de 5 años durante las semanas epidemiológicas (SE) 16 a 39 (mediados de abril a finales de setiembre).

Existen diferencias geográficas en la estacionalidad de los episodios de neumonía en menores de 5 años: en Loreto el pico se reporta entre la SE 13-22, mientras que en Puno se reporta entre la SE 16-24 ⁽¹⁰⁾. El incremento de episodios de neumonía en la selva suele anticipar la temporada de bajas temperaturas a nivel nacional ⁽¹¹⁾. Cabe considerar que la relación entre neumonías y temperaturas bajas depende también de la adaptación de la población local. Por ejemplo, las temperaturas asociadas a heladas (temperatura mínima por debajo de los 0°C) en la sierra son mucho más bajas que las temperaturas asociadas a frajes (un descenso brusco de temperatura) en la selva ⁽¹²⁾. Sin embargo, la incidencia acumulada anual de episodios de neumonía es siempre mayor en la selva, comparada con la costa y la sierra ⁽¹¹⁾. Algo similar se reporta sobre las defunciones por neumonía.

El escenario de riesgo del MINSa establece niveles de susceptibilidad a las bajas temperaturas que identifican los ámbitos geográficos con prioridad para la intervención ⁽¹³⁾, pero incluso en aquellos distritos priorizados, en el 2015 y 2016 se reportaron defunciones por neumonía a partir de la tercera o cuarta SE ⁽¹⁴⁾. A nivel nacional, aproximadamente un tercio de las defunciones por neumonía (30% y 27% en el 2012 y 2013 respectivamente) se reportaron antes del inicio de la temporada de bajas temperaturas, período referido

como «temporada de lluvias», pero ese porcentaje varía entre 0% a 100% para los diferentes departamentos ⁽¹⁵⁾.

Proponemos que las defunciones por neumonía también tienen un comportamiento estacional, quizá asociado al de las infecciones por neumonía, y que varía de una localidad a otra. El objetivo del presente estudio es examinar esta variabilidad estacional en la frecuencia de defunciones mensuales por neumonía en todas las edades y por grupos de riesgo en siete ciudades del Perú para estimar una posible estacionalidad a nivel local (ciudad, distrito o provincia).

MÉTODOS

El presente estudio retrospectivo, analítico, de base poblacional consta de tres componentes principales: 1) estadísticas descriptivas sobre defunciones por neumonía en el Perú, 2) análisis de serie de tiempo utilizando correlaciones bivariadas entre defunciones por neumonía (variable dependiente) con temperatura ambiental y precipitación mensual (variables independientes) en localidades seleccionadas, y 3) análisis espaciotemporal de la temperatura mínima diaria a nivel nacional. La correlación es un nivel básico de relación lineal y no implica causalidad, pero, a falta de la posibilidad de realizar experimentos de simulación en la población, continúa siendo la herramienta más utilizada en las ciencias del sistema terrestre ⁽¹⁶⁾.

Las bases de datos fueron obtenidas del MINSa y del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) a través de sus oficinas de transparencia. Los datos sobre defunciones son reportados por la Oficina General de Tecnología e Informática (OGTI), como parte del Sistema Nacional Informático de Defunciones (SINADEF) que captura información de los certificados de defunción de aproximadamente 120 mil fallecidos al año en todo el territorio nacional.

Los datos diarios sobre temperatura del aire (máxima y mínima) y precipitación (acumulado mensual) para las estaciones meteorológicas seleccionadas fueron reportados por la Subdirección de Predicción Climática del SENAMHI. Se utilizaron proyecciones del Instituto Nacional de Es-

tadística e Informática (INEI) para estimar la población del Perú durante el período de estudio: 2003-2017⁽¹⁷⁾.

Fueron seleccionadas siete ciudades tomando en cuenta dos criterios: 1) presencia de una estación meteorológica cercana, y 2) suficientes defunciones mensuales por neumonía para poder realizar el análisis estadístico: Iquitos (selva norte), Pucallpa (selva central), Cajamarca (sierra norte), Tarma (sierra central), Arequipa y Cusco (sierra sur), y Lima (costa central). Se calculó la frecuencia mensual de defunciones por neumonía reportadas a nivel de provincia para cada ciudad, y en Lima a nivel de los distritos de Breña y Jesús María (los más cercanos a la estación meteorológica).

La base de datos de la OGTI incluye las variables: fecha, edad, sexo, ubicación y causa básica de muerte para todas las defunciones ocurridas durante el período de estudio. La décima versión del Código Internacional de Enfermedades establece siete categorías para neumonía (códigos CIE-10: J12 al J18, ver Tabla 1). El análisis se limitó a la causa de muerte más común de neumonía: neumonía por «organismo no especificado» (código CIE-10 J18), por ser la categoría más representativa y para evitar posibles sesgos de selección con las relativamente pocas neumonías que tuvieron acceso a algún diagnóstico más específico.

Con los datos disponibles se construyó la serie de tiempo a escala mensual. Cada mes se corresponde con datos de cada variable. Se calculó el coeficiente de correlación de Spearman (prueba de correlación

no paramétrica que no requiere distribución normal) para cada combinación de variables utilizando el programa estadístico IBM SPSS Statistics v.23.

