

## Clima e incidencia de infecciones respiratorias agudas en Ancash, Perú (2005-2013)

### Climate and the incidence of acute respiratory infection in Ancash, Peru (2005-2013)

MSc. Sandra Zeña Giraldo,<sup>I</sup> Dr. Carlos Barceló Pérez<sup>II</sup>

<sup>I</sup> Centro Promotor de Salud, Ambiente y Educación. Lima, Perú.

<sup>II</sup> Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología, La Habana, Cuba.

---

#### RESUMEN

**Introducción:** algunas variables meteorológicas pudieran influir en el estado de salud de las personas y se admite un cambio climático antrópico y global en marcha.

**Objetivo:** identificar el comportamiento de las temperaturas secas extremas del aire y su posible relación con las infecciones respiratorias agudas.

**Métodos:** se efectúa un análisis de series cronológicas en Ancash, Perú. El análisis se dirige a las temperaturas secas extremas del aire y la incidencia de las infecciones respiratorias agudas, en un período reciente sobre una base mensual. Se utilizó el método no paramétrico de espectro de potencia bivariado, se consideraron densidades espectrales, coherencias y fases para identificar regularidades en las estructuras de frecuencias de las series temporales. La variable dependiente en la fortaleza de enlace y relación de fase fue la incidencia de las infecciones respiratorias agudas. También se empleó el método paramétrico univariado ARIMA (p,d,q) para modelación univariada.

**Resultados:** se identificaron periodicidades anuales de la temperatura diaria mínima mensual promedio en contrafase con análoga periodicidad de la incidencia local de las infecciones respiratorias agudas; y de la temperatura diaria máxima mensual promedio casi en fase con las infecciones respiratorias agudas.

**Conclusiones:** el calentamiento no fue confirmado. Las infecciones respiratorias agudas mostraron tendencia oscilante en el periodo analizado.

**Palabras clave:** temperatura seca máxima diaria y mensual, temperatura seca mínima diaria y mensual, análisis espectral, persistencia, periodicidad, ARIMA (siglas en inglés de Autoregressive integrated moving average).

## ABSTRACT

**Introduction:** some meteorological variables could influence the health of individuals and anthropogenic global climate change and launch is supported.

**Objectives:** this study attempts to identify regularities of behavior of extreme dry air temperatures and their possible relation to acute respiratory infections (SARI).

**Method:** a time series analysis in Ancash, Peru is made. The analysis addresses the extreme dry air temperatures and the incidence of HCAI, in a recent period on a monthly basis. Nonparametric method of bivariate power spectrum, considering spectral densities, coherences and phases to identify regularities in the structure of the time series frequencies, bond strength and phase relationship, where the dependent variable was the incidence of HCAI was used ; Also the parametric method univariate ARIMA (p, d, q) for univariate modeling.

**Result:** annual periodicity of the average monthly daily minimum temperature in antiphase with periodicity comparable to the local incidence of HCAI and the monthly average daily maximum temperature in quasi-phase with the IRAS identified. To this persistence process first order is added.

**Conclusions:** the heating was not confirmed. The IRAS showed oscillating trend in the period analyzed.

**Keywords:** dry daily and monthly maximum temperature, minimum daily and monthly dry temperature, spectral analysis, Persistence, Recurrence, ARIMA (Autoregressive integrated moving average).

---

## INTRODUCCIÓN

Se ha hecho patente un efecto de meteorotropismo con la salud humana.<sup>1</sup> La mortalidad general se ha relacionado con la temperatura del aire, en particular las extremas se han vinculado al incremento de las afecciones cardiovasculares, pero también se han mencionado las enfermedades respiratorias como área de influencia del clima,<sup>2</sup> no se descartaron los sensibles efectos en salud con el avance de un posible cambio climático de origen antrópico.<sup>3</sup> En Ecuador el clima frío estuvo asociado en un 25 % a las infecciones respiratorias agudas (IRAS).<sup>4</sup> En el territorio de Playa, La Habana, se reportó que la incidencia mensual de IRAS se relacionaba a las IRAS del mes anterior con una incertidumbre (persistencia de primer orden) y también a los agentes etiológicos que circulan; en el caso del asma, la incidencia de crisis actual dependía de la temperatura mínima del mes corriente sugiriendo meteorotropismos.<sup>5</sup> Se reporta la propagación de enfermedades infecciosas y vectoriales como consecuencia del cambio climático,<sup>6</sup> a lo que se deben añadir las enfermedades de origen hidro-alimentario y respiratorias; y la dificultad de acceso a la atención primaria en salud por la dispersión espacial de la población en áreas rurales.<sup>7</sup> En presencia del cambio climático se hace patente actuar sobre los determinantes de salud desde la óptica de la lucha por la equidad.<sup>8</sup>

