

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL  
FACULTAD DE INGENIERÍA MARÍTIMA, CIENCIAS BIOLÓGICAS OCEÁNICAS Y  
RECURSOS NATURALES.

“PRONÓSTICO CLIMÁTICO Y SU CORRELACIÓN EN LA  
MORBIMORTALIDAD DE INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS (IRA)  
EN GUAYAQUIL”

---

Tutor: Mercy Borbor Córdova. PhD.

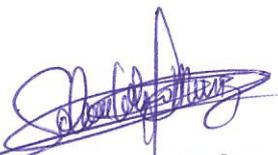
Trabajo de titulación Previo a la obtención del Título de Magister en Cambio  
Climático

Presentado por: Blga. Johanna Solórzano  
Guayaquil – Ecuador, 2019

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenidos de este Trabajo de Titulación, me corresponde exclusivamente, y al patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



**BLGA. JOHANNA SOLÓRZANO MUÑOZ**  
C.C.: 0917391534

# TRIBUNAL GRADUACIÓN

---

Pilar Cornejo Ph.D.

Decana Facultad de Ciencias Marítimas,  
Biológicas y Climáticas.

---

Gladys Rincón Polo Ph.D.

Coordinadora Maestría en Cambio  
Climático.

---

Mercy J. Borbor Ph.D  
Directora de tesis.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Jehová Dios por darme la fortaleza necesaria en cada momento de flaqueza e impulsarme a terminar el presente trabajo, y de manera especial a mi familia: Orlando Gallardo, mi esposo; mis pequeños Luis Alberto, María José y Xavier Alejandro por ser los motores de mi vida además de mi ancla en tiempos de tormenta; a mis padres: Cristina Muñoz y Jhonny Solórzano por su ayuda económica en el momento preciso.

A Mercy J. Borbor Ph.D. por ser una directora de tesis paciente pero sobre todo incondicional, maestra y amiga siempre aportando con su conocimiento y proporcionando soluciones a los problemas que se presentaron durante este recorrido.

Agradezco infinitamente a Gabriel Mantilla Saltos Ing. por su aporte relevante al desarrollo de la fórmula del pronóstico climático y posteriormente el gráfico de este en el software libre R, sin los cuales la culminación de este trabajo no hubiera sido posible.

A Gladys Rincón Polo Ph.D. primero mi maestra y luego como Coordinadora de la Maestría por sus acusadas indicaciones que fueron la pulidora perfecta para que este trabajo tomara forma y posteriormente se pudiera desarrollar la serie de tiempo.

Agradezco también a un ser humano muy especial: Luis Lecha Estela Ph.D. quien me inspiró en el desarrollo de este trabajo, maestro y amigo, siempre presto a ayudarme con sus comentarios.

A Karina Sánchez y Romina Campuzano por su trabajo eficiente y ayuda aún en horas no laborables.

Por último pero no menos importante, agradezco a Raúl Mejía Ing., Coordinador del Proceso desconcentrado de la Cuenca del Guayas, de INAMHI; y Marcos Loor Goya Dr., Director Técnico del Hospital “Dr. José Daniel Rodríguez Maridueña” por permitirme el acceso a la información de las bases de datos de la Estación Meteorológica de la Universidad de Guayaquil y de Ingresos al Hospital de Infectología, respectivamente, durante el período 2009-2015.

## RESUMEN

**Objetivo:** Realizar el pronóstico de los casos de ingresos por infecciones respiratorias agudas en el Hospital de Infectología de la ciudad de Guayaquil, a partir de la influencia de la variabilidad meteorológica expresada mediante el comportamiento de la Densidad parcial del oxígeno en el aire.

**Diseño:** Estudio retrospectivo y transversal.

**Lugar donde se realizó el estudio:** Hospital de Infectología de la ciudad de Guayaquil, Dr. José Rodríguez Maridueña.

**Características de la población de estudio y metodología:** Se recolectó la información de los enfermos por IRA que además de inmunodeprimidos (infectados de VIH/Sida) presentaban Tuberculosis, estos ingresos diarios luego, se los agregó por semanas epidemiológicas. La información de las variables meteorológicas se obtuvo de la estación meteorológica de la Universidad de Guayaquil (INAMHI) todos los datos están comprendidos en el período 2009 – 2015. La variable dependiente de la Densidad parcial del Oxígeno en el aire DOA, sirvió a la vez para elaborar las series de tiempo por semanas epidemiológicas mediante el software estadístico R Studio con la función arimax de la librería TSA, también el coeficiente de determinación para ver la bondad del ajuste del modelo de transferencia lineal y el cálculo del pronóstico (una predicción de 7 semanas) para los meses de octubre y noviembre de 2015.

**Resultados:** El comportamiento de los ingresos hospitalarios ocurridos en el período del 1 de julio al 20 de agosto de 2009 y su estrecha relación con los significativos y bruscos cambios de tiempo que tuvieron lugar en ese mismo intervalo de tiempo cronológico. A lo largo de la muestra analizada, se observa que fue en el verano del año 2009 el momento en que más ingresos ocurren por asma bronquial e IRA de las vías respiratorias inferiores y superiores.

**Conclusiones:** El DOA permite establecer posibles escenarios que pueden ser previstos en un pronóstico meteorológico ARIMA siendo este un indicador de riesgo del aumento de efectos biometeorológicos en la ciudad de Guayaquil.

**Palabras clave:** Densidad parcial del Oxígeno en el aire, Series de tiempo, Infecciones respiratorias agudas, Biometeorología.

## ABSTRACT

**Objective:** Perform the forecast of cases of admissions for acute respiratory infections from the influence of meteorological variability expressed by the behavior of the partial density of oxygen in the air.

**Design:** Transversal retrospective study.

**Methods:** This study is based on Hospital of infectology of the Guayaquil city, Dr. José Rodríguez Maridueña, where information is collected from patients with acute respiratory infections who were also immunosuppressed, VIH-Aids, and had tuberculosis. This daily income is then added for epidemiological weeks. The information of the meteorological variables were obtained from the weather station of Guayaquil University (INAMHI) all data are included during the period of 2009 - 2015. The dependent variable of the partial density of oxygen in the air served both to elaborate the time series for epimedical weeks by means of the statistical software Rstudio with the arimax function of the TSA library, as well as the coefficient of determination to see the goodness of the adjustment of the linear transfer model and the calculation of the forecast, for the 1<sup>st</sup> months October and November.

**Results:** A clear seasonal, period from 1<sup>st</sup>-June to August 20<sup>th</sup> and relationship in this interval time.

**Conclusion:** The DOA allows to establish possible scenes that can be foreseen in the Arima weather forecast, although this is a risk indicator of the increase of biometeorological effects in the Guayaquil city.

**Key words:** variable of the partial density of oxygen in the air , time series, acute respiratory infections, Biometeorology.

## Índice General

1. Introducción.....	1
1.1. La Ciencia de la adaptación (Biometeorología) .....	2
1.2. Las Infecciones Respiratorias Agudas en Ecuador .....	4
1.3. Justificación.....	5
1.4. Alcance .....	6
1.5. Objetivo General .....	7
Objetivos específicos.....	7
2. Marco Teórico.....	8
2.1. Infecciones Respiratorias Agudas .....	8
2.2. Asma.....	10
2.3. Tuberculosis .....	11
2.4. Neumonía .....	12
2.5. Rinitis .....	12
2.6. Bronquitis .....	13
2.7. Influenza.....	14
2.8. Faringoamigdalitis.....	15
2.9. Infecciones Respiratorias Agudas en pacientes inmunodeprimidos. ....	15
2.10. Terminología Usada.....	16
2.11. Biometeorología.....	16
2.12. Densidad Parcial del Oxígeno Atmosférico.....	17
2.12.1. Cálculo de la Densidad Parcial de Oxígeno Atmosférico (DOA).....	19
2.12.2. Diferencia del DOA .....	19
2.13. Modelo ARIMA.....	20
2.14. Coeficiente de determinación o R cuadrado. ....	21
2.15. Raíz de error cuadrático medio.....	22
2.16. Muestra .....	22

2.17.	Población de Estudio. ....	22
2.18.	Condiciones Climáticas de la Ciudad de Guayaquil.....	23
2.19.	Climograma de Guayaquil.....	24
2.20.	Características de los Datos usados. ....	25
2.20.1.	Datos Meteorológicos .....	25
2.20.2.	Datos Epidemiológicos.....	25
2.20.3.	Cumplimiento de normas éticas de investigación.....	26
3.	Metodología.....	27
4.	Discusión y resultados .....	31
5.1.	La serie de tiempo del DOA y la diferencia DOA .....	42
5.2.	Características de los datos de ingresos hospitalarios. ....	44
5.3.	Relación diaria entre variables meteorológicas e ingresos hospitalarios. ...	52
5.4.	Relación de la prevalencia de enfermedades por ingresos en semanas epidemiológicas con la variable de Densidad Parcial de Oxígeno Atmosférico.....	60
5.4.1.	DOA y Tuberculosis. ....	60
5.4.2.	DOA y Neumonías.....	60
5.4.3.	DOA e Infecciones respiratorias a las vías respiratorias altas. ....	60
5.4.4.	DOA e Infecciones respiratorias a las vías respiratorias bajas. ....	60
5.4.5.	DOA e Infecciones respiratorias a las vías respiratorias.....	65
5.4.6.	DOA e Influenza. ....	65
5.5.	Relación estadística a partir del modelo de transferencia lineal entre la DOA y los ingresos por semanas epidemiológicas. ....	68
5.6.	Pronóstico para Gripe y Neumonía. ....	70
5.7.	Pronóstico para IRA y Enfermedades respiratorias.....	71
6.	Conclusiones.....	74
7.	Recomendaciones .....	76
8.	Bibliografía .....	77
	ANEXOS.....	83

## **1. Introducción**

La salud humana es el estado completo de bienestar general físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades (OMS, 1948). Y sobre este concepto el desarrollo del conocimiento científico de la salud ha incorporado los denominados determinantes de la salud que provienen de los sistemas sociales, ambientales e institucionales (OMS, 2001). Por lo tanto, los seres humanos como todo ser vivo se pueden ver afectados desde su biología y fisiología por factores ambientales que pueden ser del tipo meteorológicos y climáticos, esta influencia se puede observar a nivel de los órganos como por ejemplo el cerebro (León D., 2017).

Los cambios del tiempo y el clima de una localidad que se forman por los estados del tiempo diario influyen a los seres humanos, puesto que estos viven inmersos en el medio atmosférico desde su nacimiento y posteriormente en su desarrollo, lo que los mantiene en una estrecha y continua interdependencia con el entorno físico-geográfico circundante (León D., 2017). Según los científicos, estos cambios de tiempo y clima tendrán mayores repercusiones adversas en la salud que beneficiosas (OMS, 2003). Ha sido ampliamente aceptado que la variabilidad y el cambio climático representan una amenaza para la salud humana especialmente a las poblaciones e individuos más vulnerables: “Tanto en verano como en invierno, unas temperaturas medias más altas, combinadas con una mayor variabilidad climática, alterarían el patrón de exposición a temperaturas extremas y las consiguientes repercusiones en la salud” (OMS, 2003).

El Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático (IPCC) en su Informe del Grupo de Trabajo II (2007) informa que los efectos adversos en la salud humana serán mayores en países con bajos ingresos (confianza alta) y se prevé que estos efectos negativos en la salud provocados por el aumento de la temperatura a nivel mundial superen a las ventajas, principalmente en los países en desarrollo. En este mismo informe del Grupo de Trabajo II RT4 nos indica que el equilibrio entre efectos

positivos y negativos en la salud variará de un lugar a otro y se modificarán en el tiempo a medida que continúe el aumento de las temperaturas. Finalmente el IPCC (2007) nos advierte que aquellos en riesgo mayor son, en todos los países, la población pobre que vive en zonas urbanas, los ancianos y los niños, las sociedades tradicionales, los agricultores de subsistencia y las poblaciones costeras.

En el año 2015 La Comisión Lancet sobre salud y el cambio climático plantea una gama de amenazas a la salud humana y a la supervivencia en formas múltiples e interactivas, esta comisión se formó para planificar un mapa de ruta ante el impacto del cambio climático y las respuestas de política necesarias, a fin de garantizar los más altos estándares de salud alcanzables para las poblaciones de todo el mundo. Esta Comisión es multidisciplinar e internacional, con una fuerte colaboración entre centros académicos en Europa y China, además, nos expresa que los impactos del cambio climático pueden ser directos: como por ejemplo, Olas de calor y eventos climáticos extremos como una tormenta, incendios forestales, inundación, o sequía; o indirectos, a través de los efectos del cambio climático en los ecosistemas, tales como: pérdidas y patrones cambiantes de enfermedad, en las economías también tiene repercusiones y en la estructura social como por ejemplo, migraciones y conflictos (Watts N. et al., 2015) ( Anexo A).

Varios estudios europeos sobre los episodios de ola de calor han demostrado consistentemente un efecto sinérgico de la contaminación del aire y las altas temperaturas. (Cerutti et al., 2006; Johnson et al., 2005; Larrieu et al., 2008; Mastrangelo et al., 2007; Oberlin et al., 2010). Los patrones de alérgenos también están cambiando en respuesta al cambio climático, y la contaminación del aire puede modificar el potencial alergénico del polen, especialmente en presencia de condiciones climáticas específicas (Anderson W. et al., 2001). La forma en que se producen todas estas interacciones no son bien conocidas, pero las consecuencias para la salud varían desde la disminución de la función pulmonar hasta las enfermedades alérgicas, la aparición de nuevas enfermedades, la exacerbación de enfermedades respiratorias crónicas y la muerte prematura (Bayentin L. et al., 2010; Coelho et al., 2010). Esto es motivo suficiente para considerar los efectos multidimensionales de contaminación del clima y alérgenos al estimar los efectos respiratorios relacionados con el clima y la contaminación del aire, a fin de establecer políticas adecuadas y acciones de salud pública para hacer frente a los desafíos actuales y futuros del clima y la contaminación (De Sario et al., 2013).

### **1.1. La Ciencia de la adaptación (Biometeorología)**

“La ciencia interdisciplinaria de la biometeorología estudia los efectos del clima en los organismos y sus mecanismos de adaptación, así como también las consecuencias de los impactos humanos y naturales en la atmósfera” (Horowitz S., 2004). En el

2010 Bayentin L. et al., advierten que las variables climáticas, especialmente temperatura y humedad relativa, tienen una asociación con enfermedades circulatorias y resaltan que la definición de variables meteorológicas y sus efectos sobre la salud de la población se consideran importantes en el proceso de formulación de políticas gubernamentales. Estudios recientes han confirmado las influencias climáticas y las variaciones estacionales que se han observado clínicamente en la incidencia y la mortalidad de enfermedades cardiovasculares (ECV) y la exacerbación de asma, migrañas, artritis y trastorno afectivo estacional (SAD) (Horowitz S., 2004).

En el año 2006, el Instituto Nacional de Ecología en México pidió al Instituto Nacional de Salud Pública desarrollar un “Estudio diagnóstico sobre los efectos del cambio climático en la salud humana de la población en México”, este estudio dio como resultado una lista de eventos en salud relacionados con el cambio climático en diversas regiones del país y por tanto prioritarias en términos de salud pública (Riojas H, 2007).

La interacción entre el clima y los procesos biológicos no ocurre de forma aislada, sino que interactúa en conjunto con los distintos elementos climáticos y procesos fisiológicos. La relación entre ellos fue definida de acuerdo con Lecha (2009), Ortiz Rivero (2013) y Valencia (2008), como procesos complejos no lineales y difíciles de medir directamente.

Los Estados de Tiempo Diario (ETD) se relacionan con los datos de salud, caracterizando los estados del tiempo con las distintas enfermedades (Schmeltz et al., 2015). Mediante el uso de la Diferencia de Oxígeno Atmosférico más conocido por sus siglas como DOA, cuyos datos se calculan a diario para realizar cálculos de mesoescala evaluando sus efectos sobre el hombre, y a partir del DOA se obtienen las diferencias del DOA durante el día, que sirve como indicador complejo de referencia para pronosticar la ocurrencia de efectos meteoro-trópicos, el índice DOA, a partir de estos datos se realiza el pronóstico biometeorológico que se elabora para prevenir y minimizar los impactos de las variaciones del estado del tiempo sobre la salud de los seres vivos (Ovcharova, 1981).

En el 2008 Lecha et al., hallaron muy satisfactorio la aplicación operativa del servicio de pronósticos biometeorológicos en las instituciones de salud del municipio de Sagua La Grande en Cuba, encontrando relaciones significativas entre los casos de hipoxia e hiperoxia medidos con el DOA y los casos de infección respiratoria aguda, infarto y accidentes cerebro-vasculares graves.

En el año 2003 Aguinaga M, et al encontraron una relación entre los cambios de temperatura y la humedad relativa con los casos de Infecciones Respiratorias Agudas (IRA) en Callao – Perú. Otros estudios muestran un impacto del frío sobre la morbi/mortalidad en lugares con inviernos más templados en relación a los lugares con inviernos más crudos. En México Riojas, et al. (2007) encontraron que existe una correlación negativa y significativa entre las variables climáticas en cuanto a las

Infecciones Respiratorias Agudas (IRA). Varios años atrás, en 1974, Sulman, et al. se encargaban de analizar el efecto de los vientos cálidos del desierto en la salud de las personas, Lecha y Méndez (1981) estudiaban la ocurrencia de infartos al miocardio en Cuba y su relación con parámetros meteorológicos; Scott y otros investigadores (1989) demostraban la relación entre la presión atmosférica y las enfermedades respiratorias. En todos los casos, la creación de indicadores (Rodríguez et al., 1985) y el monitoreo del impacto de los efectos del tiempo en la salud (Lecha et al., 2011) han sido una constante (Fdez-Arroyabe, et al., 2015).

## **1.2. Las Infecciones Respiratorias Agudas en Ecuador**

Las Infecciones Respiratorias Agudas (IRA) son un caso recurrente en los hospitales tanto en consulta ambulatoria, internación y salas de urgencias, por lo que se encuentran entre las primeras causas de consulta en los servicios de salud presentando una alta mortalidad y su incidencia es mayor en grupos vulnerables tales como; niños menores de cinco años y los adultos mayores desde los sesenta y cinco años, siendo el sexo masculino el que presenta un número mayor de casos en la población (MSP Ecuador, 2011).

Las IRA pueden tener un origen viral o bacteriano, y se ubica entre las diez principales causas de defunción de la población en general, por lo cual, el presente estudio pretende demostrar la correlación que existe entre la morbilidad y mortalidad de las IRA y las distintas variables meteorológicas que han ocurrido en el lapso de seis años en la ciudad de Guayaquil. Las altas temperaturas y el calor afectan de manera negativa a la salud humana. A medida que el cambio climático aumenta en frecuencia e intensidad los eventos de calor extremo también, por lo tanto los encargados de la salud pública deben trabajar para comprender las causas y resultados de la morbilidad y mortalidad (Schmeltz et al., 2015).

### **1.3. Justificación**

El clima y el tiempo influyen sobre los seres vivos, ya que el sistema climático se relaciona con todos ellos, incluyendo al hombre, mediante un complejo conjunto de interacciones específicas y no específicas, donde la variabilidad climática influye en la distribución estacional de las IRA y de otras enfermedades que afectan a las vías respiratorias. La biometeorología se auxilia del análisis de las variaciones día tras día del estado del tiempo para relacionar esta dinámica con los posibles efectos en la salud humana (WMO, UNEP, WHO., 1986). En este caso asociados a la presencia de IRA cuando suceden cambios contrastantes del tiempo con la capacidad de afectar a las vías aéreas y respiratorias del ser humano que podrán causar daños al normal funcionamiento de los pulmones del ser humano y, desde ellos, a todo su organismo (Pazitková T., Pérez Martínez V., Alerm González A., Lecha Estela L., 2011)

#### **1.4. Alcance**

Con los datos meteorológicos se definirá la variabilidad del tiempo en la ciudad de Guayaquil, durante el período 2009 – 2015 y de estas variables meteorológicas se hallará el índice DOA, luego esta información se cotejara con la información de los ingresos comprendidos en el mismo período de años del Hospital de Infectología Dr. José Rodríguez Maridueña del MSP, y posiblemente se hallará una correlación entre estos datos validando o no de esta manera el uso de DOA como indicador de riesgo en la morbimortalidad de las IRA.

### **1.5. Objetivo General**

Realizar el pronóstico de los casos de ingresos por infecciones respiratorias agudas en el Hospital de Infectología de la ciudad de Guayaquil, a partir de la influencia de la variabilidad meteorológica expresada mediante el comportamiento de la densidad parcial del oxígeno en el aire.

#### **Objetivos específicos**

- Desarrollar una base de datos por semanas epidemiológicas que permita relacionar la cantidad de ingresos hospitalarios por Infecciones respiratorias agudas y las condiciones meteorológicas influyentes en la ciudad de Guayaquil.
- Conocer el comportamiento del índice complejo densidad parcial del oxígeno atmosférico durante los años 2009 y 2015 en la ciudad de Guayaquil.
- Tipificar la posible relación entre la cantidad de los ingresos hospitalarios por Infecciones Respiratorias Agudas y los cambios contrastantes en semanas epidemiológicas de la densidad parcial del oxígeno del aire.
- Determinar si el índice DOA permite establecer escenarios donde se justifique su uso futuro como indicador de riesgo de la presencia o no de los casos de Infecciones Respiratorias Agudas en Guayaquil.

## **2. Marco Teórico**

### **2.1. Infecciones Respiratorias Agudas**

En la guía para el equipo de salud del Ministerio de Salud del Gobierno de Argentina (2011) se define a las IRA como:

“Aquellas infecciones del aparato respiratorio, causadas tanto por virus como por bacterias, que tienen una evolución menor a 15 días y que se manifiestan con síntomas relacionados con el aparato respiratorio tales como tos, rinorrea, obstrucción nasal, odinofagia, disfonía o dificultad respiratoria, acompañados o no de fiebre”.

El manual de normas y procedimientos para el control de las infecciones respiratorias agudas del Ministerio de Salud del Ecuador (1993), indica que los principales síntomas de las IRA son:

- Tos
- Respiración rápida y/o difícil
- Cianosis-estridor-tiraje
- Aleteo nasal
- Ronquera
- Obstrucción nasal
- Catarro
- Dolor y/o enrojecimiento de garganta y oído

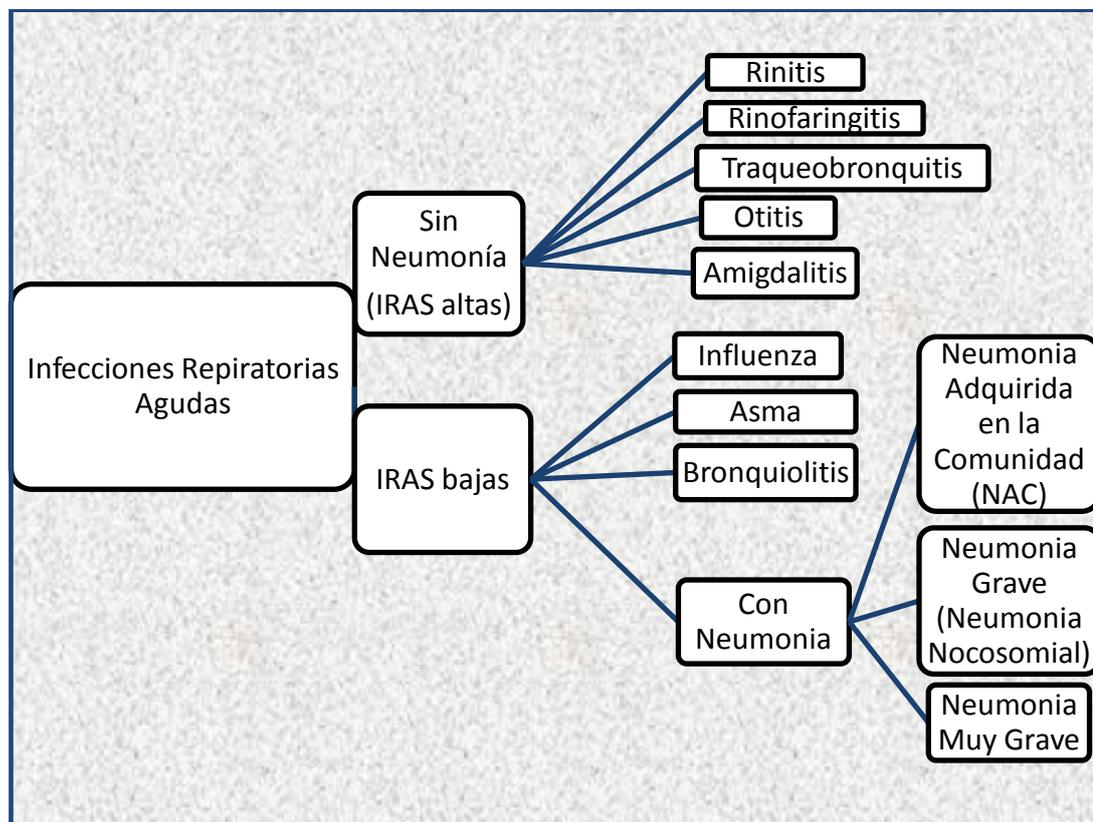
Según este manual las IRA se clasifican en principalmente en:

Infecciones de vías respiratorias altas (IRAs altas) e Infecciones de vías respiratorias bajas (IRAs bajas); (Fig N°1).

Si los síntomas de las IRA persisten por más de 10 a 14 días a pesar de estar recibiendo un tratamiento, se debe investigar la presencia de tuberculosis (TB) (MSP Ecuador, 1993). Considerando los agentes infecciosos que provocan las IRA se puede nombrar a:

- los rinovirus
- coronavirus
- virus parainfluenza 1, 2 y 3
- sincitial respiratorio (VSR)
- influenza A y B
- adenovirus
- enterovirus no polio.

Estos virus se caracterizan por una mayor circulación en determinados meses del año, que varía según los microorganismos (Sega E, 2008).



**Figura N° 1. Clasificación de las Infecciones Respiratorias Agudas. (MSP, 1993)**

Arnedillo Muñoz A. et al. (s.f.) explican que los procesos infecciosos alteran al sistema respiratorio que se encarga de varios procesos como la capacidad de mantener el intercambio gaseoso necesario para atender las necesidades metabólicas del organismo. Este intercambio gaseoso consiste en que el aire llega a los alvéolos en los pulmones mediante la ventilación, dentro de ellos se intercambian el oxígeno (O<sub>2</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a través de la barrera de difusión alvéolo-capilar, así la

sangre llega a los pulmones para recibir el  $O_2$  y entrega el  $CO_2$  a través de la perfusión (Vidal J., 2000).

Todo este proceso es fundamental para desarrollar el manejo racional de las patologías que alteran la función pulmonar normal, tales como las IRA que son ocasionadas por una gran variedad de virus y bacterias (Macedo M., Mateos S., s. f.).

En cuanto a los patógenos bacterianos asociados a infecciones adquiridas en la comunidad (NAC), los microorganismos más comunes son: “*Streptococcus pneumoniae*, *Haemophilus influenzae*, *Staphylococcus aureus*, *Mycoplasma pneumoniae*, *Chlamydia pneumoniae*, *Legionella* y otros gérmenes” (ARS médica, 2010).

## 2.2. Asma

El asma ataca a todos los grupos de edad, pero a menudo comienza en la infancia. Es una enfermedad caracterizada por ataques recurrentes de disnea y sibilancias, que varían en gravedad y frecuencia de persona a persona. En un individuo, pueden ocurrir de hora a hora y día a día. Esta condición se debe a la inflamación de los conductos de aire en los pulmones (Fig. N° 2) y afecta la sensibilidad de las terminaciones nerviosas en las vías respiratorias, por lo que se irritan fácilmente. En un ataque, el revestimiento de los conductos se hincha haciendo que las vías respiratorias se estrechen y disminuya el flujo de aire dentro y fuera de los pulmones (WHO, 2018).