El análisis espaciotemporal describe estadísticamente donde y cuando se registraron los días más fríos durante el año en el Perú. Este análisis utiliza valores de temperatura mínima diaria de varias estaciones meteorológicas y datos de reanálisis del ERA-5 a nivel nacional⁽¹⁸⁾. Se calcularon las normales diarias de temperatura mínima del aire para el periodo climático 1991-2020 y luego a esas normales diarias se le realizó un proceso de suavización con armónicos para disminuir la variabilidad inter diaria⁽¹⁹⁾, utilizando 20 librerías del lenguaje de programación Python.

RESULTADOS

Los datos proporcionados por el MINSA incluyeron 1 420 631 registros de defunciones en todo el Perú durante los años 2003 al 2017, de estos 166 844 fueron defunciones por neumonía como causa básica de muerte, que representó el 11,7% de todas las defunciones. El promedio defunciones anuales por neumonía fue 11 123. Durante el período de estudio, el 94,4% (n = 157 575) de todas las defunciones por neumonía se reportaron como «neumonía por organismo no especificado» (código CIE-10 J18), la única categoría con suficientes celdas no vacías para realizar el análisis.

En la categoría CIE-10 J18 de defunciones por neumonía, el 75,6% eran personas mayores de 65 años y el 6,5% eran

niños menores de 5 años. Esta predominancia geriátrica se mantiene en todas las ciudades seleccionadas (entre 56% al 78%), y la razón entre la frecuencia de defunciones entre adultos mayores y niños va desde 3,3 veces en Ucayali hasta 15,7 veces en Arequipa (Tabla 2).

Al calcular la tasa anual de mortalidad por neumonía (TAMN, fallecidos por 100 mil habitantes) a nivel nacional apreciamos que: 1) la escala es mucho mayor en adultos mayores (TAMN entre 324,8 y 532,8 fallecidos, eje izquierdo) que en niños (TAMN entre 13,5 a 32,8, eje derecho), y 2) la tendencia lineal en el tiempo de la TAMN es al aumento en adultos mayores, y a la disminución en niños (Figura 1).

En el análisis bivariado, la correlación entre la frecuencia de defunciones mensuales por neumonía (en todas las edades) es diferente para cada grupo de riesgo: una correlación fuerte para el grupo de mayores de 65 años (rho de Spearman r entre 0,868 en Tarma y 0,975 en Lima, $p < 0,01$) y débil a moderada para el grupo de menores de 5 años (rho entre 0,280 en Lima y 0,586 en Pucallpa, $p < 0,01$), sugiriendo la importancia relativa de los adultos mayores en las defunciones por neumonía sin organismo especificado.

La correlación entre las defunciones mensuales por neumonía con la temperatura mínima mensual fue estadísticamente significativa y negativa en la población total y en adultos mayores en las ciudades de Tarma, Arequipa y Cusco. En el grupo de niños menores de 5 años, esta correlación fue negativa en Arequipa, y fue positiva en Iquitos (Tabla 2). La correlación entre las defunciones mensuales por neumonía y la precipitación acumulada mensual es estadísticamente significativa y negativa en toda la población y ambos grupos de riesgo en Arequipa; en toda la población y adultos mayores en Tarma; y sólo en adultos mayores en Cusco. Esta correlación defunciones-precipitación fue significativa y positiva sólo en Lima, pero solo para toda la población y para adultos mayores. Todas las correlaciones reportadas como estadísticamente significativas se consideran entre débiles a moderadas. No se reportó ninguna correlación estadísticamente significativa entre las defunciones mensuales por neumonía con la temperatura máxima mensual.

Tabla 1. Frecuencia de defunciones con diagnóstico de neumonía como causa básica para todas las edades, por código CIE-10, Perú 2003-2017.

Categoría según código CIE-10	Defunciones	%
J12- neumonía viral, no clasificada en otra parte	1386	0,8
J13- neumonía debida a <i>Streptococcus pneumoniae</i>	58	0,0
J14- neumonía debida a <i>Haemophilus influenzae</i>	7	0,0
J15- neumonía bacteriana, no clasificada en otra parte	7725	4,6
J16- neumonía debida a otros microorganismos infecciosos, no clasificados en otra parte	84	0,1
J17- neumonía en enfermedades clasificadas en otra parte	9	0,0
J18- neumonía, organismo no especificado	157 575	94,4
Total	166 844	100,0

Tabla 2. Defunciones mensuales por neumonía de origen no especificado y correlación con temperatura mínima en 6 provincias del Perú y 2 distritos de Lima, 2003-2017.