Las temperaturas del aire en las montañas del oeste norteamericano, que circunvalan la costa Pacífica, se reportan temporal y espacialmente sin incrementos notables.<sup>9</sup> En la zona altoandina se percibe un derretimiento con retracción de los glaciares,<sup>10</sup> lo que se ha vinculado a una tendencia de incremento de la temperatura seca del aire próximo a la superficie. Se notifica un incremento de 0,7 °C en 50 años en los Andes tropicales.<sup>11</sup> No se prueba una relación global de la altitud con la tendencia de incremento de temperaturas.<sup>12</sup> Los datos climáticos sin

embargo no justifican enteramente las pérdidas de las capas de hielo registradas.<sup>13</sup> Cambios de temperatura y humedad se han relacionado a la retracción de los glaciares.<sup>14</sup> Este territorio por su fisiografía presenta un clima de montaña con temperaturas que reclaman protección ante el intemperismo. Ante el cambio climático se han valorado líneas de acción en el fortalecimiento institucional, la producción agrícola y la gerencia de recursos naturales.<sup>15</sup> La variabilidad temporal de las condiciones climáticas se relaciona con la influencia de ambos océanos y la Amazonía, y se aprecia una tendencia de calentamiento más evidente en las temperaturas mínimas.<sup>16</sup> Se señalan variabilidades decadales, interanuales, estacionales y diarias.<sup>17</sup> Las afectaciones del ecosistema por el calentamiento ponen en riesgo las condiciones de vida de las poblaciones aborígenes de los Andes.<sup>18</sup> Así, el sostenimiento del fuego en las cocinas de las viviendas rurales pobres constituye una alternativa para reducir el rigor de las bajas temperaturas. Hoy en día se ensayan medidas arquitectónicas para inducir calor en el interior de las viviendas, tales como el uso de muros trombe.<sup>19</sup> En tanto se habla de un cambio climático global caracterizado por una tendencia al calentamiento, se ha indicado que en la zona costera del Pacífico suramericano se aprecia un débil enfriamiento, no así en la zona de la Cordillera,<sup>20</sup> pero no se cuenta con suficiente información para sustentar una fidedigna descripción del comportamiento climático de las temperaturas del aire. Las estaciones más elevadas no reflejan la débil tendencia de enfriamiento.<sup>21</sup> Para enfrentar el cambio climático en los Andes, se buscan estrategias de alto rendimiento; en las cuales, el agua será el recurso conector del proceso,<sup>15</sup> en tanto que la Comunidad Andina de Naciones está conduciendo un proyecto multinacional con base en la economía agrícola.<sup>22</sup>

En el departamento Ancash (región hacia el Norte de la Cordillera) no se cuenta con registros meteorológicos extensos y continuos que permitan describir con precisión la dinámica de la climatología del territorio. La literatura menciona que en tiempos contemporáneos la zona andina del departamento ha mostrado algunas oscilaciones de la temperatura de la capa de aire superficial, que ha sido mencionada en estudios decenales.<sup>23</sup> En lo que va del siglo XXI se cuenta con datos no simultáneos de dos de sus distritos: Carhuaz (2645 msnm) y Huaraz (2493 msnm), cuyos suelos están caracterizados por un delgado perfil edáfico y el lecho rocoso, la vegetación es de pastizal y arbustiva como parte del paisaje de páramo. El objetivo de la investigación es identificar el comportamiento de las temperaturas secas extremas del aire y su posible relación con las infecciones respiratorias agudas.

## MÉTODOS

Se plantea un estudio combinado (descriptivo-analítico) de series cronológicas para definir la estructura de la conducta cronológica de las variables de estudio y las relaciones entre la incidencia de IRAS y la temperatura seca del aire en la zona de Ancash, según los registros disponibles. La información epidemiológica fue compilada de datos suministrados por el Ministerio de Salud del Perú<sup>24</sup> y se basa en diagnósticos médicos estandarizados del sistema de atención primaria de salud. La temperatura seca del aire en terreno libre fue compilada de información proveniente de monitoreo meteorológico en Carhuaz y Huaraz<sup>25</sup> y proviene de datos de estaciones meteorológicas que reflejan la temperatura a una altura de 1,6 m en terreno libre.

Los sesgos de los datos primarios se vinculan a la posibilidad de subregistros de las incidencias por IRAS y errores aleatorios en la información de temperatura. La incertidumbre instrumental bajo calibración de termómetros de líquido en vidrio es 0,1 °C. La influencia radiante en la temperatura fue minimizada al colocarse el

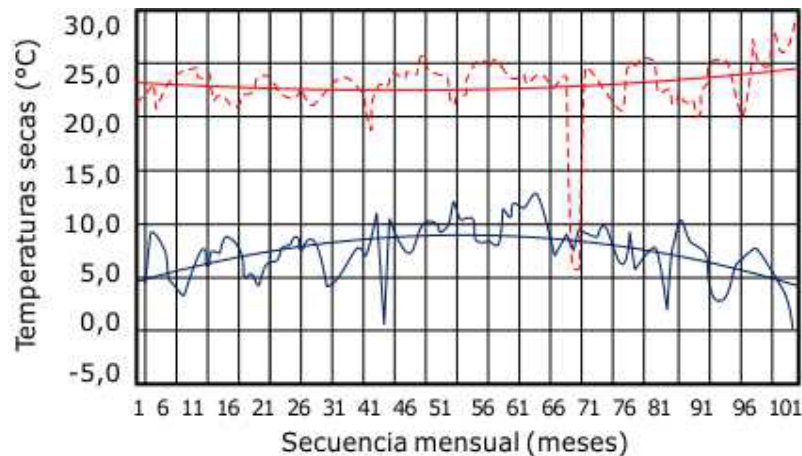
instrumento protegido por pantallas de Stevenson. Se desarrollaron las bases de datos meteorológicos y epidemiológicos y se utilizó el análisis espectral bivariado como instrumento no paramétrico de identificación de regularidades en las series cronológicas y la modelación autoregresiva y deslizante ARIMA.