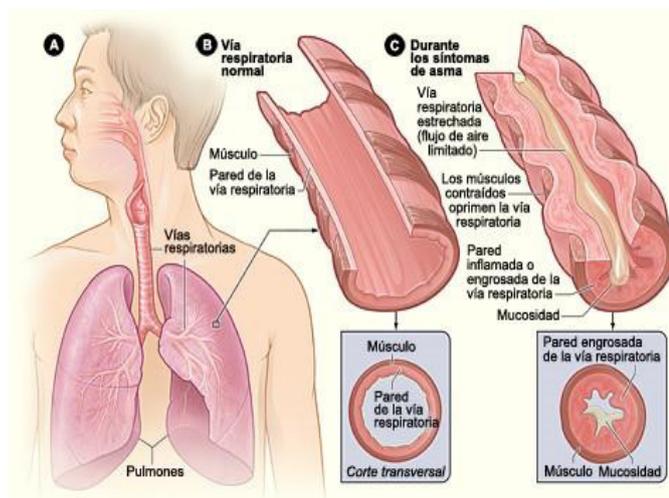


Figura N° 2. Asma. National Heart, Lung, and Blood Institute; National Institutes of Health; U.S. Department of Health and Human Services (2017).

En la figura la letra A muestra la ubicación de los pulmones y las vías respiratorias en el cuerpo. Letra B muestra un corte transversal de una vía respiratoria normal.

Finalmente la C muestra un corte transversal de una vía respiratoria durante los síntomas de asma.

El asma bronquial se caracteriza por la inflamación de las vías respiratorias, hiperreactividad de las vías respiratorias a una variedad de estímulos específicos e inespecíficos por vía aérea con una reversible obstrucción de las mismas. Además de la aparición de las ya nombradas disnea, opresión en el pecho, sibilancias y tos. A pesar de cualquiera que sea la patogenia que obstruye los bronquios, hasta ahora no se entiende completamente cuál es la causa del asma, pero es evidente que esta condición clínica tiene una etiología multifactorial (D Amato et al., 2002).

La presencia de días con nubes fue relacionada al aumento de asma en adultos y niños por Lecha (1998) cuando realizó una clasificación bioclimática, donde describía la influencia del medio ambiente sobre los seres humanos, de los ETD en Cuba. En este estudio se encontraron 18 estados del tiempo, los cuales fueron relacionados con la ocurrencia diaria de enfermedades, además encontró relaciones significativas entre la incidencia de enfermedades cardiovasculares y neurológicas y la ocurrencia de estrés de calor.

### **2.3.Tuberculosis**

Enfermedad causada principalmente por el bacilo de Koch o *Mycobacterium tuberculosis*, es una bacteria ácido-alcohol resistente frecuentemente incolora, aeróbico estricto, resistente al frío, la congelación y la desecación; pero muy sensible al calor, la luz solar y ultravioleta (ARS médica, 2010). Este microorganismo suele atacar los pulmones, pero puede también dañar otros órganos del cuerpo, causando la tuberculosis miliar. La tuberculosis (TB) se disemina a través del aire, cuando una persona con TB pulmonar tose, estornuda o habla. Hay más probabilidades de que usted se contagie con TB si tiene un sistema inmunitario debilitado. Los síntomas de la TB pulmonar pueden incluir:

- Tos severa que dure tres semanas o más
- Bajar de peso
- Toser y escupir sangre o mucosidad
- Debilidad o fatiga
- Fiebre y escalofríos
- Sudores nocturnos

Si no se trata adecuadamente, la TB puede ser mortal. Por lo general la TB activa puede curarse con varios medicamentos durante un período largo de tiempo. Las personas con TB latente pueden tomar medicamentos para no desarrollar TB activa (Barnat, 1977).

## 2.4. Neumonía

La Neumonía corresponde a un proceso inflamatorio agudo del tejido pulmonar intersticial circundante con compromiso variable de los espacios alveolares, de la vía aérea de conducción (bronquiolos terminales y respiratorios) (Barnat, 1977). Los pacientes con neumonía presentan con más frecuencia tos y taquipnea (respiración rápida) (Stansfield S, 1991), debido a la irritación de la pleura que resulta también afectada, fiebre alta y escalofríos.

En los casos más severos se presenta dolor y una sensación de tirantez que llevan al paciente a que respire superficialmente y durante la inspiración emita gemidos con gran abertura de las ventanas nasales. En algunos casos la tos se ausenta. Se presenta dolor de cabeza, sed y dolor abdominal. El paciente puede llegar a presentar cianosis (color azulado de la piel) por la falta de oxígeno, como también la restringida superficie de intercambio de gas en los pulmones y lo superficial de la respiración. Se pueden presentar delirios y bronquitis, en los casos más graves se presenta una bronconeumonía (Barnat, 1977).

La intensidad y el tipo de compromiso dependen del agente etiológico siendo el origen bacteriano el más frecuente, en la mayoría de los casos representa el 75%. El tratamiento se basa en la administración de antibióticos (ARS médica, 2010).

## 2.5. Rinitis

Inflamación de la mucosa nasal de etiología vírica que provoca congestión prurito e insuficiencia respiratoria nasal, rinorrea y estornudos (Fig. N° 3). Presenta un período de incubación de uno a tres días y un período de estadío de una semana, que inicia con pródromos de catarro seroso y termina con una fase mucosa o mucopurulenta acompañada de anosmia reversible por bloqueo. Es posible una sobreinfección bacteriana (ARS médica, 2010).

Este trastorno puede estar asociado con el asma bronquial, pero la evidencia de que la rinitis predispone a la persona para el asma, no es muy convincente. En los Estados Unidos, dos estudios de epidemiología, han descubierto que el asma sigue a la rinitis alérgica entre el 1 y 10 por ciento de los casos, lo que sugiere que el subsiguiente desarrollo del asma en las personas que sufren de rinitis, puede ser solamente un poco más común que en el resto de la población. Durante la infancia, el asma bronquial puede preceder el comienzo de rinitis alérgica. Las personas con rinitis son más propensas a las infecciones respiratorias, sinusitis e infecciones de los oídos (Koh YY, Kim CK; 2003)

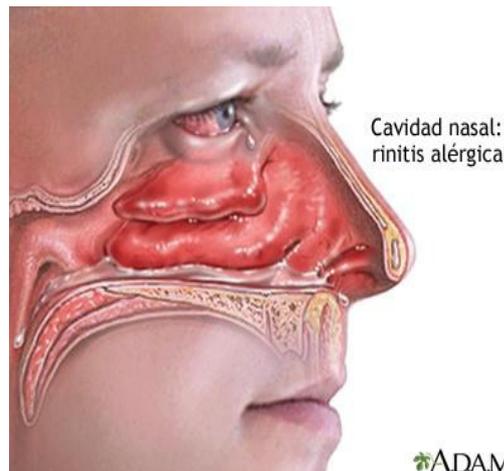


Figura N° 3. Rinitis. [www.adamimages.com](http://www.adamimages.com) (2017)

## 2.6. Bronquitis

Es la respuesta inflamatoria del árbol bronquial (Fig. N° 4) a un proceso infeccioso, se caracteriza por respiración entrecortada y tos con expulsión de esputos, además de otros síntomas, como fiebre mayor a 38.5°C, dificultad respiratoria, aleteo nasal y en ciertas ocasiones cianosis (Apolinario, De la Torre, 2016); es de etiología viral y de carácter estacional, que tiene como factores de predisposición al tabaquismo, cambios de temperatura y exposición a tóxicos ambientales. Con menor frecuencia puede tener un origen bacteriano, si es este el caso a menudo comienza con la contaminación por las bacterias de la tosferina, la neumonía o la gripe (Barnat, 1977).

En la Fig. 5. La figura A muestra la ubicación de los pulmones y de los bronquios en el cuerpo. La figura B es una vista ampliada y detallada de un bronquio normal. La figura C es una vista ampliada y detallada de un bronquio con bronquitis. El tubo (bronquio) está inflamado y contiene más mucosidad que de costumbre. Figura tomada de la página web del National Heart, Lung and Blood Institute (NHI).

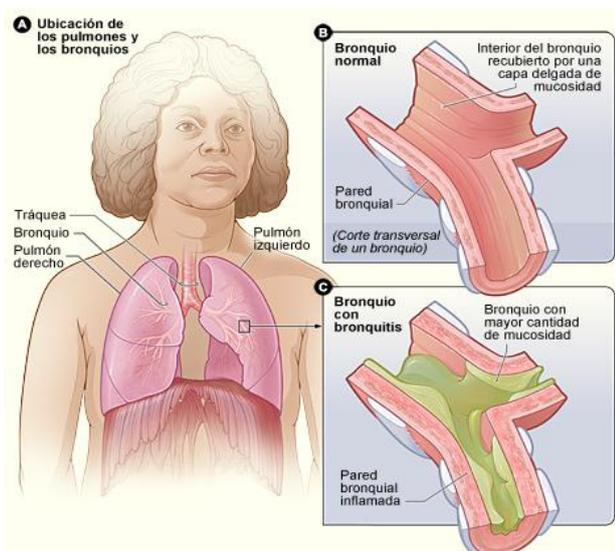


Figura N° 4. Bronquitis. National Heart, Lung, and Blood Institute; National Institutes of Health; U.S. Department of Health and Human Services (2017).

## 2.7. Influenza

La Influenza es una enfermedad respiratoria contagiosa causada por los virus de influenza: La influenza es un virus tipo ARN de la familia Orthomixoviridae; hay tres tipos de virus de influenza, el A, B y C (OMS, 2018). Las epidemias anuales de esta patología se producen en los meses más fríos. Donde las estadísticas informan que el grupo etiológico que en promedio se enferma más son los niños con 6 a 8 infecciones anuales contra 2 a 4 resfríos en adultos. En cuanto a género los hombres se enferman más que las mujeres en la adolescencia, llegando a revertirse el cuadro en la edad adulta (Sega, 2008). Los virus parainfluenza, influenza y VSR causan enfermedad respiratoria con faringitis, el primero afecta a todas las edades mientras los otros dos afectan principalmente a los niños menores de dos años (OMS, 2018).

En estudios realizados en laboratorio se comprobó que la transmisión viral puede ser sensible a la temperatura ambiente. Lowen et al. (2008) encontraron que el aumento de la temperatura ambiente de las jaulas de conejillos de indias parecía prevenir la transmisión en el aire pero no la transmisión de contacto. Es decir los cobayos en jaulas separadas en una cámara mantenida a una temperatura de 30°C no se contagiaban después de una semana de exposición, sin embargo, cuando se colocan en la misma jaula para simular las condiciones de transmisión de contacto a 30 ° C, entre el 75% y el 100% de los conejillos de indias receptores se infectaron. Además, estos resultados fueron insensibles a los cambios en la humedad relativa ambiente.

Edgar Hope-Simpson lo resume en su teoría propuesta sobre la transmisión viral de enfermedades infecciosas de la siguiente manera: el virus estacional de la influenza

tenderá a propagarse a través del medio ambiente a través de una serie de transmisiones de un pequeño número de huéspedes altamente infecciosos pero generalmente asintomáticos que brevemente se vuelven contagiosos como resultado de un "estímulo estacional" (Hope-Simpson 1992). Alonso W, et al. (2010) establece que las fuerzas ambientales (temperatura, humedad) juegan un papel más importante que los factores poblacionales (densidad, viajes) en la conducción del momento de las epidemias de influenza en todo Brasil.

## **2.8.Faringoamigdalitis**

Puede ser de origen bacteriano o viral, predominando la etiología bacteriana en los adultos mientras la etiología viral es más común en los menores de tres años. Comienza con fiebre alta, inflamación de los ganglios linfáticos, hiperplasia y exudado amigdalario, a menudo se presenta cefalea y dolor en el abdomen. El diagnóstico se hace en base a una predicción clínica de Centor modificada con la edad por McIsaac (Apolinario, 2016).

## **2.9.Infecciones Respiratorias Agudas en pacientes inmunodeprimidos.**

La incidencia y la gravedad de la infección pulmonar aumentan en los pacientes que tienen trastornos en su función inmune. Asimismo, los microorganismos responsables de la infección suelen diferir de los asociados a infección que se produce en el paciente inmunocompetente, siendo la etiología de la misma ocasionada por una gran cantidad de potenciales patógenos y teniendo generalmente una respuesta clínica muy similar en todas las etiologías (Pérez Chica, s.f.).

Se considera que un paciente es inmunodeprimido cuando presenta:

- Neutropenia (menos de 500 neutrófilos/ml.)
- Terapia con fármacos inmunosupresores (incluyendo corticoterapia a dosis elevadas).
- Leucemia, linfoma u otras neoplasias con tratamiento inmunosupresor.
- Infección por Virus de la Inmunodeficiencia Humana (VIH).
- Trasplante de órganos con terapia inmunosupresora asociada.
- Defectos congénitos inmunitarios.

El tipo de defecto inmunológico va a predisponer a la aparición de una serie de infecciones pulmonares (Smith et al., 1999). Si se conoce la alteración que induce la inmunodeficiencia podría servir de orientación para predecir el tipo de infección que se va a presentar. La mayoría de los estudios se han centrado hasta ahora en la mortalidad presentando una relación no lineal (en forma de U, J o V) entre la mortalidad diaria y las temperaturas extremas. Los pocos estudios que se centraron en

la morbilidad informaron un aumento en las hospitalizaciones diarias por enfermedades cardiovasculares y enfermedades respiratorias durante condiciones climáticas extremas (Ye et al., 2012).

## **2.10. Terminología Usada**

En este estudio utilizaremos unos términos que se explicarán a continuación:

- ◆ **Transversal:** Debido a que el estudio se concentrará en un período determinado de tiempo sin necesidad de seguimiento, es decir una sola vez se hace la obtención de datos.
- ◆ **Retrospectivo:** Se debe a que el estudio se analizará en el presente con datos del pasado.
- ◆ **Prevalencia:** Número de personas afectadas presentes en la población en un momento específico dividido por el número de personas en la población en dicho momento, o en otras palabras, el porcentaje de la población que presenta la enfermedad.
- ◆ **Mortalidad:** Cantidad de personas que mueren en un lugar y en un período de tiempo determinados en relación con el total de la población.
- ◆ **Morbilidad:** Cantidad de personas que enferman en un lugar y un período de tiempo determinados en relación con el total de la población.
- ◆ **Epidemiología:** Es el estudio de cómo se distribuyen las enfermedades en las poblaciones y los factores que determinan o influyen en esta distribución.

## **2.11. Biometeorología**

“A principios del siglo XX se comenzaron a estudiar los efectos del tiempo y del clima sobre la vida de los seres humanos, plantas y animales de forma más objetiva, rigurosa e interdisciplinaria, dando inicio a una nueva ciencia, la Biometeorología” (León D., 2017), que según la Universidad de Alicante es definida como: “una ciencia interdisciplinar que estudia las relaciones entre los organismos vivos y los procesos atmosféricos”. De ahí podemos expresar que “la biometeorología es la ciencia que estudia los efectos del clima y el tiempo sobre el comportamiento de los seres vivos” (Lecha, 2016).

De acuerdo con Vernadsky V.I. (1978), el clima constituye uno de las condiciones más importantes para el desarrollo y la evolución de la biosfera, y es de suma importancia para el medio ambiente humano. La evolución de la vida de hecho se produjo bajo pronunciadas fluctuaciones climáticas durante diferentes eras geológicas. En efecto la importancia de una interacción de los factores geofísicos y cósmicos sobre la vida fue propuesta por primera vez por Vernadsky (Kaznachev, 1996).

En 1992 Weihe planteó que la biometeorología es una ciencia de adaptación, introduciendo así un nuevo concepto dinámico, donde se pone la atención sobre la capacidad de los individuos de adaptarse a las condiciones del ambiente atmosférico y otras influencias ambientales.

## **2.12. Densidad Parcial del Oxígeno Atmosférico**

El oxígeno es uno de los componentes principales de la atmósfera y su falta puede acarrear graves consecuencias a los seres vivos incluso la muerte, cualquier modificación en su densidad en el aire pueda tener consecuencias sobre nuestra salud, especialmente la hipoxia, en personas con afecciones pulmonares o cardíacas (Dialnet, 2012).

Olcina Cantos y Martín Estévez (2012) explican cómo es que la cantidad de oxígeno no disminuye con la altura sino que lo que varía es su densidad:

“El porcentaje de oxígeno en el aire no varía sustancialmente en la troposfera, manteniéndose en torno al 21%; esto es, existe la misma proporción a nivel del mar y a siete mil metros de altitud. Otra cuestión es la densidad de la masa atmosférica, que es inversamente proporcional a la altitud; de manera que a siete mil metros de altitud, la masa atmosférica es más liviana que a nivel del mar. Se suele decir, erróneamente, que a gran altitud hay «menos oxígeno» cuando lo que ocurre es que se reduce la densidad del mismo en el aire”.

Debido a esto nuestro cuerpo soporta menor presión atmosférica a mayor altitud. La disminución de la presión atmosférica no se debe a un descenso en el porcentaje de oxígeno en el aire, sino a la disminución en el número de moléculas del mismo, igual sucede con los otros gases que componen la atmósfera, según explican estos autores que también indican en el boletín de la Asociación de Geógrafos españoles en su edición número cincuenta y ocho (2012), cómo la doctora Ovcharova (1981) estableció el DOA:

“Con estos parámetros físicos fundamentados en la Ley de los gases ideales y, derivada de ellos, en la ecuación de estado y teniendo presente, además, que la

presión atmosférica puede ser considerada como la suma de las presiones parciales de los componentes que integran el aire (el hidrógeno, el oxígeno, el vapor de agua, etc.), la doctora Ovcharova estableció, en 1958, una asociación experimental entre la actividad nerviosa superior en animales de laboratorio y el intercambio gaseoso de éstos con el ambiente circundante”.

Olcina Cantos y Martín Estévez (2012) explican que en un trabajo conjunto Voronin, Ovcharova y Spiridonov (1963) enfocados específicamente en la respuesta del cuerpo humano los cambios del tiempo y el clima, y los principales mecanismos fisiológicos involucrados en este proceso afirmarían que el organismo humano responde a los cambios en el tiempo atmosférico y a las variaciones estacionales.

En 1963, Ovcharova comprobó que la variación en la densidad de oxígeno en el aire producía afecciones directas en la actividad nerviosa superior de los animales, señalando que esto podría ocurrir igualmente en los seres humanos. Años más tarde, Ovcharova estableció el DOA como indicador complejo de los efectos de los cambios del tiempo en la salud humana (Ovcharova, 1981).

Por lo tanto, el DOA permite identificar los efectos de los cambios bruscos del estado del tiempo sobre la salud de las personas, porque en un solo número queda integrado el comportamiento de tres variables meteorológicas que actúan de forma específica sobre la fisiología humana. Los cambios de la presión actúan físicamente en la vasoconstricción o vasodilatación del sistema cardiovascular, los cambios de la temperatura actúan directamente sobre los estímulos del sistema termorregulador y la humedad del aire actúa como un elemento que excita o modera los efectos de los otros dos (Lecha L., 1992). Si no hay una correcta gestión del estrés biometeorológico, el estado de confort y la salud se alteran y el cambio viene dado por la variación de la densidad parcial del oxígeno en la atmósfera mediante la definición de contextos de hipoxia (disminución) e hiperoxia atmosférica (aumento del contenido de oxígeno) (Fdez-Arróyabe et al., 2011).

Así, el DOA se ha usado para calcular las diferencias de volumen de oxígeno en el aire en 24 horas de esta variable, lo que se conoce como el índice DOA y este se obtiene restando el valor de hoy menos el del día anterior. Esta diferencia del DOA en 24 horas "índice DOA", resulta un indicador muy efectivo de la intensidad de los cambios del tiempo que ocurren de un día al siguiente, según refiere Lecha (2016), así podemos conocer las variaciones diarias del índice DOA. Este índice tiene la importante ventaja operativa de calcular rápidamente los datos habituales de observaciones meteorológicas y poder producir un pronóstico objetivo por métodos numéricos (Lecha L., 2016), en otras palabras, es un indicador del grado de contraste que tiene el estado del tiempo de un día al siguiente y mientras mayor resulta su magnitud, positivo (por hiperoxia) o negativo (por hipoxia) mayor debe ser el impacto potencial de las condiciones del tiempo sobre la salud de las personas

vulnerables (Lecha L., 2017). Esta metodología de Ovcharova, por lo que se conoce, sería la primera vez que es aplicada en la ciudad de Guayaquil.

### 2.12.1. Cálculo de la Densidad Parcial de Oxígeno Atmosférico (DOA)

Para calcular esta variable se toman los valores de la Temperatura, Tensión parcial del vapor del agua y la presión atmosférica, la unidad de medida del DOA es  $g/m^3$ . Esta es por lo tanto, la variable meteorológica dependiente.

A continuación se muestra la fórmula de Ovcharova con la descripción de las variables que la integran:

$$DOA = 80,51 \cdot P / (T + 273) \cdot (1 - e/P)$$

**Ecuación I. (Ovcharova, 1981)**

Donde:

**DOA:** Densidad parcial de Oxígeno Atmosférico

**80,51:** valor de la constante de los gases ideales

**T:** temperatura del aire, en grados centígrados

**e:** tensión parcial de vapor del agua.

**P:** presión atmosférica.

Por lo que se puede observar en la fórmula de Ovcharova el valor de la DOA aumenta cuando aumenta la presión atmosférica, disminuye cuando aumenta la temperatura y también cuando aumenta la humedad del aire expresada por la tensión del vapor de agua.

### 2.12.2. Diferencia del DOA

De este índice complejo se calculó la diferencia en 24 horas de esta variable, restando el valor de hoy menos el del día anterior (hoy - ayer) y resulta un indicador muy efectivo de la intensidad de los cambios del tiempo que ocurren de un día al siguiente, según refiere Lecha (2017).

La fórmula del índice DOA se expresa de la siguiente manera:

$$iDOA = D_h - D_a$$

**Ecuación II. (Ovcharova, 1981)**

Donde:

**iDOA**= índice DOA

**Dh** = valor de DOA hoy

**Da**= valor de DOA día anterior

Según el mismo autor (2008), el cálculo de la variabilidad inter-diaria del índice DOA como forma de medir el contraste en 24 horas del estado del tiempo no significa que otras formas de calcular la variabilidad del tiempo no sean válidas para estudiar sus efectos sobre la salud de las personas. De hecho, en el proceso de implementación del servicio de pronósticos biometeorológicos en Cuba y otros países, como España; se ha comprobado que diferentes tipos de variación temporal del estado del tiempo pueden explicar satisfactoriamente la ocurrencia de efectos meteoro-trópicos significativos en una población dada. Pero la variabilidad inter-diaria esta mejor asociada al ritmo de los procesos atmosféricos, o sea, a los llamados Tipos de Situaciones Sinópticas (TSS). (Lecha, 1992)

### **2.13. Modelo ARIMA.**

El modelo ARIMA (Autorregresive Integrated Moving Average) permite predecir la forma en que las variables se van a comportar en el tiempo sin necesidad de resolver la ecuación diferencial, por lo general se da el caso que, debido a la inercia del sistema, un cambio en tiempo real en una variable no tiene un efecto inmediato en la otra, pero producirá una respuesta retrasada con respecto a esta; de esta forma, el cálculo de transferencia lineal puede describir el comportamiento de la variable, en cualquier momento del tiempo y es un modelo adecuado para este trabajo en donde las variables se trabajaron por semanas epidemiológicas (Coutin G, 2007; Contreras J, et al., 2003) .

La modelación ARIMA, demostrada por Box y Jenkins en 1976, en su libro: Análisis de Series de Tiempo, ha sido empleada mundialmente en salud pública reiteradas veces, debido a que se ajusta adecuadamente al comportamiento de los eventos de salud y también sirve para la obtención de pronósticos del comportamiento que presentaran las enfermedades infecciosas sujetas a vigilancia. Los modelos ARIMA permiten que todos los componentes de la serie puedan ser incluidos y analizados integralmente además de la modelación de los valores recientes y remotos de la variable e incluyen términos también para los ruidos recientes y remotos. (Gisele, M. 2007)

El modelo ARIMA brinda un aporte predictivo importante, incluso cuando las características del sistema son desconocidas, aunque la señal de una variable no afecte directamente al comportamiento de la otra, el efecto combinado podría alterar la respuesta en esta última, llamándose este efecto perturbación, que es necesario

también modelarlo en la práctica; Box E. P. et al, (2008). Para implementar el modelo, la señal de la variable x debe estar cross-correlacionada con la predictora de y, con al menos un episodio en el tiempo. La función de correlación cruzada entre estas variables no estacionarias (procesos estocásticos) brinda una estadística gráfica para conocer la fortaleza de la relación temporal que existe entre ambas señales (Bracewell R, 1965; Papoulis A, 1962). Las siguientes ecuaciones representan la matemática del modelo de transferencia lineal (Nogales et al. 2002, Guerra et al. 1997):

$$Y_t = \mu + \alpha(\beta) * X_t + \gamma(\beta) * \varepsilon_t$$

Para

$$\alpha(\beta) = C * \frac{\delta_0 * \beta^0 - \delta_1 * \beta^1 - \dots - \delta_s * \beta^s}{w_0 * \beta^0 - w_1 * \beta^1 - \dots - w_r * \beta^r} * \beta^d$$

$$\gamma(\beta) = \frac{1 - \theta_1 * \beta^1 - \dots - \theta_q * \beta^q}{1 - \phi_1 * \beta^1 - \dots - \phi_p * \beta^p}$$

**Ecuación III. Mantilla G. (2018) basado en las fórmulas de Nogales et al. 2002, Guerra et al. 1997.**

Donde:

$\delta_s, w_r$ :	Polinomios en el operador de retardos $\beta$
d:	Numero de periodos que transcurren antes de que X afecte a Y
s, r:	Orden de los polinomios $\delta, w$
$\varepsilon_t$ :	Termino de perturbación que no se comporta como ruido blanco
$\mu$ :	Termino constante
C:	Constante de escala para el efecto directo de X sobre Y
$\theta_q, \phi_p$ :	Polinomios en el operador de retardos $\beta$ , especificaciones ARMA para la perturbación $\varepsilon_t$ (variable aleatoria idénticamente distribuida, con media 0, y desviación estándar $\sigma^2 I$ )
q, p:	Orden de los polinomios $\theta, \phi$
Yt:	Variable de respuesta
Xt:	Variable predictora

#### 2.14. Coeficiente de determinación o R cuadrado.

El coeficiente de determinación se basa en la siguiente descomposición:

$$SCT = SCT + SCR$$

**Ecuación IV: descomposición de fórmula de mínimos cuadrados Ezequiel U, 2013.**

Donde:

SCT: es la suma de cuadrados totales,

SCE: es la suma de cuadrados explicados, y

SCR es la suma de cuadrados residual.

Basándose en esta ecuación, el coeficiente de determinación se define como:

$$R^2 = \frac{SCE}{SCT}$$

**Ecuación V: Fórmula de mínimos cuadrados Ezequiel U, 2013.**

Por lo tanto los valores extremos del coeficiente de determinación son: 0, cuando la varianza explicada es cero, y 1, cuando la varianza residual es cero, es decir, cuando el ajuste es perfecto. Por lo tanto,

$$0 \leq R^2 \leq 1$$

Ezequiel (2013) recuerda que un  $R^2$  pequeño implica que la varianza de la perturbación ( $\sigma^2$ ) es grande en relación a la variación de  $y$ , lo que significa que  $\beta$  no puede ser estimada con precisión. Pero una varianza de perturbación grande puede compensarse con un tamaño muestral elevado (como en el caso del presente estudio), de forma que si  $n$  es suficientemente grande, se puede llegar a estimar los coeficientes con precisión a pesar de que no se hayan controlado muchos los factores no observados.

