

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

**TÍTULO: INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD
ATMOSFÉRICA SOBRE LOS CASOS DE MORTALIDAD POR
ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES EN GUAYAQUIL
ENTRE 2014-2017**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título de

MASTER “CAMBIO CLIMÁTICO”

**Presentada por:
GABRIELA FRANCESCA TORRES SÁNCHEZ**

**Dirigido por:
GLADYS RINCÓN POLO, PhD.**

HEYDI ROA LÓPEZ, MSc.

Guayaquil – Ecuador

2021

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, hermana y esposo, por su apoyo incondicional desde el primer día que inicié mi maestría.

A mi tutora, Dra. Gladys Rincón PhD, por toda su guía, paciencia y ánimos para poder concluir este trabajo, y a mi cotutora, MSc. Heydi Roa por compartir sus conocimientos y darme su ayuda.

DEDICATORIA

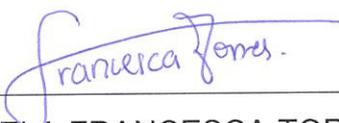
A mis padres, por creer en mí y apoyar mis sueños. Este trabajo es el resultado de la formación y guía que me han dado.

A mi hermana, para recordarle que con planificación, responsabilidad y esfuerzo podemos lograr nuestras metas.

A Ángel, mi compañero de camino, hemos logrado esto juntos.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; GABRIELA FRANCESCA TORRES SÁNCHEZ doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



GABRIELA FRANCESCA TORRES SÁNCHEZ

COMITÉ EVALUADOR

MARIA DEL PILAR CORNEJO RODRIGUEZ
Digitally signed by
MARIA DEL PILAR
CORNEJO RODRIGUEZ
Date: 2021.11.10
17:50:21 +01'00'

María del Pilar Cornejo, PhD.
DELEGADO DEL DECANATO DE FIMCM



Firmado electrónicamente por:
GLADYS RINCON POLO

Gladys Rincón Polo, PhD.
TUTOR



Firmado electrónicamente por:
HEYDI
MARIANA ROA

Heydi Roa López, MSc.
COTUTOR

Katty Castillo

Katty
Castillo

Digital and/or electronic signature of Katty Castillo
DN: cn=Katty Castillo, o=University
Hospital Andrés Bello, postalCode=10500,
country=VE, email=kcastillo@unab.edu.ve,
serial=2021.11.25.14:41:03

Katty Castillo, PhD.
EVALUADOR DE COORDINACIÓN DE MAESTRIA

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2. ANTECEDENTES	1
1.3. JUSTIFICACIÓN	10
1.4. OBJETIVO GENERAL.....	17
1.4.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
CAPÍTULO II.....	19
2. MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. Sistema climático.....	19
2.2. Tiempo, clima y variabilidad climática	19
2.3. Cambio Climático y sus impactos.....	20
2.4. Cambio Climático y salud humana	21
2.5. Temperatura y humedad	24
2.6. Enfermedades del sistema circulatorio.....	27
2.7. Mortalidad.....	28
2.8. Temperatura y humedad influencia en la mortalidad por enfermedades cardiovasculares.	29
CAPÍTULO III	31
3. METODOLOGÍA.....	31
3.1. Área de estudio	31
3.3. Fuente de datos.....	35
3.4. Análisis de datos	38

CAPÍTULO IV.....	45
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
CAPÍTULO V.....	73
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN	73
CAPÍTULO VI.....	75
6. REFERENCIAS.....	75
7. ANEXOS	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Datos esperados y disponibles de la estación MA2V “Guayaquil Radio Sonda” para el periodo 1992-2017	35
Tabla 3.2. Datos esperados y disponibles de la estación M056 “Guayaquil Aeropuerto” para el periodo 2014-2017	36
Tabla 3.3. Clasificación Internacional de Enfermedades y Problemas Relacionados con la Salud (CIE -10)	37
Tabla 3.4 Enfermedades del sistema circulatorio de acuerdo a la Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas Relacionados con la Salud (CIE -10)	38
Tabla 3.5. Datos esperados y disponibles del registro de mortalidad del Instituto Nacional de Estadística y Censos entre el 2014 al 2017	38
Tabla 3.6. Descripción de variables epidemiológicas y meteorológicas.	41
Tabla 4.1. Registro de defunciones por todas las causas (A00-U99) en la ciudad de Guayaquil entre el 2014-2017	49
Tabla 4.2. Registro de defunciones por enfermedades cardiovasculares (I00-I99) en la ciudad de Guayaquil entre el 2014-2017	49
Tabla 4.3. Registro de defunciones por todas las causas (A00-U99) en la ciudad de Guayaquil entre el 2014-2017 según el sexo (mujeres y hombres)	51
Tabla 4.4. Registro de defunciones por enfermedades cardiovasculares (I00-I99) en la ciudad de Guayaquil entre el 2014-2017 según el sexo (hombres y mujeres)	53
Tabla 4.5. Registro mensual de defunciones por enfermedades cardiovasculares (I00 – I99) en la ciudad de Guayaquil entre el 2014-2017 por rango de edad (0-14, 15-34, 35-64 y >65 años)	55
Tabla 4.6. Correlaciones entre temperatura máxima, media, mínima y humedad con defunciones por enfermedades cardiovasculares (I00-I99)	60

Tabla 4.7. Correlaciones entre temperatura máxima, media, mínima y humedad con defunciones por enfermedades cardiovasculares (I00- I99) en hombres (xy) 63

Tabla 4.8. Correlaciones entre temperatura máxima, media, mínima y humedad con defunciones por enfermedades cardiovasculares (I00- I99) en mujeres (xx) 63

Tabla 4.9. Correlaciones entre temperatura máxima y defunciones por enfermedades cardiovasculares (I00-I99) según rango de edad (35-64 y > de 65 años) 65

Tabla 4.10. Correlaciones entre temperatura media y defunciones por enfermedades cardiovasculares (I00-I99) según rango de edad (15-34, 35-64 y > de 65 años) 67

Tabla 4.11. Correlaciones entre temperatura mínima y defunciones por enfermedades cardiovasculares (I00-I99) según rango de edad (0-14, 15-34, 35-64 y > de 65 años) 69

Tabla 4.12. Correlaciones entre humedad y defunciones por enfermedades cardiovasculares (I00-I99) según rango de edad (0-14, 15-34, 35-64 y > de 65 años) 70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Aumento de la concentración atmosférica de dióxido de carbono y la temperatura mundial promedio	5
Figura 1.2. Cambios de temperaturas estivales 1995-2090, en el escenario RCP8.5, modelos CMIP5	5
Figura 1.3. Diagrama conceptual que muestra tres vías de exposición principales por las cuales el cambio climático afecta la salud	6
Figura 1.4. Porcentaje de defunciones totales en Ecuador durante el 2014	16
Figura 2.1. Impacto del cambio climático en la salud humana	24
Figura 2.2. Factores que afectan la termorregulación y vías de pérdida de calor del cuerpo	26
Figura 3.1. Localización geográfica de la ciudad de Guayaquil	32
Figura 3.2. Climograma de la ciudad de Guayaquil con datos registrados en la estación meteorológica Guayaquil – Radio Sonda (MA2V) en el periodo 1992 a 2017	33
Figura 3.3 Temperatura (a) y humedad relativa (b) promedio registradas en la estación meteorológica Guayaquil – Radio Sonda (MA2V) en el periodo 1992 a 2017	33
Figura 4.1. Registro histórico mensual del periodo 1992 – 2017 en la ciudad de Guayaquil recolectado por la estación Radio Sonda (MA2V) del INAMHI	46
Figura 4.2. Comportamiento semanal de las variables meteorológicas en el periodo 2014 – 2017 en la ciudad de Guayaquil recolectado por la estación M056, “Guayaquil Aeropuerto” (Aeronáutica)	47
Figura 4.3. Serie defunciones totales semanales en la ciudad de Guayaquil en el periodo 2014 a 2017. a) por todas las causas (A00 – U99); b) por enfermedades cardiovasculares (I00 – I99)	48

Figura 4.4. Serie defunciones totales semanales por todas las causas (A00 – U99) a) hombres (xy) y b) mujeres (xx) en la ciudad de Guayaquil en el periodo 2014 a 2017	50
Figura 4.5. Serie defunciones semanales por enfermedades cardiovasculares (I00 – I99) a) hombres (xy) b) mujeres (xx) en la ciudad de Guayaquil en el periodo 2014 a 2017	52
Figura 4.6. Serie de tiempo de defunciones totales semanales por enfermedades cardiovasculares (I00 – I99) en la ciudad de Guayaquil en el periodo 2014 a 2017 por rango de edad (0-14, 15-34, - 35-64 y >65 años)	54
Figura 4.7. Croscorrelogramas de las variables meteorológicas a) temperatura máxima, b) temperatura media, c) temperatura mínima y d) humedad relativa con defunciones por enfermedades cardiovasculares (I00-I99)	59
Figura 4.8 Croscorrelogramas de las variables meteorológicas a-b) temperatura máxima, c-d) temperatura media, e-f) temperatura mínima y g-h) humedad relativa con defunciones por enfermedades cardiovasculares (I00-I99) en hombres (xy) y mujeres (xx)	62
Figura 4.9 Croscorrelograma entre temperatura máxima y defunciones por enfermedades cardiovasculares por rango de edades	65
Figura 4.10 Croscorrelograma entre temperatura media y defunciones por enfermedades cardiovasculares por rango de edades (a:15-34, b:35-64 y c:>65)	66
Figura 4.11 Croscorrelograma entre temperatura mínima y defunciones por enfermedades cardiovasculares por rango de edades (a:15-34, b:35-64 y c:>65).	68
Figura 4.12 Croscorrelograma entre humedad relativa y defunciones por enfermedades cardiovasculares por rango de edades (a:35-64 y b:>65)	70

ANEXOS

Anexo 1- tablas de correlación

a)	Defunciones por enfermedades cardiovasculares.	85
b)	Defunciones por enfermedades cardiovasculares de hombres (xy).	85
c)	Defunciones por enfermedades cardiovasculares de mujeres (xx).	85
d)	Defunciones por enfermedades cardiovasculares en el rango de edad 0-14 años	86
e)	Defunciones por enfermedades cardiovasculares en el rango de edad 15-34 años	86
f)	Defunciones por enfermedades cardiovasculares en el rango de edad 35-64 años	86
g)	Defunciones por enfermedades cardiovasculares en el rango de edad > de 65 años	87

Anexo 2 – cros correlogramas

1.	Temperatura máxima:	89
2.	Temperatura máxima-máxima	90
3.	Temperatura mínima	91
4.	Temperatura mínima-mínima	92
5.	Humedad relativa	93
6.	Humedad relativa máxima	94

RESUMEN

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud, el cambio climático influye en la salud mundial ya que, al existir modificaciones en los patrones de precipitación, temperatura, humedad conlleva a alteraciones en la transmisión y presencia de diferentes enfermedades, algunas son más sensibles a las condiciones climáticas porque de ello depende su transmisión.

El presente trabajo evalúa la influencia de la temperatura máxima, temperatura media, temperatura mínima y la humedad relativa sobre los casos de mortalidad por enfermedades cardiovasculares (I00-I99), en la ciudad de Guayaquil en el período de estudio 2014-2017, discriminando por sexo (hombres y mujeres) y por rangos de edades (0-14, 15-34, 35-64 y mayores de 65 años), para ello se utilizó la correlación cruzada.

Se observa una influencia de la temperatura y la humedad relativa sobre las defunciones por enfermedades cardiovasculares. Tanto la temperatura máxima como la temperatura media proporcionan información estadísticamente significativa que permiten establecer la relación entre estas variables climáticas y las defunciones por enfermedades cardiovasculares.

Palabras clave: defunciones por enfermedades cardiovasculares, humedad, temperatura, correlación cruzada

ABSTRACT

According to the World Health Organization, climate change influences global health as there are modifications in the patterns of precipitation, temperature and humidity. This causes alterations in the transmission and presence of different diseases, some are more sensitive to weather conditions because their transmission depends on it.

This work evaluates the influence of the maximum temperature, average temperature, minimum temperature and relative humidity on the mortality records from cardiovascular diseases (I00-I99), in Guayaquil during the period 2014-2017, discriminating by sex (men and women) and by age ranges (0-14, 15-34, 35-64 and over 65 years), the cross correlation was used.

An influence of temperature and relative humidity is observed on deaths from cardiovascular diseases. The maximum temperature and the mean temperature provide statistically significant information which allows establishing the relationship between these meteorological variables and deaths from cardiovascular diseases.

Keywords: cardiovascular mortality, humidity, temperature, cross correlation

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Existe influencia de la temperatura y la humedad sobre los casos de mortalidad por enfermedades cardiovasculares en la ciudad de Guayaquil, Ecuador

1.2. ANTECEDENTES

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático conceptualiza al cambio climático como la variación identificable del clima a través de pruebas estadísticas, considerando las diferencias sobre las medias o la variabilidad de sus propiedades con respecto a largos períodos de tiempo. El cambio climático es el resultado de procesos externos o internos, externos como erupciones volcánicas, modulaciones de los ciclos solares, o cambios por actividades antropogénicas en el uso del suelo o la estructura de la atmósfera, y los internos o procesos naturales. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su artículo 1, define el cambio climático como “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables” (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013).

La CMNUCC señala al cambio climático como resultado de las acciones antropogénicas que modifican la estructura de la atmósfera y a la variabilidad climática que se origina por causas naturales (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013). Las emisiones de *gases de efecto invernadero* (GEI), determinan la magnitud del cambio climático, pero éstas a su vez, dependen del esfuerzo de los países en reducir emisiones.

Existe una posibilidad que las actividades humanas después de la Segunda Guerra Mundial, sean la principal causa del recalentamiento que se observa en el planeta.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) advierte con preocupación sobre las pruebas que se tienen de enfermedad y ocurrencia de muertes derivadas del riesgo ambiental; más alarmante aún es que se prevé que éstas seguirán aumentando a medida que el clima siga cambiando. Aunque no se conoce el grado de influencia del cambio climático en la salud por todos los factores que pueden influenciar, estima que probablemente llegue a alcanzar 250.000 muertes adicionales por año (Organización Panamericana de la Salud & Organización Mundial de la Salud, 2017b).

El IPCC señala que el cambio climático proyectado podría agravar problemas de salud ya existentes, especialmente en regiones con bajos ingresos. Entre los escenarios de emisión de GEI, llamados “vías representativas de concentraciones” (en inglés: *Representative Concentration Pathways- RCP*) se encuentra el RCP8.5, el cual con nivel muy alto de confianza presagia que para el 2100 habrá un forzamiento radiativo superior a $8,5 \text{ W m}^{-2}$. Bajo este escenario se combinan altas temperaturas y humedad en algunas zonas del planeta, que podrían comprometer actividades humanas cotidianas, como la producción de alimentos o laborar en áreas exteriores. Las proyecciones del modelo climático, impulsadas por futuras emisiones anticipadas de gases de efecto invernadero y aerosoles, indican que la tierra continuará calentándose, con aumentos asociados en el nivel del mar y eventos climáticos extremos (McMichael et al., 2006).

En la actualidad la mala salud causada por el cambio climático es baja comparada con otros factores de estrés y no tiene una cuantificación precisa, pero existe un aumento de muertes relacionadas con las temperaturas altas y una reducción en las muertes por las bajas temperaturas. Los cambios en los patrones de precipitación y variaciones de temperatura locales, ocasionan la

modificación en la distribución de enfermedades (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013).

Las acciones del ser humano especialmente el consumo de combustibles fósiles ha liberado cantidades de CO₂ y otros GEI en los últimos cincuenta años, que causan la retención de calor en capas como la troposfera y estratosfera, alterando así el clima de la tierra. Desde 1850 según los registros cada década presenta un incremento en sus temperaturas, el derretimiento de los glaciares, un aumento del nivel del mar, alteraciones en los patrones de precipitaciones, y mayor frecuencia e intensidad en fenómenos meteorológicos extremos (Organización Mundial de la Salud, 2018a).

La emisión de GEI es vital para el desarrollo de los organismos en el planeta, estos gases se emiten naturalmente y los seres vivos son capaces de absorber la radiación térmica emitida por la atmósfera e irradiarla en todas las direcciones, manteniendo la temperatura de la Tierra en rangos que la convierten en habitable.

El desarrollo de las industrias, deforestación de bosques y el desarrollo de agricultura a gran escala han provocado que las cantidades de GEI aumenten en proporciones no registradas en la atmósfera. El crecimiento de la población, el avance de las economías y con ello un mejor nivel de vida ocasionan mayores emisiones de estos gases. Existe una relación directa entre la concentración de GEI y la temperatura media mundial de la Tierra; de acuerdo a los registros desde la Revolución Industrial la emisión de gases es mayor y la temperatura también. El CO₂ (dióxido de carbono) que resulta de la quema de combustibles es el gas más abundante, con dos tercios del total de GEI (Naciones Unidas, 2019a).

El dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso son los principales GEI, sus concentraciones atmosféricas han registrado un aumento significativo desde 1750 (40 %, 150 % y 20 %, respectivamente) y se calcula que su concentración

actual es la más alta en 800.000 años. Las concentraciones de CO₂ aumentaron ($2,0 \pm 0,1$ ppm/año) al mayor ritmo de cambio decenal jamás observado durante 2002-2011. Tras casi un decenio de concentraciones estables de CH₄ desde finales de la década de 1990, las mediciones atmosféricas muestran un nuevo aumento desde 2007. Las concentraciones de N₂O han aumentado a una tasa de $0,73 \pm 0,03$ ppmm/año de manera estable en los tres últimos decenios. El aumento brusco de emisiones de dióxido de carbono se atribuye principalmente a los procesos industriales y el uso de combustibles fósiles, con el 78 % del incremento. La Figura 1.1. muestra que la concentración atmosférica ha aumentado la temperatura promedio mundial en ≈ 0.85 °C entre 1880 y 2012. Los meteorólogos coinciden en que la emisión de gases que causan el efecto invernadero constituye la principal causa de las tendencias actuales de recalentamiento del planeta (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013).

Se prevé que alrededor del 2090, la temperatura superficial media del planeta subirá otros 3.7 °C respecto de las registradas entre 1986 y el 2005; este aumento se sumaría al recalentamiento ya registrado desde la era preindustrial como se observa en la Figura 1.2. Esta magnitud de calentamiento puede perturbar considerablemente el régimen pluvial, la periodicidad y la intensidad de eventos meteorológicos extremos, como tormentas, huracanes, olas de calor, precipitaciones abundantes y marejadas en las zonas costeras; los océanos se tornarán más cálidos y ácidos, y los glaciares empezarán a derretirse, lo que elevará el nivel del mar. La media del nivel medio global del mar según el IPCC durante el período 1901-2010 ha sido de 0,19 [0,17 a 0,21] m (Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático, 2014).

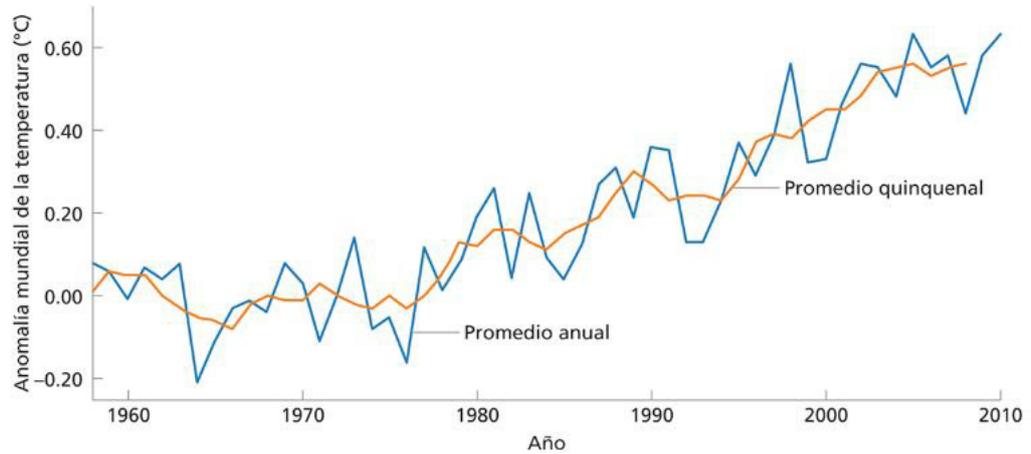


Figura 1.1 Aumento de la concentración atmosférica de dióxido de carbono y la temperatura mundial promedio (The Earth Observatory, 2011).

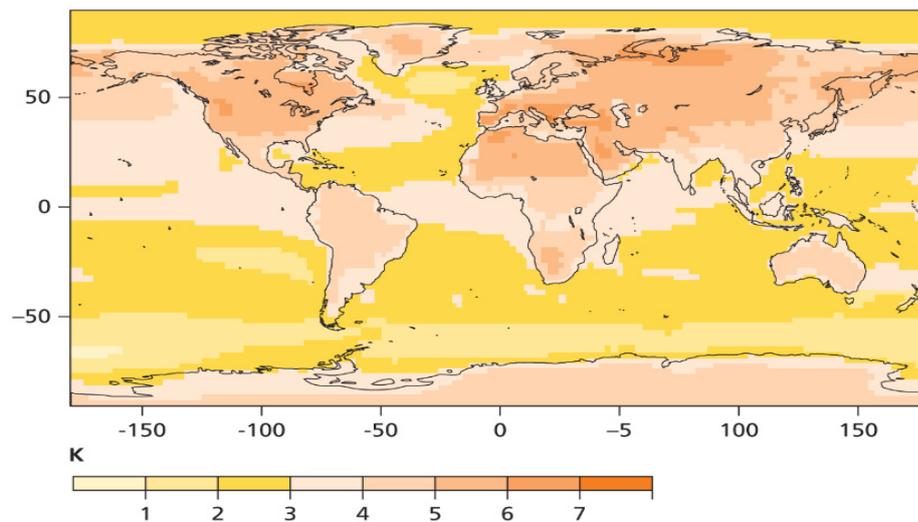


Figura 1.2. Cambios de temperaturas estivales 1995-2090, en el escenario RCP8.5, modelos CMIP5 (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014).

De acuerdo al IPCC el cambio climático tiene efectos en la salud, entre ellos: efectos directos y efectos indirectos, por medio de los sistemas naturales o socioeconómicos, ver Figura 1.3 (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013). Sin embargo, los resultados en materia de salud no siempre se derivan directamente de esos factores. Los determinantes sociales de la

salud (tanto individuales como colectivos) y la presencia y la calidad de los servicios de salud pueden determinar, para bien o para mal, los resultados finales de esos cambios en materia de salud. De acuerdo con el Quinto Informe de Evaluación del IPCC (de sus siglas en inglés AR5) se prevé que el cambio climático provoque un aumento de los eventos meteorológicos extremos (olas de calor, olas de frío, inundaciones, sequías). Con un elevado grado de certidumbre, las proyecciones climáticas muestran un incremento en los eventos extremos por altas temperaturas. En las próximas décadas la salud humana se verá expuesta al cambio climático lo que pondrá en riesgo la vida de la población.

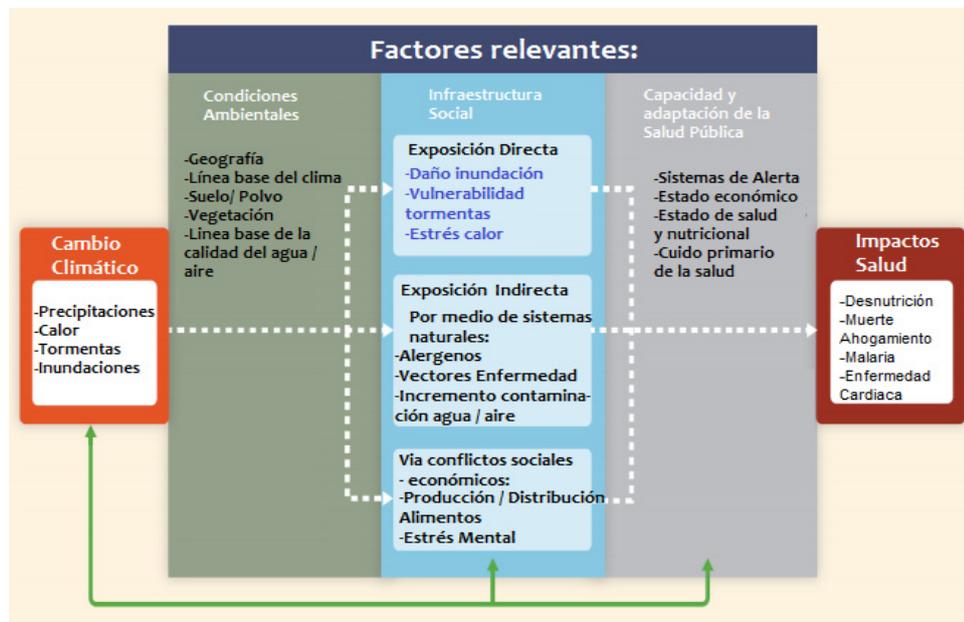


Figura 1.3. Diagrama conceptual que muestra tres vías de exposición principales por las cuales el cambio climático afecta la salud (Smith et al. 2014)

Que una persona padezca una enfermedad u otros resultados adversos para la salud, depende de un conjunto complejo de factores. La vulnerabilidad es la tendencia a verse afectada negativamente por los efectos sobre la salud relacionados con el clima, y abarca tres elementos: exposición, sensibilidad, y

la capacidad de adaptarse. La exposición es el contacto entre una persona y uno o más estresores biológicos, psicosociales, químicos o físicos, incluidos los estresores afectados por el clima; puede ocurrir en una sola instancia o repetidamente a lo largo del tiempo, en una ubicación o en un área geográfica más amplia. La sensibilidad es el grado en que las personas o las comunidades se ven afectadas, de manera adversa o beneficiosa. La capacidad de adaptación es la capacidad de las comunidades, instituciones o personas para adaptarse a los peligros potenciales, aprovechar las oportunidades o responder a las consecuencias (U.S. Global Change Research Program, 2019).