Departamento Provincia Ciudad	Loreto Maynas Iquitos		Ucayali Coronel Portillo Pucallpa		Cajamarca Cajamarca		Junín Tarma		Arequipa Arequipa		Cusco Cusco		Lima Breña Pueblo Libre	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Frecuencia de Defunciones														
Población Total	1438		1726		1763		499		8201		1504		7339	
< 5 años	210	14,6	295	17,1	216	12,3	49	9,8	410	5,0	135	9,0	523	7,1
> 65 años	892	62,0	969	56,1	1209	68,6	381	76,4	6453	78,7	948	63,0	5755	78,4
	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p	r	p
Defunciones con temperatura mínima														
Población Total	-	-	-	-	-	-	-0,322	<0,001	-0,470	<0,001	-0,176	0,019	-	-
< 5 años	0,230	0,005	-	-	-	-	-	-	-0,364	<0,001	-	-	-	-
> 65 años	-	-	-	-	-	-	-0,276	<0,001	-0,411	<0,001	-0,183	0,015	-	-
Defunciones con precipitación														
Población Total	-	-	-	-	-	-	-0,187	0,018	-0,243	0,002	-	-	0,185	0,017
< 5 años	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,258	0,001	-	-	-	-
> 65 años	-	-	-	-	-	-	-0,171	0,031	-0,239	0,002	-0,162	0,037	0,218	0,005
Temperatura mínima con														
Precipitación	0,276	0,001	0,391	<0,001	0,642	<0,001	0,775	<0,001	0,594	<0,001	0,874	0,000	-0,338	<0,001
Temperatura máxima	0,312	<0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,916	<0,001

r: Coeficiente de correlación de Spearman, p: valor de p

Con respecto a la estacionalidad a nivel nacional, aunque ambos grupos de riesgo comparten un pico menor en el mes de marzo, la distribución porcentual de las defunciones por neumonía en menores de 5 años se agrupa durante los meses de mayo-junio-julio (temporada de bajas temperaturas definidas por el MINSAs),

pero el mayor porcentaje de defunciones en mayores de 65 años se reporta en julio-agosto (datos no graficados).

A nivel local, la Figura 2 resume los datos para las 7 ciudades seleccionadas. En la columna izquierda «población general» se presenta el promedio mensual

de defunciones en toda la población (línea continua) y el número de meses con defunciones mensuales por encima del percentil 95 (columnas) durante el período de estudio. Aquí se reconoce gráficamente un pico en las defunciones por neumonía como una elevación de una línea (frecuencia promedio) junto con una

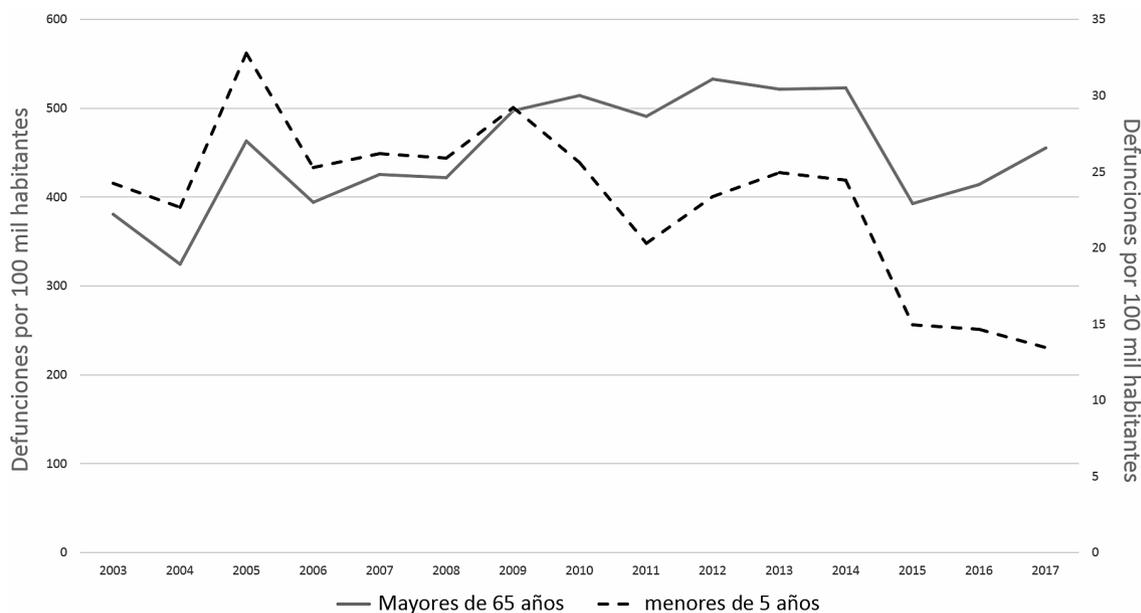


Figura 1. Tasa anual de mortalidad por neumonía (por 100 mil habitantes) por patógeno de origen desconocido (código CIE-10 J18), por grupo de riesgo en Perú, 2003-2017

