



Universidad de Concepción



FACULTAD DE CIENCIAS
AMBIENTALES

EVALUACIÓN DEL RIESGO PARA LA SALUD DE LA
POBLACIÓN DURANTE EPISODIOS DE OLA DE CALOR, EN
SANTIAGO, EL BOSQUE Y CERRO NAVIA PARA EL PERIODO
DE ESTUDIO 2011-2016.

Habilitación presentada para optar al título de
Ingeniero Ambiental

VALENTINA ANDREA ORTIZ SALGADO

Profesor Guía: Dra. Patricia González Sánchez
Profesora Co-Guía: Dra. Ana María Moraga Palacios
Profesor Co-Guía: Camilo Manríquez Vidal
Comisión: Dr. Octavio Rojas Vilches

Concepción, Chile
2019

“Evaluación del Riesgo para la salud de la población durante olas de calor, en Santiago, El Bosque, Cerro Navia, para el periodo de estudio 2011-2016”.

PROFESOR GUÍA: Dra. PATRICIA GONZÁLEZ SÁNCHEZ

PROFESOR CO-GUÍA: Dra. ANA MORAGA PALACIOS

PROFESOR CO-GUÍA: Mg. (c) CAMILO MANRÍQUEZ VIDAL

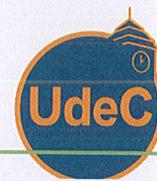
PROFESOR COMISIÓN: Dr. OCTAVIO ROJAS VILCHES

CONCEPTO: APROBADO CON DISTINCIÓN MÁXIMA

Conceptos que se indica en el Título

- ✓ Aprobado por Unanimidad : (En Escala de 4,0 a 4,9)
- ✓ Aprobado con Distinción (En Escala de 5,0 a 5,6)
- ✓ Aprobado con Distinción Máxima (En Escala de 5,7 a 7,0)

Concepción, diciembre 2018



100 AÑOS
DE
DESARROLLO
LIBRE DEL
ESPIRITU

ÍNDICE GENERAL

Índice de Tablas	iv
Índice de Figuras	vi
Agradecimientos.....	vii
Resumen	viii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo General.	3
1.2 Objetivos Específicos.	3
2. ANTECEDENTES	4
2.1 Cambio Climático.....	4
2.1.1 Eventos extremos, Olas de Calor.....	5
2.1.2 Olas de Calor en el mundo.....	5
2.2 Olas de calor y su relación con la Salud Pública.	7
2.2.1 Mecanismo de acción.....	8
2.2.2 Grupos de riesgo y agravantes	9
2.2.3 Olas de Calor y Salud	10
2.2.4 Evidencia Internacional	12
2.3 Situación en Chile.....	14
2.3.1 Aumento en la temperatura.....	15
2.3.2 Eventos de calor extremos.....	16
2.3.3 Salud en Chile	19

2.3.4 Ciudad de Santiago.....	23
3. MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1 Metodología	26
3.2 Diseño del estudio	27
3.3 Análisis exploratorio y levantamiento de información	27
3.4 Selección de área de estudio y variables a utilizar	29
3.4.1 Definición de variables	30
3.5 Análisis estadístico	32
3.5.1 Análisis preliminar	32
3.5.2 Imputación de datos	32
3.5.3 Análisis descriptivo.....	32
3.5.4 Generación de modelos	32
3.5.5 Variables de ajuste.....	33
3.5.6 Selección de modelos	34
3.5.7 Análisis de los datos.....	34
4. RESULTADOS.....	36
4.1 Caracterización de la zona de estudio.....	36
4.2 Análisis de los Eventos de Calor.....	41
4.2.1 Análisis de Olas de Calor	41
4.2.2 Análisis de Días Cálidos.....	45
4.3 Análisis de variables ambientales y meteorológicas.....	46
4.3.1 Análisis MP10 – periodo cálido.....	46

4.3.2	Análisis MP2.5 – periodo cálido.....	47
4.3.3	Análisis Ozono – periodo cálido.....	48
4.4	Análisis de Mortalidad y Morbilidad.....	48
4.4.1	Estadísticas de mortalidad	48
4.4.2	Estadísticas de morbilidad	52
4.5	Análisis Integrado	56
4.5.1	Observación previa de las variables	56
4.5.2	Desarrollo de modelos de mortalidad.....	57
4.5.2.1	Modelos de mortalidad – periodo total.....	59
4.5.2.2	Modelos de mortalidad – periodo cálido.....	60
4.5.3	Desarrollo de modelos de morbilidad.....	63
4.5.3.1	Modelos de morbilidad – periodo total.....	64
4.5.3.2	Modelos de morbilidad – periodo cálido.....	65
5.	DISCUSIONES.....	67
6.	CONCLUSIONES.....	71
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
8.	ANEXOS	81

Índice de Tablas

Tabla 1. Estudios realizados y los criterios utilizados para definir Olas de Calor....	6
Tabla 2: Mortalidad atribuida a veranos calurosos o periodos con olas de calor..	13
Tabla 3: Temperaturas umbrales para Santiago Metropolitano.	16
Tabla 4: Datos perdidos en las estaciones de calidad de aire en la Región Metropolitana para el periodo 2011-2017.....	28
Tabla 5: Variables ambientales y meteorológicas utilizadas en el estudio.....	30
Tabla 6: Grupos y subgrupos del CIE-10 utilizados en el estudio.....	31
Tabla 7: Distribución de la población de Santiago	36
Tabla 8: Distribución de la población de Cerro Navia	37
Tabla 9: Distribución de la población de El Bosque	38
Tabla 10: Hacinamiento y servicios básicos	39
Tabla 11: Establecimientos de Salud para las 3 comunas.....	40
Tabla 12: Olas de Calor en Comuna de Santiago, años 2011 al 2017.	41
Tabla 13: Olas de Calor en Comuna de El Bosque, años 2011-2016.....	42
Tabla 14: Olas de Calor en Comuna de Cerro Navia, años 2011-2016.....	43
Tabla 15: Fechas de las Olas de Calor en las 3 comunas bajo estudio.	44
Tabla 16: Cantidad de Días Cálidos (DC) por temporada para cada comuna.	46
Tabla 17: Estadísticas MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$), para los meses cálidos.....	47
Tabla 18: Estadísticas de MP2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) para los meses cálidos.....	47
Tabla 19: Estadísticas de O3 (ppb) para los meses cálidos.	48
Tabla 20: Número y porcentaje de fallecidos por cada causa bajo estudio, en las comunas de Santiago, Cerro Navia y El Bosque.....	50
Tabla 21: Porcentaje de fallecidos diferenciados por grupo etario, y causa de ingreso para cada comuna.	51
Tabla 22: Número y porcentaje de ingresos hospitalarios en las 3 comunas.	54
Tabla 23: Porcentaje de ingresos hospitalarios diferenciados por grupo etario, y causa de ingreso para cada comuna.	55
Tabla 24: Variables de mortalidad	58

Tabla 25: Variables de calidad del aire.	58
Tabla 26: Variables de meteorología.	59
Tabla 27: Variables de tendencia y estacionalidad	59
Tabla 28: Riesgo relativo asociado a días cálidos, periodo total.	60
Tabla 29: Riesgo Relativo asociado a DC en las comunas, periodo cálido.	61
Tabla 30: Riesgo Relativo asociado a OC en las comunas, periodo cálido.	62
Tabla 31: Variables de morbilidad	64
Tabla 32: Riesgo relativo asociado a los Días Cálidos en la comuna de Santiago, periodo total.....	65
Tabla 33: Riesgo relativo asociado a DC en las 3 comunas, periodo cálido.....	66

Índice de Figuras

Figura 1. Diagrama causa-efecto de las olas de calor y su impacto en salud pública.	10
Figura 2: Olas de calor registradas durante el verano 2016-2017.	17
Figura 3. Olas de Calor en Santiago, por año 1961-2015.	19
Figura 4: Declaración de enfermedades diagnosticadas.....	20
Figura 5: Riesgo cardiovascular según sexo, edad y años de estudio cursados ENS 2016-2017	21
Figura 6: Diagrama general de la metodología a utilizar.	26
Figura 7. Zona de Estudio	29
Figura 8: Distribución de la población de Santiago por sexo y edad.	377
Figura 9: Distribución de la población de Cerro Navia por sexo y edad.	388
Figura 10: Distribución de la población de El Bosque por sexo y edad.	399
Figura 11: Ingresos Hospitalarios Santiago Centro, verano 2014-2015.	566
Figura 12: Defunciones Santiago Centro, verano 2014-2015.....	577

AGRADECIMIENTOS

En general, quiero agradecer a todas las personas que estuvieron apoyándome a lo largo de estos años de estudios. Agradezco la oportunidad de haber conocido gente tan linda y de haber tenido tiempo para realizar varias actividades en mi vida universitaria.

A los amigos de EJE San Ignacio y al movimiento en general, que conocí a comienzos del 2012, y con quienes compartí momentos muy lindos. A los amigos del baile, con quienes compartimos escenario y presentaciones y en dónde conocí a Isabella, la mejor dentista amiga del mundo y, además, compartí más tiempo con Javy, mi “veciamiga”, compañera de U y amiga de la hora del té.

También, quiero agradecer a mis amigos de la Universidad, Adrián, Mario, con los cuales compartí a lo largo de estos años y que me brindaron apoyo en distintos momentos. Nicolás, mi consejero personal, hermano de la vida y a Ivonne, mi hermana de tesis y de carrera en general, nos conocimos cuando íbamos en mitad del camino, nos dimos fuerzas mutuamente, infinitas veces, para poder culminar esta etapa. A los profesores y auxiliares que siempre me brindaron apoyo, facilidades y palabras de ánimo para finalizar la carrera. Especialmente al profesor Camilo Manríquez, que llegó a salvar mi tesis con su estadística.

A mi familia, a mi madre y a mi hermano que siempre creyeron en mí y me apoyaron en todo momento, a mi padre que, desde el cielo, estoy segura siempre me ha ayudado con su ayuda divina. Y a mi novio Álvaro, mi compañero de vida, mi amigo, quien me ha apoyado y ayudado a culminar esta etapa.

A todos ellos y muchos más que no alcancé a nombrar, infinitas gracias.

*“Sigue teniendo fe y esperanza, en que el mañana va a cambiar
Éste desierto se transformará, paraíso es lo que pronto será,
Abre tu corazón, la magia y el amor...son verdad”.*

Adrián Barba.

RESUMEN

Los eventos de calor extremo, Olas de Calor (OC), son cada vez más frecuentes e intensos en el mundo, debido a la acción del cambio climático. En Chile, también se ha visto el aumento en su frecuencia e intensidad, situación preocupante, considerando la vulnerabilidad del país frente al cambio climático, debido a su diversa geografía de norte a sur como de este a oeste. Las OC, se definen en el país, como 3 días consecutivos en los cuales se supera una temperatura umbral, es obtenida a través del percentil 90 de la serie de temperaturas de un lugar, en el periodo comprendido entre noviembre y marzo del año siguiente.

En este estudio se analizó el efecto que estos eventos y los días cálidos, generan en la morbilidad y mortalidad de la población, variables medidas a través de los ingresos hospitalarios diarios y las defunciones diarias, ambas obtenidas del DEIS. Se determinaron las olas de calor y cantidad de días cálidos ocurridos entre 2011 y 2016 en tres comunas de la región metropolitana: Santiago, Cerro Navia y El Bosque, a través de datos obtenidos de las estaciones del SINCA.

Como principales resultados, se encontró un riesgo para la población de Santiago ($RR=2,8 [1,07-7,27]$), de morir por causas respiratorias (personas entre 24 y 65 años de edad), atribuyéndose un 64,1% de los fallecidos en el periodo, a los eventos de olas de calor. De igual forma, las olas de calor representan un riesgo en Cerro Navia (en adultos mayores), de morir por causas cardiovasculares ($RR=2,6 [1,13-5,87]$), atribuyéndose un 61,1% de las defunciones a las olas de calor. Estudios similares realizados en España, obtuvieron un RR entre 1,1 y 1,2 para mortalidad diaria por causas naturales en todos los grupos de edad y, para causas respiratorias y cardiovasculares (López-Bueno et al., 2019; Díaz J., 2015). Respecto a los ingresos hospitalarios, no mostraron relación con las Olas de Calor, sin embargo, se encontraron riesgos entre 1,04 y 1,20 de hospitalizarse por causas cardiovasculares y todas las causas, en un día cálido.

Sin lugar a dudas existen otras variables que pudiesen afectar en estas relaciones, como lo son: el nivel socioeconómico, la calidad de las viviendas, el fenómeno de Islas de Calor Urbanas y la contaminación atmosférica, entre otras, las cuales

debiesen ser estudiadas a profundidad en estudios futuros, a razón de gestionar los riesgos y prevenir que Olas de Calor más fuertes e intensas puedan generar mayor impacto en la población.

1. INTRODUCCIÓN

En el último tiempo, se han evidenciado los efectos del Cambio Climático, alterando patrones meteorológicos conocidos y provocando, entre otras cosas, un aumento de las temperaturas medias globales e incrementando la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos. Uno de ellos, son los eventos de calor extremo, más conocidos como Olas u Ondas de Calor (OC) (IPCC, 2018).

Los eventos climáticos extremos, como, olas de calor, lluvias fuertes, sequía y otros acontecimientos asociados como incendios forestales e inundaciones, entre otros, traen consigo riesgos e impactos para la salud, calidad de vida de las personas, bienes, infraestructuras y ecosistemas, alterando tanto los sistemas humanos como los sistemas ambientales (IPCC, 2018). Las OC en particular, pueden generar un aumento en la morbimortalidad de la población, provocando un estrés importante en la salud pública (Berberiana G. y Rosanova M., 2012). Estos efectos, pueden ser agravados por el fenómeno conocido como “Isla de Calor Urbanas” que ocurre en las ciudades, o por otros eventos como sequías, incendios u inundaciones (IPCC, 2018).

Este tema es bastante estudiado en el hemisferio norte, producto de los dos grandes eventos de OC que ocurrieron en los años 2003 y 2010, en Europa y en Rusia, respectivamente. Ambos sucesos, provocaron consecuencias importantes en diversas áreas, especialmente en salud, dónde las tasas de mortalidad y morbilidad se vieron aumentadas de manera significativa. En el evento del 2003, se estima que, en Francia, se alcanzó un incremento del 60% de las muertes, equivalente a 14.802 muertes, en Reino Unido 2.045 y en Portugal 2.099 muertes (Kovats S. & Evi K., 2006; WHO, 2004).

Los riesgos que estos eventos revisten para la salud de la población, se han calculado en estudios realizados en otros países. En España, por ejemplo, se encontró que el mayor riesgo relativo de morir se produce en la Comunidad

Autonoma de Navarra con un RR= 1,20 [1,13-1,25], además, el RR de morir por causas naturales en todos los grupos de edad, en España corresponde a 1,11 [1,10-1,12] (Díaz J., Carmona R., Linares C., 2015). El RR de hospitalización, por causas cardiovasculares obtenido en un meta análisis de literatura previa, mostró un aumento de 2,8% en las hospitalizaciones (RR=1,022), para la exposición a Olas de Calor (Dung P et al., 2016).

Varios estudios, muestran la relación entre el aumento de las temperaturas y las consecuencias que esto provoca en la salud de las personas. Por esta razón, se han creado instrumentos para enfrentar de mejor forma las Olas de Calor y, mitigar sus impactos a través de planes de vigilancia y control, planes de alerta y, diversos mecanismos de respuesta frente a estos eventos.

En Chile, las Olas de Calor, son registradas y estudiadas por la Dirección Meteorológica de Chile (DMC). También, han sido consideradas en los últimos Reportes del Estado del Medio Ambiente, debido a que son eventos cada vez más frecuentes. Sin embargo, aún no se ha investigado el riesgo en la salud, que estos eventos podrían generar.

En este contexto, el presente estudio apunta a conocer la situación en Chile respecto a los eventos de OC y su relación con el número de muertes diarias por causas cardiovasculares y respiratorias, e ingresos hospitalarios de la población, por las mismas causas.

1. 1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General.

Evaluar el riesgo para la salud de la población durante episodios de Ola de Calor, en las comunas de Santiago, El Bosque y Cerro Navia para el periodo de estudio 2011-2016.

1.1.2 Objetivos Específicos.

Los objetivos específicos corresponden a:

1. Describir los eventos de Olas de Calor ocurridos entre 2011 y 2016 para las comunas bajo estudio.
2. Analizar la información de morbilidad y mortalidad por causas cardiovasculares, respiratorias y todas las causas, en las comunas de estudio.
3. Determinar el riesgo asociado a los episodios de olas de calor y su relación con la morbi-mortalidad en las comunas de estudio.

2. ANTECEDENTES

2.1 Cambio Climático

El Cambio Climático, entendido como una modificación en el estado del clima que persiste durante un periodo de tiempo extendido, es uno de los grandes desafíos que enfrenta el mundo actual. Los efectos del Cambio Climático, se han percibido en todo el globo, alterando patrones climáticos y que repercuten en el medio ambiente y en la sociedad. La mayoría de los cambios observados “no tienen precedentes en las últimas décadas o milenios” (IPCC, 2013) lo que genera incertidumbre a la hora de enfrentar el clima próximo. Sin embargo, los hechos evidenciados y documentados, dan luces de los posibles panoramas futuros.

Según las proyecciones realizadas por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), para finales del siglo XXI, se espera que la temperatura media superficial de la Tierra aumente en 1,5°C respecto a la temperatura promedio entre los años 1850 y 1900, para todos los escenarios propuestos en el 5to Informe del IPCC y que, además, el calentamiento se extenderá más allá del año 2100. En dicho informe, se señala también que el aumento de las temperaturas medias anuales y estacionales en el corto plazo será mayor en los trópicos que en los subtrópicos y que, el calentamiento mostrará una variabilidad interanual y decadal, además, de no ser uniforme en todas las regiones del mundo (IPCC, 2013).

Junto con lo anterior, a consecuencia del cambio climático, se espera un aumento en la frecuencia e intensidad de eventos climatológicos extremos, como huracanes, tornados, sequías, inundaciones y Olas de Calor (IPCC, 2013). Eventos que ya se han evidenciado en partes de Europa, Asia, Australia y Norteamérica (Kovats S., Ebi K., 2006), no así en Sudamérica ni África, en dónde debido a la falta de datos, no se ha comprobado una tendencia al aumento (IPCC, 2013).

2.1.1 Eventos extremos, Olas de Calor.

No existe un consenso mundial, sobre la definición para las Olas de Calor, pero estos eventos se identifican como “días anormalmente e incómodamente calurosos” (IPCC, 2013) y según la Organización Meteorológica Mundial, las OC se entienden como “periodos de tiempo inusualmente calurosos y secos, o calurosos y húmedos, que tienen un inicio y un término sutil y poseen una duración mayor a 2 o 3 días” (WMO, 2015).

Las Olas de Calor ocurren por una combinación de distintos factores, están asociadas con anomalías en la circulación anticiclónica casi estacionaria, lo que, sumado a condiciones preexistentes del suelo y anomalías en la humedad de éste, pueden amplificar o amortiguar los eventos de calor extremo (IPCC, 2013). La temperatura a la cual se considera un periodo “inusualmente caluroso”, es decir, la temperatura a la que se define un evento de OC guarda estricta relación con el clima del lugar de estudio y su ubicación geográfica. Esto quiere decir, que las mismas condiciones meteorológicas que pueden dar lugar a una OC en una zona geográfica, en otro territorio no generan el mismo evento.

Por lo tanto, las OC, han sido definidas considerando las condiciones meteorológicas de los distintos lugares de estudio, a través del uso de variables como la Temperatura ambiente, principalmente Máxima ($T^{\circ}\text{máx}$), pero también se ha utilizado, la temperatura media ($T^{\circ}\text{x}$) y la Humedad Relativa (HR) (WMO, 2015; Díaz J et al., 2002; Huynen M. et al., 2001; Culqui D., 2013; Chen T et al., 2017).

2.1.2 Olas de Calor en el mundo.

Diferentes estudios definen las OC como dos o más días con las temperaturas sobre una Temperatura Umbral. Esta Temperatura Umbral, en algunos casos coincide con el percentil 95 de la serie de temperaturas del lugar en estudio (Culqui D et al., 2013).

Las definiciones y variables utilizadas en la elaboración de algunos estudios revisados se sintetiza en la **Tabla 1**

Tabla 1. Estudios realizados y los criterios utilizados para definir Olas de Calor.

Años	País	Definición ola de calor	Autores	Artículo
1986 - 1997	España- Sevilla	Días con T°máx > valor de inflexión de curva mortalidad/Temperatura (41°C).	Díaz J., et al.	Effects of extremely hot days on people older than 65 years, from 1986 to 1997
1979 - 1997	Holanda	Periodo mayor o igual a 5 días con T°máx > 25°C, que incluyen al menos 3 días con T°máx > 30°C. (Instituto meteorológico Real Holandés).	Huynen M. et al.	The impact of Heat Waves and Cold Spells on Mortality Rates in the Dutch Population
1990 - 2009	España- Madrid	Periodos de 1 o más días donde T°máx > T° umbral de disparo de mortalidad TUD (determinada en 36,5°C).	Culqui D. et al.	Análisis del impacto de las olas de calor sobre la mortalidad durante 1990-2009
1993- 2012	Estados Unidos- Atlanta	Periodos con 2 o más días con T° máximas, mínimas, o medias o aparentes > percentiles 98 de las temperaturas medidas en todas las estaciones de Atlanta, entre 1945 y 2012.	Chen T. et al.	Time-series Analysis of Heat Waves and Emergency Department Visits in Atlanta, 1993 to 2012
1950 - 2005	Australia	Periodo de 3 días. T° aparente promedio > 32°C (T° aparente incluye T°max y Humedad Relativa)	Deo R. et al.	On Australian Heat Waves: Time Series Analysis of Extreme Temperature Events, 1950-2005

Fuente: elaboración propia en base a (Díaz J et al., 2002; Huynen M et al., 2001; Culqui D., 2013; Chen T et al., 2017; Deo R et al., 2007)

Se observa, que la utilización de la variable térmica difiere en los estudios revisados, utilizándose en algunos casos, la Temperatura Máxima y en otros Media o Mínima. Para darle una visión más amplia a la definición de Olas de Calor, es que algunos

investigadores sugieren el uso de la Temperatura Aparente (T_a) como variable térmica, debido a que su propia definición incluye la Temperatura máxima y la Humedad Relativa (Perkins S., Alexander L., 2013; Deo R et al., 2007).

Otro factor que se debe considerar en el estudio de las olas de calor, es el fenómeno de “Isla de Calor Urbana (ICU)”, el cual intensifica los efectos que producen las olas de calor. Las ICU consisten en la acumulación de calor en las ciudades, producto de los materiales de construcción utilizados, compuestos principalmente de hormigón, cemento y asfalto, estos materiales absorben el calor e intensifican la temperatura en el día y retienen calor durante la noche, a diferencia de los entornos rurales (Correa E., Flores S. y Lesino G., 2003).

Los impactos que provoca una ola de calor, se ven reflejados en el comercio, el turismo, la infraestructura, los sistemas de vida y los servicios ecosistémicos, además, de los impactos significativos que pueden provocar en la sociedad, en dónde se encuentra el aumento en las tasas de mortalidad y morbilidad (World Meteorological Organization, 2015). En este contexto, las olas de calor, son consideradas asesinos silenciosos, debido a que no dejan huella que pueda ser recordada como lo hacen otros eventos catastróficos como huracanes o terremotos (Dionisio L., 2012).

2.2 Olas de calor y su relación con la Salud Pública.

Se ha comprobado que las temperaturas extremas del aire contribuyen directamente al aumento en la tasa de mortalidad y morbilidad, cantidad de personas que enferman en un lugar y un período de tiempo, generando hospitalizaciones por enfermedades cardiovasculares y respiratorias sobre todo en adultos mayores (MinSal, Subsecretaría de Salud Pública, 2016; Kovats S et al., 2006; Ballester F et al., 1997; Martínez F et al., 2004).

2.2.1 Mecanismo de acción

El calor tiene su impacto en el mecanismo de termorregulación de las personas, generando una incapacidad para equilibrar las ganancias y pérdidas de calor. La sudoración provocada por las altas temperaturas, sumada a la falta de hidratación, podría ocasionar pérdida de electrolitos y con ello la muerte (World Meteorological Organization, 2015; De Lorenzo A. & Liñao F., 2016).

Los mecanismos de disipación del calor que posee el cuerpo, se ven sobrepasados al estar bajo calor extremo, con lo que aumenta la temperatura central. Los termorreceptores, que se ubican en la piel y órganos, detectan el aumento de temperatura y transmiten la información al centro termorregulador del hipotálamo. A partir de allí, se desencadenan 2 respuestas para aumentar la disipación de calor:

- Vasodilatación cutánea activa, mediante la inhibición de los centros simpáticos, a cargo de la vasoconstricción: La vasodilatación cutánea provoca un aumento del flujo sanguíneo hacia la piel y del gasto cardiaco a costa de otros órganos. El organismo busca transportar el calor desde el núcleo hacia la periferia, lo que produce un estrés en el sistema cardiovascular, el cual es aún mayor al existir patologías previas.
- Sudoración, a través de las vías colinérgicas: A través de la sudoración, un individuo puede perder hasta 2 litros de agua por hora, eliminando junto con ello sodio y potasio, lo que puede conducir a un estrés adicional al sistema cardiovascular, si el volumen plasmático no es restaurado mediante ingesta de fluidos. (MinSal, Subsecretaría de Salud Pública , 2016).