El cambio climático ha contribuido al aumento de la mortalidad relacionada con el calor. Existe evidencia sólida que muestra como el cambio climático perturba la intensidad y duración de las olas de calor y la exposición a altas temperaturas ambientales está asociada con un exceso de morbilidad y mortalidad (Ebi et al., 2018). Un estudio realizado en Sao Paulo, Brasil, sobre el impacto de la temperatura en la mortalidad evidenció que tanto las temperaturas ambientales altas como las bajas están asociadas con el riesgo de mortalidad; el efecto del frío es mayor que el efecto del calor mostrando cómo las asociaciones entre temperatura, mortalidad y vulnerabilidad difieren según la ubicación y la población (Son et al., 2015). En la investigación de Bell et al. (2008), se relaciona la mortalidad con calor en las ciudades de Sao Paulo, Santiago de Chile y Ciudad de México en América Latina; en él se concluye que las temperaturas elevadas están asociadas con el riesgo de mortalidad en esas ciudades latinoamericanas, resaltando que los adultos mayores son una población importante para las medidas de prevención específicas, pero la vulnerabilidad por sexo y educación difirió según la ciudad.

La enfermedad cardiovascular es la principal causa de muerte relacionada con las fluctuaciones climáticas (Yang et al., 2015). Otros autores como Linares & Díaz (2008) han analizado la influencia de las temperaturas extremadamente

cálidas sobre la mortalidad tanto en población general como para el grupo de mayores de 65 años. Si bien la mayor mortalidad por calor se produce en el grupo de personas mayores de 65 años, por los mecanismos biológicos que subyacen, también se ha detectado un aumento de la mortalidad en otros grupos de edad en días extremadamente cálidos.

Las temperaturas extremas del aire tienen una relación directa a las defunciones por enfermedades del sistema cardiovascular y respiratorio, principalmente en personas de avanzada edad, durante la ola de calor de Europa existió un exceso de mortalidad de 70.000 personas en el 2003 (Robine et al., 2007)(Robine et al., 2007). Cuando se registra un incremento en la temperatura a ello también se sumará el aumento del nivel de ozono, contaminantes, polen y alérgenos, lo que ocasiona mayores ingresos por enfermedades como asma, que afecta a ~300 millones de individuos (Organización Mundial de la Salud, 2018a).

Los países desarrollados y de ingresos medios han registrado que la principal causa de muerte y de años de vida potencialmente perdidos corresponde a enfermedades del sistema circulatorio y tanto hombres como mujeres son afectados. Registrando un total de 9.48 millones de muertes correspondientes a casi el 85.1 % (Núñez González et al., 2018).

Las enfermedades cardiovasculares a menudo se enfatizan en los estudios climáticos y de salud debido a los impactos potenciales en la función cardíaca por las altas temperaturas, los cuales pueden estar relacionados con la humedad atmosférica (Bouchama & Knochel, 2002). En la investigación de Quagliolo et al. (2020) se analizó la temperatura del aire en la ciudad de Guayaquil, y en línea con los últimos informes del IPCC, ellos sugirieron un posible incremento en el número de días y noches cálidos en dicha ciudad. Los resultados evidencian un deterioro de las condiciones climáticas en las temperatura máxima y mínima, lo que refuerza la idea de que podrían ocurrir eventos más extremos, especialmente los vinculados a clima cálido.

En el 2018 las enfermedades del sistema circulatorio en Ecuador registraron 7.862 defunciones (hombres y mujeres) considerándose como la primera causa de mortalidad (Organización Panamericana de la Salud & Organización Mundial de la Salud, 2017b).

Entre los estudios que analizan los parámetros meteorológicos como temperatura y humedad con salud en Ecuador se encuentra el trabajo de Stewart-Ibarra & Lowe (2013), que se enfoca en el efecto de las lluvias sobre la incidencia del dengue en la provincia de El Oro. En este estudio se usaron pronósticos climáticos para predecir la evolución de la temporada de dengue para el 2016, luego de uno de los eventos de El Niño más fuertes registrados en ese país considerando temperatura mínima, precipitaciones y el índice Niño3-4. El Modelo mixto jerárquico bayesiano usado para predecir la incidencia del dengue permite realizar una predicción a principio de año para toda la temporada de dengue, evaluando la importancia de los factores climáticos y no climáticos de la variabilidad interanual en la fiebre del dengue. De este estudio concluyeron que los factores climáticos y no climáticos podrían proporcionar alguna ventaja predictiva para pronosticar dichas epidemias, mostrando el potencial para desarrollar un sistema de alerta temprana de dengue.

Se conoce que el cambio climático afecta la calidad de vida y salud humana, pero no se tiene información suficiente de los efectos en países con economías bajas y no industrializados. En Ecuador los trabajadores expuestos a ambientes cálidos (costa) o ambientes con radiación UV elevada (sierra) podrían estar en riesgo particular por tales efectos. En la región andina, las mediciones del índice UV muestran niveles máximos superiores a 11 unidades, un nivel considerado extremo según la OMS. Los escasos datos disponibles sobre salud laboral en los trabajadores agrícolas ecuatorianos plantean la necesidad de una mayor investigación. Los datos en todo el mundo muestran una prevalencia cada vez mayor de enfermedades relacionadas con

la radiación UV y el estrés por calor en los trabajadores agrícolas e insta a la adopción de medidas preventivas (Harari et al., 2016)

Los diferentes estudios muestran relación entre el cambio climático con la salud humana, analizando la situación actual se ha considerado al cambio climático como un factor importante en el brote del SARS-CoV-2, causante de la pandemia de COVID-19. La modificación del paisaje forestal ocasionado por las emisiones mundiales de GEI ha provocado que el Sur de China sea acceso del virus cuyo vector son los murciélagos. Un cambio a gran escala de matorrales tropicales a sabanas tropicales y bosques caducifolios durante el siglo pasado impulsado por un aumento de la temperatura, patrones de precipitación alterados, horas de sol con menos cobertura de nubes y mayores niveles atmosféricos de CO₂. Creando un entorno adecuado para muchas especies de murciélagos que se encuentran en la región (Beyer et al., 2021).

La revisión literaria muestra una posible relación e influencia en la pandemia que actualmente enfrentamos debida al virus SARS-CoV-2, con el cambio climático. Además se ha supuesto que cada uno de estos fenómenos provoca efectos perjudiciales sobre la salud mental (Marazziti et al., 2021).

1.3. JUSTIFICACIÓN

Uno de los mayores desafíos para el siglo XXI en el ámbito de la salud será el cambio climático. Pese a que no se conoce las cifras de afectación para todos los países o cuáles serán los efectos, es claro que existirán impactos en la salud, y un mayor retraso en la acción aumenta los riesgos. El cambio climático amenaza con socavar más de medio siglo de mejoras globales en la salud logradas con acciones dedicadas y específicas por parte de los responsables políticos y la comunidad de la salud. Esta situación contraviene directamente los compromisos del gobierno de apoyar la realización progresiva del derecho humano a la salud para todos (Organización Mundial de la Salud, 2003).

Una afectación a todos los países por el cambio climático, es lo que señala el ODS 13 – Acción por El Clima, lo cual mermaría su economía y la de toda la población. Los patrones del clima cambian, de no actuar la temperatura media de la superficie del mundo podría aumentar unos 3 grados centígrados este siglo (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013). De acuerdo a la OMS la salud humana se ha visto afectada por el tiempo y el clima. Se han registrado defunciones de miles de personas y afectaciones a su salud por los fenómenos meteorológicos extremos. Las sequías influyen directamente en la nutrición y enfermedades relacionadas con la malnutrición. Las crecidas y los ciclones desencadenan brotes de enfermedades infecciosas y causan daños en hospitales y otras infraestructuras sanitarias, desbordando los servicios de salud (Naciones Unidas, 2019b)

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible manifiesta cómo se entrelazan en el ODS3 la salud y el bienestar humano con el crecimiento económico y la sostenibilidad ambiental; para lograrlo es vital asegurar una vida saludable y promover el bienestar. En algunos países existen altas tasas de mortalidad neonatal y materna sumado la propagación de enfermedades infecciosas y no transmisibles (Organización Panamericana de la Salud & Organización Mundial de la Salud, 2017b).

Los seres humanos, por su condición de homeotermos, son sensibles a las condiciones termométricas ambientales, susceptibles de afectar en mayor o menor medida las funciones fisiológicas, hasta el punto de condicionar el estado de salud y en condiciones extremas, desencadenar o acelerar procesos patológicos con final irreversible (Raso, 2002). La buena salud humana a largo plazo depende del funcionamiento continuo de los sistemas de la biosfera, a menudo denominados sistemas de soporte vital. El sistema climático mundial es una parte integral de este complejo de procesos que sostienen la vida, uno de los muchos grandes sistemas naturales que ahora están siendo presionados por el creciente peso del número humano y las actividades

económicas. Las concentraciones crecientes de GEI han provocado que las temperaturas medias y extremas aumenten y se registran mayores cifras en los casos de mortalidad por calor (U.S. Global Change Research Program, 2019). Las relaciones clima-salud son las concernientes con las olas de calor, los riesgos físicos de inundaciones, tormentas e incendios, y diversas enfermedades infecciosas (especialmente las transmitidas por vectores)

El cambio climático tiene influencia en el ámbito social y medioambiental de la salud, las estimaciones muestran un aumento de muertes para los años 2030 y 2050, causadas principalmente por falta de alimento, aumento en la distribución de vectores, cambios extremos en la temperatura y otras infecciones. Pese a que a la afectación es global, los países en desarrollo, la población de mayor edad y niños serán los más afectados. Por ello es clave una mejora en los diferentes sistemas especialmente en el sistema sanitario para aumentar con ello su capacidad de respuesta y resiliencia (Organización Mundial de la Salud, 2018a).

Los posibles resultados del cambio climático sobre la salud son enormes. La gestión de esos problemas de salud es un desafío no solo para los profesionales de la salud sino también para los responsables de las políticas de cambio climático. Una respuesta política integral y holística es vital por buenas razones sociales, económicas y éticas. El cambio climático antropogénico ahora es incontrovertible, la cantidad de cambio y su intensidad, junto con la voluntad y la capacidad de mitigarlo, están sujetos a un debate y controversia considerables. El cambio climático no es solo un problema ambiental sino también un problema de salud. La adaptación ante las afectaciones del cambio climático en la salud depende de las medidas que reduzcan su gravedad. Este es un tema crucial que debe ser tratado con urgencia. Sin embargo, solo nos enfocamos en cómo podríamos adaptarnos y evitar los efectos negativos para la salud del cambio climático que, debido a que puede tomar de 20 a 30 años para que las emisiones de carbono tengan

un efecto completo, y para que la deforestación y el daño al ecosistema sean evidentes ocurrir incluso con la mejor acción de mitigación posible (Lancet & University College London Institute for Global Health Commission, 2009).

Es importante que el sector de la salud se prepare para reducir las emisiones de GEI y adaptándose ante los efectos del cambio climático. Los centros hospitalarios deben capacitarse para reducir su huella ecológica y su personal mejore sus prácticas y con ello el sistema aumente su resiliencia (Organización Panamericana de la Salud & Organización Mundial de la Salud, 2017a)

La salud de cada persona responde a fenómenos climáticos que tienen diferente distribución temporal (desde variaciones diarias y estacionales hasta fluctuaciones interanuales) y estos nexos causales interconectados pueden acumularse o anularse parcialmente entre sí, por ejemplo, la oscilación meridional El Niño tiene ciclos irregulares de 2 a 7 años y puede potenciar los efectos de las sequías regulares o los cambios climáticos a largo plazo. Segundo, a menudo resulta difícil evaluar qué respuestas pueden desvincularse de otros factores y atribuirse exclusivamente al clima. Tercero, el lapso que transcurre entre la exposición y el efecto torna difícil o imposible determinar si hay algún vínculo. Para evaluar los efectos de un cambio climático sobre la salud se deben detectar cambios respecto de algunos valores de referencia, aunque también es difícil calcular esos valores de referencia debido al corto lapso durante el que se recopilan y registran esos datos de manera fiable en todo el mundo. De hecho, aunque el calentamiento del clima quizá sea beneficioso para algunas zonas (por ejemplo, los inviernos menos crudos pueden reducir el número de muertes o aumentar la productividad de los cultivos en las zonas más frías), se prevé que la magnitud y la gravedad de los efectos negativos superan enormemente a los positivos (Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático, 2014).

En Guayaquil se ha identificado la presencia del fenómeno “Isla de calor”, como consecuencia de la configuración geométrica de su casco empresarial que marca un pico de +5,32°C con respecto a los registros meteorológicos locales y que ha llegado a comprometer la calidad del aire a nivel del suelo y los patrones de transferencia térmica con el que se encuentra inmediatamente sobre la cubierta de los edificios, lo que genera un impacto directo (Palacios et al., 2017). El estudio de Observaciones y Proyecciones de las olas de calor en Sudamérica, donde se analizó a las ciudades como: Caracas; Bogotá; Guayaquil; Fortaleza; Lima; Santa Cruz; Sao Paulo; Santiago y Buenos Aires, señala que, para mediados de siglo, bajo el escenario RCP4.5, se espera que los días de diciembre, enero, febrero sean extremadamente cálidos y el número de olas de calor (por temporada) aumenten entre 5 y 10 veces en lugares cercanos al Ecuador y en el desierto de Atacama (Feron et al., 2019).

El 23 % de las defunciones que representa 12.6 millones de muertes al año según la OMS tienen una relación directa con el entorno. Los accidentes cerebrovasculares y las cardiopatías isquémicas ocupan el primero y segundo lugar. La cardiopatía isquémica y el accidente cerebrovascular encabezan la lista de causas de mortalidad global, causando 15.2 millones de defunciones en 2016 y liderando las listas en los quince últimos años (Organización Mundial de la Salud, 2016).

Se ha encontrado que las olas de calor en los Estados Unidos están asociadas con aumentos en los ingresos hospitalarios de emergencia. La ola de calor de Chicago en 1995 dio como resultado un aumento del 11 % en los ingresos hospitalarios de emergencia en general y un aumento del 35 % en el grupo de mayores de 65 años. De estos ingresos excesivos, el 59 % fueron por enfermedades relacionadas con el calor (deshidratación, agotamiento por calor y golpe de calor) en personas con enfermedades crónicas subyacentes (Semenza et al., 1999).

En el Reino Unido, se informó un pequeño aumento en los ingresos hospitalarios en Birmingham durante la ola de calor de 1976 y no se observó ningún exceso estadísticamente significativo durante la ola de calor de 1995 en Londres. En 2003, se detectó en Londres un aumento del 16 % en los ingresos de personas mayores de 75 años. El mismo verano, en un hospital español, aproximadamente el 40 % de los ingresos durante el período de la ola de calor se relacionan con el calor, aunque no se diagnosticó un golpe de calor. En Francia, donde la ola de calor de 2003 fue más intensa, muchos hospitales se vieron abrumados y se notificaron varios casos de golpe de calor (Kovats & Hajat, 2008).

Cuando las personas están expuestas a un calor extremo, pueden sufrir enfermedades potencialmente mortales, como el agotamiento por calor y la insolación. Las altas temperaturas también pueden contribuir a la muerte por ataques cardíacos, accidentes cerebrovasculares y otras formas de enfermedad cardiovascular. En EEUU el calor lidera los casos de muerte relacionados con el clima, aunque la mayoría de las muertes relacionadas con el calor se pueden prevenir mediante actividades de extensión e intervención (United States Environmental Protection Agency, 2020).

Los países con economías deprimidas registran el mayor número de casos de defunciones por enfermedades cardiovasculares, con tres cuartas partes de los casos. El no contar con un sistema de salud preventivo comparado con los sistemas e instituciones de los países desarrollados que no les permite acceder a una atención temprana. Sufrir de una enfermedad cardiovascular repercute además en la economía de la población ya que los gastos son representativos para quienes no tienen un ingreso estable (Organización Mundial de la Salud, 2017).

En Ecuador en el 2014 la tasa de mortalidad general fue de 6.0 muertes por 1.000 habitantes (7.2 en los hombres y 3.9 en las mujeres). Como se muestra en la Figura 1.4, las enfermedades del sistema circulatorio provocaron 23 % de las muertes; las neoplasias el 17 %, y las causas externas 13%. De acuerdo al sexo ese año las enfermedades crónicas no transmisibles constituyeron la principal causa de mortalidad prematura por cada 100.000 mujeres. Por cada 100.000 hombres, las enfermedades isquémicas del corazón causaron 33.2 % muertes; la diabetes, 25.5 % y las enfermedades cerebrovasculares, 23.7 % (Organización Panamericana de la Salud & Organización Mundial de la Salud, 2017b).

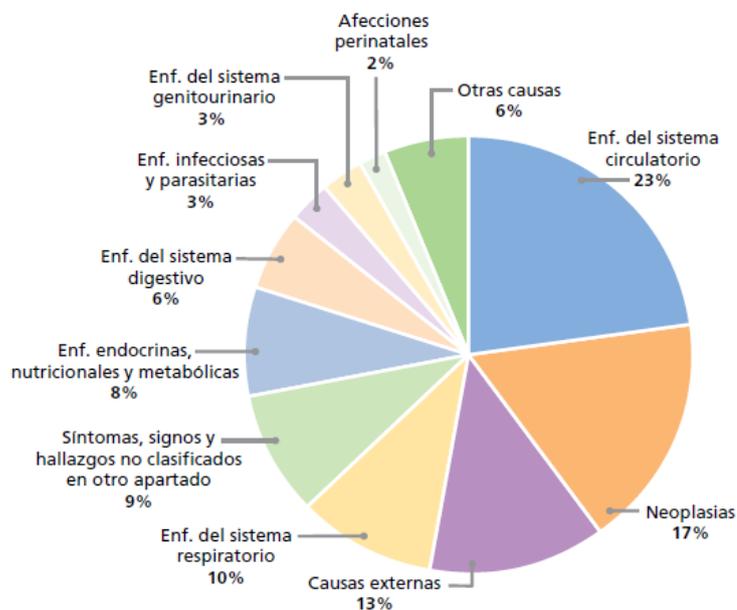


Figura 1.4. Porcentaje de defunciones totales en Ecuador durante el 2014 (Organización Panamericana de la Salud, 2017).

La presente investigación analiza la influencia de la temperatura y humedad relativa en el número de casos de mortalidad por enfermedades cardiovasculares en Guayaquil durante los años 2014 – 2017. Lo cual, permitirá comenzar a establecer una línea base que relacione clima con salud en Ecuador para contribuir en la toma de decisiones del sector salud.

1.4. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la influencia de la temperatura máxima, temperatura media, temperatura mínima y la humedad relativa sobre los casos de mortalidad por enfermedades cardiovasculares, en la ciudad de Guayaquil en el período de estudio 2014-2017.

1.4.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Observar el comportamiento histórico de la temperatura máxima, humedad relativa y precipitación en la ciudad de Guayaquil durante el periodo 1992 a 2017.
2. Analizar los casos de mortalidad presentados en la ciudad de Guayaquil durante el período 2014-2017.
3. Establecer posible relación entre temperatura máxima, temperatura media, temperatura mínima y la humedad relativa con casos de mortalidad por enfermedades cardiovasculares registrados en la ciudad de Guayaquil en el periodo 2014-2017.
4. Discriminar por sexo y edad la posible relación entre temperatura máxima, media, mínima y la humedad relativa con casos de mortalidad por enfermedades cardiovasculares registrados en la ciudad de Guayaquil en el periodo 2014-2017.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Sistema climático

El Sistema climático es un sistema complejo que consta de cinco componentes principales: atmósfera, hidrosfera, criosfera, litosfera y biosfera, y de las interacciones entre ellos. El sistema climático evoluciona en el tiempo bajo la influencia de su propia dinámica interna y por efecto de forzamientos externos, como las erupciones volcánicas o las variaciones solares, y de forzamientos antropógenos, como el cambio de composición de la atmósfera o el cambio de uso del suelo (Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático, 2014).

El calentamiento del océano es el factor predominante en el incremento de la energía almacenada en el sistema climático y representa más del 90 % de la energía acumulada entre 1971 y 2010, con solo alrededor del 1 % almacenada en la atmósfera. A escala global, el calentamiento del océano es mayor cerca de la superficie: los 75 m superiores se han calentado 0.11 °C por decenio, durante el período comprendido entre 1971 y 2010 (Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático, 2014).

2.2. Tiempo, clima y variabilidad climática

Los términos tiempo y clima a menudo se usan indistintamente, pero en realidad representan partes diferentes del mismo espectro. El tiempo son las condiciones atmosféricas cambiantes día a día. El clima se describe mediante las estadísticas resumidas de un conjunto de variables atmosféricas y de la superficie como: temperatura, precipitación, viento, humedad, nubosidad, humedad del suelo, temperatura de la superficie del mar y la concentración y el espesor del hielo marino. El valor medio oficial de un elemento

meteorológico para una ubicación específica durante 30 años se define como normal climática. Se incluyen datos de estaciones meteorológicas que cumplen con los estándares de calidad prescritos por la Organización Meteorológica Mundial. Las normales climáticas se utilizan para comparar las condiciones actuales y se calculan cada 10 años. Los climatólogos utilizan las normales climáticas como base de comparación para el clima durante la década siguiente. La variabilidad climática es la variación alrededor del clima medio; esto incluye variaciones estacionales y eventos irregulares como El Niño / Oscilación del Sur (Springer, 2017).

La variabilidad climática es una característica bien conocida del clima y las olas de calor representan una faceta de esa variabilidad. Con el cambio climático y la variabilidad climática, es probable que aumente la aparición de olas de calor. A partir del análisis de registros climáticos a largo plazo, surgen pruebas de un aumento en la frecuencia y duración de los eventos de temperaturas extremas (Fischer & Schär, 2010). Además, los estudios de modelización del cambio climático indican que veranos como el experimentado en Europa en 2003 bien pueden representar lo que depara el futuro para la sociedad europea en la última parte del siglo XXI (Beniston, 2004) La cuantificación de las contribuciones naturales y antropogénicas a la magnitud de los eventos extremos proporciona otra perspectiva sobre la atribución de eventos que puede parecer que supera las probabilidades con la perspectiva basada en la frecuencia (Otto et al., 2012).

2.3. Cambio Climático y sus impactos

Las modificaciones en los patrones del clima han tenido un impacto en el entorno natural y en los individuos que se desarrollan en este. Las huellas del impacto son más visibles en los entornos naturales. En la mayoría de zonas las modificaciones en los patrones de lluvia, el derretimiento de glaciares y

hielo alteran el funcionamiento del sistema hídrico. Especies terrestres, dulceacuícolas y marinas muestran un cambio en sus áreas de distribución y desplazamiento geográfico, causando así alteraciones en su crecimiento, desarrollo, interacción y reproducción que finalmente provocan una alteración a todos los sistemas (Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático, 2014).

El IPCC señala que los impactos en los sistemas humanos suelen ser heterogéneos geográficamente porque dependen no solo de cambios en las variables climáticas, sino también de factores sociales y económicos. Por tanto, los cambios son más fáciles de observar a nivel local, mientras que la atribución puede seguir siendo compleja. Las alteraciones en la temperatura y los patrones de precipitación alteran el desarrollo y dispersión de enfermedades que se transmiten por el agua otros vectores. En ciertas zonas se estudia la relación entre los cambios de temperatura y el aumento de defunciones. Los fenómenos de calor extremo actualmente dan lugar a aumentos en la mortalidad y morbilidad en América del Norte y en Europa, con impactos que varían según la edad de la persona, la ubicación y los factores socioeconómicos.

2.4. Cambio Climático y salud humana

El cambio climático que se espera aumente la intensidad y frecuencia de estos fenómenos extremos, empeorará los riesgos para la salud humana. En el decenio de 2050 los episodios de calor que actualmente solo ocurren una vez cada 20 años se experimentarán cada 2 a 5 años por término medio. Se espera también que el crecimiento de la población, el envejecimiento y la urbanización aumenten el número de personas expuestas a un riesgo elevado. En 2050 se estima que habrá al menos 3 veces más personas de edad superior a 65 años

viviendo en ciudades, y que será en las regiones desarrolladas donde se registrará el mayor aumento (Organización Mundial de la Salud, 2018a).

El cambio climático está afectando negativamente la salud humana al aumentar la exposición y la vulnerabilidad al estrés relacionado con el clima. Los cambios climáticos observados y detectados que afectan la salud humana incluyen eventos climáticos extremos, una distribución cambiante de los riesgos para la salud, mayores riesgos de desnutrición, desplazamiento de poblaciones y mayores riesgos de lesiones, enfermedades y muerte. El cambio climático a largo plazo amenaza con agravar los problemas actuales y menoscabar los futuros sistemas de salud, infraestructuras, sistemas de protección social, suministro de alimentos y de agua, así como otros servicios y productos ecosistémicos vitales para la salud humana (Organización Mundial de la Salud y Organización Meteorológica Mundial, 2012).

El calor excesivo es una amenaza creciente para la salud pública, por cada grado centígrado por encima de la temperatura media del lugar de residencia, pueden incrementar entre el 2 y el 5% de las defunciones. Las olas de calor intensas y prolongadas elevan los riesgos. Las personas de edad, los enfermos crónicos, las personas socialmente aisladas, las personas que trabajan en ambientes expuestos y los niños son especialmente vulnerables. Mientras que el calor extremo afecta a las poblaciones de todo el mundo, en los países en desarrollo y en los países desarrollados, algunas de las olas de calor más intensas han ocurrido en regiones del mundo relativamente ricas con temperaturas medias más frías y climas de latitudes medias. La tensión térmica afecta a las zonas rurales, pero es particularmente grave en las ciudades, donde el efecto de isla térmica puede elevar las temperaturas más de 5 °C, y las altas temperaturas exacerbar los efectos perjudiciales del ozono y de las partículas contaminantes en el aire (World Meteorological Organization, 2015).

La acumulación de GEI en la atmósfera, provocado principalmente por el uso de combustibles fósiles, está aumentando las temperaturas, exponiendo a la población a fenómenos meteorológicos extremos más frecuentes e intensos, y perjudicando factores medioambientales determinantes para la salud, como el agua pura o una nutrición adecuada. La acumulación de clorofluorocarbonos (CFC) y otras sustancias químicas industriales en la atmósfera ha degradado la capa de ozono estratosférico y provocado el aumento del nivel de radiación ultravioleta, principal factor de riesgo del cáncer de piel. Los temas de salud relacionados con las olas de calor se han agravado con el aumento del tamaño de los grupos de población más vulnerables, las personas de edad, especialmente las que viven en grandes ciudades de las regiones tropicales y subtropicales (Organización Mundial de la Salud y Organización Meteorológica Mundial, 2012).