### **2.15. Raíz de error cuadrático medio.**

ECM (error cuadrático medio) es un estimador que mide el promedio de errores, es decir, la diferencia entre el estimado  $t$  y lo que se estima. El ECM es la función de riesgo correspondiente al valor esperado de la pérdida del error al cuadrado o pérdida cuadrática incorpora la varianza del estimador así como su sesgo (Lehmann, 1998).

### **2.16. Muestra**

Los enfermos de VIH que han padecido episodios de IRA durante el período enero 2009 – noviembre 2015, que provienen en su mayoría de la ciudad de Guayaquil, Durán, Yaguachi, Salitre, Milagro, Playas, Tarifa, y de distintas partes de las provincias de Los Ríos, Manabí, Guaranda, Galápagos y Esmeraldas. Alcanzando un total de 2802 enfermos.

### **2.17. Población de Estudio.**

La población de estudio corresponde a todos los pacientes ingresados a diario en el Hospital de Infectología (Fig.. 5) que han padecido de IRA clasificadas como IRAs

bajas, IRAs altas (MSP, 1993) y Tuberculosis. La mayoría de estos pacientes son inmunodeprimidos, pues además de IRAs y Tuberculosis, están infectados de VIH/Sida lo cual los convierte en una población vulnerable. La variable de análisis para el presente estudio vienen a ser todos los ingresos hospitalarios que van desde el primero de enero del dos mil nueve hasta el dieciséis de noviembre del año dos mil quince (2009 – 2015) con un total de 2841 pacientes.



**Figura N° 5: Ubicación de la Estación Meteorológica y el Hospital de Infectología.**  
Imagen tomada de Google Earth. Mapa realizado por Solórzano J (2018).

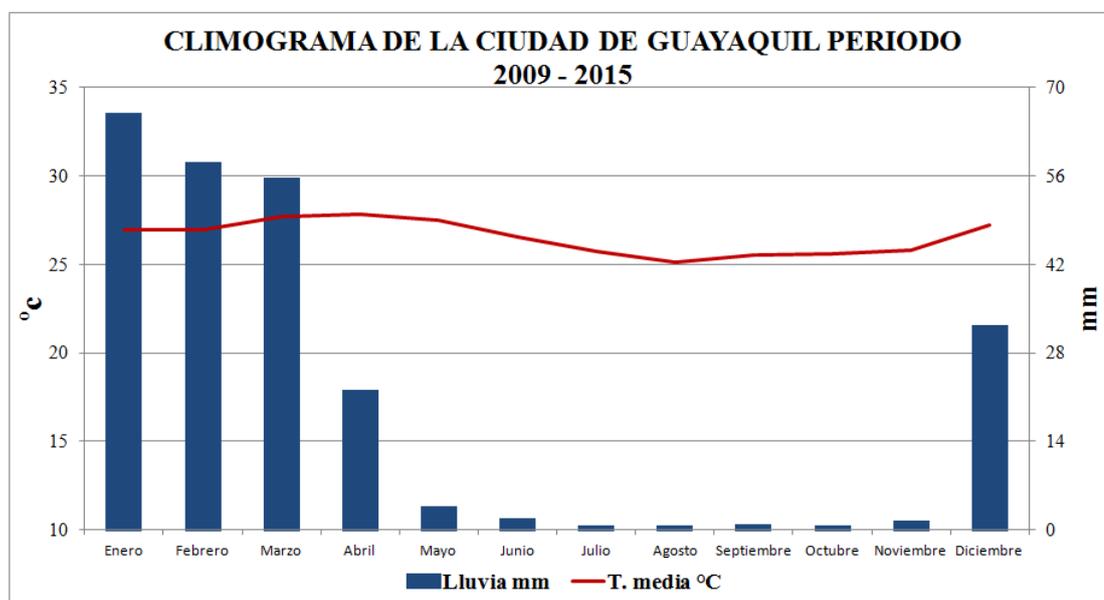
## 2.18. Condiciones Climáticas de la Ciudad de Guayaquil

El clima de Guayaquil es típicamente ecuatorial, con una pequeña variación estacional, que ocurre cuando el ramal oriental de la corriente de Humboldt avanza con tendencia al norte bordeando las costas ecuatorianas. Este flujo es conocido como Corriente Costanera Ecuatoriana (CCE) (Allauca, 1990); las variables meteorológicas consideradas muestran un ritmo estacional bien definido, asociado a los efectos de los factores formadores del clima, especialmente el desplazamiento dos veces al año de la Zona Intertropical de Convergencia (ZIC) por sobre la región, que desplaza a la CCE. O sea, la cercanía o lejanía de la ZIC determina las características del clima de Guayaquil, la duración de los períodos lluviosos y la ocurrencia de los principales fenómenos meteorológicos y tipos de tiempo influyentes sobre la población de la región.

En la ciudad de Guayaquil se observa una marcada estacionalidad entre la época de lluvia y cálida (Diciembre-Mayo) y la época seca y fría (Junio-Noviembre) marcada por la presencia de la corriente de Humboldt en las costas ecuatorianas entre los meses de Abril y Noviembre. (Allauca, 1990)

## 2.19. Climograma de Guayaquil

En la figura N° 6 el climograma de la ciudad de Guayaquil revela la “temperatura media mensual” (línea roja continua) por cada mes en Guayaquil. Los días lluviosos y los días secos se representan mediante barras azules. Los valores de temperatura y precipitación recopilan los seis años que abarca el presente estudio. Las temperaturas más altas se producen alrededor de los 28°C en los meses de Marzo y Abril coincidiendo con la estación lluviosa cuyo máximo de precipitación ocurre en los meses de Febrero (2197 mm) y Marzo; las temperaturas más bajas se producen en los meses de Agosto con 25°C y Noviembre durante la estación seca.



**Figura N° 6. Climograma de Guayaquil período 2009 - 2015**  
Solórzano, J. (2018)

## 2.20. Características de los Datos usados.

### 2.20.1. Datos Meteorológicos

En este trabajo se realizó el análisis biometeorológico transversal, retrospectivo de una serie de 2511 días de las variables meteorológicas, descritas a continuación, que fueron tomadas a diario de la estación meteorológica de la Universidad de Guayaquil (INAMHI) durante seis años comprendidos en el período 2009 – 2015. Son siete las variables meteorológicas, variables independientes y se nombran a continuación:

**Tabla I: Variables independientes, datos meteorológicos, usados en el presente estudio; sus unidades de medida y símbolos respectivos.**

<b>VARIABLES METEOROLOGICAS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>SÍMBOLO</b>
Temperatura media diaria del aire.	Grados Celsius	°C
Presión al nivel del mar.	Pascal	Pa
Tensión del vapor media diaria.	Hectopascales	hPa
Nubosidad media diaria	Octavos	x/8
Evaporación potencial diaria.	Milímetros	mm
Velocidad del viento.	Kilómetro por hora	Km/h
Precipitación total diaria.	Milímetro	mm

### 2.20.2. Datos Epidemiológicos

Los ingresos diarios de morbilidad y mortalidad de las IRA desde el año 2009 al 2015 fueron suministrados de la base de datos del Hospital de Infectología Dr. José Rodríguez Maridueña que pertenece a la Coordinación Zonal 8 del Ministerio de Salud Pública del Ecuador (MSP) en la ciudad de Guayaquil.

Para referenciar las 19 enfermedades con las que se trabajó se ha considerado la Clasificación Internacional de Enfermedades CIE (2000), (Tabla III) que va por su décima revisión, la CIE permite: “el registro sistemático, el análisis, la interpretación y la comparación de los datos de mortalidad y morbilidad recolectados en diferentes países o áreas y en diferentes épocas”. La utilidad de este documento es la de: “Convertir los términos diagnósticos y de otros problemas de salud, de palabras a códigos alfanuméricos que permiten su fácil almacenamiento y posterior recuperación para el análisis de la información”.

Los ingresos proporcionados por el Hospital de Infectología que atiende a diario pacientes que provienen de ciudades como: Guayaquil, Durán, Samborondón, Nobol, Salitre, Milagro y demás ciudades de la costa ecuatoriana, serán considerados para este estudio incluyendo tanto los casos de morbilidad como de mortalidad, además la prevalencia de estos enfermos está acompañada de muchas y diversas enfermedades

como VIH/Sida y Tuberculosis por que los casos que atiende esta casa de salud son principalmente de inmunodeprimidos. Este listado de ingresos hospitalarios permitirá el desarrollo del análisis estadístico y se hallará su posible correlación con los datos meteorológicos. El detalle de la morbilidad y mortalidad.

**Tabla II. Clasificación de las enfermedades con el código CIE correspondiente.**

<b>Código CIE</b>	<b>Enfermedades</b>
J00	Rinofaringitis
J01	Sinusitis aguda
J02	Faringitis
J03	Amigdalitis
J04	Laringitis
J06	IRA
J10	Influenza
J13	Neumonía Adquirida en la Comunidad (NAC)
J15	Neumoinfección
J16	Neumonía por agente infeccioso no clasificado
J20	Bronquitis
J22	Infección aguda no especificada de las vías respiratorias inferiores
J44	Bronconeumonía
J46	Estado asmático
J98	Broncoespasmo
A15	Tuberculosis pulmonar (TB pulmonar)
A17	TB cerebral
A18	TB de otros órganos
A19	TB miliar

Para un mejor análisis de las enfermedades se las agrupó según están clasificadas por el Ministerio de Salud Pública.

### **2.20.3. Cumplimiento de normas éticas de investigación**

Al recolectar la información de los casos de ingresos por IRA y Tuberculosis, de la base de datos del Hospital de Infectología Dr. José Rodríguez Maridueña, no se registró ninguna información que permita la identificación de los pacientes, resguardando la intimidad del individuo y la confidencialidad de la información, siguiendo así lo establecido en la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (Declaración de Helsinki, 2000).

### **3. Metodología**

Estudio retrospectivo y transversal de la prevalencia de infecciones respiratorias agudas en el Hospital de Infectología Dr. José Rodríguez Maridueña de la ciudad de Guayaquil, durante el período comprendido entre los años 2009 – 2015; en pacientes inmunodeprimidos (con VIH- Sida)

Las variables meteorológicas a analizar son: Temperatura media, Presión atmosférica, Tensión del vapor, Nubosidad, Evaporación potencial diaria, Velocidad del viento, Precipitación, Densidad Parcial de Oxígeno Atmosférico (DOA).

La base de datos fue suministrada por el INAMHI para el 1 de Enero del 2009 hasta el 16 de Noviembre del 2015; con 2511 días de datos meteorológicos. Los datos faltantes se rellenaron con el promedio de la media corrida de seis días antes, en los casos de uno hasta tres datos seguidos.

**Tabla III. Datos meteorológicos estación Ciudadela Universitaria del período 2009-2015.**

<b>Variabes Meteorológicas</b>	<b>Periodo</b>	<b>Observacion es esperadas</b>	<b>Cantidad de Datos</b>	<b>Datos rellenados</b>
Temperatura	diaria	2556	2428	128
Presión	diaria	2556	2555	1
Tensión del vapor.	diaria	2556	2521	35
Nubosidad.	diaria	2556	2556	0
Evaporación potencial.	diaria	2556	2521	35
Velocidad del viento.	diaria	2556	2363	193
Precipitación total diaria.	diaria	2556	2476	80

Los ingresos hospitalarios fueron analizados por:

- Enfermedades
- Casos de morbilidad, mortalidad; y
- Género

**Tabla IV: Datos de morbimortalidad y género por año de los ingresos del Hospital de Infectología de la ciudad de Guayaquil en el período 2009-2015.**

<b>Morbi</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>Total</b>
mortalidad	176	18	126	51	74	42	69	556
morbilidad	647	139	488	272	253	154	293	2246
								<b>2802</b>
<b>Genero</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>Total</b>
masculino	544	74	429	200	193	144	266	1850
femenino	279	83	185	123	134	52	96	952
								<b>2802</b>

Se consideraron solamente las fechas de ingresos hospitalarios con ocurrencia de las IRA. Los gráficos de morbilidad, mortalidad y de ingresos hospitalarios por género se realizaron para conocer la muestra de estudio y corroborar la estadística de los datos.

En la data proporcionada por el Hospital estaban todas las enfermedades agrupadas por paciente, por lo tanto, estos datos tuvieron que ser separados para su análisis en casos por enfermedades. Cabe recalcar que los pacientes del hospital de Infectología por su condición de inmunodeprimidos presentaban de cinco a siete enfermedades cada uno. Las 19 enfermedades fueron reagrupadas por subcategorías de IRA, IRAs altas e IRAs bajas, Neumonías, Influenza y Tuberculosis, para efectuar luego el pronóstico con dos grupos (Tabla V): IRA- Enfermedades respiratorias y Gripe – Neumonía, las Tuberculosis no fueron incluidas en el pronóstico.

La variable dependiente DOA sirvió a la vez para elaborar las series de tiempo por semanas epidemiológicas para observar la relación de cada una de las variables independientes (meteorológicas) con esta variable (DOA)

**Tabla V. Agrupación de Enfermedades para el presente estudio.**

Rinofaringitis	IRAs altas	IRA y enfermedades respiratorias
Sinusitis aguda		
Faringitis		
Amigdalitis		
Laringitis		
IRA	IRA	
Bronquitis	IRAs bajas	
Infección aguda no especificada de las vías respiratorias inferiores		
Bronconeumonía		
Estado asmático		
Broncoespasmo		
Influenza	Influenza	Gripe y Neumonía
Neumonía Adquirida en la Comunidad (NAC)	Neumonías	
Neumoinfección		
Neumonía por agente infeccioso no clasificado		
Tuberculosis pulmonar (TB pulmonar)	Tuberculosis	Grupo Independiente
TB cerebral		
TB de otros órganos		
TB miliar		

En el programa Rstudio se realizó:

- 1) El cuadro de comportamiento de la DOA mes a mes en el período 2009 a 2015, a partir de los promedios mensuales de los valores del DOA identificando por colores los casos de hipoxia e hiperoxia año a año;
- 2) el análisis estadístico a través de la función arimax de la librería TSA (Chan K., Ripley B.; 2018);
- 3) el coeficiente de determinación para ver la bondad del ajuste del modelo de transferencia lineal (Steel, R.G.D, Torrie, J. H., 1960); y
- 4) el cálculo del pronóstico (una predicción de 7 semanas) para los meses de octubre y noviembre de 2015.

#### **4. Discusión y resultados**

Las variables seleccionadas pueden considerarse independientes, excepto la variable que se produce de la asociación que se establece entre la temperatura, presión y tensión del vapor del agua: DOA; estos elementos que permiten su cálculo, por lo tanto, se pueden obviar en el análisis de los elementos subordinados; el uso del DOA permite un análisis integral de estas variables junto con los ingresos hospitalarios. Otra asociación de interés se establece entre la evaporación potencial y la nubosidad, de acuerdo a las condiciones físicas que explican las interacciones indirectas presentes en el proceso. O sea, cuando aumenta la nubosidad, disminuye la radiación solar incidente y se reduce la evaporación potencial desde la superficie. También el aumento de la nubosidad está relacionado con el aumento de las precipitaciones, siendo esta otra condición que contribuye a la disminución de la evaporación potencial. (Lecha L., 2016)

En consecuencia con lo anterior, la serie de tiempo anual de la temperatura media comparada se mueve en el rango de 261 a 269 g/m<sup>3</sup> con una clara variación estacional (Fig. N° 7), con una variabilidad inter-diaria marcada y relación inversa con la temperatura media que oscila entre 22° y 30° Celsius además se observa el aumento de casi un grado en la temperatura media, durante el período 2009 – 2015.

A lo largo del período estudiado se observan algunos valores extremos de interés, capaces de provocar contrastes térmicos inter-diarios que pueden originar efectos meteoro-trópicos. La estacionalidad está bien marcada, observando mayor variabilidad en la época de lluvia.

Los parámetros de humedad también tienen una marcada oscilación estacional. Como se observa en la Fig. N° 8, la tensión del vapor de agua (TVA) tienen sus máximos anuales en la época lluviosa (31 hPa), entre los meses de enero y abril, disminuyendo después gradualmente en el resto del año (20 hPa) con una relación inversa observada en las líneas de tendencia. Esta variable meteorológica muestra contrastes inter-diarios notables en algunos días específicos, con capacidad de generar efectos sobre la salud de las personas más sensibles (Lecha, 1992). Se relacionan los días de alta TVA con los días de hipoxia en la variable DOA y los días de baja TVA con los días de hiperoxia. En la línea de tendencia se observa mejor esta relación inversa, por lo tanto los valores del DOA tienden a disminuir en la estación lluviosa y aumentan durante la estación seca. Al contrario el Vapor de agua aumenta en la época de lluvias y disminuye en la época seca.

Los datos de velocidad del viento, nubosidad y precipitaciones muestran un comportamiento coherente con las características del clima local, así como los datos de la evaporación potencial. Con este volumen de información disponible para seis años consecutivos se puede realizar el estudio de los efectos potenciales del estado del tiempo sobre la salud de la población de Guayaquil y responden correctamente al comportamiento de la variabilidad del clima local. Se observa adecuada correspondencia en los ritmos estacionales de las variables seleccionadas. Se realizó el cálculo del valor diario de la densidad parcial del oxígeno en el aire (DOA) lo que permite incorporar un nuevo elemento complejo al análisis de los efectos del estado del tiempo sobre los ingresos hospitalarios por enfermedades respiratorias (Lecha, 2017).

De las consideraciones anteriores se concluye que los datos meteorológicos disponibles tienen la calidad requerida para el estudio propuesto, pero es necesario estandarizar y completar para todo el período de información los datos médicos, considerando la ocurrencia de los ingresos diarios, porque son los que potencialmente deben estar más cerca de la influencia de los efectos meteoro-trópicos que actúan como un factor predisponente para la ocurrencia de crisis de salud entre la población de Guayaquil.

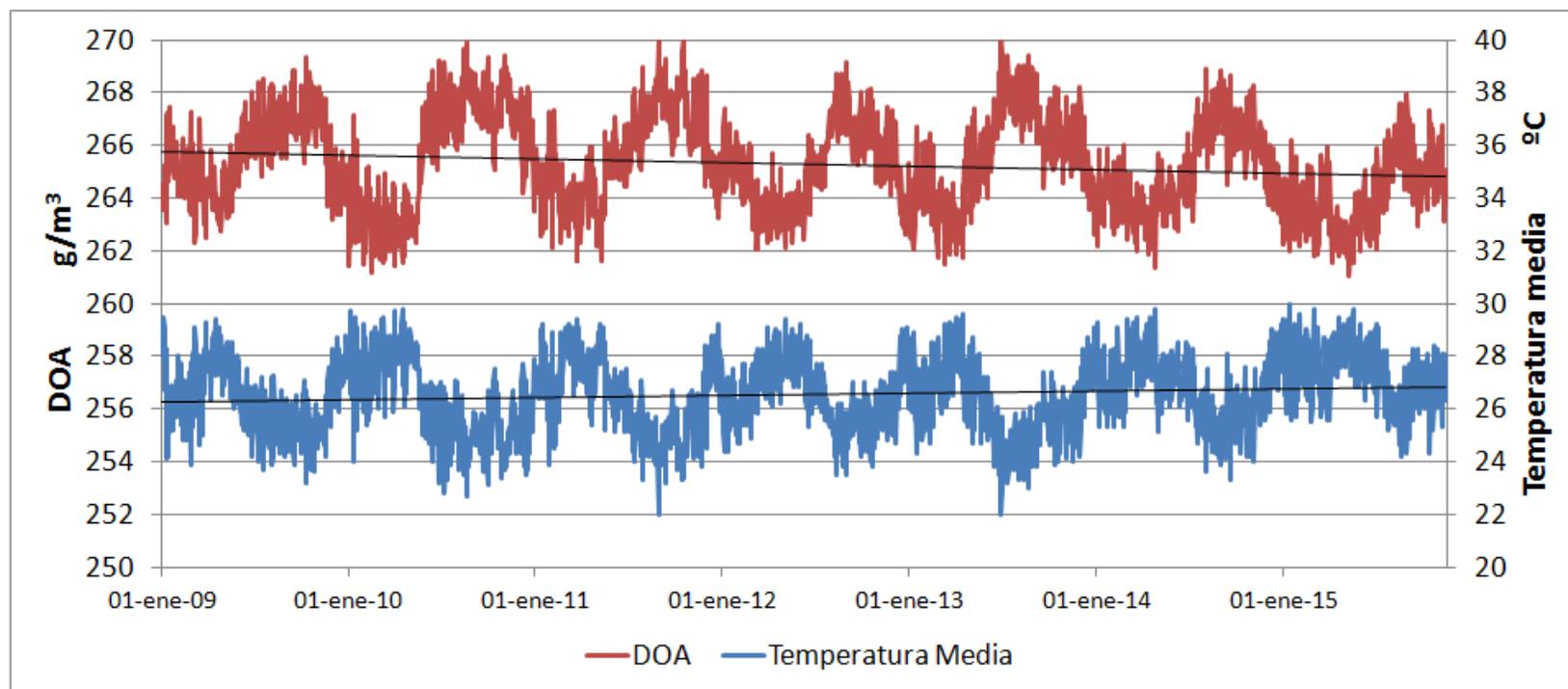


Figura N° 7. Serie de tiempo de temperatura media y DOA (2009-2015).

Una muestra evidente del importante efecto que tiene la Zona de Convergencia Intertropical sobre el clima de Guayaquil se aprecia en las Figuras N°: 9, 10 y 11. Los mínimos anuales de la presión se originan en los momentos que la Zona de Convergencia Intertropical se encuentra sobre la región, por lo que dichos mínimos coinciden con los máximos anuales de la nubosidad y de la velocidad del viento, en este último caso por la formación frecuente de tormentas eléctricas.

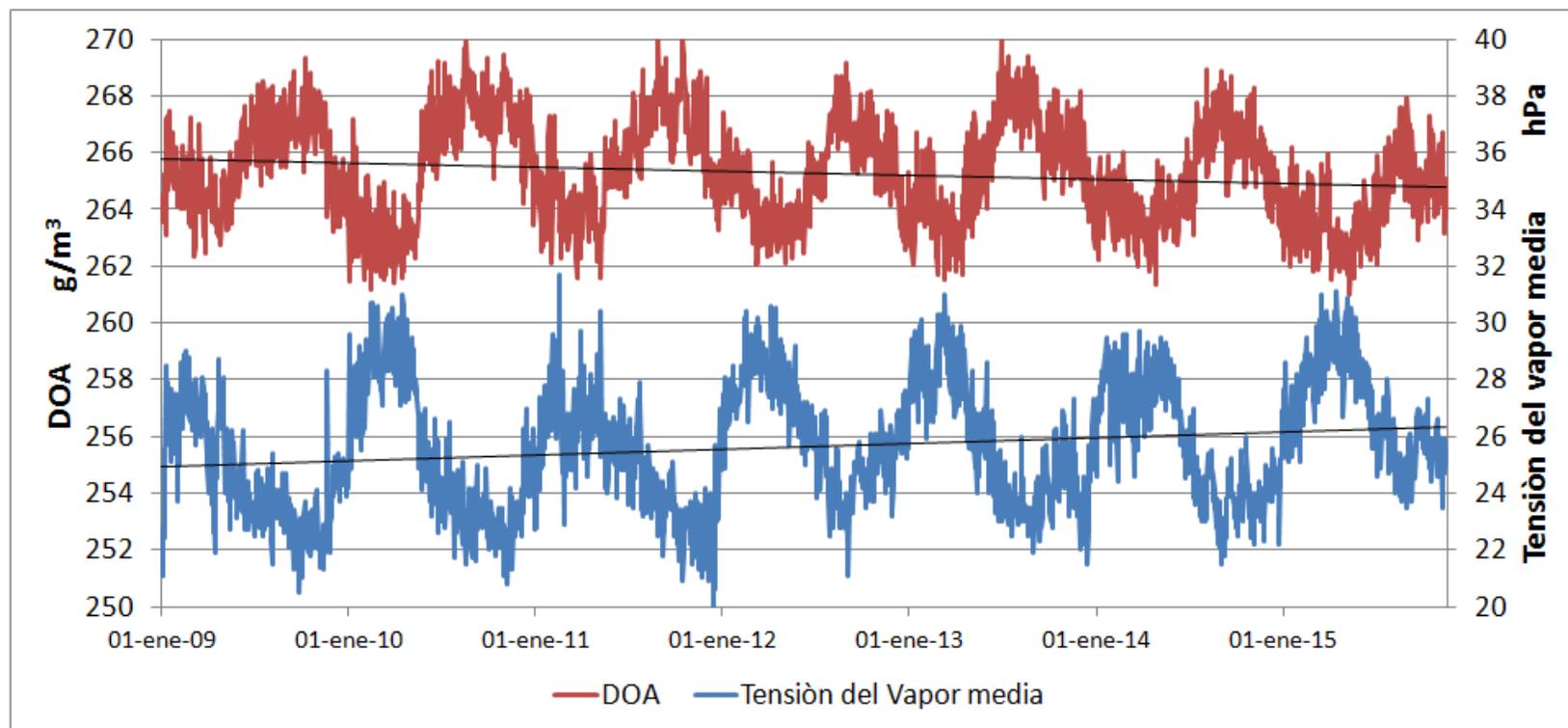


Figura N° 8. Serie de tiempo de tensión del vapor media y DOA (2009-2015).

Por último queda por valorar el comportamiento de las precipitaciones y de la evaporación en la zona (Figuras. N° 12 y N° 13). Como se observa, las precipitaciones coinciden cronológicamente con el momento de mayor nubosidad y con el máximo de la velocidad del viento, lo cual justifica la afirmación anterior de que todo ello es el resultado del predominio de las lluvias y tormentas eléctricas en esta época del año. Los días que se presentan las precipitaciones Fig. 12 coinciden con los días de hipoxia en la serie de la DOA.

Como era de esperar, en la época más nublada y lluviosa la evaporación tiene su mínimo, y de esta manera se completa el análisis preliminar del clima de la región. No existen suficientes elementos de juicio para llegar a una conclusión definitiva; pero en el transcurso de las series cronológicas de los diferentes elementos analizados, se observa una disminución de su variabilidad anual en los años 2013 al 2015, con respecto al comportamiento mucho más contrastante de los años 2009 y 2011. Ello pudiera tener relación con la disminución de los ingresos hospitalarios de algunas enfermedades.