También se ha descubierto que los mecanismos fisiológicos que trabajan compensando la elevada temperatura, termorregulación y circulación sanguínea pueden dañar la función renal (De Lorenzo A. & Liñao F., 2016). Cabe mencionar que las personas mayores de 65 años, tienen una menor capacidad termorreguladora y un umbral de sudor mayor que los jóvenes (Martínez F et al., 2004).

2.2.2 Grupos de riesgo y agravantes

Las características demográficas, sociales y económicas de los individuos, inciden en su riesgo a ser afectados por el calor extremo. Los grupos de mayor riesgo se conforman por niños y adultos mayores, enfermos crónicos (con enfermedades cardiovasculares, respiratorias, renales y diabetes preexistentes). También son grupos de riesgos las personas que viven solas o aislados socialmente, personas discapacitadas o con movilidad reducida, personas con enfermedades mentales o que son incapaces de auto cuidarse (MinSal, Subsecretaría de Salud Pública , 2016; De Lorenzo A. & Liñao D., 2016).

Además, se debe considerar que las temperaturas elevadas, provocan un aumento en los niveles de ozono y otros contaminantes del aire, lo cual puede agravar las enfermedades respiratorias y cardiovasculares preexistentes (MinSal, Subsecretaría de Salud Pública, 2016). A temperaturas mayores de 32°C, se produce un aumento en la producción de ozono troposférico, ocasionando un efecto sinérgico que puede tener repercusiones en la mortalidad de la población. Por otra parte, el Material Particulado puede ser considerado otro agravante para la salud, ya que se ha encontrado que en días con alta concentración de PM10, la mortalidad por olas de calor es mayor. (Luber et al., 2008). Además, los niveles de polen y otros alérgenos también son mayores en días con calor extremo, pudiendo ocasionar cuadros asmáticos (MinSal, Subsecretaría de Salud Pública, 2016), por lo anterior, los efectos sinérgicos de calor intenso y mala calidad del aire pueden aumentar la mortalidad y morbilidad, por lo que es necesario tomar en consideración ambos factores.

Otra condición generadora de riesgo, se produce cuando la humedad, además, de la temperatura son mayores que el promedio para un tiempo específico, alterando las condiciones en las que trabaja el cuerpo humano. Al existir una elevada humedad en el ambiente, disminuye la velocidad de enfriamiento del cuerpo, disminuyendo la evaporación del sudor, provocando así, dificultades en la

termorregulación. Según Luber et al. (2008), son precisamente el calor y la temperatura, las dos condicionantes principales que causan un incremento en la mortalidad.

2.2.3 Olas de Calor y Salud

Se ha identificado que los grupos de interés, para estos estudios son en primera instancia los adultos mayores, seguidos por personas con enfermedades mentales, personas con enfermedades preexistentes y finalmente las personas que realizan actividad física al aire libre en momentos de temperatura ambiente elevada (Semanza et al., 1997).

La **Figura 1** presenta un diagrama de causa- efecto en el cual se presentan los factores de riesgos y el impacto para la salud humana debido a episodios de olas de calor.

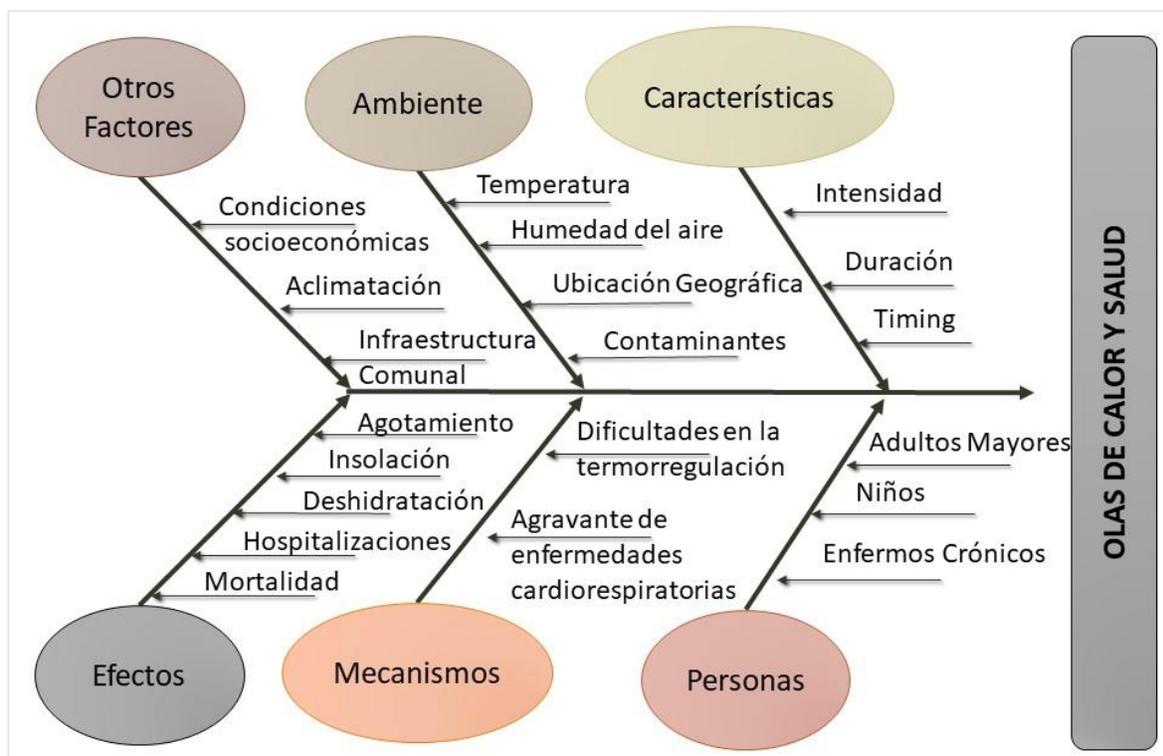


Figura 1. Diagrama causa-efecto de las olas de calor y su impacto en salud pública.

Fuente: elaboración propia en base a (WMO, 2015; Semanza et al., 1997; Luber et al., 2008)

La relación mortalidad-temperatura, guarda dependencia con otros factores, como por ejemplo nivel socioeconómico, demografía de la población bajo estudio, infraestructura, entre otros, que pueden tener un papel crucial en determinar el nivel de riesgo de los individuos ante estos eventos. Los factores relacionados con la salud de los individuos, que pueden modificar el riesgo incluyen: la edad de los individuos, las enfermedades preexistentes (cardiovasculares, neurológicas u obesidad, además, de las personas que consumen medicamentos que alteran el equilibrio de sal en el cuerpo como diuréticos, anticolinérgicos y limitantes de sudoración), condición de inmovilidad o movilidad reducida, enfermedades mentales, aislamiento social (personas que viven solas) y el acceso a información sobre salud, entre otros (WMO, 2015; Semanza et al., 1997).

Además, las características de la ola de calor, ya sea la duración del evento, el timing o el momento en el que ocurre (si la ola de calor se produce al comienzo de la temporada de verano o luego que los individuos ya se encuentran aclimatados), la intensidad del evento (que indica cuánto se elevó la temperatura), o la cantidad de días en que la temperatura mínima se encuentra elevada, también constituyen condiciones que se asocian con la mortalidad (Luber et al., 2008).

El mayor efecto que se puede esperar, es la muerte del individuo; pero, además, se pueden generar otros efectos en la salud de las personas como calambres, desmayos, deshidratación, insolación (Luber G. & Mcgeehin M., 2008; MWO, 2015), además, de problemas cardiovasculares y respiratorios en personas con enfermedades preexistentes (Semanza et al., 1997) generando un aumento en los ingresos hospitalarios por dichas causas (Semanza et al., 1997; Chen T et al., 2017; García-Pina, 2008).

2.2.4 Evidencia Internacional

Los grandes episodios de olas de calor han tenido lugar en Chicago, 1995, en Europa, años 2003 y 2006 y más recientemente en India y Pakistán en 2015 (Quo, 2015). La ola de calor de Chicago, fue analizada en cuanto a la morbilidad, registrándose 1000 admisiones hospitalarias adicionales que incluían principalmente a los adultos mayores con diabetes preexistente, enfermedades respiratorias o desordenes en el sistema nervioso (Semanza et al., 1997). Por otra parte, las olas de calor en Europa, fueron analizadas desde el punto de vista de los excesos de mortalidad, registrándose un incremento en las muertes que va desde 3% hasta un 19% en el periodo de verano desde junio a agosto del 2003. Además, al analizar las olas de calor por separado (días consecutivos en que la temperatura excede el umbral), se encontraron incrementos en muertes de hasta 60%, específicamente en la ola de calor en Francia que duró desde 1 al 20 de agosto del 2003. Los resultados de dichos estudios y otros similares se agrupan en la **Tabla 2**.

Tabla 2: Mortalidad atribuida a veranos calurosos o periodos con olas de calor.

Evento de Ola de calor	Exceso en la mortalidad (Todas las causas, todas las edades)
1981- Portugal	1906 muertes adicionales en Portugal, 406 en Lisbon
1983- Roma, Italia	35% incremento de muertes en Julio 1983 en mayores de 65 años
1987- Atenas, Grecia	Más de 2.000 muertes adicionales durante ola de calor, 21 al 31 de julio.
1991- Portugal	Estimación de 997 muertes adicionales durante ola de calor, 12 al 21 de Julio.
1995- Londres, Reino Unido	23% incremento en muertes (184 muertes adicionales) durante ola de calor, 30 Julio al 3 agosto.
2003- Francia	14.802 muertes adicionales (60% incremento, llegando a 78% en París, Dijon y Poitiers) durante ola de calor, 1 al 20 de agosto.
2003- Holanda	Estimación de 500 muertes adicionales durante ola de calor, 31 Julio al 13 agosto. Entre 1.400 y 2.200 muertes adicionales en el periodo de verano de Junio a Agosto (3-5 incremento).
2003- Suiza	Aprox. 975 muertes adicionales (7% incremento) en periodo Junio a Agosto.
2003- España	Aprox. 3.166 a 4.151 muertes adicionales en periodo de junio a agosto. (entre 8% y 11%). Sin embargo la mortalidad de agosto correspondió a 2.175 muertes (17%).
2003- Portugal	1.317 muertes adicionales (36% incremento) durante ola de calor, 30 Julio, 12 Agosto.
2003- Roma, Italia	944 muertes adicionales (19% incremento) entre Junio y Agosto.
2003- Inglaterra	2.091 muertes adicionales (16% incremento) durante 4 al 13 Agosto.
2006- Europa	Cerca de 2.065 muertes en Francia
2010-Rusia	Cerca de 55.000 muertes, alcanzando 40°C.
2015-India	Sobre 800 muertes , alcanzando 45°C.

Fuente: Adaptado de (Kovats S., Ebi K., 2006); (BMJ, 2015); Fouilet A. et al. (2008). Shaposhnikov D., et al. (2014)

Respecto a estudios de morbilidad, si bien es más compleja de analizar, los estudios ya existentes ayudan a comprender mejor la relación entre olas de calor y los impactos en la salud pública.

- En Murcia, España (2000-2005) el estudio de las urgencias hospitalarias indicó un incremento en un 1,6% en los días en que la Temperatura mínima superó los 22,4 °C (García-Pina, 2008).
- En Atlanta, en Georgia, Estados Unidos (1993- 2012), el estudio de las visitas a urgencias indicó que las fallas por insuficiencia renal y accidentes cerebrovasculares isquémicos presentaron las asociaciones más frecuentes (Chen T, et al., 2017).

En general, existe evidencia que el aumento extremo de la temperatura en periodos cortos es causante de muertes adicionales a las ocurridas bajo temperatura normal, además, de causar un mayor número de visitas a los departamentos de urgencia. Esto pone en jaque al sistema de salud pública, poniendo una presión extra que debe ser prevista con anticipación para que exista capacidad de respuesta de los sistemas públicos en momentos de olas de calor. Además, la implementación de sistemas de alerta temprana, podría ser de gran ayuda a la hora de controlar los riesgos asociados en las poblaciones afectadas (adultos mayores, enfermos crónicos, entre otros) por estos eventos climáticos y poder controlar el incremento de muertes.

2.3 Situación en Chile.

Chile es un país especialmente vulnerable al cambio climático, ya que cumple con la mayoría de los criterios definidos por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Dentro de los dichos criterios, se encuentran la presencia de: zonas forestales y su consecuente deterioro, zonas áridas y semiáridas, zonas propensas a la sequía y zonas con problemas de contaminación atmosférica, entre otras (MMA, 2015; MMA, 2016 a). La gran extensión meridional del país hace que existan diferentes zonas climáticas, desde zonas desérticas hasta climas lluviosos. De este a oeste, la extensión territorial es mucho menor, sin embargo, existe una alta variabilidad topográfica con superficies de hasta 6000 m.s.m., provocando una variabilidad climática azocada a la influencia

del océano y de la masa continental respectivamente. Estas características hacen que el cambio climático sea un tema importante y desafiante para el país, en temas de estudios y proyecciones, ya que los datos de temperatura a largo plazo son limitados y no existe separación entre patrones verticales y meridionales (Falvey M Garreaud R., 2009).

En el 2015, el Ministerio del Medio Ambiente (MMA), elaboró el Plan de Adaptación al Cambio Climático, documento en el cual se muestran las distintas proyecciones esperadas para el país, las cuales dependen de los factores tecnológicos, sociales, económicos, políticas públicas, entre otros, que enfrente el país en un futuro. El documento, establece que el aumento de la temperatura ocurrirá en todo el territorio nacional, “con un gradiente de mayor a menor de norte a sur y de cordillera a océano” (MMA, 2015). Se esperan aumentos de temperatura entre 0,5 °C en la zona sur y 1,5 °C en la zona norte para el 2030 y aumentos mayores entre 2031 y 2050, además, de señalar que los eventos de calor extremo serán más frecuentes e intensos (MMA, 2015).

La ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos como los asociados al fenómeno del ENSO (El Niño- Oscilación del Sur) puede generar un aumento de enfermedades infecciosas, mentales, alérgicas, entre otras (MMA, 2015). Generando de esta manera, un posible aumento en los factores de riesgo que componen la relación entre mortalidad olas de calor.

2.3.1 Aumento en la temperatura.

El aumento de las temperaturas en el país, se ha evidenciado desde el año 1933 con tasas de calentamiento desde +0,14 °C a +0,38 °C por década, principalmente en estaciones ubicadas en la zona norte de Chile (CONAMA, 2006). Sin embargo, en las zonas costeras del Centro y Norte del país, existe una tendencia al enfriamiento con un promedio de -0,2 °C por década, lo que contrasta con la tendencia en zonas cordilleranas con un aumento de +0,25 °C por década (Falvey M., Garreaud R., 2009).

Lo anterior demuestra la variabilidad que enfrenta el país y la influencia que la localización geográfica tiene en los efectos que provoca el cambio climático. Pese a que las proyecciones indican un calentamiento generalizado, es probable que el cambio climático intensifique los efectos del Anticiclón del Pacífico Sur, ayudando a mantener las zonas costeras más frescas (Falvey M., Garreaud R., 2009).

En general, diferentes estudios demuestran el aumento de las temperaturas tanto media como mínima en el País y establecen proyecciones de un panorama de calentamiento en el país para finales del Siglo XXI (Villarroel C., 2013; DGF: Universidad de Chile, 2006; MMA, 2015). Este cambio será más acentuado en regiones andinas y disminuirá de norte a sur (DGF: Universidad de Chile, 2006).

2.3.2 Eventos de calor extremos.

En Chile, los eventos de calor extremo, conocidos como Olas de Calor (OC), se definen a través de la siguiente metodología, propuesta y utilizada por la Dirección Meteorológica de Chile (DMC): “Ola de Calor: cuando la temperatura máxima es igual o mayor al percentil 90, por tres días consecutivos o más, en el periodo comprendido entre noviembre y marzo del año siguiente. El cálculo del percentil 90, se obtiene de la serie de temperaturas máximas diarias en el periodo climatológico 1981-2010, estableciéndose un umbral crítico de temperatura mensual, obtenido del valor de la media móvil de 15 días” (MMA, 2017 b). En el Apartado anexos se puede apreciar una tabla con las temperaturas umbrales de varias ciudades de Chile y en la **Tabla 3**

Tabla 3: Temperaturas umbrales para Santiago Metropolitano.

<i>Mes</i>	<i>Temperatura Umbral (°C)</i>
<i>Noviembre</i>	30,2
<i>Diciembre</i>	31,9
<i>Enero</i>	32,5
<i>Febrero</i>	32,0
<i>Marzo</i>	30,6

Fuente: obtenido de (Dirección Meteorológica de Chile, 2018)

Se han observado aumentos en la frecuencia de estos eventos, registrándose más de 70 eventos en la zona central del país en la última década (Vilches C. y Villarroel C., 2017), generándose un incremento 2 a 3 eventos por temporada en la zona Centro-sur del país, en comparación con la mitad del Siglo XX (DMC, 2017). En el apartado de anexos, se puede observar la tendencia al aumento de OC desde 1961 al 2017.

Durante el año 2015, se generó un record histórico de 7 eventos en Curicó (MMA, 2016 c) y 4 eventos en Santiago (Dirección Meteorológica de Chile, 2016). Durante el verano 2016-2017, se registraron 5 eventos de OC en las ciudades de Santiago, Cabildo y Llaillay (Figura 2) seguidas por Antofagasta, Curicó, Salamanca, San Felipe y Rancagua, con 4 eventos (Dirección meteorológica de Chile, 2017b). Enero del 2017, fue un mes con intensas y extensas olas de calor registrándose eventos con una duración de 17 días (Curicó) y 14 días (Antofagasta), (Dirección Meteorológica de Chile, 2017c), lo que indica una mayor magnitud en estos eventos, en el último verano.



Figura 2: Olas de calor registradas durante el verano 2016-2017.
Fuente: Extraído de (Dirección meteorológica de Chile, 2017b)

El estudio titulado “Olas de Calor en Chile”, elaborado por Vilches y Villarroel (2017), señala que, en las mayorías de las zonas del país, la década 2007-2016 ha sido la más cálida, a excepción de la zona norte costa (ZNc), que muestra una fuerte relación con los eventos de El Niño. Además, destaca que en la zona centro sur y austral se infiere que los eventos de OC, serán cada vez más frecuentes e intensos.

Por otra parte, el análisis de tendencias de las OC, indica tendencias negativas en estaciones de la zona Norte, en Valparaíso y Concepción y tendencias positivas para el resto del país, “se destaca Temuco con un incremento de 1 evento más por cada 20 años, valor considerado significativo puesto que contempla 3 o más días por sobre un umbral crítico”. Finalmente, el estudio destaca que las tendencias más significativas, se observan en los meses de verano, principalmente el mes de febrero (Vilches C. y Villarroel C., 2017).

Las Olas de Calor que se han visto, ocurren principalmente en Chile Central, afectando en mayor medida a localidades ubicadas en la depresión intermedia. Un estudio que actualmente está realizando Jacques, investigador de la Universidad de Concepción, entrega luces de las posibles causas de la ocurrencia de éstos eventos. Asegura que el aumento de las temperaturas está asociado con circulaciones de gran escala, provenientes del pacífico sur. Es así, como señala que perturbaciones en la Osilación Intraestacional de Madden Julian (MJO), podrían ser un precursor para estos eventos, produciendo condiciones climáticas secas y cálidas conocidas como vientos fohn y aumento en la radiación solar. Jacques identificó 191 olas de calor entre los años 1872 y 2010 y encontró que el 40 de las olas de calor, presentan una señal MJO activa en el día de inicio de la ola de calor, según indica en los resultados preliminares del estudio (Jacques M., 2017). Actualmente el investigador, está trabajando en la capacidad de predicción de estos eventos.

Para la ciudad de Santiago, la temperatura a la que se registra una ola de calor es de 32,4°C (MMA, 2017 a) . En la **Figura 3** se observa la tendencia en Olas de Calor para Santiago. Si bien, el año 2015 no se caracterizó por un aumento en las Olas de Calor, la ciudad enfrentó una de las olas de calor, más extensas que ha ocurrido, con una duración de 14 días y temperaturas que alcanzaron los 34 °C en el mes de marzo (Vilches C. y Villarroel C., 2017)

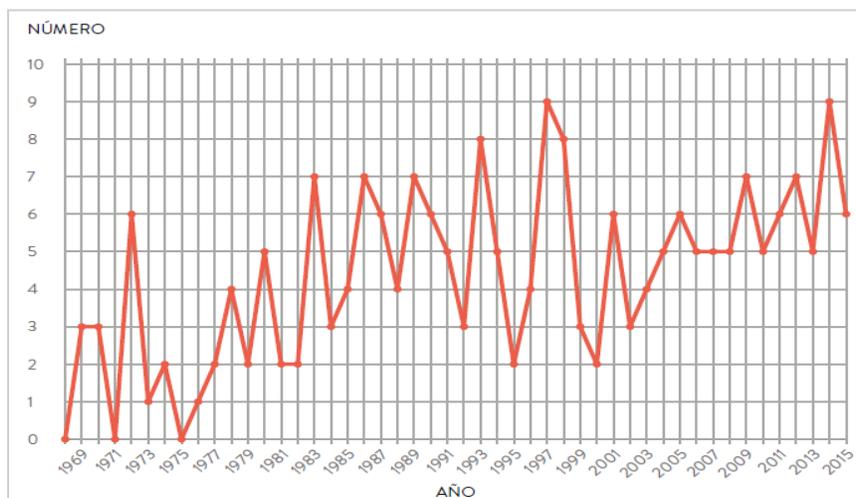


Figura 3. Olas de Calor en Santiago, por año 1961-2015.

(Estación meteorológica Quinta Normal)

Fuente: Recuperado de MMA (2016 c)

Los Días Cálidos por su parte, catalogados como los días en que la temperatura máxima sobrepasa la temperatura umbral, también han ido en aumento, generándose un record histórico en el verano 2016-2017, con 33 días cálidos en Santiago y Curicó. Cabe destacar que el valor normal, es cerca de 9 días en el periodo estival (Dirección Meteorológica de Chile , 2017b).

2.3.3 Salud en Chile

Según asegura el Ministerio de Medio Ambiente, en un informe publicado el 2016, “La salud de la población chilena, se verá resentida por la acción del cambio climático” ya sea directamente, por el aumento de eventos climáticos extremos (sequías, heladas, inundaciones, olas de calor, entre otras), como indirectamente, por el cambio en el aprovisionamiento de alimento y agua potable, aumento de vectores y las enfermedades que transmiten y la contaminación atmosférica (MMA, 2016 b).

Dado que el cambio climático es algo que ya se está experimentando, es importante observar distintos indicadores de salud actuales y su comportamiento, de manera

de poder vislumbrar las repercusiones que el cambio climático genera y generará en un futuro próximo.

De las 17.574.003 personas que viven en Chile, cerca de 2 millones de personas tienen 65 años o más (11,4%), cifra que va en aumento y que evidencia el envejecimiento de la población (Instituto Nacional de Estadística, 2018 a). La esperanza de vida corresponde a 79 años de edad (DEIS, 2017).

Las mujeres y adultos mayores, son los grupos que presentan una mayor cantidad de enfermedades, agrupando dos o más enfermedades crónicas, según se observa en la **Figura 4** (MinSal, 2017), que presenta los resultados obtenidos en la Encuesta Nacional de Calidad de Vida ENCAVI, a la pregunta de si a la persona le han diagnosticado una enfermedad crónica o de larga duración.

Por otra parte, el 15,5% de la población tiene riesgos cardiovasculares y el 7,7% posee enfermedades cardiovasculares. Además, el 24,5% posee síntomas respiratorios crónicos (MinSal, 2011), grupos con riesgo a sufrir enfermedades respiratorias o cardiovasculares agravadas por condiciones de temperatura extrema.

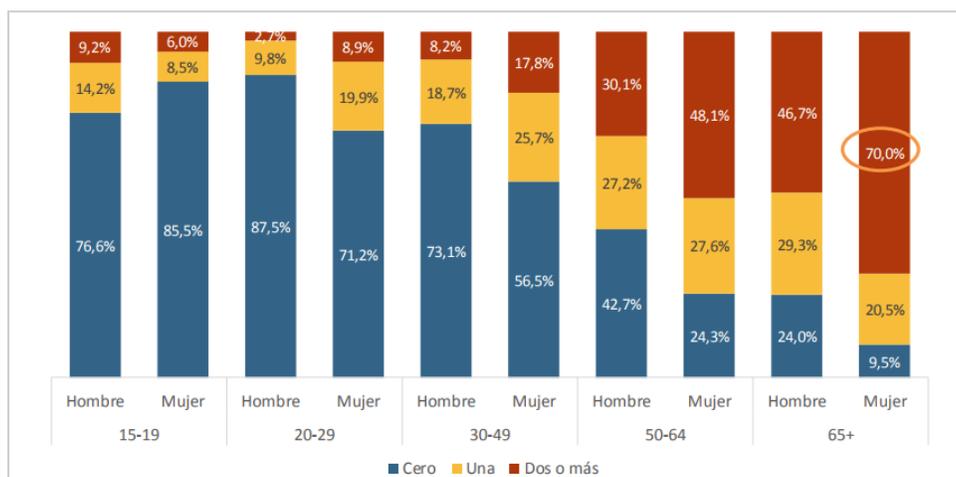


Figura 4: Declaración de enfermedades diagnosticadas.

Pregunta 5.2: ¿A Ud. ¿Un médico le ha diagnosticado alguna vez en la vida una enfermedad de larga duración o problemas de salud crónicos?