Ballester-Diez et al. (1997) menciona; la atmósfera es la parte del ambiente con la que el organismo humano está permanentemente en contacto. Los cambios periódicos de los fenómenos meteorológicos son el elemento fundamental que determina el comportamiento estacional de muchas manifestaciones de la enfermedad. Raso (2002) los seres humanos por la condición de homeotermos, son sensibles a las condiciones termométricas ambientales, susceptibles de afectar en mayor o menor medida las funciones fisiológicas, hasta el punto de condicionar el estado de salud y, en condiciones extremas, desencadenar o acelerar procesos patológicos con final irreversible. El óptimo desarrollo de las funciones orgánicas requiere, entre otros parámetros ambientales, el mantenimiento de la temperatura del aire dentro de unos determinados umbrales. Las personas adultas y sanas cuentan con recursos o mecanismos fisiológicos para hacer frente a los impactos provocados por oscilaciones termométricas que exceden estos umbrales, pero no resulta posible un alejamiento de los mismos sin que el organismo humano sufra los efectos de unas temperaturas excesivamente altas o bajas.

La Figura 2.1 muestra los impactos del cambio climático en la salud; de acuerdo a Kjellstrom et al. (2009), el impacto sobre la función y la salud humana en situaciones de trabajo es un efecto ‘olvidado’ del cambio climático global. Los riesgos potenciales para la salud y la reducción de la productividad de los trabajadores debido al cambio climático son sustanciales.

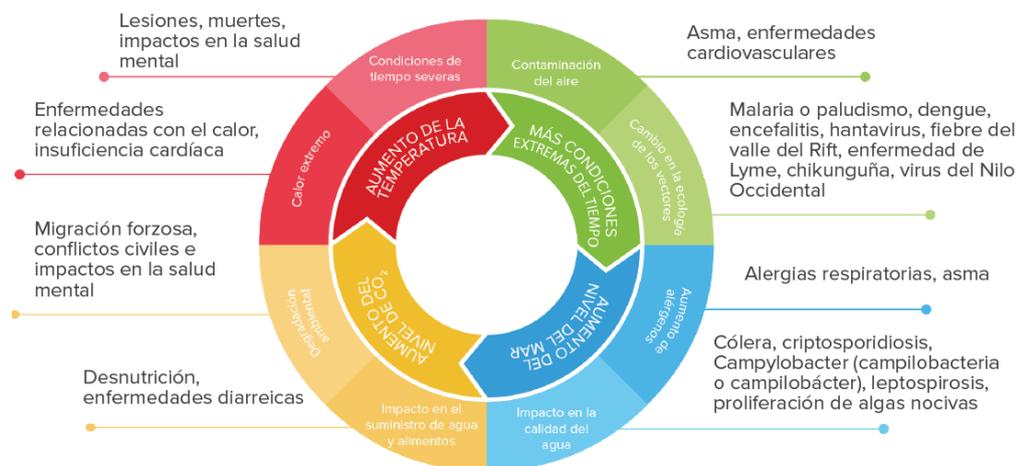


Figura 2.1. Impacto del cambio climático en la salud humana Fuente: Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades, Estados Unidos (Karlner et al., 2019).

2.5. Temperatura y humedad

Las temperaturas extremas afectan directamente a la salud ya que condicionan la capacidad de respuesta del cuerpo para la regulación de su temperatura. La modificación de la temperatura interna desencadena diversas reacciones y enfermedades, como calambres, agotamiento por calor, hipotermia e hipertermia, entre otras. Las temperaturas elevadas también pueden empeorar afecciones crónicas como enfermedades cardiovasculares, enfermedades respiratorias, enfermedades cerebrovasculares y afecciones relacionadas con la diabetes. Se ha mostrado una asociación en los individuos expuestos a altas temperaturas por periodos prolongados y el aumento de

ingresos hospitalarios por enfermedades cardiovasculares, respiratorias y renales. La exposición a altas temperaturas mínimas también puede reducir la capacidad del cuerpo humano para recuperarse de las altas temperaturas máximas diarias (U.S. Global Change Research Program, 2019).

Las variables climáticas, especialmente temperatura y humedad relativa, tienen una asociación con enfermedades circulatorias (Bayentin et al., 2010). En personas de avanzada edad las temperaturas extremas aportan en el número de defunciones por enfermedades cardiovasculares y respiratorias, principalmente. En el 2003 durante la ola de calor de Europa se registró un exceso de defunciones de 70.000 personas (Robine et al., 2007). Pese a que los estudios la humedad no muestra un efecto significativo, se la incluye en el análisis (Schwartz et al., 2004).

El cuerpo humano está diseñado para mantener una temperatura corporal central de 37°C. Una persona que realiza actividad física, crea calor metabólico dentro del cuerpo, que debe transferirse al entorno externo de la persona para evitar un aumento peligroso de la temperatura corporal central. El equilibrio del calor corporal es influenciado por “6 componentes fundamentales”: temperatura del aire, temperatura radiante, humedad, movimiento del aire, vestimenta y el calor generado por la actividad física humana (Parsons, 2003). La pérdida de calor en el cuerpo se da mediante: 1) radiación, por medio de la cual el cuerpo pierde-emite calor hacia el ambiente si la temperatura es menor a 20 °C; 2) convección, por medio de la circulación de agua (ducha fría) o aire, en contacto con la piel; 3) conducción por medio de objetos más fríos en contacto directo con la piel (dormir en una superficie fría); 4) evaporación del sudor o respiración.

El Manual de Olas de Calor y Salud, medidas a tomar de la OPS (2019) menciona que una exposición excesiva a altas temperaturas abruma los mecanismos de emisión de calor del cuerpo y la temperatura central aumenta. Los termo-receptores diseminados a través de la piel, tejidos profundos y

órganos detectan de inmediato un aumento de tan solo 1°C. El mecanismo de respuesta fisiológica del cuerpo humano a temperaturas por encima de la media habitual incluye el aumento de la temperatura corporal, sobre todo si es que la temperatura ambiental excede la capacidad de los mecanismos de compensación. El incremento temperatura detectado por los termo receptores dispara la respuesta del centro termorregulador, que reacciona accionando la vasodilatación periférica y el sudor que actúan de forma complementaria. El transporte masivo de sangre a la periferia-vasodilatación periférica busca facilitar el enfriamiento del organismo (sin embargo, puede sobrecargar el sistema cardiovascular). La sudoración enfría la piel mojada al entrar en contacto con el aire (mecanismo similar a un radiador), pero una sudoración excesiva puede llegar a dos litros por hora y ocasionar la pérdida masiva de líquidos y electrolitos, en la Figura 2.2 se muestra el esquema de los factores y la respuesta del cuerpo.

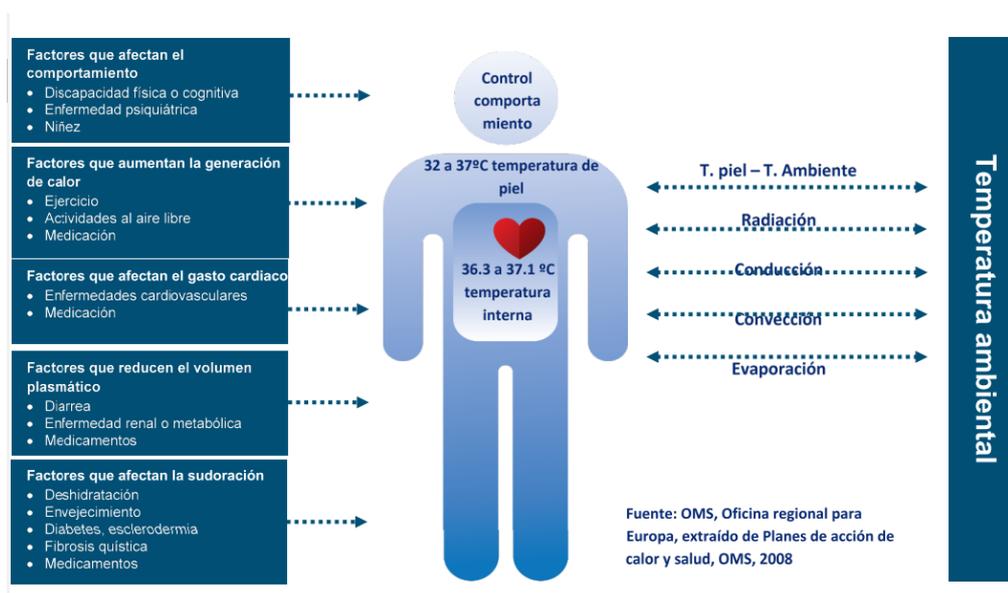


Figura 2.2. Factores que afectan la termorregulación y vías de pérdida de calor del cuerpo (Organización Panamericana de la Salud, 2019).

Cuando los procesos de enfriamiento son insuficientes, la temperatura central del cuerpo aumentará y una serie de resultados adversos para la salud pueden resultar en una mayor severidad, estos son erupción por calor, edema por calor, síncope por calor, calambres por calor, e insolación, el último de los cuales puede ser fatal. El aumento de la deshidratación y la temperatura corporal central también pueden ejercer presión sobre el sistema cardiovascular, exacerbando las enfermedades cardíacas existentes. La enfermedad renal y la muerte prematura también pueden resultar de la deshidratación (Kovats & Hajat, 2008).

2.6. Enfermedades del sistema circulatorio

Las enfermedades cardiovasculares según la Clasificación Internacional de Enfermedades en su décima edición, CIE-10 se agrupan con el código I00 a I99. Enfermedades cardiovasculares, es un término que engloba a los trastornos del corazón y vasos sanguíneos, los cuales se desarrollan al existir la presencia de grasa o colesterol en las paredes de las arterias, que contribuyan a la formación de una placa que al pasar el tiempo causa una obstrucción mayor, bloqueando al vaso sanguíneo y afectando a todo el organismo. Esto puede originar un ataque cardíaco o un accidente cerebrovascular (MedlinePlus, 2021).

Las ECV son la principal causa mundial de defunciones en edades tempranas y discapacidad. Un infarto de miocardio o un accidente cerebrovascular ocurren de forma repentina y rápida lo cual limita el tiempo de respuesta y en la mayoría de ocasiones no se recibe la atención médica necesaria. Por ello es clave la disminución de los factores de riesgo (Organización Mundial de la Salud, 2018b)

2.7. Mortalidad

Los registros de mortalidad señalan que los casos de defunciones según el lugar de ocurrencia, fecha y la causa o enfermedad. La OMS agrupa los registros presentados por cada país de acuerdo a las codificaciones establecidas. Las olas de calor tienen un mayor impacto en la mortalidad que el número reportado de muertes o casos certificados debido a la enfermedad por calor clásica. El calor excesivo puede causar el desarrollo de agotamiento, calambres, edema por calor y fiebre por calor. Además, deshidratación severa, accidentes cerebrovasculares agudos y contribuir a la trombogénesis. Agravando aún más las afecciones pulmonares crónicas, afecciones cardíacas, trastornos renales y enfermedades psiquiátricas. Pocas muertes y enfermedades son causadas directamente por el calor debido al aumento de la temperatura central del cuerpo (muertes por insolación), la mayoría están relacionadas con el empeoramiento de las condiciones de salud existentes antes mencionadas (World Meteorological Organization, 2015).

La OMS estimó que los cambios climáticos, causaron más de 150.000 muertes, desde mediados de la década de 1970. Algunas personas tienen más riesgo de contraer enfermedades relacionadas con el calor que otras, esto puede entenderse en términos de niveles variables de vulnerabilidad al calor dentro de una población, lo que, a su vez, está relacionado con los contrastes en la exposición y sensibilidad individual o grupal (Bassil y Cole, 2010). Entre ellos se encuentra: la adaptación y el estado socioeconómico, a lo que se agrega una serie de características personales (Havenith, 2005), que incluyen edad, estado físico, género, aclimatación, comportamiento, peso corporal y la presencia de enfermedades coexistentes o tratamiento farmacológico. Solo o en conjunto, tales factores de riesgo pueden modificar el nivel de sensibilidad de la población al calor y, en combinación con modificadores de exposición, determinar la vulnerabilidad general al calor.

2.8. Temperatura y humedad influencia en la mortalidad por enfermedades cardiovasculares.

La percepción de la temperatura está determinada por factores individuales, tales como la capacidad respiratoria, el nivel de actividad física, el tipo-material de la ropa que usa la persona; y factores ambientales, como la temperatura, la humedad, la radiación solar y la velocidad del viento. A mayor humedad, mayor es la sensación térmica, lo cual reduce la capacidad del organismo de enfriarse adecuadamente. Cuando la humedad es alta, un día caliente se percibirá aún más caliente. Por esta razón, la persona no deja de producir sudor, el cual o se evapora al estar el aire saturado de agua, lo cual resulta en una reducción o pérdida de la capacidad de enfriamiento, lo que puede generar un impacto en los humanos. (Organización Panamericana de la Salud, 2019).

El calor excesivo es una amenaza creciente para la salud pública, por cada grado centígrado por encima de un cierto nivel, los fallecimientos pueden incrementarse entre el 2 y el 5%. Las olas de calor intensas y prolongadas elevan el riesgo para: adultos mayores, enfermos crónicos, personas socialmente aisladas, personas que trabajan en ambientes expuestos y los niños (Kjellstrom et al., 2009). Xu et al (2019) encontraron que la temperatura genera un efecto a muy corto plazo en la presión arterial. Los resultados indican que se deben tomar medidas de protección oportunas para evitar el riesgo de un aumento de la presión arterial a medida que avanzan las olas frías o el clima frío. El estudio sirve como referencia para mejorar las estrategias de protección de la salud para las personas con hipertensión u otras poblaciones vulnerables. Ho Kim (2006) estudió la asociación de alta temperatura y mortalidad para 6 ciudades principales en Corea del Sur para identificar los umbrales de temperatura específicos de la ciudad y caracterizar la forma de la asociación de temperatura y mortalidad.

En Brasil se han registrado olas de calor en 2001, 2010 y 2014. En los veranos de 2001 y 2014, se vio una reducción marcada de humedad y aumento del

calor seco, lo que llevó a una crisis severa de reservas de agua con un déficit de generación de electricidad e incremento en el número de incendios forestales. En 2010, la combinación de una ola de calor con una anomalía climática generó una masa de aire caliente y seco que se mantuvo en la costa sur de Brasil por un periodo prolongado, de 10 a 15 días, causando un exceso de muertes estimado en 737 personas en la región Metropolitana de Rio de Janeiro, sobre todo en ancianos, mujeres y personas con condiciones crónicas (Geirinhas et al., 2019).

Durante los últimos años, los informes de mortalidad relacionada con el calor aumentaron, y la mortalidad relacionada con el calor se ha convertido en uno de los principales problemas de salud pública, asociados con el calentamiento global. Se informaron muertes excesivas relacionadas con el calor durante las olas de calor en Chicago, en los Estados Unidos, en 1995 y en Europa en 2003, se reportaron resultados similares para el extremo este de Asia, incluidos China, Japón y Corea. A pesar de esto, ningún estudio ha relacionado de manera convincente las variaciones de la humedad atmosférica con las enfermedades cardiovasculares. No se encontró asociación entre la humedad relativa y el recuento diario de accidentes cerebrovasculares hemorrágicos e isquémicos en Hong Kong (Goggins et al., 2012).

De manera similar, para el oeste de Sicilia, se observó una relación mixta entre la humedad relativa y los ingresos por angina de pecho (dolor de pecho ocasionado por una disminución de la irrigación sanguínea al corazón) (Abrignani et al., 2012). Un estudio de pacientes adultos mayores en 12 ciudades de EEUU, encontró una relación positiva entre la temperatura y los ingresos hospitalarios por enfermedad cardíaca e infarto de miocardio, pero ningún efecto de la humedad (Schwartz et al. 2004). Por el contrario, Yang et al. (2013) encontró una asociación positiva entre la humedad relativa y la crisis hipertensiva.

3. METODOLOGÍA

3.1. Área de estudio

La ciudad de Guayaquil (ubicada en 2° 12' S, 79° 54' W) tiene una topografía relativamente suave, con los puntos más bajos de la ciudad ubicados a 4 msnm (metros sobre el nivel del mar) y los más altos alrededor de 100 msnm. Está rodeada por dos cuerpos de agua el Río Guayas y el Estero Salado, que conecta directamente con el Océano Pacífico. Guayaquil es la ciudad más grande de Ecuador, con una población de alrededor de 2.6 millones de habitantes si se considera toda la conurbación (Delgado, 2013). En el estereotipo de la mayoría de las metrópolis sudamericanas, Guayaquil presenta grandes áreas reservadas para unas pocas familias ricas, en contraste con varias áreas masificadas donde vive la población más empobrecida. El paisaje típico se caracteriza por calles ortogonales regulares bordeadas en su mayoría por edificios bajos, que con frecuencia se construyen con un material de alto albedo y que no son capaces de aislar, y que son responsables de las altas temperaturas debido al almacenamiento de energía (Quagliolo et al., 2020).

Guayaquil es parte de la región costera de Ecuador, con un clima cálido-húmedo estable, el área está moderada por el efecto de enfriamiento de la Corriente de Humboldt a lo largo de la costa. Hay dos estaciones: la estación lluviosa, de diciembre a abril (con 80 % de la precipitación anual y temperatura media de 26.4 °C), debido a la presencia tanto de la corriente de El Niño que calienta la costa occidental de América del Sur, como la Zona de Convergencia Intertropical (ITCZ) que produce un exceso de humedad. La estación seca, de mayo a noviembre (temperatura media de 23.6 C) modulada por la corriente

de Humboldt que trae aire frío (Rossel & Cadier, 2009). En general, las temperaturas no presentan variaciones extremas para distinguir claramente las estaciones. Debe tenerse en cuenta que este patrón típico se puede alterar drásticamente con la presencia de eventos ENOS (El Niño - Oscilación del Sur). La Figura 3.1 muestra la localización geográfica de la ciudad de Guayaquil, establecida en el centro oeste del Ecuador con un área de 344.5 km² y se la conoce como el acceso directo a las playas del Pacífico e Islas Galápagos.

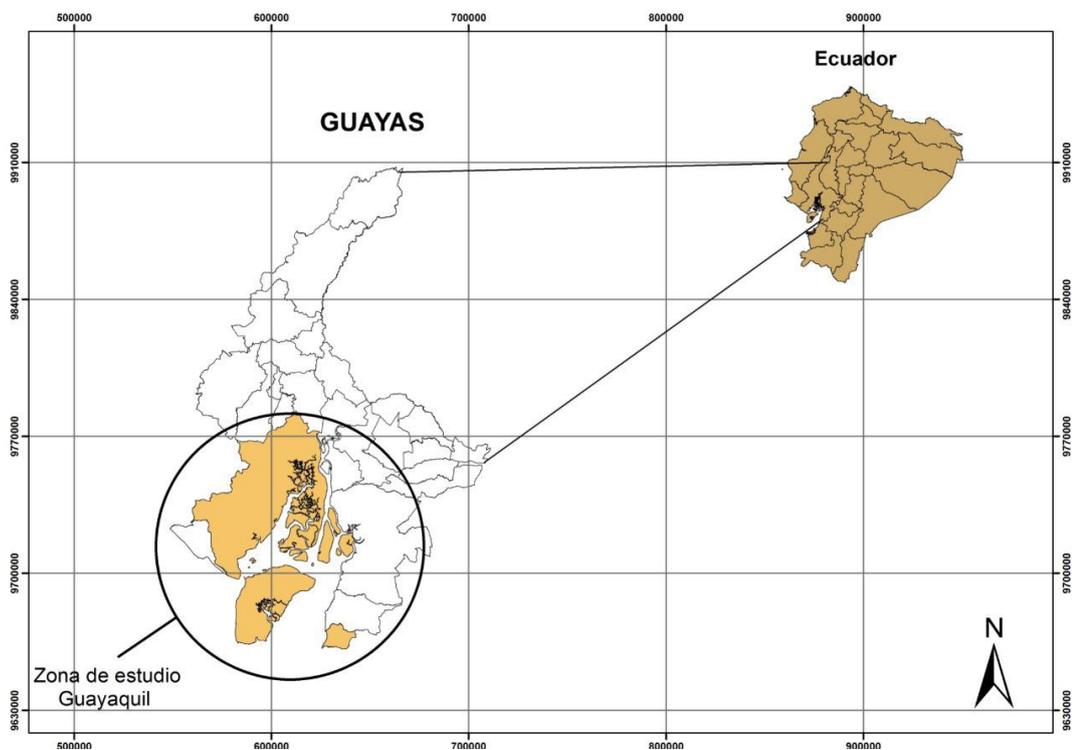


Figura 3.1. Localización geográfica de la ciudad de Guayaquil.

El período más húmedo del año dura 8.2 meses aproximadamente de noviembre a julio, con humedad relativa promedio de 60 % durante todo el periodo de lluvia. La velocidad del viento de enero a junio es aproximadamente de 9.9 kilómetros por hora, y de julio a diciembre con más de 12.6 kilómetros por hora. La temporada de lluvias tiene las peores condiciones térmicas ya que tanto la temperatura del aire como la presión de vapor son más altas y la

velocidad del viento es más baja (Johansson et al., 2018). Con los datos mensuales de temperatura y precipitación de la estación meteorológica Guayaquil – Radio Sonda (MA2V) desde 1992 al 2017 se construyó un climograma que confirma los meses de la estación seca y lluviosa del área de estudio (Figura 3.2).

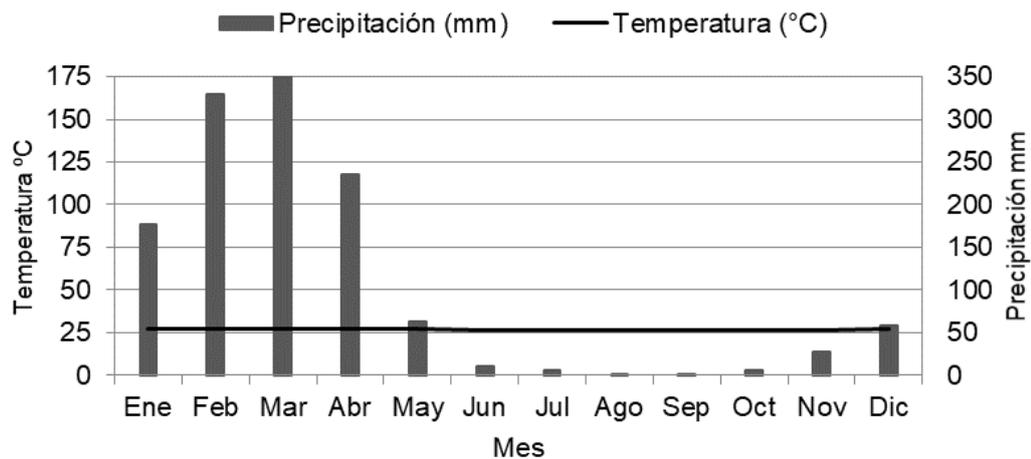


Figura 3.2. Climograma de la ciudad de Guayaquil con datos registrados en la estación meteorológica Guayaquil – Radio Sonda (MA2V) en el periodo 1992 a 2017.

Durante todo el periodo (1992-2017) la temperatura promedio registrada fue entre 25 a 29°C y la humedad promedio entre 70 a 80 %, según la estación MA2V, como se muestra en la Figura 3.3.

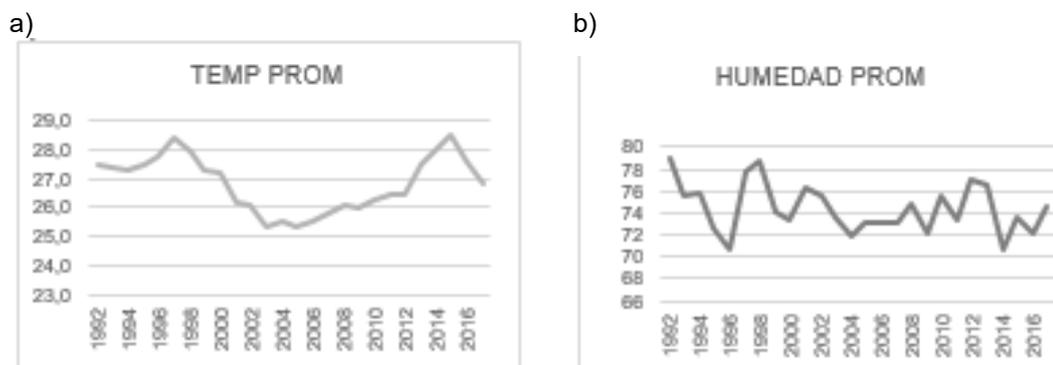


Figura 3.3 Temperatura (a) y humedad relativa (b) promedio registradas en la estación meteorológica Guayaquil – Radio Sonda (MA2V) en el periodo 1992 a 2017.

De acuerdo al INEC, en el 2010 la población del cantón Guayaquil fue de aproximadamente 2.350.915; con 49.3% hombres y 50.7% mujeres. Guayaquil es la capital económica del Ecuador, la población joven (<15 años) correspondía al 28.8 % de la población total, el 65.4 % se clasificaron como adultos (15 a 64) y el 5.8 % como adultos mayores (>65). La migración interna del país se dirige a Guayaquil desde todo el Ecuador en busca de mejores condiciones socioeconómicas. Según el censo, la mayoría de la población de Guayaquil se auto identifica como mestiza (70.7 %), blanca (11.4 %), afroecuatoriana (10.9 %), montubio o personas de tierras rurales (5%), indígenas (1.4 %), y el resto (1.4 %) de una variedad de identidades étnicas (Lippi et al., 2012).

En el 2014 en Ecuador de acuerdo al reporte de Salud de las Américas la tasa de mortalidad general fue de 6,0 muertes por 1000 habitantes (7,2 y 3,9 muertes en hombres y mujeres respectivamente). Las enfermedades del sistema circulatorio provocaron 23 % de las muertes; las neoplasias el 17 %, y las causas externas 13%. Ese año, las enfermedades crónicas no transmisibles constituyeron la principal causa de mortalidad prematura. En el 2014 se registraron aproximadamente 57.337 defunciones en la ciudad de Guayaquil, siendo la diabetes mellitus, la principal causa de mortalidad y las enfermedades hipertensivas, la segunda. La mortalidad por enfermedades cardiovasculares (I00-I99) registró 17.803 casos, representando el 31% del total reportado, el rango de edad que registra más casos es el de adultos mayores (>65 años) (Organización Panamericana de la Salud & Organización Mundial de la Salud, 2017b).