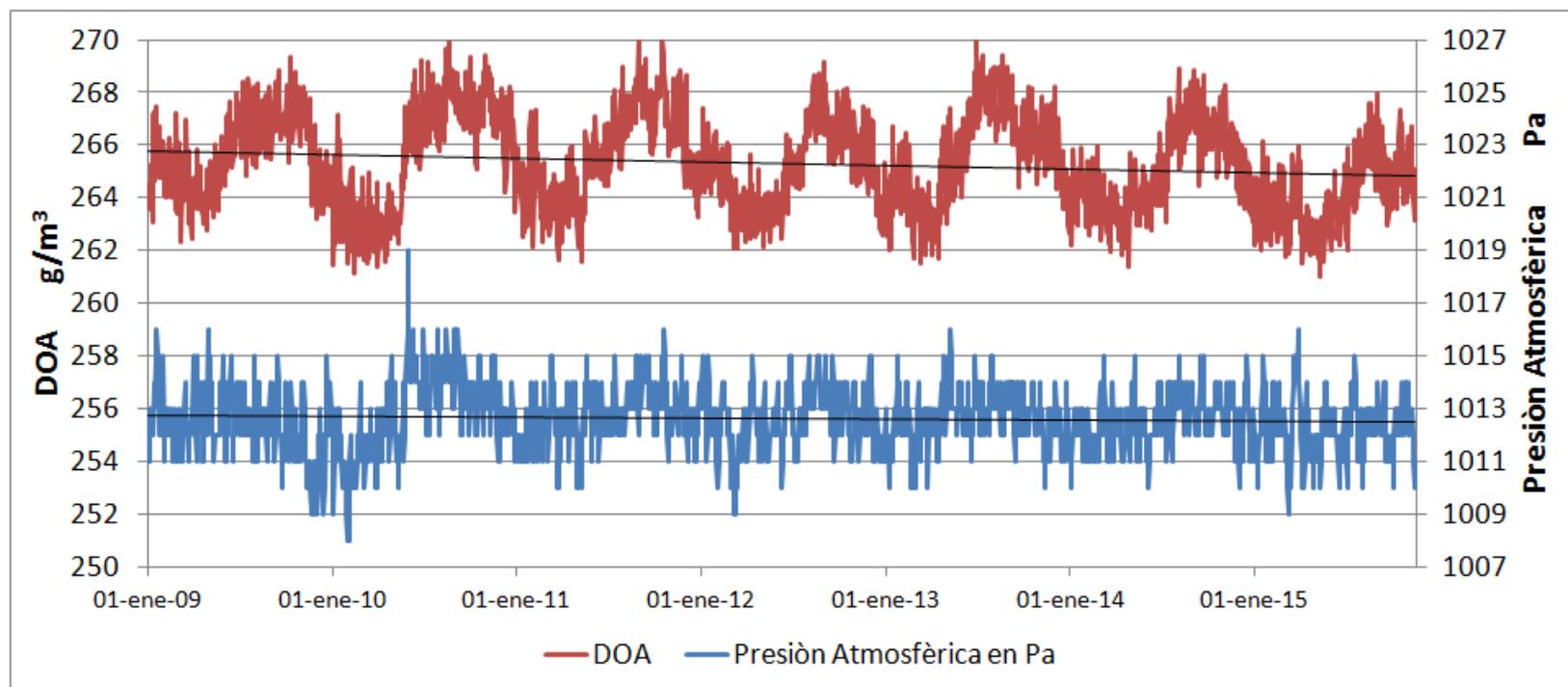


Figura N° 9. Serie de tiempo de la Presión atmosférica y DOA. (2009-2015).

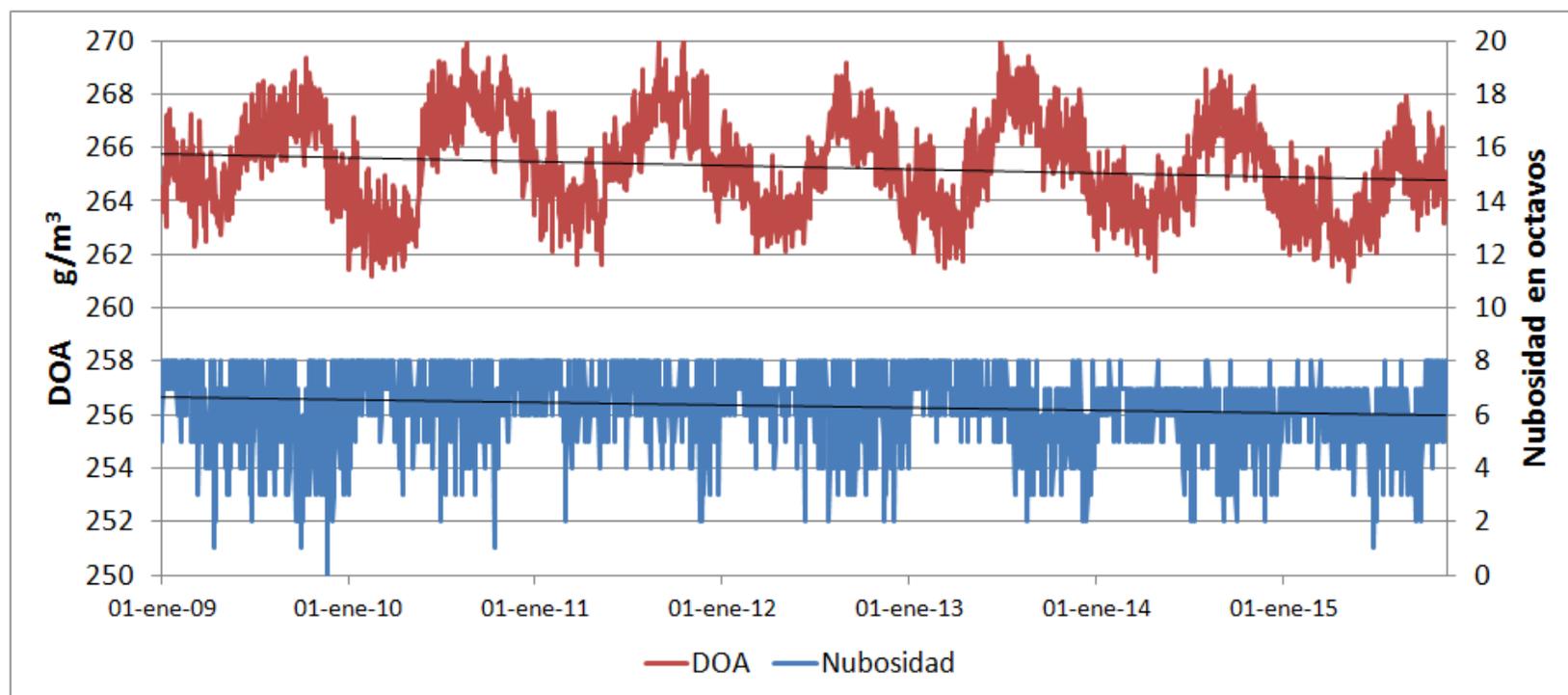


Figura N°10. Serie de tiempo de la Nubosidad y DOA. (2009-2015).

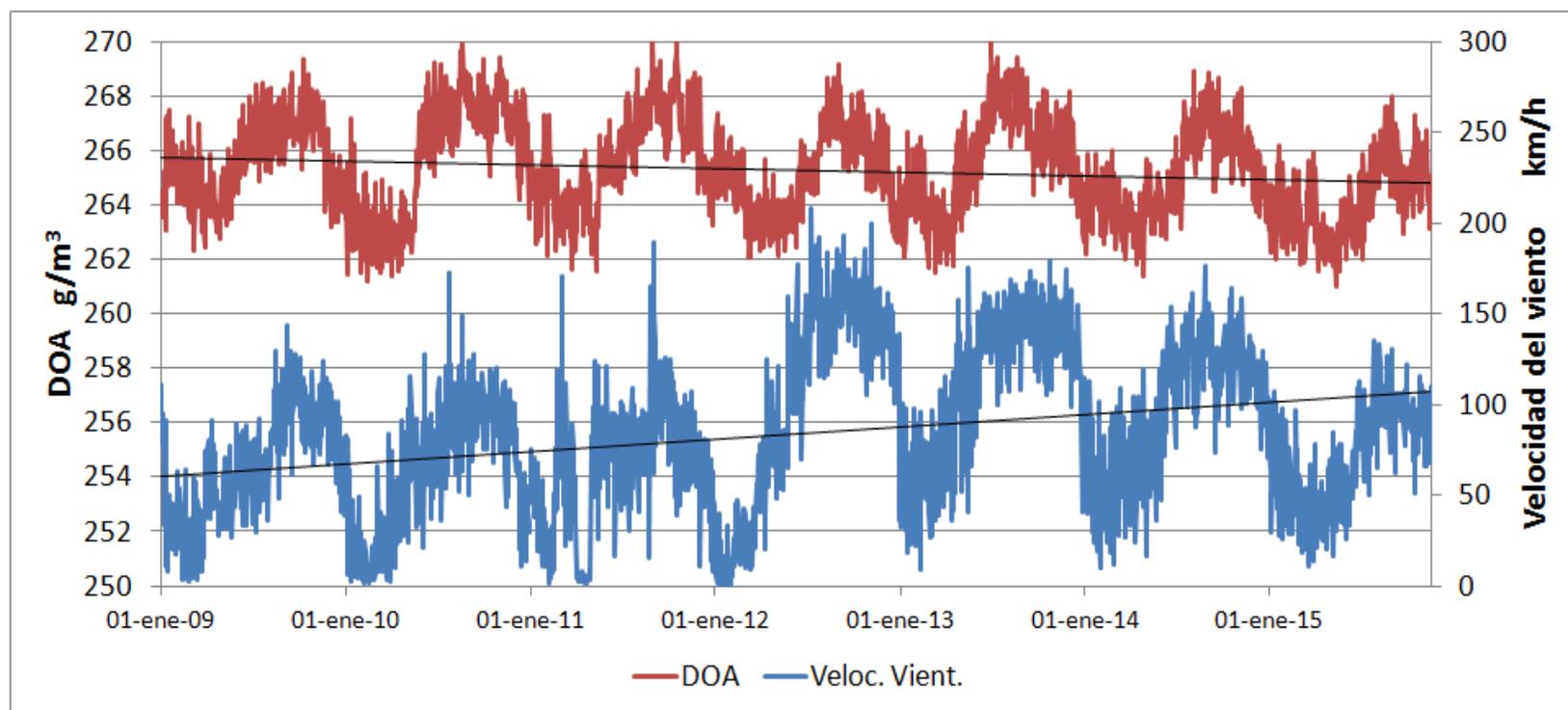


Figura N°11. Serie de tiempo de la Velocidad del viento y DOA. (2009-2015).

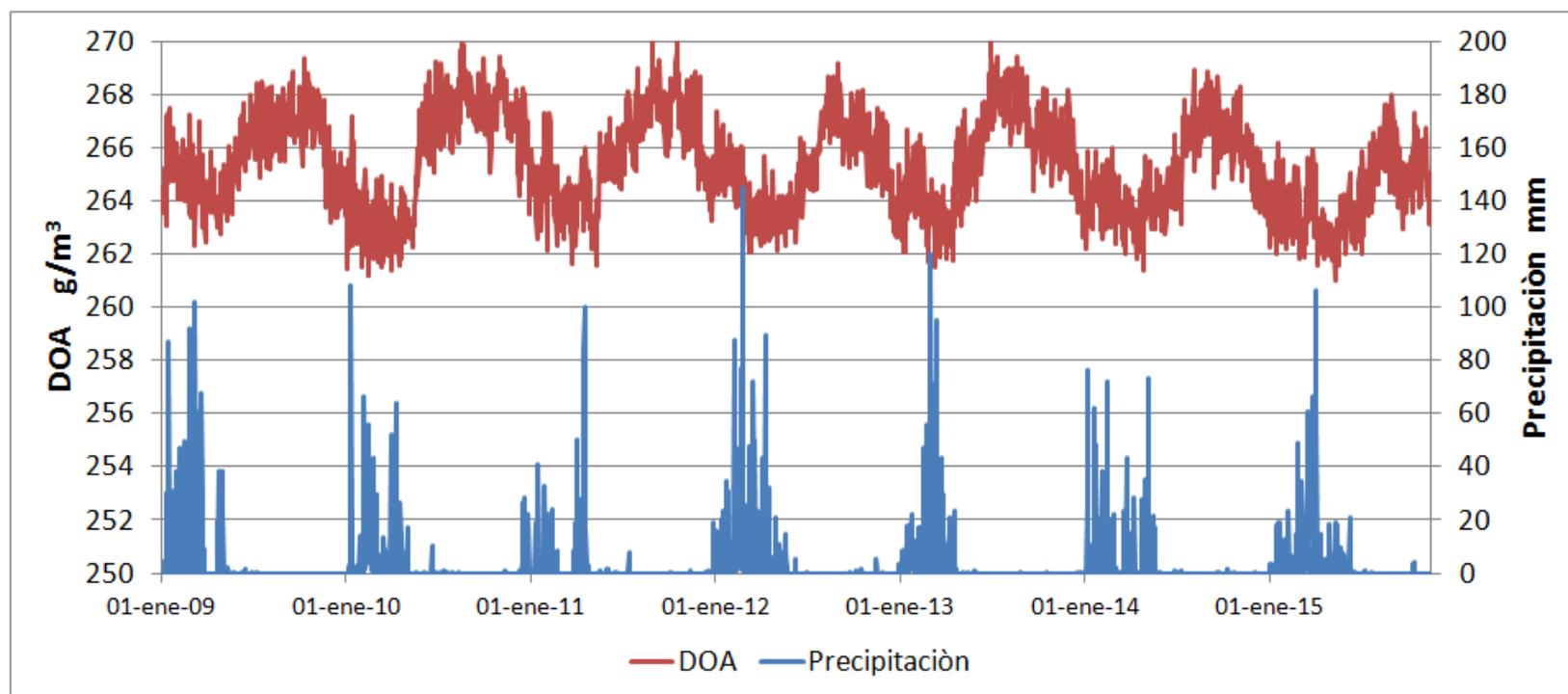


Figura N° 12. Serie de tiempo de las precipitaciones y DOA (2009-2015).

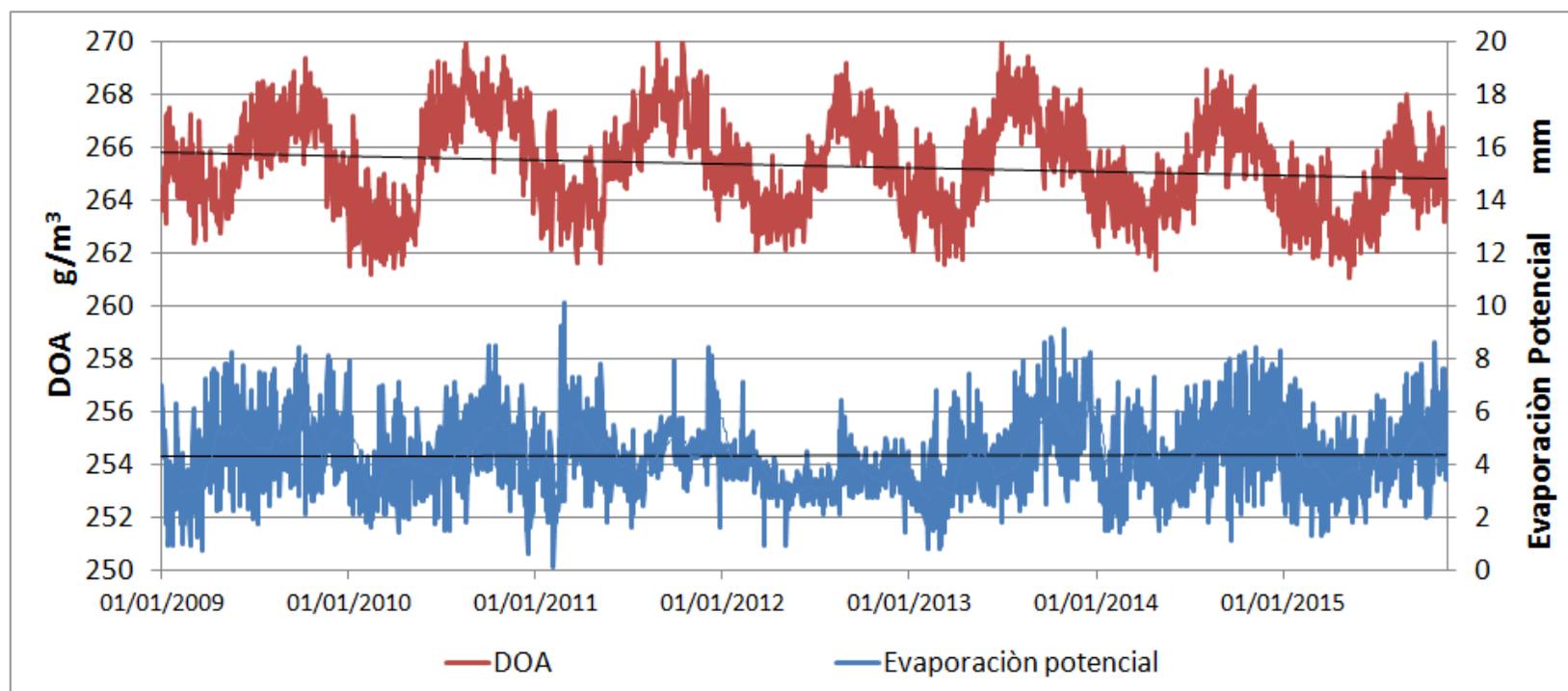


Figura N° 13. Serie de tiempo de la evaporación potencial y DOA (2009-2015).

### **5.1.La serie de tiempo del DOA y la diferencia DOA**

Se observa la escala climática de la DOA Fig. N° 14 con cambios marcados en los dos meses previos a la época lluviosa que muestra siempre valores de hipoxia a diferencia de la época seca que muestra siempre valores de hiperoxia que se dan luego de los dos primeros meses de la misma. La media corrida de tres meses presenta aún más marcada estos cambios de la DOA por estaciones; por lo tanto se deduce que esta variable tiene gran importancia en los efectos meteoro-trópicos estacionales que se puedan asociar a la misma en este estudio.

En el caso de la diferencia del DOA, es decir la diferencia hoy-ayer de la DOA, nos permite establecer la magnitud de los cambios de tiempo ocurridos de un día al siguiente; aparecen valores extremos positivos superiores a  $3\text{g/m}^3$  e inferiores a  $-3\text{g/m}^3$ , los que reflejan la presencia de cambios de tiempo contrastantes con capacidad de justificar la ocurrencia a corto plazo (24 horas) de crisis de salud asociadas a la variabilidad meteorológica, se demostrará por tanto si son cambios muy bruscos que propicien el aumento de los ingresos hospitalarios posteriores a las fechas en que ocurrieron (Lecha, 2018).

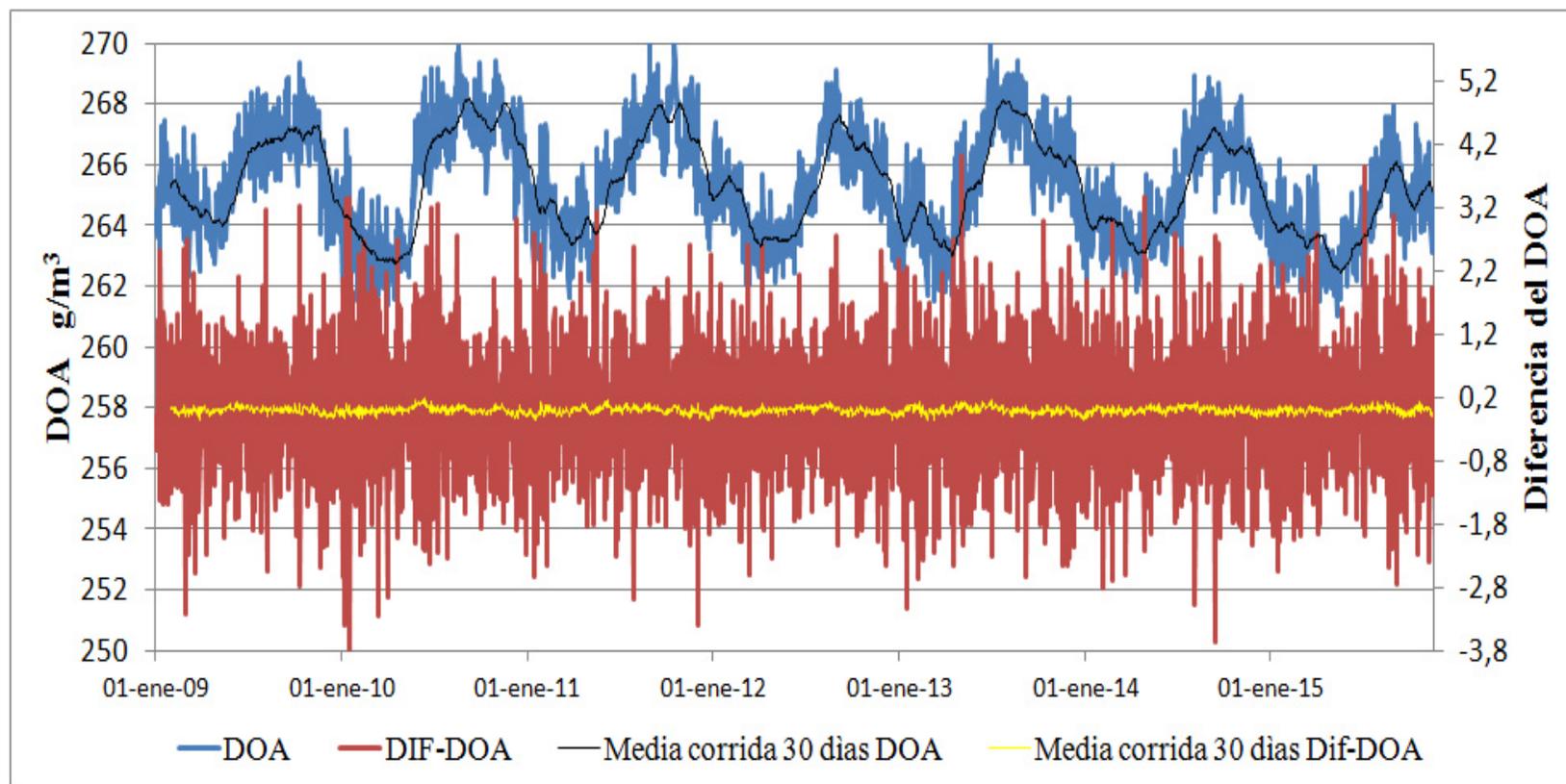
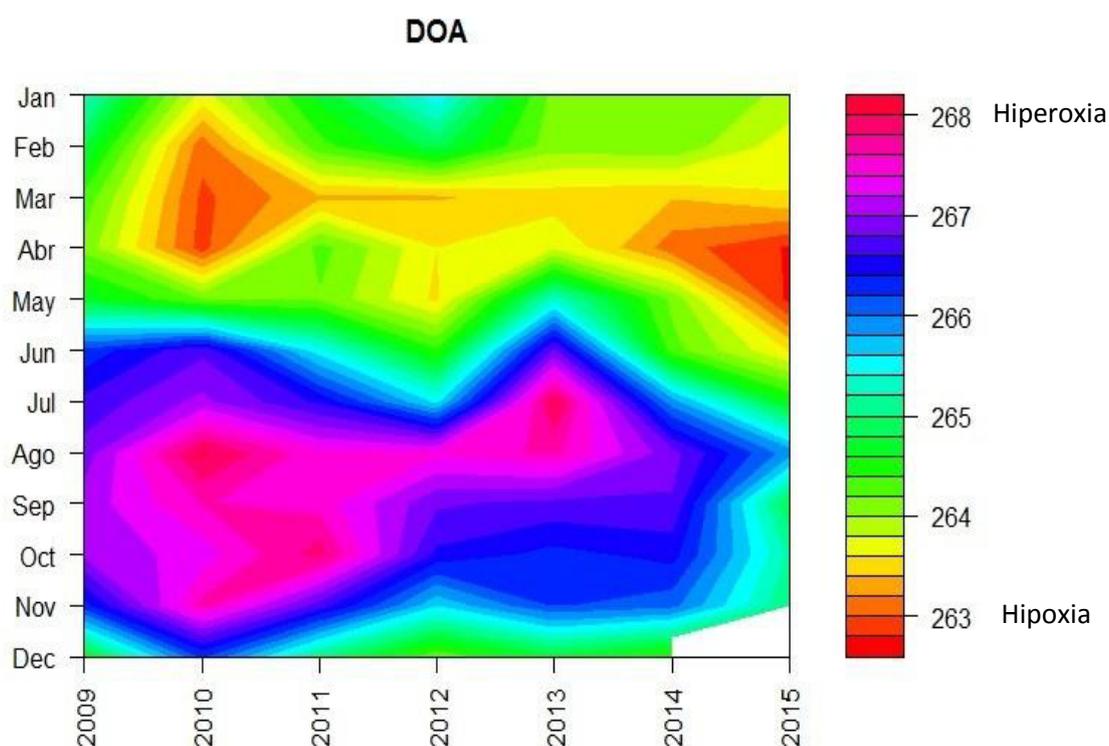


Figura N° 14. Serie de tiempo del índice DOA en  $\text{g/m}^3$ , de la diferencia del DOA y la media corrida de tres meses en ambas series durante el período 2009 a 2015.

En la Fig. N° 15 se observa como la DOA se ha comportado durante los seis años que abarca este estudio, y al agrupar por meses los valores de las semanas epidemiológicas se presenta una estacionalidad marcada en los valores recopilados de la DOA, que durante la estación de lluvias presenta valores de hipoxia y durante la época seca presenta valores de hiperoxia.

Los episodios de hipoxia más fuertes se dan en la temporada de lluvias del 2009 entre los meses de Febrero y Abril y en el 2015 entre Abril y Mayo. En cambio los casos de hiperoxia suceden en la estación seca de los años 2010 y 2013.



**Figura N° 15. Cuadro de comportamiento de la DOA mes a mes en el período 2009 a 2015.**

## **5.2. Características de los datos de ingresos hospitalarios.**

Como elemento más notable se destaca el comportamiento de los ingresos hospitalarios ocurridos en el período del 1 de julio al 20 de agosto de 2009 y su estrecha relación con los significativos y bruscos cambios de tiempo que tuvieron lugar en ese mismo intervalo de tiempo cronológico. A lo largo de la muestra analizada, se observa que fue en el verano del año 2009 el momento en que más ingresos ocurren por asma bronquial e IRA de las vías respiratorias inferiores y superiores, después la cifra disminuye, pero es posible encontrar ocurrencia diaria

simultánea de ingresos por varias enfermedades. Esta condición de simultaneidad casi siempre está asociada a la influencia de factores externos como la contaminación atmosférica o las condiciones meteorológicas influyentes, capaces de producir efectos meteoro-trópicos entre la población más sensible. Los efectos meteoro-trópicos ocurridos durante este período no se volvieron a presentar en el resto de la muestra analizada; aunque en los años 2011 y 2013 volvieron a ocurrir condiciones meteorológicas potencialmente asociadas a los máximos de ingresos hospitalarios reportados que se pueden observar en el Gráfico de Distribución de los grupos etarios (Figura N° 16).

Se observa que los grupos etarios más afectados se encuentran entre los grupos de 20 a 39 años, con picos de ingresos en los años 2009, 2011 y 2015. Coincidiendo con los datos meteorológicos en cuanto al año 2009, donde se dieron condiciones meteorológicas peligrosas que produjeron efectos meteoro-trópicos en estos grupos que por su condición (la mayoría) de inmunodeprimidos tienen un índice más alto de vulnerabilidad. Se diferencia el año 2010 por ser el de menos ingresos hospitalarios.

En la Figura N° 17 queda establecido que el 66% de los ingresos hospitalarios en el período comprendido entre los años 2009 – 2015 corresponden a personas del sexo masculino, coincidiendo con la información del Ministerio de Salud Pública del Ecuador (2011). Los datos de morbilidad se consideran en la Figura N° 17.

Se observa una coincidencia en el aumento entre el número de casos de morbilidad y mortalidad en los meses de marzo y agosto del 2009; enero y febrero del 2010; febrero, marzo y agosto del 2011; enero, febrero y agosto del 2011, en la Fig. N° 18 a y b que muestra las series de tiempo de la movilidad y mortalidad respectivamente. Los casos de mortalidad corresponden al 20% de los ingresos hospitalarios ocurridos en el período 2009 – 2015, dándose la mayoría de estos en los años 2009 con 872 ingresos, 2010 con 649 y 2011 con 649 ingresos respectivamente (Fig. 19).

El grupo de Enfermedades con mayor cantidad de ingresos es la Tuberculosis= 56,62%, seguida de las Neumonías= 35,67% y el tercer valor significativo pertenece a las Infecciones Respiratorias de vías respiratorias bajas (IRAs bajas) con 4,21% (Fig. N° 20).