Mediciones de valor historiográfico permiten esclarecer las regularidades de la temperatura y las incidencias de IRAS en el tiempo, que aparejado a la incertidumbre caracteriza las series temporales de muchos sistemas abiertos.

## RESULTADOS

En tanto se habla de un cambio climático global caracterizado por una tendencia al calentamiento, se percibe en datos no suficientemente regularizados una variabilidad con el tiempo y con la altitud en la región de Ancash.

En la [figura 1](#) se muestran las series cronológicas de temperatura seca máxima y mínima promedio mensual del aire troposférico relacionado a la montaña entre enero del 2005 y Julio el 2013. No se aprecia efecto de calentamiento uniforme en las tendencias durante este lapso de tiempo, pues las mínimas parecen decrecer aunque no linealmente.

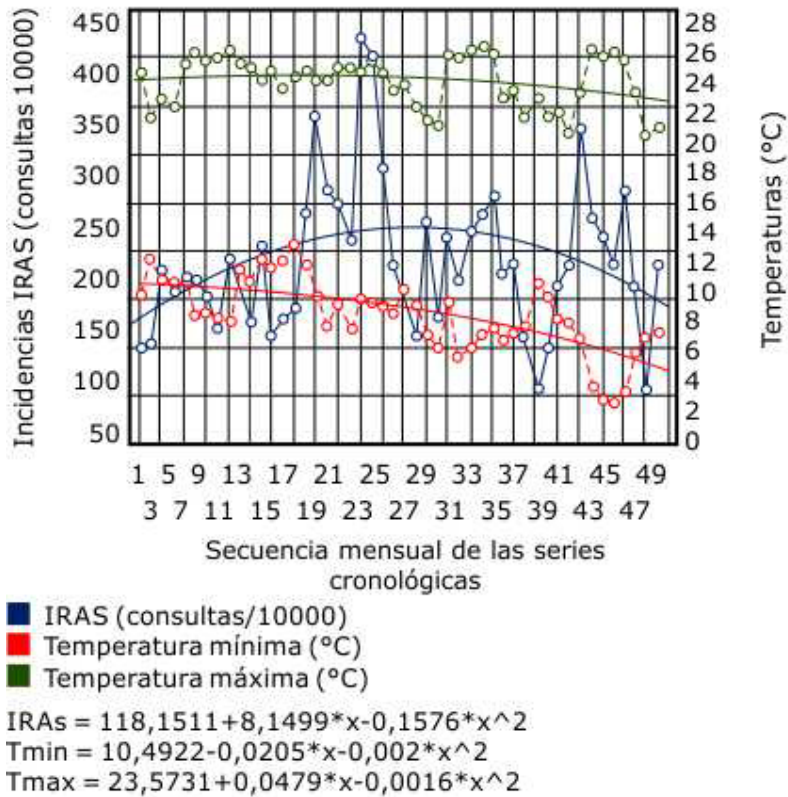


■ Tmin  
■ Tmax

$$Tmin \ 4,6294 + 0,1737*x - 0,0017*x^2$$
$$Tmax \ 23,4614 - 0,042*x + 0,0005*x^2$$

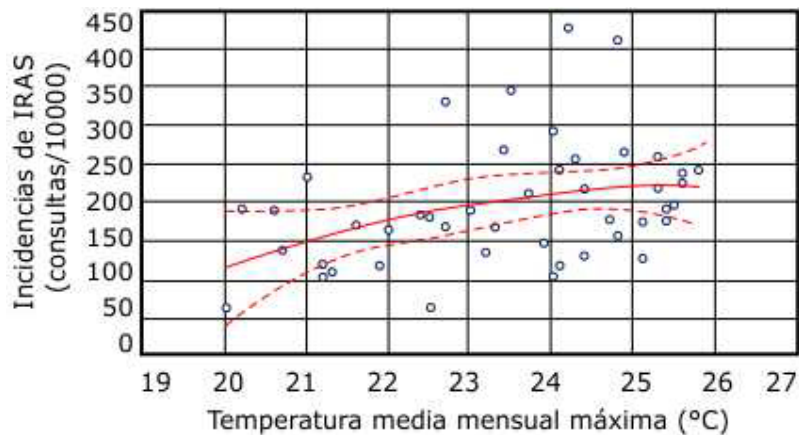
**Fig. 1.** Temperaturas medias secas mínimas y máximas en Yungay-Ancash, entre enero 2005 y julio 2013.