3.3. Fuente de datos

Los datos meteorológicos que serán parte del estudio provienen de dos estaciones: la estación MA2V, “Guayaquil Radio Sonda” (climatología ordinaria) ubicado en las coordenadas 2° 12' 0" S, 79° 53 ' 0 " W, y gestionada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y la estación M056, “Guayaquil Aeropuerto” (Aeronáutica) localizada en las coordenadas 2° 9' 12" S, 79 ° 53 ' 0 " W, y gestionada por la Dirección de Aviación Civil (DAC).

Los datos disponibles y registrados en la estación MA2V, “Guayaquil Radio Sonda” corresponden a los valores promedios mensuales desde enero 1992 a diciembre 2017, entre los que constan: temperatura máxima, humedad relativa y precipitación. De la estación M056, “Guayaquil Aeropuerto” se cuenta con los datos registrados diariamente desde enero de 2014 a diciembre de 2017, entre los que constan: temperatura media, temperatura máxima, temperatura mínima y humedad relativa. En la Tabla 3.1 y 3.2, se muestra la cantidad de datos disponibles por variable y por estación. Se resalta que en el caso de la estación MA2V “Guayaquil Radio Sonda” se tenían los datos de temperatura máxima, humedad relativa y precipitación y para la estación M056 “Guayaquil Aeropuerto” se contaba con los datos de temperatura mínima, temperatura máxima, temperatura media y humedad relativa, de estos se analizarán los datos de temperatura máxima, mínima y promedio, y la humedad relativa.

Tabla 3.1. Datos esperados y disponibles de la estación MA2V “Guayaquil Radio Sonda” para el periodo 1992-2017

Variab les	Peri odo de recolección	Datos esperados	Datos disponibles
Temperatura máxima (°C)	mensual	312	311
Humedad relativa (%)		312	305
Precipitación (mm)		312	312

Tabla 3.2. Datos esperados y disponibles de la estación M056 “Guayaquil Aeropuerto” para el periodo 2014-2017

Variables		Periodo de recolección	Datos esperados	Datos disponibles
Temperatura mínima	(°C)	diario	1461	1457
Temperatura máxima	(°C)		1461	1435
Temperatura media	(°C)		1461	1459
Humedad relativa	(%)		1461	1461

Para los datos epidemiológicos se utilizaron los casos reportados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) entre enero del 2014 a diciembre de 2017 para defunciones, codificados a partir de la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE-109: por todas las causas (A00 – U99), descritos en la Tabla 3.3 y por enfermedades del sistema circulatorio (I00-I99) en la Tabla 3.4. Se resalta que en este estudio nos limitaremos a las defunciones por enfermedades cardiovasculares (ECV) que se detallan en la Tabla 3.4 con su respectiva codificación. Yang et al. (2015) señalan que las ECV incluyen enfermedades coronarias, derrames cerebrales y otras enfermedades cardíacas, y representan la principal causa de muerte a nivel mundial. En las últimas décadas, la tasa prevalente ha cambiado de manera diferente entre los países desarrollados y en desarrollo, con una disminución en muchos países de altos ingresos, pero un rápido aumento en los países de bajos y medianos ingresos.

En la Tabla 3.5 se detalla los datos disponibles y esperados registrados cada año por defunciones y las causas. En los registros también se incluye el sexo (hombre, mujer), la edad del individuo y fecha de su defunción, todos estos datos son relevantes para la investigación. Para la edad, los datos se agrupan por rangos que van desde: 0-14, 15-34, 35-64 y mayores a 65 años; se discrimina entre defunciones de hombres y mujeres. En este caso para defunciones los datos esperados coinciden con los disponibles, durante los 4 años se reportaron diariamente el número de defunciones.

Tabla 3.3. Clasificación Internacional de Enfermedades y Problemas Relacionados con la Salud (CIE -10).

Grupo	Codificación
Ciertas enfermedades infecciosas y parasitarias	A00-B99
Neoplasias	C00-D48
Enfermedades de la sangre y de los órganos hematopoyéticos y otros trastornos que afectan el mecanismo de la inmunidad	D50-D89
Enfermedades endocrinas, nutricionales y metabólicas	E00-E90
Trastornos mentales y del comportamiento	F00-F99
Enfermedades del sistema nervioso	G00-G99
Enfermedades del ojo y sus anexos	H00-H59
Enfermedades del oído y de la apófisis mastoides	H60-H95
Enfermedades del sistema circulatorio	I00-I99
Enfermedades del sistema respiratorio	J00-J99
Enfermedades del aparato digestivo	K00-K93
Enfermedades de la piel y el tejido subcutáneo	L00-L99
Enfermedades del sistema osteomuscular y del tejido conectivo	M00-M99
Enfermedades del aparato genitourinario	N00-N99
Embarazo, parto y puerperio	O00-O99
Ciertas afecciones originadas en el periodo perinatal	P00-P96
Malformaciones congénitas, deformidades y anomalías cromosómicas	Q00-Q99
Síntomas, signos y hallazgos anormales clínicos y de laboratorio, no clasificados en otra parte	R00-R99
Traumatismos, envenenamientos y algunas otras consecuencias de causa externa	S00-T98
Causas externas de morbilidad y de mortalidad	V01-Y98
Factores que influyen en el estado de salud y contacto con los servicios de salud	Z00-Z99
Códigos para situaciones especiales	U00-U99

Nota: La clasificación que se presenta este listado fue tomado de la Organización Panamericana de la Salud (OPS).

Tabla 3.4 Enfermedades del sistema circulatorio de acuerdo a la Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas Relacionados con la Salud (CIE -10).

Grupo	Codificación
Fiebre reumática aguda	I00 - I02
Cardiopatías reumáticas crónicas	I05 – I09
Enfermedades hipertensivas	I10 - I15
Enfermedades cardíacas isquémicas	I20 - I25
Enfermedad cardíaca pulmonar y enfermedades de la circulación pulmonar	I26 – I28
Otras formas de cardiopatía	I30 – I52
Enfermedades cerebrovasculares	I60 – I69
Enfermedades de arterias, arteriolas y capilares	I70 – I79
Enfermedades de vena, vasos linfáticos y nodos linfáticos, no clasificadas en otra parte	I80 – I89
Otros trastornos del sistema circulatorio y trastornos sin especificar	I95 – I99

Nota: La clasificación que se presenta este listado fue tomado de la Organización Panamericana de la Salud (OPS).

Tabla 3.5. Datos esperados y disponibles del registro de mortalidad del Instituto Nacional de Estadística y Censos entre el 2014 al 2017.

Detalle	Periodo de recolección	Datos esperados	Datos disponibles
Defunciones A00 – U99	diario	1461	1461
Defunciones I00 – I99		1461	1461
Defunciones de hombres		1461	1461
Defunciones de mujeres		1461	1461
Defunciones 0-15 años		1461	1461
Defunciones 15-34 años		1461	1461
Defunciones 35-64 años		1461	1461
Defunciones > a 65 años		1461	1461

3.4. Análisis de datos

Se realizó un estudio descriptivo con los datos de las variables meteorológicas, provenientes de las estaciones MA2V (INAMHI), M056 (DAC) y el registro de defunciones (INEC). Como parte de la depuración y tratamiento de los datos, se revisó cada grupo y verificó que se encuentren todos los registros de forma ordenada y secuencial. Existieron datos faltantes, pero estos no eran representativos por ello no se aplicó ningún método de relleno.

Primer objetivo: Observar el comportamiento histórico de la temperatura máxima, humedad relativa y precipitación en la ciudad de Guayaquil durante 1992 a 2017.

Las series de tiempo de la temperatura y humedad relativa de la ciudad de Guayaquil para el periodo 1992-2017 y la serie de tiempo epidemiológica para defunciones por ECV agrupada en defunciones por todas las causas (A00 – U99) y por enfermedades del sistema circulatorio (I00 – I99) para el periodo 2014-2017, se analizaron de la siguiente manera. Como primera aproximación se graficaron las series de tiempo y se realizó un análisis visual de su tendencia. Luego se analizarán las series de tiempo desde sus componentes estructurales, descomponiendo la misma en la tendencia que representa el comportamiento a largo plazo de la serie, identificación del efecto estacional que describe sus fluctuaciones periódicas y el análisis del componente residual que describe las variaciones a corto plazo, normalmente impredecibles. La tendencia de la serie de tiempo se estima por medio del estadístico de media móvil; el efecto estacional se calcula promediando los valores de cada unidad de tiempo para todos los periodos y luego centrando el resultado; los residuos se obtienen restando a la serie observada las dos componentes anteriores; se debe tener en cuenta que la descomposición solo es totalmente adecuada si se dispone de un número completo de periodos, 12 si es mensual (Berrendero, 2016).

Segundo objetivo: analizar los casos de mortalidad presentados en la ciudad de Guayaquil durante el periodo 2014 – 2017.

Se analizaron dos tipos de causas de defunciones entre 2014-2017: defunciones por todas las causas (A00 – U99) y defunciones por enfermedades del sistema circulatorio (I00-I99). En el estudio ambas causas de muerte se discriminarán por sexo para conocer si había mayor incidencia entre hombres y mujeres, y se calculó la tasa bruta de mortalidad.

Como las defunciones por ECV (I00-I99) son el foco del presente estudio, estas se discriminaron por sexo y rango de edades.

Un estudio sobre las consecuencias de la edad y la temperatura corporal señala que la termorregulación de la temperatura corporal se reduce, con la edad y los umbrales de sudoración son generalmente elevados en comparación con las personas más jóvenes. Cuando la producción de calor corporal es mayor de lo necesario para mantener una temperatura corporal normal, aumenta el flujo sanguíneo desde el núcleo del cuerpo hacia la piel, y el calor se transfiere más rápido al ambiente externo. Como resultado en personas mayores, la presión arterial puede aumentar inicialmente y las frecuencias cardíacas y respiratorias (Basu & Samet, 2002).

Se ha comprobado que la edad avanzada representa uno de los factores de riesgo más importante de muerte relacionada con el calor principalmente en los países desarrollados, como consecuencia de una proporción cada vez mayor de ancianos en su población. En comparación con los adultos jóvenes, los adultos mayores tienen respuestas termorreguladoras reducidas (Kenny et al., 2010). Esta información marca pauta para que en esta investigación se analicen los casos de mortalidad por rango de edades (0-14, 15-34, 35-64, >65) y de acuerdo al sexo, evaluando el número de casos presentados por año para cada caso. Todas las variables que se analizaron se muestran en la Tabla 3.6.

Las variables climáticas, especialmente temperatura media y humedad relativa, tienen una asociación con enfermedades circulatorias (Bayentin et al., 2010). En personas de avanzada edad las temperaturas extremas aportan en el número de defunciones por enfermedades cardiovasculares y respiratorias, principalmente. En el 2003 durante la ola de calor de Europa se registró un exceso de defunciones de 70.000 personas (Robine et al., 2007).

De acuerdo con estudios previos, como el de Díaz et al., (2005) y el de Töro et al., (2010) que utilizaron la temperatura máxima diaria como el mejor indicador térmico del impacto del clima en la mortalidad, en este estudio se escogió dicha variable, se detalla en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6. Descripción de variables epidemiológicas y meteorológicas.

Variables	Descripción	Rango	Lapso de recolección (periodo de recolección)
Variables epidemiológicas	Edad de defunción	0-15 15-34 35-64 >65	Diaria (2014-2017)
	Sexo de cada individuo	Hombre Mujer	Diaria (2014-2017)
Variables meteorológicas	Temperatura máxima Temperatura media Temperatura mínima Humedad relativa	N/A	Diaria (2014-2017)
	Temperatura máxima Humedad relativa Precipitación	N/A	Acumulado mensual (1992-2017)

Schwartz et al., 2004 analizaron los efectos de la temperatura media y humedad relativa en los ingresos hospitalarios de 12 ciudades de EEUU, identificando que los efectos ocurren predominantemente unos días después de la exposición, tanto las temperaturas más altas como las más bajas están asociadas con un aumento de la mortalidad en un patrón que depende de la latitud. Los efectos de la humedad sobre la mortalidad han recibido poca investigación y no hubo un patrón claro para el efecto de humedad en las admisiones cardiovasculares.

La enfermedad cardiovascular es la principal causa de muerte relacionada con las fluctuaciones climáticas (Yang et al., 2015 y Basu & Samet, 2002) en sus trabajos analizaron la influencia de las temperaturas máximas sobre la mortalidad tanto en población general como para el grupo de mayores de 65 años. Si bien la mayor mortalidad por calor se produce en el grupo de personas

mayores de 65 años, por los mecanismos biológicos que subyacen, también se ha detectado un aumento de mortalidad en días extremadamente cálidos en otros grupos de edad. Además, las temperaturas elevadas ocasionan un mayor nivel del ozono y contaminantes en la atmósfera que agravan los trastornos del sistema circulatorio y respiratorio (Linares & Díaz, 2008). Todos estos indicios científicos han sido considerados para este análisis, centrándose en los efectos de la temperatura máxima, máxima-máxima, temperatura mínima, mínima-mínima, humedad relativa y humedad relativa máxima en la mortalidad por enfermedades cardiovasculares en Guayaquil.

Tercer objetivo: establecer la relación entre temperatura máxima, temperatura media, temperatura mínima, humedad relativa y los casos de mortalidad por enfermedades cardiovasculares registrados entre 2014-2017 en la ciudad de Guayaquil.

Cuando se desea establecer la relación entre dos series climáticas, o entre una de ellas y otra variable de naturaleza no climática, usualmente se recurre a métodos paramétricos como el coeficiente de correlación lineal y la correlación de Pearson, o a métodos no paramétricos como el coeficiente de Spearman o coeficiente de Mann-Kendall. Pero, cuando los eventos no ocurren en tiempos simultáneos estas correlaciones no expresan una asociación adecuada. Para estos casos se deben aplicar series de tiempo con retardo o desfasada, como la técnica estadística de la correlación cruzada, por medio de la cual es posible encontrar asociaciones claras entre estas series atemporales (Guevara, 2014). Estudios como los de Yang et al. (2018) y Khanjani & Bahrampour (2013) aplicaron el método de correlación cruzada para determinar el efecto de la temperatura en mortalidad por enfermedades cardiovasculares con retardo (*lag*, en inglés).

Considerando lo antes descrito, para el análisis de la relación entre la temperatura máxima y humedad con los registros de mortalidad por enfermedades cardiovasculares registrados entre el 2014-2017 en Guayaquil,

se propone aplicar la correlación cruzada verificando previamente la linealidad de la serie, que sean estacionarias (Prueba Durbin-Watson) y tengan distribución normal (Prueba Shapiro-Wilk).

Cuarto objetivo: discriminar por sexo y edad la posible relación entre temperatura máxima, temperatura media, temperatura mínima, humedad relativa con casos de mortalidad por enfermedades cardiovasculares registrados en la ciudad de Guayaquil entre 2014-2017.

Luego de comprobar que la serie cumple con todos los parámetros exigidos para poder aplicar la correlación cruzada se procede al cálculo del coeficiente de correlación cruzada. Para ello se debe utilizar como primera variable, X_t , a la que se considere sea la variable independiente que en la presente investigación será la temperatura máxima promedio mensual o la humedad relativa promedio mensual, analizadas por separado; y como variable Y_{t+k} o segunda variable, la que se considere como variable dependiente que serán los casos de mortalidad por enfermedades cardiovasculares.

La correlación cruzada entre dos series estacionarias, para *lag* (retardo) positivo $r_{xy(k)}$ y para *lag* negativo $r_{yx(-k)}$, se obtiene por las fórmulas (1) y (2). El coeficiente de correlación cruzada en el lag cero, tiene el mismo valor que el coeficiente de correlación lineal de Pearson, puesto que las series ocurren simultáneamente, no habiendo *lag* (retardo o desfase) entre los datos. En la expresión (1) se lee que la suma de los productos de las desviaciones de la variable X_t por las desviaciones de la variable Y_t , desfasada en 1, 2...(N-1) lags, se divide entre $(N S_x S_y)$ y es lo mismo que decir que la correlación cruzada $r_{xy(k)}$, entre dos series estacionarias para un retardo dado es la media de los productos de las series X_t y Y_t normalizadas, desfasadas en 1, 2,...(N-1) lags.

$$r_{XY(K)} = \frac{\Sigma[(X_t - \mu_x) * (Y_{t+k} - \mu_Y)]}{NS_x S_Y} = \frac{1}{N} \Sigma \left[\left(\frac{X_t - \mu_x}{S_x} \right) * \left(\frac{Y_{t+k} - \mu_Y}{S_Y} \right) \right] \text{ en lag + (1)}$$

$$r_{YX(-K)} = \frac{\Sigma[(Y_t - \mu_y) * (X_{t+k} - \mu_X)]}{NS_x S_Y} = \frac{1}{N} \Sigma \left[\left(\frac{Y_t - \mu_y}{S_y} \right) * \left(\frac{X_{t+k} - \mu_X}{S_x} \right) \right] \text{ en lag - (2)}$$

Donde:

- X_t , X_{t+k} , valor de un dato en el tiempo, t , y el dato en el tiempo k , en la serie independiente y estacionaria.
- Y_t , Y_{t+k} , valor de un dato en el tiempo, t y el dato en el tiempo k en la serie dependiente y estacionaria
- S_X y S_Y , desviación estándar poblacional de las series X_t y Y_t , respectivamente.
- N , número de pares de datos de las series X_t y Y_t .
- μ_x y μ_y , medias de las series X_t y Y_t , respectivamente.
- k , retardo (lag) entre una observación en tiempo t y otra en tiempo posterior o anterior, $k: 0, \pm 1, \pm 2 \dots \pm N-1$
- N , S_X , S_Y , μ_x y μ_y corresponden a la serie de lag cero y se mantienen constantes en los demás lags.

Los valores de correlación y los correlogramas, se realizaron en el software R Studio a partir de scripts. Para cada coeficiente de correlación obtenido se calculó el valor de *p-value*, para determinar si las correlaciones entre las variables tenían o no significancia estadística al 95% ($p \text{ value} < 0.05$).

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de la temperatura máxima, temperatura media, temperatura mínima y humedad relativa sobre los casos de mortalidad por enfermedades cardiovasculares, en la ciudad de Guayaquil en el periodo 2014-2017. Estudios previos han mostrado una relación directa de las variables climáticas temperatura media, temperatura máxima y humedad relativa con las defunciones por enfermedades cardiovasculares y se ha encontrado que las personas de edad avanzada son las más afectadas (Schwartz et al., 2004) (Robine et al., 2007) (Bayentin et al., 2010).

En la Figura 4.1 se observa que la temperatura máxima promedio mensual oscila entre los 30 y $36.6 \pm 0.07^{\circ}\text{C}$ (en julio 2000 y abril 1992, respectivamente), la humedad relativa promedio mensual entre 62 y $88 \pm 0.27\%$ (en diciembre 2014 y marzo 1992, respectivamente), la precipitación muestra un comportamiento estacional con una época de lluvia (diciembre a mayo) y una época de sequía (junio a noviembre), registrando la máxima de precipitación acumulada en abril de 1998 con $1137.7 \text{ mm. mes}^{-1}$. Los valores obtenidos en el análisis de la data histórica (1992-2017) evidenciaron una clara estación seca y otra lluviosa, características de la zona de estudio.

Entre los años 1997-1998 se encuentran los valores más altos de precipitación acumulada anual con $6550.3 \pm 69.08 \text{ mm. año}^{-1}$, la temperatura máxima promedio anual fue $34.1 \pm 0.17^{\circ}\text{C}$, humedad relativa promedio anual de $78.2 \pm 1.07\%$. Estos valores están relacionados directamente con el evento extraordinario de El Niño ocurrido en el país durante ese periodo.

En el 2015 se registra un valor de temperatura máxima promedio mensual de 33.9 ± 0.24 °C, el cual fue el valor más alto registrado durante la última década, relacionándose a El Niño Godzilla evento ocurrido entre el 2015-2016.

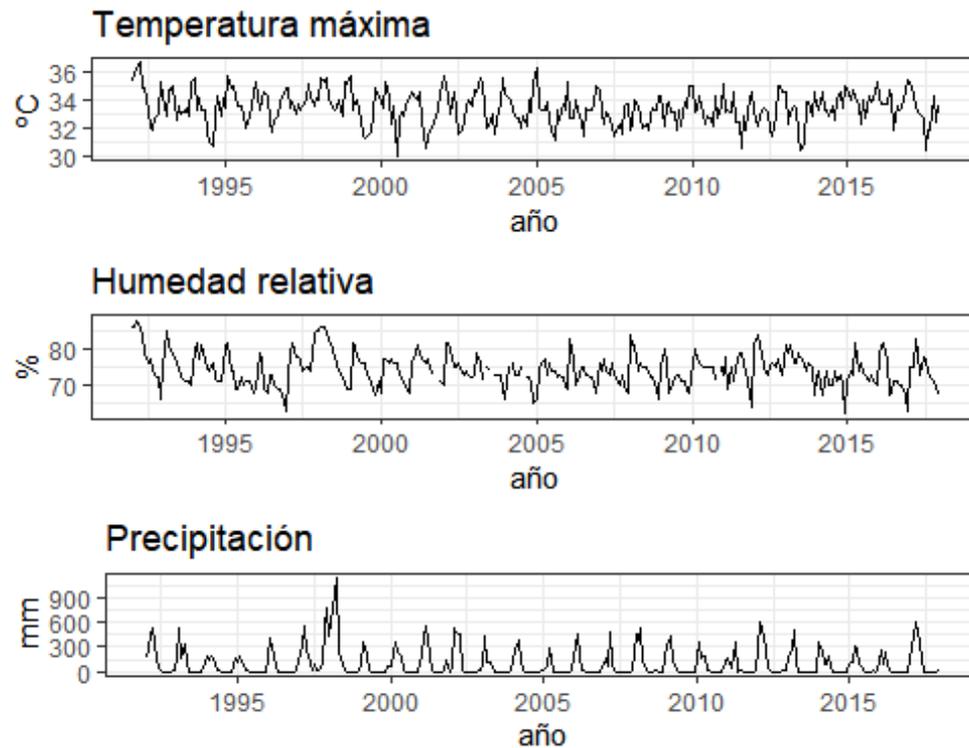


Figura 4.1. Registro histórico mensual del periodo 1992 – 2017 en la ciudad de Guayaquil recolectado por la estación Radio Sonda (MA2V) del INAMHI (temperatura máxima mensual, humedad relativa mensual y precipitación mensual acumulada).

En el histórico registrado por la estación Radio Sonda (MA2V) del INAMHI los valores más altos de temperatura máxima promedio mensual, humedad relativa promedio mensual y precipitación acumulada mensual fueron: 36.6 ± 0.07 °C (abril 1992), 88 ± 0.27 % (marzo 1992), 932.5 ± 9.92 mm.mes⁻¹ (marzo 1998). En el periodo considerado para este trabajo (2014-2017) las temperaturas máximas promedio mensual oscilaron entre los 30.4 y 35.4 ± 0.15 °C y la humedad relativa promedio mensual entre 62 y 83 ± 0.65 %; y la precipitación acumulada estuvo entre 0 y 603.8 ± 21.59 mm.mes⁻¹ (marzo

2017). Estos valores comprueba al comportamiento moderado de las variables climáticas de la ciudad de Guayaquil señalado por algunos autores como (Quagliolo et al., 2020).

Igualmente se hizo el análisis detallado del comportamiento de la temperatura máxima, temperatura media, temperatura mínima y humedad relativa semanal en el periodo 2014-2017 con los datos recopilados diariamente en la estación M056, "Guayaquil Aeropuerto" (Aeronáutica). En la Figura 4.2 se presentan dicho comportamiento para cada una de las variables.

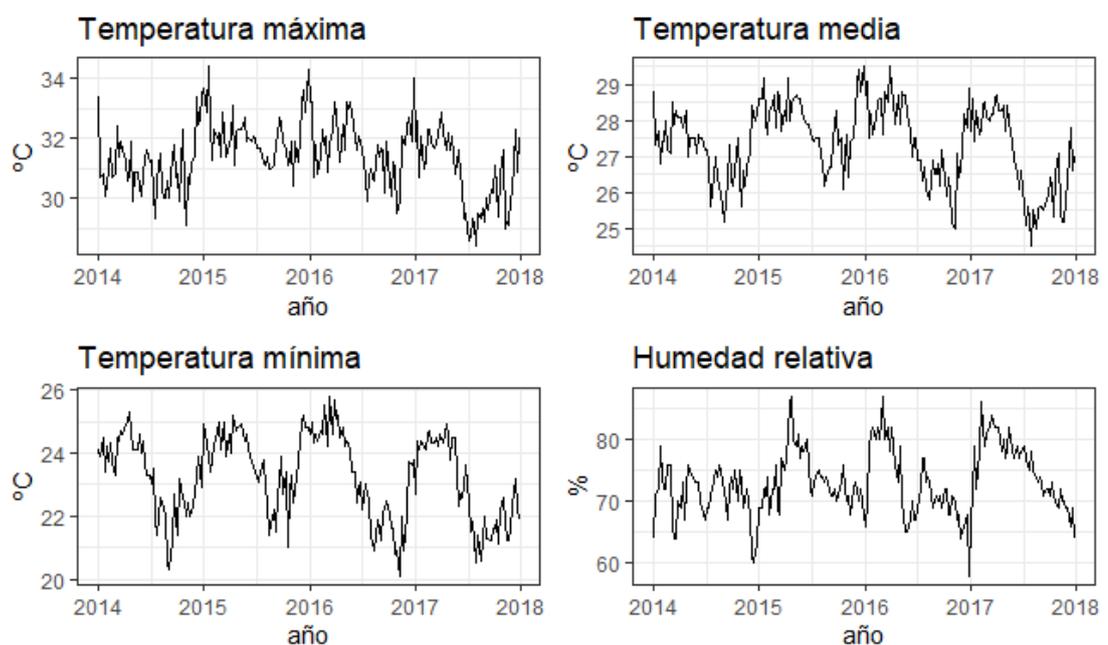


Figura 4.2. Comportamiento semanal de las variables meteorológicas en el periodo 2014 – 2017 en la ciudad de Guayaquil recolectado por la estación M056, "Guayaquil Aeropuerto" (Aeronáutica)

Con respecto al comportamiento de la mortalidad en la Figura 4.3(a) se muestran las defunciones semanales por todas las causas (A00-U99) y 4.3(b) las defunciones semanales por enfermedades cardiovasculares (I00-I99) en la ciudad de Guayaquil durante el 2014-2017. En el periodo de estudio se reportaron 57.337 defunciones por todas las causas, de las cuales 17.803

fueron por enfermedades cardiovasculares representando el 31% del total reportado. En la Figura 4.3(a) se observa que los casos de mortalidad han ido en aumento a partir del 2014; mostrando el mayor número de defunciones en el 2016 con 429 defunciones semanales durante la primera semana de enero (28 de diciembre al 3 de enero), en ese año se registraron 15.598 casos de defunciones totales, de los cuales 4.810 fueron por enfermedades cardiovasculares. En la Figura 4.3(b) se observa que durante el 2017 se registró el mayor número de casos de defunciones por enfermedades cardiovasculares con 5.143 muertes. Los registros más altos se presentaron en las siguientes semanas: i) semana 1 del 2016 (28 de diciembre al 3 de enero) con 133 defunciones, ii) semana 11 del 2016 (7 al 13 de marzo) con 135, iii) semana 15 del 2017 (3 al 9 de abril) con 135 y iv) semana 19 del 2017 (1 al 7 de mayo) con 125.