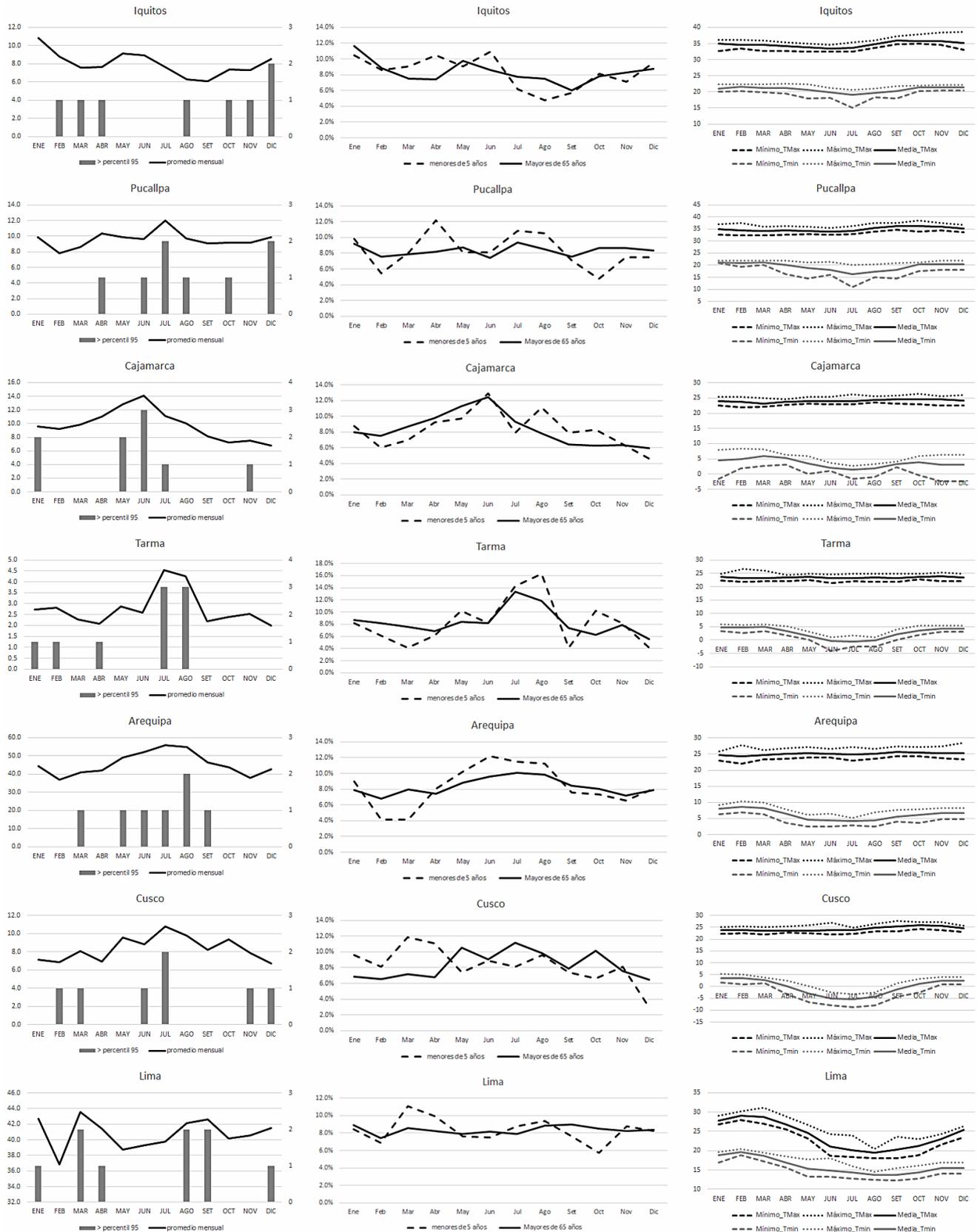


Figura 2. Defunciones mensuales por neumonía de origen no especificado: promedio mensual y percentil 95 para todas las edades, porcentaje mensual por población en riesgo, y rangos mensuales de temperatura del aire en 7 ciudades del Perú, 2003-2017

columna (mayor al percentil 95). Definido así, se aprecia una curva unimodal con pico en junio en Cajamarca, en julio en Pucallpa, Cusco y Tarma, y en agosto en Arequipa (Figura 3). En Lima se aprecia un patrón bimodal con picos en marzo y agosto-setiembre. En Iquitos los indicadores sugieren (por separado) un pico entre diciembre-enero.

En la columna central «grupos en riesgo» (Figura 2) disgregamos las defunciones entre niños y adultos mayores para graficar el porcentaje de defunciones a lo largo del año para apreciar un patrón estacional diferente para cada grupo de riesgo. En Iquitos, Cajamarca, Tarma y Arequipa, los picos para ambos grupos de

riesgo coinciden, pero en Cusco el pico en niños precede al de adultos mayores. En Pucallpa y Lima hay variabilidad en el pico para niños, pero el porcentaje para adultos mayores parece ser más o menos constante a lo largo del año.

La columna derecha «temperatura» (Figura 2) evidencia la variabilidad de los rangos de temperatura del aire. El rango de la temperatura máxima mensual es diferente para cada ciudad (desde 18,0 a 31,2 °C en Lima, hasta 32,4 a 38,4 °C en Pucallpa), pero no varía mucho durante el año salvo en la ciudad de Lima donde efectivamente disminuye en invierno. La temperatura mínima mensual tiene rangos más variables durante el año (desde

-8,8 a 5,4° C en Cusco, hasta 15,0 a 22,5 °C en Iquitos), con una clara tendencia a disminuir durante los meses de invierno en todas las ciudades. Excepcionalmente, Cajamarca reporta temperaturas mínimas bajas durante los meses de verano.