En la [figura 2](#) se percibe igualmente una tendencia parabólica en un período de 3 años para incluir la serie cronológica de prevalencias de IRAS en el territorio de Ancash. Al comparar las tendencias de las tasas de IRAS con las de temperaturas extremas se percibe ligera propensión al enfriamiento en el tiempo, en tanto la incidencia de IRA muestra una más clara tendencia ondulatoria.



**Fig. 2.** Tendencias de temperaturas extremas promedio mensuales e incidencia mensual de IRAS en Ancash, Perú. 2009-12.

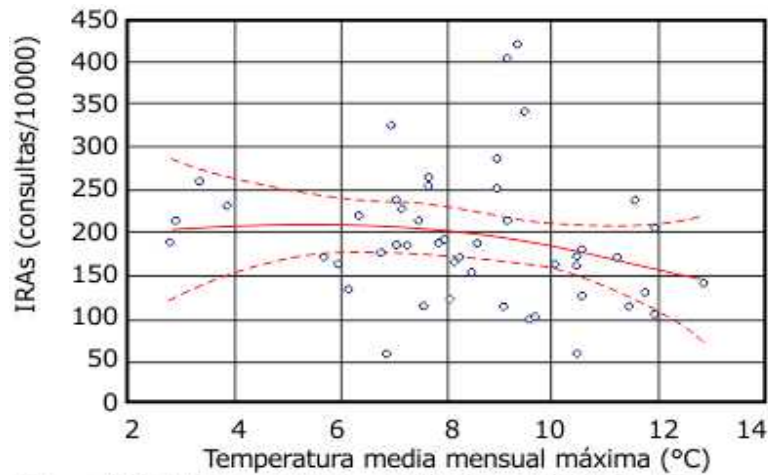
El dispersograma de las incidencias históricas de IRAS en función de las temperaturas diarias medias máximas (Fig. 3) sugiere una débil relación proporcional sincrónica de la temperatura media máxima con la incidencia de IRAS. Ello pudiera vincularse tal vez a las condiciones más propicias para la reproducción de los agentes etiológicos microbianos con las altas temperaturas.



$IRAs = -1916,5371 + 165,9714 * x - 3,2275 * x^2$ ; 0,95 Conf. Int.

**Fig. 3.** Ajuste parabólico a la posible relación bivariada de la temperatura diaria media máxima mensual con la incidencia sincrónica de IRAS en Ancash.

El dispersograma de las incidencias históricas de IRAS en función de las temperaturas diarias medias mínimas mensuales (Fig. 4) sugiere una débil relación inversamente proporcional con la incidencia de IRAS. Ello pudiera relacionarse tal vez a la influencia de meteorotropismo.

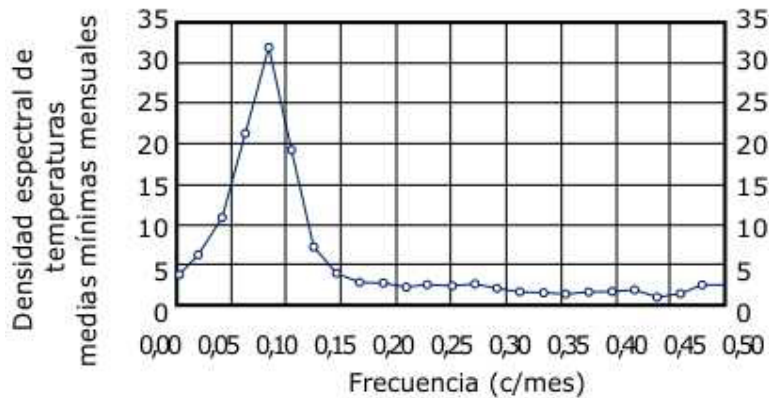


$$\text{IRAs} = 179,4155 + 11,7995 * x - 1,1227 * x^2; 0,95 \text{ Conf. Int.}$$

**Fig. 4.** Ajuste parabólico a la posible relación bivariada de la temperatura diaria media mínima mensual con la incidencia sincrónica de IRAs en Ancash, 2009-2012.

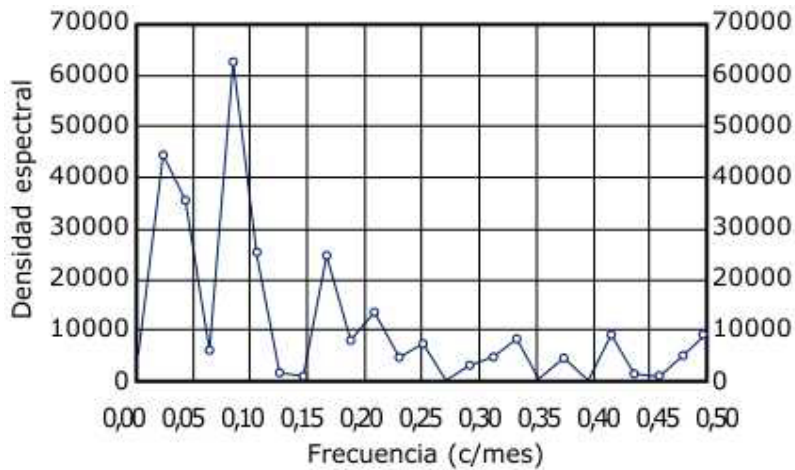
#### Incidencia de IRAS en función de temperaturas medias mínimas mensuales 2009 - 2012

El autoespectro de la temperatura diaria mínima mensual de la figura 5 sugiere una periodicidad de 12 meses (frecuencia 0,083 c/mes), en tanto el autoespectro de la incidencia mensual de IRAS en Yungay de la figura 6, sugiere varias oscilaciones de periodicidad, la más destacada resulta la anual, que se interpreta como un comportamiento estacional.