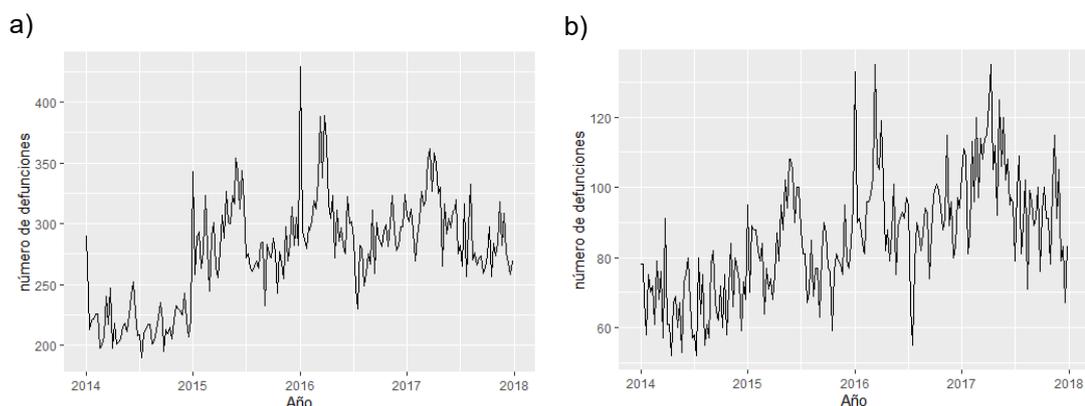


Figura 4.3. Serie defunciones totales semanales en la ciudad de Guayaquil en el periodo 2014 a 2017. a) por todas las causas (A00 – U99); b) por enfermedades cardiovasculares (I00 – I99)

Desde el 2014 al 2017, se observa que el número de defunciones por todas las causas y por enfermedades cardiovasculares tuvo un incremento. La tasa bruta de mortalidad en la ciudad de Guayaquil oscila entre 4.4 y 6.0 (número de defunciones por mil habitantes), mientras que por enfermedades del sistema circulatorio entre 1.4 a 1.9. Por otro lado, el número de defunciones

por enfermedades cardiovasculares registraron aumentos paulatinos desde el 2014 cuando las defunciones alcanzaron 3.543 casos, esta cifra se incrementó en un 22 % en 2015, 36 % en 2016 y 45 % en 2017: se debe mencionar que no se encontró información que justifique el aumento de esas muertes. Para más detalle sobre el número de defunciones por todas las causas y por enfermedades cardiovasculares se muestran los números en la Tabla 4.1 y 4.2 respectivamente.

Tabla 4.1. Registro de defunciones por todas las causas (A00-U99) en la ciudad de Guayaquil entre el 2014-2017.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2014	994	877	1001	879	946	996	914	932	934	937	982	998	11390
2015	1247	1118	1236	1292	1420	1388	1189	1211	1156	1175	1196	1305	14933
2016	1297	1276	1610	1331	1303	1287	1158	1183	1217	1283	1270	1383	15598
2017	1290	1233	1548	1364	1329	1303	1260	1254	1149	1233	1282	1171	15416

Nota: se resaltó en rojo los valores de defunciones más altos.

Tabla 4.2. Registro de defunciones por enfermedades cardiovasculares (I00-I99) en la ciudad de Guayaquil entre el 2014-2017.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2014	292	292	323	263	276	304	289	282	294	293	330	305	3543
2015	368	313	321	364	453	421	339	344	342	318	354	370	4307
2016	397	382	506	391	390	402	327	390	374	434	401	416	4810
2017	425	430	517	473	495	415	414	409	378	400	433	354	5143

Nota: se resaltó en rojo los valores de defunciones más altos.

El Ministerio de Salud Pública de Ecuador indicó que en el 2015 las ciudades de Guayaquil, Durán y Samborondón registraron 6.817 pacientes entre 20 – 49 años con obesidad, duplicándose en el 2016 con 13.303 casos. Se podría señalar al sobrepeso y obesidad como predecesores de enfermedades no transmisibles (Kilbourne et al., 1982) (Bonner et al., 1976).

Las Figuras 4.4 y 4.5 discriminan las defunciones por sexo para todas las causas (A00-U99) y por enfermedades cardiovasculares (I00-I99), respectivamente. En ellas se observa un incremento paulatino de las defunciones con el tiempo. En ambas Figuras se identifican un mayor número de defunciones masculinas durante los años registrados

La Figura 4.4 (a) y (b) muestra las defunciones semanales por todas las causas en hombres (a) y mujeres (b) en la ciudad de Guayaquil durante el 2014-2017. En la Figura 4.4(a) se observan los valores más altos de defunciones en el 2016, durante las siguientes semanas: i) semana 1 del 2016 (28 de diciembre de 2015 a 3 de enero 2016) con 238 defunciones, ii) semana 11 del 2016 (7 al 13 de marzo) con 216 y iii) semana 46 del 2016 (7 al 13 de noviembre) con 205. En el caso de las defunciones en mujeres, la Figura 4.4 (b) muestra los mayores registros en las semanas: i) semana 13 del 2016 (21 al 27 de marzo) con 196 defunciones, ii) semana 1 del 2016 (28 de diciembre de 2015 a 3 de enero 2016) con 191 defunciones y iii) semana 12 del 2017 (13 al 19 de marzo) con 186.

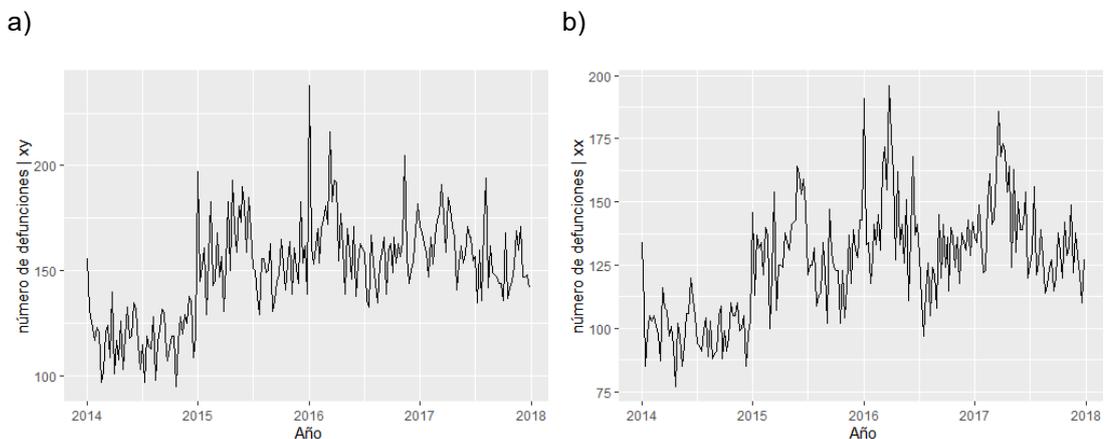


Figura 4.4. Serie defunciones totales semanales por todas las causas (A00 – U99) a) hombres (xy) y b) mujeres (xx) en la ciudad de Guayaquil en el periodo 2014 a 2017.

La mortalidad registrada por todas las causas presenta valores superiores en hombres (31.114 casos) frente a las mujeres (26.223 casos): 54.3 y 45.7 %. En la Tabla 4.3 se muestra los registros mensuales detallados de defunciones para mujeres y hombres.

Tabla 4.3. Registro de defunciones por todas las causas (A00-U99) en la ciudad de Guayaquil entre el 2014-2017 según el sexo (mujeres y hombres).

	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
defunciones xx A00-U99	2014	442	419	458	402	417	478	425	412	419	446	443	438	5199
	2015	581	500	556	565	642	657	542	538	536	504	548	590	6759
	2016	567	572	764	638	587	626	499	515	563	576	560	633	7100
	2017	593	568	755	657	637	596	588	551	532	583	577	528	7165
defunciones xy A00-U99	2014	552	458	543	477	529	518	489	520	515	491	539	560	6191
	2015	666	618	680	727	778	731	647	673	620	671	648	715	8174
	2016	730	704	846	693	716	661	659	668	654	707	710	750	8498
	2017	697	665	793	707	692	707	672	703	617	650	705	643	8251

Nota: se resaltó en rojo los valores de defunciones más altos registrados en cada año.

La Figura 4.5 (a) y (b) muestra las defunciones semanales por enfermedades cardiovasculares en hombres (a) y mujeres (b). En la Figura 4.5(a) se observa los valores más altos de defunciones en el 2016, durante las siguientes semanas: i) semana 1 del 2016 (28 de diciembre de 2015 a 3 de enero 2016) con 79 defunciones, ii) semana 2 del 2017 (2 al 8 de enero) con 72 y iii) semana 11 del 2016 (7 al 13 de marzo) con 68. En el caso de las defunciones en mujeres, la Figura 4.5 (b) muestra los mayores registros en las semanas: i) semana 15 (3 al 9 de abril) y 19 (1 al 7 de mayo) del 2017 con 68 defunciones en cada una, ii) semana 14 del 2016 (28 de marzo al 3 de abril) con 65 defunciones y iii) semana 13 del 2016 (21 al 27 de marzo) con 64.

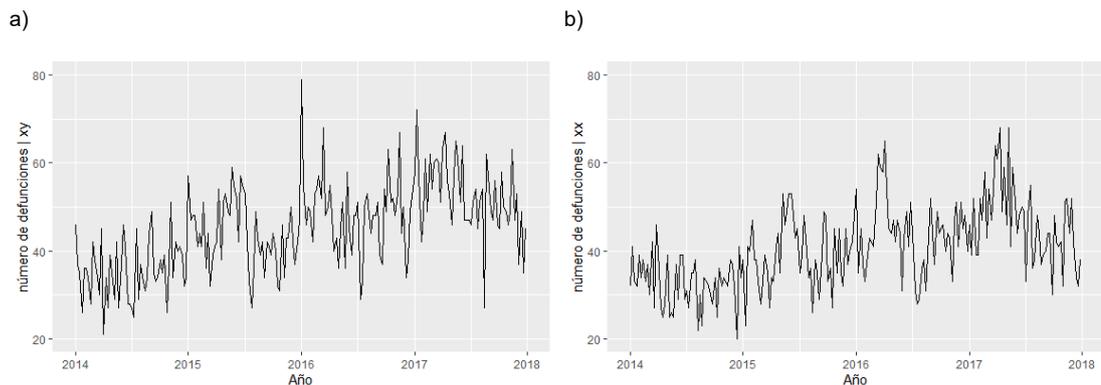


Figura 4.5. Serie defunciones semanales por enfermedades cardiovasculares (100 – I99) a) hombres (xy) b) mujeres (xx) en la ciudad de Guayaquil en el periodo 2014 a 2017.

Se mantienen las defunciones masculinas por enfermedades cardiovasculares mayores (9381 defunciones; 52.7%) a las femeninas en 47.3 % (8422 defunciones). El mes de marzo (2014-2017) presentó el mayor número de casos de muertes acumuladas tanto para hombres como para mujeres: 851 y 816, respectivamente; en la Tabla 4.4 se muestra el registro detallado. Estos números contradicen lo encontrado por autores como Havenith (2005), Ippoliti et al.(2010) y Miguel-Soca et al. (2014), quienes afirman que las mujeres presentan más casos de mortalidad por enfermedades cardiovasculares que los hombres. Se buscaron evidencias que expliquen la diferencia de comportamiento en Guayaquil, más no se encontraron argumentos que lo sustentaran.

Tabla 4.4. Registro de defunciones por enfermedades cardiovasculares (I00-199) en la ciudad de Guayaquil entre el 2014-2017 según el sexo (hombres y mujeres).

	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
defunciones xx I00-199	2014	144	150	160	133	127	149	147	124	132	145	147	140	1698
	2015	160	140	145	169	212	201	172	154	174	154	169	182	2032
	2016	170	172	258	208	187	199	142	178	187	190	184	203	2278
	2017	189	196	252	239	239	195	198	184	172	175	214	160	2413
defunciones xy I00-199	2014	148	142	163	130	149	155	142	158	162	148	183	165	1845
	2015	208	173	176	195	241	220	167	190	168	164	185	188	2275
	2016	227	210	247	184	206	200	185	213	186	243	218	213	2532
	2017	236	234	265	234	256	220	216	225	206	225	219	194	2730

Nota: se resaltó en rojo los valores de defunciones más altos registrados en cada año

La Figura 4.6 muestra las series de defunciones semanales por enfermedades cardiovasculares discriminados según los rangos de edad: 0-14 ,15-34, 35-64 y mayores de 65 años. En el primer rango de edad, el número de defunciones alcanzó 145 casos (0.8%) durante todo el periodo. El segundo rango presenta un total de 495 casos (2.8 %), el rango de 35 a 64 presenta 4.177 casos (23.5%) y el grupo de adultos mayores 12986 casos (72.9%): queda claro que a mayor edad se observa mayor afectación por enfermedades cardiovasculares como han advertido diferentes autores (Díaz et al., 2005; Schwartz et al., 2004; Bell et al., 2008). Los adultos mayores tienen respuestas termorreguladoras reducidas: tasa de sudoración, flujo sanguíneo cutáneo y función cardiovascular lo que los hace más vulnerables y por lo tanto, son los más afectados (Kenny et al., 2010; Kenney & Hodgson, 1987; Foster et al., 1976).

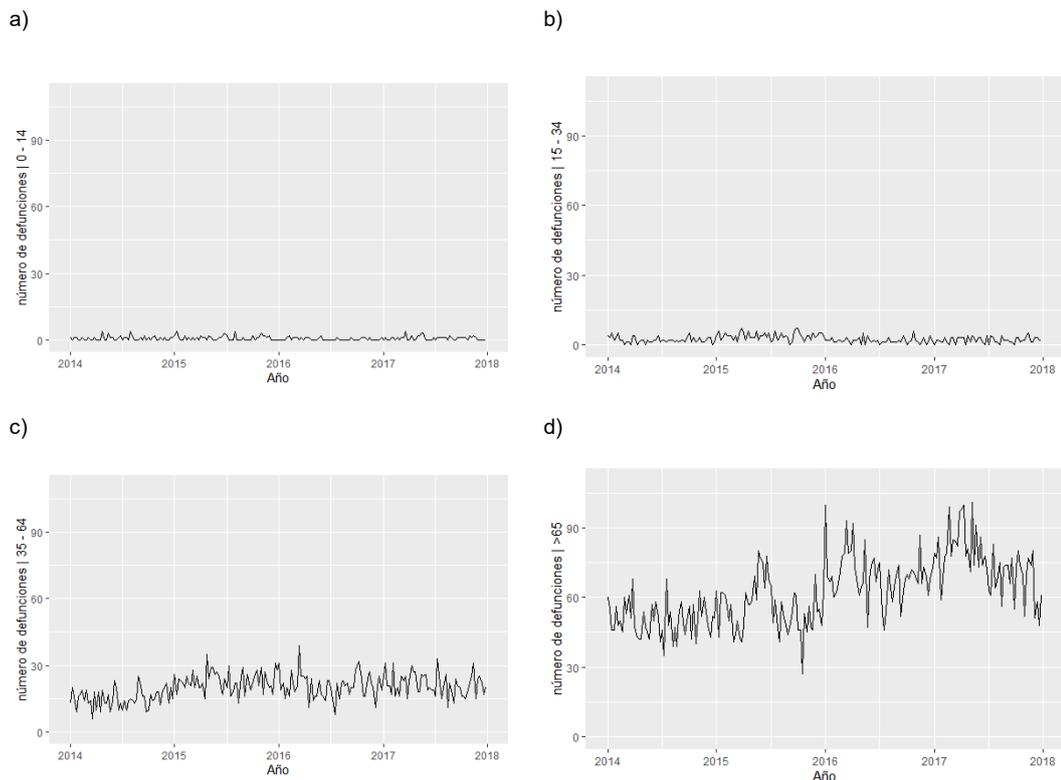


Figura 4.6. Serie de tiempo de defunciones totales semanales por enfermedades cardiovasculares (I00 – I99) en la ciudad de Guayaquil en el periodo 2014 a 2017 por rango de edad (0-14, 15-34, - 35-64 y >65 años).

Los rangos de edad entre 35-64 y mayores de 65 años, presentaron los valores más altos de defunciones. El 2017 presenta la mayor cantidad de casos de mortalidad por enfermedades cardiovasculares, siendo marzo el mes con mayor número de defunciones: 265 hombres y 252 mujeres, como se detalla en la Tabla 4.5, lo que coincide con los meses de mayor temperatura. Las temperaturas máximas promedio entre 2014-2017 se registraron siempre en marzo. Esas temperaturas máximas diarias oscilaron entre 22.4 a $36.2 \pm 0.04^{\circ}\text{C}$, siendo el 2017 el año más caliente. La temperatura puntual máxima alcanzada fue de 36.2°C y la media anual en Guayaquil de $27.3 \pm 0.04^{\circ}\text{C}$.

Tabla 4.5. Registro mensual de defunciones por enfermedades cardiovasculares (I00 – I99) en la ciudad de Guayaquil entre el 2014-2017 por rango de edad (0-14, 15-34, 35-64 y >65 años).

AÑO	RANGO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2014	0 - 14	2	1	2	4	5	3	6	1	3	4	2	3	36
	15 - 34	13	11	6	8	4	10	8	7	10	8	9	9	103
	35 - 64	59	74	59	58	59	69	52	76	64	66	75	76	787
	> 65	218	206	256	193	208	222	223	198	217	215	244	217	2617
2015	0 - 14	6	3	3	3	3	8	4	2	0	6	8	1	47
	15 - 34	16	16	19	16	17	17	13	16	17	16	15	19	197
	35 - 64	95	89	103	99	122	92	93	97	91	113	95	105	1194
	> 65	251	205	196	246	311	304	229	229	234	183	236	245	2869
2016	0 - 14	1	4	3	2	3	0	1	0	1	3	1	1	20
	15 - 34	8	6	9	7	11	6	6	4	9	11	5	8	90
	35 - 64	85	87	118	86	75	85	66	96	96	100	96	94	1084
	> 65	303	285	376	296	301	311	254	290	268	320	299	313	3616
2017	0 - 14	2	2	6	4	8	1	4	4	3	4	4	0	42
	15 - 34	6	10	8	9	11	8	9	8	6	11	11	8	105
	35 - 64	103	81	101	106	104	79	100	79	87	82	98	92	1112
	> 65	314	337	402	354	372	327	301	318	282	303	320	254	3884

Nota: En rojo se resalta el número máximo de defunciones por rango de edad para los 4 años analizados. Y con ello analizar el rango máximo, para luego analizar con más variables

El trabajo de (Martínez et al., 2004) señala que durante la ola de calor en España del año 2003 se evidenció una relación entre mortalidad y temperatura; las temperaturas máximas alcanzadas variaron según las particularidades de las diferentes ciudades de ese país, como referencia se destaca que las temperaturas máximas alcanzaron valores de: 38°C en Barcelona, 39°C en Madrid, 45°C en Sevilla. En el estudio de Chesini et al. (2019) se analizan las defunciones ocurridas durante el 2005 al 2015 en la ciudad de Buenos Aires, Argentina. En el estudio encontraron que el riesgo de muerte por causas naturales se incrementa en un 14% durante las olas de calor, respecto al resto de los días del semestre cálido, para ambos sexos y para todos los grupos de edad. Los autores aclaran que, Buenos Aires, región con clima templado húmedo, presenta veranos cálidos e inviernos frescos, siendo la temperatura

media anual es de 17,9°C y los umbrales de temperatura para las olas de calor son 22°C (temperatura mínima) y 32,3°C (temperatura máxima). Pero en la ola de calor de 2013, la temperatura máxima media alcanzó 36,1°C, y la mínima media 25,4°C, durante nueve días consecutivos. Las olas de calor del 2021 han alcanzado valores extremos como el 30 de julio en Lytton, Canadá (49.5°C); en ese mismo mes 46,1°C en Oregón y 42,2°C en Seattle, USA (BBC News Mundo, 2021); en Sicilia, Italia, el 12 de agosto la temperatura llegó al máximo registrado en Europa con 48.8°C (El País, 2021). Ante estos elevados valores de temperatura queda claro que, en este estudio los niveles de temperatura anuales son cálidos durante todo el año, alcanzando como mucho en ese período una temperatura máxima puntual de 36.2°C. La correlación cruzada, que se mostrará más adelante, entre defunciones por enfermedades cardiovasculares y temperatura máxima para el periodo 2014-2017 mostró la mayor correlación en el lag 0 ($r=0.13$; $p\leq 0.000$).

En el estudio EuroHEAT (2007) sobre los efectos en la salud de las olas de calor en varias ciudades europeas, se encontró que, en eventos de olas de calor prolongadas la mortalidad llega a ser entre 1.5 y 5 veces mayor que para olas de calor de corta duración. En Atenas, Budapest, Londres, Roma y Valencia han ocurrido los mayores incrementos de muertes en personas del grupo de mayores de 75 años por eventos de calor prolongados (Ippoliti et al., 2010; Michelozzi et al., 2009).

Luego de analizar el comportamiento de las variables meteorológicas y epidemiológicas se aplica la correlación cruzada entre la serie diaria de humedad relativa, temperatura máxima, temperatura media y temperatura mínima con defunciones por enfermedades cardiovasculares (I00-I99) con retardos (*lags*) de 15 días. Este procedimiento se aplicó para defunciones de hombres y mujeres por separado y para cada rango de edad ambos sexos.

La Figura 4.7 muestra los croscorelograma entre la temperatura máxima, media y mínima, y la humedad relativa con las defunciones por enfermedades cardiovasculares (I00-I99) diarias en el periodo 2014-2017. La mayor correlación tiene lugar entre la variable meteorológica humedad relativa y defunciones en el lag 2 ($r=0.19$; $p\leq 0,000$), indicando que las personas pueden morir ante eventos de alta humedad, no solamente el día de mayor humedad sino los días posteriores a este evento. Roweell (2003) expresa que la exposición de una persona durante largo tiempo a condiciones de humedad relativa alta puede incidir en el deterioro de las enfermedades cardiovasculares, ya que los procesos de termorregulación son más eficientes cuando hay fuertes gradientes de temperatura y humedad entre la superficie de la piel y el aire circundante. El autor indica que en condiciones extremas el cuerpo no es capaz de enfriarse mediante el intercambio de calor directo con el medio ambiente; de hecho, pudiera ocurrir lo contrario. El único mecanismo que elimina el calor corporal es la evaporación, cuya velocidad depende del gradiente de humedad entre la piel y la atmósfera. Por lo tanto, cuando se somete a las personas por varios días a alto porcentaje de humedad, el número de muertes se incrementa.

El cuerpo humano está diseñado para mantener una temperatura corporal central de 37°C . La pérdida de calor en el cuerpo se da mediante: 1) radiación, por medio de la cual el cuerpo pierde-emite calor hacia el ambiente si la temperatura es menor a 20°C ; 2) convección, por medio de la circulación de agua (ducha fría) o aire, en contacto con la piel; 3) conducción por medio de objetos más fríos en contacto directo con la piel (dormir en una superficie fría); 4) evaporación del sudor o respiración. A medida que la temperatura ambiental alcanza a la corporal, disminuye la capacidad de transmisión de calor del organismo ya que no existe la diferencia térmica para hacerlo (Parsons, 2003).

Luego de analizar la correlación entre temperatura máxima ($r=0.13$; $p\leq 0.000$), temperatura media ($r=0.13$; $p\leq 0.000$), y mínima ($r=0.09$; $p\leq 0.001$), se tiene que la mayor correlación ocurre con la temperatura máxima en el lag 0. Yang et al. (2018) y Raso (2002) también encontraron correlaciones positivas ($r=0.301$; $p\leq 0.000$) y ($r=0.295$; $p\leq 0.000$) entre temperaturas máximas y defunciones por enfermedades cardiovasculares. Además, en este análisis se consideró la temperatura mínima para evaluar la incidencia de las temperaturas menores en los días de calor sobre las defunciones, encontrándose correlaciones positivas muy bajas. Se destaca que en Guayaquil la temperatura máxima en el periodo de estudio no sobrepasó los 37 °C. Mientras que en las otras investigaciones mencionadas las temperaturas a las cuales estaba sometida la población eran temperaturas máximas extremas (38°C, 39°C, 46.1°C y 42.2°C). En la Tabla 4.6 se muestran los valores de las correlaciones entre cada una de las variables meteorológicas con las defunciones por enfermedades cardiovasculares (I00-I99).

Según la USEPAE (2020) el calor es una de las causas de muerte relacionada con el clima. Las personas expuestas a calor extremo pueden sufrir enfermedades potencialmente mortales, como el agotamiento por calor y la insolación. Las altas temperaturas también pueden contribuir a la muerte por ataques cardíacos, accidentes cerebrovasculares y otras formas de enfermedad cardiovascular, bajo esas circunstancias ocurre un mayor número de pacientes que requieren asistencia médica por enfermedades del sistema circulatorio, respiratorio y excretor (U.S. Global Change Research Program, 2019).