En el análisis bivariado, la temperatura mínima mensual tiene una relación positiva con la precipitación acumulada mensual en todas las ciudades salvo en Lima donde la relación es negativa (Tabla 2). La temperatura mínima mensual tiene una correlación lineal positiva con la temperatura máxima mensual en Lima ($r = 0,916$, $p < 0,01$) y en Iquitos ($r = 0,312$, $p < 0,01$). Finalmente, existe una correlación lineal positiva y estadísticamente significativa entre las temperaturas mínimas mensuales para todas las ciudades seleccionadas (datos no presentados). Es decir, para cualquier par de estaciones meteorológicas, la temperatura mínima mensual tiene una correlación entre moderada (Iquitos con Cajamarca: $r = 0,409$, $p < 0,01$) a fuerte (Tarma con Cusco: $r = 0,868$, $p < 0,01$). Esta correlación universal no se aprecia para los valores de la temperatura máxima mensual.

En el análisis espaciotemporal, en promedio, a nivel nacional los días más fríos del año son reportados generalmente en julio (Figura 4), pero el rango va desde abril a diciembre, con algunas zonas en la sierra sur que reportan el día más frío en mayo y otras zonas en la sierra norte en noviembre. La selva oriental reporta sus días más fríos durante la tercera semana de julio, una semana antes que la selva occidental, y la costa reporta sus días más fríos en agosto. Aunque no es un patrón estricto y evidente, podemos resumir que los periodos más fríos (identificados aquí por el día más frío del año) se reportan primero en la sierra sur y centro, luego en la sierra norte y selva, y finalmente en la costa. En el caso específico de las ciudades seleccionadas, los días más fríos se reportan (Figura 4) en la primera semana de julio en Arequipa, la segunda semana de julio en Cusco e Iquitos, a mediados de julio en Cajamarca y Pucallpa, a finales de julio en Tarma, y en la primera semana de agosto en Lima. Estos resultados son consistentes con los picos de defunciones por neumonía en cuatro ciudades (Figura 3): Pucallpa, Tarma, Cusco, y Lima. En Caja-



Figura 3. Mes pico de defunciones por neumonía por patógeno de origen desconocido (código CIE-10 J18) en población general por ciudades seleccionadas, Perú 2003-2017

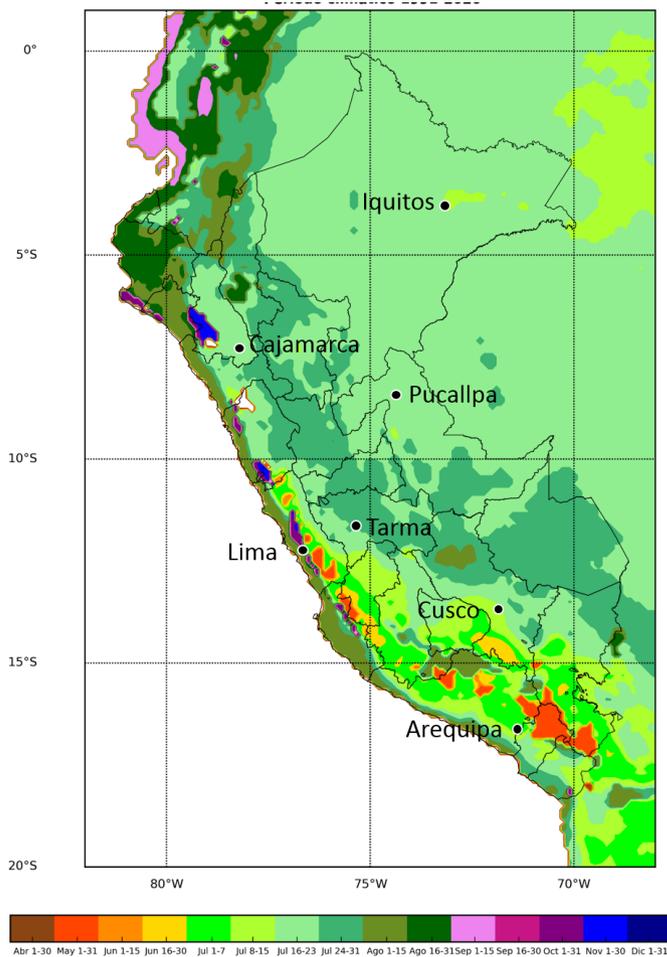


Figura 4. Día más frío del año según promedio diario de la temperatura mínima del aire a nivel nacional (Perú, 1991-2020)

marca, el día más frío del año se reporta un mes después y en Arequipa un mes antes del pico en defunciones por neumonía. En Iquitos, el día más frío se reporta seis meses antes del pico en defunciones.

DISCUSIÓN

La relación entre el clima y la neumonía puede ser compleja. Una revisión sistemática cuyo propósito fue categorizar la evidencia epidemiológica de los efectos de factores climáticos y sociodemográficos sobre la variabilidad de la neumonía, revisó 34 artículos de 21 países que sugirieron diferentes grados de relación, tanto positivas como negativas⁽²⁰⁾. Los factores de riesgo para morbilidad (infectarse y desarrollar neumonía) son diferentes de aquellos para mortalidad (fallecer por neumonía).