Fuente: Extraído de (Minsal, 2017)

Según la Encuesta Nacional de Salud 2016-2017, el 25,5% de la población sobre 20 años, se encuentra con riesgo cardiovascular alto, tomando en consideración la conjugación de 11 factores de riesgo: Perfil lipídico, antecedentes familiares, patologías crónicas (hipertensión arterial, diabetes mellitus, insuficiencia renal crónica, entre otros), edad, consumo de tabaco y presión arterial elevada, siendo los hombres quienes presentan mayor prevalencia en la categoría moderado (MinSal; Subsecretaría de Salud Pública, 2018).

El Riesgo Cardiovascular es alto en personas mayores de 65 años (65,6%), menores de 8 años (51,2%) y personas entre 45 y 64 años de edad (34,6%), como se observa en la **Figura 5**.

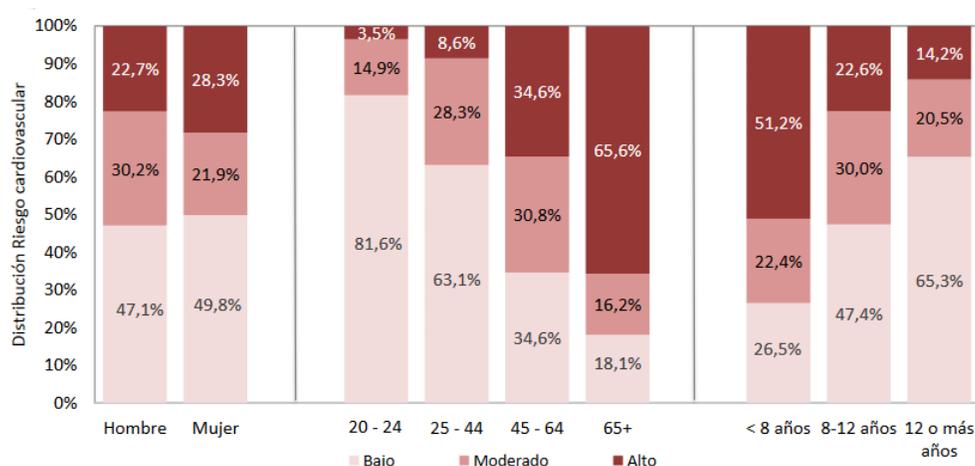


Figura 5: Riesgo cardiovascular según sexo, edad y años de estudio cursados ENS 2016-2017.

Fuente: extraído de MinSal (2018)

El sedentarismo en Chile, tiene una prevalencia de 86,7% de la población (DEIS, 2017). Hasta el año 2010, el 9,4% de la población tenía diabetes, enfermedad que posee implicancias en la capacidad de termorregulación frente a la temperatura. Respecto al consumo de agua, sólo el 28,3% de la población asegura beber al menos 6 vasos de agua al día (MinSal; Subsecretaría de Salud Pública, 2018).

Para el año 2016, fallecieron aproximadamente 104 mil personas, de las cuales 28 mil fallecieron por enfermedades del sistema circulatorio, siendo la mayor causa de muertes, seguida por tumores, con 27 mil fallecidos (DEIS, 2017).

Como se ha dicho anteriormente, los eventos extremos de calor, producen impacto principalmente en la salud de los grupos vulnerables, conformados por adultos mayores, embarazadas, enfermos crónicos, personas de bajos recursos, entre otros. Además, también son de consideración las personas que realizan actividades al aire libre bajo estos eventos de olas de calor y que están expuestos a radiación Ultravioleta (UV), ya que las consecuencias incluyen deshidratación y enfermedades relacionadas a la exposición a rayos UV como cataratas corticales, melanomas malignos cutáneos, entre otros (MMA, 2016 a).

Finalmente, la población de Chile, está expuesta a factores de riesgo (nivel socioeconómico, nivel de educación, consumo de tabaco, consumo de alcohol, sedentarismo, entre otros) que hacen que sea un país con un “elevado nivel de morbilidad por enfermedades crónicas” (MinSal, 2011). Todo esto, sumado a las condicionantes climáticas como temperatura, humedad, precipitaciones, puede generar aumentos en las tasas de mortalidad y morbilidad de la población.

Hasta el momento, no se ha hecho una conexión entre mortalidad y olas de calor en el país, o la presión que estos eventos puedan generar en la salud pública, por otro lado, la definición de olas de calor utilizada por la Dirección Meteorológica de Chile no es una definición que se incluya en otras políticas públicas asociadas a otros sectores como Salud o Medio Ambiente.

En el mundo existe evidencia robusta que los eventos de olas de calor causan aumentos en las tasas de mortalidad y morbilidad de la población. En Chile, estos eventos están ocurriendo, cada vez con mayor frecuencia, intensidad y duración, especialmente en las zonas adyacentes a la cordillera, en la zona centro norte del país. Por otro lado, la población posee condiciones de riesgo que la hacen vulnerable a enfrentar problemas de salud, enfermedades respiratorias,

cardiovasculares, sobrepeso, pero principalmente las personas mayores de 65 años que según la encuesta de calidad de vida y salud, aplicada en el 2015, aproximadamente el 50% de ellas, poseen más de dos enfermedades crónicas (MinSal, 2017).

2.3.4 Ciudad de Santiago

La Región Metropolitana (RM), alberga a la ciudad de Santiago correspondiente a la Capital de Chile. La población alcanza los 7.112.808 habitantes en la RM, según datos del Censo 2017 (Instituto Nacional de Estadística, 2018 b).

La RM posee 6 provincias, que suman 52 comunas, siendo la provincia de Santiago la más importante, debido a que alberga a 32 de las 37 comunas que conforman el Gran Santiago, o Santiago Metropolitano, el principal núcleo urbano del país.

El Gran Santiago, se encuentra situado en la depresión intermedia de la zona central del país, entre la cordillera de Los Andes y la cordillera de la costa, a una altura de 567 metros sobre el nivel del mar (DMC, 2007). En la RM se manifiesta un clima mediterráneo, definido como templado cálido, con precipitación concentrada en los meses invernales (mayo-agosto) y estación seca prolongada, producida por un dominio anticiclónico interrumpido. El anticiclón del Pacífico Suroriental, es uno de los factores más importantes del clima en las regiones del norte y central de Chile, y se desplaza hacia el sur en verano, por lo que las lluvias en la zona central se concentran en el periodo de invierno (Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile, 2008). La cordillera de la Costa, se opone a la propagación de la influencia del mar en Santiago, por lo que ayuda a exagerar los valores de las temperaturas, “acusándose un cierto grado de continentalidad, situación que se aprecia en las notables oscilaciones térmicas diarias y anuales” (DMC, 2007).

Santiago es una de las ciudades más contaminadas de Chile, junto con Valdivia, Temuco y Rancagua, entre otras. Sin embargo, Santiago es un caso especialmente preocupante, en primera instancia, por ser capital de Chile, ciudad que alberga al

40% de la población de Chile. En segundo lugar, por las características geográficas que posee y que dificultan la circulación de los vientos al estar rodeada de cerros (Querol X., 2018).

Las lluvias son escasas y cuando se producen caen en forma de chubascos, lo que no ayuda al lavado de la atmosfera. Otro fenómeno que se produce, es la inversión térmica que “actúa como una tapadera”, impidiendo la dispersión de los contaminantes. Este fenómeno depende de la temperatura de la superficie, en verano ocurre a los 1000 metros de altura y en invierno puede llegar a los 200 metros, disminuyendo el espacio de aire disponible (Muñoz M., 2016).

La contaminación atmosférica en el país y en Santiago, tiene una clara estacionalidad, tendiente a aumentar en los meses invernales (junio-septiembre), especialmente por el uso de leña para calefacción de hogares (Querol X., 2018). Finalmente, otro factor relevante, recae en el parque automotriz, aproximadamente 420 mil vehículos que circulan por Santiago, 42,7% del total de vehículos en el país (Muñoz M., 2016).

Como se observó anteriormente, en la **Figura 3**, las Olas de Calor son eventos que van en aumento en Santiago y en el país en general. Es importante señalar que en Santiago y en las grandes urbes, estos eventos se ven intensificados producto del fenómeno de “Isla de Calor Urbana (ICU)”. Fenómeno relacionado con los tipos de suelo, diseño de calles, presencia de áreas verdes, efectos de la rugosidad de las edificaciones en la ventilación, que sumado a la insolación y masas de aire generan un clima urbano que difícilmente puede ser capturado por las estaciones meteorológicas (Romero H et al., 2017; Romero H et al., 2010). Se han encontrado diferencias de hasta 8,77 °C en comparación con la estación meteorológica de Quinta Normal, en el barrio de la comuna de Santiago el 3 de enero del 2012 (Romero H. y Opazo D., 2017).

La vegetación posee un rol activo en el control de las ICU, ya que brindan sombra, al consumir calor latente a través de la evapotranspiración, constituyéndose como

islas frías y brindando brisas de parque y también flujos de aire fresco y limpio (Romero H., Irarrázaval F., Opazo D., Salgado M., Smith P., 2010), beneficios que son clave a la hora de enfrentar un evento de calor extremo.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Metodología

La metodología utilizada para realizar el estudio, es de tipo **cuantitativa** y se basa en dar cumplimiento a los objetivos específicos planteados en el apartado 1.1 mencionado anteriormente y que corresponden a:

- I. Describir los eventos de Olas de Calor ocurridos entre 2011 y 2016 para las comunas bajo estudio.
- II. Analizar la información de morbilidad y mortalidad por causas cardiovasculares, respiratorias y todas las causas, en las comunas de estudio.
- III. Determinar el riesgo asociado a los episodios de olas de calor y su relación con morbi-mortalidad en las comunas de estudio.

Los pasos seguidos, se visualizan en la siguiente figura.

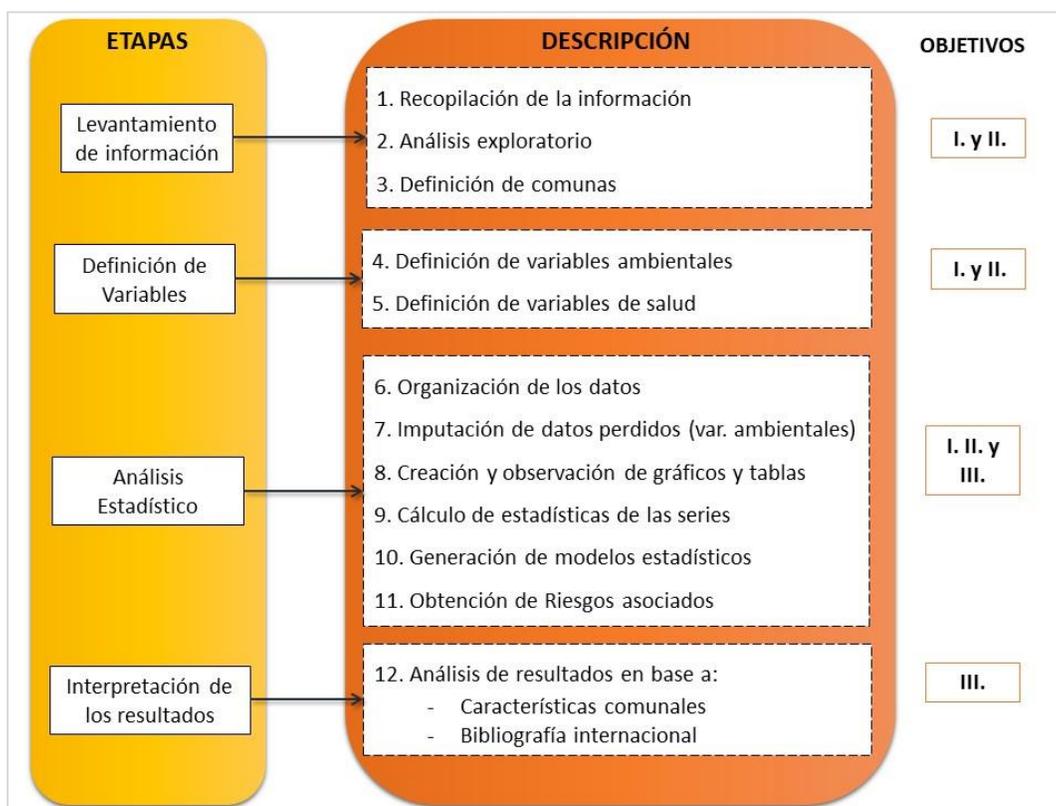


Figura 6: Diagrama general de la metodología a utilizar.
Fuente: elaboración propia

3.2 Diseño del estudio

El presente estudio es del tipo ecológico exploratorio, debido a que se toma como unidad de análisis a un grupo y no el individuo (en este caso comunas). Es considerado exploratorio, debido a que es uno de los primeros hallazgos en materia de Olas de Calor y Salud en Chile.

3.3 Análisis exploratorio y levantamiento de información

Para cumplir los objetivos planteados, en primer lugar, se realiza un análisis exploratorio en las diferentes fuentes de información (Agromet, SINCA, CR2, entre otros) observando cantidad y calidad de los registros. Posteriormente se procedió a recopilar la información necesaria desde las distintas fuentes. A continuación, se detalla la información utilizada en este estudio:

- Registros diarios de egresos hospitalarios (con los cuales se obtuvo el día de ingreso hospitalario) y mortalidad diaria, para todas las causas, obtenidos de las bases de datos del DEIS (Departamento de Estadísticas e Información en Salud).
- Variables ambientales, considerando registros diarios de MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), MP2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y Ozono (ppb), obtenidos del SINCA (Sistema de Información Nacional de Calidad de Aire).
- Variables meteorológicas, temperatura ($^{\circ}\text{C}$), humedad relativa (%) y velocidad del viento (m/s), obtenidos igualmente del SINCA.

Se descargó la información para cada una de las 13 estaciones de calidad de aire, existentes en la Región Metropolitana. Además, de la información de salud incluida en el sitio web del Departamento Estadístico de Información en Salud (DEIS) del MINSAL. Se observó la cantidad y calidad de los registros de los datos meteorológicos, ambientales y de salud para definir el periodo de estudio. Se seleccionó desde el año 2011, debido a vacíos encontrados en las bases de datos de salud y vacíos en las bases de datos ambientales y meteorológicos existentes para el año 2010, debido al 27F. Los datos para mortalidad que fueron descargados

de la página web del DEIS, se encuentran hasta el año 2016. Es así como se conforma el siguiente periodo de estudio:

- Olas de calor y su impacto en la mortalidad diaria: del 1 de enero del 2011 al 31 de diciembre del 2016
- Olas de calor y su impacto en los ingresos hospitalarios: del 1 de enero del 2011 al 31 de diciembre del 2016 (morbilidad)

Posteriormente, se seleccionaron las estaciones a estudiar, para esto se realizó un análisis de los datos perdidos en las estaciones de la Región para el periodo ya definido, el cual se puede observar en la **Tabla 4**, donde se resumen las estaciones con mayores cantidad de datos y correspondientes registros faltantes por variable a estudiar.

Tabla 4: Datos perdidos en las estaciones de calidad de aire en la Región Metropolitana para el periodo 2011-2017.

Estación Variable	Parque O'Higgins	Las Condes	La Florida	Indepen- dencia	El Bosque	Cerrillos	Cerro Navía	Puente Alto	Pudahuel	Talagante
PM10	23	71	47	60	50	388	73	22	38	63
PM2.5	67	90	77	109	81	526	74	50	73	431
O3	144	70	113	220	55	507	92	143	141	106
Tmax	21	235	304	77	7	514	10	5	659	660
Tmin	21	235	304	77	7	514	10	5	659	660
Tprom	21	235	304	77	7	514	10	5	659	660
Hrmax	18	129	6	25	7	363	10	422	126	14
Hrmin	18	129	6	25	7	363	10	422	129	14
Hrprom	18	129	6	25	7	363	10	422	126	14
Vvmax	430	386	6	5	7	361	10	4	19	13
Vvmin	430	386	6	5	7	361	10	4	19	13
Vvprom	430	386	6	5	7	361	10	4	19	13
TOTAL	1641	2481	1185	710	249	5135	329	1508	2667	2661

Fuente: elaboración propia en base a información descargada de SINCA

3.4 Selección de área de estudio y variables a utilizar

Con la información recopilada anteriormente, se seleccionaron 3 comunas de la Región Metropolitana, debido principalmente a la cantidad de información y menor número de registros perdidos en las series de tiempo de las variables meteorológicas y ambientales, información observada anteriormente en la Tabla 4. Las comunas seleccionadas corresponden a i) El Bosque, ii) Cerro Navia y ii) Santiago Centro, siendo esta última incluida en el estudio debido a su gran importancia, más allá de la cantidad de registros perdidos. El área de estudio se observa en la siguiente ilustración (**Figura 7**).

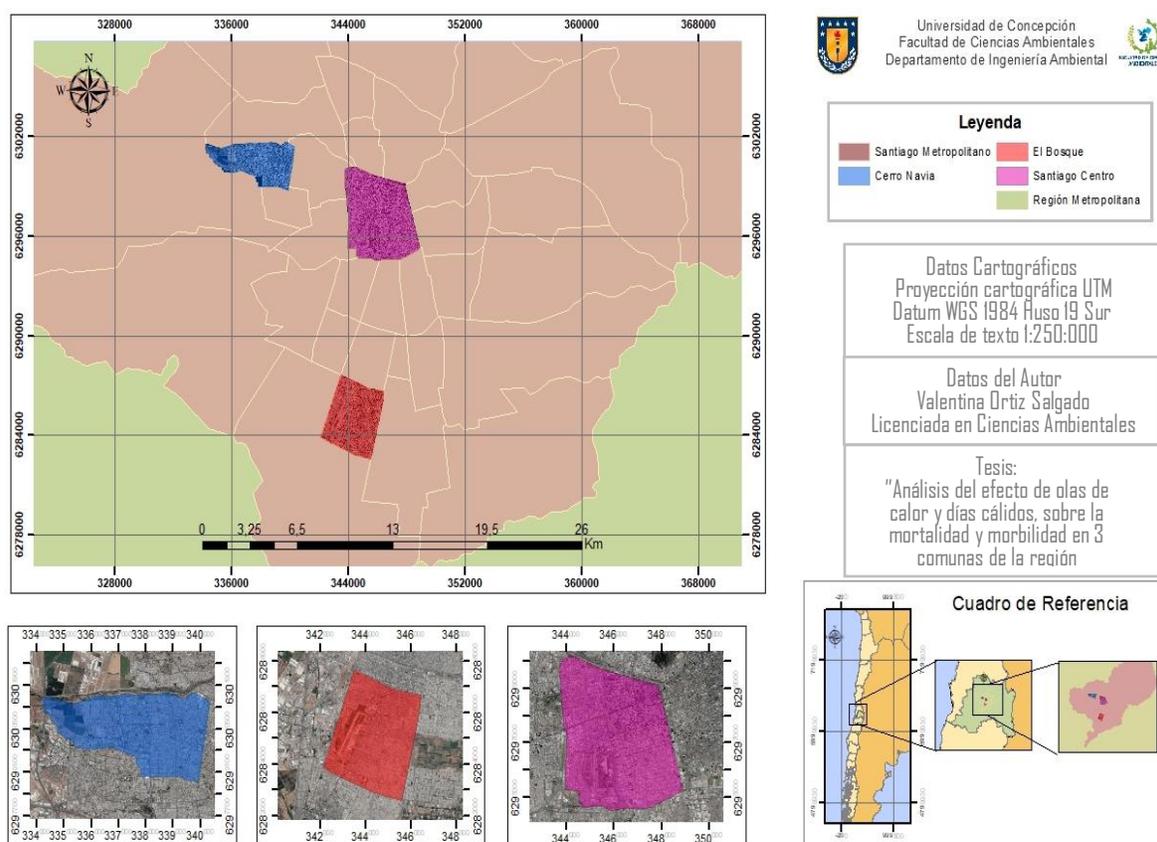


Figura 7. Zona de Estudio.

Fuente: elaboración propia en base a información obtenida de BCN

3.4.1 Definición de variables

Se seleccionaron 12 variables ambientales y meteorológicas a utilizar en el estudio, para el periodo ya descrito. Las variables, su tipo y abreviatura se observan en la **Tabla 5**.

Tabla 5: Variables ambientales y meteorológicas utilizadas en el estudio.

<i>N°</i>	<i>Variable</i>	<i>Tipo</i>	<i>Abreviatura</i>
1	temperatura máxima	meteorológica	Tmax
2	temperatura mínima	meteorológica	Tmin
3	temperatura promedio	meteorológica	Tprom
4	humedad relativa máxima	meteorológica	HRmax
5	humedad relativa mínima	meteorológica	HRmin
6	humedad relativa promedio	meteorológica	HRprom
7	velocidad del viento máxima	meteorológica	VVmax
8	velocidad del viento mínima	meteorológica	VVmin
9	velocidad del viento promedio	meteorológica	VVprom
10	ozono	ambiental	O3
11	material particulado	ambiental	MP10
12	material particulado 2.5	ambiental	MP2.5

Fuente: Elaboración propia en base a variables seleccionadas

Las variables de salud utilizadas corresponden a número de ingresos hospitalarios diarios y número de defunciones diarias, ambas para enfermedades del aparato circulatorio, del aparato respiratorio y generales. Las tipologías de enfermedades utilizadas en este estudio, correspondiente al diagnóstico de cada paciente, se seleccionaron basándose en estudios de referencia (Chen T et al., 2017; Deschenes O., 2014; García-Pina R et al., 2008; Kovats S., Evi K., 2006; McMichael A et al., 2006). A continuación, en la **Tabla 6** se presentan las tipologías según el CIE-10, usadas en este estudio. El CIE-10 (Clasificación internacional de enfermedades, (10ª edición,) corresponde al listado que se utiliza en Chile para codificar las enfermedades en los distintos centros de salud.

Tabla 6: Grupos y subgrupos del CIE-10 utilizados en el estudio.

Causas	Grupo CIE-10	Nombre Grupo	Subgrupos considerados
Cardiovasculares	I00-I99	Enfermedades del aparato circulatorio	<ul style="list-style-type: none"> - Fiebre reumática aguda - Enfermedades reumáticas crónicas cardíacas - Enfermedades hipertensivas - Enfermedades isquémicas cardíacas - Enf. cardíaca pulmonar y enfermedades de la circulación pulmonar - Otras formas de enf. cardíaca - Enf. cerebrovasculares - Enf. de las arterias, arteriolas y capilares - Enf. de venas, vasos y ganglios linfáticos no clasificadas bajo otro concepto. - Otros trastornos del aparato circulatorio y los no especificados.
Respiratorias	J00-J99	Enfermedades del aparato respiratorio	<ul style="list-style-type: none"> - Infecciones agudas del tracto respiratorio superior - Gripe y neumonía - Otras infecciones agudas del tracto respiratorio inferior - Otras enfermedades del tracto respiratorio superior
Todas	A00-R99	Todas las enfermedades a excepción de causas externas	<p>Todos los grupos del CIE-10 a excepción de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - S00-T88 Lesiones traumáticas, envenenamientos y otras consecuencias de causas externas. - V00-Y99 Causas externas de morbilidad - Z00-Z99 Factores que influyen en el estado de salud y contacto con los servicios sanitarios.

Fuente: DEIS, CIE-10

Estos datos fueron analizados diferenciados por género (femenino, masculino) y por grupos etarios, definiéndose estos últimos de la siguiente forma:

- Grupo a: conformado por niños menores a 8 años de edad.
- Grupo b: conformado por niños y jóvenes entre 9 y 24 años de edad.
- Grupo c: conformado por adultos entre 25 y 64 años de edad.
- Grupo d: conformado por adultos mayores, por sobre los 65 años edad.

3.5 Análisis estadístico

3.5.1 Análisis preliminar

Las series de tiempo correspondientes a cada variable, se ordenaron y analizaron una a una, identificando valores máximos, mínimos, valores perdidos y desviación estándar, entre otros, para cada una de las 3 comunas estudiadas.

3.5.2 Imputación de datos

Los registros perdidos, encontrados en cada una de las series de tiempo, meteorológicas y ambientales, fueron estimados de la siguiente forma (Manríquez C., 2015):

- Hasta 3 días consecutivos de datos perdidos: La predicción se realizó a través de Medias Móviles, en base a los promedios de los 7 días anteriores.
- 4 o más días consecutivos de datos perdidos: La predicción se realizó a través de modelos de series temporales (ARIMA), considerando todo el periodo previo. Se seleccionaron modelos que captaran tendencia y estacionalidad de cada conjunto de datos, a través de los cuales se imputaron hasta 5 días consecutivos, procedimiento que se replicó para estimar periodos más largos.

3.5.3 Análisis descriptivo

Se analizaron las variables en estudio, ya imputadas, mediante estadísticas descriptivas para variables cuantitativas, calculado mínima, media, máxima y desviación estándar, además de gráficos de series temporales.

3.5.4 Generación de modelos

La variable dependiente corresponde a las variables de salud, que son de conteo, como el número de muertes o número de ingreso hospitalarios. Dado que las variables dependientes presentan distribución Poisson, es decir, el número de eventos sucedidos en un momento del tiempo, en el que se debería utilizar los

Modelos Lineales Generalizados (GLM), representados por el siguiente modelo estadístico:

$$g(\mu_i) = X_i\beta_i$$

donde $\mu_i = E(Y_i)$, g es la función de enlace, X es la matriz de diseño y β es el vector de parámetros desconocidos. Suponiendo que Y_i es independiente, se tiene que:

$$Y_i \sim \text{es alguna distribución de la familia exponencial}$$

Sin embargo, al incluir variables independientes, como meteorológicas y ambientales, que no tienen un comportamiento lineal con la variable dependiente, se deben utilizar los Modelos Aditivos Generalizados (GAM). Estos modelos suavizan el comportamiento no lineal con la variable dependiente y están representados por la siguiente ecuación:

$$g(\mu_i) = X_i^*\theta + f_1(x_{1i}) + f_2(x_{2i}) + \dots \dots \dots,$$

donde $\mu_i = E(Y_i)$ y $Y_i \sim$ es alguna distribución de la familia exponencial, de esta manera tenemos que Y_i es la variable respuesta, X_i^* es la matriz de diseño de la parte paramétrica, θ corresponde al vector de parámetros y las f_j son las funciones suavizadas de las co-variables.