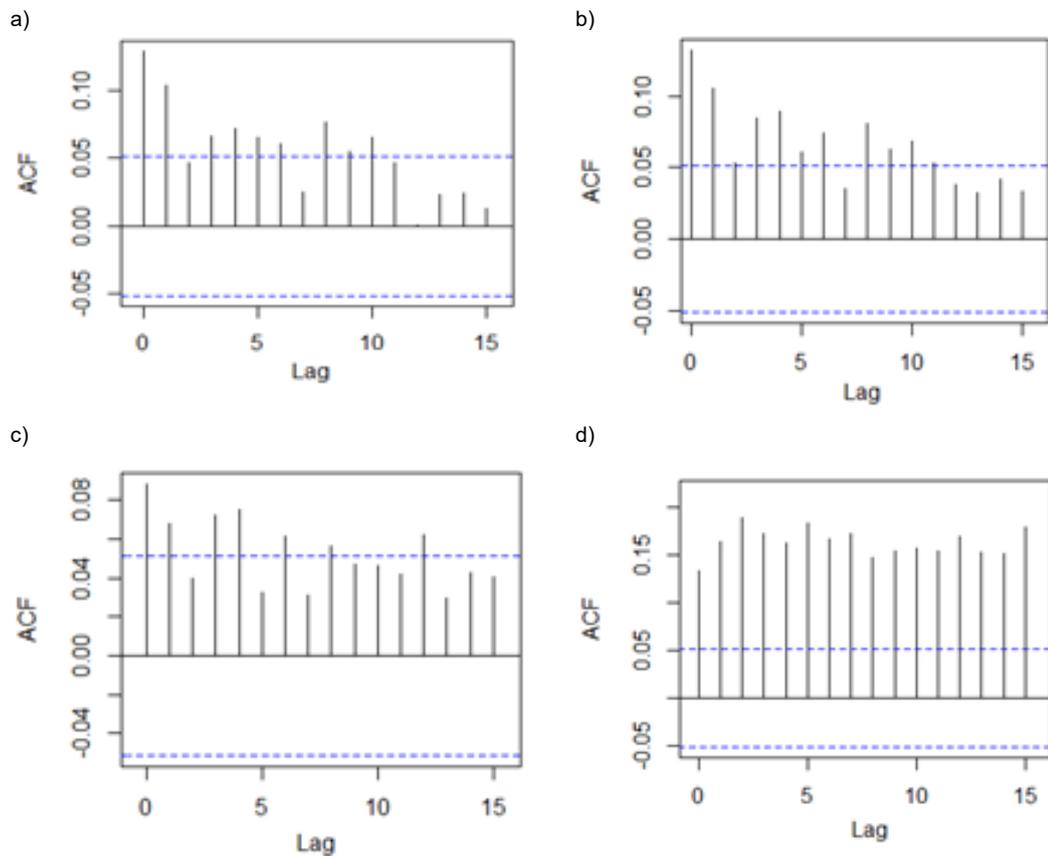


Figura 4.7. Croscorelogramas de las variables meteorológicas a) temperatura máxima, b) temperatura media, c) temperatura mínima y d) humedad relativa con defunciones por enfermedades cardiovasculares (100-199)

Tabla 4.6. Correlaciones entre temperatura máxima, media, mínima y humedad con defunciones por enfermedades cardiovasculares (I00-I99)

Lag	TMAX		TMEDIA		TMIN		HUM	
	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor
0	0,13	0,000	0,13	0,000	0,09	0,001	0,13	0,000
1	0,10	0,000	0,11	0,000	0,07	0,010	0,16	0,000
2	0,05	0,070	0,05	0,000	0,04	0,127	0,19	0,000
3	0,07	0,010	0,08	0,041	0,07	0,006	0,17	0,000
4	0,07	0,006	0,09	0,001	0,08	0,004	0,16	0,000
5	0,07	0,010	0,06	0,019	0,03	0,213	0,18	0,000
6	0,06	0,020	0,07	0,000	0,06	0,020	0,17	0,000
7	0,03	0,330	0,04	0,018	0,03	0,235	0,17	0,000
8	0,08	0,004	0,08	0,002	0,06	0,032	0,15	0,000
9	0,06	0,030	0,06	0,015	0,05	0,074	0,15	0,003
10	0,06	0,013	0,07	0,009	0,05	0,078	0,16	0,002
11	0,05	0,075	0,05	0,040	0,04	0,109	0,15	0,003
12	0,00	0,984	0,04	0,006	0,06	0,017	0,17	0,000
13	0,02	0,376	0,03	0,010	0,03	0,259	0,15	0,004
14	0,02	0,350	0,04	0,200	0,04	0,104	0,15	0,000
15	0,01	0,614	0,03	0,200	0,04	0,121	0,18	0,000

Nota: se resalta los valores de correlación significativos.

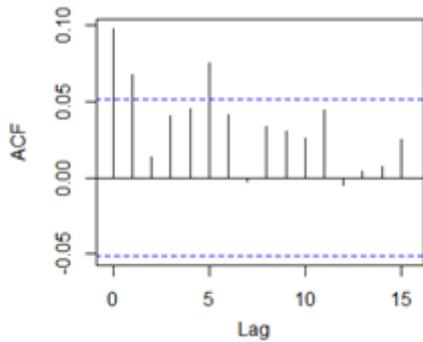
Después de revisar la influencia de las variables meteorológicas con las defunciones por enfermedades cardiovasculares, se hizo el análisis para defunciones por enfermedades cardiovasculares discriminados por sexo, hombres y mujeres, para las cuatro variables meteorológicas mencionadas (Figura 4.8). Al analizar las correlaciones entre la temperatura máxima y defunciones se observa que las mujeres son las más afectadas, en el lag 0 alcanzan una correlación de $r=0.18$; $p \leq 0.000$, mientras que los hombres tienen una correlación en lag 0 de $r=0.10$; $p \leq 0.000$, también se encontró que para las mujeres la correlación fue significativa para todos los días posteriores, mientras que para los hombres no. Estudios como los de Havenith, 2005 y Ippoliti et al., 2010, han mostrado diferencias en el impacto de las variables climáticas en la mortalidad de hombres y mujeres.

En términos de número de muertes por olas de calor, estas son mayores en mujeres que en hombres, dado el mayor número de mujeres en todos los grupos de edad. Los investigadores exponen que las mujeres tienen temperaturas corporales y cutáneas más altas y pueden ser menos tolerantes al calor que los hombres.

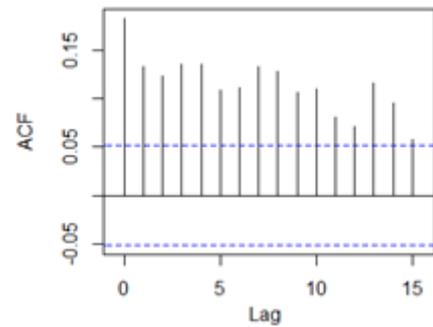
Al analizar la temperatura media se encuentra un comportamiento similar al de temperatura máxima con una correlación para hombres en lag 0 ($r=0.09$; $p\leq 0.000$) y para mujeres en lag 0 ($r=0.20$; $p\leq 0.000$). Mientras que, con la temperatura mínima, no se observa una correlación significativa en el caso de hombres, pero con las mujeres se obtienen correlaciones positivas muy bajas ($r=0.15$; $p\leq 0.000$ lag 0 a lag 4). Lo que corrobora que la temperatura tiene una influencia mayor en las defunciones de mujeres que hombres.

En el caso de la humedad se encuentran correlaciones significativas similares para ambos sexos, hombres de $r=0.09$; $p\leq 0.000$ en el lag 0 y de $r=0.15$; $p\leq 0.000$ en el lag 12 y para mujeres de $r=0.17$; $p\leq 0.000$ en el lag 0 y de $r=0.22$; $p\leq 0.000$ en el lag 5, mostrando que para esta variable no existe una diferencia por el sexo. En la Tabla 4.7 y 4.8 se detalla los valores de correlación entre las variables analizadas discriminadas por sexo.

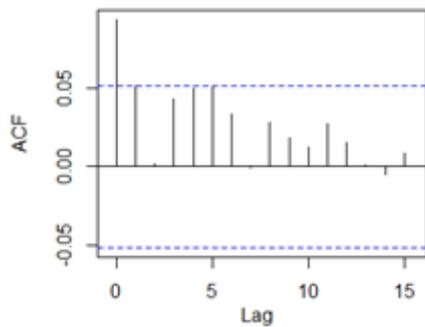
a) temperatura máxima & defunciones de xy



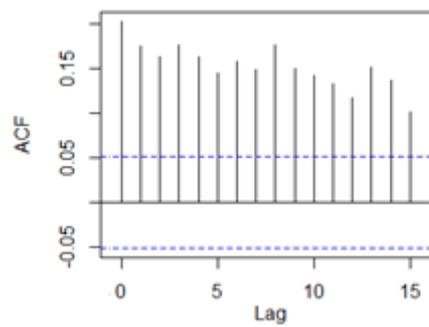
b) temperatura máxima & defunciones de xx



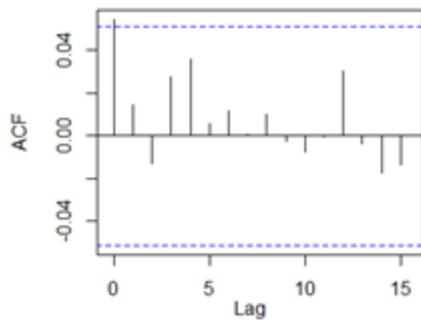
c) temperatura media & defunciones de xy



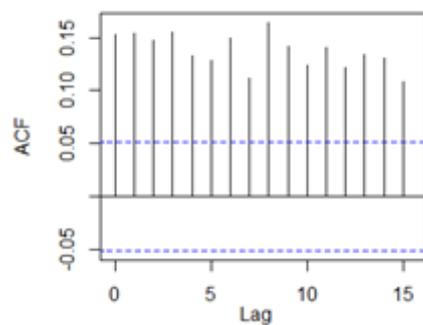
d) temperatura media & defunciones de xx



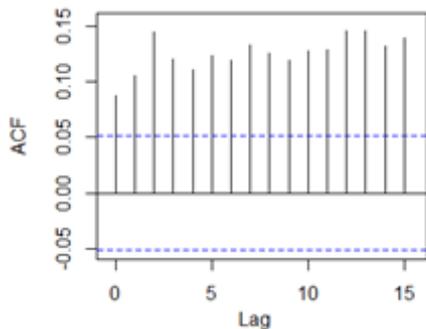
e) temperatura mínima & defunciones de xy



f) temperatura mínima & defunciones de xx



h) humedad relativa & defunciones de xy



i) humedad relativa & defunciones de xx

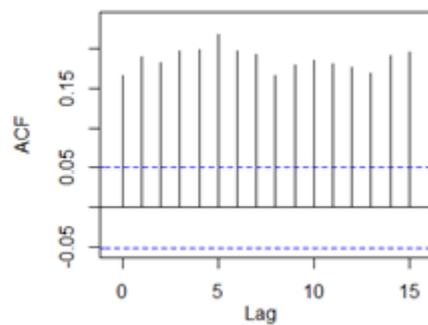


Figura 4.8 Croscorrelogramas de las variables meteorológicas a-b) temperatura máxima, c-d) temperatura media, e-f) temperatura mínima y g-h) humedad relativa con defunciones por enfermedades cardiovasculares (100-199) en hombres (xy) y mujeres (xx)

Tabla 4.7. Correlaciones entre temperatura máxima, media, mínima y humedad con defunciones por enfermedades cardiovasculares (I00-I99) en hombres (xy)

Lag	TMAX		TMEDIA		TMIN		HUM	
	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor
0	0,10	0,000	0,09	0,000	0,05	0,037	0,09	0,00
1	0,07	0,009	0,05	0,049	0,01	0,585	0,11	0,00
2	0,01	0,597	0,00	0,942	-0,01	0,615	0,14	0,00
3	0,04	0,119	0,04	0,102	0,03	0,296	0,12	0,00
4	0,05	0,083	0,05	0,056	0,04	0,171	0,11	0,00
5	0,08	0,004	0,05	0,052	0,01	0,830	0,12	0,00
6	0,04	0,113	0,03	0,207	0,01	0,655	0,12	0,00
7	0,00	0,912	0,00	0,985	0,00	0,986	0,13	0,00
8	0,03	0,203	0,03	0,290	0,01	0,697	0,13	0,00
9	0,03	0,247	0,02	0,477	0,00	0,920	0,12	0,00
10	0,03	0,321	0,01	0,638	-0,01	0,780	0,13	0,00
11	0,04	0,090	0,03	0,294	0,00	0,991	0,13	0,00
12	-0,01	0,849	0,02	0,553	0,03	0,251	0,15	0,00
13	0,00	0,867	0,00	0,959	0,00	0,887	0,15	0,00
14	0,01	0,789	-0,01	0,847	-0,02	0,507	0,13	0,00
15	0,03	0,338	0,01	0,744	-0,01	0,606	0,14	0,00

Nota: se resalta los valores de correlación significativos

Tabla 4.8. Correlaciones entre temperatura máxima, media, mínima y humedad con defunciones por enfermedades cardiovasculares (I00-I99) en mujeres (xx)

Lag	TMAX		TMEDIA		TMIN		HUM	
	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor
0	0,18	0,00	0,20	0,00	0,15	0,00	0,17	0,000
1	0,13	0,00	0,17	0,00	0,15	0,00	0,19	0,000
2	0,12	0,00	0,16	0,00	0,15	0,01	0,18	0,000
3	0,14	0,00	0,18	0,00	0,15	0,00	0,20	0,000
4	0,14	0,00	0,16	0,00	0,13	0,00	0,20	0,000
5	0,11	0,00	0,14	0,00	0,13	0,00	0,22	0,000
6	0,11	0,00	0,16	0,00	0,15	0,00	0,20	0,000
7	0,13	0,00	0,15	0,00	0,11	0,00	0,19	0,000
8	0,13	0,00	0,18	0,00	0,16	0,00	0,17	0,000
9	0,11	0,00	0,15	0,00	0,14	0,00	0,18	0,000
10	0,11	0,00	0,14	0,00	0,12	0,00	0,18	0,000
11	0,08	0,00	0,13	0,00	0,14	0,00	0,18	0,000
12	0,07	0,01	0,12	0,00	0,12	0,00	0,18	0,000
13	0,12	0,00	0,15	0,00	0,13	0,00	0,17	0,000
14	0,09	0,00	0,14	0,00	0,13	0,00	0,19	0,000
15	0,06	0,03	0,10	0,00	0,11	0,00	0,20	0,000

Nota: se resalta los valores de correlación significativos.

Después de realizar el análisis discriminado por hombres y mujeres, se discriminó por rango de edad sin importar el sexo: 0-14 años, 15-34 años, 35-64 años y > de 65 años. La Figura 4.9 presentan los croscorelogramas entre la temperatura máxima y las defunciones por enfermedades cardiovasculares discriminados por rangos de edad. Los rangos de 0-14 y 15-34 años no se muestran por no presentar correlaciones. En el rango de edades entre 35-64 años (c) se observa una correlación significativa para la mayoría de los lags, mostrando la mayor correlación en el lag 5 ($r=0.10$; $p\leq 0.000$). Para mayores de 65 años se encontraron correlaciones significativas en el lag 0 ($r=0.11$; $p\leq 0.000$) y lag 1 ($r=0.08$; $p\leq 0.003$), lo cual indica que ocurrieron defunciones relacionadas con la temperatura el día de la temperatura máxima y un día después, no mostrando evidencias que la temperatura influya sobre las defunciones a partir del segundo día de haber alcanzado la máxima temperatura. Se destaca que para este rango de edad las correlaciones siguen siendo débiles. La temperatura máxima alcanzada en Guayaquil en el periodo 2014-2017 fue de 36.2°C. La Tabla 4.9 muestra los valores de correlación entre temperatura máxima y defunciones para cada rango de edad.

Las enfermedades cardiovasculares son las que provocan el mayor número de defunciones entre las mujeres de edad avanzada con el 46 % en todo el mundo (Miguel-Soca et al., 2014). En algunos casos, los efectos sobre el sexo son específicos de la edad. Este riesgo se incrementa después de la menopausia, instancia en la que la disminución de la hormona estrógenos afecta al metabolismo e incrementa la morbilidad y muerte por enfermedades del sistema circulatorio. Los trabajos de Havenith (2005), Bayentin et al.(2010) y Dadbakhsh et al. (2018) señalan que las mayores incidencias de muertes por temperatura ocurren en los rangos de edad mayores de 65 años.

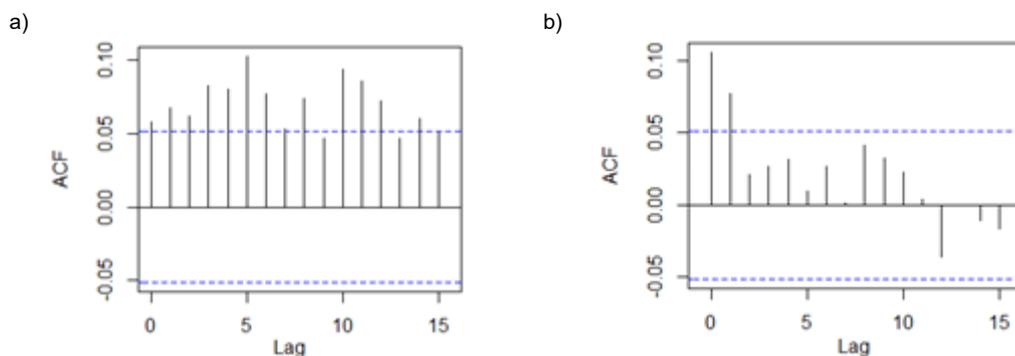


Figura 4.9 Croscorelograma entre temperatura máxima y defunciones por enfermedades cardiovasculares por rango de edades (a:35-64 y b:>65).

Tabla 4.9. Correlaciones entre temperatura máxima y defunciones por enfermedades cardiovasculares (I00-I99) según rango de edad (35-64 y > de 65 años)

Lag	Edad 35-64		Edad >65	
	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor
0	0,06	0,026	0,11	0,000
1	0,07	0,010	0,08	0,003
2	0,06	0,018	0,02	0,426
3	0,08	0,002	0,03	0,309
4	0,08	0,002	0,03	0,233
5	0,10	0,000	0,01	0,707
6	0,08	0,003	0,03	0,303
7	0,05	0,043	0,00	0,966
8	0,07	0,005	0,04	0,113
9	0,05	0,072	0,03	0,222
10	0,09	0,000	0,02	0,393
11	0,09	0,001	0,00	0,893
12	0,07	0,006	-0,04	0,174
13	0,05	0,074	0,00	0,992
14	0,06	0,021	-0,01	0,685
15	0,05	0,048	-0,02	0,536

Nota: se resalta los valores de correlación significativos.

En la Figura 4.10 se presenta la correlación entre defunciones y temperatura media. Como se observa la temperatura media tuvo un comportamiento similar al de la temperatura máxima, aunque las correlaciones para el rango 35-64 (Figura 4.10-b) fueron menores y las correlaciones para el rango 15-34 (Figura 4.10-a) presentaron valores significativos para algunos lags con correlaciones significativas menores a $r=0.08$. Se podría establecer que el análisis con temperatura máxima y temperatura media arroja resultados similares, los valores de correlación se muestran en la Tabla 4.10.

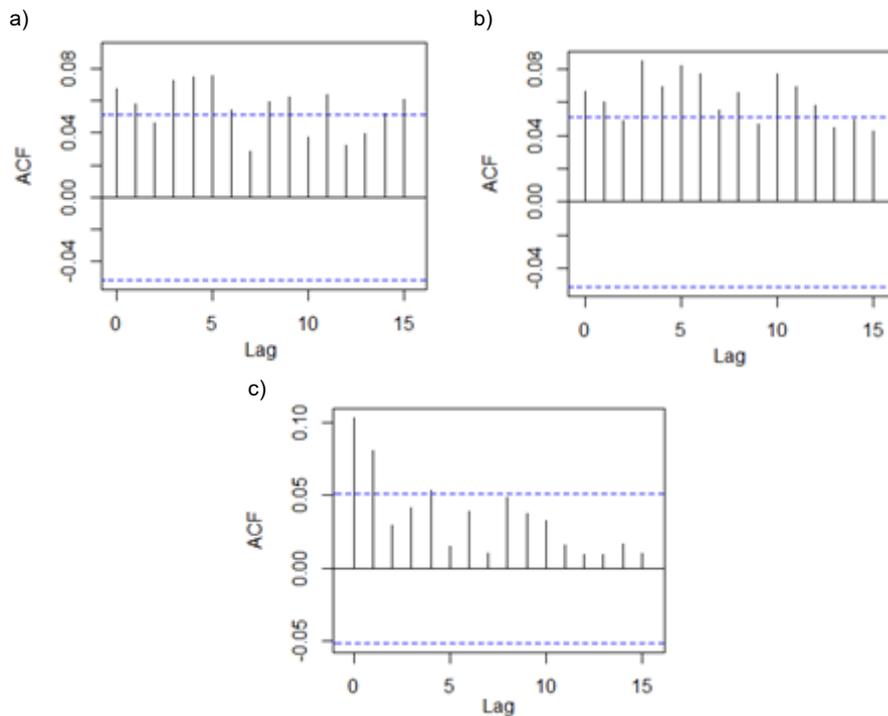


Figura 4.10 Croscorrelograma entre temperatura media y defunciones por enfermedades cardiovasculares por rango de edades (a:15-34, b:35-64 y c:>65).

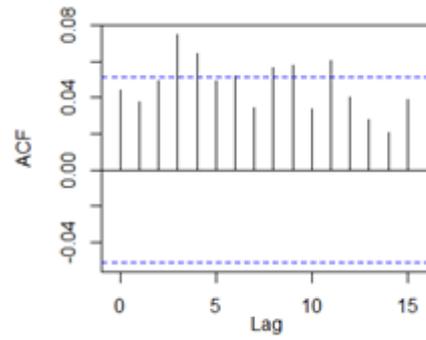
Tabla 4.10. Correlaciones entre temperatura media y defunciones por enfermedades cardiovasculares (I00-I99) según rango de edad (15-34, 35-64 y > de 65 años)

Lag	Edad 15-34		Edad 35-64		Edad >65	
	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor
0	0,07	0,010	0,07	0,011	0,10	0,000
1	0,06	0,028	0,06	0,021	0,08	0,002
2	0,05	0,078	0,05	0,061	0,03	0,026
3	0,07	0,006	0,08	0,001	0,04	0,110
4	0,08	0,004	0,07	0,008	0,05	0,041
5	0,08	0,004	0,08	0,002	0,02	0,560
6	0,05	0,039	0,08	0,003	0,04	0,130
7	0,03	0,281	0,06	0,035	0,01	0,690
8	0,06	0,024	0,07	0,012	0,05	0,065
9	0,06	0,018	0,05	0,073	0,04	0,155
10	0,04	0,155	0,08	0,003	0,03	0,213
11	0,06	0,015	0,07	0,008	0,02	0,540
12	0,03	0,217	0,06	0,027	0,01	0,718
13	0,04	0,131	0,04	0,091	0,01	0,710
14	0,05	0,047	0,05	0,061	0,02	0,532
15	0,06	0,021	0,04	0,106	0,01	0,690

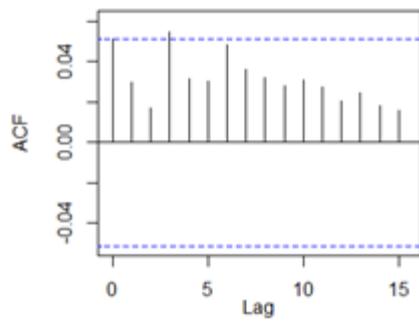
Nota: se resalta los valores de correlación significativos.

Al observar la Figura 4.11 donde se presenta la correlación entre la temperatura mínima y las defunciones cardiovasculares por rango de edades, se observan correlaciones menores a las anteriores: para el rango de 15-34 (Figura 4.11-a) ($r=0.07$; $p \leq 0.004$) en el lag 3, 35-64 (Figura 4.11-b) ($r=0.05$; $p \leq 0.004$) en el lag 0 y mayores a 65 años (Figura 4.11-c) en el lag 0 ($r=0.06$; $p \leq 0.016$). Esto nos indica que la temperatura mínima tiene una influencia muy débil sobre las defunciones, y es más apropiado realizar este análisis con temperaturas medias o máximas.

a)



b)



c)

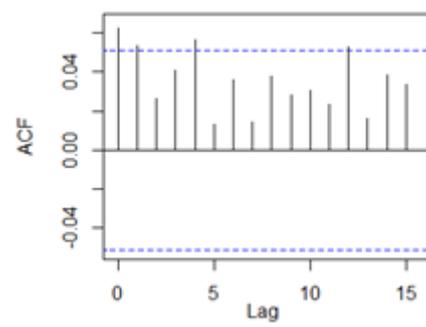


Figura 4.11 Croscorelograma entre temperatura mínima y defunciones por enfermedades cardiovasculares por rango de edades (a:15-34, b:35-64 y c:>65).

Tabla 4.11. Correlaciones entre temperatura mínima y defunciones por enfermedades cardiovasculares (I00-I99) según rango de edad (0-14, 15-34, 35-64 y > de 65 años)

Lag	Edad 15-34		Edad 35-64		Edad >65	
	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor
0	0,04	0,091	0,05	0,049	0,06	0,016
1	0,04	0,151	0,03	0,258	0,05	0,041
2	0,05	0,059	0,02	0,509	0,03	0,312
3	0,07	0,004	0,05	0,036	0,04	0,121
4	0,06	0,014	0,03	0,225	0,06	0,030
5	0,05	0,059	0,03	0,244	0,01	0,609
6	0,05	0,048	0,05	0,065	0,04	0,166
7	0,03	0,187	0,04	0,166	0,01	0,585
8	0,06	0,031	0,03	0,221	0,04	0,151
9	0,06	0,028	0,03	0,288	0,03	0,279
10	0,03	0,198	0,03	0,237	0,03	0,245
11	0,06	0,021	0,03	0,296	0,02	0,369
12	0,04	0,124	0,02	0,441	0,05	0,044
13	0,03	0,294	0,02	0,344	0,02	0,542
14	0,02	0,435	0,02	0,491	0,04	0,146
15	0,04	0,136	0,02	0,540	0,03	0,204

Nota: se resalta los valores de correlación significativos.