La infección depende mucho del entorno del individuo, mientras que la defunción depende principalmente del acceso oportuno a atención médica, algo que quedó demostrado durante la epidemia del COVID-19⁽²¹⁾. Adicionalmente, el tiempo entre la infección y la defunción por neumonía es variable y el clima puede asociarse tanto a la infección como a la defunción.

En nuestro análisis, las defunciones por neumonía reportaron una relación negativa (inversa) con la temperatura mínima y la precipitación en Tarma, Arequipa y Cusco. Esta relación negativa implica que una disminución en la temperatura mínima se relaciona con un aumento de muertes por neumonía. Para Tarma y Cusco, esto es consistente con los picos de defunciones. En Iquitos la relación positiva (directa) con la temperatura mí-

nima mensual implica que una disminución en la temperatura se relaciona con una disminución en muertes por neumonía, pero solo en menores de 5 años. En Lima las defunciones por neumonía reportaron una relación positiva con la precipitación (aunque en sentido estricto en Lima no llueve), y existe una fuerte relación positiva entre la temperatura mínima y máxima mensual que no está presente en otra ciudad. Esta disociación entre las temperaturas máximas y mínimas en diferentes localidades, asociada a diferencias en altitud, ha sido descrita previamente en el Perú⁽²²⁾.

El Perú es un país tropical por su latitud, pero su diversidad geográfica y microclimas podrían explicar por qué los períodos de bajas temperaturas y de neumonías no se dan al mismo tiempo en todo el país. Los microclimas están determinados por (entre otros): la presencia de gradientes topográficos, distancia a los océanos, y la influencia de diferentes patrones de circulación atmosférica que se presentan en diferentes períodos del año⁽²²⁾. Las tres regiones naturales tradicionales (costa, sierra, selva) no reflejan la complejidad de los climas en el Perú. El SENAMHI reporta 38 tipos de climas en el país y entre 4 a 18 tipos de clima por departamento en el Perú⁽²⁴⁾. La latitud está asociada al clima en el Perú, el SENAMHI reporta que la frecuencia y la intensidad de heladas son mayores en la sierra sur, donde la amplitud de los rangos térmicos diarios —diferencia diaria entre la temperatura máxima y mínima— pueden llegar a exceder los 30 °C en el mismo día⁽²³⁾. Esta gradiente de temperatura sur-norte incluye: 1) la temperatura promedio de la sierra sur es menor que la registrada en la sierra central, la cual es menor que en la sierra norte; y 2) la caída de temperatura promedio es mayor en la selva sur que en la selva central, la cual es mayor que en la selva norte⁽¹²⁾. Es decir, en el sur del país se reportan las temperaturas más frías (heladas) en la sierra y las mayores caídas de temperatura (frijajes) en la selva⁽²⁵⁾. Consideramos que por esta razón un canal endémico a nivel nacional es insuficiente.

En nuestro análisis, el pico de defunciones por neumonía se evidencia primero en Iquitos, y luego en el resto de las ciudades, siguiendo un orden nortesur. Por el contrario, el análisis espacio-temporal reporta que los días más fríos del año se dan primero en la sierra sur y luego en la sierra central y norte. Ambos análisis coinciden en el mes en las ciudades de Pucallpa, Tarma, Cusco y Lima, con correlaciones estadísticamente significativas (defunciones-temperatura mínima) en Tarma y Cusco. La correlación negativa en Arequipa se sustenta con días más fríos reportados en julio y un pico de defunciones en agosto. Los resultados de las dos ciudades más cercanas al Ecuador son los más difíciles de interpretar. En Cajamarca el pico en defunciones antecede al día más frío, y en Iquitos hay 6 meses de diferencia, lo cual hace difícil evidenciar cual evento antecede al otro.

Postulamos que el análisis de las neumonías sin etiología (código CIE-10 J18) no sólo es válido, sino necesario en el Perú donde esta falta de precisión parece ser la regla y no la excepción. Esta categoría alberga varios patógenos desconocidos, con estacionalidades potencialmente diferentes. En Brasil, se ha reportado que la frecuencia de pacientes con neumonía por virus sincicial respiratorio fue mayor en abril-mayo-junio, y por neumococo en octubre-noviembrediciembre⁽²⁶⁾. También se ha reportado la combinación de hospitalizaciones por neumonía y por enfermedad tipo influenza para estimar la carga total de las enfermedades respiratorias durante las temporadas de gripe para todas las edades⁽²⁷⁾ y para adultos mayores⁽²⁸⁾. Nuestros resultados apoyan también una mayor atención al grupo de adultos mayores.

Una epidemia estacional difiere de una pandemia no solo por ser fases diferentes de una misma epidemia, sino que además pueden ser causadas por cepas virales completamente diferentes. Por ejemplo, las pandemias previas de influenza han demostrado que, si la inmunidad de la población comienza lo suficientemente baja, el virus se propagará rápidamente independientemente de la temporada del año. En Asia, ya se había reportado cierta estacionalidad para otros coronavirus humanos antes de

la epidemia del 2003⁽²⁹⁾. Los portadores crónicos mantienen el riesgo latente en la comunidad hasta que se den las condiciones apropiadas para desarrollar estacionalidad. Por ejemplo, la variante de Omicron del COVID-19 es más infecciosa pero menos agresiva que el virus original, con un mayor porcentaje de portadores asintomáticos, que permite una mayor dispersión en la población. Cuando se instale en la comunidad, podemos empezar a ver patrones anuales. Estos patrones pueden acoplarse a los ya existentes para otras infecciones respiratorias, o ser totalmente novedosos.

