

ENFERMEDADES SENSIBLES AL CLIMA EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, UN ANÁLISIS TEMPORAL EN EL PERIODO 2001-2010

CLIMATE SENSITIVE DISESES IN THE METROPOLITAN DISTRICT OF QUITO, A TEMPORAL ANALYSIS IN THE PERIOD BETWEEN 2001 AND 2010

Alejandro Rodríguez¹ y Miriam Buitrón²

¹Centro de Investigaciones en Epidemiología Social (CIES). Tel: 0987730259.

²Instituto de Salud Pública de la Facultad de Medicina, PUCE, Av. 12 de Octubre 1076 y Roca. Quito, Ecuador. 593 2 2991700 ext. 1215. 0992668784.

Autor para correspondencia: mebutron@puce.edu.ec; mebutron@gmail.com

Manuscrito recibido el 14 de abril de 2014. Aceptado, tras revisión, el 3 de junio de 2015.

Resumen

En las últimas décadas, una serie de enfermedades han sido relacionadas con el cambio climático en diferentes partes del mundo, sin embargo establecer una relación directa causa-efecto entre clima y enfermedad no resulta sencillo. El presente estudio investigó la relación entre enfermedades sensibles al clima, variables climáticas y variables de contaminación atmosférica en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ). El diseño de estudio fue de tipo ecológico, se evaluó la evolución de enfermedades sensibles al clima en la zona urbana del DMQ a lo largo del periodo 2001 – 2010. Al analizar los resultados, se encontró un incremento en la ocurrencia de enfermedades relacionadas con la radiación solar, enfermedades respiratorias y enfermedades alérgicas. Las enfermedades respiratorias y alérgicas presentaron asociaciones positivas con variables climáticas y variables de contaminación atmosférica en el DMQ. Es muy probable que, en los próximos años, aquellas enfermedades como las respiratorias y alérgicas sean las más susceptibles al impacto del cambio climático en el DMQ.

Palabras claves: Enfermedades sensibles al clima, cambio climático, variabilidad climática, Distrito Metropolitano de Quito.

Abstract

In recent decades, a series of diseases have been linked to climate change in different parts of the world; however, it is not simple to establish a direct cause-effect relationship between climate and disease. This research looked at the relationship between climate-sensitive diseases, climatic variables and variables of air pollution in the Metropolitan District of Quito (DMQ). The study design was ecological; evolution of climate-sensitive diseases was evaluated in the urban area DMQ over the period 2001-2010. The results of the analysis provided evidence of an increase in the occurrence of diseases related to solar radiation, respiratory illnesses and allergies. In turn, respiratory illnesses and allergies showed a positive relationship with climatic and air pollution variables in the DMQ. It is likely that in following years, respiratory illnesses and allergies will be more susceptible to climate change in the DMQ.

Keywords: climate sensitive diseases, climate change, climate variability, Metropolitan District of Quito.

Forma sugerida de citar: Rodríguez, A. y M. Buitrón 2015. **Enfermedades sensibles al clima en el Distrito Metropolitano de Quito, un análisis temporal en el periodo 2001-2010.** La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. Vol. 21(1): 16-33. ISSN: 1390-3799.

1. Introducción

Los estudios y proyecciones de clima muestran un aumento de temperaturas extremas a nivel mundial de entre aproximadamente 0,15°C y 0,30°C por decenio entre 1990 y 2005 (Bates *et al.*, 2008), con un incremento en la intensidad y frecuencia de eventos naturales extremos, aumento del nivel del mar y alteraciones en el patrón de precipitaciones (The International START Secretariat, Washington DC, USA and the Academy of Sciences for the Developing World, 2007). Estos eventos a más de afectar una gran diversidad de territorios, ecosistemas y sectores, producen un gran impacto en todos los aspectos de la salud humana tanto en países en vías de desarrollo como en países desarrollados (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2007).

En su reporte especial de los impactos del cambio climático, el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC-2001) establece los posibles impactos a la salud humana como se menciona a continuación:

“El cambio climático puede afectar a la salud de manera directa (consecuencias de temperaturas demasiado altas o bajas, pérdida de vidas y lesiones en inundaciones y tormentas) e indirecta, alterando el alcance de los vectores de enfermedades, como los mosquitos, y de los patógenos transmitidos por el agua, así como la calidad del agua, la calidad del aire, y la calidad y disponibilidad de los alimentos. El impacto real en la salud dependerá mucho de las condiciones ambientales locales y las circunstancias socioeconómicas, así como de las diversas adaptaciones sociales, institucionales, tecnológicas y comportamentales orientadas a reducir todo el conjunto de amenazas para la salud” (IPCC, 2001)

Asimismo, las repercusiones en la salud que pueden ser atribuidas al cambio climático se ven moduladas por condiciones individuales como el estado previo de salud, condiciones políticas, económicas y sociales; por lo que para cada repercusión potencial del cambio climático el riesgo será mayor en grupos vulnerables. (IPCC, 2001).

Estudios en los últimos años dan cuenta de que alteraciones en la frecuencia y distribución de ciertas enfermedades y eventos en salud se asocian con el cambio climático (IPCC, 2001; Colwell, 1996; Githenko, 2001; World Health Organization, 2010; Ballester, 2005; Organización Mundial de la Salud, 2003). Son sensibles al clima las enfermedades transmitidas por los alimentos y el agua (Colwell, 1996), enfermedades transmitidas por vectores (Githenko, 2001), enfermedades relacionadas con la radiación ultravioleta (World Health Organization, 2010), enfermedades relacionadas con la calidad del aire (Ballester, 2005; Vargas, 2005) y otras enfermedades asociadas a eventos extremos de calor y al frío (Organización Mundial de la Salud, 2003).

Las enfermedades producidas al consumir alimentos o bebidas contaminados por bacterias, virus o parásitos, están asociadas de una manera indirecta al cambio climático, ya que, especialmente, cuando ocurren eventos extremos como inundaciones, son las primeras en diseminarse en las poblaciones Organización Mundial de la Salud (2003). Las enfermedades transmitidas por vectores son afecciones bacterianas, virales o parásitas transmitidas a los humanos y animales por la mordedura o picadura de vectores infectados, que pueden ser insectos, como los mosquitos o las garrapatas (Gutiérrez y Espinoza, 2010). Se estima que el cambio climático podría modificar de manera significativa la transmisión de dichas enfermedades al alterar su distribución geográfica, sus temporadas de actividad y el tamaño de su población (Patz, 1996). Otro efecto del cambio climático en la salud humana proviene del incremento de la radiación ultravioleta. Por último, la contaminación del aire por emisión de gases de efecto invernadero es un efecto indirecto del cambio climático y está estrechamente relacionado con el incremento de enfermedades respiratorias y alérgicas (D'Amato y Cecchi., 2008).

Los estudios sobre el impacto del clima y la salud humana se han incrementado en los últimos años. En América Latina, gran parte de estos estudios han sido realizados en áreas tropicales o costaneras (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2009), existen pocos estudios para el área andina o ciudades de altura (Feo *et al.*, 2009; Secretaría General de la Comunidad Andina, 2008).

Estimaciones realizadas en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) mostraron que la temperatura media en la parte urbana (ubicada en prome-

dio a 2800 m de altura) aumentó entre 1,2°C y 1,4°C entre 1891 y 1999 (Zambrano-Barragán *et al.*, 2011), así como un incremento en eventos de temperaturas máximas y precipitaciones extremas (Serrano *et al.*, 2012). Debido a su ubicación geográfica, topografía, clima y condiciones sociales y económicas, el DMQ podría presentar condiciones favorables para el apareamiento de enfermedades sensibles al clima, no obstante persisten dudas sobre el conocimiento de los efectos del cambio climático en la salud humana. El presente estudio investigó las relaciones entre enfermedades sensibles al clima y variables climáticas y de contaminación atmosférica en el DMQ.

2. Metodología

2.1 Área de estudio, muestra y población

El DMQ está localizado en la provincia de Pichincha, situada en la zona centro norte del Ecuador. Comprende más de 422.802 hectáreas, incluyendo a la ciudad de Quito y 33 parroquias rurales que rodean al núcleo urbano. Presenta una gran variedad de climas debido a las diferencias de altitud que van desde los 500 hasta los 4800 m de altura y temperaturas que fluctúan desde el frío intenso de los páramos andinos (entre 4 y 8°C) hasta el tropical que tiene una temperatura media entre 20 y 25°C (MECN, 2009). El estudio fue realizado en las parroquias urbanas del DMQ, comprende una zona de 37.091 hectáreas, que constituyen la ciudad de Quito propiamente dicha. Con más de 1.6 millones de habitantes y a una altura promedio de 2.800 m sobre el nivel del mar, Quito es la segunda ciudad más grande del Ecuador, atrayendo cada año a miles de migrantes de las diferentes zonas del país. Las principales actividades económicas están relacionadas con el comercio, prestación de servicios y funciones gubernamentales.