Serie cronológica de temperaturas (°C) No. de casos: 48

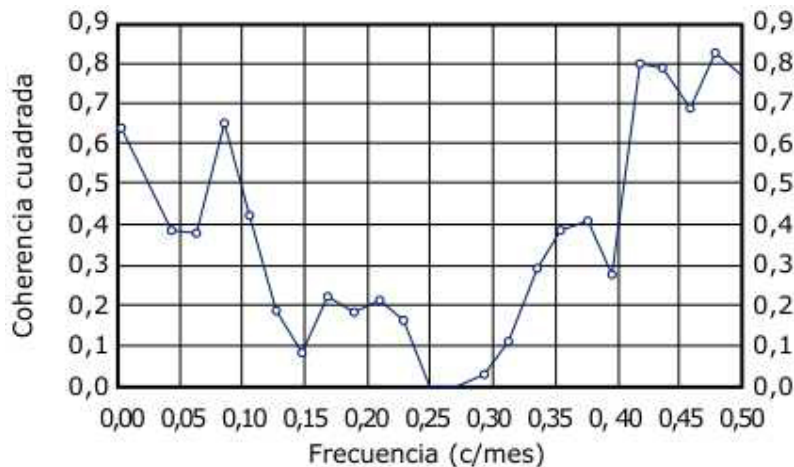
**Fig. 5.** Densidad espectral de la temperatura mínima media mensual, Yungay, 2009-2012.



No. de casos 48

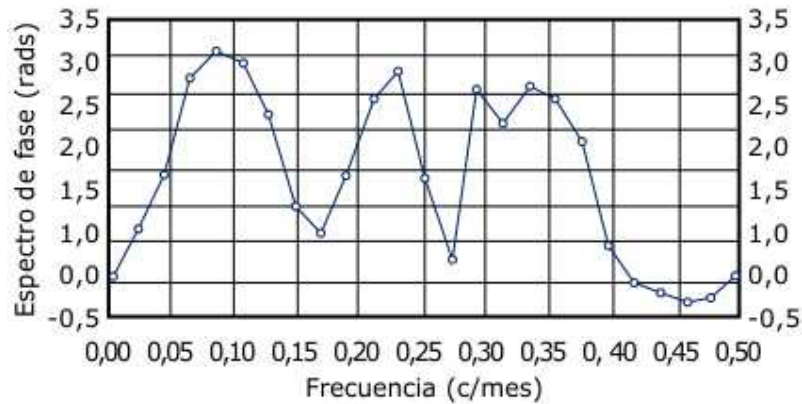
**Fig. 6.** Densidad espectral de la incidencia mensual de IRAS, Carhuaz, 2009-2012.

En el espectro de coherencia de la [figura 7](#) existe una asociación entre la temperatura promedio mínima mensual y la incidencia de IRAS (coherencia cuadrada de 0,6568) en la periodicidad común de 12 meses, lo que adjudica la explicación de gran parte de la varianza a la estacionalidad anual. En la [figura 8](#) se vislumbra, por el espectro de fase, que la periodicidad común de 12 meses presenta una desincronización de las IRAS respecto a la temperatura mínima de 5,8 meses de retardo. Esto significa que las periodicidades anuales de las variables están en contrafase. Los mínimos anuales (estacionales) de temperaturas se corresponden a las mayores incidencias de IRAS. Los impactos de la temperatura en la salud se han mostrado en los componentes estacionales en el territorio de la cuenca del Río Mantaro en Perú.<sup>26</sup>



No. de casos 48 Ventana de retardos Ponderación de Hamming: 0357, 2411, 4464, 2411, 0357

**Fig. 7.** Coherencia cuadrada de la incidencia de IRAS con la temperatura media mínima mensual.



X: Tmin Y: Tmax No. de casos 48 Ventana de retardos  
 Ponderación de Hamming: 0357, 2411, 4464, 2411, 0357

**Fig. 8.** Espectro de fase de la incidencia de IRAS con la temperatura media mínima mensual. Anta, Perú. 2009-2012.

**Análisis de espectro de potencia bivariado. Incidencia de IRAS en función de temperaturas medias máximas mensuales 2009 - 2012**

La temperatura media máxima mensual muestra una periodicidad de 12 meses (frecuencia 0,0833 c/mes), semejante a la hallada en las consultas por IRAS. Se ha identificado una asociación entre las periodicidades de 12 meses de las series cronológicas mensuales de IRAS y temperaturas medias máximas mensuales, con coherencia cuadrada de 0,7692. Según el espectro de fase, la periodicidad de 12 meses compartida por las IRAS y las temperaturas medias máximas mensuales presenta una desincronización de las IRAS respecto a la temperatura diaria máxima media de 0,57 meses de adelanto, lo que sugiere una correspondencia en fase de ambas variables.