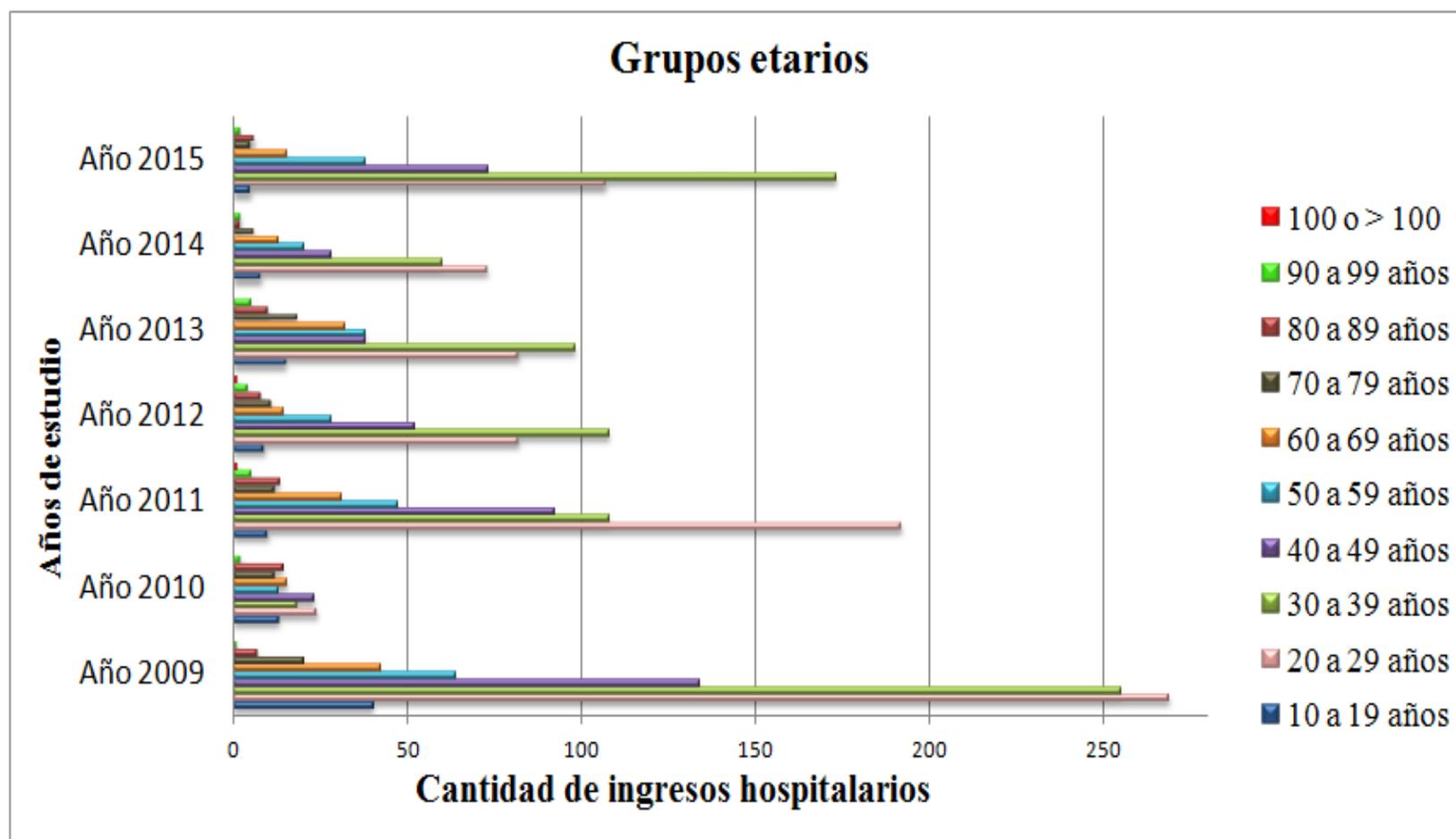


Grafico N° 16. Distribución de los grupos etarios por año de ingreso

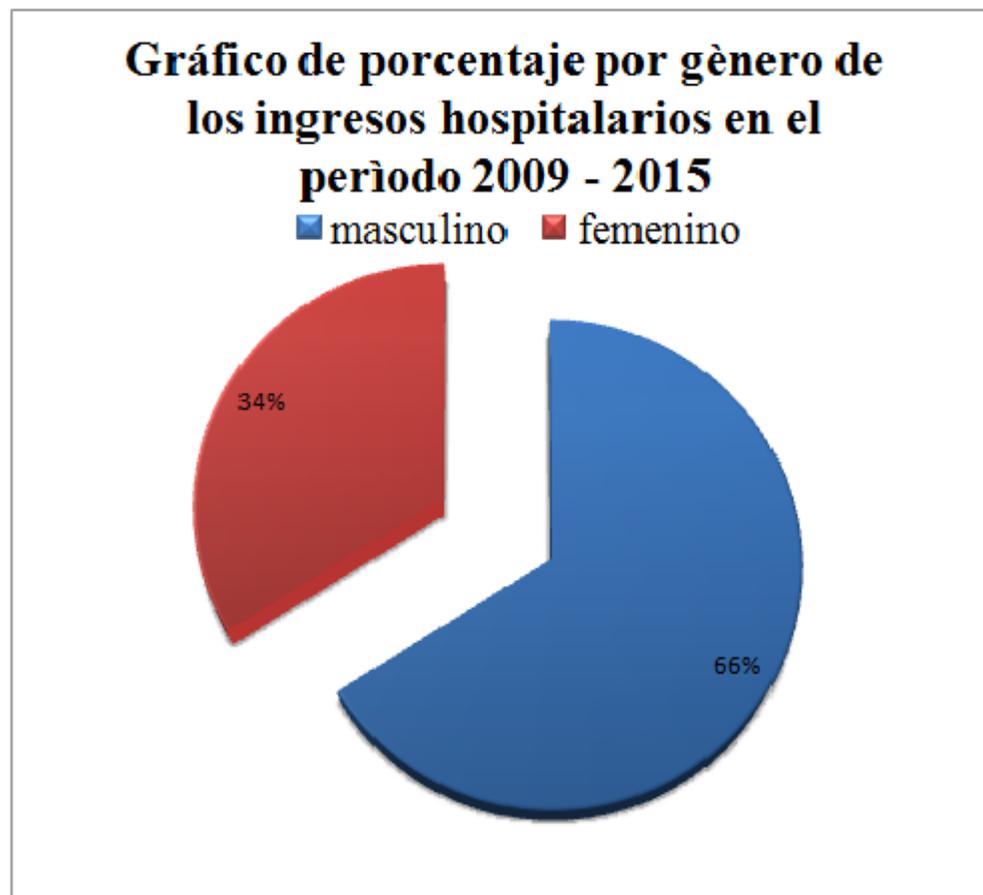
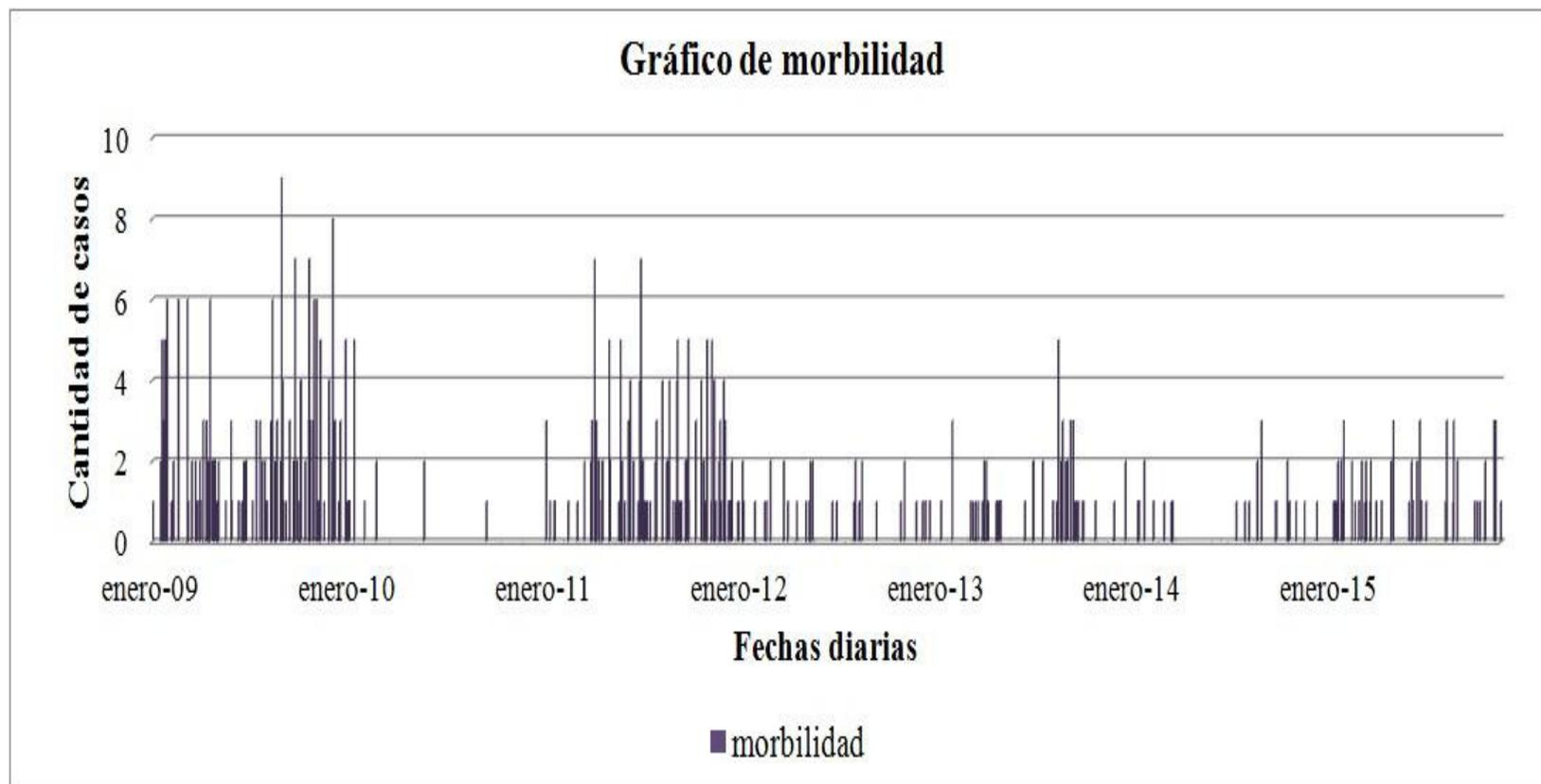


Gráfico N° 17. Porcentaje total de ingresos hospitalarios en los años 2009 al 2015 por género.



**Figura N° 18a. Serie de tiempo de la morbilidad de los ingresos del Hospital de Infectología Dr. José Rodríguez Maridueña entre el período 2009 – 2015.**

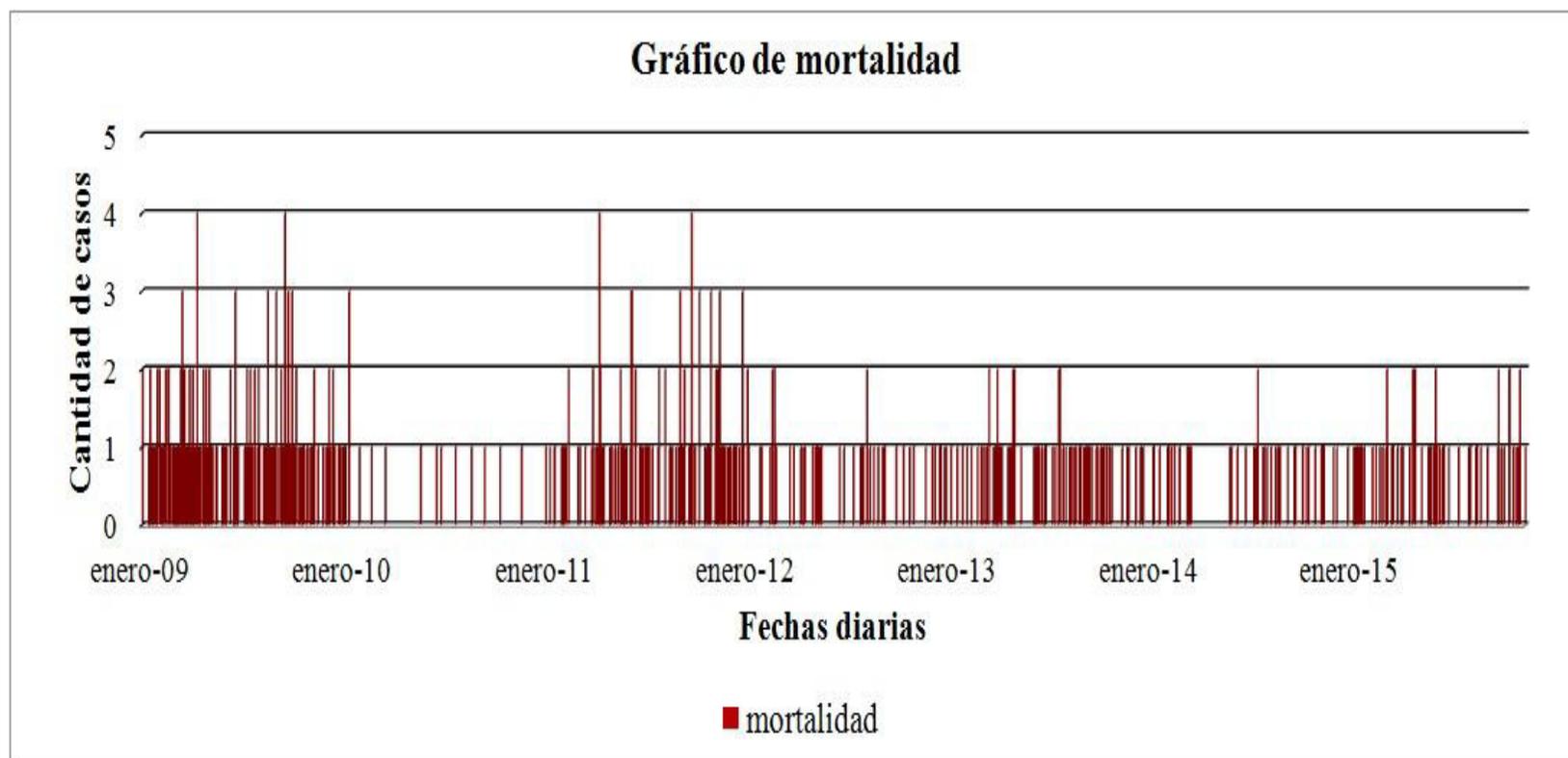


Figura N° 18b. Serie de tiempo de la mortalidad de los ingresos del Hospital de Infectología Dr. José Rodríguez Maridueña entre el período 2009 – 2015.

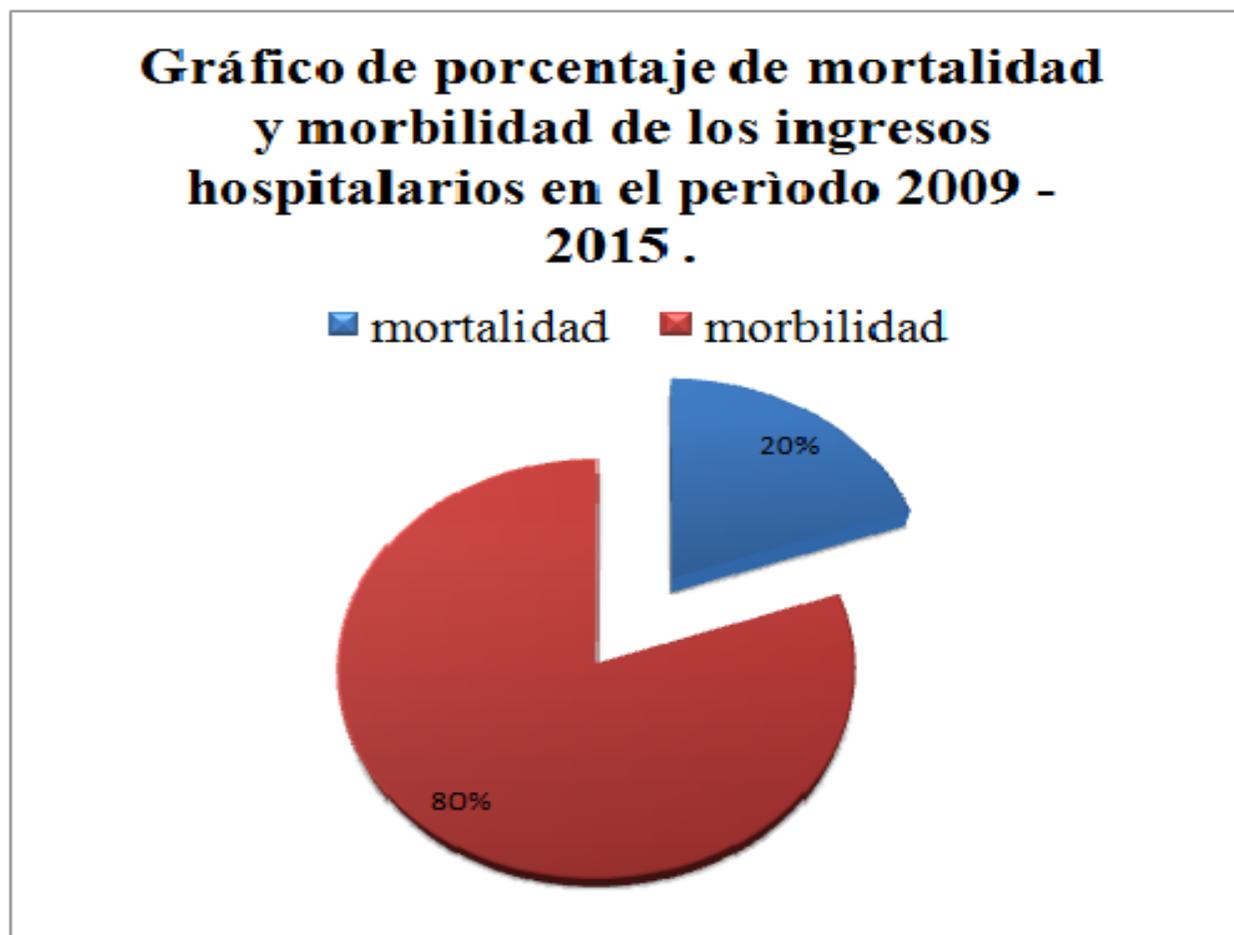


Figura N° 19. Porcentaje de morbilidad vs. Mortalidad por IRA en los ingresos hospitalarios comprendidos entre 2009-2015.

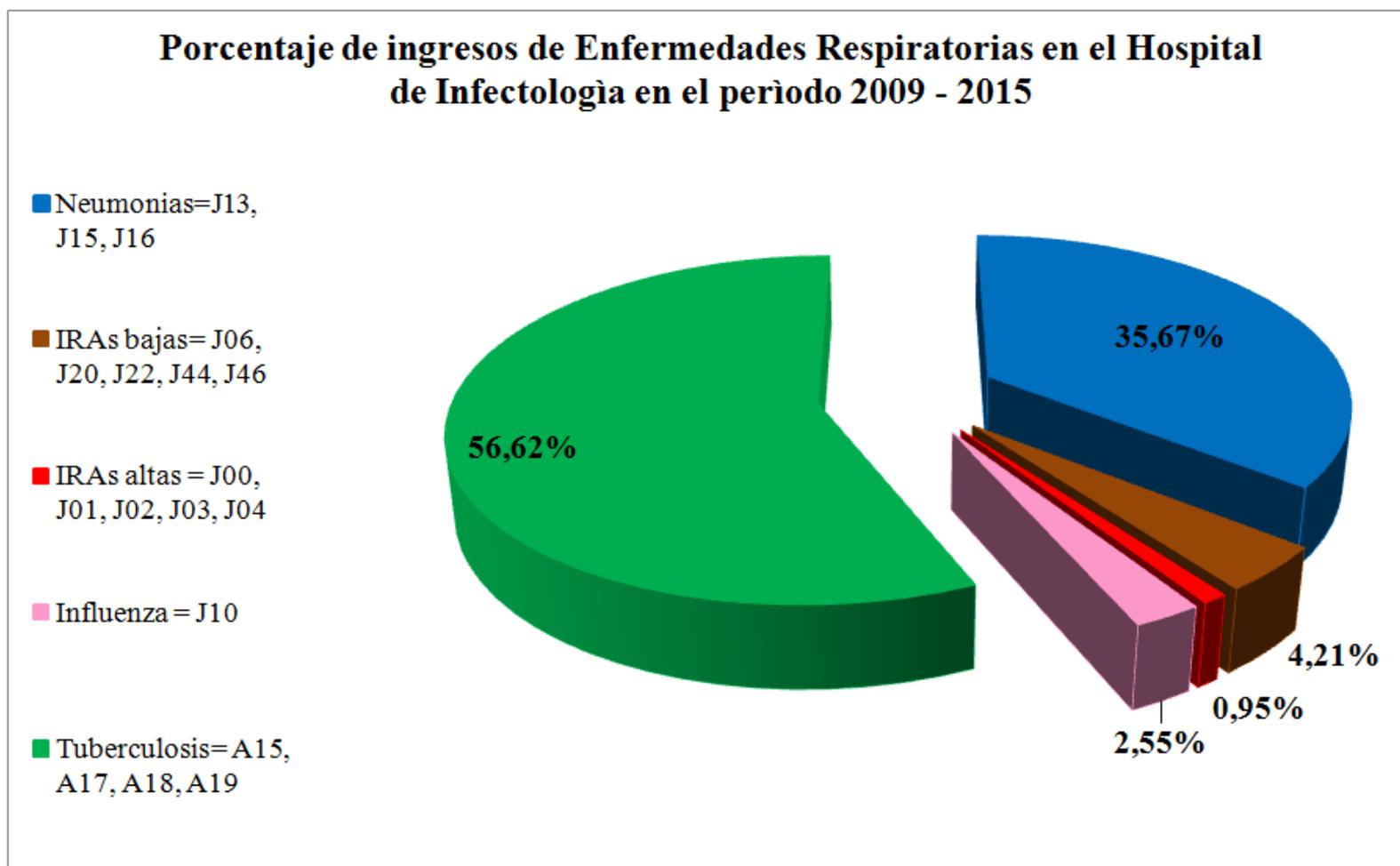


Figura N° 20. Porcentaje de ingresos por Enfermedades en los seis años que abarca el estudio.

### **5.3. Relación diaria entre variables meteorológicas e ingresos hospitalarios.**

A pesar de que el ser humano vive en permanente intercambio con el entorno atmosférico que lo rodea, la mayor parte de los días no existen condiciones meteorológicas estresantes para la salud humana, especialmente en las condiciones poco variables del clima predominantes en Ecuador y específicamente en la ciudad de Guayaquil, donde no se manifiestan los efectos asociados al variado relieve del país.

Solo bajo determinadas condiciones muy peculiares del estado del tiempo es que ocurren los efectos meteoro-trópicos masivos y con impacto significativo en la salud de los grupos de población más vulnerables, por lo que estos casos se convierten en días extraordinarios o poco frecuentes dentro de la muestra estadística de 2,511 días utilizada en este trabajo

La única variable que resultó estadísticamente significativa en todos los tipos de ingresos hospitalarios fue la densidad del oxígeno en el aire, resultado que coincide con los obtenidos por Lecha (2008) en Cuba y que justifican el empleo de este índice complejo en los estudios biometeorológicos aplicados a la salud humana.

A partir de estos resultados es posible tratar de expresar de manera gráfica la influencia de algunos elementos del estado del tiempo y su efecto potencial sobre el aumento de los ingresos hospitalarios debidos a algunas enfermedades, tal y como se muestra en las combinaciones de variables que aparecen en las Figuras N° 21 a y b.

Por otra parte, los ingresos por gripe (influenza) y neumonías tuvieron el nivel de correspondencia más alto de todos los tipos de ingresos analizados y para la suma diaria de casos, la temperatura del punto de rocío tuvo la correlación más alta entre todos los parámetros meteorológicos analizados, pues a medida que bajaba la Temperatura del Punto del Rocío aumentaban los casos de enfermedades respiratorias y coincidían con la presencia de Hiperoxia en los valores de la DOA. (Fig. N° 22).

En el caso de los ingresos asociados a las infecciones agudas de las vías respiratorias superiores o inferiores, el grado de relación con las condiciones meteorológicas no es tan evidente. La mejor interacción se obtiene para los días despejados y con temperaturas mínimas inferiores a los 20 °C, así como en los días despejados y con elevado contenido de oxígeno en el aire (hiperoxia), como se muestra en la Figura N° 23.

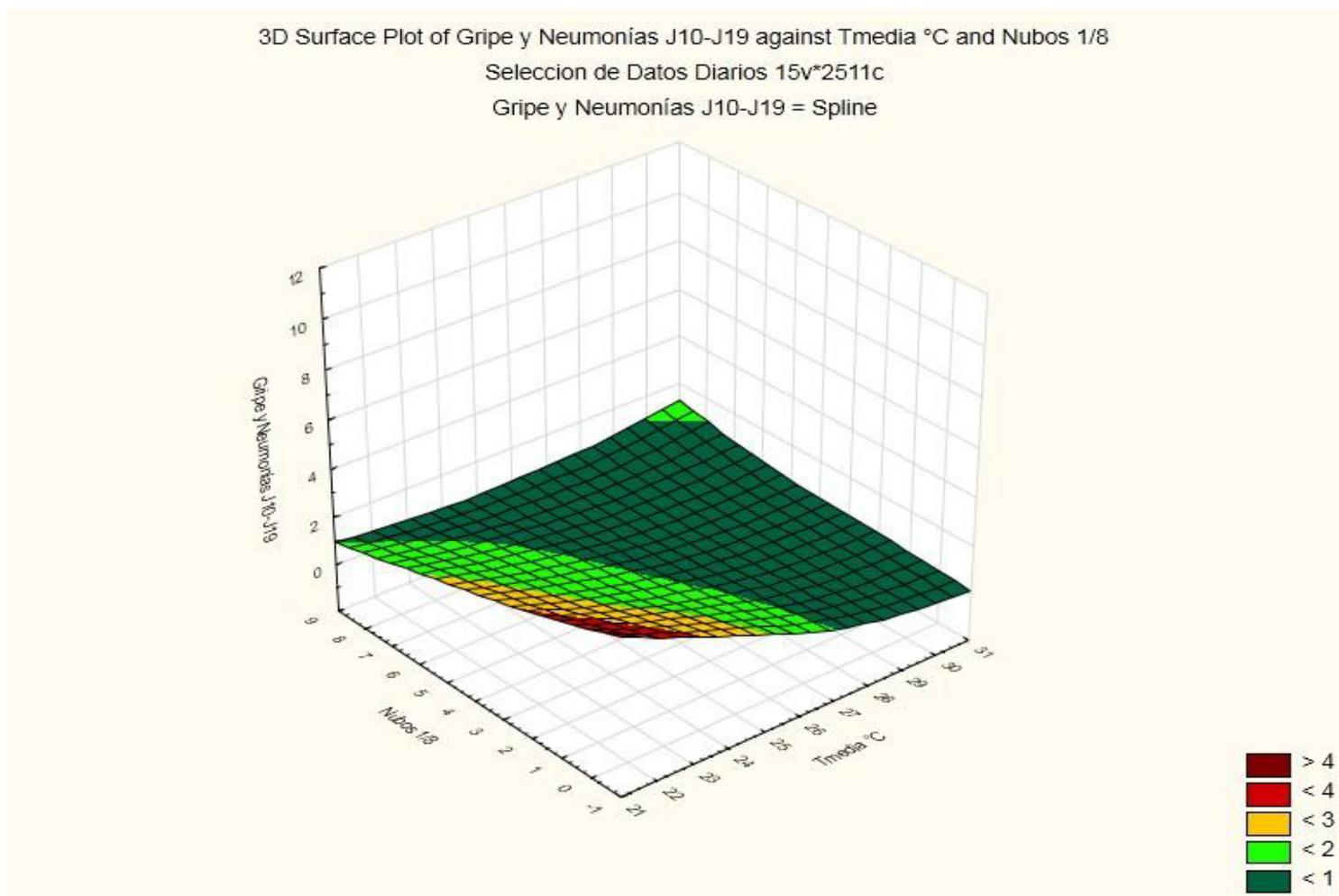


Figura N° 21 a. Relación entre IRAs bajas (J10-J19), Nubosidad y Temperatura Media.