2.2 Diseño de estudio

El diseño de estudio fue de tipo ecológico con series temporales, se evaluó la evolución de indicadores en salud sensibles al clima en la zona urbana del DMQ en el periodo 2001 – 2010 y su relación con variables climáticas y de contaminación ambiental.

Se optó por un estudio epidemiológico de tipo ecológico por la disponibilidad de datos de toda la población del DMQ. Las principales características de este tipo de estudios son: se realizan con información que suele estar disponible, se cuenta datos sobre la exposición o el evento para el conglomerado en su totalidad, desconociéndose la información a nivel individual para cada uno de los miembros del conglomerado pues se asigna la misma exposición (promedio) a todo el conglomerado, no considera la variación individual de cada miembro del conglomerado¹.

3. Recolección de datos

3.1 Variables de salud: enfermedades sensibles al clima

Para la obtención de indicadores en salud se realizó una revisión de diferentes fuentes que proporcionen características de periodicidad, nivel de desagregación y fiabilidad en los datos. La información fue obtenida a través del sistema de estadísticas vitales REDATAM, perteneciente al Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC (INEC). A través de éste sistema se obtuvieron indicadores mensuales definidos como número de egresos hospitalarios por causa de enfermedad para la zona urbana del DMQ desde enero del 2001 hasta diciembre del 2010. Los casos de egresos hospitalarios están especificados según la Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas relacionados con la Salud (CIE – 10) (Organización Panamericana de la Salud, 1995), y se encuentran disponibles para todo el territorio ecuatoriano con un nivel de desagregación de provincia, cantón y parroquia. A continuación, se procedió a seleccionar los indicadores de egresos hospitalarios por grupos de enfermedades sensibles al clima. Se crearon 4 grupos principales: enfermedades transmitidas por vectores, enfermedades transmitidas por alimentos y agua, enfermedades relacionadas con problemas respiratorios o alérgicos y enfermedades relacionadas con la radiación ultravioleta. Debido a la gran cantidad de enfermedades consideradas en el CIE-10 que pertenecían a cada uno de los cuatro grupos, se seleccionaron las más relevantes considerando su frecuencia en el DMQ así como su importancia en la literatura científica como se muestra en el la Tabla 1.

¹De los diversos tipos de estudios epidemiológicos, el ecológico fue que más se adecuaba a nuestras necesidades y condiciones. Véase en Epidemiología Básica Beaglehole, R. Bonita, R. Kjellström, R. Washington, D.C.: OPS, © 1994 (Publicación Científica ; 551)

Cabe indicar que debido a la migración desde las diferentes parroquias urbanas o rurales a los hospitales y centros médicos especializados de la urbe, en los casos de enfermedad, no es adecuado realizar un análisis desagregado a nivel geográfico, por lo que se presentan los datos unificados a nivel de DMQ, tanto en las variables de salud, como las climáticas y de contaminación.

Tabla 1. Variables e Indicadores de salud, climáticos y de contaminación atmosférica.

| Variables | Indicadores | Egresos hospitalarios por enfermedad | Código causas | |
|-----------------------------|--|---|--------------------------|-------------------|
| Salud | Enfermedades transmitidas por alimentos | Cólera | A00 | |
| | | Fiebres tifoidea y paratifoidea | A01 | |
| | | Salmonella | A02 | |
| | | Hepatitis aguda tipo A | B15 | |
| | | Infecciones intestinales varias* | A04, A05 ,A07 y A08 | |
| | | Amebiasis | A06 | |
| | | Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso | A09 | |
| | Enfermedades transmitidas por vectores | Helmintiasis* | B68 hasta B89 | |
| | | Dengue* | A90 y A91 | |
| | | Malaria* | B50, B51 y B54 | |
| | | Leishmaniasis | B55 | |
| | | Enfermedad de Chagas | B57 | |
| | Enfermedades respiratorias y alérgicas | Influenza* | J10 y J11 | |
| | | Neumonía* | J12 hasta J18 | |
| | | Bronquitis* | J20, J21, J40 y J42 | |
| | | Rinitis* | J30 y J31 | |
| | | Asma* | J45 y J 46 | |
| | Enfermedades relacionadas con la radiación solar | Carcinoma | D04 | |
| | | Tumores benignos de la piel | D23 | |
| | | Melanoma | C43 | |
| Tumores malignos de la piel | | C44 | | |
| Climáticos | Nomenclatura | Nombre de las variables | Escala | |
| | | Temperatura Máxima | 0C | |
| | | Temperatura Media | 0C | |
| | | Temperatura Mínimo | 0C | |
| | | Precipitación media | mm | |
| | | Humedad | % | |
| | | Heliofania | w/m ² | |
| | | Nubosidad | OCTA | |
| | Contaminante atmosféricos | PM _{2,5} | Material Particulado 2.5 | µg/m ³ |
| | | O ₃ | Ozono | µg/m ³ |
| NO ₂ | | Dióxido de nitrógeno | µg/m ³ | |
| CO | | Monóxido de Carbono | µg/m ³ | |
| SO ₂ | | Dióxido de Azufre | µg/m ³ | |

(*)Varios tipos de causas relacionadas a una misma enfermedad. Todas las causas de egresos hospitalarios se encuentran codificadas según el CIE (Clasificación Internacional de Enfermedades)

3.2 Variables climáticas

Las variables climáticas fueron obtenidas del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), el cual posee una serie de estaciones meteorológicas ubicadas en diferentes puntos del DMQ. Nuestro estudio trabajó con promedios mensuales de temperatura alta, media y baja, heliofanía, nubosidad y precipitaciones. La información fue tomada de la estación "Izobamba", estación que tenía las series de tiempo más confiables y completas para el sector urbano de Quito, ya que para estudios de cambio climático se sugiere utilizar un rango de tiempo superior a los 30 años (Serrano *et al.*, 2012). No se utilizó información de las otras estaciones meteorológicas ubicadas en el DMQ, por la limitada información que poseían.

3.3 Variables de Contaminación Atmosférica

Los datos para variables de contaminación atmosférica fueron obtenidos de la Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito (REMMAQ). Se trabajó con los contaminantes ambientales más comunes como Material Particulado 2.5, Ozono, Dióxido de nitrógeno, Monóxido de Carbono y Dióxido de Azufre (Ver Tabla 1). Los datos son obtenidos a través de una Red Automática, compuesta de ocho estaciones fijas que cuentan con analizadores automáticos de gases y de partículas localizadas en cada una de las ocho administraciones zonales del DMQ. La información de las ocho estaciones es captada en un sistema de adquisición de datos y son enviados de manera automática hacia un centro de control en donde se gestiona la información para que sea publicada en la página web de la Secretaría de Ambiente (Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito). En la página web los datos se encuentran disponibles en promedios diarios y mensuales para cada contaminante de las 8 estaciones. En nuestro estudio, se promedió el valor mensual de las ocho estaciones por tipo de contaminante para obtener un valor único y así relacionarlo con los egresos hospitalarios. Para estas variables se trabajó con datos desde el 2006 hasta el 2010, ya que no existe información disponible de los años anteriores.

4. Análisis Estadístico

Se realizaron análisis descriptivos como medidas de tendencia central, dispersión y valores máximos y mínimos. Para observar posibles tendencias temporales se realizaron gráficos de líneas entre los indicadores de salud e indicadores climáticos y de contaminación. Para evaluar las asociaciones entre variables climáticas, contaminantes ambientales y enfermedades sensibles al clima se utilizaron correlaciones de Spearman considerando como asociaciones relevantes aquellas con valor de $p < 0.05$. Todos los análisis fueron realizados con el paquete estadístico SPSS 18.

5. Limitaciones del estudio

Nuestro estudio presenta varias limitaciones. Primero, al ser un estudio de tipo ecológico las observaciones a nivel de la zona urbana no necesariamente representan asociaciones a nivel de los individuos. Segundo, las reducidas fuentes de información a las que tuvimos acceso en lo que respecta a indicadores de salud y la carencia de datos independientes para las zonas urbanas y rurales, restringen la capacidad de análisis. Tercero, aunque existe información sobre tendencias temporales de clima desde hace más de 60 años, esta no pudo ser utilizada por la correspondencia con cortos periodos de información disponibles para los indicadores de salud; el periodo de 10 años sirvió para evaluar tendencias significativas en la ocurrencia de enfermedades sensibles al clima en el DMQ. No obstante dichas tendencias deben ser analizadas más profundamente, ya que puede deberse a situaciones externas como por ejemplo el mejoramiento al acceso a servicios de salud, por lo que el número de egresos aumentaría (en el caso de la influenza), o por un mejoramiento en el diagnóstico (disminución de casos de asma). Cuarto, el periodo de estudio de contaminantes ambientales no corresponde al mismo periodo de 10 años, por lo que no fue posible contar con información de variables de salud más actualizada, así que el incrementar el periodo de estudio podría modificar los resultados.