Nuestro análisis tiene limitaciones. El análisis secundario de bases de datos administrativas no permite controlar el proceso de recopilación, registro y limpieza de los datos, pueden existir errores de cuantificación y clasificación. Sin embargo, son estos datos los que el MINSA y el SENAMHI utilizan para sus propios reportes y toma de decisiones. Si existe algún sesgo, asumimos que este se distribuye aleatoriamente durante todo el período de estudio, y puede no afectar necesariamente las tendencias en el tiempo, que es el objeto de este análisis. La variable sobre días hospitalizados no estuvo disponible, la relación entre el clima y la neumonía se podría afinar tomando en cuenta el desfase entre el momento de la infección, el tiempo de hospitalización y la fecha muerte.

En conclusión, nuestros resultados sugieren que, en la mayoría de las localidades del Perú, se puede definir un período durante el año donde se anticipa un aumento de defunciones por neumonía que puede presentarse en un momento diferente en cada localidad e incluso en cada grupo de riesgo. Para efectos del impacto en el sector salud, la vigilancia sindrómica de las defunciones por neumonía puede ser más oportuna y relevante que la vigilancia de hospitalizaciones, porque implica que la capacidad del sistema ha sido superada. La identificación de fluctuaciones anuales en las defunciones por neumonía puede ayudar al sistema de salud a estar mejor preparado para distribuir recursos de manera eficiente para anticipar localmente las «temporadas de neumonía».

Agradecimientos

Al Dr. Marco Polo Bardales por su contribución en la disponibilidad de las bases de datos de certificados de defunción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carlson CJ, Gomez AC, Bansal S, Ryan SJ. Misconceptions about weather and seasonality must not misguide COVID-19 response. *Nat. Commun.* 2020; 11(4312). DOI: 10.1038/s41467-020-18150-z.
- Dowell S, Ho M. Seasonality of infectious diseases and severe acute respiratory syndrome-what we don't know can hurt us. *Lancet Infect Dis.* 2004; 4(11):704-8. DOI: 10.1016/S1473-3099(04)01177-6.
- NOAA. National Weather Service-The Seasons (Equinoxes and Solstices) Page. [Online]; 2021. [citado el 29 de setiembre del 2022] Disponible en: https://www.weather.gov/dvn/Climate_Astronomical_Seasons.
- Upshur REG, Knight K, Goel V. Time-series analysis of the relation between influenza virus and hospital admissions of the elderly in Ontario, Canada, for pneumonia, chronic lung disease, and congestive heart failure. *Am J Epidemiol.* 1999; 149(1): 85-92. DOI: 10.1093/oxfordjournals.aje.a009731.
- Crystal-Peters J, Neslusan CA, Smith MW, Togias A. Health care costs of allergic rhinitis-associated conditions vary with allergy season. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 2002; 89(5): 457-62. DOI: 10.1016/S1081-1206(10)62081-9.
- Byeon KH, Kim J, Choi BY, Kim JY, Nakyoung L. Factors Affecting the Incidence of Hospitalized Pneumonia after Influenza Infection in Korea Using the National Health Insurance Research Database, 2014–2018: Focusing on the Effect of Antiviral Therapy in the 2017 Flu Season. *J Korean Med Sci.* 2020; 35(38): e318. DOI: 10.3346/jkms.2020.35.e318.
- Johnston W. The Similarities and Differences of Epidemic Cycles of Chronic Obstructive Pulmonary Disease and Asthma Exacerbations. *Proc Am Thorac Soc.* 2007; 4(8): 591-596. DOI: 10.1513/pats.200706-064TH.
- Hyrkäs-Palmu H, Ikäheimo TM, Laatikainen T, Jousilahti P, Jaakkola MS, Jaakkola JJ. Cold weather increases respiratory symptoms and functional disability especially among patients with asthma and allergic rhinitis. *Scientific Reports.* 2018; 8(10131). DOI: 10.1038/s41598-018-28466-y.
- Paynter S, Weinstein P, Ware RS, Lucherom MG, Tallo V, Nohynek H, et al. Sunshine, rainfall, humidity and child pneumonia in the tropics: time-series analyses. *Epidemiol Infect.* 2013; 141(6): 1328-36. DOI: 10.1017/S0950268812001379.
- Gómez J y Yon C. Situación epidemiológica de las infecciones respiratorias agudas (IRA) y neumonías en menores de 5 años en el Perú hasta la SE. 39–2012 (Al 29/09/12). *Boletín Epidemiológico del Perú* [Internet]. 2012 [citado el 29 de setiembre del 2022]; 21(39): 632-633. Disponible en: <http://www.dge.gob.pe/boletines/2012/39.pdf>
- Gómez J. Situación epidemiológica de las infecciones respiratorias agudas (IRA), neumonías y