**Evaluación paramétrica univariada de series cronológicas**

El modelo integrado autoregresivo y de promedio deslizando ARIMA (p,d,q) de las temperaturas mínimas medias mensuales resulta exitoso cuando se ajusta considerando la periodicidad anual. De ese modo, se obtuvo un ARIMA (1,0,0) ajustado por periodicidad con los siguientes parámetros.

	Const.	p(1)
Estimados	8,7210	0,80166
Error típico	0,90471	0,09357



Para N: 48 observaciones, la suma de cuadrados inicial SS: 3671,2 alcanza una suma final SS: 97,200 (2,648 %) para un cuadrado medio de 2,1130. El modelo fue significativo a p menor de 0,05. Al aplicar el modelo a la serie residual no se rechaza el continuo nulo de ruido blanco, según las bandas de confianza de la función de autocorrelación, por lo cual puede suponerse para ella aleatoriedad, al haberse reducido los componentes de regularidad. El modelo desestacionalizado obtenido indica ruido rojo pues se trata de una autoregresión de primer orden. Por ende la persistencia y la periodicidad resultan las características esenciales de la serie cronológica original. Cuando se cotejan los datos de los tres primeros meses sucesivos al final de la serie (enero, febrero y marzo 2013) se puede constatar que ajustan la banda de confianza de pronóstico del modelo.

En el caso de las tasas de infecciones respiratorias agudas mensuales, se obtuvo un ajuste satisfactorio con un modelo ARIMA (1,0,1), luego de desestacionalizar, lo que sugiere una memoria en el tiempo de orden uno integrada a una memoria en la incertidumbre también de orden uno. Para N: 48 observaciones, la suma de cuadrados inicial SS: 2065,10<sup>3</sup> alcanza una suma final SS: 2461,10<sup>2</sup> (11,92 %) para un cuadrado medio de 5350,2. El modelo fue significativo a p menor de 0,05. La parametrización del modelo arrojó:

	p(1)	q(1)
Estimados	0,96922	0,22872
Error típico	0,04382	0,18461

La extrapolación a 3 meses sucesivos al final de la serie cronológica de las IRAS (enero, febrero, marzo 2013) muestra valores dentro de la banda de confianza 0,90.

## DISCUSIÓN

Las temperaturas mínimas relacionaron inversamente con la tasa de IRAS,<sup>26</sup> lo que es consistente con nuestros resultados.

En el territorio de Playa, La Habana, un estudio sobre el clima urbano y salud respiratoria permitió observar que hubo dos ciclos significativos en frecuencias de 0,0027 c/día y 0,0082 c/día equivalentes a un ciclo anual y otro cuatrimestral, donde en el primero el asma adelanta 176,5 días a la temperatura mínima en el ciclo anual y 23,92 días en el cuatrimestral. Ello significó que en el ciclo anual el asma está en contrafase con la temperatura mínima (a más frío mayor frecuencia de crisis asmáticas) y en el ciclo de 4 meses adelanta 1/5 del período del ciclo.<sup>5</sup> El resultado es en cierta medida congruente con el obtenido en los Andes peruanos.

Se reporta que las temperaturas mínimas no cambiaron en el periodo 1964-2002 en cuencas de la amazonia peruano-ecuatoriana,<sup>17</sup> con alguna evidencia de incrementos en las máximas. En el siglo XX las tendencias de temperaturas se asociaron a posicionamientos geográficos en los Andes del sur.<sup>20</sup>

Las temperaturas diarias extremas medias mensuales del periodo 2005-2013 no confirman una tendencia de calentamiento en los distritos estudiados de Ancash. Así tampoco las incidencias de IRAS muestran tendencia lineal.

Las series cronológicas de estas variables sugieren una periodicidad anual acompañando un fenómeno de persistencia, en un caso aunado a una deslización también de primer orden (IRAS).