Tabla 2. Medidas de tendencia central y dispersión para las variables de salud, climáticas y de contaminación atmosférica.

| | Media | Mediana | Moda | Máximo | Mínimo | Desviación Standard |
|---------------------------------|--------------|----------------|-------------|---------------|---------------|----------------------------|
| Temperatura máxima | 21.43 | 21.50 | 21.70 | 23.80 | 19.00 | 1.07 |
| Temperatura media | 12.10 | 12.10 | 12.20 | 13.40 | 10.80 | 0.54 |
| Temperatura mínima | 2.95 | 3.10 | 2.40 | 6.00 | -1.20 | 1.45 |
| Precipitación media | 125.69 | 109.25 | 7.90 | 326.20 | 3.10 | 80.48 |
| Humedad | 78.77 | 79 | 79 | 88 | 62 | 5.41 |
| Heliofanía | 157.04 | 152.5 | 103.6 | 309.4 | 87.6 | 39.89 |
| Nubosidad | 2.53 | 6 | 6 | 7 | 3 | 0.947 |
| Material particulado 2.5 | 20.9 | 20.1 | 15.8 | 29.8 | 15.8 | 3.1 |
| Ozono | 61.12 | 61.81 | 44.29 | 88.67 | 44.29 | 9.72 |
| Dióxido de Nitrógeno | 25.49 | 25.03 | 18.73 | 32.63 | 18.73 | 3.42 |
| Monóxido de Carbono | 1.77 | 1.73 | 1.53 | 2.48 | 1.35 | 0.23 |
| Dióxido de Azufre | 8.12 | 8.07 | 3.72 | 19.77 | 3.72 | 2.69 |
| Cólera | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 1 |
| Fiebres tifoidea y paratifoidea | 6 | 5 | 3 | 13 | 1 | 3 |
| Salmonella | 10 | 10 | 10 | 25 | 1 | 5 |
| Hepatitis tipo A | 14 | 13 | 12 | 39 | 4 | 6 |
| Infecciones intestinales varias | 170.14 | 168.5 | 173 | 290 | 96 | 40.74 |
| Amebiasis | 12 | 12 | 11 | 30 | 2 | 6 |
| Diarrea y gastroenteritis | 171 | 163 | 153 | 333 | 108 | 41 |
| Helmintiasis | 19 | 19 | 15 | 35 | 6 | 7 |
| Dengue total | 4 | 3 | 4 | 19 | 0 | 3 |
| Paludismo Total | 8 | 5 | 1 | 43 | 0 | 8 |
| Leishmaniasis | 2 | 2 | 2 | 19 | 0 | 3 |
| Influenza | 3.47 | 2 | 0 | 62 | 0 | 7.53 |
| Neumonía | 400.8 | 372 | 262 | 863 | 62 | 166.38 |
| Bronquitis | 37.76 | 36 | 39 | 102 | 7 | 15.3 |
| Rinitis | 5.47 | 4 | 3 | 26 | 0 | 5.05 |
| Asma | 30.9 | 30 | 27 | 52 | 15 | 8.08 |
| Carcinoma | 0.29 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0.57 |
| Tumores benignos de la piel | 3.88 | 3.5 | 4 | 14 | 0 | 2.7 |
| Melanoma | 4.16 | 4 | 4 | 12 | 0 | 2.46 |
| Tumores malignos de la piel | 14.8 | 15 | 17 | 33 | 4 | 5.08 |

6. Resultados

En la Tabla 2 se presentan medidas de tendencia central y dispersión para cada una de las variables de estudio. Algunas de las enfermedades relacionadas con alimentos y con radiación solar presentaron

un número relativamente bajo de observaciones por mes (egresos), como es el caso de cólera, fiebre tifoidea y carcinoma de piel.

En las Figuras 1, 2 y 3 se muestra las series temporales para variables climáticas, contaminantes atmosféricos y enfermedades sensibles al clima respectivamente.

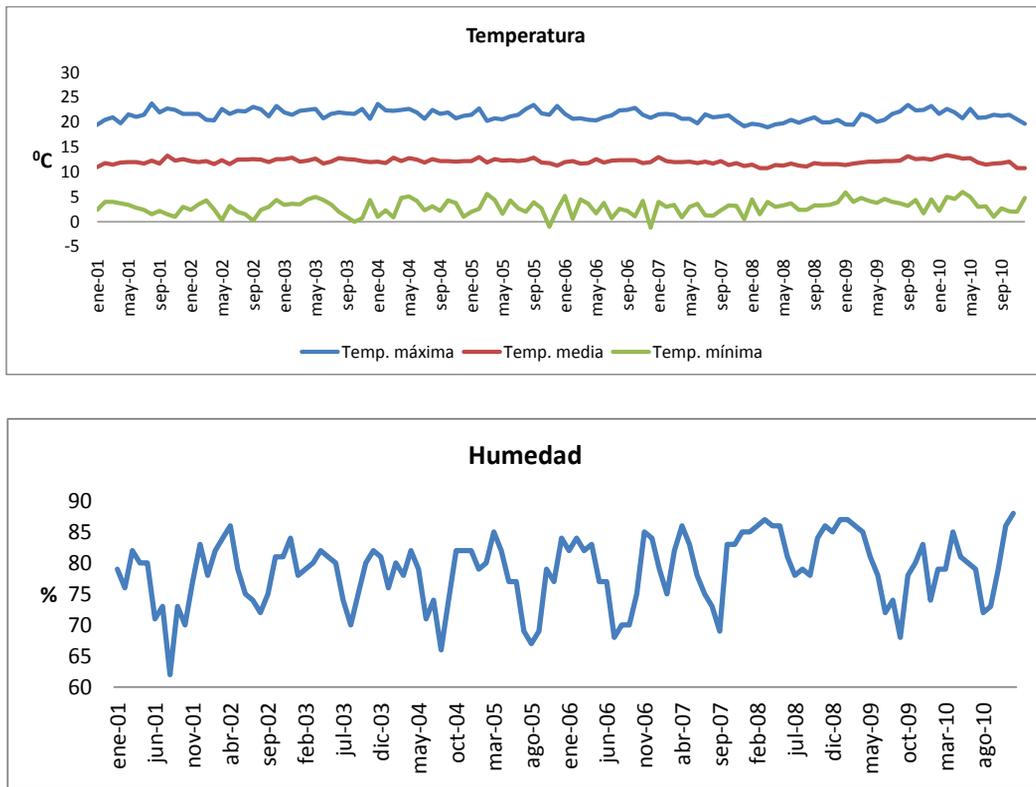
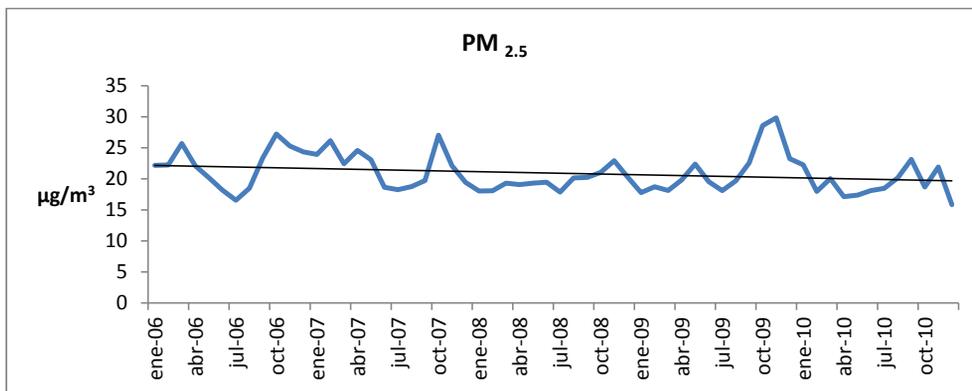


Figura 1. Variables climáticas: Temperatura, y humedad. Periodo enero 2001 – diciembre 2010.



La figura continúa en la siguiente página.

La figura viene de la página anterior.