3.5.5 Variables de ajuste

Para controlar tendencia y estacionalidad se crearon variables de ajuste, las cuales fueron:

- Tendencia lineal.
- Tendencia cuadrática.
- Variables dummy para los días de la semana.
- Variables dummy para los meses del año.
- Series de Fourier de senos y cosenos.

3.5.6 Selección de modelos

Para determinar uno de los mejores modelos, se utilizó el método Stepwise, el cual comienza con un modelo de regresión simple y en cada paso se añade una variable de forma secuencial, evaluando si alguna de las variables que ya están presentes en el modelo puede ser eliminada.

El criterio utilizado por el método, es el criterio de información de Akaike (AIC), en donde el modelo que presenta el menor AIC es el más adecuado.

3.5.7 Análisis de los datos

Toda la información fue organizada en Microsoft Excel, para ser analizada siguiendo los pasos anteriores, con el software estadístico R versión 3.5.0 a través de su interfaz Rstudio versión 1.1.456. Para la generación de modelos GAM, se utilizó la librería “mgcv”, contenido instalable en Rstudio.

Para los modelos significativos, cuyo nivel de significancia considerado, fue de un $\alpha = 0.05$, se obtuvo el Riesgo Relativo (RR) y su respectivo intervalo de confianza del 95% (z_α), a través de las siguientes formulas **(1,2 y 3)**, dónde el coeficiente β y el error estándar (EE), se obtienen de la generación del modelo GAM en Rstudio.

$$(1) \quad \text{Riesgo Relativo} \rightarrow RR = e^{(\beta)}$$

$$(2) \quad \text{Intervalo de Confianza Inferior} \rightarrow ICI = e^{[\beta - (z_\alpha \times EE)]}$$

$$(3) \quad \text{Intervalo de Confianza Superior} \rightarrow ICS = e^{[\beta + (z_\alpha \times EE)]}$$

Para este caso, el Riesgo Relativo, representa cuanto aumenta el riesgo de morir o hospitalizarse debido a las altas temperaturas entre una persona expuesta y una que no se encuentre expuesta al evento de altas temperaturas (Linares et al., 2017).

Con el RR se procedió a calcular la Riesgo Atribuible (RA), cuya fórmula se detalla a continuación:

$$(4) \quad \text{Riesgo Absouto} \rightarrow RA = \frac{RR-1}{RR} \times 100$$

El Riesgo Atribuible en tanto, permite indicar en cuanto aumenta el riesgo poblacional, suponiendo que toda la población está expuesta al factor de riesgo estudiado.

4. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos, luego de aplicar la metodología descrita. En una primera instancia, se caracterizan las zonas de estudio de acuerdo a su superficie, número de habitantes y distribución por edades, y, además, se presentan algunos indicadores comunales.

4.1 Caracterización de la zona de estudio

La Región Metropolitana posee una superficie de 15.403,2 km² (BCN, s/f), lo que equivale al 2 del total del territorio nacional y en la que habitan 7.112.808 personas, según cifras obtenidas del Censo 2017. Posee 4 provincias, siendo la provincia de Santiago, la cual comprende 32 comunas, en dónde se incluyen las comunas de Santiago, El Bosque y Cerro Navia, objetos del estudio.

a) Santiago

Santiago es una comuna que posee una superficie de 22 km², en la que viven 404.295 habitantes que se componen, según se observa en la **Tabla 7**. De los habitantes, un 49% corresponden a mujeres y un 51% a hombres. El 8% de la población corresponde a niños menores a 8 años, el 19% de la población la componen personas entre 9 y 24 años de edad. El 66% de la población la componen adultos entre 25 y 64 años y las personas mayores de 65 años representan el 7% de la población de Santiago, según se observa en la **Figura 8**.

Tabla 7: Distribución de la población de Santiago.

Edad	Sexo		
	Hombre	Mujer	Total
0 a 8 años	16.856	16.579	33.435
9 a 24 años	39.196	36.131	75.327
25 a 64 años	139.082	126.632	265.714
65 años y más	11.544	18.475	30.019
Total	206.678	197.817	404.495

Fuente: Censo 2017

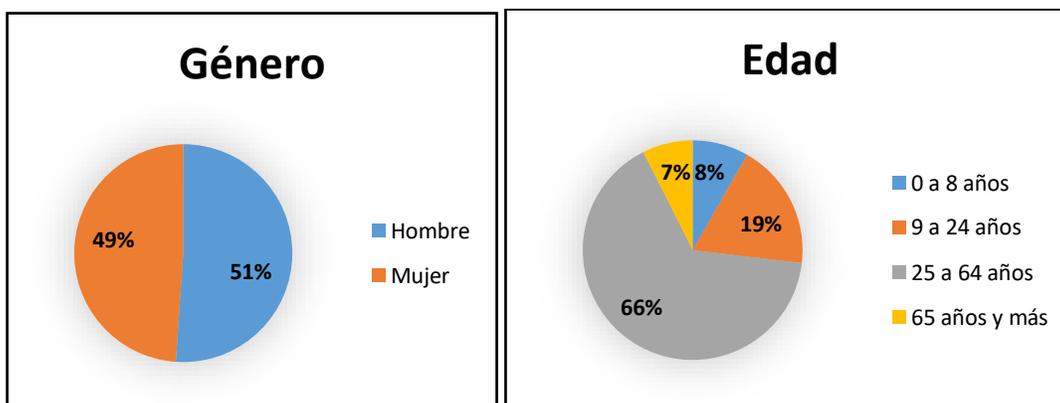


Figura 8: Distribución de la población de Santiago por sexo y edad.
Fuente: Censo 2017

b) Cerro Navia

Cerro Navia posee una superficie de 11,1 km², en la que viven 132.622 personas de las cuales un 51% son de sexo femenino y un 49% del sexo masculino. Según el rango etario, un 12% de la población corresponde al grupo etario entre 0 y 8 años, otro 12% corresponde a mayores de 65 años, un 24% corresponde a personas entre 9 y 24 años y el grupo de personas entre 25 a 64 años representa el 52% de la población de Cerro Navia, según se observa en la **Tabla 8** y en la **Figura 9**.

Tabla 8: Distribución de la población de Cerro Navia.

Edad	Sexo		Total
	Hombre	Mujer	
0 a 8 años	8.079	7.797	15.876
9 a 24 años	15.955	15.669	31.624
25 a 64 años	34.495	34.230	68.725
65 años y más	6.909	9.488	16.397
Total	65.438	67.184	132.622

Fuente: Censo 2017

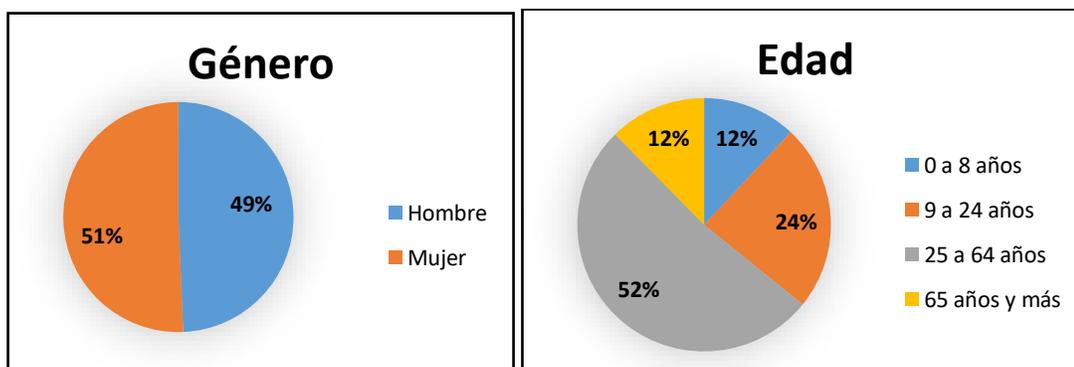


Figura 9: Distribución de la población de Cerro Navia por sexo y edad.
Fuente: Censo 2017

c) El Bosque

El Bosque posee una superficie de 14,2 km², en la que viven 162.505 personas las que se distribuyen según se indica en la **Tabla 9**. En la **Figura 10**, se puede observar que en la comuna de El Bosque, el 49% de la población corresponde a hombres y el 51% a mujeres. En cuanto a rango etario, el 13% de la población corresponden a niños menores de 8 años, el 23% a personas entre 9 y 24 años de edad, el 52% a adultos entre 25 y 64 años de edad, y el 12% restante a adultos mayores de 65 años.

Tabla 9: Distribución de la población de El Bosque.

Edad	Sexo		Total
	Hombre	Mujer	
0 a 8 años	10.290	9.880	20.170
9 a 24 años	19.334	18.593	37.927
25 a 64 años	41.551	42.987	84.538
65 años y más	8.197	11.673	19.870
Total	79.372	83.133	162.505

Fuente: Censo 2017

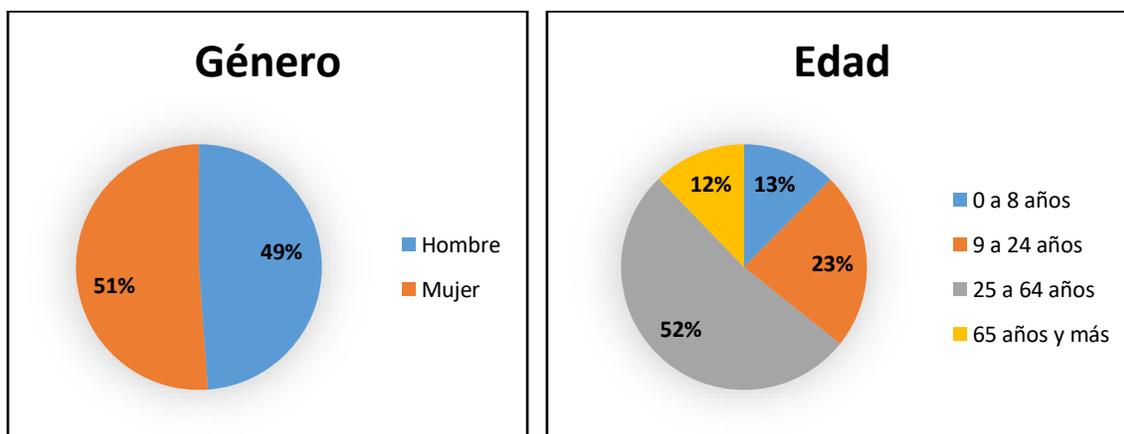


Figura 10: Distribución de la población de El Bosque por sexo y edad.

Fuente: Censo 2017

Acceso a Servicios Básicos

El porcentaje de personas que no posee acceso a servicios básicos en la región metropolitana es un 8,7% muy por debajo del nivel país que corresponde a 14,4%. Sin embargo, el porcentaje de personas que no posee acceso a servicios básicos en la comuna de Santiago es mayor que el porcentaje nacional, alcanzando 21,3%, seguido de la comuna de Cerro Navia con un 13,5% según se observa en la **Tabla 10**.

Tabla 10: Hacinamiento y servicios básicos.

<i>Unidad Territorial</i>	<i>Personas sin Servicios Básicos (%)</i>	<i>Hogares hacinados (%)</i>
<i>Comuna de Santiago</i>	21,3	18,8
<i>Comuna de El Bosque</i>	5,9	18,1
<i>Comuna de Cerro Navia</i>	13,5	21,5
<i>Región Metropolitana</i>	8,7	17,3
<i>País</i>	14,4	16,2

Fuente: Biblioteca del Congreso Nacional, 2018.

Establecimientos de Salud

Los centros asistenciales presentes en cada una de las comunas en estudio, difieren bastante, según se observa en la

Tabla 11. La comuna de Santiago posee un total de 65 centros asistenciales, muy por encima de los presentes en las comunas de Cerro Navia y El Bosque. Cabe destacar que las clínicas, hospitales, establecimientos de alta complejidad y centros de salud se encuentran en su mayoría en Santiago, razón por la cual las cifras de egresos hospitalarios son considerablemente mayores en esta comuna, como se verá posteriormente.

Tabla 11: Establecimientos de Salud para las 3 comunas.

Establecimientos	Santiago	El Bosque	Cerro Navia
<i>Centro Médico y Dental</i>	2	-	-
<i>Centro de Salud Familiar</i>	-	1	1
<i>Centro de Salud</i>	22	1	-
<i>Clínica</i>	11	-	-
<i>Consultorio General Urbano</i>	6	6	4
<i>Consultorio de Salud Mental</i>	1	1	1
<i>Dirección Servicio de Salud</i>	2	-	-
<i>Establecimiento Alta Complejidad</i>	4	-	-
<i>Hospital (No perteneciente al SNSS)</i>	3	-	-
<i>Laboratorio Clínico o Dental</i>	10	-	-
<i>Programa de Reparación y Atención Integral de Salud</i>	2	-	-
<i>Servicio de Atención Primaria de Urgencia</i>	1	3	3
<i>Servicio de Atención Primaria de Urgencia de Alta Resolutividad</i>	-	1	-
<i>Vacunatorio</i>	1	-	-
TOTAL	65	13	9

Fuente: Biblioteca del Congreso Nacional, 2018

4.2 Análisis de los Eventos de Calor

En este apartado se presentan los resultados asociados al Objetivo específico N°1: “Describir los eventos de Olas de Calor ocurridos entre 2011 y 2016 para las 3 comunas bajo estudio”. Además, se incluye un breve análisis de los Días Cálidos ocurridos en las comunas en cada temporada estudiada.

4.2.1 Análisis de Olas de Calor

Se analizaron las Olas de Calor (OC) ocurridas en las 3 comunas en estudio entre el periodo 2011 al 2016, según los datos de Temperatura máxima descargados del SINCA y los umbrales de OC entregados por la Dirección Meteorológica de Chile.

En la comuna de **Santiago**, se registraron 16 Olas de Calor en el periodo de estudio, según se observa en la **Tabla 12**.

En Santiago destaca la OC N°13, que ocurrió en el mes de marzo del 2015 y que tuvo una duración de 14 días, en dónde se alcanzaron 35,7°C, el valor más alto registrado, para el periodo de estudio y superando en 5,1°C la temperatura umbral establecida por la Dirección Meteorológica de Chile para el mes de marzo, correspondiente a 30,6°C.

Tabla 12: Olas de Calor en Comuna de Santiago, años 2011 al 2017.

N°	Año	Inicio	Fin	Duración (Días)	T° Máxima (°C)	Umbral (°C)	Anomalía (°C)
1	2011	28-11-11	30-11-11	3	33,3	30,2	3,1
2	2011	24-12-11	27-12-11	4	32,5	31,9	0,6
3	2012	08-02-12	10-02-12	3	34,2	32,0	2,2
4	2012	01-03-12	04-03-12	4	34,0	30,6	3,4
5	2012	07-03-12	10-03-12	4	34,2	30,6	3,6
6	2012	29-03-12	31-03-12	3	31,8	30,6	1,2
7	2013	27-12-13	29-12-13	3	34,2	31,9	2,3
8	2014	06-03-14	08-03-14	3	32,7	30,6	2,1
9	2015	08-01-15	11-01-15	4	35,5	32,5	3,0

10	2015	24-01-15	26-01-15	3	32,9	32,5	0,4
11	2015	31-01-15	02-02-15	3	32,6	32,0	0,6
12	2015	11-02-15	13-02-15	3	35,8	32,0	3,8
13	2015	08-03-15	21-03-15	14	35,7	30,6	5,1
14	2015	24-12-15	28-12-15	5	35,1	31,9	3,2
15	2016	19-02-16	24-02-16	6	34,5	32,0	2,5
16	2016	28-02-16	02-03-16	4	34,9	30,6	4,3

Fuente: SINCA y Meteochile, 2018

En la comuna de **El Bosque**, se registraron 12 Olas de Calor en el mismo periodo de tiempo, según se observa en la **Tabla 13**.

En esta, también destaca la Ola de Calor ocurrida en marzo del 2015, pero en esta comuna, el día 13 y 21 de marzo de ese año, la temperatura máxima registrada en la estación El Bosque, no superó la temperatura umbral establecida. Por esta razón, se contabilizaron sólo 2 Olas de Calor, con duraciones de 7 y 5 días, en dónde las temperaturas máximas alcanzaron los 35,4°C y sobrepasando la temperatura umbral en 4,8°C, siendo la anomalía más alta del periodo bajo estudio en esta comuna.

Tabla 13: Olas de Calor en Comuna de El Bosque, años 2011-2016.

N°	Año	Inicio	Fin	Duración (Días)	T° Máxima (°C)	Umbral (°C)	Anomalía (°C)
1	2011	28-11-11	30-11-11	3	32,7	30,2	2,5
2	2012	01-03-12	04-03-12	4	33,6	30,6	3,0
3	2012	07-03-12	09-03-12	3	33,4	30,6	2,8
4	2013	27-12-13	29-12-13	3	33,8	31,9	1,9
5	2014	06-03-14	08-03-14	3	32,1	30,6	1,5
6	2014	20-03-14	22-03-14	3	34,6	30,6	4,0
7	2015	08-01-15	11-01-15	4	35,3	32,5	2,8
8	2015	11-02-15	13-02-15	3	35,1	32,0	3,1
9	2015	08-03-15	12-03-15	5	34,7	30,6	4,1
10	2015	14-03-15	20-03-15	7	35,4	30,6	4,8
11	2015	24-12-15	28-12-15	5	34,4	31,9	2,5
12	2016	20-02-16	24-02-16	5	33,8	32,0	1,8

Fuente: SINCA y Meteochile, 2018

En la comuna de **Cerro Navia**, se registraron 14 Olas de Calor, según se observa en la **Tabla 14**.

Al igual que en las comunas anteriores, destaca la OC ocurrida en marzo del 2015, que fue contabilizada como 2 Olas de Calor, de duración 5 y 6 días, alcanzando los 35,7 °C y generando una anomalía de 5,1 °C respecto a la Temperatura Umbral de marzo. La Ola de Calor N°14, del 19 de febrero del 2016, también destaca por su duración, alcanzando 6 días de temperaturas máximas sobre el umbral establecido.

Tabla 14: Olas de Calor en Comuna de Cerro Navia, años 2011-2016.

N°	Año	Inicio	Fin	Duración (Días)	T° Máxima (°C)	Umbral (°C)	Anomalía (°C)
1	2011	28-11-11	30-11-11	3	33,7	30,2	3,5
2	2011	24-12-11	27-12-11	4	32,7	31,9	0,8
3	2012	08-02-12	10-02-12	3	34,4	32,0	2,4
4	2012	01-03-12	04-03-12	4	33,9	30,6	3,3
5	2012	07-03-12	09-03-12	3	33,5	30,6	2,9
6	2012	29-03-12	31-03-12	3	31,9	30,6	1,3
7	2013	27-12-13	29-12-13	3	33,8	31,9	1,9
8	2014	06-03-14	08-03-14	3	32,3	30,6	1,7
9	2015	31-01-15	02-02-15	3	32,4	32,0	0,4
10	2015	11-02-15	13-02-15	3	35,8	32,0	3,8
11	2015	08-03-15	12-03-15	5	35,2	30,6	4,6
12	2015	15-03-15	20-03-15	6	35,7	30,6	5,1
13	2015	24-12-15	28-12-15	5	34,7	31,9	2,8
14	2016	19-02-16	24-02-16	6	34,0	32,0	2,0

Fuente: SINCA y Meteochile, 2018

Si analizamos las fechas en las que ocurrieron estos eventos, en la **Tabla 15**, resulta interesante mencionar de las OC ocurridas en Santiago, 6 no registraron evento en la comuna de El Bosque, así como 4 Olas de Calor, no registraron un evento en Cerro Navia. En caso contrario, 1 de las OC registradas en El Bosque no generó un evento en Santiago ni Cerro Navia.

Lo anterior sugiere que Santiago es la comuna que presenta mayor tendencia a registrar eventos de OC, seguido de Cerro Navia y El Bosque.

Respecto a la cantidad promedio de Olas de Calor por temporada (desde el 1 de noviembre del 2011, hasta el 31 de marzo del 2016), en cada una de las comunas, es bastante variable y debido al poco tiempo de estudio, no se puede establecer un patrón claro. Sin embargo, un estudio anterior por la Dirección Meteorológica de Chile para el Ministerio del Medio Ambiente, cuyo periodo de estudio comprende desde 1961 al 2015 (MMA, 2017 b), muestran una evidente tendencia al aumento (ver apartado 2.4).

Tabla 15: Fechas de las Olas de Calor en las 3 comunas bajo estudio.

Año	Santiago		El Bosque		Cerro Navia	
	28-nov	30-nov	28-nov	30-nov	28-nov	30-nov
2011	28-nov	30-nov	28-nov	30-nov	28-nov	30-nov
	24-dic	27-dic	-	-	24-dic	27-dic
2012	08-feb	10-feb	-	-	08-feb	10-feb
	01-mar	04-mar	01-mar	04-mar	01-mar	04-mar
	07-mar	10-mar	07-mar	09-mar	07-mar	09-mar
	29-mar	31-mar	-	-	29-mar	31-mar
2013	27-dic	29-dic	27-dic	29-dic	27-dic	29-dic
2014	06-mar	08-mar	06-mar	08-mar	06-mar	08-mar
	-	-	20-mar	22-mar	-	-
2015	08-ene	11-ene	08-ene	11-ene	-	-
	24-ene	26-ene	-	-	-	-
	31-ene	02-feb	-	-	31-ene	02-feb
	11-feb	13-feb	11-feb	13-feb	11-feb	13-feb
	<u>08-mar</u>	<u>21-mar</u>	<u>08-mar</u>	<u>12-mar</u>	<u>08-mar</u>	<u>12-mar</u>
			<u>14-mar</u>	<u>20-mar</u>	<u>15-mar</u>	<u>20-mar</u>
	24-dic	28-dic	24-dic	28-dic	24-dic	28-dic
2016	19-feb	24-feb	20-feb	24-feb	19-feb	24-feb
	28-feb	02-mar	-	-	-	-

Fuente: SINCA y Meteochile, 2018

4.2.2 Análisis de Días Cálidos

Otra variable interesante de observar son los Días Cálidos (DC), considerados como jornadas dónde la temperatura máxima supera la temperatura umbral utilizada para caracterizar una Ola de Calor, pero no necesariamente constituyen una OC, al no evaluar la secuencialidad de los días. Cabe señalar que según señala la Dirección Meteorológica de Chile, “en un verano normal, se deberían registrar cerca de 9 días bajo esta condición” (Dirección Meteorológica de Chile, 2017b).

En la **Tabla 16**, se observa la cantidad de días cálidos registrados por temporada y el promedio de temperaturas alcanzadas durante esos días cálidos. Si se observa la cantidad de días cálidos, se destaca que, en todas las temporadas estudiadas, se supera lo considerado un verano normal (9 días), alcanzando hasta 39 días en la temporada 2014-2015 en Santiago.

Además, en la misma comuna se produjo la segunda temporada con mayor cantidad de días cálidos, 2011-2012 con 39 días sobre el umbral de temperatura.

Las temperaturas máximas alcanzadas en un día cálido en promedio fluctúan entre 32 y 33°C, siendo levemente mayores en la comuna de Santiago.

La comuna que presenta menor cantidad de días de calor es El Bosque, con 123 días dentro del periodo total de estudio, registrándose en la temporada 2014-15 la mayor cantidad de DC, con 29 días, 10 días menos que en la comuna de Santiago para igual periodo.

Tabla 16: Cantidad de Días Cálidos (DC) por temporada para cada comuna.

<i>Comuna</i>	<i>Periodo</i>	<i>Días Cálidos (DC)</i>	<i>Anomalía promedio (°C)</i>	<i>Temperatura Máx. promedio (°C)</i>	<i>N° DC periodo total</i>
Santiago	2011-2012	38	1,3	32,6	152
	2012-2013	22	1,3	33,0	
	2013-2014	28	1,7	33,0	
	2014-2015	39	1,4	32,7	
	2015-2016	25	1,5	33,1	
El Bosque	2011-2012	27	1,1	32,2	123
	2012-2013	19	0,9	32,5	
	2013-2014	25	1,3	32,6	
	2014-2015	29	1,4	32,9	
	2015-2016	23	1,2	32,9	
Cerro Navia	2011-2012	34	1,3	32,5	132
	2012-2013	18	1,3	32,8	
	2013-2014	26	1,5	32,9	
	2014-2015	30	1,6	32,8	
	2015-2016	24	1,3	32,9	

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de SINCA y de Meteochile

4.3 Análisis de variables ambientales y meteorológicas

Junto al análisis anterior, también se analizaron las variables meteorológicas y ambientales para su posterior inclusión en la generación de modelos. El análisis completo de éstas se encuentra en el apartado Anexos, sin embargo, a continuación, se presentan algunas estadísticas correspondientes a los meses cálidos, periodo comprendido entre diciembre y marzo, del año 2011 al año 2016.

4.3.1 Análisis MP10 – periodo cálido

Existen años en los cuales el valor máximo ha sobrepasado el valor norma fijado en 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ (MINSEGPRES, 1998), especialmente en la comuna de Santiago, según se observa en la **Tabla 17**.