En la Figura 4.12 se presentan los croscorelogramas entre la humedad relativa promedio y las defunciones por enfermedades cardiovasculares discriminados por rango de edad. En los rangos de 0-14 años y 15-34 años no se encontraron correlaciones significativas entre ambas variables, por lo cual no se las considera para el análisis. En el rango de edades entre 35-64 años (Figura 4.12-a) se observa correlaciones significativas positivas muy bajas entre lag 11 y lag 0 ($r=0.05$; $p\leq 0.004$). Para los mayores de 65 años (Figura 4.12-b) se observan para el lag 0 una correlación de $r=0.11$; $p\leq 0.000$ y las mayores correlaciones en los lags 2 y 5 ($r= 0.17$; $p\leq 0.000$) que siguen siendo correlaciones significativas positivas muy bajas. Los valores de correlación del rango >65 años, señalan que las personas son los más vulnerable ante el efecto de alta humedad. Este resultado evidencia que la exposición

prolongada a valores altos de humedad condiciona negativamente las respuestas del organismo. La Tabla 4.12 muestra los valores de correlación entre la humedad y defunciones por enfermedades cardiovasculares (I00-I99) según rango de edad.

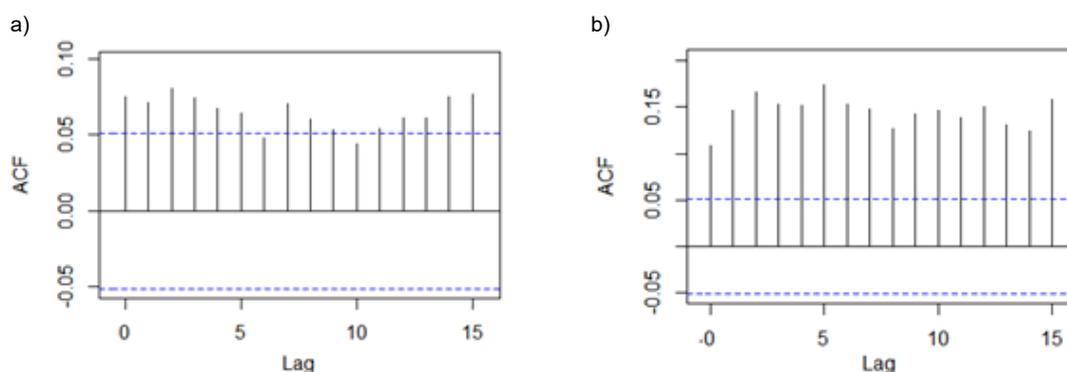


Figura 4.12 Croscorrelograma entre humedad relativa y defunciones por enfermedades cardiovasculares por rango de edades (a:35-64 y b:>65).

Tabla 4.12. Correlaciones entre humedad y defunciones por enfermedades cardiovasculares (I00-I99) según rango de edad (0-14, 15-34, 35-64 y > de 65 años)

Lag	Edad 35-64		Edad >65	
	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor
0	0,08	0,004	0,11	0,000
1	0,07	0,007	0,15	0,000
2	0,08	0,002	0,17	0,000
3	0,07	0,005	0,15	0,004
4	0,07	0,010	0,15	0,000
5	0,06	0,014	0,17	0,000
6	0,05	0,067	0,15	0,004
7	0,07	0,007	0,15	0,000
8	0,06	0,022	0,13	0,000
9	0,05	0,043	0,14	0,000
10	0,04	0,092	0,15	0,000
11	0,05	0,039	0,14	0,000
12	0,06	0,021	0,15	0,000
13	0,06	0,020	0,13	0,000
14	0,08	0,004	0,12	0,000
15	0,08	0,003	0,16	0,000

Nota: se resalta los valores de correlación significativos.

Este estudio encuentra que en Guayaquil hay una mayor correlación entre la humedad relativa y defunciones por enfermedades cardiovasculares que entre la temperatura máxima y las defunciones, posiblemente porque los niveles de humedad en la ciudad son muy elevados (62 a 88 \pm 0.27 % humedad relativa promedio mensual), mientras que las temperaturas promedio mensuales del histórico 1992-2017, aunque son elevadas, no llegan a ser extremas (30 y 36.6 \pm 0.07 °C). Las mayores asociaciones de las dos variables climáticas sobre las defunciones por enfermedades cardiovasculares ocurren para edades mayores de 65 años, aunque no se descarta que exista una asociación en personas de 35 a 64 años.

La aplicación de la correlación cruzada demostró que las variables climáticas (temperatura máxima, temperatura media, temperatura mínima y humedad relativa) constituyen un factor asociado linealmente a las defunciones por enfermedades cardiovasculares aunque su asociación sea débil, lo que corrobora que otros factores de riesgo no climático también influyen, como la adaptación y el nivel socioeconómico, a los que se suma una serie de características personales (Havenith, 2005), como la forma física, hábitos, género, capacidad de aclimatación, peso corporal y presencia de enfermedades coexistentes o tratamiento farmacológico (U.S. Global Change Research Program, 2019; World Meteorological Organization, 2015).

Este estudio se repitió agrupando las variables climáticas y defunciones diarias en semanas (con lags de 2 semanas, equivalente a 14 días), con el objeto de eliminar el ruido que se observaba en las series de tiempo diarias. Con datos semanales se hizo el análisis para temperatura máxima, temperatura máxima semanal (llamada temperatura máxima-máxima), temperatura mínima, temperatura mínima semanal (llamada temperatura mínima-mínima), humedad relativa y humedad relativa máxima semanal (llamada humedad máxima).

Los resultados obtenidos de este estudio fueron similares a los reportados con datos diarios, mostrando una mayor influencia de la humedad sobre las defunciones por enfermedades cardiovasculares que por la temperatura. En el anexo 1 y 2 se presentan las tablas con los valores de correlación y los croscorrelogramas entre cada una de las variable

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN

Los resultados obtenidos denotaron la influencia de la temperatura y la humedad relativa sobre las defunciones por enfermedades cardiovasculares. Se observó que tanto la temperatura máxima como la temperatura media proporcionan información estadísticamente significativa que permiten establecer la relación entre estas variables climáticas y las defunciones por enfermedades cardiovasculares. Aunque la temperatura mínima mostró influencia estadísticamente consistente sobre las defunciones por este tipo de enfermedad, no se recomienda usarla para este tipo de estudio.

Esta investigación mostró una correlación positiva estadísticamente significativa muy baja, entre las variables meteorológicas temperatura máxima, temperatura media, temperatura mínima y humedad relativa sobre las defunciones por enfermedades cardiovasculares registradas en la ciudad de Guayaquil en el periodo 2014-2017. Se debe considerar que la temperatura máxima y humedad relativa son una parte del aporte a muertes por enfermedades cardiovasculares, ya que existen otros factores de riesgo no climático que influyen, como la adaptación, el nivel socioeconómico, los hábitos, la forma física, la aclimatación, el comportamiento, peso corporal y presencia de enfermedades coexistentes o tratamiento farmacológico.

Se encontró que para Guayaquil existe una correlación significativa mayor entre la humedad relativa y las defunciones por enfermedades cardiovasculares, que entre la temperatura máxima y las defunciones por este tipo de enfermedad. La humedad relativa en Guayaquil alcanza valores extremos (62 a 88 \pm 0.27% según el registro histórico 1992-2017) y una humedad relativa de confort humano está entre 40-60%.

En la ciudad de Guayaquil no se registran eventos de temperaturas extremas como en otras zonas de cuatro estaciones bien definidas y, aun así, se encontró una correlación positiva significativa entre temperatura y defunciones por enfermedades cardiovasculares. En zonas de climas cálidos (tropicales) como la ciudad de Guayaquil incrementos moderados de temperatura de 30°C hasta alcanzar 36.6°C, pone en riesgo la salud cardiovascular, sobre todo para las personas mayores de 65 años.

En Guayaquil las mujeres tienden a tener un mayor riesgo a las altas temperaturas y altas humedades que los hombres, cuando las temperaturas sin llegar a ser extremas suben por encima de las temperaturas promedio a las cuales las personas están habituadas, esa misma tendencia se observó para la humedad cuando alcanzaba valores extremos. Por edades se aprecia una asociación positiva de mayor magnitud entre la mortalidad por enfermedades cardiovasculares y los mayores de 65 años que con los otros rangos de edades, aunque el rango entre 35 y 64 años también se muestra afectado por las variables climáticas.

Adicionalmente, respecto al sexo contrario a lo encontrado por otros autores en estudios similares, los hombres presentaron los registros de defunciones más altos frente a esta enfermedad, pero las mujeres mantuvieron las correlaciones más altas tanto para temperatura máxima como para humedad relativa. Esta premisa sugiere considerar en futuros estudios que relacionan variables climáticas con defunciones por enfermedades cardiovasculares, incluir factores como sobrepeso, condiciones sociales y económicas.

6. REFERENCIAS

- Abrignani, M. G., Corrao, S., Biondo, G. B., Lombardo, R. M., Di Girolamo, P., Braschi, A., Di Girolamo, A., & Novo, S. (2012). Effects of ambient temperature, humidity, and other meteorological variables on hospital admissions for angina pectoris. *European Journal of Preventive Cardiology*, 19(3), 342–348. <https://doi.org/10.1177/1741826711402741>
- Ballester-Diez, F., Corella-Piquer, D., Santiago, P.-H., Hervás-Hernandorena, A., & Merino-Egea, C. (1997). Variación estacional de la mortalidad en la ciudad de Valencia, España. *Salud Pública de México*, 39.
- Basu, R., & Samet, J. M. (2002). *Relation between Elevated Ambient Temperature and Mortality: A Review of the Epidemiologic Evidence*. 24(2), 190–202. <https://doi.org/10.1093/epirev/mxf007>
- Bayentin, L., El Adlouni, S., Ouarda, T. B. M. J., Gosselin, P., Doyon, B., & Chebana, F. (2010). Spatial variability of climate effects on ischemic heart disease hospitalization rates for the period 1989-2006 in Quebec, Canada. *International Journal of Health Geographics*, 9, 9–11. <https://doi.org/10.1186/1476-072X-9-5>
- BBC News Mundo. (2021). *Ola de calor: más de 400 muertos en Canadá y 80 en EE.UU. en medio de temperaturas récord*. BBC. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-57664170>
- Bell, M., O'Neill, M., Ranjit, N., Borja-Aburto, V., Cifuentes, L., & Gouveia, N. (2008). Vulnerability to heat-related mortality in Latin America: a case-crossover study study in Sao Paulo, Brazil, Santiago, Chile and Mexico City, Mexico. *International Journal of Epidemiology*, 37(May), 796–804. <https://doi.org/10.1093/ije/dyn094>

- Beniston, M. (2004). The 2003 heat wave in Europe: A shape of things to come? An analysis based on Swiss climatological data and model simulations. *Geophysical Research Letters*, 31.
- Berrendero, J. (2016). *Análisis básico de series temporales con R*.
<https://rpubs.com/joser/SeriesTemporalesBasicas>
- Beyer, R. M., Manica, A., & Mora, C. (2021). Shifts in global bat diversity suggest a possible role of climate change in the emergence of SARS-CoV-1 and SARS-CoV-2. *Science of The Total Environment*, 767, 145413. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145413>
- Bonner, R. M., Harrison, M. H., Hall, C. J., & Edwards, R. J. (1976). Effect of heat acclimatization on intravascular responses to acute heat stress in man. *Journal of Applied Physiology*, 41(5 (I)), 708–713.
<https://doi.org/10.1152/jappl.1976.41.5.708>
- Bouchama, A., & Knochel, J. (2002). HEAT STROKE. *The New England Journal of Medicine*, 346(25), 1978–1988.
- Chesini, F., Abrutzky, R., & Titto, E. De. (2019). Mortalidad por olas de calor en la ciudad de Buenos Aires , Argentina (2005-2015) Mortality from heat waves in the city of Buenos Mortalidade por ondas de calor na cidade de Buenos Aires , Argentina (2005-2015). *Cadernos de Saúde Pública*, 35(9), 1–11. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00165218>
- Dadbakhsh, M., Khanjani, N., & Bahrampour, A. (2018). The relation between mortality from cardiovascular diseases and temperature in Shiraz, Iran, 2006-2012. *ARYA Atherosclerosis*, 14(4), 149–156.
<https://doi.org/10.22122/arya.v14i4.1341>
- Delgado, A. (2013). *Guayaquil*. 31, 515–532.
<https://doi.org/10.1016/j.cities.2011.11.001>
- Díaz, J., García, R., & López, C. (2005). *Mortality impact of extreme winter*

- temperatures*. 179–183. <https://doi.org/10.1007/s00484-004-0224-4>
- Ebi, K., Hasegawa, T., Hayes, K., Monaghan, A., Paz, S., & Berry, P. (2018). Related content Health risks of warming of 1.5 °C, 2 °C, and higher, above pre-industrial temperatures. *Environmental Research Letters*, November. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aac4bd>
- El País. (2021, August 12). *La ola de calor 'Lucifer' abrasa Italia, con una temperatura récord de 48,8 grados en Sicilia*. El País. <https://elpais.com/sociedad/2021-08-12/la-ola-de-calor-lucifer-abrasa-italia-con-temperaturas-record-de-488-grados-en-sicilia.html>
- Feron, S., Cordero, R. R., Damiani, A., Llanillo, P. J., Jorquera, J., & Sepulveda, E. (2019). Observations and Projections of Heat Waves in South America. *Scientific Reports, October 2018*, 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44614-4>
- Fischer, E. M., & Schär, C. (2010). Consistent geographical patterns of changes in high-impact European heatwaves. *Nature Geoscience*, 3(6), 398–403. <https://doi.org/10.1038/ngeo866>
- Foster, K. G., Ellis, F. P., Dore, C., Weiner, J. S., & Physiology, E. (1976). Sweat responses in the aged. *Age Aging*, 5.
- Geirinhas, J. L., Trigo, R. M., Libonati, R., Castro, L. C. O., Sousa, P. M., Coelho, C. A. S., Peres, L. F., & Magalhães, M. de A. F. M. (2019). Characterizing the atmospheric conditions during the 2010 heatwave in Rio de Janeiro marked by excessive mortality rates. *Science of the Total Environment*, 650, 796–808. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.060>
- Goggins, W. B., Chan, E. Y. Y., Ng, E., Ren, C., & Chen, L. (2012). Effect modification of the association between short-term meteorological factors and mortality by urban heat islands in Hong Kong. *PLoS ONE*, 7(6), 9–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038551>

- Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático. (2014). *Cambio Climático - Informe de síntesis*.
- Guevara, J. M. (2014). Uso correcto de la correlación cruzada en Climatología: el caso de la presión atmosférica entre Taití y Darwin. *Terra Nueva Etapa*, 30(47), 79–102.
- Harari, R., Piñeiros, J., Ayabaca, M., & Harari, F. (2016). Climate change and agricultural workers health in Ecuador: occupational exposure to UV radiation and hot environments. *Ann Ist Super Sanità*, 52.
- Havenith, G. (2005). Temperature Regulation, Heat Balance and Climatic Stress. In *Extreme Weather Events and Public Health Responses* (pp. 69–80). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/3-540-28862-7_7
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2013). *Climate Change 2013: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the IPCC*.
- Ippoliti, D. D., Michelozzi, P., Marino, C., Donato, F. De, Menne, B., Katsouyanni, K., Kirchmayer, U., Analitis, A., Medina-ramón, M., Paldy, A., Atkinson, R., Kovats, S., Bisanti, L., Schneider, A., Lefranc, A., Iñiguez, C., & Perucci, C. A. (2010). The impact of heat waves on mortality in 9 European cities : results from the EuroHEAT project. *Environmental Health*, 1–9.
- Johansson, E., Wasim, M., Arroyo, I., & Bengs, C. (2018). Outdoor thermal comfort in public space in warm-humid Guayaquil, Ecuador. *International Journal of Biometeorology*, 62.
- Karliner, J., Slotterback, S., Boyd, R., Ashby, B., & Steele, K. (2019). *Huella climática del sector de la salud*.
- Kenney, W. L., & Hodgson, J. L. (1987). Heat Tolerance , Thermoregulation

- and Ageing. *Sports Medicine*, 456, 446–456.
- Kenny, G. P., Yardley, J., Brown, C., Mph, R. J. S., & Jay, O. (2010). *Heat stress in older individuals and patients with common chronic diseases*. 182(10), 1053–1060. <https://doi.org/10.1503/cmaj.081050>
- Khanjani, N., & Bahrapour, A. (2013). Temperature and cardiovascular and respiratory mortality in desert climate. a case study of Kerman, Iran. *Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 10(11), 2–7. <https://doi.org/10.1186/1735-2746-10-11>
- Kilbourne, E. M., Choi, K., Jones, T. S., Thacker, S. B., Field, T., & Team, I. (1982). Risk Factors for Heatstroke. *JAMA*, 30333.
- Kjellstrom, T., Holmer, I., & Lemke, B. (2009). Workplace heat stress, health and productivity-an increasing challenge for low and middle-income countries during climate change. *Global Health Action*, 2(1), 46–52. <https://doi.org/10.3402/gha.v2i0.2047>
- Kovats, R. S., & Hajat, S. (2008). Heat stress and public health: a critical review. *Annual Review of Public Health*, 29, 41–55. <https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.29.020907.090843>
- Lancet, & University College London Institute for Global Health Commission. (2009). *Managing the health effects of Climate Change*. 373. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)60935-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)60935-1)
- Linares, C., & Díaz, J. (2008). Temperaturas extremadamente elevadas y su impacto sobre la mortalidad diaria según diferentes grupos de edad. *Gaceta Sanitaria*. <https://doi.org/10.1157/13119318>
- Lippi, C., Stewart, A., Muñoz, Á., Borbor, M., Mejía, R., Castillo, K., & S, R. (2012). The Social and Spatial Ecology of Dengue Presence and Burden during an Outbreak in Guayaquil, Ecuador. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15.

- Marazziti, D., Cianconi, P., Mucci, F., Foresi, L., Chiarantini, C., & Vecchia, A. Della. (2021). Climate change, Environment Pollution, Covid-19 Pandemic and Mental Health. *Science of The Total Environment*, 773, 145182. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145182>
- Martínez, F., Fernando, N., Aragonés, N., Benítez, P., Buitrago, M. J., Casas, I., Cortés, M., Dürr, U., Herrera, D., Izquierdo, A., Jado, I., Lemos, C., Martínez, M. V., Páez, A., Peña-rey, I., Pérez, B., Pozo, F., Rodríguez, S., Rubio, J. M., ... De, J. (2004). Valoración del impacto de la ola de calor del verano de 2003 sobre la mortalidad. *Gaceta Sanitaria*, 18(Supl 1), 250–258.
- McMichael, A. J., Woodruff, R. E., & Hales, S. (2006). Climate Change and Human Health: present and future risks. *Lancet*.
- MedlinePlus. (2021). *Enfermedad cardiovascular*. Enciclopedia Médica. <https://medlineplus.gov/spanish/ency/patientinstructions/000759.htm>
- Miguel-Soca, P. E., Rivas-Estévez, M., Sarmiento-Teruel, Y., Mariño-Soler, A. L., Marrero-Hidalgo, M., & Mosqueda-Batista, L. (2014). Factores de riesgo de enfermedad cardiovascular en mujeres con menopausia. *Revista de La Federacion Argentina de Cardiologia*, 43(2), 90–96.
- Naciones Unidas. (2019a). *Cambio climático*. [https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html#:~:text=Los gases de efecto invernadero \(GEI\) se producen de manera,espacio%2C hacen la Tierra habitable.](https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html#:~:text=Los gases de efecto invernadero (GEI) se producen de manera,espacio%2C hacen la Tierra habitable.)
- Naciones Unidas. (2019b). *Objetivos de desarrollo sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Núñez González, S., Duplat, A., & Simancas, D. (2018). Mortalidad por enfermedades cerebrovasculares en Ecuador 2001- 2015: Estudio de tendencias, aplicación del modelo de regresión joinpoint. *Revista*

Ecuatoriana de Neurología, 27.

Organización Mundial de la Salud. (2003). *Cambio climático y salud humana - Riesgos y respuestas - Resumen.*

Organización Mundial de la Salud. (2016). *Impacto del medio ambiente en la salud. ¿Cuál es el panorama general?*

Organización Mundial de la Salud. (2017). *Enfermedades cardiovasculares.*
[https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))

Organización Mundial de la Salud. (2018a). *Cambio climático y salud.*
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health#:~:text=Durante los últimos 50 años,y alterar el clima mundial.>

Organización Mundial de la Salud. (2018b). *Las 10 principales causas de defunción.* <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>

Organización Mundial de la Salud y Organización Meteorológica Mundial. (2012). *Atlas de la salud y del clima.*

Organización Panamericana de la Salud. (2019). *Ola de Calor y Medidas a Tomar - Revisión Preliminar.*

Organización Panamericana de la Salud, & Organización Mundial de la Salud. (2017a). *Cambio Climático. Salud En Las Américas +.*
https://www.paho.org/salud-en-las-americas-2017/?post_t_es=cambio-climatico&lang=es

Organización Panamericana de la Salud, & Organización Mundial de la Salud. (2017b). *Salud en las Américas. In 2017.*
<https://www.paho.org/salud-en-las-americas-2017/wp-content/uploads/2017/09/Print-Version-Spanish.pdf>

Otto, F. E. L., Massey, N., Van Oldenborgh, G. J., Jones, R. G., & Allen, M.

- R. (2012). Reconciling two approaches to attribution of the 2010 Russian heat wave. *Geophysical Research Letters*, 39(4), 1–5.
<https://doi.org/10.1029/2011GL050422>
- Palacios, C., Gonzalez, V., Dick, S., & Coello, M. (2017). La Forma Espacial de la Isla de Calor en la Ciudad de Guayaquil The Spatial Form of the Urban Heat Island in Guayaquil. *INVESTIGATIO*, 9, 92–106.
- Parsons, K. (2003). *Human Thermal Environments: the effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort and performance*.
- Quagliolo, C., Pezzoli, A., & Santos, J. L. (2020). Time-lagged inverse-distance weighting for air temperature analysis in an equatorial urban area (Guayaquil , Ecuador). *Meteorological Applications*, 27.
<https://doi.org/10.1002/met.1938>
- Raso, J. (2002). Relación entre las temperaturas diarias y la mortalidad en Barcelona, y su ajuste mediante funciones polinómicas. *III Congreso de La Asociación Española de Climatología “El Agua y El Clima. Palma de Mallorca*.
- Robine, J.-M., Cheung, S. L., Le Roy, S., Van Oye, H., Griffiths, C., Michel, J.-P., & Herrmann, F. R. (2007). Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. *ELSEVIER*.
- Rossel, F., & Cadier, E. (2009). El Niño and prediction of anomalous monthly rainfalls in Ecuador. *Hydrological Processes*.
<https://doi.org/10.1002/hyp.7401>
- Schwartz, J., Samet, J. M., & Patz, J. A. (2004). Hospital Admissions for Heart Disease The Effects of Temperature and Humidity. *Epidemiology*, 15(6), 755–761. <https://doi.org/10.1097/01.ede.0000134875.15919.0f>
- Semenza, J. C., McCullough, J. E., Flanders, W. D., McGeehin, M. A., &

- Lumpkin, J. R. (1999). Excess hospital admissions during the July 1995 heat wave in Chicago. *American Journal of Preventive Medicine*, 16(4), 269–277. [https://doi.org/10.1016/S0749-3797\(99\)00025-2](https://doi.org/10.1016/S0749-3797(99)00025-2)
- Son, J., Gouveia, N., Bravo, M., De Freitas, C. U., & Bell, M. L. (2015). *The impact of temperature on mortality in a subtropical city : effects of cold , heat , and heat waves in São Paulo , Brazil*.
<https://doi.org/10.1007/s00484-015-1009-7>
- Springer. (2017). *Climate Change and Human Responses*.
- Stewart-Ibarra, A., & Lowe, R. (2013). *Climate and Non-Climate Drivers of Dengue Epidemics in Southern Coastal Ecuador*. 88(5), 971–981.
<https://doi.org/10.4269/ajtmh.12-0478>
- Tőro, K., Bartholy, J., Pongrácz, R., Kis, Z., Keller, É., & Dunay, G. (2010). Evaluation of meteorological factors on sudden cardiovascular death. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 17, 236–242.
- U.S. Global Change Research Program. (2019). *Climate and Health Assessment*. <https://health2016.globalchange.gov/>
- United States Environmental Protection Agency. (2020). *Climate Change Indicators: Heat-Related Deaths*. <https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-heat-related-deaths>
- World Meteorological Organization. (2015). *Heatwaves and Health: Guidance on Warning-System Development*.
- Yang, L. T., Chang, Y. M., Hsieh, T. H., Hou, W. H., & Li, C. Y. (2018). Associations of ambient temperature with mortality rates of cardiovascular and respiratory diseases in Taiwan: A subtropical country. *Acta Cardiologica Sinica*, 34(2), 166–174.
[https://doi.org/10.6515/ACS.201803_34\(2\).20171101A](https://doi.org/10.6515/ACS.201803_34(2).20171101A)
- Yang, X., Li, L., Wang, J., Huang, J., & Lu, S. (2015). Cardiovascular Mortality

Associated with Low and High Temperatures: Determinants of Inter-Region Vulnerability in China. *Environmental Research and Public Health*, 12.