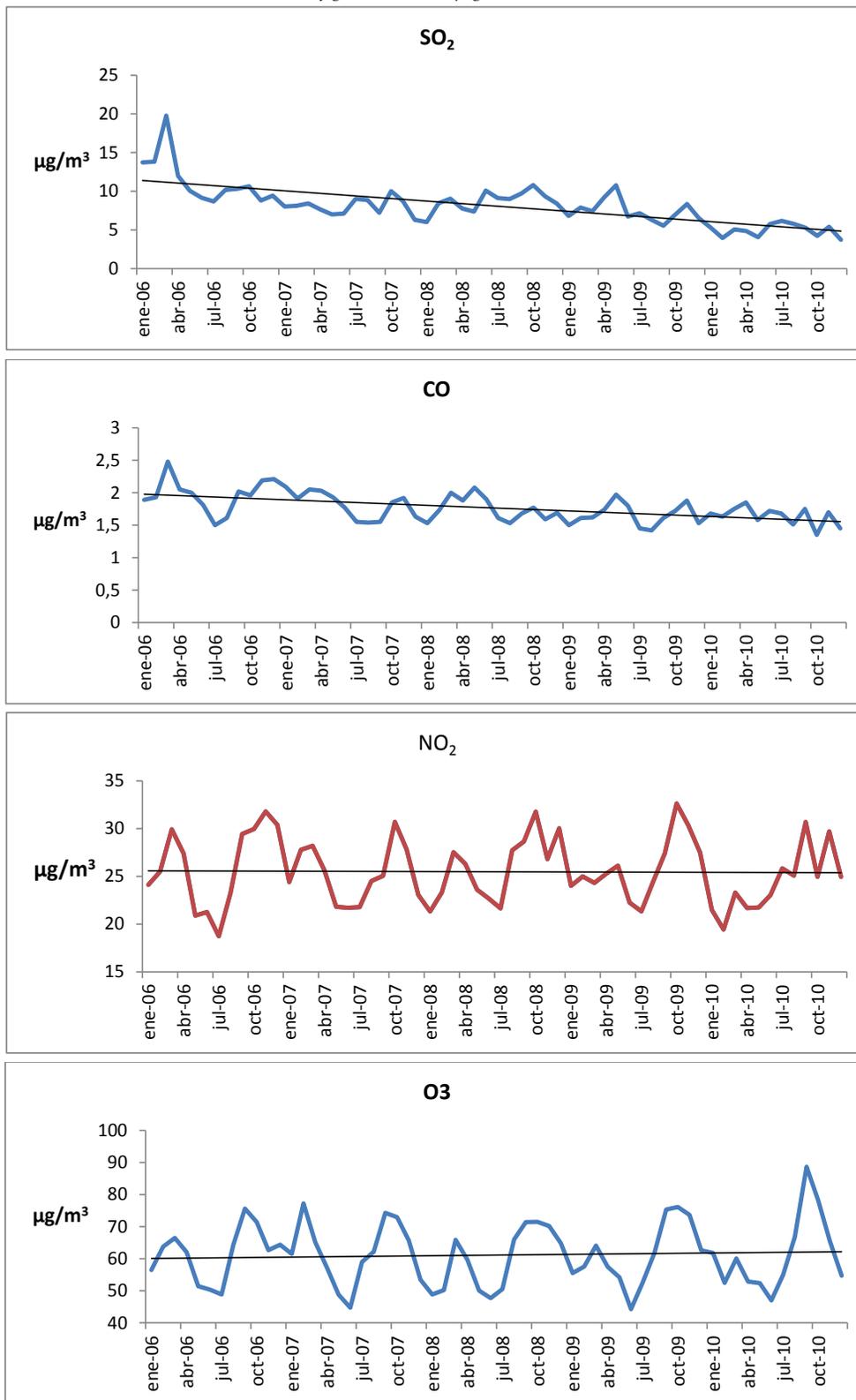
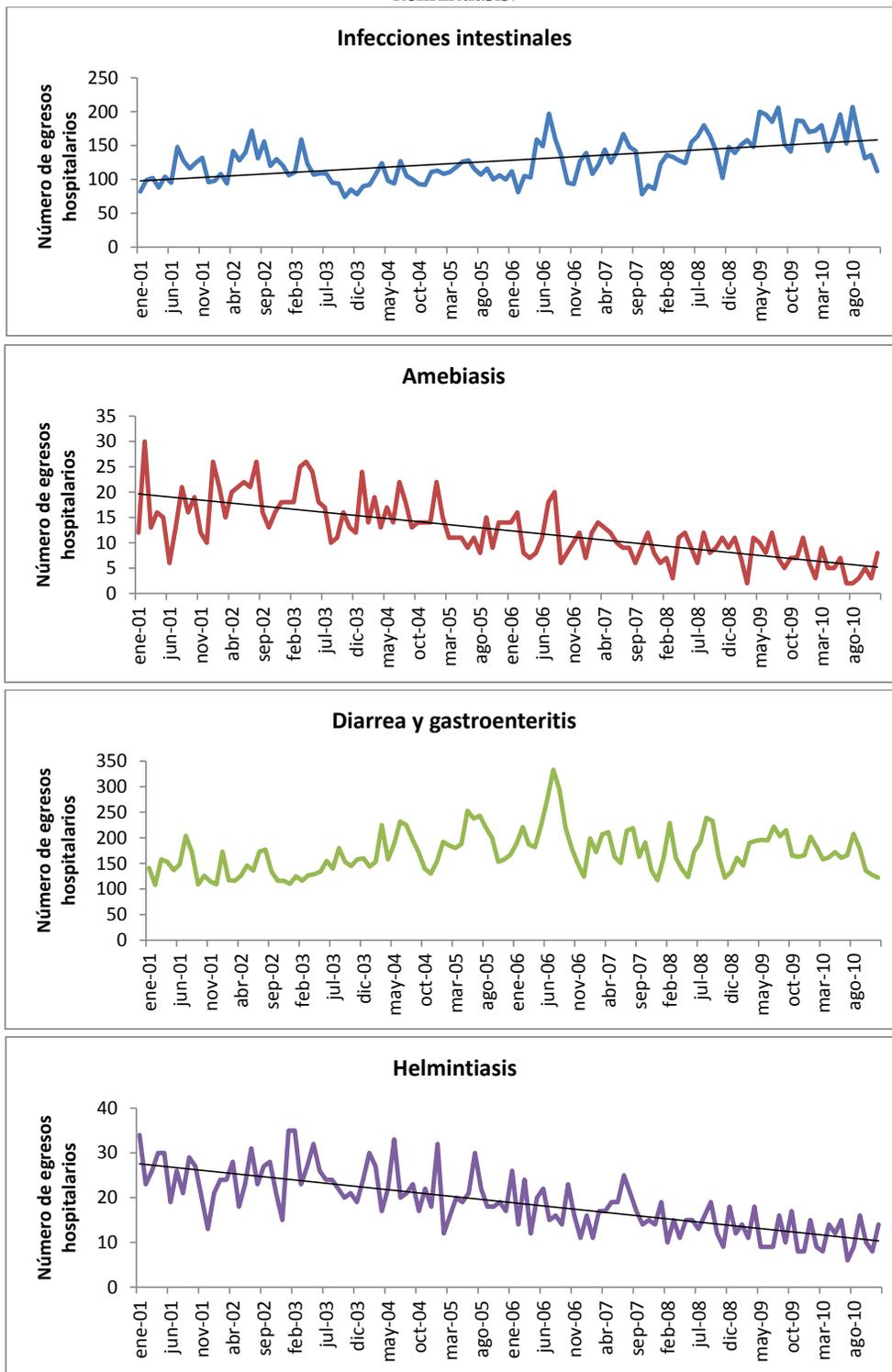


Figura 2. Contaminantes Atmosféricos. Periodo 2006-2010: material particulado de menos de 2.5 μPM , dióxido de azufre SO_2 , monóxido de carbono CO , dióxido de nitrógeno NO_2 .

LA GRANJA: Revista de Ciencias de la Vida 21(1) 2015: 16-33.