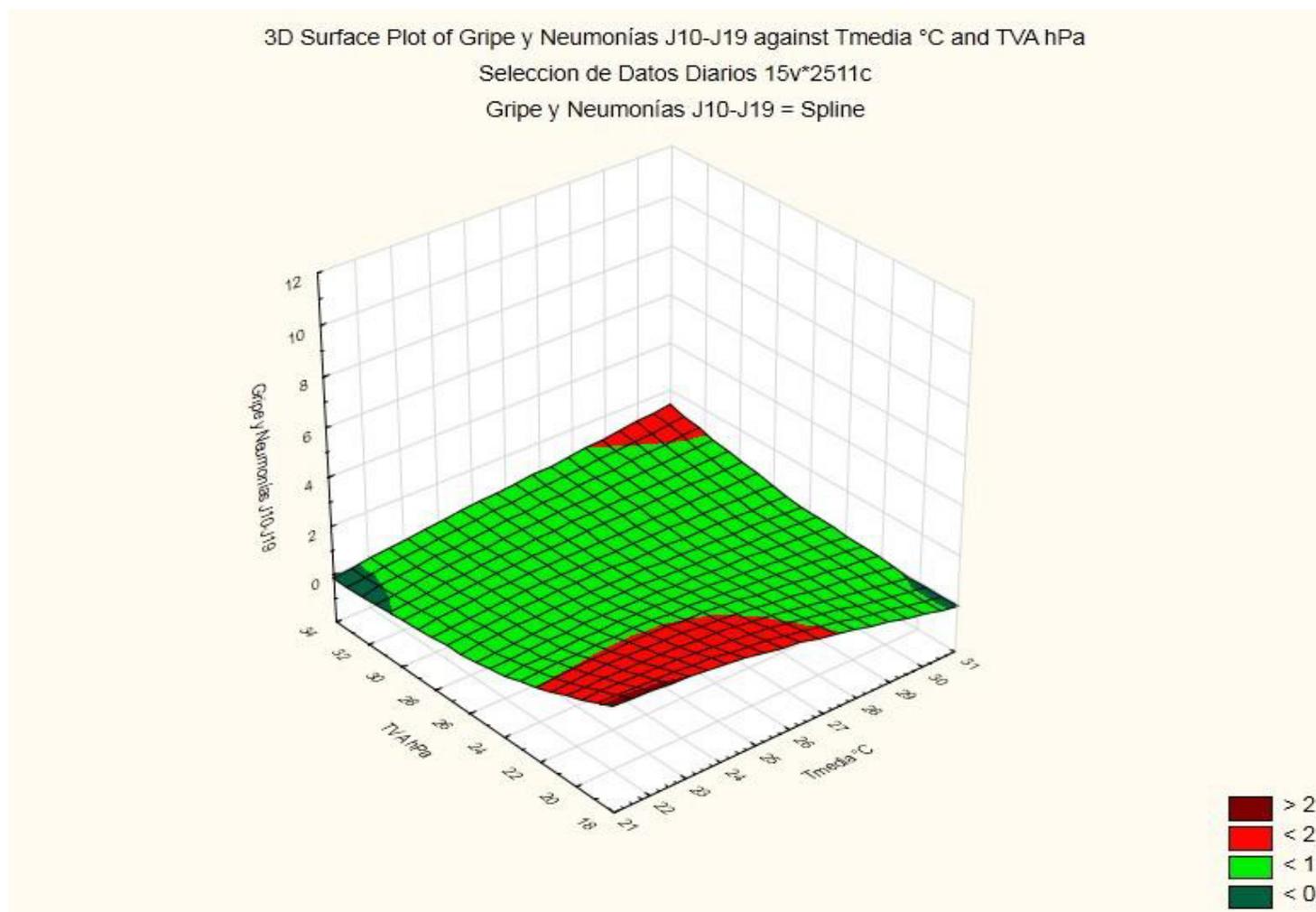


Figura N°21b. Relación de los ingresos hospitalarios diarios de gripes y neumonías, según el comportamiento de elementos meteorológicos específicos.

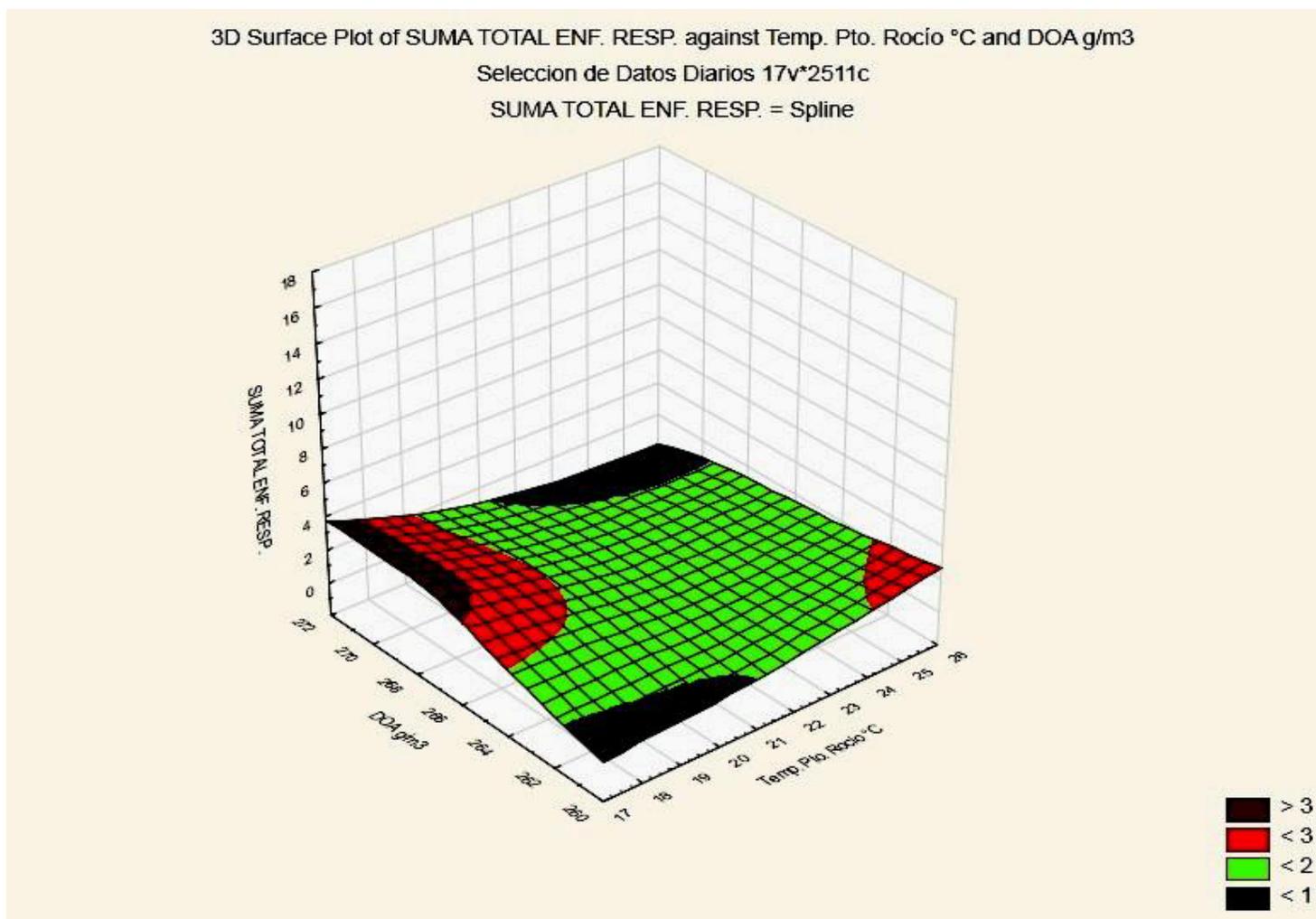


Figura N° 22. Relación de la suma total de los ingresos hospitalarios diarios de gripes y neumonías, con la DOA y la Temperatura del Punto de Rocío en grados Celsius.

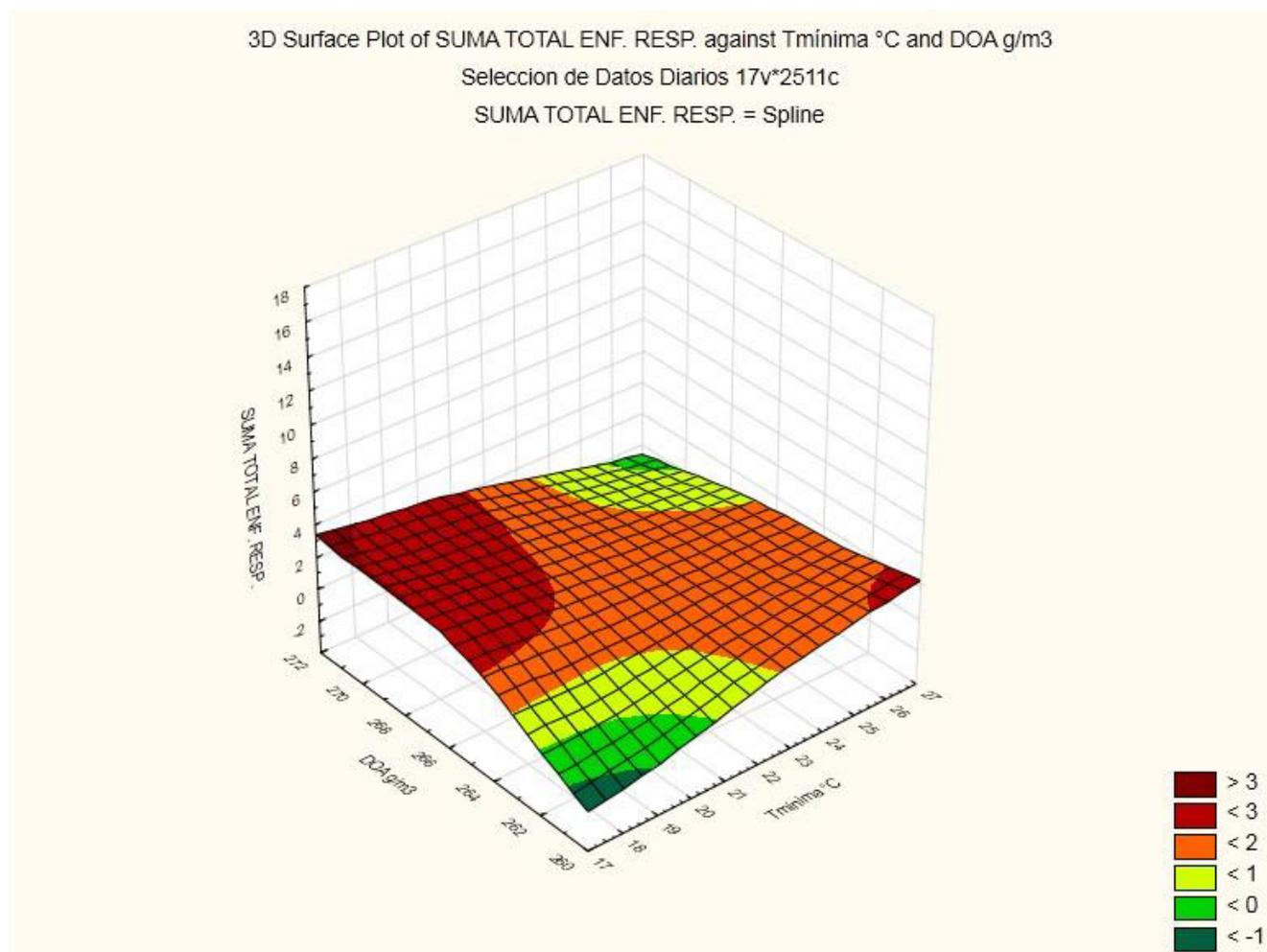


Figura N° 23. Relación de la suma total de los ingresos hospitalarios diarios de gripes y neumonías, con la DOA y la Temperatura mínima en grados Celsius.

La prevalencia de las IRA aumenta en situaciones de hiperoxia y cuando la nubosidad disminuye. El número total de casos de ingresos hospitalarios de IRAs aumenta cuando disminuyen la Tensión de Vapor del Agua y la Temperatura del Punto de Rocío.

Cuando la Nubosidad disminuye aumentan los casos de IRAs en presencia de Hiperoxia de la DOA (Fig. N° 24a). Los ingresos hospitalarios por infecciones respiratorias agudas de tienden a disminuir cuando bajan los valores de Tensión del Vapor de Agua en Pascales y Temperatura del Punto de Rocío en grados Celsius, produciéndose además condiciones de hipoxia. (Fig. N° 24b)

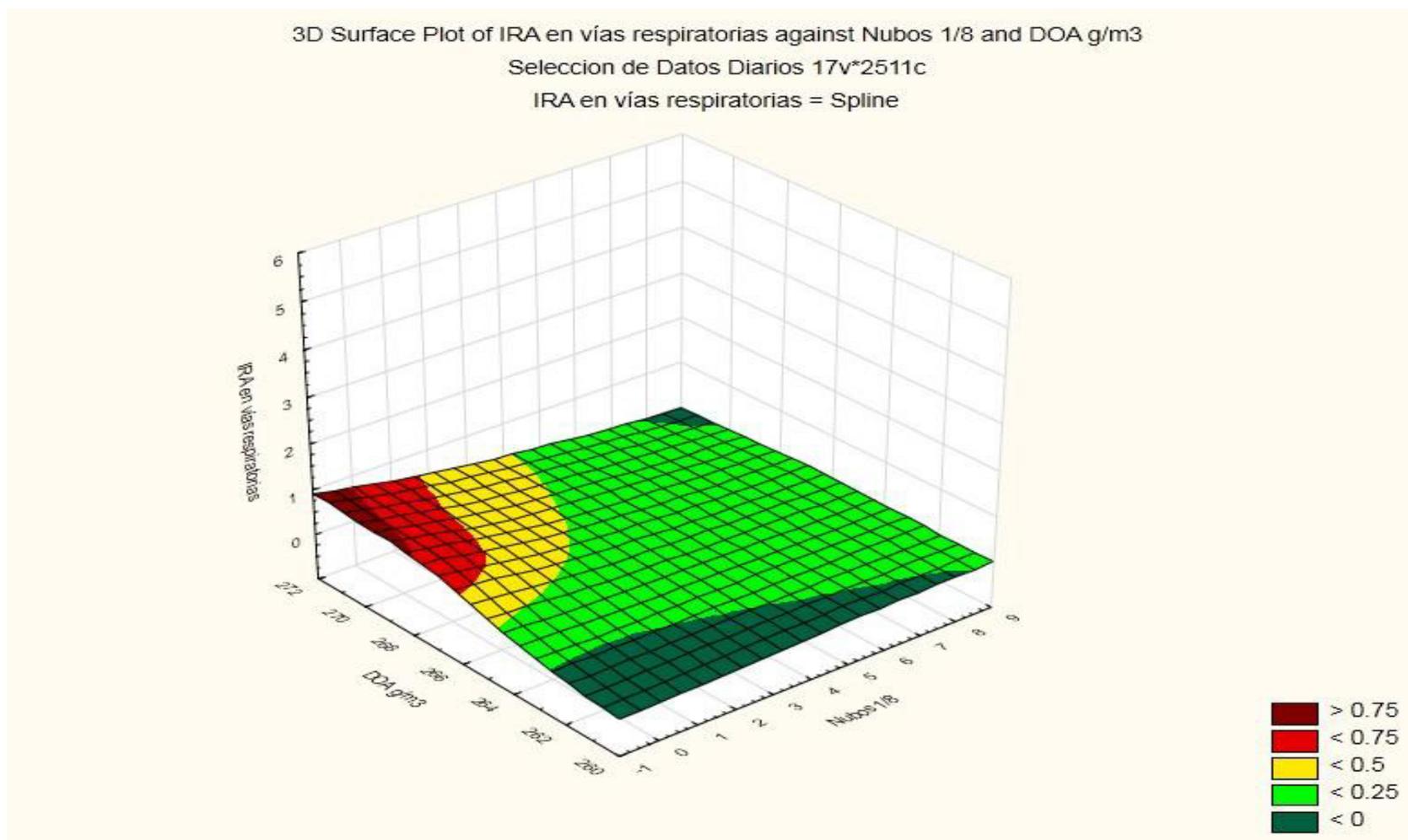


Figura N° 24a. Relación entre los ingresos hospitalarios por infecciones agudas de las vías respiratorias y el comportamiento del estado del tiempo en Guayaquil (DOA y Nubosidad).

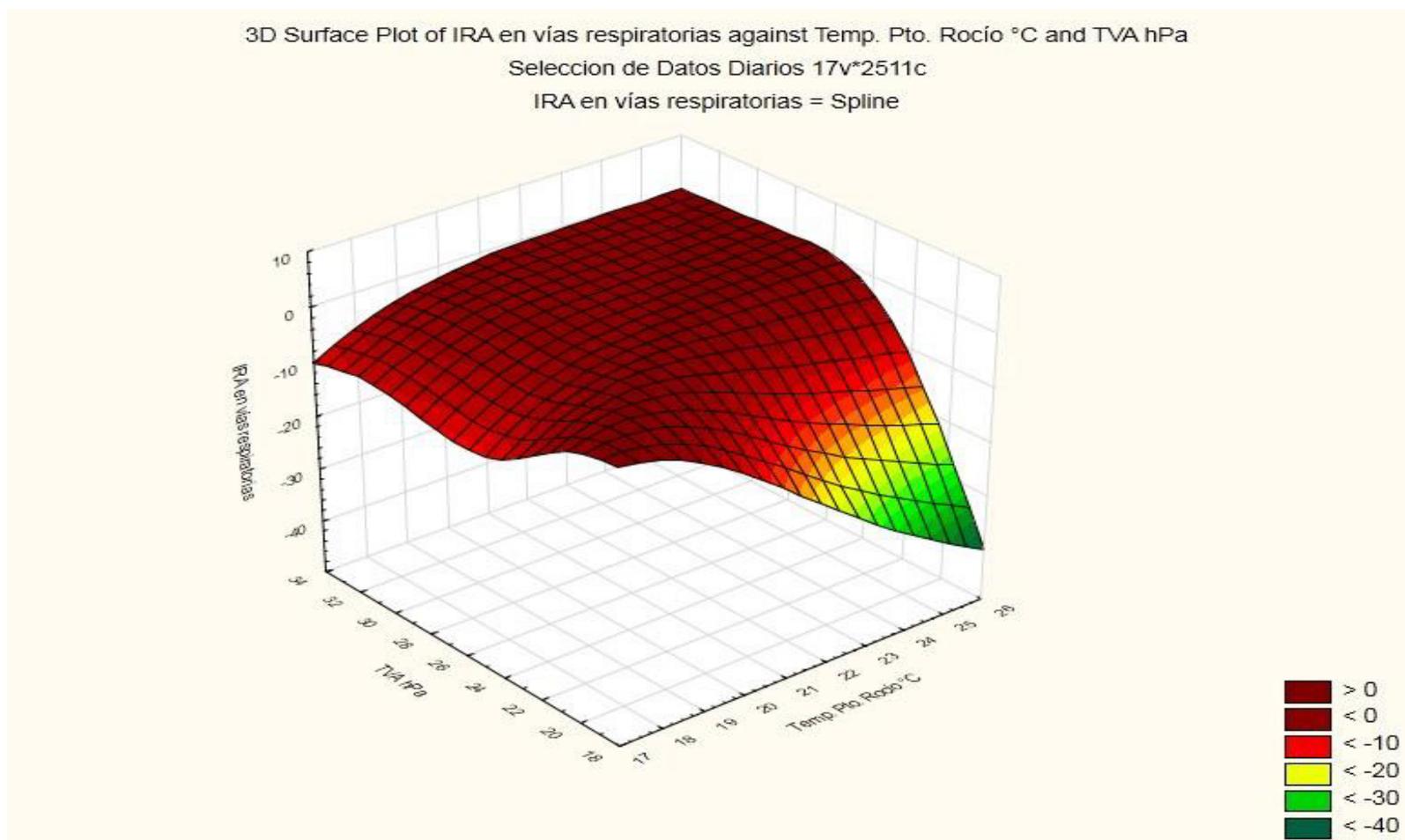


Figura N° 24b. Relación entre los ingresos hospitalarios por infecciones agudas de las vías respiratorias y el comportamiento del estado del tiempo en Guayaquil (Tensión del Vapor de Agua en Pascales y Temperatura del Punto de Rocío en grados Celsius).

#### **5.4. Relación de la prevalencia de enfermedades por ingresos en semanas epidemiológicas con la variable de Densidad Parcial de Oxígeno Atmosférico.**

Una manera sencilla de visualizar las posibles influencias de las condiciones meteorológicas en la salud humana es mediante la comparación de los ingresos hospitalarios con la variable DOA. Se realiza la gráfica con el grupo que mayor cantidad de ingresos tuvo durante los seis años de datos recopilados en este estudio retrospectivo.

##### **5.4.1. DOA y Tuberculosis.**

Como se observa, la TB tiene un comportamiento variable donde los picos de mayor cantidad de ingresos coinciden con los episodios de hiperoxia de la DOA, pero no es una constante, en los años 2013 y 2014 esta variabilidad no es tan notoria y en el año 2015 vuelven a incrementarse los ingresos tanto como sucedió en el 2011 (Fig. N° 25).

##### **5.4.2. DOA y Neumonías.**

Las Neumonías tienen un comportamiento variable donde los picos de mayor cantidad de ingresos por semanas epidemiológicas coinciden con la estación seca del 2009 y del 2013 siempre en episodios de hiperoxia de la DOA ( $267$  a  $269 \text{ g/m}^3$ ) pero no es una constante (Fig. N° 26).

##### **5.4.3. DOA e Infecciones respiratorias a las vías respiratorias altas.**

No se observa ninguna relación entre la DOA y los ingresos por semanas epidemiológicas en las IRAs altas en el gráfico (Fig. N° 27).

##### **5.4.4. DOA e Infecciones respiratorias a las vías respiratorias bajas.**

En la estación seca del 2009 hay un incremento de los ingresos por IRAs bajas que coinciden con episodios de hiperoxia en la DOA (Fig. N° 28).

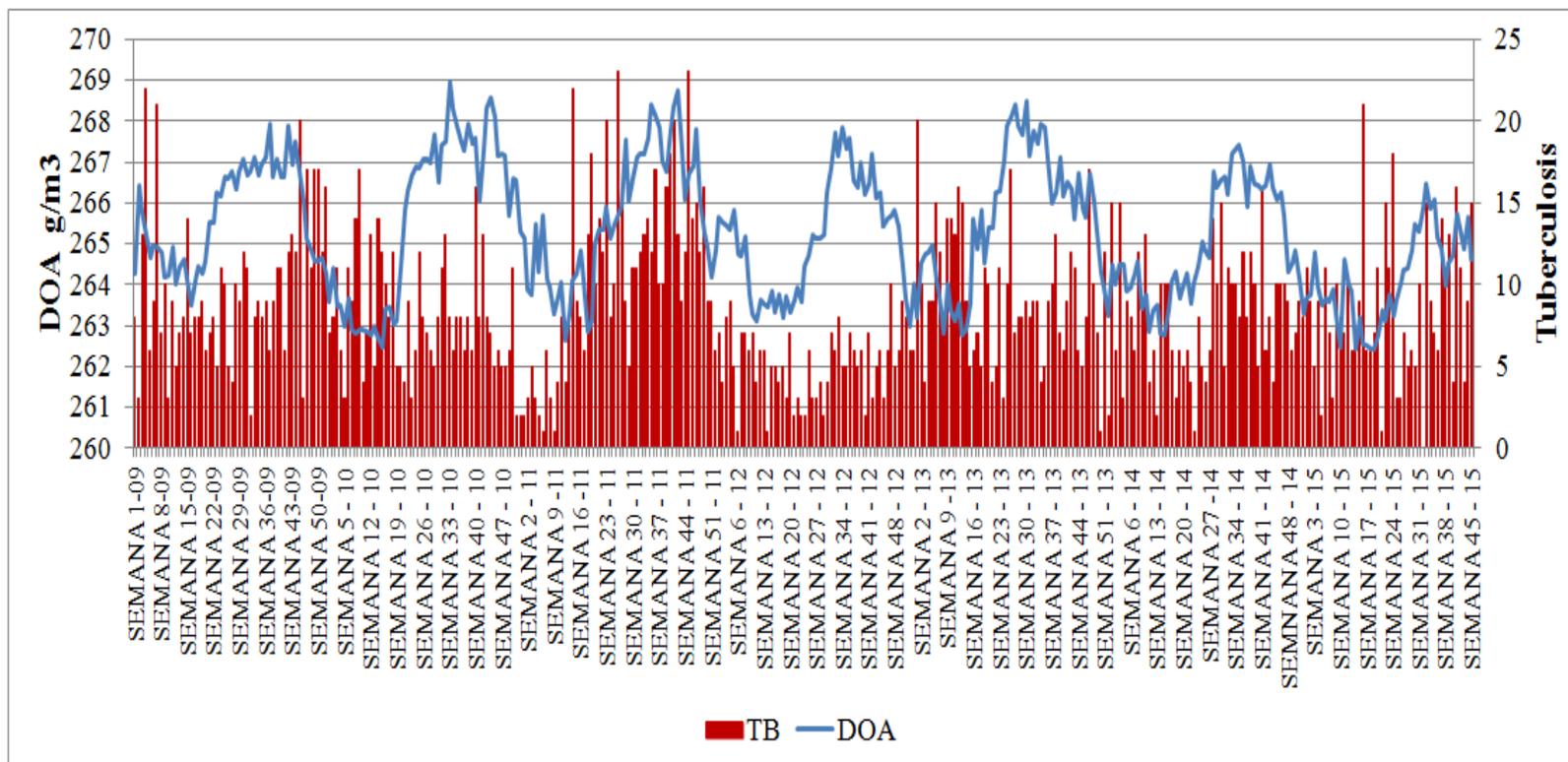


Figura N°25. Semanas epidemiológicas de la DOA y Tuberculosis.