La periodicidad anual de las IRAS se localiza en contrafase con la temperatura seca mínima promedio mensual, lo que compromete al período más frío del año con la mayor incidencia de IRAS, resultando indicio de una acción meteorotrópica. La incidencia máxima se halla *cuasi* en fase con la temperatura diaria media máxima mensual.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mortzoukou EG, Falagas ME. Exposure to cold and respiratory tract infections. 2007 Sep. [citado mayo 2013]; 11(9): 938-43. Available from: <http://www.ingentaconnect.com/content/ijatld/ijatld/2007/00000011/00000009/art00002>
2. Aguinaga M, Gutiérrez C, Lazo G. Relación entre variables climáticas y casos de infección respiratoria aguda en la provincia del Callao-2001. Rev Per Epidemiol [Internet]. 2003 [citado 5 mayo 2013]; 11(1): 1-18. Disponible en: [http://www.sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/epidemiologia/v11\\_n1/pdf/a01.pdf](http://www.sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/epidemiologia/v11_n1/pdf/a01.pdf)
3. Organización Mundial de la Salud. Organización Meteorológica Mundial, Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Cambio climático y salud humana - Riesgos y respuestas. Ginebra: OMS; 2003.
4. Jama Saa MV. Agentes causales de infecciones respiratorias agudas presentes en niños y niñas de 1-4 años que acuden al subcentro de salud 7 de octubre del área N° 2 Quevedo de la provincia Los Ríos, durante el segundo semestre del año 2010 [Internet]. [Tesis de Grado de Licenciada en Enfermería]. Babahoyo, Ecuador: Universidad Técnica de Babahoyo. Facultad de Ciencias de la Salud; 2011 [citado 5 mayo 2013]. Disponible en: <http://www.es.scribd.com/doc/167208185/Jama-Maria-TEISIS-agentes-causales-IRA-1-a-4-anos#scribd>
5. Corona B. Influencia del régimen térmico meteorológico sobre la incidencia de asma bronquial y enfermedades respiratorias agudas. Municipio Playa, 2004. [Tesis de Maestría de Salud ambiental]. La Habana: Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología; 2005.

6. Pérez Rodríguez AE. Variabilidad y cambios climáticos. Impacto sobre algunas enfermedades infecciosas. Rev Haban Cienc Méd [Internet]. 2011 sep [citado mayo 2013]; 10(3): 372-81. Disponible en: [http://www.scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1729-519X2011000300015&lng=es](http://www.scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2011000300015&lng=es)
7. Perry B, Gesler W. Physical Access to Primary Health Care in the Andean Bolivia. Soc Sci Med [Internet]. 2000 May [cited 2013 Jul]; 50(9): 1177-88. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0277953699003640>
8. Herrera Luz H, Naranjo M, Suárez B. El cambio climático y los determinantes sociales de la salud desde la perspectiva de la equidad. Comunidad y Salud [Internet]. 2011 [citado mayo 2013]; 10(2): 58-65. Disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1690-32932011000200008](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-32932011000200008)
9. Behnke RJ. The role of elevation on temperature trends in the Western United States: a comparison of two statistical methods [Internet]. [dissertation]. Wiscconsin, EUA; University of Wiscconsin; 2011 [citado julio 2013]. Available from: [http://www.aos.wisc.edu/uwaosjournal/Volume16/Behnke\\_MS\\_Thesis.pdf](http://www.aos.wisc.edu/uwaosjournal/Volume16/Behnke_MS_Thesis.pdf)
10. Marengo JA, Pabón JD, Díaz A, Rosas G, Ávalos G, Montealegre E, *et al.* Climate Change: Evidence and future scenarios for the Andean Region. Chapter 7 [Internet]. In: Herzog SK, Martinez R, Jorgensen PM, Tiessen H, editors. Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes. São José dos Campos, SP; Brazil: Inter-American Institute for Global Change Research; 2011. p.110-127 [citado julio 2013]. Available from: [http://www.iai.int/files/communications/publications/scientific/Climate\\_Change\\_and\\_Biodiversity\\_in\\_the\\_Tropical\\_Andes/chapter7.pdf](http://www.iai.int/files/communications/publications/scientific/Climate_Change_and_Biodiversity_in_the_Tropical_Andes/chapter7.pdf)
11. Labatel A, Ferreira B. Press Release: Unprecedented glacier melting in the Andes blamed on climate change [Internet]. News & Press. Munich, Germany: European Geosciences Union; 2013 [citado 22 julio 2013]. Available from: <http://www.egu.eu/news/55/unprecedented-glacier-melting-in-the-andes-blamed-on-climate-change/>
12. Pepin NC, Lundquist JD. Temperature trends at high elevations: Patterns across the globe. Geophysical Research Letters [Internet]. 2008 [cited 2013 Jul 22]; 35(14). Available from: <http://www.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2008GL034026/abstract>
13. Salzmann N, Huggel C, Rohrer M, Silverio W, Mark BG, Burns P, *et al.* Glacier changes and climate trends derived from multiple sources in the data scarce Cordillera Vilcanota region, southern Peruvian Andes, The Cryosphere [Internet]. 2013 [citado 22 julio 2013]; 7(1): 103-18. Available from: [www.the-cryosphere.net/7/103/2013/tc-7-103-2013.pdf](http://www.the-cryosphere.net/7/103/2013/tc-7-103-2013.pdf)
14. Vuille M, Bradley R, Werner M, Keimig F. 20th Century Climate Change in the Tropical Andes: observations and model results. In: Diaz HF, editor. Climate variability and change in high elevation regions: past, present & future. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers; 2003. p. 75-99.

15. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Climate Change Adaptation in the Tropical Andes [Internet]. Rome, Italy: FAO; 2011. [cited 2013 Jul 26] Available from: <http://www.fao.org/climatechange/25590-0492a6ff08080fcd1169fcfdcc057237.pdf>
16. Anderson EP, Marengo J, Villalba R, Halloy S, Young B, Cordero D, et al. Consequences of Climate Change for Ecosystems and Ecosystem Services in the Tropical Andes. Chapter 1 [Internet]. In: Herzog SK, Martinez R, Jørgensen PM, Tiessen H, editors. Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes. São José dos Campos, SP; Brazil: Inter-American Institute for Global Change Research; 2011. p.1-18 [citado 22 julio 2013]. Available from: [http://www.iai.int/files/communications/publications/scientific/Climate\\_Change\\_and\\_Biodiversity\\_in\\_the\\_Tropical\\_Andes/chapter1.pdf](http://www.iai.int/files/communications/publications/scientific/Climate_Change_and_Biodiversity_in_the_Tropical_Andes/chapter1.pdf)
17. Martínez R, Ruiz D, Andrade M, Blacutt L, Pabón D, Jaimes E, et al. Synthesis of the Climate of the Tropical Andes. Chapter 6 [Internet]. In: Herzog SK, Martinez R, Jørgensen PM, Tiessen H, editors. Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes. São José dos Campos, SP; Brazil: Inter-American Institute for Global Change Research; 2011. p.97-109 [citado 22 julio 2013]. Available from: [http://www.iai.int/files/communications/publications/scientific/Climate\\_Change\\_and\\_Biodiversity\\_in\\_the\\_Tropical\\_Andes/chapter6.pdf](http://www.iai.int/files/communications/publications/scientific/Climate_Change_and_Biodiversity_in_the_Tropical_Andes/chapter6.pdf)
18. Tahirkheli, H. An exploration of the Impacts of Climate Change on Health and Wellbeing among indigenous groups in the Andes Region. Integrated Studies. [Internet]. [dissertation]. Alberta, Ca: University of Athabasca; 2010. [citado julio 2013]. Available from: [http://www.dtpir.lib.athabascau.ca/action/download.php?filename=mais/Athabasca\\_Final\\_Project- MAIS\\_701.pdf](http://www.dtpir.lib.athabascau.ca/action/download.php?filename=mais/Athabasca_Final_Project- MAIS_701.pdf)
19. Bibliocad Blog. Architectural elements for collecting solar energy. Passive heating. [Internet]. Córdoba, Argentina: BiblioCAD; c1999-2013 [citado 2013 mayo 28]. Disponible en: <http://www.blog.bibliocad.com/calentamiento-pasivo?lang=en>
20. Falvey M, Garreaud RD. Regional cooling in a warming world: Recent temperature trends in the southeast Pacific and along the west coast of subtropical South America, 1979-2006. Journal of Geophysical Research [Internet]. 2009 Feb [citado julio 2013]; 114(D4). Available from: <http://www.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2008JD010519/full>
21. Vuille M, Bradley RS. Mean annual temperature trends and their vertical structures in the tropical Andes. Geophysical Research Letters [Internet] 2000 [citado julio 2013]; 27(23): 3885-8. Available from: <http://www.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2000GL011871/pdf>
22. German Federal Ministry for Economic Cooperation and Development. Adapting to climate change: Promoting recycling of treated wastewater and water protection in Bolivia. Triangular cooperation Mexico, Bolivia, Germany [Internet]. Eschborn, Germany: BMZ; 2013 [cited 2013 Jul 29]. Available from: <http://www.giz.de/en/downloads/giz2013-en-climate-change-bolivia.pdf>
23. Lavado Casimiro WS, Labat D, Ronchail J, Espinosa JC, Loup Guyot J. Trends in rainfall and temperature in the Peruvian Amazon-Andes basin over the last 40 years (1965-2007). Hydrological Processes [Internet]. 2013 [cited 2013 jul 29]; 27(20): 2944-57. Available from: <http://www.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/hyp.9418/full>

24. Ministerio de Salud. Registro epidemiológico de Infecciones Respiratorias Agudas en los Andes Peruanos. Informe técnico. Lima, Perú: MS; 2013.
25. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Temperaturas del aire en la zona altoandina del Perú. Informe técnico. Lima: Senamhi; 2013.
26. Martínez AG, Núñez E, Silva Y, Takahashi K, Trasmonte G, Mosquera K, *et al.* Vulnerability and adaptation to climate change in the Peruvian Central Andes: Results of a Pilot Study [Internet]. In: Proceedings of 8 International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography (ICSHMO), Foz do Iguacu, Brazil, April 24-28, 2006. Sao José dos Campos: INPE; 2006. p.297–305 [cited 2013 Jul 29]. Available from: [http://www.met.igp.gob.pe/publicaciones/2000\\_2007/V&AMantaro.pdf](http://www.met.igp.gob.pe/publicaciones/2000_2007/V&AMantaro.pdf)

Recibido: 18 de agosto de 2013.

Aprobado: 16 de febrero de 2014.

*Sandra Zeña Giraldo*: Centro Promotor de Salud, Ambiente y Educación. Jr. Cáceres Béjar 279, Lima 31. Lima, Perú.  
Correo electrónico: [szena@cepsae.org](mailto:szena@cepsae.org)