© 2015, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

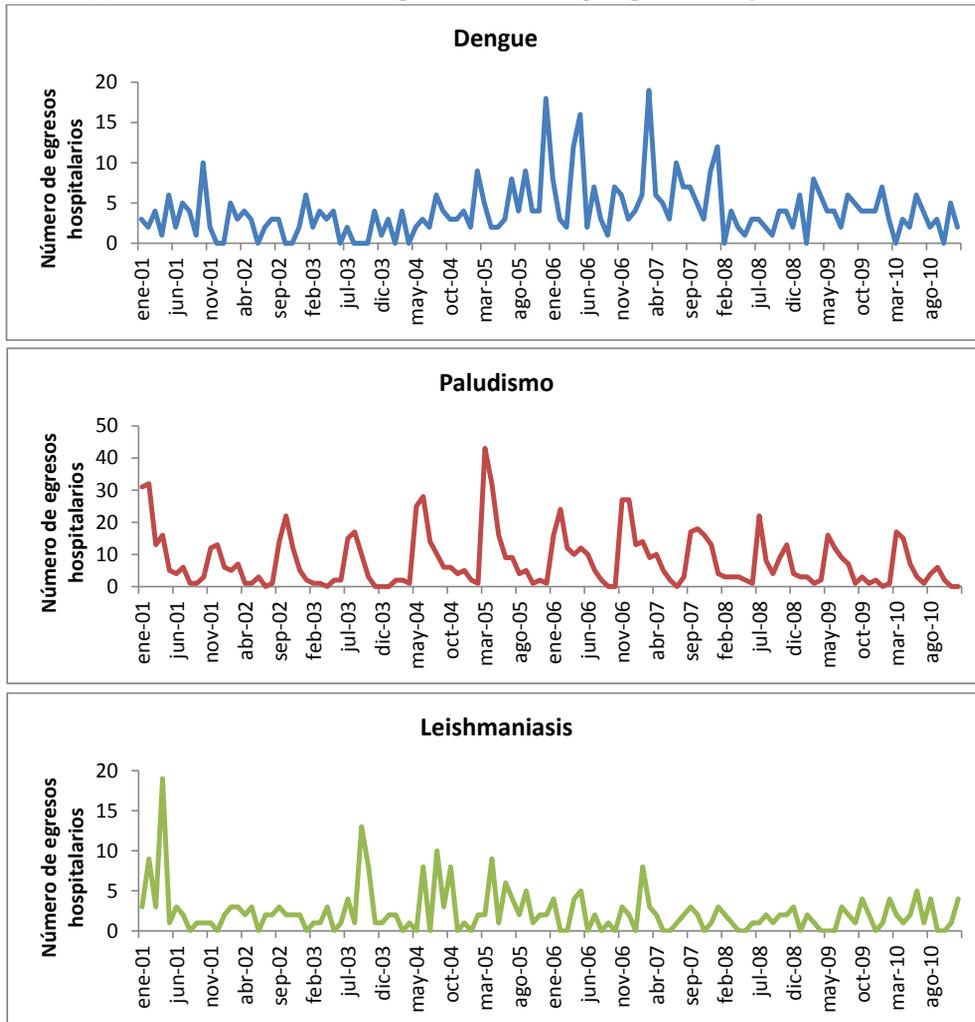
(a) Enfermedades relacionadas con alimentos: infecciones intestinales, amebiasis, diarrea y gastroenteritis y helmintiasis.



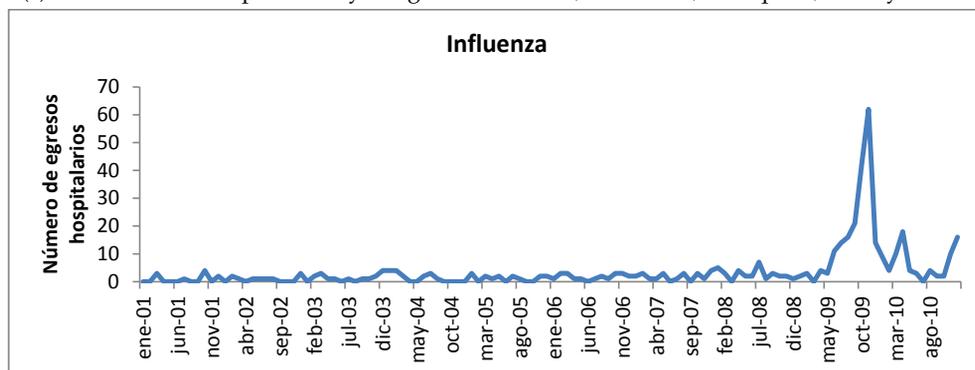
La figura continúa en la siguiente página.

La figura viene de la página anterior.

(b) Enfermedades transmitidas por vectores: dengue, paludismo y leishmaniasis

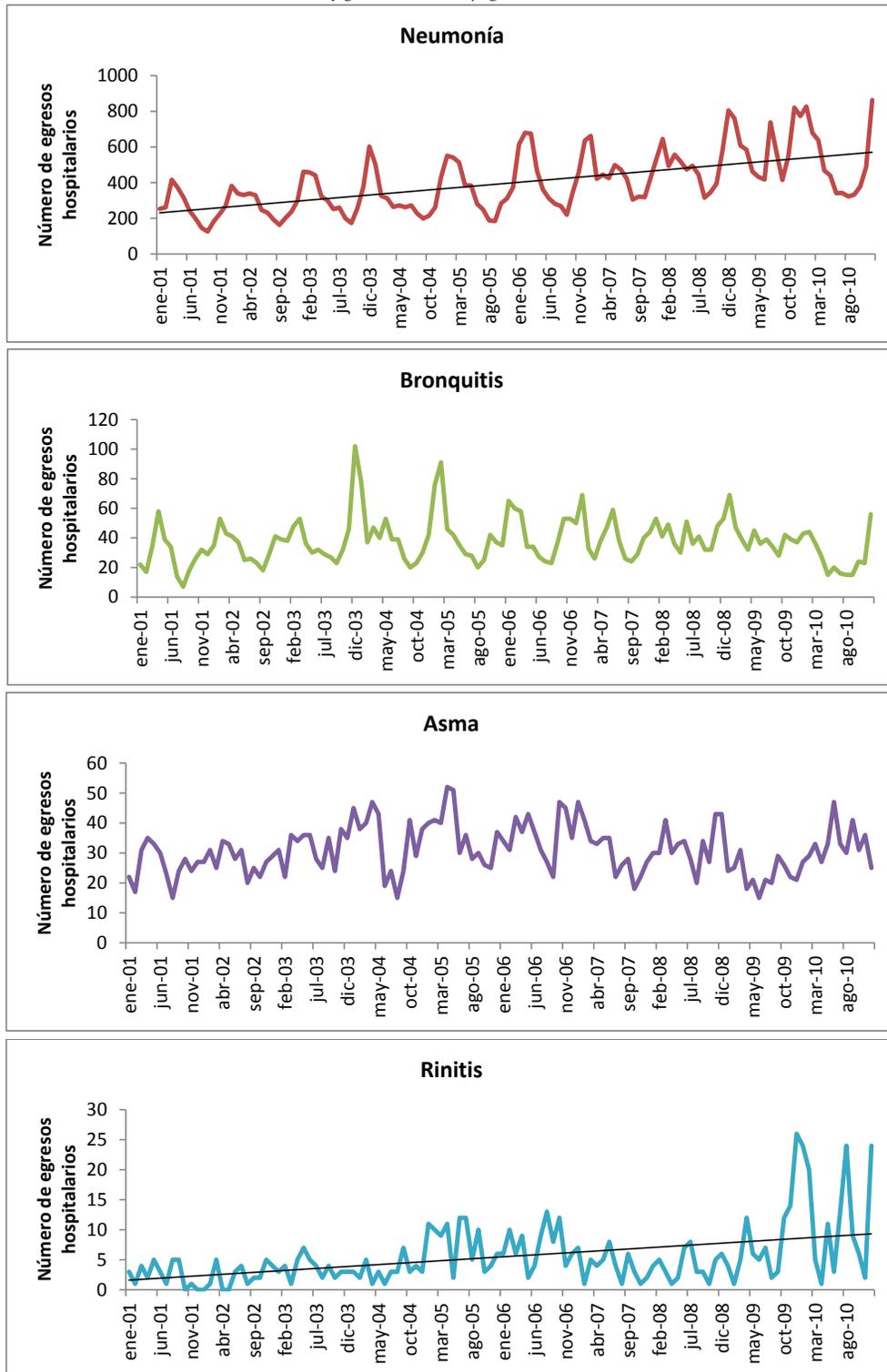


(c) Enfermedades respiratorias y alérgicas: influenza, neumonía, bronquitis, asma y rinitis.



La figura continúa en la siguiente página.

La figura viene de la página anterior.



La figura continúa en la siguiente página.

La figura viene de la página anterior.

(d) Enfermedades relacionadas de la piel: melanoma, tumores malignos y carcinoma.