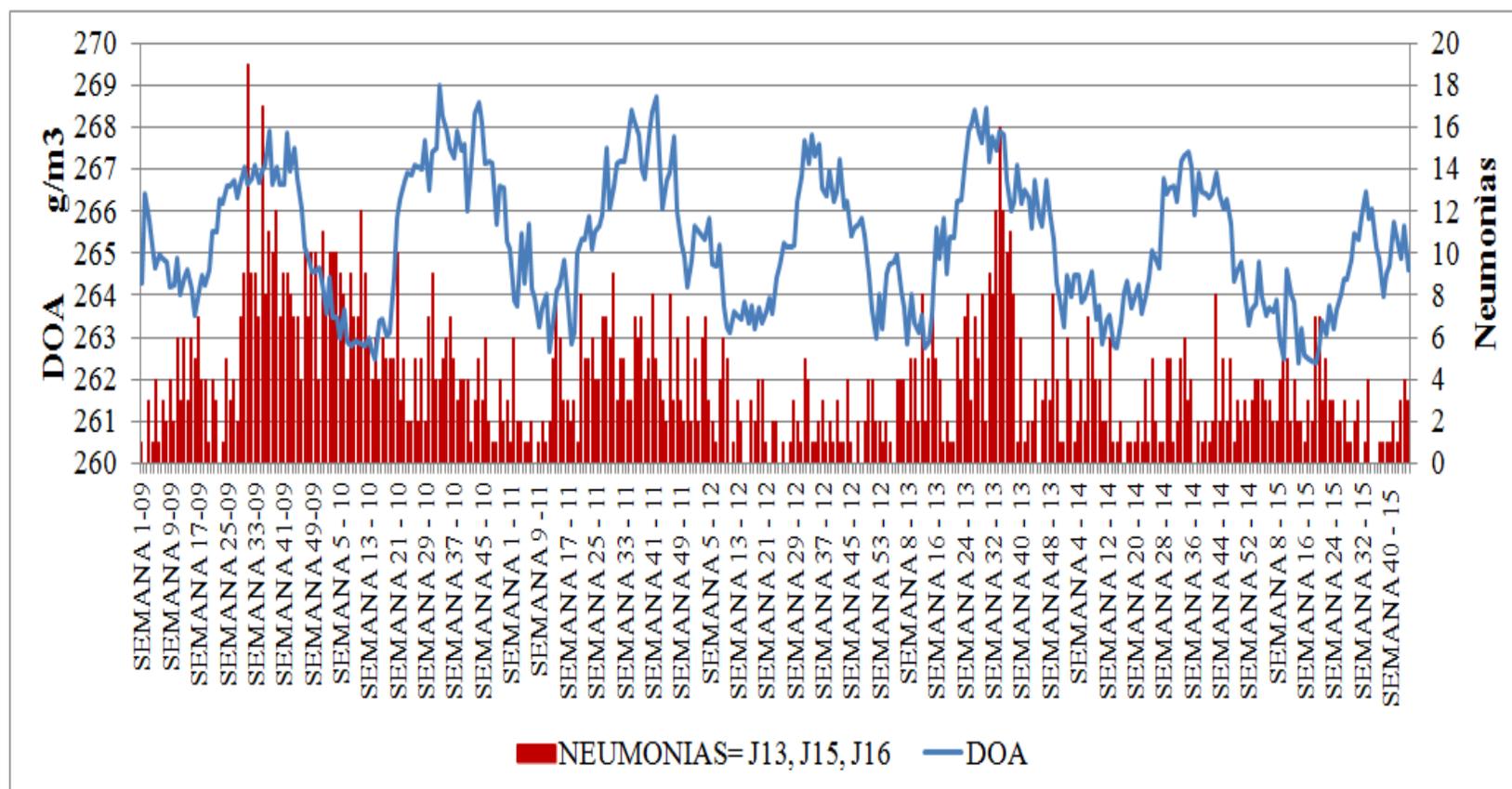


Figura N°26. Semanas epidemiológicas de la DOA y Neumonías.

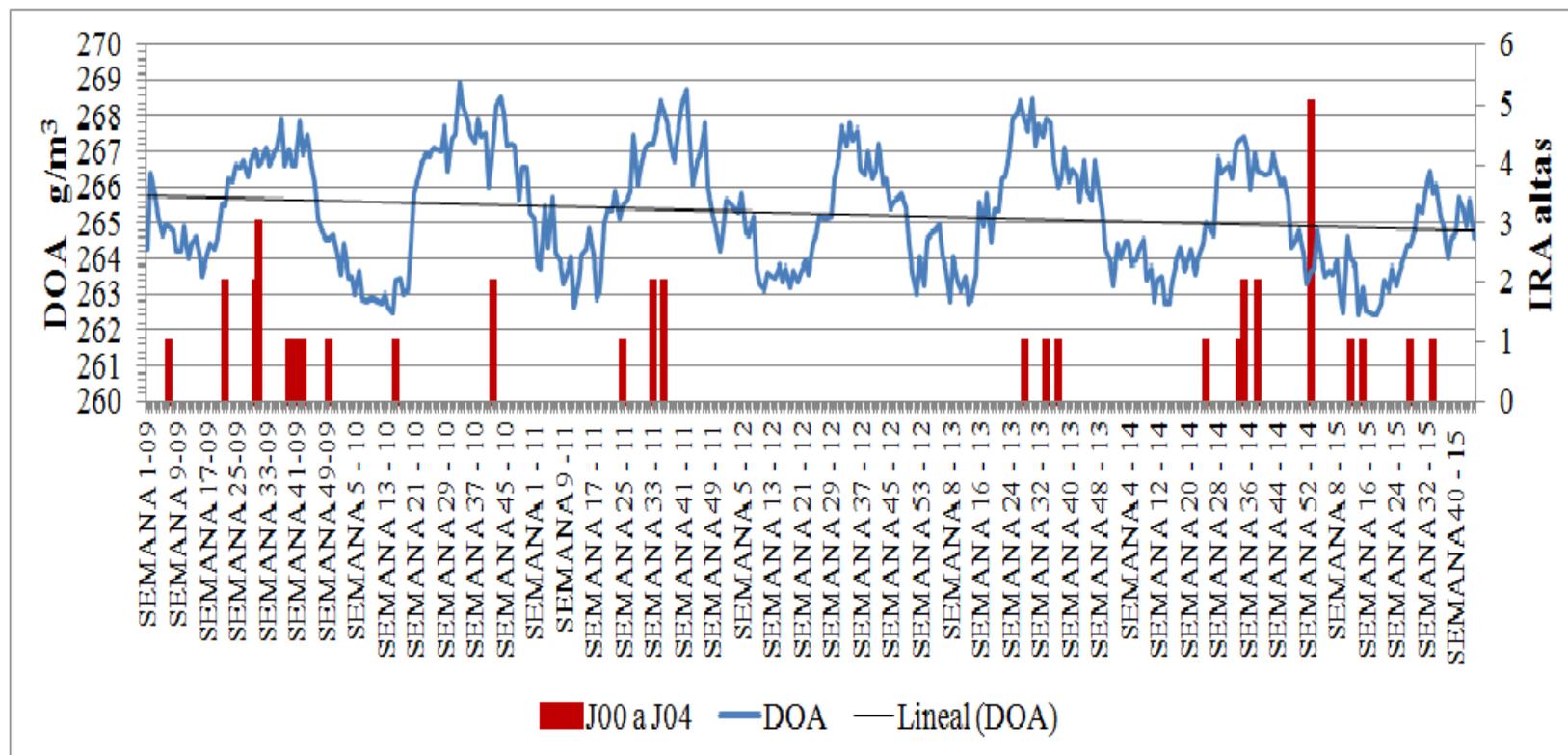


Figura N°27. Semanas epidemiológicas de la DOA e Infecciones respiratorias a las vías respiratorias altas.

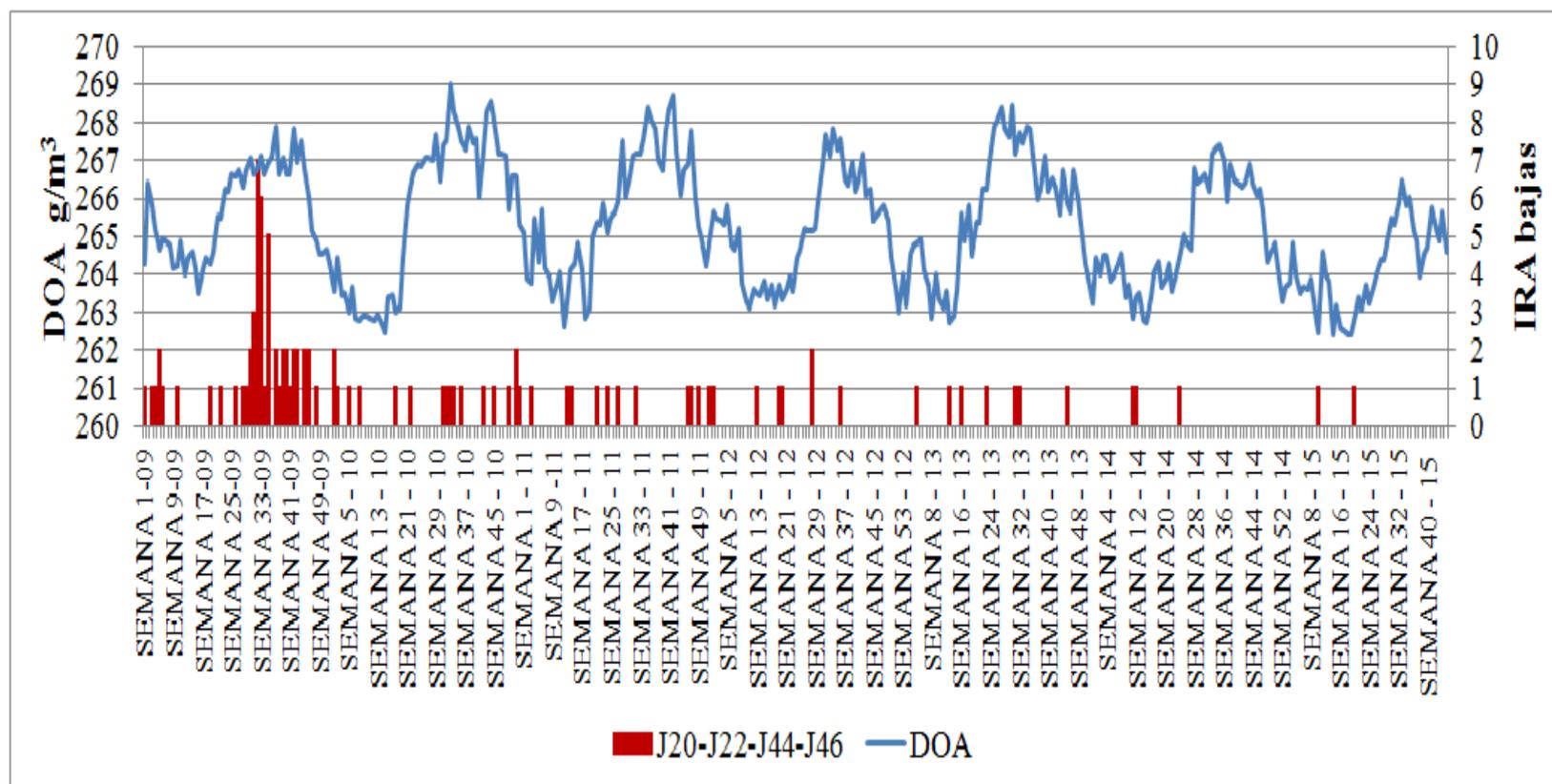


Figura N°28. Semanas epidemiológicas de la DOA e Infecciones respiratorias a las vías respiratorias bajas.

**5.4.5. DOA e Infecciones respiratorias a las vías respiratorias.**

En la estación seca de los años 2009 y 2013 se observa una coincidencia entre el aumento de ingresos hospitalarios por IRA y episodios de hiperoxia en la DOA (Fig. N° 29).

**5.4.6. DOA e Influenza.**

En la estación seca de los años 2009 y 2013 se observa una coincidencia entre el aumento de ingresos hospitalarios por Influenza y episodios de hiperoxia en la DOA (Fig. N° 30).

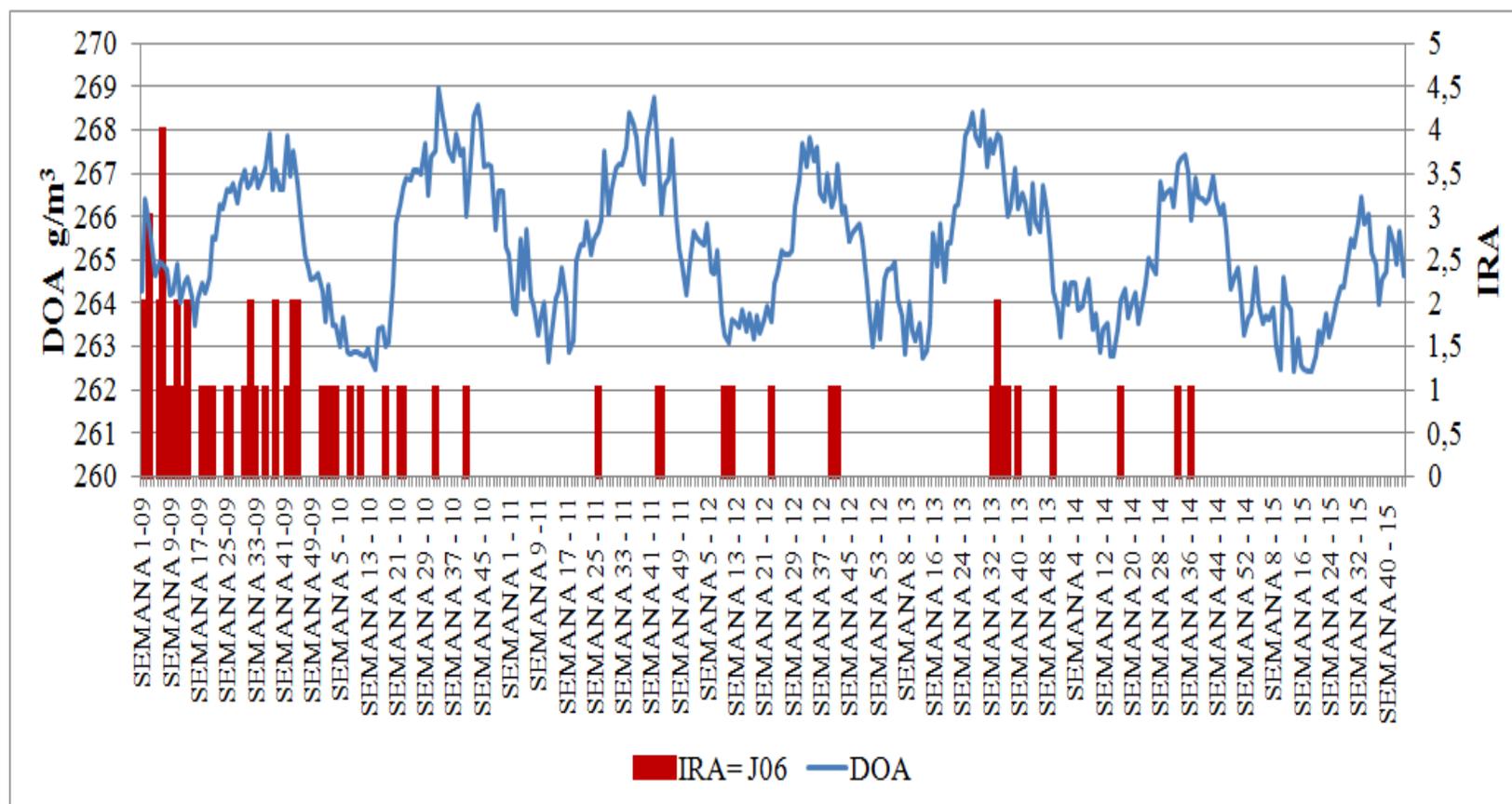


Figura N°29. Semanas epidemiológicas de la DOA e Infecciones respiratorias a las vías respiratorias.

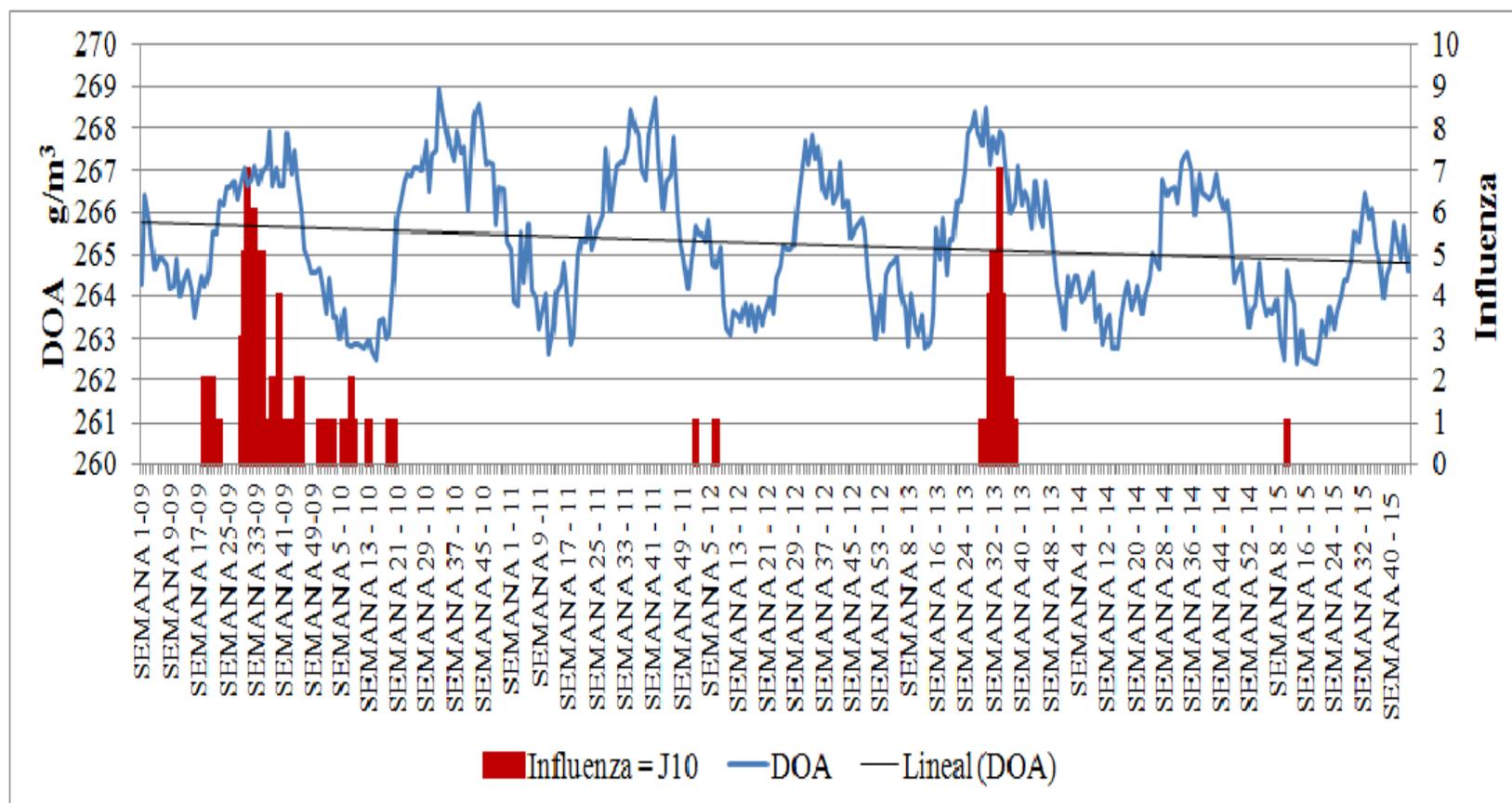


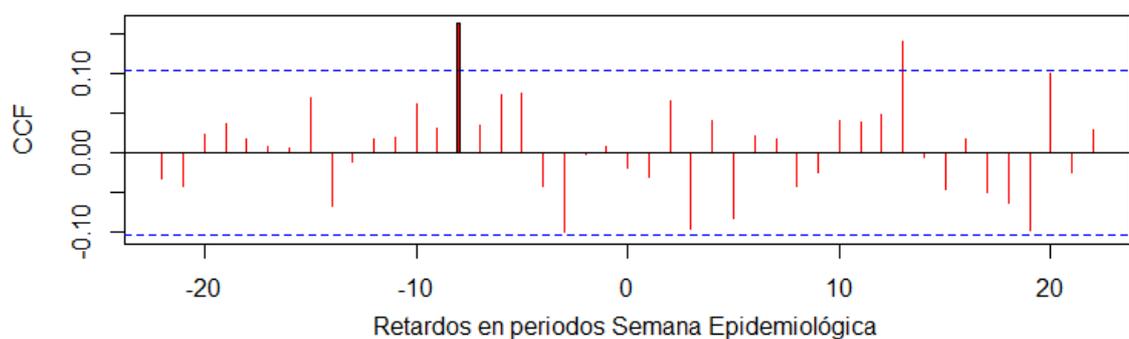
Figura N°30. Semanas epidemiológicas de la DOA e Influenza.

### 5.5. Relación estadística a partir del modelo de transferencia lineal entre la DOA y los ingresos por semanas epidemiológicas.

Se cross-correlacionó las variables llevando los datos diarios a semanas epidemiológicas, el sistema de variables se presenta de forma estacional, para este cálculo estocástico se trabajó con las variables de ingresos hospitalarios: Gripe y Neumonías, e IRA; la variable predictora usada fue la DOA.

Para Gripes y Neumonías se obtuvo el siguiente gráfico en la función ARMA:

**Y filtrada (DOA) ~ Residuos del modelo AR para X (Gripe y Neumonías)**



**Figura N°31. Cross-correlación entre los Residuos del Modelo auto-regresivo para X (Gripe y Neumonías) versus la serie pre-blanqueada con los coeficientes del modelo AR de X (Índice DOA).**

En la Figura N°31 podemos observar que existe un retardo significativo en la espiga - 8 que sobresale de los intervalos de confianza, usando los criterios propuesto por Box y Jenkins (2008) en la propuesta del modelo donde  $R = 0$  y el período de retardo se da luego de  $n$  intervalos, para seleccionar la estructura del modelo, podríamos proponer el orden para los parámetros  $d$ ,  $r$  y  $s$  con 8, 0 y 0, dado que las demás espigas se encuentran dentro de los intervalos de confianza.

Se desarrolla la variación en el tiempo de Gripe y neumonía en función de la DOA por medio de la ecuación:

$$Y_t \sim \mu + \delta_0 * \beta^8 * X_t + \frac{1}{1 - (\phi_1 * \beta^1 + \phi_2 * \beta^2 + \phi_3 * \beta^3 + \phi_4 * \beta^4 + \phi_5 * \beta^5)} * \varepsilon_t$$

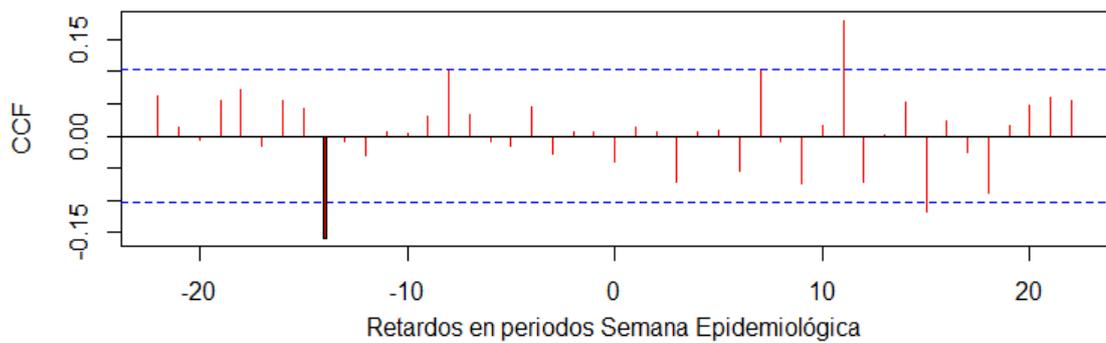
**Tabla VI: Coeficientes del modelo de transferencia lineal para Gripe y Neumonía.**

$\phi_1$	$\phi_2$	$\phi_3$	$\phi_4$	$\phi_5$	$\mu$	$\delta_0$
0.3914	0.2967	0.0525	0.0863	-0.0344	-73.4689	0.2932

Despejando la formula con los coeficientes anteriormente definidos se halla:

$$\begin{aligned}
 Y_t = & -73.4689 + 0.3914 * Y_{t-1} + 0.2967 * Y_{t-1} + 0.0525 * Y_{t-3} + 0.0863 * Y_{t-4} \\
 & - 0.0344 * Y_{t-5} + 0.2932 * X_{t-8} - 0.1147585 * X_{t-9} \\
 & - 0.08699244 * X_{t-10} - 0.015393 * X_{t-11} - 0.02530316 * X_{t-12} \\
 & + 0.01008608 * X_{t-13} + \varepsilon_t
 \end{aligned}$$

#### Y filtrada (DOA) ~ Residuos del modelo AR para X (Ira en vías respiratorias)



**Figura N°32.** Cross-correlación entre los Residuos del Modelo auto-regresivo para X (Gripe y Neumonías) versus la serie pre-blanqueada con los coeficientes del modelo AR de X (Índice DOA).

En la Figura N°32, podemos observar que existe un retardo significativo en la espiga - 14 que sobresale por fuera de las bandas de confianza, indicando que existe una señal importante del DOA que está influenciando el comportamiento de la enfermedad de la Ira. Se propone un modelo simple con los parámetros  $d=14$ ,  $r=0$  y  $s=0$ .

De tal manera se escriben las ecuaciones para ambos modelos Gripe y neumonía e Ira en enfermedades respiratorias, reemplazando los parámetros  $d$ ,  $r$  y  $s$  en la ecuación II, utilizando el índice DOA como variable predictora. Se propone un modelo auto-regresivo de 5to grado para pre-blanquear las series de ambas enfermedades y garantizar que los residuos de tal manera son un ruido blanco. A continuación, se presentan los resultados del análisis en Ira y enfermedades respiratorias en función del DOA:

$$Y \sim C + \delta_0 * \beta^{14} * X_t + \frac{1}{1 - (\phi_1 * \beta^1 + \phi_2 * \beta^2 + \phi_3 * \beta^3 + \phi_4 * \beta^4 + \phi_5 * \beta^5)} * \varepsilon_t$$

**Tabla VII: Coeficientes del modelo de transferencia lineal para IRA y enfermedades Respiratorias y coeficiente de determinación.**

$\phi_1$	$\phi_2$	$\phi_3$	$\phi_4$	$\phi_5$	$\mu$	$\delta_0$
0.3139	0.2167	0.1030	0.0459	-0.0133	23.161	-0.0856

Despejando la formula con los coeficientes anteriormente definidos:

$$\begin{aligned}
 Y_t = & 23.1610 + 0.3139 * Y_{t-1} + 0.2167 * Y_{t-1} + 0.1030 * Y_{t-3} + 0.0459 * Y_{t-4} \\
 & - 0.0133 * Y_{t-5} - 0.0856 * X_{t-14} + 0.02686984 * X_{t-15} \\
 & - 0.01854952 * X_{t-16} + 0.0088168 * X_{t-17} + 0.00392904 * X_{t-18} \\
 & + 0.00113848 * X_{t-19} + \varepsilon_t
 \end{aligned}$$

Observamos por lo tanto modelos estocásticos de 5to grado de orden estacionarios donde el ruido blanco ha sido disminuido al llevar a las variables a semanas epidemiológicas, donde  $\sigma = 0$ , por lo tanto la DOA influye en las variables de los casos de enfermedades con hasta 1 a 14 semanas epidemiológicas de retardo en el caso de gripe y neumonías, y en el caso de IRAS y enfermedades respiratorias de 1 hasta 19 semanas de retardo, con valores de  $R^2=0,52$  y  $R^2=0,29$  respectivamente.