También se aprecia que los valores promedios, son menores en la comuna de Cerro Navia, fluctuando entre 41 y 57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a diferencia de Santiago y El bosque, cuyos valores medios son más elevados y fluctúan entre 55 y 66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aproximadamente.

Tabla 17: Estadísticas MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$), para los meses cálidos.

Comuna	Santiago				El Bosque				Cerro Navia			
	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.
2011-2012	66	26	154	22	65	29	119	21	57	23	146	20
2012-2013	55	15	130	18	58	15	126	19	49	14	106	15
2013-2014	65	29	159	23	68	26	157	19	48	23	154	17
2014-2015	62	18	192	29	58	18	117	19	45	16	89	15
2015-2016	60	13	179	23	57	15	93	15	41	15	88	14

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA

4.3.2 Análisis MP2.5 – periodo cálido

En la **Tabla 18**, se observa las estadísticas de MP2.5 en los meses cálidos para las 3 comunas. Se destaca que existen temporadas en donde los valores máximos sobrepasan el valor norma en las 3 comunas bajo estudio. Los promedios para el periodo de verano fluctúan entre 18 y 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ para Santiago y El Bosque; y entre 15 y 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ en Cerro Navia.

Tabla 18: Estadísticas de MP2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) para los meses cálidos.

Comuna	Santiago				El Bosque				Cerro Navia			
	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.
2011-2012	21	7	92	10	21	8	65	9	19	7	98	10
2012-2013	18	6	38	5	19	5	39	6	17	5	41	5
2013-2014	21	9	91	10	18	5	68	9	15	2	84	10
2014-2015	21	7	50	7	21	8	41	5	18	8	47	7
2015-2016	18	6	32	6	21	8	59	8	16	4	37	6

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de SINCA

4.3.3 Análisis Ozono – periodo cálido

En la **Tabla 19**, se observan las estadísticas para ozono, en los meses cálidos. Se observa, que los valores promedios son mayores que los valores anuales, como es lo esperado, tomando en consideración la contaminación fotoquímica que afecta a la zona en los meses de verano. El promedio por temporada en la comuna de Santiago, varía entre 21 y 22 ppbv, siendo la temporada 2015-2016, la que posee niveles de ozono más bajos, llegando a un promedio de 16 ppbv. En El Bosque, el promedio varía entre 16 y 19 ppbv y en Cerro Navia entre 18 y 23 ppbv.

Tabla 19: Estadísticas de O3 (ppb) para los meses cálidos.

<i>Comuna</i>	<i>Santiago</i>				<i>El Bosque</i>				<i>Cerro Navia</i>			
	Periodo	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx
<i>2011-2012</i>	21	9	33	4	19	8	29	4	19	8	32	4
<i>2012-2013</i>	21	6	32	4	18	6	29	4	23	7	32	4
<i>2013-2014</i>	22	11	47	5	18	8	40	4	20	10	46	5
<i>2014-2015</i>	22	3	33	5	16	4	26	4	22	5	32	5
<i>2015-2016</i>	16	4	30	7	18	7	28	4	18	9	25	4

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de SINCA

4.4 Análisis de Mortalidad y Morbilidad

En este capítulo, se dan a conocer los resultados que dan cumplimiento al objetivo N°2: “Análisis de la información de morbilidad y mortalidad por causas cardiovasculares, respiratorias y todas las causas, en las zonas de estudio”. En primera instancia se presentan las estadísticas correspondientes a mortalidad y posteriormente a morbilidad.

4.4.1 Estadísticas de mortalidad

La información correspondiente a mortalidad, analizada a continuación, pertenece al periodo comprendido entre el 01 de noviembre del 2011 hasta el 31 de marzo del

año 2016, periodo de verano, para las comunas de Santiago, El Bosque y Cerro Navia. Las muertes por causas cardiovasculares incluyen todas las codificadas con la letra I del CIE-10, las muertes por causas respiratorias corresponden a todas aquellas codificadas bajo la letra J del CIE-10. Finalmente, las muestras correspondientes a “Todas las causas”, incluyen todas las defunciones codificadas entre las letras A-00 y R-00, excluyendo las muertes accidentales codificadas desde la letra S en adelante e incluyendo las causas cardiovasculares y respiratorias.

Las tablas correspondientes a la diferenciación realizada por sexo y edad se encuentran en el anexo del presente estudio.

La **Tabla 20**, representa un resumen del número de fallecidos en el periodo de estudio 2011-2016, se destaca que la cantidad de fallecidos es mayor por causas cardiovasculares que respiratorias en las 3 comunas. Las muertes por causas cardiovasculares, representan aproximadamente el 30% de las muertes por todas las causas en las 3 comunas, siendo levemente inferior en Cerro Navia.

Las muertes por causas respiratorias representan entre el 5 y el 12% del total de muerte en cada una de las comunas bajo estudio.

La cantidad de fallecidos por todas las causas en la comuna de Santiago varía entre 487 y 546 personas en las distintas temporadas bajo estudio. En El Bosque, el total de fallecidos varía entre 331 y 402, mientras que en Cerro Navia entre 152 y 164 personas. Los promedios diarios de defunciones por todas las causas corresponden a 3,5 defunciones en Santiago, 2,3 en la comuna de El Bosque y 1,0 en Cerro Navia. Los promedios diarios de defunciones por causas respiratorias corresponden a 0,3 defunciones en Santiago, 0,2 en El Bosque y 0,1 en Cerro Navia. Los promedios diarios de defunciones por causas cardiovasculares corresponden a 1,1 fallecidos en Santiago, 0,7 en El Bosque y 0,3 en Cerro Navia.

Tabla 20: Número y porcentaje de fallecidos por cada causa bajo estudio, en las comunas de Santiago, Cerro Navia y El Bosque.

Comuna	Causa (*)	Temporadas									
		2011-12		2012-13		2013-14		2014-15		2015-16	
		N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
Santiago	C.V.	160	29	159	29	166	32	158	32	156	30
	C.R.	49	9	39	7	42	8	38	8	39	7
	TC	546	-	543	-	518	-	487	-	526	-
El Bosque	C.V.	93	28	93	27	110	33	113	31	109	27
	C.R.	23	7	37	11	30	9	33	9	22	5
	T.C.	337	-	342	-	331	-	359	-	402	-
Cerro Navia	C.V.	43	28	38	25	43	26	41	26	44	27
	C.R.	8	5	16	11	19	12	18	11	9	5
	T.C.	153	-	152	-	163	-	160	-	164	-

(*) C.V.= Causas Cardiovasculares; C.R.= Causas Respiratorias; T.C.=Todas las Causas

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de DEIS

Las muertes cardiovasculares en adultos mayores de 65 años, representan entre el 76% y 88% de las muertes cardiovasculares registradas en Santiago, a lo largo de los años de estudios, según se aprecia en la **Tabla 21**. Los adultos entre 25 y 64 años en la misma comuna, representan entre el 12 y 22% de las muertes por causas cardiovasculares.

Tabla 21: Porcentaje de fallecidos diferenciados por grupo etario, y causa de ingreso para cada comuna.

Temporada	Grupo Etario	Comunas / Causas (*)								
		Santiago (%)			El Bosque (%)			Cerro Navia (%)		
		C.V.	C.R.	T.C.	C.V.	C.R.	T.C.	C.V.	C.R.	T.C.
2011-12	0-8 años	0	0	2	0	0	2	2	0	3
	9-24 años	0	0	1	3	0	2	0	0	1
	25-64 años	12	14	21	20	17	27	21	50	27
	65+ años	88	86	77	76	83	69	77	50	70
2012-13	0-8 años	1	0	2	0	0	1	0	0	1
	9-24 años	1	3	2	0	0	0	0	6	2
	25-64 años	22	13	21	23	16	25	26	0	20
	65+ años	76	85	74	77	84	73	74	94	77
2013-14	0-8 años	1	0	3	0	0	2	0	0	2
	9-24 años	0	0	1	2	0	1	2	0	1
	25-64 años	15	12	22	24	17	29	19	21	29
	65+ años	84	88	75	75	83	68	79	79	68
2014-15	0-8 años	0	0	2	0	0	1	0	0	2
	9-24 años	1	0	1	0	0	1	0	0	1
	25-64 años	17	16	23	21	6	23	17	17	23
	65+ años	82	84	74	79	94	75	83	83	74
2015-16	0-8 años	0	3	3	0	0	3	0	0	2
	9-24 años	0	0	1	0	0	1	0	0	2
	25-64 años	21	15	24	21	14	25	16	33	20
	65+ años	79	82	72	79	86	71	84	67	76

(*) C.V.= Causas Cardiovasculares; C.R.= Causas Respiratorias; T.C.=Todas las Causas

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de DEIS.

En El Bosque entre el 76 y 79% de las muertes por causas cardiovasculares ocurre en mayores 65 años. Entre el 20 y 23% ocurre en adultos entre 25 y 64 años y el porcentaje restante (entre 0 y 3%) de distribuye entre los menores de 24 años.

En Cerro Navia, entre el 74 y 84% de las muertes cardiovasculares ocurre en mayores de 65 años, entre el 17 y 26% en adultos mayores de 25 y menores de 64 años.

De las muertes por causas respiratorias en Santiago, entre el 82 y 86% ocurre en mayores de 65 años, entre el 12 y 16% en adultos sobre 25 años, pero menores de 64 años.

En El bosque, entre el 83 y 86% de las muertes por causas respiratorias ocurre en mayores de 65 años, siendo la temporada 2014-15 un año anormal, donde el 94% de los fallecidos por esta causa, fueron mayores de 65 años y el 6% restante fueron personas entre 25 y 64 años de edad. Este último grupo etario, representa entre el 14 y 17% de las muertes por causas respiratorias en la comuna.

En Cerro Navia, los porcentajes de fallecidos por causas respiratorias, según su rango etario, varían bastante entre cada temporada, generando amplios rangos porcentuales. Entre el 50 y 94% de fallecidos por esta causa, eran mayores de 65 años de edad, a lo largo del periodo de estudio y las personas entre 25 y 64 años de edad representan entre el 0 y el 50% de las muertes por causas respiratorias.

4.4.2 Estadísticas de morbilidad

La información correspondiente a morbilidad, analizada a continuación, pertenece al periodo comprendido entre el 01 de noviembre del 2011 hasta el 31 de marzo del año 2016, periodo de verano, para las comunas de Santiago, El Bosque y Cerro Navia. Los ingresos hospitalarios por causas cardiovasculares incluyen todas las codificadas con la letra I del CIE-10, mientras que los ingresos causas respiratorias corresponden a todas aquellas codificadas bajo la letra J del CIE-10. Finalmente, las muestras correspondientes a “Todas las causas” incluyen todos los ingresos hospitalarios por causas codificadas entre las letras A-00 y R-00, incluyendo las causas cardiovasculares y respiratorias.

Tabla 22 se observa un resumen del número de ingresos hospitalarios por causa y temporada en el periodo comprendido entre noviembre del 2011 y marzo del 2016 para cada comuna. Se puede observar que, a diferencia de lo que ocurre con las defunciones, los ingresos hospitalarios por causas cardiovasculares y por causas respiratorias son bastante similares, representando entre un 7% y 9% de los ingresos hospitalarios por todas las causas.

La cantidad de ingresos por todas las causas en la comuna de Santiago varía entre 13.600 y 15.900 hospitalizaciones por temporada. El Bosque, la cantidad de hospitalizaciones por todas las causas fluctúa entre 5.090 y 5.200 aproximadamente. Finalmente, en Cerro Navia, las hospitalizaciones varían entre 2.330 y 2.480 aproximadamente, por temporada de verano.

Los promedios diarios de ingresos por todas las causas corresponden a 96 ingresos en Santiago, 34 en El Bosque y 16 en Cerro Navia. Los promedios diarios de ingresos por causas respiratorias corresponden a 6,8 ingresos en Santiago, 2,6 en El Bosque y 1,2 en Cerro Navia. Los promedios diarios de ingresos por causas cardiovasculares corresponden a 7,4 ingresos en Santiago, 3,1 en El Bosque y 1,5 en Cerro Navia.

Las tablas correspondientes a la diferenciación realizada por sexo y edad se encuentran en el anexo del presente estudio.

Se destaca que los ingresos por causas cardiovasculares son mayores en hombres que en mujeres en la comuna de Santiago, en todos los veranos estudiados, al igual que los ingresos hospitalarios por causas respiratorias. Caso contrario ocurre con todas las causas, dónde los ingresos registrados en pacientes mujeres son considerablemente mayores. Situación similar ocurre en El Bosque y en Cerro Navia.

Tabla 22: Número y porcentaje de ingresos hospitalarios en las 3 comunas.

Comuna	Causa (*)	Temporadas									
		2011-12		2012-13		2013-14		2014-15		2015-16	
		N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
Santiago	C.V.	1157	8	1145	8	1049	8	1108	8	1136	7
	C.R.	917	7	1039	7	1015	8	1051	7	1094	7
	TC	13661	-	14401	-	13346	-	14752	-	15901	-
El Bosque	C.V.	399	8	443	9	488	9	490	9	471	9
	C.R.	403	8	415	8	379	7	403	8	433	8
	T.C.	5091	-	5034	-	5210	-	5176	-	5114	-
Cerro Navia	C.V.	203	9	232	10	215	9	222	9	212	9
	C.R.	167	7	220	9	177	8	186	7	213	9
	T.C.	2327	-	2413	-	2332	-	2490	-	2488	-

(*) C.V.= Causas Cardiovasculares; C.R.= Causas Respiratorias; T.C.=Todas las Causas

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de DEIS

En la **Tabla 23** se observa el porcentaje de ingresos hospitalarios diferenciados por grupo etario y destaca que de los ingresos por causas cardiovasculares, menos de 46% ocurrió en adultos mayores de 65 años y entre el 49 y 54% en adultos entre 25 y 64 años de edad en la comuna de Santiago. En El Bosque y en Cerro Navia, en tanto, menos del 46 % de los ingresos hospitalarios ocurrió en adultos entre 25 y 64 años de edad y sobre el 50% en adultos mayores de 65 años.

Para causas respiratorias, la distribución se distribuye entre todos los grupos etarios en todas las comunas estudiadas. Aproximadamente un 30% de los ingresos por causas respiratorias ocurren en menores de 8 años y un 12% en personas entre 9 y 24 años de edad, en las tres comunas estudiadas. En Santiago aproximadamente un 37% de los ingresos ocurren en adultos entre 25 y 64 años y un 23% en adultos mayores de 65 años. Para Cerro Navia los adultos entre 25 y 64 años representan un 30% de los ingresos por causas respiratorias, al igual que los mayores de 65

años. En El Bosque finalmente, aproximadamente un 25% de los ingresos ocurren en personas entre 25 y 64 años y un 30 % en mayores de 65 años.

Para todas las causas es aún más homogénea la distribución de porcentajes, pero se destaca que aproximadamente el 50% de los ingresos ocurren en personas entre 25 y 64 años.

Tabla 23: Porcentaje de ingresos hospitalarios diferenciados por grupo etario, y causa de ingreso para cada comuna.

Temporada	Grupo Etario	Comunas / Causas (*)								
		Santiago (%)			El Bosque (%)			Cerro Navia(%)		
		C.V.	C.R.	T.C.	C.V.	C.R.	T.C.	C.V.	C.R.	T.C.
2011-12	0-8 años	1	30	11	2	27	11	0	22	11
	9-24 años	3	10	13	4	11	21	3	10	20
	25-64 años	51	38	59	42	23	46	43	38	50
	65+ años	46	22	17	52	39	21	53	29	20
2012-13	0-8 años	0	31	11	1	33	12	0	28	10
	9-24 años	2	12	13	4	10	18	2	13	18
	25-64 años	54	36	61	45	27	49	45	31	50
	65+ años	43	21	16	50	30	21	53	28	22
2013-14	0-8 años	0	28	10	0	36	11	0	27	12
	9-24 años	3	12	12	3	10	20	2	11	18
	25-64 años	49	36	61	46	24	49	43	31	49
	65+ años	47	23	17	51	29	20	55	31	21
2014-15	0-8 años	1	27	10	1	36	11	0	31	15
	9-24 años	3	11	12	2	10	18	5	17	17
	25-64 años	52	39	62	46	25	49	44	24	49
	65+ años	44	23	16	51	29	22	50	28	19
2015-16	0-8 años	1	29	10	1	33	12	1	41	12
	9-24 años	2	12	11	3	13	17	1	16	17
	25-64 años	51	38	62	46	26	50	42	24	51
	65+ años	46	21	17	50	28	21	56	19	20

(*) C.V.= Causas Cardiovasculares; C.R.= Causas Respiratorias; T.C.=Todas las Causas

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de DEIS

4.5 Análisis Integrado

En este apartado, se busca dar cumplimiento al objetivo N°3: “Determinar el riesgo entre los episodios de olas de calor y la información de morbi-mortalidad”. Para esto, se realiza una observación visual de las variables, para luego ingresarlas al programa estadístico R y seguir con la metodología descrita. Las variables meteorológicas y ambientales y sus respectivas distribuciones y estadísticas se pueden observar en el apartado de Anexos del presente estudio.

4.5.1 Observación previa de las variables

A continuación, se presentan gráficos que relacionan la temperatura máxima, con la cantidad de ingresos hospitalarios por causas respiratorias y cardiovasculares a manera de poder visualizar la posible existencia de alguna relación. Para el caso de la **Figura 11**, correspondiente a Ingresos Hospitalarios en la comuna de Santiago Centro en el verano 2014-2015, no se observa un patrón en las variables de salud que permita aseverar que se comporte de manera diferente en presencia de una Ola de Calor. Las otras figuras correspondientes a ingresos hospitalarios pueden ser visualizadas en el apartado de Anexos y representan situaciones similares. En resumen, debido a esto, no es posible establecer una relación clara.

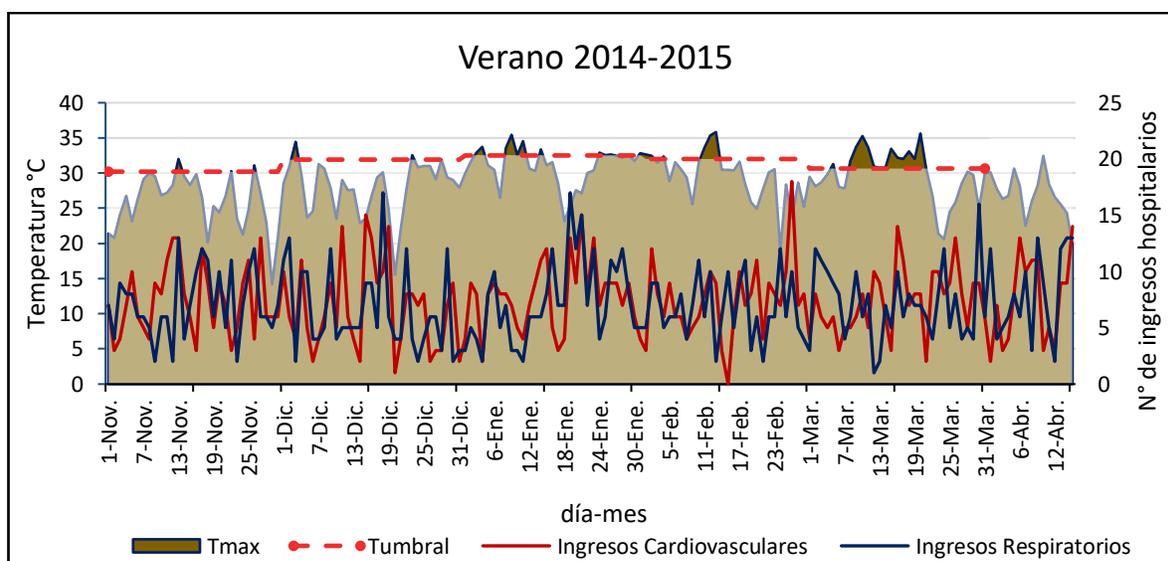


Figura 11: Ingresos Hospitalarios Santiago Centro, verano 2014-2015.

Fuente: SINCA y DEIS 2018

La relación entre temperatura y defunciones, tampoco queda clara al visualizarla gráficamente. La **Figura 12** muestra las defunciones de Santiago Centro en el periodo 2014-2015. Como se observa, no existe un patrón claro en las defunciones que permita observar su relación con episodios de OC. En el apartado anexos se encuentran los gráficos correspondientes a las otras temporadas y a las 3 comunas, en dónde tampoco se observa alguna relación clara.

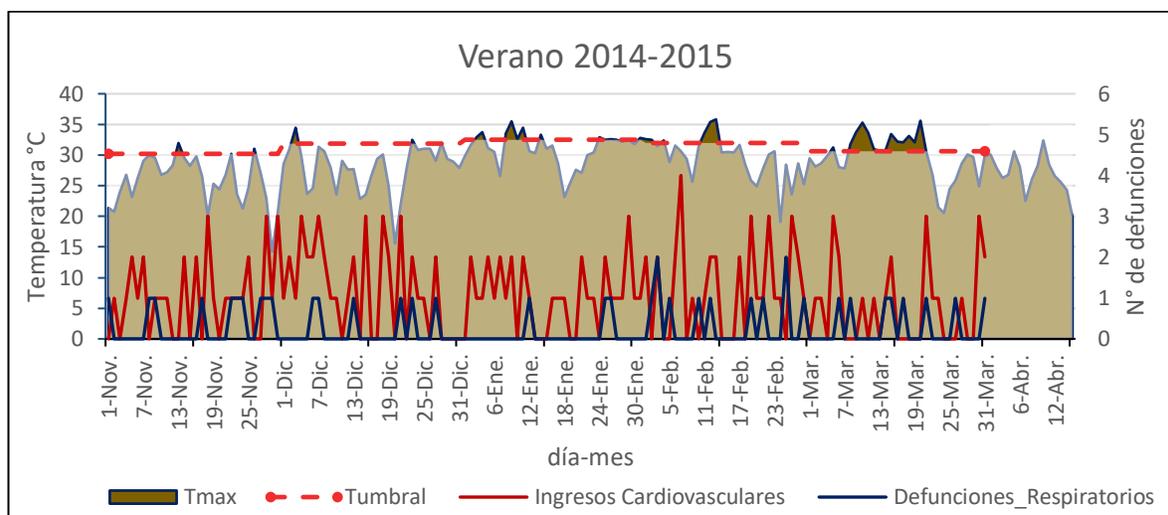


Figura 12: Defunciones Santiago Centro, verano 2014-2015.

Fuente: SINCA y DEIS 2018

Visto lo anterior, se hace necesaria la utilización de modelos para determinar relaciones entre Olas de Calor y salud, agregando otras variables que permitan representar de mejor forma la situación real.

4.5.2 Desarrollo de modelos de mortalidad

Para el desarrollo de estos modelos se definieron las variables de la siguiente forma: mortalidad por enfermedades del sistema circulatorio, por enfermedades del sistema respiratorio y todas las causas a excepción de accidentes, que, además, fueron separadas por sexo y por grupo etario, definido anteriormente (en el apartado **3.4.1 Definición de variables**). Esta definición de variables, se puede observar en la **Tabla 24** y siguientes.

Tabla 24: Variables de mortalidad.

Código	Descripción
<i>MCVt</i>	Muertes por causas cardiovasculares
<i>MCVmasc</i>	Muertes por causas cardiovasculares de sexo masculino
<i>MCVfem</i>	Muertes por causas cardiovasculares de sexo femenino
<i>MCVa</i>	Muertes por causas cardiovasculares del grupo etario a (0-8 años)
<i>MCVb</i>	Muertes por causas cardiovasculares del grupo etario b (9 -24 años)
<i>MCVc</i>	Muertes por causas cardiovasculares del grupo etario c (25-64 años)
<i>MCVd</i>	Muertes por causas cardiovasculares del grupo etario d (65 y más)
<i>MCRt</i>	Muertes por causas respiratorias
<i>MCRmasc</i>	Muertes por causas respiratorias de sexo masculino
<i>MCRfem</i>	Muertes por causas respiratorias de sexo femenino
<i>MCRa</i>	Muertes por causas respiratorias del grupo etario a (0-8 años)
<i>MCRb</i>	Muertes por causas respiratorias del grupo etario b (9 -24 años)
<i>MCRc</i>	Muertes por causas respiratorias del grupo etario c (25-64 años)
<i>MCRd</i>	Muertes por causas respiratorias del grupo etario d (65 y más)
<i>MTCt</i>	Muertes por todas las causas menos accidentales
<i>MTCmasc</i>	Muertes por todas las causas menos accidentales del sexo masculino
<i>MTCfem</i>	Muertes por todas las causas menos accidentales del sexo femenino
<i>MTCa</i>	Muertes por todas las causas menos accidentales del grupo etario a (0-8 años)
<i>MTCb</i>	Muertes por todas las causas menos accidentales del grupo etario b (9 -24 años)
<i>MTCc</i>	Muertes por todas las causas menos accidentales del grupo etario c (25-64 años)
<i>MTCd</i>	Muertes por todas las causas menos accidentales del grupo etario d (65 y más)

Fuente: Elaboración Propia

Para las variables de calidad del aire se utilizaron las siguientes abreviaciones:

Tabla 25: Variables de calidad del aire.

Código	Descripción
<i>MP10</i>	Concentración promedio en 24 horas de MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
<i>MP2.5</i>	Concentración promedio en 24 horas de MP2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
<i>O3</i>	Concentración promedio diaria (ppb)

Fuente: Elaboración Propia

Las variables meteorológicas utilizadas se definieron de la siguiente forma:

Tabla 26: Variables de meteorología.