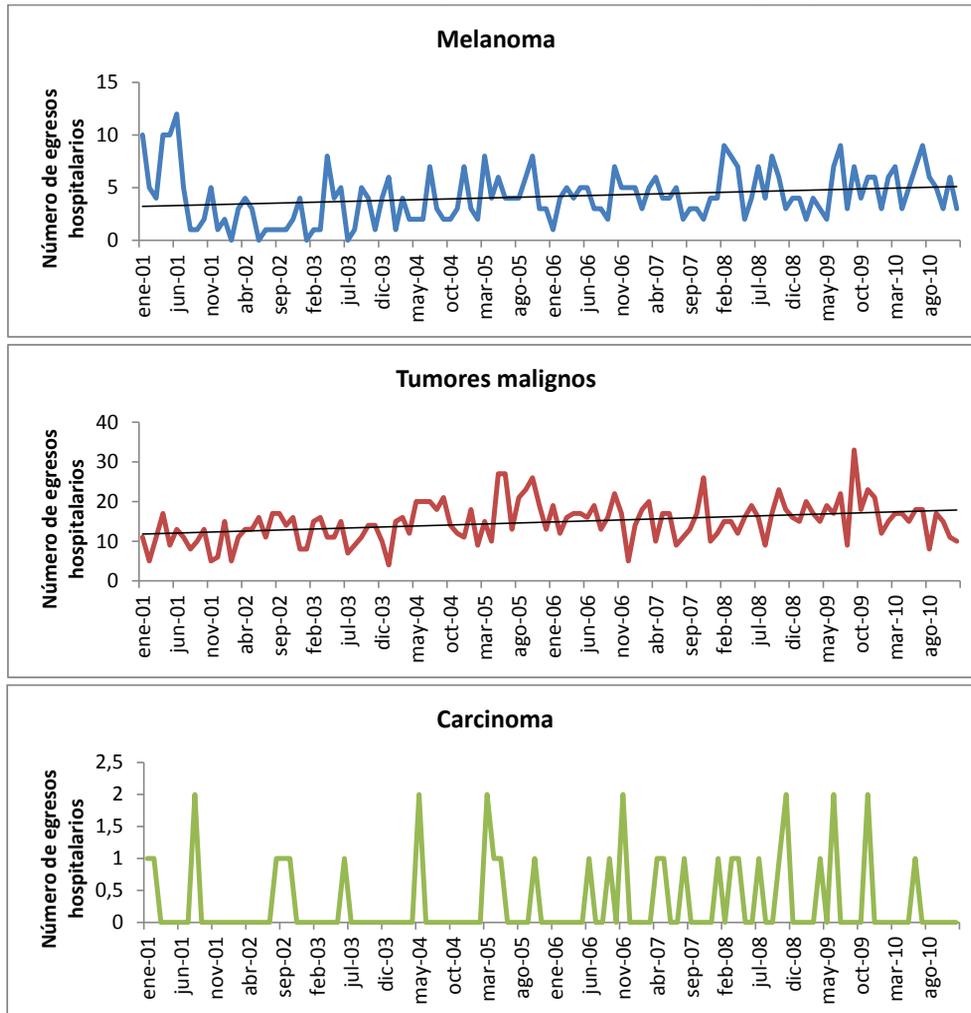


Figura 3. Enfermedades sensibles al clima en el periodo enero 2001 - diciembre 2010

Tabla 3. Tendencias temporales y correlaciones entre variables climáticas y enfermedades sensibles.

| | Tendencia 01/2001-12/2010 | | Temperatura Máxima | | Temperatura Media | | Temperatura Mínima | | Precipitación Media | | Humedad | | Heliofanía | | Nubosidad | |
|---------------------------------|------------------------------|--------|-----------------------|--------|----------------------|-------|-----------------------|--------|------------------------|--------|---------|--------|------------|-------|-----------|-------|
| | r | p | r | p | r | p | r | p | r | p | r | p | r | p | r | p |
| Cólera | 0.119 | 0.197 | -0.052 | 0.575 | -0.033 | 0.721 | 0.011 | 0.902 | -0.098 | 0.288 | -0.108 | 0.242 | | | | |
| Fiebres tifoidea y paratifoidea | -0.462 | <0.001 | 0.062 | 0.500 | 0.079 | 0.392 | -0.060 | 0.515 | 0.005 | 0.958 | -0.098 | 0.286 | | | | |
| Salmonella | -0.571 | <0.001 | 0.164 | 0.073 | 0.196 | 0.032 | -0.110 | 0.230 | -0.100 | 0.276 | -0.185 | 0.043 | | | | |
| Hepatitis tipo A | 0.117 | 0.204 | 0.185 | 0.043 | 0.172 | 0.060 | -0.059 | 0.520 | 0.023 | 0.802 | 0.023 | 0.801 | | | | |
| Infecciones intestinales varias | 0.476 | <0.001 | 0.025 | 0.790 | 0.119 | 0.196 | 0.015 | 0.868 | -0.406 | <0.001 | -0.353 | <0.001 | | | | |
| Amebiasis | -0.746 | <0.001 | 0.301 | 0.001 | 0.177 | 0.053 | -0.141 | 0.125 | -0.121 | 0.187 | -0.131 | 0.154 | | | | |
| Diarrea y gastroenteritis | 0.343 | <0.001 | 0.031 | 0.741 | 0.152 | 0.097 | -0.071 | 0.441 | -0.353 | <0.001 | -0.382 | <0.001 | | | | |
| Helminthiasis | -0.767 | <0.001 | -0.070 | 0.447 | -0.102 | 0.266 | 0.035 | 0.704 | 0.075 | 0.418 | 0.141 | 0.124 | | | | |
| Dengue total | 0.098 | 0.288 | 0.047 | 0.614 | 0.011 | 0.907 | -0.039 | 0.673 | 0.007 | 0.942 | 0.006 | 0.950 | | | | |
| Paludismo Total | -0.868 | <0.001 | -0.303 | <0.001 | -0.011 | 0.904 | 0.139 | 0.130 | 0.041 | 0.658 | 0.026 | 0.778 | | | | |
| Leishmaniasis | -0.266 | 0.003 | 0.042 | 0.645 | 0.038 | 0.676 | 0.039 | 0.673 | -0.087 | 0.346 | -0.103 | 0.262 | | | | |
| Influenza | 0.553 | <0.001 | -0.052 | 0.576 | -0.009 | 0.919 | 0.091 | 0.325 | 0.000 | 0.997 | 0.157 | 0.087 | | | | |
| Neumonía | 0.615 | <0.001 | -0.360 | <0.001 | -0.189 | 0.039 | 0.316 | <0.001 | 0.411 | <0.001 | 0.558 | <0.001 | | | | |
| Bronquitis | 0.076 | 0.409 | -0.218 | 0.017 | -0.083 | 0.370 | 0.235 | 0.010 | 0.312 | <0.001 | 0.470 | <0.001 | | | | |
| Rinitis | 0.404 | <0.001 | 0.063 | 0.492 | 0.110 | 0.233 | 0.173 | 0.060 | -0.047 | 0.613 | -0.045 | 0.622 | | | | |
| Asma | 0.022 | 0.808 | -0.041 | 0.660 | -0.043 | 0.640 | 0.073 | 0.430 | 0.211 | 0.021 | 0.248 | 0.006 | | | | |
| Carcinoma | 0.042 | 0.645 | -0.187 | 0.041 | | | 0.045 | 0.626 | | | | | -0.096 | 0.296 | -0.141 | 0.284 |
| Tumores benignos de la piel | 0.499 | <0.001 | -0.073 | 0.426 | | | 0.074 | 0.419 | | | | | -0.043 | 0.643 | 0.021 | 0.873 |
| Melanoma | 0.295 | <0.001 | -0.278 | 0.002 | | | 0.065 | 0.481 | | | | | -0.150 | 0.102 | 0.134 | 0.306 |
| Tumores malignos de la piel | 0.360 | <0.001 | -0.037 | 0.688 | | | 0.154 | 0.093 | | | | | 0.032 | 0.730 | -0.214 | 0.101 |

Las enfermedades sensibles al clima que presentaron tendencias decrecientes en el periodo enero/2001 a diciembre/2010, tabla 2, fueron: fiebre tifoidea, salmonella, amebiasis, helmintiasis, paludismo y leishmaniasis. En cambio mostraron una tendencia positiva o un incremento de casos en este mismo periodo las infecciones intestinales ($r = 0,476, p \leq 0,001$), diarreas & gastroenteritis ($r = 0,343, p \leq 0,001$), influenza ($r = 0,553, p \leq 0,001$), neumonía ($r = 0,615, p \leq 0,001$), rinitis ($r = 0,404, p \leq 0,001$), tumores benignos de la piel ($r = 0,499, p \leq 0,001$), melanomas ($r = 0,295, p \leq 0,001$) y tumores malignos de la piel ($r = 0,360, p \leq 0,001$).

Enfermedades transmitidas por alimentos como la salmonella ($r = 0,196, p \leq 0,032$), la hepatitis tipo A ($r = 0,185, p \leq 0,043$) y la amebiasis ($r = 0,301, p = 0,001$) presentaron asociaciones positivas y significantes con las temperaturas máximas y medias. Sin embargo enfermedades como paludismo, neumonía, bronquitis, carcinoma y melanoma fueron asociadas negativamente.

Asociaciones positivas y significantes fueron encontradas entre enfermedades respiratorias como neumonía ($r = 0,316, p \leq 0,001$) y bronquitis ($r = 0,235, p \leq 0,010$) y temperatura mínima. La preci-

pitación media fue asociada positivamente con neumonía ($r = 0,411, p \leq 0,001$) bronquitis ($r = 0,321, p \leq 0,001$) y asma ($r = 0,211, p \leq 0,021$) y negativamente con infecciones intestinales varias ($r = 0,406, p \leq 0,001$) y diarrea ($r = 0,353, p \leq 0,001$). La variable humedad fue asociada negativamente con infecciones intestinales varias ($r = -0,353, p \leq 0,001$), diarrea ($r = -0,382, p \leq 0,001$) y salmonella ($r = -0,185, p \leq 0,043$); y asociada positivamente con neumonía ($r = 0,558, p \leq 0,001$), bronquitis ($r = 0,470, p \leq 0,001$) y asma ($r = 0,248, p \leq 0,006$). Ninguna asociación significativa fue encontrada entre enfermedades relacionadas con la piel, heliofanía y nubosidad.