### 5.6. Pronóstico para Gripe y Neumonía.

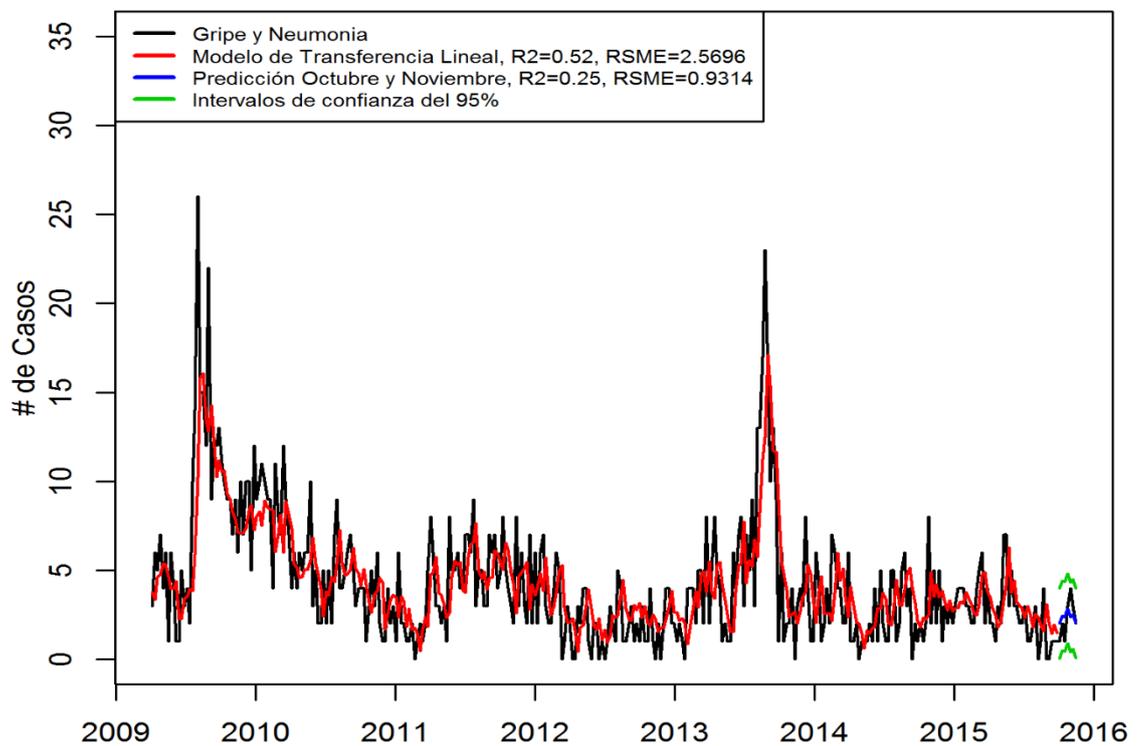
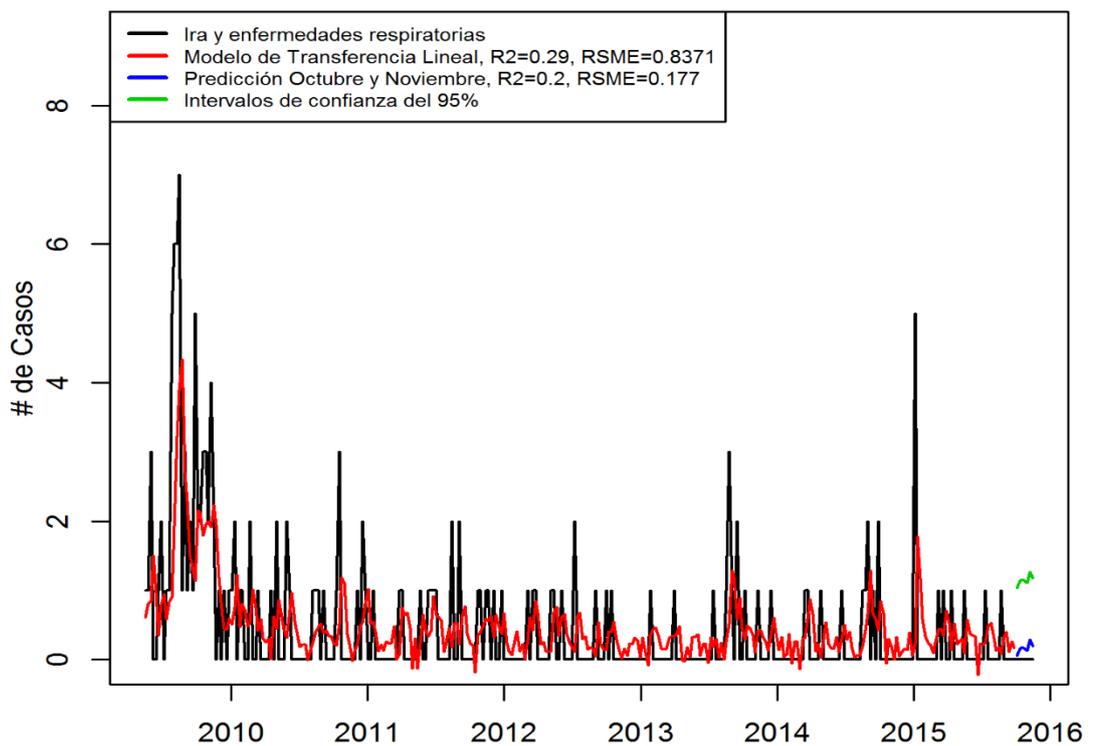


Figura N°33. Pronóstico para Gripe y Neumonías.

**Tabla VIII: Comparación entre los ingresos de siete semanas epidemiológicas por Gripe y Neumonía con los valores obtenidos por la predicción del modelo de transferencia lineal entre los meses de Octubre y Noviembre 2015.**

	Observado	Predicción
2015-10-04	1	2.01
2015-10-11	2	2.45
2015-10-18	1	2.38
2015-10-25	3	3.85
2015-11-01	4	2.36
2015-11-08	3	2.52
2015-11-15	2	2.04

### 5.7. Pronóstico para IRA y Enfermedades respiratorias.



**Figura N° 34. Pronóstico para IRA y Enfermedades Respiratorias..**

**Tabla IX: Comparación entre los ingresos de siete semanas epidemiológicas por IRA y Enfermedades Respiratorias con los valores obtenidos por la predicción del modelo de transferencia lineal entre los meses de Octubre y Noviembre 2015.**

	Observado	Predicción
2015-10-04	1	0.055
2015-10-11	2	0.154
2015-10-18	1	0.178
2015-10-25	3	0.155
2015-11-01	4	0.126
2015-11-08	3	0.285
2015-11-15	2	0.196

En Ecuador no existe ninguna iniciativa de sistemas de alertas para la salud humana basada en pronósticos biometeorológicos que se apliquen en el sistema de salud. El cálculo del índice DOA tiene una aplicación rápida y efectiva con los datos obtenidos por el INAMHI, los cuales se pueden contrastar con los datos del MSP que realiza un breviarío por semanas epidemiológicas de todos los datos obtenidos por los Hospitales satélites a nivel regional y nacional, el cual se encuentra en la página web o se puede pedir información más detallada vía Quipux.

Debido a este sistema de recolección de datos, estos pueden estudiarse por métodos numéricos y por sus ventajas operativas, eficacia y facilidad de aplicación en la asistencia médica, se puede hacer uso del índice DOA para los estudios de los efectos del tiempo sobre la salud humana, tal como la doctora Ovcharova (1981) sugirió en la previsión biometeorológica para la ciudad de Moscú.

Generalmente no se dispone de datos sobre la ocurrencia de las respuestas biometeorológicas masivas entre la población. Por ejemplo, miles de personas pueden tener manifestaciones meteoro-patológicas relacionadas con un cambio brusco del estado del tiempo (tos, rinitis, dolor de cabeza, alteraciones de la presión arterial, dolores corporales, catarro común, etc.), pero si ninguna llegó a sufrir una crisis de salud tal que implicara su ingreso hospitalario, escapan del análisis estadístico. La persona que requiere de un ingreso hospitalario por una enfermedad respiratoria resulta un caso extremo dentro de la ocurrencia de las respuestas meteoro-patológicas, siendo la muerte el caso más extremo de efecto biometeorológico.

Los datos meteorológicos disponibles son mucho más precisos y abundantes que los correspondientes a la información desde la contraparte médica. Este desbalance afecta la representatividad de los resultados estadísticos y se demuestra, una vez más, la complejidad de los temas que abarca la biometeorología humana y la necesidad de mejorar la información desde la contraparte médico-epidemiológica, así como el cuidado que se debe tener al interpretar los resultados obtenidos de muestras pequeñas y parciales, que generalmente no son suficientes para alcanzar conclusiones

definitivas. A pesar de esta dificultad, se han obtenido en este estudio resultados satisfactorios y evidencias objetivas que indican que se avanza por el camino correcto.

## 6. Conclusiones

Al desarrollar la base de datos meteorológicos y de ingresos hospitalarios diarios y contrastarlos fue evidente que se podían relacionar e interactuar en una amplia diversidad de efectos y combinaciones entre ellos.

Las condiciones meteorológicas y de la salud humana, expresadas en este estudio por la morbimortalidad de las IRA reportada en un centro asistencial de la ciudad de Guayaquil no cuenta con la suficiente información desde la contraparte médico-asistencial por lo que resulta muy difícil establecer con objetividad las posibles interacciones que pueden existir entre la salud humana y las condiciones meteorológicas influyentes.

Existen distintos niveles de interacción entre ambos procesos, pero generalmente no se dispone de datos sobre la ocurrencia de las respuestas biotrópicas masivas entre la población ya que los datos provienen de sólo un hospital. Por ejemplo, miles de personas pueden tener manifestaciones meteoro-patológicas relacionadas con un cambio brusco del estado del tiempo (tos, rinitis, dolor de cabeza, alteraciones de la presión arterial, dolores corporales, catarro común, etc.), pero si ninguna llegó a sufrir una crisis de salud tal que implicara su ingreso hospitalario, escapan del análisis estadístico. La persona que requiere de un ingreso hospitalario por una enfermedad respiratoria resulta un caso extremo dentro de la ocurrencia de las respuestas meteoro-patológicas, siendo la muerte el caso más extremo de efecto biotrópico.

Los resultados muestran una clara relación estacional entre las variables analizadas y la ocurrencia de la morbimortalidad asociada a las infecciones respiratorias agudas en Guayaquil, con máximos de ocurrencia bien definidos en los meses lluviosos, cuando la presencia de la zona intertropical de convergencia produce abundantes precipitaciones, cielos nublados y condiciones elevadas de humedad. Este período coincide cronológicamente con el invierno del hemisferio norte.

También se observó una relación coherente entre el comportamiento día tras día del estado del tiempo y sus elementos individuales con el aumento de los ingresos hospitalarios asociados a las IRA, durante los aumentos de la densidad parcial del oxígeno en el aire (hiperoxia) según el valor del índice DOA. Todo lo cual indica que tanto en su serie de tiempo anual (variabilidad climática) como en el transcurso de los cambios día tras día del estado del tiempo, las condiciones del clima local y los elementos meteorológicos influyen en el aumento de la morbimortalidad asociada a las IRA en la ciudad de Guayaquil.

Por lo tanto el índice complejo DOA permite establecer posibles escenarios que pueden ser previstos en un pronóstico meteorológico ARIMA siendo este un indicador de riesgo del aumento de casos de IRA, Neumonías y Enfermedades Respiratorias en la ciudad de Guayaquil.

## 7. **Recomendaciones**

Los resultados hallados en este estudio merecen ser tratados en otros estudios posteriores con una base de datos hospitalaria más robusta que permitan reafirmar las las *cross-correlaciones* encontradas en el cálculo de transferencia lineal y el pronóstico ARIMA entre las IRAs y el índice DOA.

Además las crisis hipertensivas y el grupo de enfermedades cardiovasculares, cerebrovasculares como migrañas, cefaleas e isquemias son asociadas a episodios de hipoxia de la DOA, por lo tanto, estos temas pueden ser tratados en estudios posteriores de tesis en el campo de la salud, cambio climático, biometeorología, etc. Para conocer el impacto en la morbilidad y mortalidad de la población al usar la variable DOA como herramienta para pronosticar la ocurrencia de dichas enfermedades en las distintas entidades hospitalarias de las ciudades del Ecuador.

Se sugiere que el escenario de estudio se amplíe y particular atención requiere el resultado referente a los ingresos por crisis de salud en pacientes tuberculosos, la relación mostrada en las Figuras N° 26 es muy novedosa y no se dispone de referencias bibliográficas que mencionen la existencia de un vínculo entre las condiciones meteorológicas y las crisis de salud en estos pacientes, que evidentemente resulta un grupo de población muy *meteo-lábil*. El pronóstico no se corrió para la Tuberculosis debido a que los valores de correlación no resultaron significativos en el presente estudio, pero es muy recomendable dirigir las investigaciones en este sentido, por el importante impacto social que pueden tener los resultados en caso de realizarse en otras instituciones hospitalarias.

## 8. Bibliografía

- Aguinaga M, Gutiérrez C, Lazo G. (2003). *Relación entre variables climáticas y casos de infección respiratoria aguda en la provincia del Callao 2001*. Revista Peruana de Epidemiología. Perú 11(1).
- Anderson, W., et al. (2001). *Asthma admissions and thunderstorms: A study of pollen, fungal spores, rainfall, and ozone*. *QJM* 94(8):429–433,.
- Allauca S, (1990) *Presencia de la corriente costanera ecuatoriana*. Acta Oceanográfica del Pacífico. INOCAR, Ecuador. 6(1)
- Apolinario L, De la Torre L. (2016). *Prevalencia de Infecciones Respiratorias Agudas en niños menores de 5 años de edad que acuden al centro de atención ambulatoria sur del IESS de Enero del 2014 a Junio 2015*. Guayaquil: Tesis para la obtención del título de médico. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Arnedillo Muñoz A., García Polo C., López-Campos Bodineau J. L. (s.f.) *Insuficiencia respiratoria aguda*. EB03, 211-217
- Ars Médica. (2010). *Infecciones Respiratorias*. España 93 p.
- Barnat J. (1977). *Enciclopedia Médica Básica*. Ediciones Nauta. S. A. España. Tomo I. p. 43.
- Barnat J. (1977). *Enciclopedia Médica Básica*. Ediciones Nauta. S. A. España. Tomo II. p. 242.

- Bayentin L, et al. (2010). *International Journal of Health Geographics*, 9:5.  
Recuperado del sitio web: <http://www.ij-healthgeographics.com/content/9/1/5>
- Bracewell, R. (1965) "*Pentagram Notation for Cross Correlation.*" *The Fourier Transform and Its Applications*. New York: McGraw-Hill, pp. 46 and 243.
- Cerutti B, Tereanu C, Domenighetti G, Cantoni E, Gaia M, Bolgiani I, et al. (2006). *Temperature related mortality and ambulance service interventions during the heat waves of 2003 in Ticino (Switzerland)*. *Soz Präventivmed* 51:185–193.
- Chan K. Ripley B., 2018. *Time Series Analysis*.
- Coelho et al. (2010). *Stroke temperature variations*. Artículo. *Arq Neuropsiquiatr* 2010;68(2): 242-245
- Contreras J, Espinola, R, Nogales F, Conejo A. (2003). *ARIMA Models to Predict Next-Day Electricity Prices*. *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 18, Nº 3.
- Coutin M. (2007) *Utilizaciòn de modelos ARIMA para la vigilancia de enfermedades transmisibles*. *Revista Cubana de Salud Pública*. 33(2)
- D` Amato G, Liccardi G, D` Amato M, Cazzola M. (2002). *Outdoor air pollution, climatic changes and allergic bronchial asthma*. Series "Contributions from the european respiratory monograph" Edited by M. Decramer and A. Rossi. *European Respiratory Journal* Nº9. United Kingdom.
- Declaracion de Helsinki de la Asociacion Medica Mundial. (2000). *Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos*. 52ª Asamblea General, Edimburgo, Escocia.
- De Sario M, Katsouyanni K, Michelozzi P. (2013). *Climate change, extreme weather events, air pollution and respiratory health in Europe*. *European Respiratory Journal*. Sep;42(3):826-43. doi: 10.1183/09031936.00074712.
- Droz dov, O.A. (1957). *Métodos para el procesamiento de los datos meteorológicos* [en ruso]. Ed. Hidrometeorológica, Leningrado; 297 pp.
- Estrada, A., A. Moya, L. Lecha (2006). A new automated system for biometeorological forecasts in regional scale (unpublished). Tech. Report, Institute of Meteorology, Havana, Cuba, 72.
- Estrada, A., A. Moya, L. Lecha y E. Ciómina (2007). Los pronósticos

biometeorológicos: una vía para reducir las crisis de salud en la población cubana. En: Memorias del IV Congreso Cubano de Meteorología, La Habana.

- Ezequiel U. (2013) *Introducción a la econometría*. Libro de texto electrónico. Universidad de Valencia. Recuperado del sitio web: [www.uv.es](http://www.uv.es)
- Falconi E, et al (2012). *Memorias del I Simposio Internacional Cambio Climático y Salud*.- Una visión desde la Mitad del Mundo, 3 al 5 de octubre de 2012. Quito: Universidad Central del Ecuador, Centro de Biomedicina. p. 252
- Fernández de Arroyabe P, Lecha L, Schmidt F. (2015). *Desarrollo de servicios climáticos orientados hacia la salud pública, basados en aplicaciones móviles: OxyAler*. Research Gate. Libro. España. Recuperado del sitio web: <https://www.researchgate.net/publication/284163377>
- Fuhrmann C. (2010). *The Effects of Weather and Climate on the Seasonality of Influenza: What We Know and What We Need to Know*. Geography compass 4/7. 718–730 pp.
- Gómez A. (2016). *Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE): Descifrando la CIE - 10 y esperando la CIE - 11*. Revista Monitor Estratégico. Enero - Junio. Colombia. Nº 7. p 66-73
- Gordis L. (2014). *Epidemiología*. Saunders, Elsevier Inc. 5ta edición. Barcelona España. pp.2/381
- Guerra J, Sánchez G & Reyes B. (1997). *Modelos de series de tiempo para predecir la inflación en Venezuela*.
- Horowitz S. (2004). *Biometeorology: What It Is and How It Affects Our Health. Alternative and Complementary Therapies*. Vol. 8, No. 1. Articles. Recuperado del sitio web: <https://doi.org/10.1089/107628002753447914>
- IPCC (2007). *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs.
- IPCC: Parry M. L, Canziani O. F, Palutikof J. P, Van der Linden P. J, & Hanson C. E.(eds) AR4. (2007). *Informe del Grupo de Trabajo II - Impacto, Adaptación y Vulnerabilidad* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

- Johnson H, Kovats RS, McGregor G, Stedman J, Gibbs M, Walton H, et al. (2005). *The impact of the 2003 heat wave on mortality and hospital admissions in England. Health Stat Q* 25:6–11.
- Koh YY, Kim CK (2003) *Department of Pediatrics, Seoul National University Hospital, Seoul, Korea Curr Opin Allergy Clin Immunol*. Jun;3(3):159-64.
- Larrieu S, Carcaillon L, Lefranc A, Helmer C, Dartigues J-F, Tavernier B, et al.(2008). *Factors associated with morbidity during the 2003 heat wave in two population-based cohorts of elderly subjects: PAQUID and Three City. Eur J Epidemiol* 23:295–302.
- Lecha L, Ciomina E, Estrada A & Gómez E. (2008). *Pronósticos biometeorológicos: vía para reducir las crisis de salud. El caso de Sagua la Grande. Revista Cubana de Salud Pública*, 34, 1; 14:21.
- Lecha, L. e A. Llanes (1988). *Características estacionales de la circulación atmosférica sobre Cuba. Rev. Cub. Meteorología*, 1 (1), 49-56.
- Lecha L. (1992). *Efectos del tiempo y el clima sobre la salud humana. Rev. Finlay*, 6, (3-4); 126-136.
- Lecha L. (2018) *Biometeorological forecasts for health surveillance and prevention of meteor-tropic effects. International Journal of Biometeorology*. 62: 741. <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1405-2>
- Lehmann E. L., Casella G. (1998) *Theory of point estimation*. 2da edición. 1. NY: Springer. ISBN 0-387-98502-6. MR 1639875
- Leòn D. (2017). *Relação entre o índice de doenças cardiovasculares e respiratórias no município de São Paulo no período 2004-2013*. Dissertação apresentada ao Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências.
- Lizarraga K (s. f.) *Efectos del medio ambiente de montaña sobre el ser humano*. recuperado del sitio web: [www.bizkaia.eus](http://www.bizkaia.eus)
- Lowen A, Mubareja C, Steel J, & Palese P. (2007). *Influenza virus transmission is dependent on relative humidity and temperature. Pathogens* 3, pp. 1470–1476.
- Mastrangelo G, Fedeli U, Visentin C, Milan G, Fadda E, Spolaore P.

(2007). *Pattern and determinants of hospitalization during heat waves: an ecologic study*. BMC Public Health 7:200; doi:10.1186/1471-2458-7-200 [Online 9 August 2007].

MSP-Argentina (Marzo 2011). *Guía sobre las IRAs*.

MSP-Ecuador (1993). Manual de Normas y Procedimientos para el Control de las Infecciones Respiratorias Agudas. Programa de Control de Infecciones Respiratorias Agudas. p. 17; 21.

MSP-Ecuador (2011). *Programa Ampliado de Inmunizaciones. Vigilancia de Infecciones Respiratorias Agudas Graves. (IRAG)*. Recuperado de:<http://www.salud.gob.ec/vigilancia-de-infecciones-respiratorias-agudas-graves-irag/>

Nogales F. J, Contreras J, Conejo A. J, & Espínola R. (2002). *Forecasting Next-Day Electricity Prices by Time Series Models*. IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 17, N° 2.

Oberlin M, Tubery M, Cances-Lauwers V, Ecoiffier M, Lauque D. (2010). *Heat-related illnesses during the 2003 heat wave in an emergency service*. Emerg Med J 27:297–299.

Olcina J, Martín D. (2012). *Variaciones en la densidad del oxígeno en el aire y su influencia sobre la salud humana*. Universidad de Alicante. Boletín de la Asociación de Geógrafos españoles N° 58. España.

Organización Mundial de la Salud, OMS (2003). *Cambio climático y Salud humana. Riesgos y respuestas*. Folleto resumen.

OMS, Pan American Health Organization PAHO Publications (2008) *Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y problemas Relacionados con la Salud (CIE - 10)*. Publications Catalog. Vol. 1, 2 y 3.

Papoulis, A. (1962) *The Fourier Integral and Its Applications*. New York: McGraw-Hill, pp. 244-245 and 252-253.

Pazitková T, Pérez Martínez V, Alerm González A, Lecha Estela L. (2011) *Estrategia de intervención para la monitorización y reducción de las crisis de asma bronquial aplicando un sistema de alerta temprana*. Revista Cubana de Medicina General e Integral vol.27 no.2 abr.-jun. Ciudad de La Habana-Cuba.

Pérez Chica, G. (s.f.). Infecciones Respiratorias en el paciente inmunodeprimido.

EB03, 469 - 477. Recuperado del sitio web:  
<https://www.neumosur.net/files/EB03-41%20inmunodeprimidos.pdf>

Riojas H, Hurtado M, Litai Grea, Santos R & Texcalac J. L.(2007). *Estudio Piloto sobre Escenarios de Riesgos en Salud asociados al Cambio Climático en Regiones Seleccionadas de México*. Instituto Nacional de Ecología. Instituto nacional de Salud Pública. Cuernavaca - México

Sega Cechini E. (2008). *Infectología y Enfermedades Infecciosas*. Editorial Journal, 1157. p.

Schmeltz MT, Sembajwe G, Marcotullio PJ, Grassman JA, Himmelstein DU, Woolhandler S (2015). *Identifying Individual Risk Factors and Documenting the Pattern of Heat-Related Illness through Analyses of Hospitalization and Patterns of Household Cooling*. PLoS ONE 10(3): 0118958.doi:10.1371/journal.pone.0118958

Smith K. R., Corvalán C. F. & Kjellström T.(1999) *How Much Global Ill Health Is Attributable to Environmental Factors?.* Epidemiology September, Vol. 10 No. 5

Stansfield S, Shepard D. (1991). *Acute Respiratory Infections*. Population, Health and Nutrition Division Population and Human Resources Department The World Bank Washington, D.C. 20433

Steel, R.G.D, & Torrie, J. H., (1906) *Principles and Procedures of Statistics with Special Reference to the Biological Sciences*. McGraw Hill, pp. 187, 287.

Vidal J. (2000) *Anatomía, Fisiología e Higiene*. 35ª ed. Editorial Bruno, Lima. pp 202

Watts N, et al. (2015). *Health and climate change: policy responses to protect public health*. Lancet commissions. Recuperado del sitio web:  
[http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)60854-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(15)60854-6)

WMO, UNEP, WHO. (1986) *Climate and Human Health*. World Climate Programme Applications (WCAP) Volume II. Proceedings of the Symposium in Leningrad. 22 - 26 September

Ye X., Wolff R., Yu W., Vaneckova P., Pan X., & Tong S. (2012) *Ambient Temperature and Morbidity: A Review of Epidemiological Evidence*. Environmental Health Perspectives. Volume 120, number 1, January. Australia and China.

# **ANEXOS**

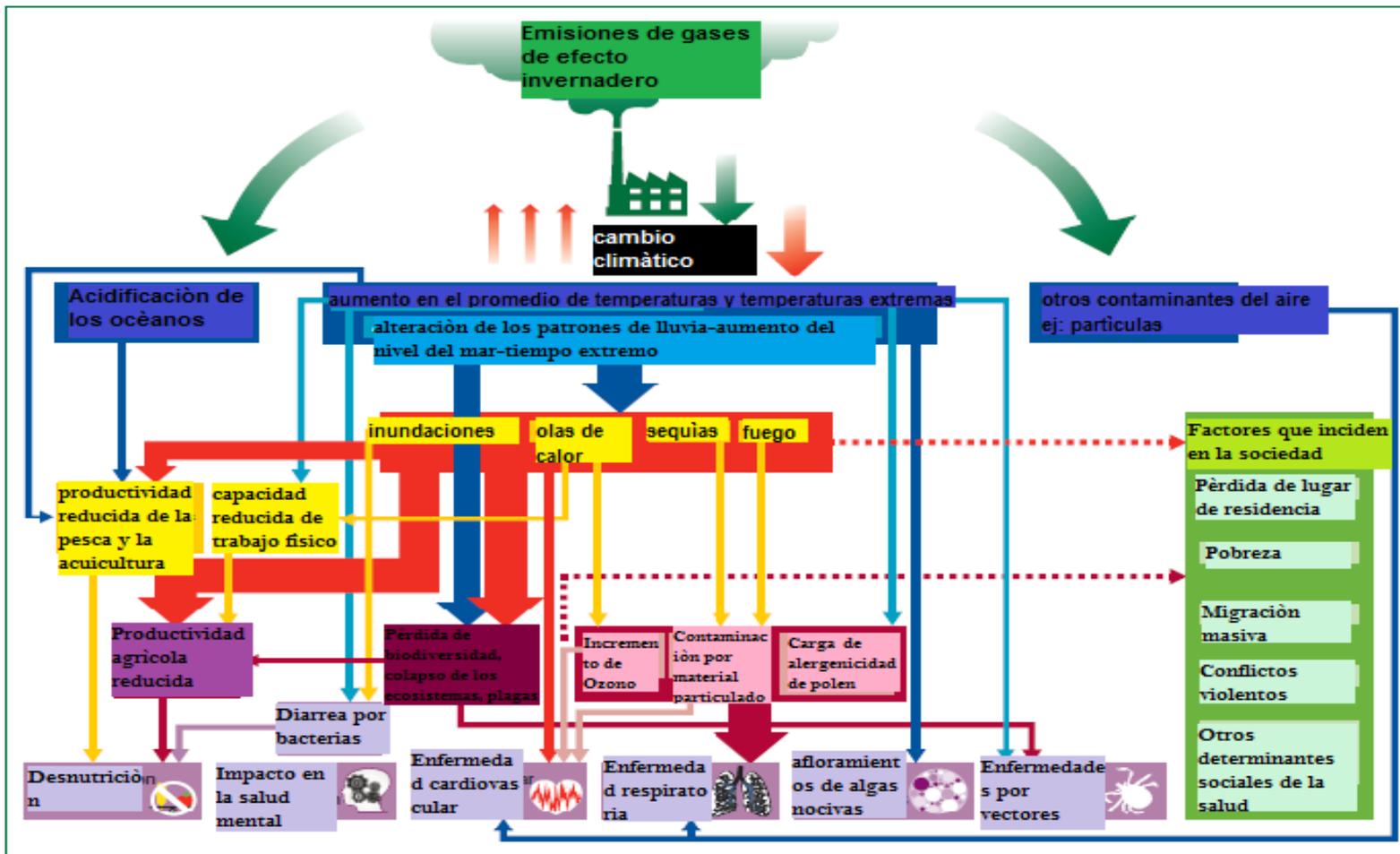


Figura A. Visión general de los vínculos entre las emisiones de gases de efecto invernadero, el cambio climático y la salud. Watts N, et al. (2015).