<i>Código</i>	<i>Descripción</i>
<i>Tmax</i>	Temperatura máxima diaria (°C)
<i>Tmin</i>	Temperatura mínima diaria (°C)
<i>Tprom</i>	Temperatura promedio diaria (°C)
<i>HRmax</i>	Humedad relativa máxima (%)
<i>HRmin</i>	Humedad relativa mínima (%)
<i>HRprom</i>	Humedad relativa promedio (%)
<i>VVmax</i>	Velocidad del viento máxima (m/s)
<i>VVmin</i>	Velocidad del viento mínima (m/s)
<i>VVprom</i>	Velocidad del viento promedio (m/s)
<i>OC</i>	Variable dummy de Olas de Calor
<i>DC</i>	Variable dummy de Días Cálidos

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, las variables de estacionalidad que pudiesen causar confusión en las series se detallan de la siguiente forma:

Tabla 27: Variables de tendencia y estacionalidad.

<i>Código</i>	<i>Descripción</i>
<i>Tend</i>	Tendencia lineal
<i>Tend2</i>	Tendencia cuadrática
<i>Ds1 a Ds6</i>	Variables dummy de los días de la semana
<i>Dm1 a Dm11</i>	Variables dummy de los meses del año
<i>Fs1 a Fs6</i>	Serie armónica de senos (series de Fourier)
<i>Fc1 a Fc6</i>	Serie armónica de cosenos (series de Fourier)

Fuente: Elaboración Propia

4.5.2.1 Modelos de mortalidad – periodo total

El periodo total, sólo fue evaluado para las variables MCVt (muertes por causas cardiovasculares), MCRt (muertes por causas respiratorias) y MTCt (muertes por todas las causas), de la **Tabla 24**, presentada anteriormente, para cada una de las 3 comunas (Santiago Centro, El Bosque y Cerro Navia), ya que el foco de interés

del estudio es principalmente captar lo que ocurre en periodos cálidos, periodo para el cual se evaluaron todos los modelos.

De los modelos nombrados, sólo se encontraron relaciones significativas para las muertes por causas respiratorias totales (MCRt) en la comuna de Santiago. El Modelo se especifica en el apartado de anexos (D-1), en cuyas columnas “Calor”, indica si resultaron significativas las variables OC (Olas de Calor) o DC (Días Cálidos), cabe mencionar que para que una relación sea estadísticamente significativa, con el 95 de confianza, se analiza que el p valor sea $< 0,05$.

Posteriormente, se procedió a calcular el Riesgo Relativo (RR) con sus respectivos intervalos de confianza y la Riesgo Atribuible (RA) que se presentan en la **Tabla 28**.

Tabla 28: Riesgo relativo asociado a días cálidos, periodo total.

<i>Comuna</i>	<i>Modelo</i>	<i>Beta</i>	<i>EE(B)</i>	<i>RR</i>	<i>ICI</i>	<i>ICS</i>	<i>RA</i>
<i>Santiago</i>	MCRt	0,324590	0,148460	1,38	1,03	1,85	27,72%

Fuente: Elaboración propia, en base a datos obtenidos de SINCA, Meteochile y DEIS

En Santiago, existe un riesgo relativo $RR= 1,38$ ($1,03 - 1,85$), lo que indica que una persona expuesta al evento de día cálido, tiene 1,38 veces más de probabilidad de morir por causas respiratorias en un día cálido, frente a una persona que no se encuentre expuesta al evento. El RA, por su parte, indica que el 27,72% de la población se encuentra en riesgo de morir por causas respiratorias, por cada grado que se eleve la temperatura por sobre la temperatura umbral, considerando que toda la población está expuesta.

4.5.2.2 Modelos de mortalidad – periodo cálido

El periodo cálido fue considerado los meses comprendidos entre el 01 de noviembre al 31 de marzo de cada año. Se consideraron las causas de muertes presentadas

en la **Tabla 24**, al comienzo del apartado 4.2. A continuación, se presentan los resultados encontrados para cada una de las comunas en estudio.

Se encontraron relaciones significativas en Santiago, para las defunciones por causas respiratorias y en Cerro Navia para las defunciones por causas circulatorias. El resto de los modelos evaluados no presentó relación estadísticamente significativa con DC u OC. Los modelos obtenidos y su caracterización pueden visualizarse en el apartado de anexos.

Para la variable Día Cálido (DC), se encontró relación estadísticamente significativa con las Muertes por Causas Respiratorias en general (MCRt) y Muertes por Causas Respiratorias del grupo d (MCRd) en la comuna de Santiago. En la comuna de Cerro Navia, esta variable presentó una relación con el modelo MCVd correspondiente a Muertes por causas Cardiovasculares del grupo d (mayores de 65 años), pero rezagado 5 días.

En la **Tabla 29** se observan los coeficientes beta y el correspondiente error estándar (EE(B)), de la relación “Día Cálido-defunciones”, junto a los correspondientes riesgos relativos (RR), los intervalos de confianza del 5 y 95 (ICI, ICS) y el Riesgo Atribuible (RA), de morir por la causa especificada, ante un Día Cálido (DC).

Tabla 29: Riesgo Relativo asociado a DC en las comunas, periodo cálido.

<i>Comuna</i>	<i>Modelo</i>	<i>Beta</i>	<i>EE(B)</i>	<i>RR</i>	<i>ICI</i>	<i>ICS</i>	<i>RA (%)</i>
Santiago	MCRt	0,3213	0,1619	1,38	1,00	1,89	27,48%
Santiago	MCRd	0,4110	0,1990	1,51	1,02	2,23	33,77%
Cerro Navia*	MCVd	0,6130	0,2435	1,85	1,15	2,98	45,95%

(*) Riesgo encontrado con 5 días de rezago..

Fuente: Elaboración propia, en base a datos obtenidos de SINCA, Meteochile y DEIS

El mayor riesgo de morir, se presenta en la comuna de Cerro Navia, a los 5 días de superada la Temperatura Umbral, por causas Cardiovasculares en personas mayores de 65 años, con un Riesgo Atribuible de 45,95%. Esto quiere decir, que 45,95%, de las defunciones por causas cardiovasculares en Cerro Navia, en

mayores de 65 años, sería atribuible al aumento de las temperaturas, por sobre la temperatura umbral.

En Santiago en tanto, vuelve a ser significativo el Día Cálido, para la mortalidad por causas respiratorias, al igual que para el periodo anual, con un RR= 1,38 (1,00-1,89), y un Riesgo Atribuible (RA)= 27,48%. Sin embargo, para la misma causa es mayor el riesgo para personas mayores de 65 años RR=1,51 (1.02-2,23), con un Riesgo Atribuible igual a 33,77%, indicando que el 33,77% de los fallecidos por causas respiratorias con una edad mayor de 65 años, fallecieron producto de los Días Cálidos.

Las Olas de Calor en tanto, muestran relaciones estadísticamente significativas con las Muertes por Causas Respiratorias en el grupo de personas entre 25 y 64 años de edad para la comuna de Santiago. En Cerro Navia en tanto, las OC tienen relación con las Muertes por causas Cardiovasculares en personas mayores de 65 años.

En la **Tabla 30**, se observan los coeficientes beta y el correspondiente error estándar (EE(B)), de la relación “OC-defunciones”, junto a los correspondientes riesgos relativos (RR), los intervalos de confianza del 5 y 95 (ICI, ICS) y el Riesgo Atribuible (RA), de morir por la causa especificada, ante un evento de Ola de Calor.

Tabla 30: Riesgo Relativo asociado a OC en las comunas, periodo cálido.

Comuna	Modelo	Beta	EE(B)	RR	ICI	ICS	RA
<i>Santiago</i>	MCRc	1,0250	0,4890	2,79	1,07	7,27	64,12%
<i>Cerro Navia</i>	MVCd	0,9435	0,4212	2,57	1,13	5,87	61,09%

Fuente: Elaboración propia, en base a datos obtenidos de SINCA, Meteochile y DEIS

El máximo Riesgo Relativo de morir se produce por causas respiratorias en personas entre 25 y 64 años en la comuna de Santiago Centro, con RR=2,79 (1,07 – 7,27) en relación a una persona que no se encuentre expuesta al evento de Ola de Calor. El Riesgo Atribuible indica que el 64,12% de los fallecidos registrados en el periodo de estudio, en la comuna de Santiago, por causas respiratorias en el

grupo etario 25-64 años, habría fallecido producto del aumento de las temperaturas, por sobre la temperatura umbral, por 3 días consecutivos.

Es importante considerar que, si bien la población entre 25 y 64 años es una población móvil, siendo posible su desplazamiento hacia otras comunas a lo largo del día, para trabajar o estudiar, en Santiago Centro, se encuentran el mayor foco de trabajo y estudios, por tanto, enfrentarían las olas de calor en dicha comuna.

En la comuna de Cerro Navia en tanto, se produce un riesgo de morir por causas cardiovasculares, en personas mayores de 65 años, con un RR=2,57 (1,13 – 5,87), con un Riesgo Atribuible de 61,09%. Esta población, mayores de 65 años, son personas que no debiesen desplazarse considerablemente hacia otras comunas, por lo que se sugiere que el riesgo obtenido en Cerro Navia, a pesar de ser menor que el de Santiago, da indicios de ser representativo de la realidad local.

4.5.3 Desarrollo de modelos de morbilidad

Para el desarrollo de estos modelos se definieron las variables de la siguiente forma: ingresos hospitalarios por enfermedades del sistema circulatorio, por enfermedades del sistema respiratorio y todas las causas a excepción de accidentes, que, además, fueron separadas por sexo y por grupo etario, definido anteriormente (en el apartado **3.4.1 Definición de variables**). Esta definición de variables, se puede observar en la **Tabla 31**.

Tabla 31: Variables de morbilidad.

Código	Descripción
<i>ICVt</i>	Ingresos hospitalarios por causas cardiovasculares
<i>ICVmasc</i>	Ingresos hospitalarios por causas cardiovasculares de sexo masculino
<i>ICVfem</i>	Ingresos hospitalarios por causas cardiovasculares de sexo femenino
<i>ICVa</i>	Ingresos hospitalarios por causas cardiovasculares del grupo etario a
<i>ICVb</i>	Ingresos hospitalarios por causas cardiovasculares del grupo etario b
<i>ICVc</i>	Ingresos hospitalarios por causas cardiovasculares del grupo etario c
<i>ICVd</i>	Ingresos hospitalarios por causas cardiovasculares del grupo etario d
<i>ICRt</i>	Ingresos hospitalarios por causas respiratorias
<i>ICRmasc</i>	Ingresos hospitalarios por causas respiratorias de sexo masculino
<i>ICRfem</i>	Ingresos hospitalarios por causas respiratorias de sexo femenino
<i>ICRa</i>	Ingresos hospitalarios por causas respiratorias del grupo etario a
<i>ICRb</i>	Ingresos hospitalarios por causas respiratorias del grupo etario b
<i>ICRc</i>	Ingresos hospitalarios por causas respiratorias del grupo etario c
<i>ICRd</i>	Ingresos hospitalarios por causas respiratorias del grupo etario d
<i>ITCt</i>	Ingresos hospitalarios por todas las causas menos accidentales
<i>ITCmasc</i>	Ingresos hospitalarios por todas las causas menos accidentales del sexo masculino
<i>ITCfem</i>	Ingresos hospitalarios por todas las causas menos accidentales del sexo femenino
<i>ITCa</i>	Ingresos hospitalarios por todas las causas menos accidentales del grupo etario a
<i>ITCb</i>	Ingresos hospitalarios por todas las causas menos accidentales del grupo etario b
<i>ITCc</i>	Ingresos hospitalarios por todas las causas menos accidentales del grupo etario c
<i>ITCd</i>	Ingresos hospitalarios por todas las causas menos accidentales del grupo etario d

Fuente: Elaboración propia

Las variables meteorológicas, ambientales y confundentes son las presentadas anteriormente, en el apartado 4.2.

4.5.3.1 Modelos de morbilidad – periodo total

El periodo total, sólo fue evaluado para las variables *ICVt* (ingresos por causas cardiovasculares), *ICRt* (ingresos por causas respiratorias) y *ITCt* (ingresos por todas las causas), para cada una de las 3 comunas: Santiago Centro, El Bosque y

Cerro Navia), siendo significativa la relación entre Día Cálido e ingresos por todas las causas, exceptuando accidentes, en la población de la comuna de Santiago. En el apartado de anexos, se especifica el modelo estadísticamente significativo.

En la **Tabla 32**, muestra el coeficiente beta y el error estándar de la relación Día Cálido-Ingreso hospitalario, el riesgo relativo (RR=1,04) y sus respectivos intervalos de confianza (5=1,01 y 95=1,06), y el Riesgo Atribuible (RA=3,43%). El RA indica que, de todos los ingresos hospitalarios ocurridos en Santiago por todas las causas, el 3,43% sería atribuible al aumento de la temperatura máxima, cuando sobrepasa la temperatura umbral.

Tabla 32: Riesgo relativo asociado a los Días Cálidos en la comuna de Santiago, periodo total.

<i>Comuna</i>	<i>Modelo</i>	<i>Beta</i>	<i>EE(B)</i>	<i>RR</i>	<i>ICI</i>	<i>ICS</i>	<i>RA</i>
<i>Santiago</i>	ITCt	0,0350	0,0142	1,04	1,01	1,06	3,43

Fuente: Elaboración propia, en base a datos obtenidos de SINCA, Meteochile y DEIS

No existió relación estadísticamente significativa entre ingresos hospitalarios y Olas de Calor, para los meses cálidos, en ninguna de las comunas bajo estudio.

4.5.3.2 Modelos de morbilidad – periodo cálido

Al igual que para el estudio de las defunciones, se consideró el periodo cálido como los meses comprendidos entre el 01 de noviembre al 31 de marzo de cada año. A continuación, se presentan los resultados encontrados para las 3 comunas. En el apartado de Anexos, se especifican los modelos, en los cuales se encontró una relación significativa entre ingresos hospitalarios y días cálidos.

La relación entre Día Cálido y admisiones hospitalarias, fue significativa en las 3 comunas estudiadas, para todas las causas, exceptuando accidentes. Además, en El Bosque y en Santiago, se encontró relación significativa para causas cardiovasculares.

El máximo riesgo relativo de hospitalización, se produce por enfermedades al sistema circulatorio, en el grupo de mayores de 65 años en la comuna El Bosque, para un día cálido con RR=1,20 (1,02 – 1,41), con un RA de 16,58%, lo que indica que el 16,58% de la población que se hospitalizó por causas cardiovasculares se debería al aumento de temperaturas. El segundo mayor riesgo de hospitalización por un día cálidos se produce igualmente en El Bosque, por todas las causas, exceptuando accidentes y también para el grupo de adultos mayores, según se observa en la **Tabla 33**. Es importante mencionar que varios de los modelos generados involucran también una posible relación con las variables ambientales como es el caso de los modelos ICVt (Ingresos por causas cardiovasculares) y ITCc (Ingresos por todas las causas en personas entre 24-64 años) en Santiago que consideran relaciones con MP10, O3 y MP2.5; y el modelo ICVd (ingresos por causas cardiovasculares en mayores de 65 años) en El Bosque, que muestra relación con MP10 y MP2.5 y que se especifican en el apartado de anexos.

Tabla 33: Riesgo relativo asociado a DC en las 3 comunas, periodo cálido.

<i>Comuna</i>	<i>Modelo</i>	<i>Beta</i>	<i>EE(B)</i>	<i>RR</i>	<i>ICI</i>	<i>ICS</i>	<i>RA</i>
<i>Santiago</i>	ICVt	0,0969	0,0399	1,10	1,02	1,19	9,23
<i>Santiago</i>	ITCc	0,0399	0,0188	1,04	1,00	1,08	3,91
<i>Santiago</i>	ITCd	0,0541	0,0264	1,06	1,00	1,11	5,27
<i>Cerro Navia</i>	ITCmasc	0,1120	0,0511	1,12	1,01	1,24	10,60
<i>El Bosque</i>	ICVd	0,1813	0,0818	1,20	1,02	1,41	16,58
<i>El Bosque</i>	ITCd	0,1220	0,0393	1,13	1,05	1,22	11,49

Fuente: Elaboración propia, en base a datos obtenidos de SINCA, Meteochile y DEIS

Dado que la comuna registrada, es la comuna de residencia del paciente, es posible que muchos pacientes no se hospitalicen en sus comunas de residencia, tomando en consideración que trabajan o estudian en otras comunas. Razón por la cual se estima que las relaciones significativas que involucran al grupo etario sobre 65 años pudiesen ser más cercanas a la realidad.

Las Olas de Calor en tanto, no tienen una relación significativa con los ingresos hospitalarios.

DISCUSIONES

Las Olas de Calor, como se ha visto en reportes del clima, son eventos cada vez más frecuentes e intensos especialmente en la zona precordillerana y en los valles (DMC, 2017). La ciudad de Santiago se encuentra precisamente en un valle, cerrado por cadenas montañosas en sus 4 direcciones, limitando al este y oeste con las cordilleras de Los Andes y de la costa, respectivamente, al norte con cerros de Chacabuco y finalmente al sur, con angostura de Paine.

Debido a este confinamiento, la velocidad del viento en la cuenca es bastante débil, lo que influye en la estabilidad de la atmósfera, generando un problema importante de contaminación atmosférica. La calidad del aire, puede relacionarse con condiciones preexistentes de enfermedades en la población, las cuales se podrían ver exacerbadas bajo un evento de Ola de Calor. En este sentido, se menciona que los modelos relacionados con ingresos hospitalarios y que se especifican en el apartado de anexos, presentan relaciones con otras variables como MP10, MP2.5 y O3.

Las condiciones socioeconómicas de los individuos son importantes a la hora de enfrentar un evento de calor extremo, ya que puede influir en su forma de enfrentar el evento, a través del uso de aire acondicionado, ventiladores, material de construcción de la vivienda, entre otros. En relación a esto, el indicador de pobreza multidimensional señala que Cerro Navia tendría un 35% de la población en situación de pobreza, además, de presentar los mayores niveles de hacinamiento (Seremi de desarrollo social metropolitano, 2016). Las comunas del sector oriente de la capital presentan menores índices de pobreza, mayor status económico, baja tasa de mortalidad por causas respiratorias, en comparación con otras comunas de la capital, como Cerro Navia, ubicada en el poniente (Villarroel J. y Ortiz J., 2007).

Junto con lo anterior, las áreas verdes, conocidas por su capacidad de filtrar y limpiar las masas de aire a la vez que reciclan parte de los contaminantes, también se distribuyen de una forma desigual en el gran Santiago. Sólo 9 comunas, vale decir,

el 20% de la población de Santiago, concentran el 50% de las áreas verdes, ocurriendo diferencias significativas, como por ejemplo Vitacura posee un promedio de 21,8 m² por habitante, contrastante con Pudahuel con 1,2 m² por habitante (ATISBA,2011).

Las áreas verdes presentan un beneficio invaluable a la hora de enfrentar una Ola de Calor, debido a que generan la conocida “Brisa de Parque” que provee de aire limpio y fresco a la ciudad, beneficio que es ampliado cuando se realizan conexiones entre áreas verdes en la ciudad (Romero H., Irrarázaval F., Opazo D., Salgado M., Smith P., 2010).

Estudios sugieren que las estaciones meteorológicas no captan la realidad de la temperatura en el lugar, debido al efecto de Isla de Calor Urbana (Romero H. y Opazo D., 2017), por lo cual esta diferencia entre la temperatura obtenida de la estación y la temperatura real, también pueden influir en los resultados encontrados.

Los resultados obtenidos en este estudio, respecto a los Riesgos Relativos de hospitalizaciones por causas cardiovasculares, respiratorias y todas las causas, muestran valores mayores a lo encontrado en otros países y que se agrupan en un meta análisis elaborado por Dung P. et al en el año 2016, que muestra un Riesgo Atribuible de 2,8% y un Riesgo Relativo de 1,022. Para este estudio, el mayor riesgo de hospitalización se produce en El Bosque con un RR= 1,20, con un RA= 16,58%, y el menor riesgo en Santiago con un RR= 1,04 con un RA= 3,91%.

Situación similar ocurre al comparar los resultados obtenidos en mortalidad con los estudios realizados en España, en donde las Comunidades Autónomas con mayores Riesgos atribuibles presentan 18,8% y 21,1%, valores bastante menores que los dos Riesgos encontrados para la población de Santiago (64,12%) y Cerro Navia (61,09%), por causas respiratorias y cardiovasculares. Las razones de estas diferencias pueden ser bastante diversas, pero a continuación se nombran algunas:

- La extensión del estudio: El estudio de este tipo de eventos se realiza por al menos 9-10 años de estudio, además de realizarse en metrópolis completas

como una unidad de estudio. Situación que no pudo ser replicada en este estudio por la poca información y baja calidad de los registros utilizados.

- Junto con lo anterior, las defunciones diarias, al igual que las hospitalizaciones poseen magnitudes más pequeñas en este estudio que las utilizadas en otros países, lo cual pudo haber influido en la capacidad del modelo de captar las relaciones entre las variables.
- Las condiciones socioeconómicas distintas entre los residentes en Europa y en Latinoamérica, debido a la diferencia de desarrollo entre los países (desarrollados, en vías de desarrollo)
- Los resultados con los cuales se realiza la comparación, son riesgos que afectan a la población sin distinción de edad y por todas las causas naturales de defunción. En este estudio no se encontraron riesgos significativos para toda la población, por el contrario, los riesgos son específicos para los grupos de edad y causas descritas.

En definitiva, los riesgos encontrados en este informe, especialmente para olas de calor, son bastante selectivos, afectando solo a una parte de la población. Sin embargo, las Olas de Calor, pueden producir más impactos que sólo los directamente ligados con la salud, como impactos en agricultura, secamiento de los acuíferos y desplazamiento de vectores (DMC, 2017), los que igualmente generan impactos en la calidad de vida de las personas.

La sinergia producida por las olas de calor y otros eventos como los incendios forestales son bastante letales según se observó en la Ola de Calor ocurrida en Rusia en el 2010 (Shaposhnikov D et al., 2014). Chile en general es un País que exporta madera y celulosa, siendo la actividad forestal, una de las más relevantes del país (PROGEA, 2018), por lo cual los incendios forestales son un evento catastrófico que se repite cada verano, generando un riesgo que debe ser eficazmente gestionado.

El verano 2019, específicamente el 26 de enero, se registraron 38,3 °C en Santiago, siendo la temperatura más elevada dentro de los últimos 100 años en la comuna, mientras que, en los valles interiores de Valparaíso, la temperatura alcanzó los 42,5 °C. Temperaturas englobadas dentro de una ola de calor que duró aproximadamente 4 días. Las temperaturas máximas, son mayores cada año, al mismo tiempo que las Olas de Calor aumentan en frecuencia e intensidad, representando un peligro para los sistemas de vida.

6. CONCLUSIONES

Para la investigación presentada, se utilizaron registros ambientales de las estaciones Parque O'Higgins, Cerro Navia y El Bosque, pertenecientes al Sistema de Información Nacional de Calidad de Aire (SINCA). Se utilizaron datos de MP10, MP2.5, ozono, temperatura máxima, mínima y promedio, humedad relativa máxima, mínima y promedio, velocidad del viento máxima, mínima y promedio, todos en valores diarios. Siguiendo la metodología descrita, se identificaron valores perdidos y se imputaron, para obtener series temporales completas.

A través de la Temperatura Umbral definida para Santiago por la DMC, se obtuvo la cantidad de Olas de Calor ocurridas en cada comuna para el periodo de estudio. En Santiago centro, ocurrieron la mayor cantidad de eventos (16) siendo el más largo e intenso el ocurrido entre el 8 y 21 de marzo del 2015, el cual duró 14 días y se alcanzaron temperaturas de 35,7 °C. En Cerro Navia en tanto, ocurrieron 14 eventos de OC, siendo 6 días la mayor duración de 2 de los eventos registrados. La temperatura máxima alcanzada en Cerro Navia es 35,7 °C, al igual que en Santiago. En El Bosque en tanto, se registraron 13 Olas de Calor, siendo la de mayor duración la OC ocurrida en marzo del 2015 con 7 días por sobre la temperatura umbral y alcanzando 35,4 °C.

La cantidad de días cálidos, fue otro factor estudiado en este trabajo, encontrándose que, en todos los periodos estudiados, se sobrepasa la cantidad de días considerados como un verano normal (9 días cálidos). En Santiago centro se registraron entre 22 y 39 DC por temporada de estudio, sumando 152 días cálidos para el total del periodo de estudio. En segundo lugar, se encuentra Cerro Navia, en dónde la cantidad de DC por temporada varía entre 18 y 34 días, sumando 132 días para el periodo de estudio. Finalmente, en El Bosque se registraron entre 19 y 29 DC por temporada, sumando 123 días cálidos entre 2011 y 2016. La temperatura promedio de estos días cálidos corresponde a 33 °C aproximadamente.