Los contaminantes ambientales como el dióxido de azufre y el monóxido carbónico presentaron asociaciones significantes con enfermedades respiratorias y alérgicas, tabla 3. La influenza se asoció negativamente con el dióxido de azufre ($r = -0,432, p \leq 0,001$) y con el monóxido de carbono ($r = -0,257, p \leq 0,047$) la bronquitis se asoció positivamente con el dióxido de azufre ($r = 0,261, p \leq 0,044$) y con el monóxido de carbono ($r = 0,257, p \leq 0,047$) y el asma se asoció positivamente con el monóxido de carbono ($r = 0,445, p \leq 0,001$).

Tabla 4. Correlaciones entre enfermedades respiratorias y alérgicas y variables de contaminación atmosférica.

| | Material Particulado 2.5 | | Dióxido de Azufre | | Monóxido Carbónico | | Dióxido de Nitrógeno | | Ozono O3 | |
|------------|--------------------------|----------|-------------------|----------|--------------------|----------|----------------------|----------|----------|----------|
| | <i>r</i> | <i>p</i> | <i>r</i> | <i>p</i> | <i>r</i> | <i>p</i> | <i>r</i> | <i>p</i> | <i>r</i> | <i>p</i> |
| Influenza | 0.031 | 0.817 | -0.432 | <0.001 | -0.257 | 0.047 | 0.037 | 0.787 | -0.039 | 0.764 |
| Neumonía | 0.019 | 0.885 | -0.203 | 0.119 | 0.018 | 0.890 | -0.064 | 0.629 | -0.166 | 0.205 |
| Bronquitis | 0.187 | 0.152 | 0.261 | 0.044 | 0.257 | 0.047 | 0.034 | 0.799 | -0.144 | 0.272 |
| Rinitis | 0.057 | 0.665 | -0.066 | 0.615 | -0.123 | 0.349 | -0.056 | 0.669 | 0.006 | 0.966 |
| Asma | 0.192 | 0.141 | 0.117 | 0.372 | 0.445 | <0.001 | 0.083 | 0.527 | 0.009 | 0.944 |

7. Discusión

Al analizar el periodo enero del 2001 a diciembre del 2010, se registró un incremento significativo en el grupo de enfermedades relacionadas con radiación solar y enfermedades respiratorias y alérgicas. Sin embargo, solo el grupo de enfermedades respiratorias y alérgicas presentaron asociaciones positivas con variables climáticas y de contaminación. El

grupo de enfermedades relacionadas con alimentos y transmitidas por vectores presentaron una marcada disminución en el mismo periodo.

El presente estudio investigó las relaciones entre enfermedades sensibles al clima, variables climáticas y variables de contaminación atmosférica; evalúa los posibles impactos del cambio climático en la salud humana en zonas de altura como la que se encuentra ubicado el DMQ. La mayoría de los estudios sobre efectos del cambio climático en salud han si-

do realizados en zonas tropicales o en zonas donde existen olas extremas de calor o frío (Organización Mundial de la Salud, 2003). Por ejemplo, en Europa la mayor preocupación estriba en la mortalidad y morbilidad por el calor debido a aumentos de las temperaturas anuales y los valores extremos (Fouillet, 2006; Robine *et al.*, 2008; Coppe, 2004; Beniston y Diaz, 2004), aunque se ha comprobado que en estos problemas también influyen cambios socioeconómicos vinculados al aumento de la población, su distribución por edades y envejecimiento (Haines, 2006). En los países en desarrollo, especialmente aquellos con poblaciones de menores ingresos y localizados en áreas tropicales y subtropicales, la atención se encuentra dirigida especialmente a las enfermedades infecciosas transmitidas por vectores y enfermedades transmitidas por alimentos y agua, que son sensibles a cambios de las condiciones climáticas (Organización Mundial de la Salud, 2003; Gutiérrez y Espinoza, 2010).

En nuestro estudio, aunque se posee evidencia de un leve incremento en la temperatura en el DMQ, acompañado de comportamientos anómalos (altos y bajos de temperatura) que podrían considerarse consecuencia del cambio climático o variabilidad climática (Serrano *et al.*, 2012), los fenómenos de olas de calor no han sido registrados en el DMQ. Los datos muestran tendencias decrecientes de enfermedades relacionadas con alimentos y transmitidas por vectores, con un aumento especialmente de enfermedades alérgicas y de la piel. Dichas tendencias coinciden con tendencias internacionales, producto de un cambio generalizado de las condiciones de vida, en donde las enfermedades infecciosas disminuyen y las enfermedades crónicas aumentan (McKeown, 2009). Las enfermedades transmitidas por alimentos son consideradas como un efecto indirecto del cambio climático, aparecen con mayor frecuencia después de eventos climáticos extremos como inundaciones. Nuestro estudio relacionó dichas variables con algunos indicadores climáticos, dando como resultado asociaciones inversas especialmente para las variables "precipitación media" y "humedad" y algunas asociaciones positivas para "temperatura máxima". Lo mencionado concuerda parcialmente con algunos estudios que demuestran que las temperaturas elevadas son propicias para el desarrollo de ciertas enfermedades infecciosas como la hepatitis y la salmonelosis (Ortiz, 2008; López-Vélez y Molina, 2005).

Las enfermedades transmitidas por vectores son de especial interés para evaluar el impacto producido por el cambio climático en la salud de las poblaciones. Sin embargo, debido a su situación geográfica y climática, en la zona urbana de Quito la temperatura y humedad no son elevadas, es poco probable que se presenten casos de enfermedades como dengue y paludismo, no así en zonas subtropicales como el noroccidente de Pichincha. La baja ocurrencia en casos de paludismo, dengue y leishmaniasis, seguidos de una relación inversa entre paludismo y temperatura máxima; la no presencia de dichos vectores se demuestra por la marcada disminución en casos de malaria en la zona urbana del DMQ ($r=-0.866$), seguido por una disminución de casos de leishmaniasis ($r=-0.266$). No obstante no se descarta que el cambio climático pudiera generar la aparición e incremento de estas enfermedades especialmente en los valles aledaños, zonas subtropicales del DMQ.

En cuanto a las enfermedades relacionadas con la radiación solar han ido en incremento en las últimas décadas (Young, 2009). En el presente estudio encontramos un incremento de estas enfermedades, aunque no se encontró ninguna asociación positiva con variables climáticas como heliofania, nubosidad o temperatura máxima. Sin embargo, establecer relaciones causales requiere de otro tipo de estudios epidemiológicos individuales complementarios, los cuales debería evaluar la cantidad de luz solar y radiación que una persona recibe para desarrollar tales enfermedades. No obstante, se ha comprobado que la subida de las temperaturas influye en la manera de vestirse de las personas y en el tiempo al aire libre, lo que puede hacer que en algunas regiones aumente la exposición a los rayos ultravioleta (Lucas *et al.*, 2006).

Las enfermedades respiratorias y alérgicas están estrechamente relacionadas con el ambiente en especial con cambios de temperatura, polución del aire y cambios de estaciones (Barata *et al.*, 2011; Nino y Perez, 2009). Concordantemente, el estudio mostró que las enfermedades respiratorias y alérgicas presentan incrementos, que generalmente van de octubre a mayo (ver gráfico 3-C), y asociaciones positivas con temperatura mínima, precipitación media y humedad.

La contaminación del aire y su relación con las enfermedades respiratorias y alérgicas es considerada como un efecto indirecto del cambio climático

(Organización Mundial de la Salud, 2003). En nuestro estudio observamos que la mayoría de los contaminantes atmosféricos estudiados presentaron una leve tendencia decreciente en el periodo 01/2006 – 12/2010, sin embargo existen algunos como el O₃ que han aumentado en los últimos años. Evidencia recolectada alrededor del mundo sugiere que las enfermedades alérgicas y respiratorias como el asma y la rinitis han aumentado en las últimas décadas (Van der Heide, 1994), y que la contaminación del aire podría ser una de las causas para tal incremento (Pearce *et al.*, 2007).

Acorde con esto, nuestro estudio observó que los contaminantes Dióxido de Azufre y Monóxido Carbónico están asociados positivamente al incremento de egresos por rinitis y asma.