- SOB (asma) en el Perú hasta la SE 39. Boletín Epidemiológico del Perú [Internet]. 2013 [citado el 29 de setiembre de 2022]; 22(39): 822-828. Disponible en: <http://www.dge.gob.pe/portal/docs/vigilancia/boletines/2013/39.pdf>
12. SENAMHI. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) del Perú [Internet]. Lima; 2021. [citado el 29 de setiembre del 2022]. Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=heladas-y-friajes-preguntas> .
 13. Ministerio de Defensa. Escenario de riesgos por bajas temperaturas 2015-Sector Salud [Internet]. Lima: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), MINDEF; 2015 [citado el 29 de setiembre de 2022]. Disponible en: <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc2622/doc2622-contenido.pdf>
 14. Yon C. Situación epidemiológica de las infecciones respiratorias agudas (IRA), neumonías y SOB (asma) en el Perú hasta la SE 39 - 2016. Boletín Epidemiológico del Perú [Internet]. 2016 [citado el 29 de setiembre de 2022]; 25(39): 838-840. Disponible en: <https://www.dge.gob.pe/portal/docs/vigilancia/boletines/2016/39.pdf>
 15. Yon C. Situación epidemiológica de las infecciones respiratorias agudas (IRA), neumonías y SOB (asma) en el Perú hasta la SE 39 - 2014. Boletín Epidemiológico del Perú [Internet]. 2014 [citado el 29 de setiembre de 2022]; 23(39): 774-777. Disponible en: <https://www.dge.gob.pe/portal/docs/vigilancia/boletines/2014/39.pdf>
 16. Runge J, Bathiany S, Bollt E, Camps-Valls G, Coumou D, Deyle E, et al. Inferring causation from time series in Earth system sciences. *Nat. Commun.* 2019; 10(1): 2553. DOI: 10.1038/s41467-019-10105-3.
 17. INEI. Instituto Nacional de Estadística e Informática [Internet]. Lima; 2009. [citado el 29 de setiembre del 2022]. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/principales_indicadores/libro_1.pdf .
 18. Hersbach H, Bell B, Berrisford P, Hirahara S, Horányi A, Muñoz-Sabater J. The ERA5 global reanalysis. *Q J R Meteorol Soc.* 2020; 146(730): 1999-2049. DOI: 10.1002/qj.3803.
 19. Arguez A, Applequist S. A harmonic approach for calculating daily temperature normal constrained by homogenized monthly temperature normals. *J. Atmos. Ocean. Technol.* 2013; 30(7): 1259-1265. DOI: 10.1175/JTECH-D-12-00195.1.
 20. Hossain MZ, Bambrick H, Wraith D, Tong S, Khan AF, Hore SK, et al. Sociodemographic, climatic variability and lower respiratory tract infections: a systematic literature review. *Int. J. Biometeorol.* 2019; 63(2): 209-219. DOI: 10.1007/s00484-018-01654-1.
 21. Mayta-Tristán P. Los tsunamis por Covid-19 en Perú: El primero malo, segundo peor. *Rev. Cuerpo Med. HNA* . 2021; 260-61. DOI: 10.35434/rmhnaa.2021.143.1249.
 22. Vicente-Serrano SM, López-Moreno JI, Correa K, Avalos G, Bazo J, Azorín-Molina C, et al. Recent changes in monthly surface air temperature over Peru, 1964–2014. *Int J Climatol.* 2017; 38(16). DOI: 10.1002/joc.5176.
 23. Ministerio del Ambiente. Sectorización Climática del Territorio Peruano, 2020 [Internet]. Lima: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), MINAM; 2020 [citado el 29 de setiembre de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/976>
 24. Ministerio del Ambiente. Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática. Informe Técnico, 2020 [Internet]. Lima: Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica, MINAM; 2020 [citado el 29 de setiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01404SENA-4.pdf>
 25. MINSA. Ministerio de Salud (MINSA) del Perú [Internet]. Lima; 2019. [citado el 29 de setiembre del 2022]. Disponible en: https://www.minsa.gob.pe/digerd/infografia/2019/mapa_25062019_1.pdf
 26. Nascimento-Carvalho CM, Cardoso MRA, Barral A, Araújo-Neto CA, Oliveira JR, Sobral LS, et al. Seasonal patterns of viral and bacterial infections among children hospitalized with community-acquired pneumonia in a tropical region. *Scand. J. Infect. Dis.* 2010; 42(11-12): 839–844. DOI: 10.3109/00365548.2010.498020.
 27. Simonsen L, Fukuda K, Schonberger LB, Cox NJ. The Impact of Influenza Epidemics on Hospitalizations. *J Infect Dis.* 2000; 181(3): 831–7. DOI: 10.1086/315320.
 28. McBeana , Hebertb. New estimates of influenza-related pneumonia and influenza hospitalizations among the elderly. *Int J Infect Dis.* 2004; 8(4): 227-235. DOI: 10.1016/j.ijid.2004.04.013.
 29. Hendley JO, Fishburne HB, Gwaltney Jr JM. Coronavirus infections in working adults. Eight-year study with 229 E and OC 43. *Am Rev Respir Dis.* 1972; 105(5): 805-11. DOI: 10.1164/arrd.1972.105.5.805.