Por otra parte, se obtuvieron registros de defunciones diarias y egresos hospitalarios, a través de los cuales se obtuvieron los ingresos hospitalarios diarios, de las bases de datos del Departamento de Estadística e Información de Salud (DEIS):

- Para la variable mortalidad, se obtuvo que aproximadamente, un 30% de las defunciones ocurren por causas cardiovasculares, mientras que cerca de un 7% ocurre por causas respiratorias en las 3 comunas bajo estudio, siendo el grupo de mayores de 65 años los que representan el mayor porcentaje de fallecidos, en relación con los otros grupos etarios, para todas las causas estudiadas. Es importante mencionar que el promedio de mortalidad diaria para todas las causas varía entre 3,5 y 1; para causas cardiovasculares entre 1,1 y 0,3 y para causas respiratorias entre 0,3 y 0,1, siendo Santiago la comuna con promedios más altos y Cerro Navia la de promedios más bajos.
- Para la variable morbilidad, se obtuvo que entre el 7 y 9% de los ingresos hospitalarios por todas las causas, ocurre por causas respiratorias. Los ingresos por causas respiratorias, tienen un promedio de 6,8 ingresos en Santiago, 2,6 en El Bosque y 1,2 en Cerro Navia. Los promedios diarios para causas cardiovasculares son 7,4 en Santiago, 3,1 en El Bosque y 1,5 en Cerro Navia. Finalmente, los promedios diarios de ingresos hospitalarios por todas las causas son 96 en Santiago, 34 en El Bosque y 16 en Cerro Navia.

Finalmente, se utilizaron los programas Excel, para poder realizar un análisis integrado y el programa estadístico Rstudio, que con su paquete. mgcv, permitió procesar las series de datos y modelarlas bajo Modelos Generalizados Aditivos (GAM) de Poisson, a través de los cuales, se obtuvo el riesgo asociado al aumento de las temperaturas.

Es importante mencionar que el análisis visual de las series de tiempo, no presenta ninguna relación directa, debido principalmente a que las variables de ingresos hospitalarios y mortalidad, no siguen un patrón de comportamiento que permita observar cambios en su comportamiento.

Al realizar el análisis a través de Rstudio, se obtuvo que la elevación de la temperatura máxima, por sobre la temperatura umbral, en un evento de **día cálido**, genera un riesgo de morir por causas respiratorias, para la población en general (RR=1,38 [1,00-1,89]) y para la población mayor de 65 años (RR=1,51 [1,02-2,23]), en la comuna de Santiago; y riesgo de morir por causas cardiovasculares en la población mayor de 65 años en Cerro Navia (RR=1,85 [1,15-2,98]), siendo esta última la que representa un mayor riesgo relativo y mayor riesgo atribuible (RA=45,95%), que indica que el 45,95% de los fallecidos por causas cardiovasculares, fallecieron producto de la exposición a los eventos de días cálidos.

También el día cálido, genera un riesgo en la morbilidad de la población, expresándose como riesgo para la población de hospitalizarse por causas cardiovasculares en Santiago (RR=1,1 [1,02-1,19]), y en El Bosque (RR=1,2 [1,02-1,41], este último en mayores de 65 años. Al igual que riesgo para la población de hospitalizarse por todas las causas, exceptuando accidentes para Santiago (entre 25 y 64 años RR=1,04 [1,00-1,08]; mayores de 65 años RR=1,06 [1,00-1,11]), Cerro Navia (en hombres RR=1,12 [1,01-1,24]) y El bosque (en mayores de 65 años RR=1,13 [1,05-1,22]). El mayor riesgo atribuible encontrado, indica que el 16,58%, de los ingresos por causas cardiovasculares es la comuna de El Bosque en mayores de 65 años, ocurriría producto del aumento de las temperaturas en un Día Cálido, considerando que toda la población estuvo expuesta al evento.

Finalmente, las **Olas de Calor** representan un riesgo de morir por causas respiratorias en personas entre 24 y 65 años de edad, en la comuna de Santiago (RR=2,79 [1,07-7,27]), con un riesgo atribuible del 64,1%, siendo el RR más alto de los encontrados en el estudio. Además, se encontró riesgo de morir por causas cardiovasculares en la comuna de Cerro Navia en personas sobre 65 años de edad (RR=2,57 [1,13-5,87]), con un RA=61,09%, el segundo más alto y que indica que el 61,09% de los adultos mayores fallecidos por causas cardiovasculares en Cerro

Navia, se deberían a los eventos de Olas de Calor, pero con un retraso de 5 días. Sin embargo, un factor crucial es que la población entre 25 y 64 años es una población móvil, que no necesariamente viven el evento de calor en su comuna de residencia.

Se puede concluir entonces que, si existe un riesgo de muerte para la población por eventos de Olas de Calor, en Santiago afectando a personas sobre 24 años de edad y especialmente en Cerro Navia poniendo en riesgo a los mayores de 65 años. Caso contrario ocurre con la morbilidad, en dónde las Olas de Calor no generan un riesgo de hospitalizaciones, sin embargo, los Días Cálidos sumados a otras condiciones atmosféricas, parecen representar un porcentaje de los ingresos registrados en el periodo de estudio.

La importancia de este tipo de estudios, radica a fin de cuentas en encontrar los riesgos que producen eventos extremos, en distintas áreas como social, infraestructura, energía, economía y salud, como en este caso, a manera de poder gestionar los riesgos y disminuir los impactos asociados.

Para futuros proyectos sería interesante observar el comportamiento en otras comunas y en otras ciudades del País, especialmente ubicadas en la depresión intermedia, debido a que en esas zonas se producen mayores temperaturas. Junto con lo anterior, sería importante reforzar los sistemas de alerta de Olas de Calor y también, generar planes de acción para llevar a cabo a corto mediano y largo plazo, creando medidas que permitan disminuir los riesgos encontrados.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATISBA. (s.f.). "La Brecha Verde: Distribución espacial de las áreas verdes en el Gran Santiago". [en línea]: *documenting electronic sources on the Internet*. 2011 [fecha de consulta: 01/03/2019]. Disponible en: < <http://www.atisba.cl>>.
- Ballester F., Corella D., Pérez-Hoyos S., Sáez M. (1997). Mortality as a function of temperature. A study in Valencia, Spain, 1991.1993. *International Journal of Epidemiology* 26, 551-561.
- Berberiana G. y Rosanova M. (2012). Impacto del cambio climático en las enfermedades infecciosas. *Arch Argent Pediatr* 2012, 110(1):39-45.
- Biblioteca del Congreso Nacional. (2018). *Capas y mapas vectoriales* .
- BMJ. (2015). Pakistan authorities trade blame as heatwave deaths exceed 800. *The BMJ*, 350.
- Chen T., Sarnat S., Grundstein A., Winkvist A., Chang H. (2017). Time-series analysis of heat waves and emergency department visits in Atlanta, 1993 to 2012. *Environmental Health Perspectives*.
- CONAMA. (2006). *Estudio de la Variabilidad Climática en Chile para el Siglo XXI*. Santiago: Universidad de Chile.
- Correa E., Flores S. y Lesino G. (2003). Isla de calor urbana: Efecto de los pavimentos. Informe de avance. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 7, (2): 25-30.
- Culqui D., Díaz J., Simón F., Linares C. (2013). Análisis del impacto de las olas de calor sobre la mortalidad de la ciudad de Madrid durante el periodo 1990-2009. . *Revista Española de Salud Pública* (3), 277-282.
- De Lorenzo A. & Liñao F. (2016). High temperatures and nephrology: The Climate Change problem. *Nefrología (English Edition)* 37, Issue 5, 492-500.
- DEIS. (2017). *Indicadores Básicos de Salud, IBS. Chile 2016*. Santiago: MinSal.
- DEIS. (2018). *Bases de datos de morbilidad y defunciones*.
- Deo R., McAlpine C., Syktus J., McGowan H., Phinn S. (10-13 de Dec. de 2007). On Australian heat waves: time series analysis of extreme temperature in

- Australia, 1950-2005. *MODSM07: International Congress on Modelling and Simulation: Land, Water and Environmental Management: Integrated Systems of Sustainability*.
- Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile . (2008). *Atmósfera: Meteorología Interactiva*. Obtenido de <http://www.atmosfera.cl/index.html>
- Díaz J., Carmona R., Linares C. (2015). *Temperaturas umbrales de disparo de la mortalidad atribuible al calor en España en el periodo 2000-2009*. Madrid: Instituto de Salud Carlos III.
- Díaz J., García R., Velázquez de Castro F. (2002). Effects of extremely hot days on people older than 65 years in Seville (Spain) from 1986 to 1997. *International Journal Biometeorology* 46, 145-149.
- Dionisio L. (2012). Los efectos negativos del calentamiento global llegan a la argentina. *Revista de Salud Pública*, XVI (2): 87-89.
- Dirección Meteorológica de Chile . (2017a). *Resumen Climático Chile -2016*. Dirección general de aeronáutica civil.
- Dirección Meteorológica de Chile . (2017b). *Informe Especial: Verano en Chile*. Santiago: DGAC Chile.
- Dirección Meteorológica de Chile. (2018). Olas de Calor . *Obtenido por ley de transparencia*.
- Dirección Meteorológica de Chile. (2017c). *Informe Climático Especial, Enero 2017: un mes de récords*. . Santiago: DMC, Climatología.
- DMC. (2007). *Archivos DMC: Climatología de Ciudades*. Obtenido de https://web.archive.org/web/20071214024142/http://www.meteochile.cl/climas/climas_localidades.html#santiago (Junio 2018.)
- DMC. (2017). *Reporte anual de la evolución del clima en Chile*. Santiago: Dirección Meteorológica de Chile.
- Dung P., et al. (2016). Ambient temperature and risk of cardiovascular hospitalization: An updated systematic review and meta-analysis. *Science of the total environment*, 1084-1102.

- ETCCDI, E. T. (2013). *ETCCDI/CRD Climate Change Indices*. Obtenido de http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml el 17/11/2017
- ETCCDI, E.T. (s.f.). *Expert Team of Climate Change Detection and Indices* . Obtenido de CRD Climate Change Indices. : http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml (Marzo 2018)
- Falvey M. Garreaud R. . (2009). Regional cooling in a warming world: Recent Temperature trends in the southeast Pacific and along the west coast of subtropical South América (1979-2006). *Journal of Geophysical Research* 114.
- Fouillet A. et al. (2008). Has the impact of heat waves on mortality changed in France since the European heat wave summer 2003? A study of the 2006 heat wave. *Int J Epidemiol*, 309-317.
- García-Pina R., Tobía A., Sanz J., Navarro S., García-Fulgueiras A. (2008). Efecto del calor sobre el número de urgencias hospitalarias en la región de Murcia durante los veranos del periodo 2000-2005 y su uso en el plan de vigilancia epidemiológica. *Revista Española de Salud Pública* 2008 2, 153-166.
- Huynen M., Martens P., Scharm D., Weijenberg M., Kunst A. (2001). The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in Dutch population. *Environmental Health Perspectives* 109, 463-470.
- Instituto Nacional de Estadística. (2018 a). *2da Entrega de Resultados Definitivos Censo 2017*.
- Instituto Nacional de Estadística. (Mayo de 2018 b). *Resultados Censo 2017*. Obtenido de <https://resultados.censo2017.cl/>
- IPCC. (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. New York: Cambridge University Press.
- IPCC. (2018). *Special Report: Global Warming of 1.5°C*. Suiza: IPCC.
- Jacques M. (Noviembre de 2017). Olas de Calor. *Expositor en el Congreso de Oceanografía, Física, Clima y Meteorología*. Concepción.
- Kovats S. & Evi K. (2006). Heatwaves and public Health in Europe. *European Journal of Public Health* 16, 592-599.

- López-Bueno J., Díaz J., Linares C. (2019). Differences in the impact of heat waves according to urban and peri urban factors in Madrid. *International Journal of Biometeorology*, 371-380.
- Luber G., McGeehin M. (2008). Climate Change and Extreme Heat Events. *American Journal of Preventive Medicine* 35, 429-235.
- Manriquez C. (2015). *Análisis del efecto de la contaminación atmosférica, sobre la mortalidad y morbilidad en talca y maule, utilizando modelos aditivos generalizados GAM*. Concepción: UdeC.
- Martínez F., Simón-Soria F. & Lopez-Abente G. (2004). Valoración del impacto de la ola de calor del verano de 2003 sobre la mortalidad. *Caceta Sanitaria vol 18, 4* , 250-258.
- Ministerio de Salud. (2011). *Encuesta Nacional de Salud 2009-2010*. Universidad Alberto Hurtado.
- Ministerio de Salud. (2017). *Encuesta de Calidad de Vida y Salud (ENCAVI) 2015-2016*. Santiago: Gobierno de Chile.
- MinSal, Subsecretaría de Salud Pública . (2016). *Impacto de las Olas de Calor en la Salud de la Población*.
- MinSal; Subsecretaría de Salud Pública. (2018). *Encuesta Nacional de Salud 2016-2017: Segunda entrega de resultados*. Santiago.
- MINSEGPRES. (1996). *DECLARA ZONA SATURADA POR OZONO, MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE, PARTICULAS EN SUSPENSION Y MONOXIDO DE CARBONO, Y ZONA LATENTE POR DIOXIDO DE NITROGENO, AL AREA QUE INDICA*. Santiago: Ley chile.
- MINSEGPRES. (1998). *ESTABLECE NORMA DE CALIDAD PRIMARIA PARA MATERIAL PARTICULADO RESPIRABLE MP10, EN ESPECIAL DE LOS VALORES QUE DEFINEN SITUACIONES DE EMERGENCIA*. Santiago: Ley Chile.
- MMA. (2015). *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático*.
- MMA. (2016 a). *Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Salud*.

- MMA. (2016 b). *Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.*
- MMA. (2016 c). *Informe del Estado del Medio Ambiente.*
- MMA. (2017 a). *Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022.*
- MMA. (2017 b). *Tercer Reporte del Estado del Medio Ambiente.*
- Muñoz M. (2016). *La contaminación atmosférica en Santiago: Impacto sobre la salud de la población.* Santiago: Centro de Estudios Públicos (CEP Chile).
- Observatorio de Salud y Cambio Climático. (03 de 10 de 2017). *Temperatura Umbral Ola de Calor: Salud y Cambio Climático.* Obtenido de http://www.oscc.gob.es/es/general/salud_cambio_climatico/temperatura_umbral_ola_de_calor_es.htm (2017)
- Perkins S. & Alexander L. (2013). On the measurement of heat waves . *Journal of Climate* 26, 4500-4517.
- PROGEA. (2018). *Aporte económico y social del sector forestal en Chile y análisis de encadenamientos.* Santiago: Universidad de Chile.
- Querol X. (2018). *La calidad del aire en las ciudades: Un reto mundial.* España: Fundación Gas Natural Fenosa.
- Quo. (2015). Las 10 olas de calor más mortíferas de la historia. Quo.
- Romero H. y Opazo D. (2017). *Ondas e islas de calor en santiago: Avance de Investigación.* Concepción: Universidad de Chile.
- Romero H., Irrázaval F., Opazo D., Salgado M., Smith P. (2010). Climas urbanos y contaminación atmosférica en Santiago de Chile. *EURE* 36 (109), 35-62.
- Rosenbluth B., Fuenzalida H., Aceituno P. (1997). Recent Temperature Variations in Southern América. *International Journal of Climatology* 17, 67-85.
- Semanza J., Rubin C., Falter K., Selanico J., Flanders D., Howe H, Wilhelm J. (1997). Heat-Related deaths during july 1995 Heat Wave in Chicago. *N. ENgl J. Med* 335, 84-90.
- Seremi de desarrollo social metropolitano. (2016). *POBREZA Y DISTRIBUCIÓN DEL INGRESO EN LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO: RESULTADOS ENCUESTA CASEN 2015.* Santiago.

- Shaposhnikov D., et al. (2014). Mortality Related to Air Pollution with the Moscow Heat Wave and Wildfire of 2010. *Epidemiology*, 359-364.
- SINCA. (2018). *Información Histórica de Calidad de aire*.
- Vázquez R. y Villarroel C. (2017). *Tendencias de Índices de Extremos Climáticos de Precipitación y Temperatura en Chile*.
- Vilches C. y Villarroel C. (2017). *Olas de Calor en Chile*.
- Villarroel C. (2013). *Eventos extremos de precipitación y temperatura en Chile: Proyecciones para fines del siglo XXI*. Universidad de Chile.
- Villarroel C., Rosenbluth B., Aceituno P. (2006). *Estudio de la variabilidad climática en Chile para el siglo XXI*. Universidad de Chile.
- Villarroel J. y Ortiz J. (2007). *Estudio de las desigualdades espaciales en el estado de salud de las comunas del gran Santiago mediante indicadores socioeconómicos y de salud*. Santiago: Universidad de Chile.
- World Health Organization. (2004). *Heat Waves: Risk and responses*.
- World Meteorological Organization . (2015). *Heatwaves and Health: Guidance on Warming-System Development*. WMO 1142.

8. ANEXOS

Índice de Anexos

A.	Estadísticas de las variables ambientales.....	82
A.1	Análisis de MP10.....	82
A.2	Análisis de MP2.5.....	84
A.3	Análisis de Ozono.....	86
B.	Estadísticas de las variables meteorológicas.....	89
B.1	Análisis de Temperaturas.....	89
B.2	Análisis de Humedad Relativa.....	95
B.3	Análisis de Velocidad del Viento.....	102
C.	Estadísticas de las variables de salud.....	109
D.	Análisis integrado.....	115
E.	Otros anexos.....	118
F.	Descripción de los modelos.....	119

A. Estadísticas de las variables ambientales

A.1 Análisis de MP10

En primera instancia, se analizaron los datos de calidad del aire para el periodo anual, a modo de encontrar y rellenar vacíos temporales, según se describió en la metodología. Este análisis se realizó para las 3 estaciones ubicadas en Santiago Metropolitano, (Parque O'Higgins, El Bosque y Cerro Navia). Se utilizaron los registros diarios de MP10 desde el 01 de enero de 2011 hasta el 31 de diciembre de 2016.

En las **Figuras 1 a 3**, se observa el comportamiento del MP10 en las 3 comunas, apreciándose la estacionalidad de la misma, generándose en invierno los mayores niveles de contaminación, superándose en varias ocasiones el valor norma fijado en 150 mg/m³N, por el D.S. N°59/98 del MINSEGPRES. La imagen superior muestra los datos descargados directamente desde el SINCA y la imagen inferior, en línea roja, muestra el modelo utilizado para imputar datos faltantes, de la forma descrita en el apartado "Metodología", del texto principal.

Es importante mencionar que Santiago Metropolitano presenta un grave problema de contaminación atmosférica, siendo declarada Zona Saturada por MP10, PTS, O₃ y CO, además de latente por NO₂ en el año 1996, por el decreto DS 131 del MINSEGPRES (MINSEGPRES, 1996). La contaminación por material respirable ocurre principalmente en la época de otoño-invierno, y la contaminación fotoquímica (Ozono) en verano.

En la **Tabla 1** se presentan las estadísticas anuales de MP10 para las 3 estaciones (Parque O'Higgins, El Bosque y Cerro Navia), en donde se observa que en todos los años de estudio, máximo supera los 150 µg/m³, valor norma antes mencionado para las 3 estaciones evaluadas.

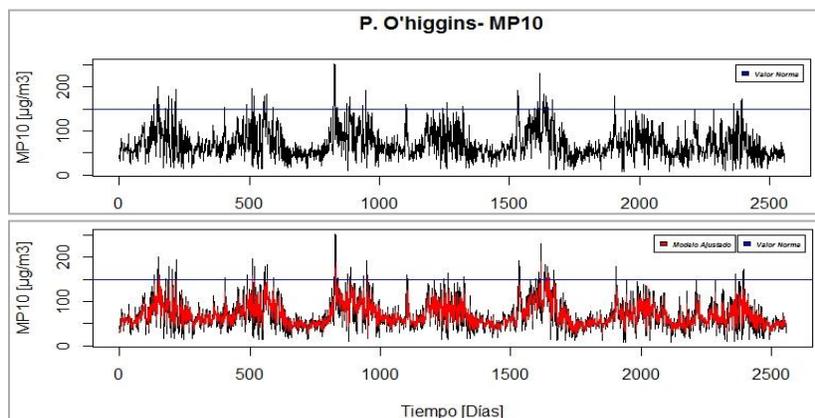


Figura 1: Datos y modelo MP10 para imputación de datos, estación P.O'Higgins.
Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA.

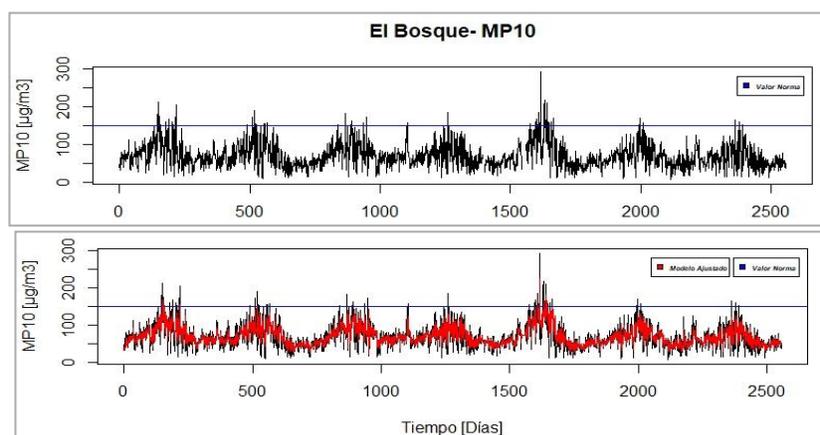


Figura 2: Datos y modelo MP10 para imputación de datos, estación El Bosque.
Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA

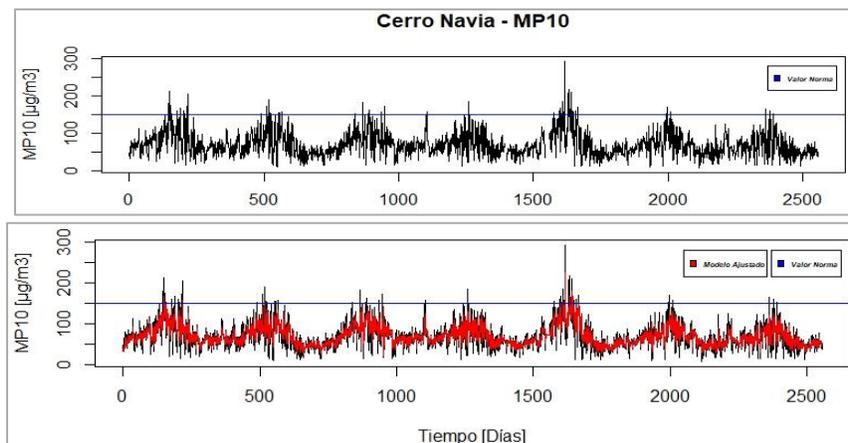


Figura 3: Datos y modelo MP10 para imputación de datos, estación Cerro Navia.
Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA

Tabla 1: Estadísticas de MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) periodo anual.

Comuna	Santiago				El Bosque				Cerro Navia			
Año	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.
2011	72	14	201	32	77	17	213	33	71	11	269	41
2012	71	14	196	34	69	12	189	32	69	13	226	42
2013	76	9	253	35	76	16	182	29	66	8	190	32
2014	69	15	165	30	69	14	184	28	58	15	195	32
2015	75	11	232	39	76	14	292	41	60	8	214	38
2016	67	8	179	29	67	9	170	27	61	9	194	32

Fuente: Elaboración propia, en base a datos obtenidos de SINCA.

A.2 Análisis de MP2.5

Se analizaron los datos para las 3 estaciones Parque O'Higgins, El Bosque y Cerro Navia. Se utilizaron los registros diarios de MP2.5 desde el 01 de enero de 2011 hasta el 31 de diciembre de 2016. En las **Figuras 4, 5 y 6**, se observa la estacionalidad de la variable MP2.5, generándose en invierno los mayores niveles de contaminación, igual que MP10 visto anteriormente. Se destaca que, en todas las temporadas de invierno, hay valores que sobrepasan el valor norma, fijado en $50 \mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ según consta en el Decreto 12 dictado por el Ministerio del Medio Ambiente en el 2011.

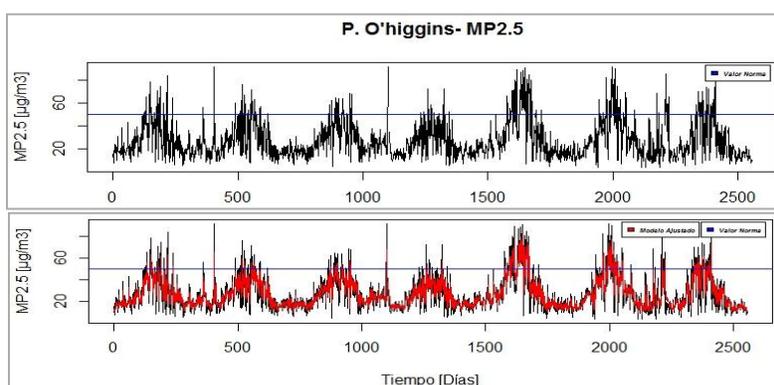


Figura 4 Datos y modelo MP2.5 para imputación de datos, estación P.O'Higgins

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA.