7. ANEXOS

Anexo 1. Tablas de correlación entre las variables meteorológicas: temperatura máxima, temperatura máxima semanal (llamada temperatura máxima-máxima), temperatura mínima, temperatura mínima semanal (llamada temperatura mínima-mínima), humedad relativa y humedad relativa máxima semanal (llamada humedad máxima) y los registros de defunciones por enfermedades cardiovasculares.

a) Defunciones por enfermedades cardiovasculares.

lag	TMAX		TMAXMAX		TMIN		TMINMIN		HUMRELATIVA		HUMRELATIVA MAX	
	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor
0	0,155	0,024	0,037	0,598	0,103	0,136	0,175	0,011	0,002	0,980	0,011	0,879
1	-0,018	0,801	0,057	0,409	-0,041	0,554	-0,126	0,069	-0,078	0,260	-0,015	0,826
2	-0,007	0,916	-0,087	0,214	-0,022	0,752	0,050	0,473	0,002	0,983	-0,035	0,616

b) Defunciones por enfermedades cardiovasculares de hombres (xy).

lag	TMAX		TMAXMAX		TMIN		TMINMIN		HUMRELATIVA		HUMRELATIVA MAX	
	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor
0	0,160	0,020	0,108	0,118	0,139	0,044	0,139	0,044	0,273	0,000	0,020	0,774
1	0,062	0,372	0,046	0,505	-0,068	0,330	-0,038	0,589	0,286	0,000	-0,019	0,787
2	0,078	0,262	0,013	0,849	-0,106	0,127	-0,124	0,074	0,293	0,000	-0,013	0,849

c) Defunciones por enfermedades cardiovasculares de mujeres (xx).

lag	TMAX		TMAXMAX		TMIN		TMINMIN		HUMRELATIVA		HUMRELATIVA MAX	
	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor
0	0,162	0,018	0,026	0,709	-0,010	0,887	0,103	0,137	0,344	0,000	0,049	0,481
1	0,177	0,010	0,075	0,279	0,022	0,753	-0,155	0,025	0,260	0,000	-0,041	0,557
2	0,079	0,257	-0,023	0,739	0,052	0,459	0,212	0,002	0,259	0,000	-0,025	0,719

d) Defunciones por enfermedades cardiovasculares en el rango de edad 0-14 años

lag	TMAX		TMAXMAX		TMIN		TMINMIN		HUMRELATIVA		HUMRELATIVA MAX	
	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor
0	0,030	0,662	0,013	0,856	0,052	0,458	0,068	0,324	0,107	0,121	-0,064	0,358
1	-0,082	0,236	-0,106	0,128	-0,005	0,943	-0,010	0,883	0,157	0,023	0,090	0,193
2	-0,026	0,710	-0,021	0,766	-0,104	0,136	-0,137	0,049	0,131	0,059	0,024	0,732

e) Defunciones por enfermedades cardiovasculares en el rango de edad 15-34 años

lag	TMAX		TMAXMAX		TMIN		TMINMIN		HUMRELATIVA		HUMRELATIVA MAX	
	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor
0	0,204	0,003	0,115	0,095	-0,014	0,844	-0,003	0,968	0,058	0,402	-0,072	0,299
1	0,145	0,036	0,090	0,193	0,066	0,342	0,073	0,292	0,059	0,396	0,014	0,842
2	0,118	0,089	0,152	0,028	-0,152	0,029	-0,137	0,049	0,071	0,306	-0,054	0,436

f) Defunciones por enfermedades cardiovasculares en el rango de edad 35-64 años

lag	TMAX		TMAXMAX		TMIN		TMINMIN		HUMRELATIVA		HUMRELATIVA MAX	
	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor
0	0,219	0,001	0,187	0,006	0,125	0,071	0,042	0,544	0,206	0,003	0,106	0,125
1	0,213	0,002	0,195	0,005	-0,026	0,707	-0,028	0,690	0,125	0,070	-0,084	0,228
2	0,218	0,001	0,121	0,081	-0,054	0,440	-0,046	0,511	0,139	0,045	-0,038	0,583

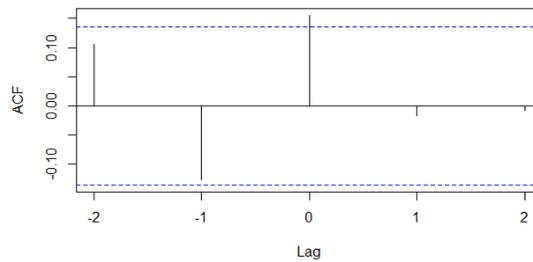
g) Defunciones por enfermedades cardiovasculares en el rango de edad > de 65 años

lag	TMAX		TMAXMAX		TMIN		TMINMIN		HUMRELATIVA		HUMRELATIVA MAX	
	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor	Corr.	P.valor
0	0,094	0,175	0,000	0,995	0,048	0,488	0,175	0,011	-0,038	0,585	-0,028	0,686
1	0,011	0,870	0,057	0,409	-0,043	0,533	-0,143	0,039	-0,029	0,678	0,017	0,803
2	-0,080	0,253	-0,077	0,268	0,041	0,557	0,121	0,082	0,052	0,459	-0,013	0,855

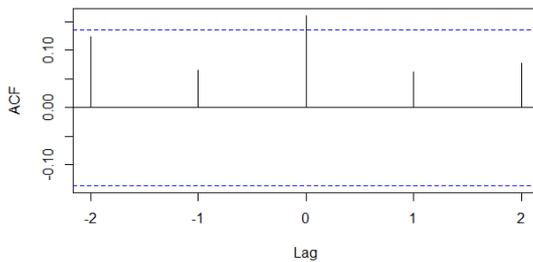
Anexo 2. Croscorelogramas entre las variables meteorológicas: temperatura máxima, temperatura máxima semanal (llamada temperatura máxima-máxima), temperatura mínima, temperatura mínima semanal (llamada temperatura mínima-mínima), humedad relativa y humedad relativa máxima semanal (llamada humedad máxima) y los registros de defunciones por enfermedades cardiovasculares. Se consideran solo los lags positivos y el retardo es de 2 semanas o 14 días.

1. Temperatura máxima:

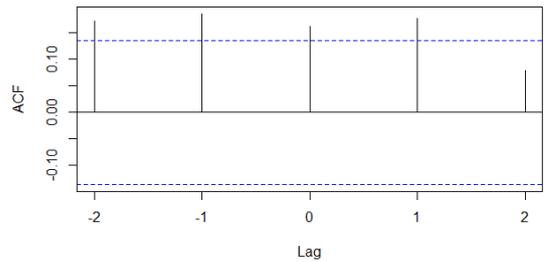
a) Defunciones por enfermedades cardiovasculares



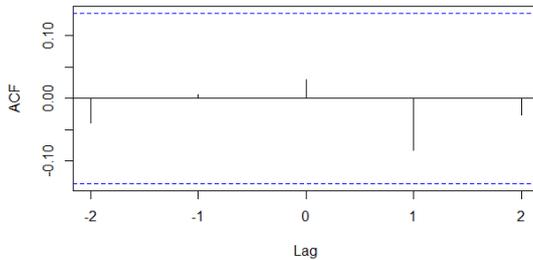
b) Defunciones de hombres (xy)



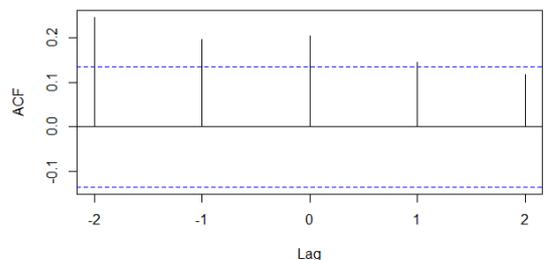
c) Defunciones de mujeres (xx)



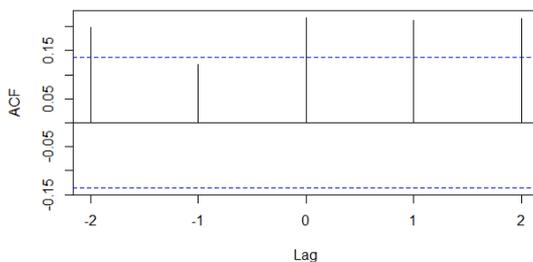
d) Defunciones por rango de edad 0-14



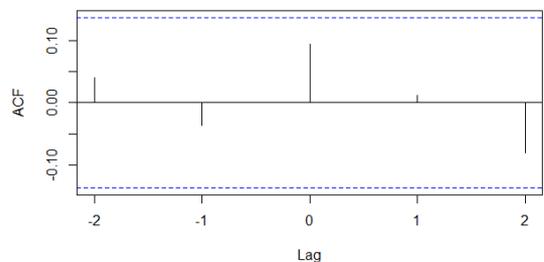
e) Defunciones por rango de edad 15-34



f) Defunciones por rango de edad 35-64

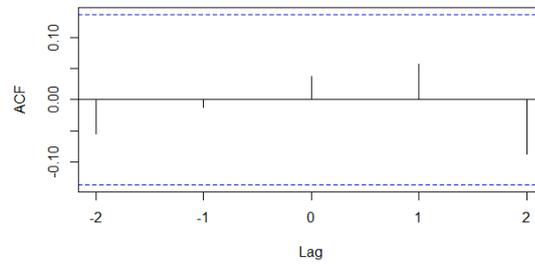


g) Defunciones por rango de edad > 65

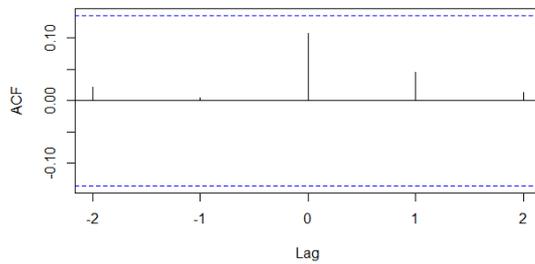


2. Temperatura máxima-máxima

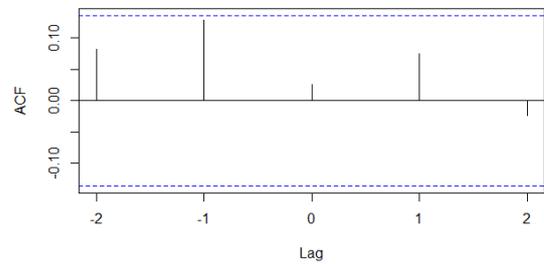
a) Defunciones por enfermedades cardiovasculares



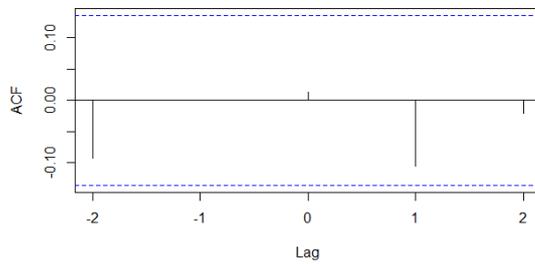
b) Defunciones de hombres (xy)



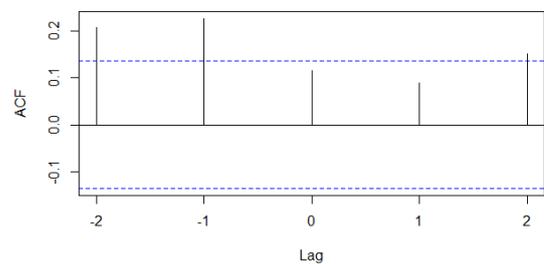
c) Defunciones de mujeres (xx)



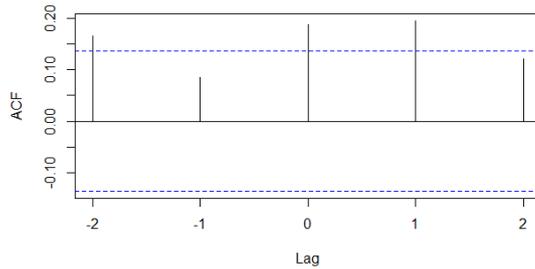
d) Defunciones por rango de edad 0-14



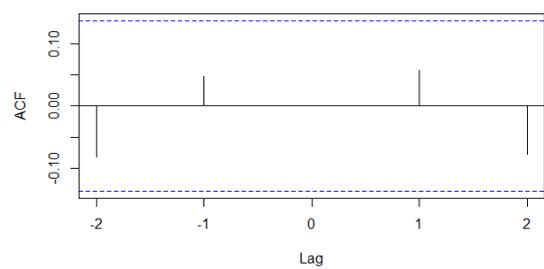
e) Defunciones por rango de edad 15-34



f) Defunciones por rango de edad 35-64

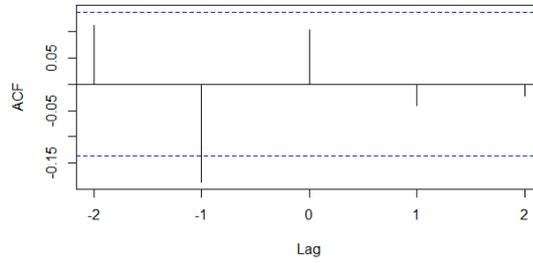


g) Defunciones por rango de edad > 65

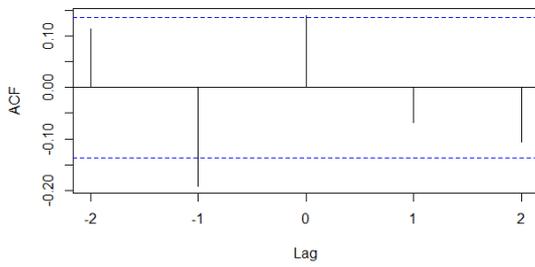


3. Temperatura mínima

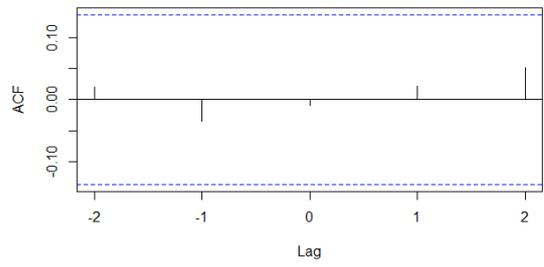
b) Defunciones por enfermedades cardiovasculares



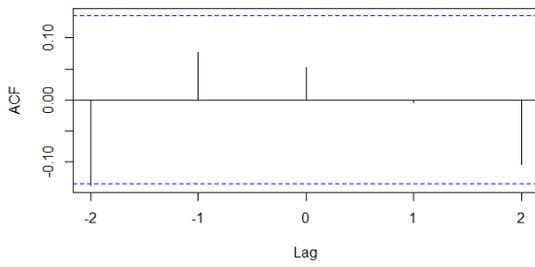
b) Defunciones de hombres (xy)



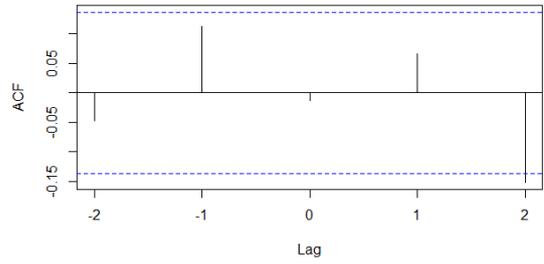
c) Defunciones de mujeres (xx)



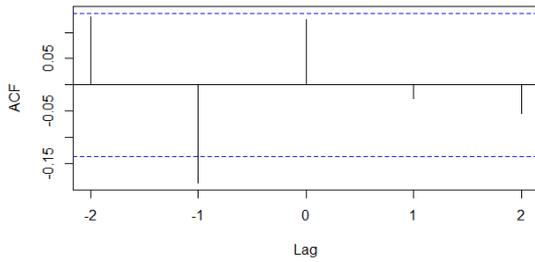
d) Defunciones por rango de edad 0-14



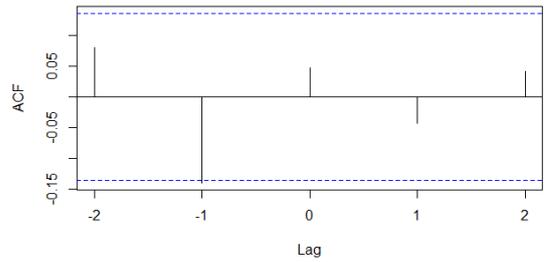
e) Defunciones por rango de edad 15-34



f) Defunciones por rango de edad 35-64

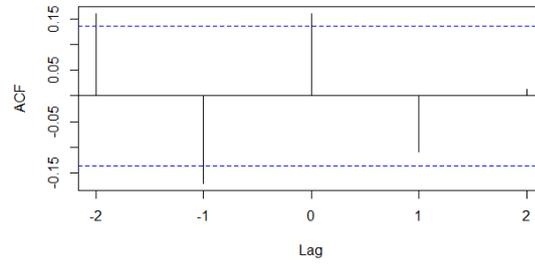


g) Defunciones por rango de edad > 65

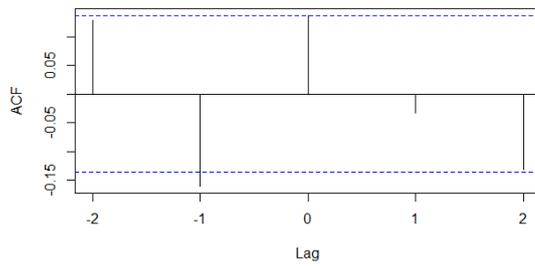


4. Temperatura mínima-mínima

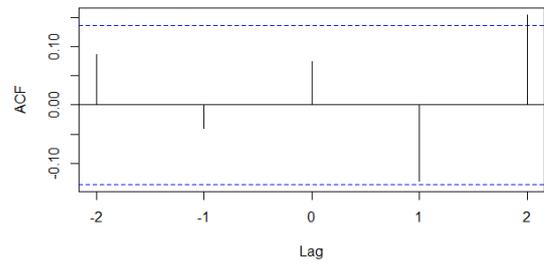
c) Defunciones por enfermedades cardiovasculares



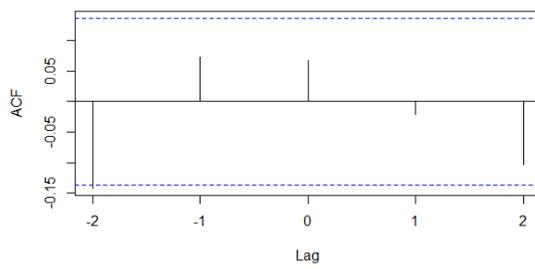
b) Defunciones de hombres (xy)



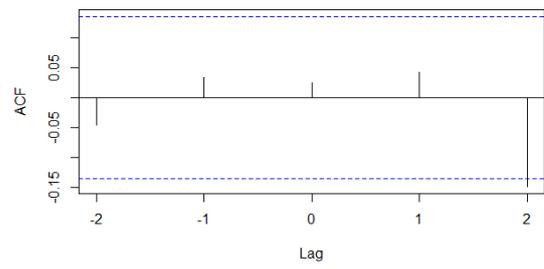
c) Defunciones de mujeres (xx)



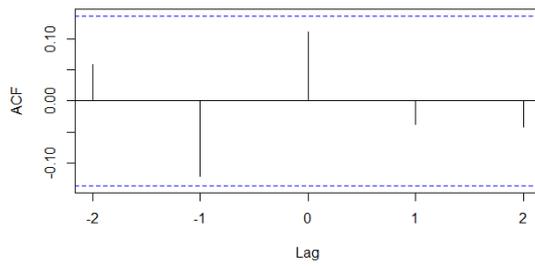
d) Defunciones por rango de edad 0-14



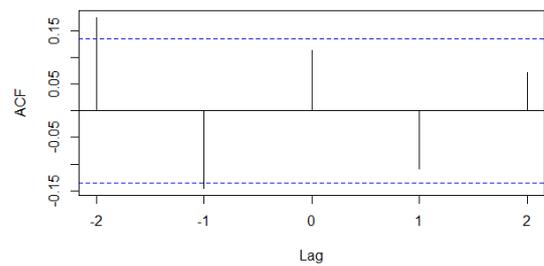
e) Defunciones por rango de edad 15-34



f) Defunciones por rango de edad 35-64

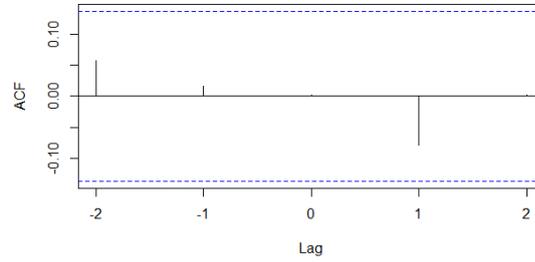


g) Defunciones por rango de edad > 65

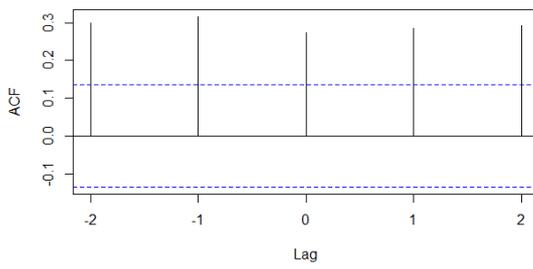


5. Humedad relativa

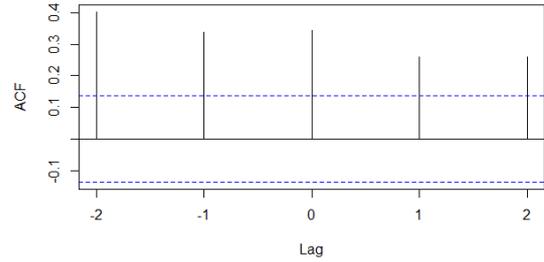
d) Defunciones por enfermedades cardiovasculares



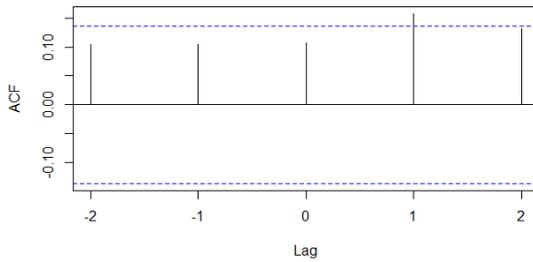
b) Defunciones de hombres (xy)



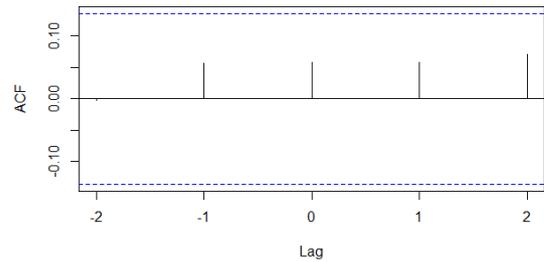
c) Defunciones de mujeres (xx)



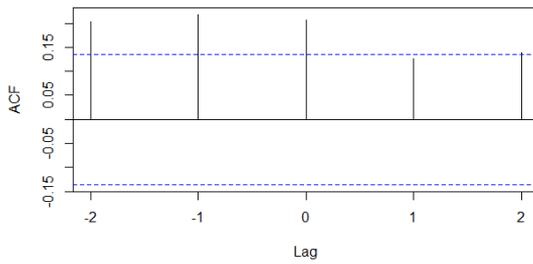
d) Defunciones por rango de edad 0-14



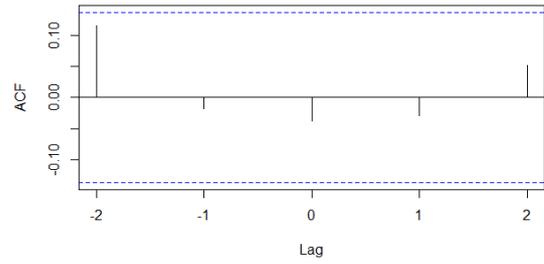
e) Defunciones por rango de edad 15-34



f) Defunciones por rango de edad 35-64

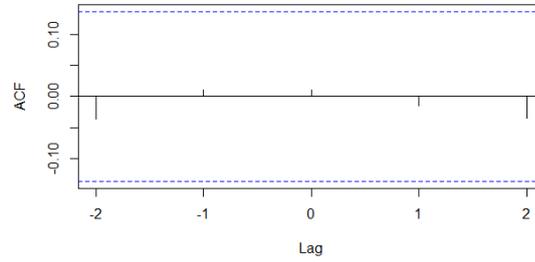


g) Defunciones por rango de edad > 65

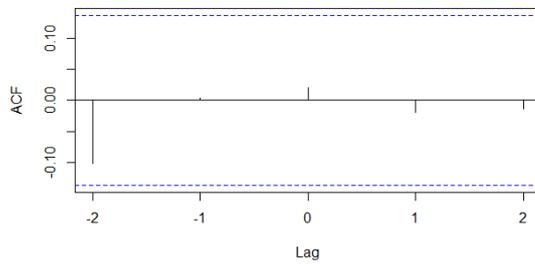


6. Humedad relativa máxima

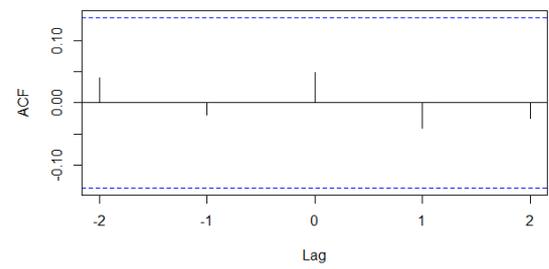
e) Defunciones por enfermedades cardiovasculares



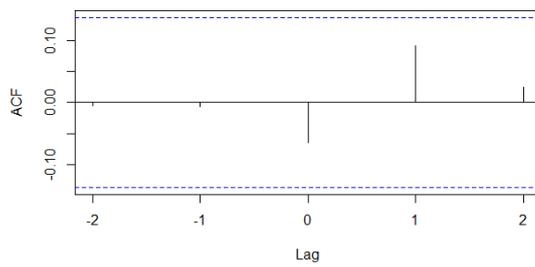
b) Defunciones de hombres (xy)



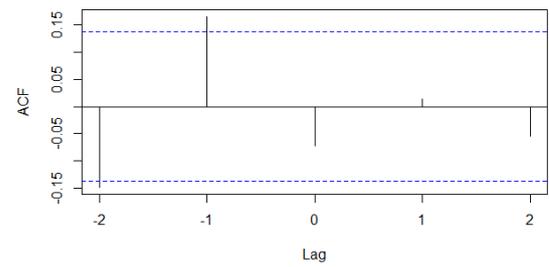
c) Defunciones de mujeres (xx)



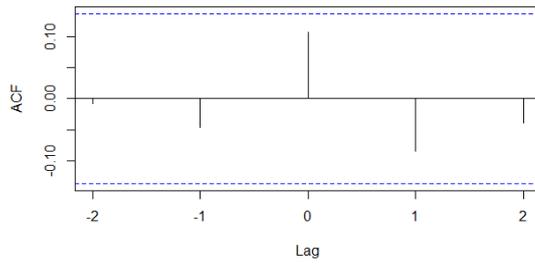
d) Defunciones por rango de edad 0-14



e) Defunciones por rango de edad 15-34



f) Defunciones por rango de edad 35-64



g) Defunciones por rango de edad > 65