8. Conclusiones y recomendaciones

Los resultados del presente estudio identificaron un incremento en la ocurrencia de varias enfermedades sensibles al clima en el periodo de enero del 2001 a diciembre del 2010 en el DMQ, aunque solo enfermedades respiratorias y de tipo alérgico fueron asociadas positivamente con variables climáticas y de contaminación ambiental en el periodo estudiado (enero 2006 – diciembre 2010).

No obstante dichas tendencias deben ser analizadas más profundamente, ya que puede deberse a situaciones externas como por ejemplo el mejoramiento al acceso a servicios de salud, por lo que el número de egresos aumentaría (en el caso de la influenza), o por un mejoramiento en el diagnóstico (disminución de casos de asma).

El periodo de estudio de contaminantes ambientales no corresponde al mismo periodo de 10 años, no fue posible contar con información de salud más actualizada por lo que incrementar el periodo de estudio podría modificar los resultados.

Es muy probable que aquellas enfermedades relacionadas con radiación solar, enfermedades respiratorias y alérgicas sean las más susceptibles al impacto del cambio climático en el futuro, políticas de salud orientadas al mejoramiento al acceso y calidad de servicios de salud, repercutirán en la vulnerabilidad frente al cambio climático.

En el futuro, una política sobre calidad del aire y mitigación del cambio climático podría ser deter-

minante para el incremento o no de la mortalidad y morbilidad causada por las enfermedades respiratorias en el DMQ.

El estudio de tipo ecológico, en muchas ocasiones es el primer paso en la investigación de una posible relación entre una enfermedad y una exposición determinada. Las tendencias significativas en la ocurrencia de enfermedades sensibles al clima en el DMQ deben ser analizadas más profundamente, se requiere de otros estudios epidemiológicos individuales para entender mejor los efectos del cambio climático en la salud.

9. Agradecimiento

Al Municipio del Distrito Metropolitano de Quito (MDMQ) especialmente a la Secretaría de Ambiente, Climate & Development Knowledge Network (CDKN) y Stockholm Environment Institute (SEI) por su liderazgo para llevar adelante el Estudio de Vulnerabilidad de Quito a los efectos del Cambio Climático. A todos los colegas de la Red de Universidades Frente al Cambio Climático y Gestión de Riesgos y de otras organizaciones que intervinieron en este proyecto.

Referencias

- Ballester, F. 2005. **Contaminación Atmosférica, Cambio Climático y Salud**. Rev Esp Salud Pública, 79: 159–175.
- Barata, M., E. Ligeti, G. D. Simone, T. Dickinson, D. Jack, J. Penney, M. Rahman y R. Zimmerman. 2011. **Climate change and human health in cities. Climate Change and Cities: First Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network**. Cambridge University Press, Cambridge, pág. 179–213, uK.
- Bates, B., Z. Kundzewicz, S. Wu y J. Palutikof. 2008. **Climate Change and Water**. Technical.
- Beniston, M. y H. Diaz. 2004. **The 2003 heat wave as an example of summers in a greenhouse climate? Observations and climate model simulations for Basel, Switzerland**. Global and Planetary Change, 44: 73–81.

- Colwell, R. 1996. **Global climate and infectious disease: the cholera paradigm.** *Science*, 274: 2025–31.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. 2009. **Cambio climático y desarrollo en América Latina y el Caribe: una reseña.** CEPAL.
- Coppe, C. 2004. **Health and Global Environmental Change. Heat-waves: risks and responses.** World Health Organization, pág. 80.
- D'Amato, G. y L. Cecchi. 2008. **Effects of climate change on environmental factors in respiratory allergic diseases.** *Clinical & Experimental Allergy*, 38.8: 1264–1274.
- Feo, O., E. Solano y L. Beingolea. 2009. **Cambio climático y salud en la región andina.** *Rev Peru Med Exp Salud Pública*, 26(1): 83–93.
- Fouillet, A. 2006. **Excess mortality related to the August 2003 heat wave in France.** *International archives of occupational and environmental health*, 80.1: 16–24.
- Githenko, A. 2001. **El cambio climático y las enfermedades transmitidas por vectores: un análisis regional.** *Boletín de la OMS*, 4: 72–82.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. 2007. **Cambio climático.**
- Gutiérrez, M. y T. Espinoza. 2010. **Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático: Diagnóstico inicial, avances, vacíos y potenciales líneas de acción en Mesoamérica.** Banco Internacional de Desarrollo, www.iadb.org.
- Haines, A. 2006. **Climate change and human health: impacts, vulnerability and public health.** *Public health*, 120.7: 585–596.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). **Sistema de estadísticas vitales REDATAM.** Disponible en: <http://redatam.inec.gob.ec/cgi-bin/RpWebEngine.exe/PortalAction>.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2001. **Climate Change 2001: Third Assessment Report (Volume I).** Cambridge: Cambridge University Press.
- López-Vélez, R. y R. Molina. 2005. **Cambio climático en España y riesgo de enfermedades infecciosas y parasitarias transmitidas por artrópodos y roedores.** *Rev. Esp. Salud Pública*, 79(2): 177–190, disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272005000200006&lng=es.
- Lucas, R., T. McMichael, R. Smith y B. Armstrong. 2006. **Global burden of disease from solar ultraviolet radiation.** Geneva: World Health Organization.
- McKeown, R. 2009. **The Epidemiologic Transition: Changing Patterns of Mortality and Population Dynamics.** *Am J Lifestyle Med.*, 3(1 Suppl): 19S–26S.
- MECN. 2009. **Ecosistemas del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ).** Publicación Miscelánea No.6. Serie de Publicaciones del Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN)-Fondo Ambiental del MDMQ, págs. 1–51, imprenta Nuevo Arte.
- Nino, K. y L. Perez. 2009. **Evidence based public health—the example of air pollution.** *Swiss Med Wkly*, 139.17-18: 242–50.
- Organización Mundial de la Salud. 2003. **Cambio climático y salud humana: riesgos y respuestas: Resumen.** OMS.
- Organización Panamericana de la Salud. 1995. **Clasificación estadística internacional de enfermedades y problemas relacionados con la salud.** OPS, (10a. revisión), Washington, D.C.
- Ortiz, P. 2008. **La variabilidad y el cambio climático en Cuba: potenciales impactos en la salud humana.** *Rev. Cub. Salud Pública*, 34(1): 0–0, available from: http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662008000100008&lng=en&nrm=iso. ISSN 0864-3466.
- Patz, J. 1996. **Global climate change and emerging infectious diseases.** *JAMA: the journal of the American Medical Association*, 275.3: 217–223.
- Pearce, N., N. Ait-Khaled, R. Beasley, J. Mallol, U. Keil y E. Mitchell. 2007. **Worldwide trends in the prevalence of asthma symptoms: phase three of the International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC).** *Thorax*, 62: 758–766.

- Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito. Disponible en: (www.quitoambiente.gob.ec).
- Robine, J., S. Cheung, S. Le Roy, H. Van Oyen, C. Griffiths, J. Michel y F. Herrmann. 2008. **Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003.** *Comptes Rendues Biologie*, 331: 171–78.
- Secretaría General de la Comunidad Andina. 2008. **El Cambio Climático no tiene fronteras: Impacto del Cambio Climático en la Comunidad Andina.**
- Serrano, S., D. Zuleta, V. Moscoso, P. Jácome, E. Palacios y M. Villacís. 2012. **Análisis estadístico de datos meteorológicos mensuales y diarios para la determinación de variabilidad climática y cambio climático en el Distrito Metropolitano de Quito.** *La Granja*, 16(2): 23–47, iISSN:1390-3799.
- Suh-Young, L., Y.-S. Chang y S.-H. Cho. 2013. **Allergic diseases and air pollution**. *Asia Pacific Allergy*, 3.3: 145.
- The International START Secretariat, Washington DC, USA and the Academy of Sciences for the Developing World. 2007. **Assessment of Impacts and Adaptation to Climate Change: Final Report of the AIACC Project.** Trieste, Italy.
- Van der Heide, S. 1994. **Seasonal variation in airway hyperresponsiveness and natural exposure to house dust mite allergens in patients with asthma.** *Journal of allergy and clinical immunology*, 93.2: 470–475.
- Vargas, F. 2005. **La contaminación ambiental como factor determinante de la salud.** *Rev Esp Salud Pública*, 79: 117–127.
- World Health Organization. 2010. **Solar ultraviolet radiation: assessing the environmental burden of disease at national.** *Environmental Burden of Disease Series*, 17.
- Young, C. 2009. **Solar ultraviolet radiation and skin cancer.** *Occupational Medicine*, 59: 82–88, doi:10.1093/occmed/kqn170.
- Zambrano-Barragán, C., O. Zevallos, M. Villacís y D. Enríquez. 2011. **Quito's Climate Change Strategy: A Response to Climate Change in the Metropolitan District of Quito.** *Ecuador. Local Sustainability* 1, 1: 515–529.