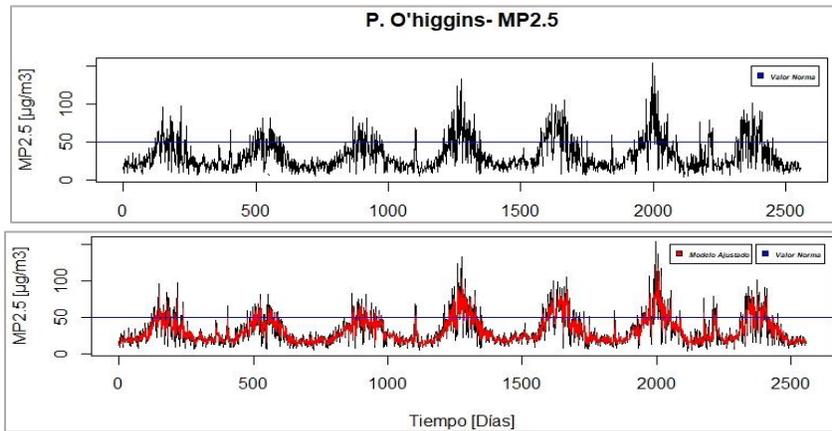


Figura 5: Datos y modelo MP2.5 para imputación de datos, estación El Bosque.
 Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA

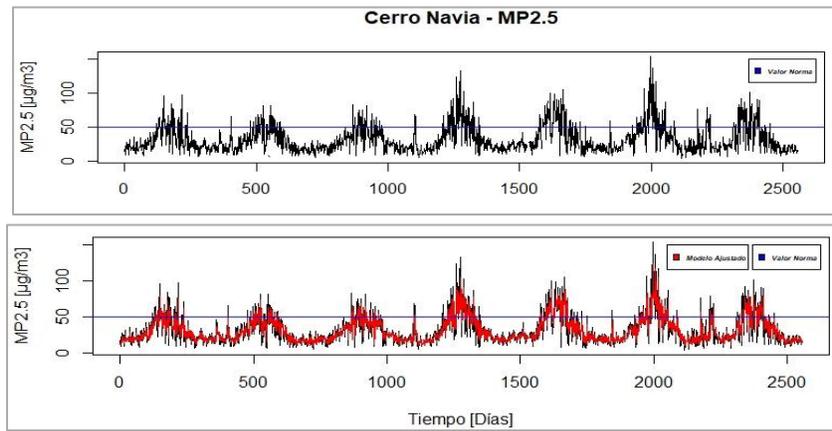


Figura 6: Datos y modelo MP2.5 para imputación de datos, estación Cerro Navia.
 Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA

En la **Tabla 2** se presentan las estadísticas anuales de MP 2.5 para las 3 estaciones: Santiago, El Bosque y Cerro Navia. Se observa que los promedios anuales se encuentran bajo el nivel de la norma. Los máximos valores de MP2.5, se observaron en Cerro Navia en el año 2016, en dónde se alcanzó 193 µg/m3 como máximo anual, valor que está muy por encima de la norma.

Tabla 2: Estadísticas de MP2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$) periodo anual.

Comuna	Santiago				El Bosque				Cerro Navia			
Año	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.
2011	27	6	84	14	29	7	97	16	30	6	127	23
2012	26	6	92	14	28	5	82	15	29	5	110	20
2013	28	5	68	12	29	7	82	15	27	5	96	17
2014	24	5	91	12	33	5	132	22	33	2	174	28
2015	32	5	91	19	35	6	104	21	33	4	162	27
2016	29	4	91	17	35	4	154	24	33	4	193	27

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA.

A.3 Análisis de Ozono

Se utilizaron los registros diarios de Ozono desde el 01 de enero de 2011 hasta el 31 de diciembre de 2016 para cada una de las 3 estaciones en estudio. En las **Figuras 7, 8 y 9**, se observa el comportamiento de la variable, apreciándose la estacionalidad de la misma, generándose en verano los mayores niveles de contaminación. Cabe destacar que existe una norma que fija el nivel de ozono en 61 ppbv, el DS 112/02 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República, dicho nivel corresponde a la concentración de 8 horas, sin embargo, los datos de este estudio representan promedios diarios, no pudiendo realizarse comparación con el valor norma establecido.

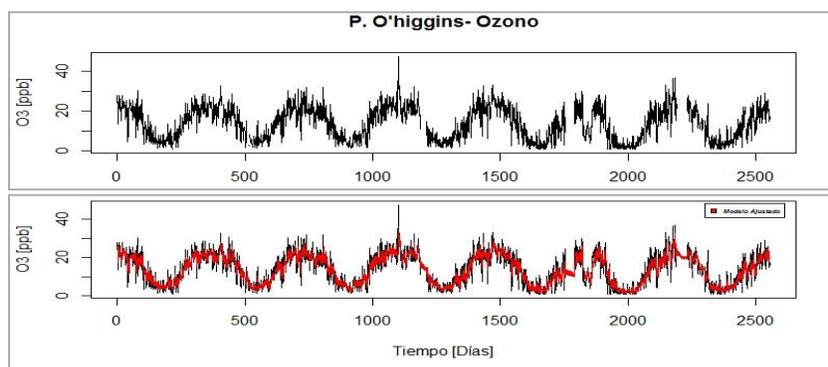


Figura 7: Datos y modelo Ozono para imputación de datos, estación P.O'Higgins.
Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de SINCA.

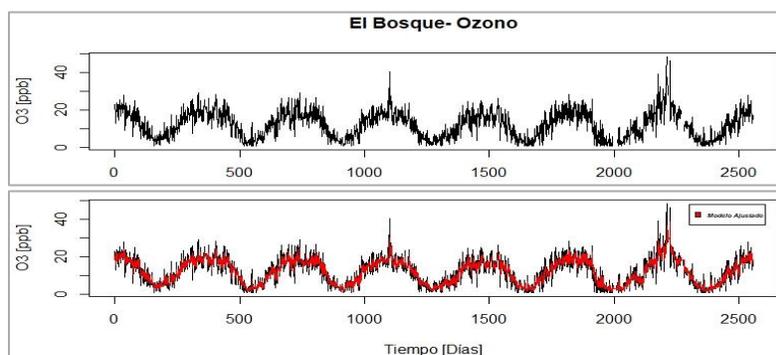


Figura 8: Datos y modelo Ozono para imputación de datos, estación El Bosque.
Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA.

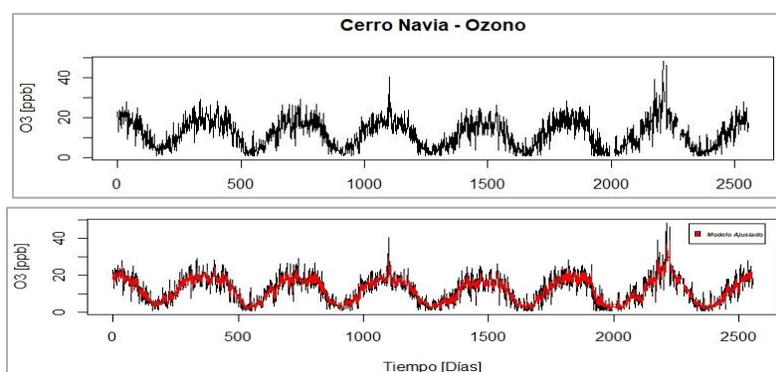


Figura 9: Datos y modelo Ozono para imputación de datos, estación Cerro Navia.
Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA.

Tabla 3: Estadísticas de O3 (ppb), para el periodo anual.

Comuna	Santiago				El Bosque				Cerro Navia			
	Año	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx
2011	14	1	30	7	14	1	29	6	14	1	29	7
2012	15	1	33	8	13	1	28	7	14	1	32	8
2013	15	2	32	8	13	1	29	6	15	1	32	8
2014	14	1	47	8	11	1	40	6	14	1	46	8
2015	13	1	33	8	12	1	28	7	13	1	32	8
2016	12	1	37	9	12	1	39	7	14	2	38	7

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de SINCA

En la **Tabla 3:** Estadísticas de O3 (ppb), se presentan las estadísticas anuales de ozono para las 3 comunas en estudio. Se observa que en el año 2014 se alcanzó el mayor valor de ozono dentro del periodo de estudio para las 3 comunas, alcanzando a 47 ppbv en Santiago, Cerro Navia 46 ppbv y 40 ppbv en El Bosque.

Los valores promedios anuales fluctúan entre 12 y 15 ppbv en Santiago, 11 y 14 ppbv en El Bosque y entre 13 y 15 ppbv en Cerro Navia.

B. Estadísticas de las variables meteorológicas

B.1 Análisis de Temperaturas

En este apartado, se analiza las estadísticas asociadas a las siguientes variables meteorológicas, temperatura mínima, media y máxima. Se utilizaron los registros diarios para todas las temperaturas, desde el 01 de enero de 2011 hasta el 31 de diciembre de 2016 para cada una de las 3 estaciones en estudio. Se destaca que todas poseen estacionalidad bastante similar, debido a que las mayores temperaturas se alcanzan en verano, ya sea máxima, mínima o promedio, y las menores ocurren en invierno.

a) Temperaturas Máximas

A continuación, en las **Figuras 10, 11 y 12**, se presentan los gráficos asociados a las **Temperaturas Máximas** de las estaciones Parque O'Higgins, El Bosque y Cerro Navia.

En la **Tabla 4** se observan las estadísticas anuales de la variable para cada estación bajo estudio. Se observa que la temperatura máxima como promedio anual, ronda por los 22 a 23 grados en las 3 comunas bajo estudio

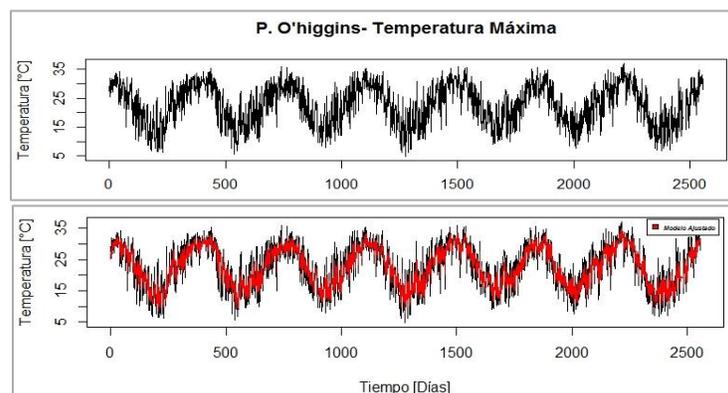


Figura 10: Datos y modelo Tmax para imputación de datos, estación P.O'Higgins.
Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA.

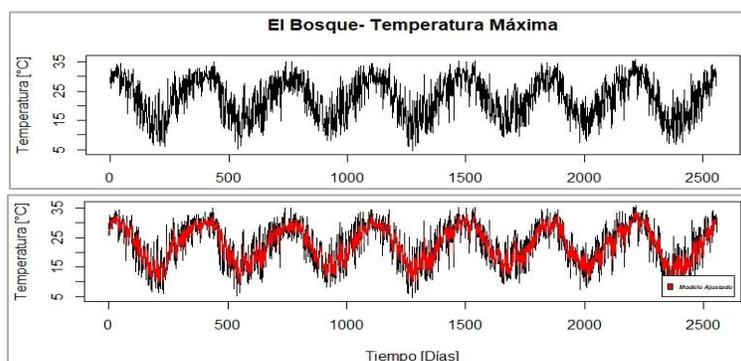


Figura 11: Datos y modelo Tmax para imputación de datos, estación El Bosque.
Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA.

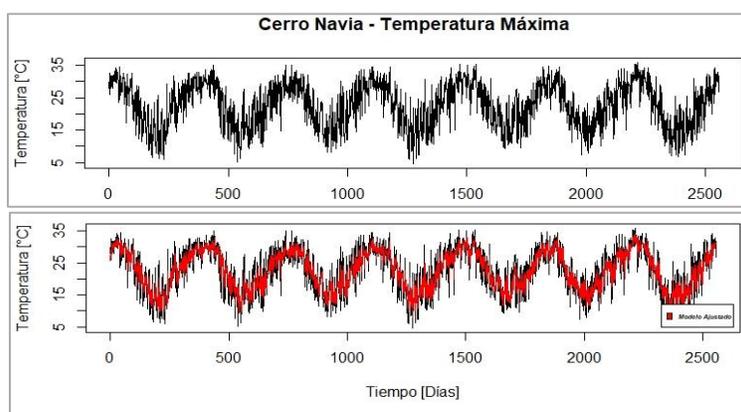


Figura 12: Datos y modelo Temperatura Máxima para imputación de datos, estación Cerro Navia.
Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA.

Tabla 4: Estadísticas de temperatura máxima (°C) periodo anual.

Comuna	Santiago				El Bosque				Cerro Navia			
	Año	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx
2011	22	6	34	7	23	6	34	7	22	6	34	7
2012	23	6	35	7	23	5	35	7	23	7	36	7
2013	23	8	36	7	23	8	35	6	23	9	36	6
2014	23	5	35	7	22	5	35	7	22	5	35	7
2015	23	9	36	7	23	9	35	6	23	10	36	6
2016	23	8	36	6	23	7	35	6	23	8	35	6

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de SINCA

Para los meses de verano, el promedio de las temperaturas máximas, para las tres comunas, Santiago, El Bosque y Cerro Navia, varía entre 28 y 29 grados Celsius, según se observa en la **Tabla 5**. Las máximas alcanzadas son 36 o 35 grados en las 3 comunas para todas las temporadas en estudio.

Tabla 5: Estadísticas de temperatura máxima (°C), meses cálidos.

Comuna	Santiago				El Bosque				Cerro Navia			
Periodo	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.
2011-2012	29	17	35	3	29	17	35	3	29	18	36	3
2012-2013	28	15	36	3	28	15	35	3	28	15	36	3
2013-2014	29	18	35	4	28	18	35	3	28	18	35	4
2014-2015	29	14	36	4	28	14	35	4	29	14	36	4
2015-2016	28	14	36	4	28	14	35	4	28	14	35	4

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de SINCA

b) Temperaturas Mínimas

A continuación, en las **Figuras 13 a 15** se presentan los gráficos asociados a las **Temperaturas Mínimas** de las estaciones Parque O'Higgins, El Bosque y Cerro Navia. En la **Tabla 6** se observan las estadísticas de la variable para cada comuna bajo estudio en el periodo anual. La temperatura mínima media corresponde a 8 o 9 °C en las 3 comunas bajo estudio.

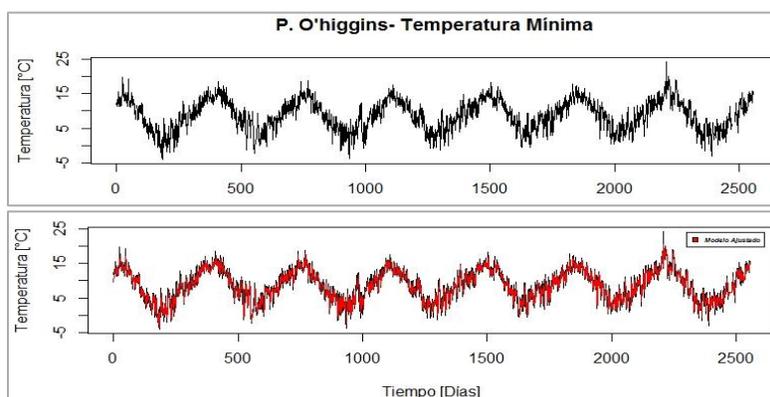


Figura 13: Datos y modelo Tmin para imputación de datos, estación Parque O'Higgins.

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA.

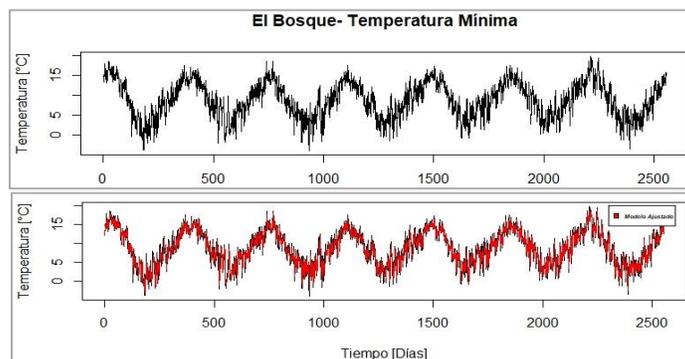


Figura 14: Datos y modelo Tmin para imputación de datos, estación El Bosque.
Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA.

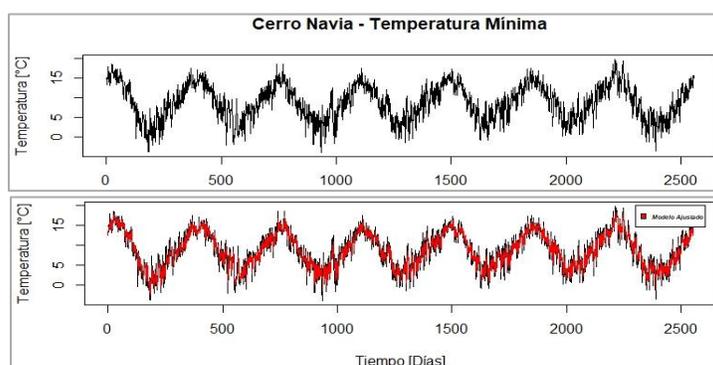


Figura 15: Datos y modelo Tmin para imputación de datos, estación Cerro Navia.
Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA.

Tabla 6: Estadísticas de temperatura mínima (°C), periodo anual.

Comuna	Santiago				El Bosque				Cerro Navia			
Año	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.
2011	8	-4	20	5	9	-4	19	5	8	-4	17	5
2012	9	-2	19	4	9	-2	17	4	9	-3	18	5
2013	8	-4	19	4	8	-4	19	5	8	-3	19	5
2014	8	-1	18	4	8	-1	17	4	9	-1	18	4
2015	9	-1	18	4	9	-1	17	4	9	-1	18	4
2016	9	0	18	4	9	0	17	4	9	0	18	4

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de SINCA

En el periodo de verano, se observa que las temperaturas mínimas, en promedio, fluctúan en tres los 12 y 13°C en las 3 comunas bajo estudio. También, es

interesante decir que los valores máximos en época de verano rondan 20 °C para para las 3 comunas, según se observa en la **Tabla 7**.

Tabla 7: Estadísticas de temperatura mínima (°C), meses cálidos.

Comuna	Santiago				El Bosque				Cerro Navia			
Periodo	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.
2011-2012	13	7	19	2	13	7	17	2	13	8	18	2
2012-2013	12	7	19	2	12	7	19	2	13	8	19	2
2013-2014	12	6	18	2	12	6	17	2	12	6	18	2
2014-2015	13	5	18	2	13	5	17	2	13	6	18	2
2015-2016	12	7	18	2	13	7	17	2	13	7	18	2

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de SINCA

c) Temperaturas Promedio

A continuación, en las **Figuras 16 a 18**, se presentan los gráficos asociados a las **Temperaturas Promedio** de las estaciones Parque O'Higgins, El Bosque y Cerro Navia. En la **Tabla 8** se observan las estadísticas de la variable, para cada comuna bajo estudio, encontrándose un promedio anual entre 15°C y 16°C para las 3 comunas. Los días más calurosos, generaron un promedio que va entre los 25°C y 27 °C para las 3 comunas, y los días más fríos generaron un promedio que va entre los 2°C y 6°C.

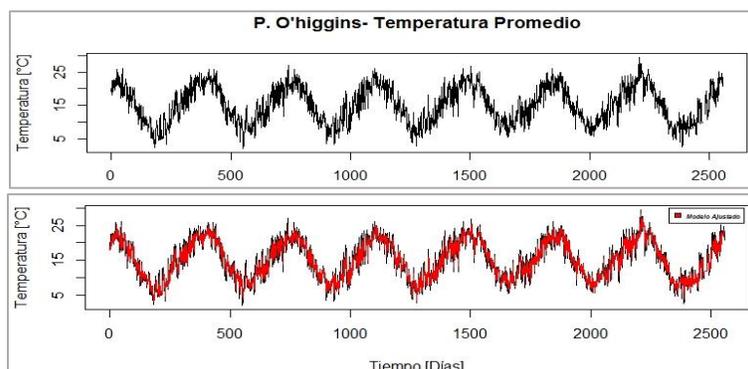


Figura 16: Datos y modelo Tprom para imputación de datos, estación Parque O'Higgins.

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA.

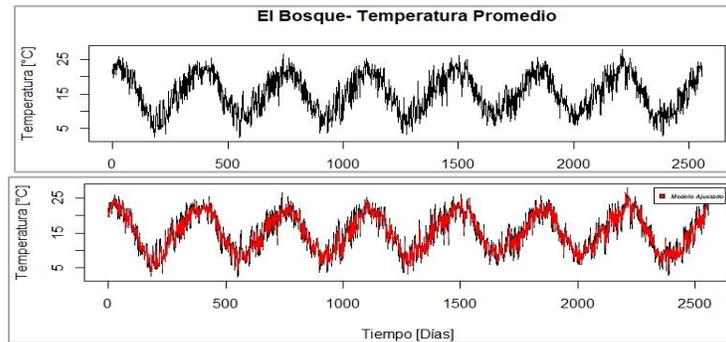


Figura 17: Datos y modelo Tprom para imputación de datos, estación El Bosque.
Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA.

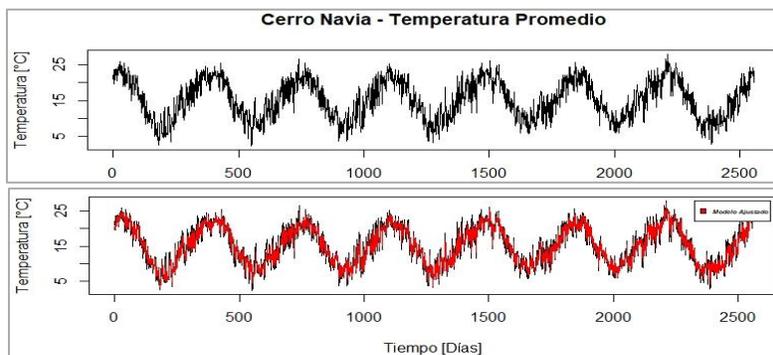


Figura 18: Datos y modelo Tprom para imputación de datos, estación Cerro Navia.
Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA.

Tabla 8 : Estadísticas de temperatura promedio (°C), periodo anual

Comuna	Santiago				El Bosque				Cerro Navia			
	Año	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx
2011	15	2	26	6	15	3	26	6	15	3	25	6
2012	15	2	26	6	15	2	26	5	15	2	26	5
2013	15	3	27	5	15	4	27	5	15	4	27	5
2014	15	3	26	5	15	3	25	5	15	3	26	5
2015	16	5	27	5	16	6	26	5	16	6	27	5
2016	15	6	26	5	15	6	26	5	16	5	26	5

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de SINCA

En el periodo de verano, el promedio va entre los 20 y 21 grados Celsius para las 3 comunas bajo estudio. Los valores mínimos de cada temporada van entre 11 y 13°C, según se observa en la **Tabla 9**: Estadísticas de temperatura promedio (°C), meses cálidos.

Tabla 9: Estadísticas de temperatura promedio (°C), meses cálidos.

<i>Comuna</i>	<i>Santiago</i>				<i>El Bosque</i>				<i>Cerro Navia</i>			
Periodo	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.
<i>2011-2012</i>	21	12	26	3	21	12	26	3	21	13	26	3
<i>2012-2013</i>	20	12	27	3	20	11	27	3	20	12	27	3
<i>2013-2014</i>	20	13	26	3	20	12	25	3	20	13	26	3
<i>2014-2015</i>	21	12	27	3	20	12	26	3	21	12	27	3
<i>2015-2016</i>	20	11	26	3	20	11	26	3	20	11	26	3

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de SINCA

B.2 Análisis de Humedad Relativa

En este apartado, se analiza las estadísticas asociadas a las siguientes variables meteorológicas, humedad relativa mínima, máxima y promedio. Las 3 variables poseen estacionalidades similares con valores mayores en invierno (mayor humedad) y menores en los periodos cálidos (primavera-verano).

a) Humedad Relativa Máxima

A continuación, en las **Figuras 19 a 21**, se presentan los gráficos asociados a las **Humedades Relativas Máximas** de las estaciones Parque O'Higgins, El Bosque y Cerro Navia.

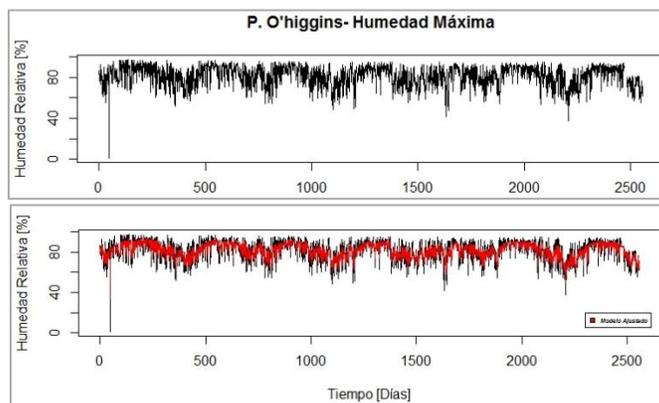


Figura 19: Datos y modelo Humedad Relativa Máxima para imputación de datos, estación Parque O'Higgins.

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA.

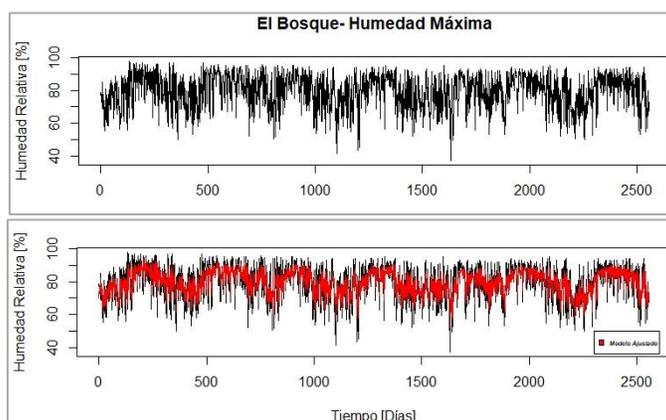


Figura 20: Datos y modelo Humedad Relativa Máxima para imputación de datos, estación El Bosque.

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA.

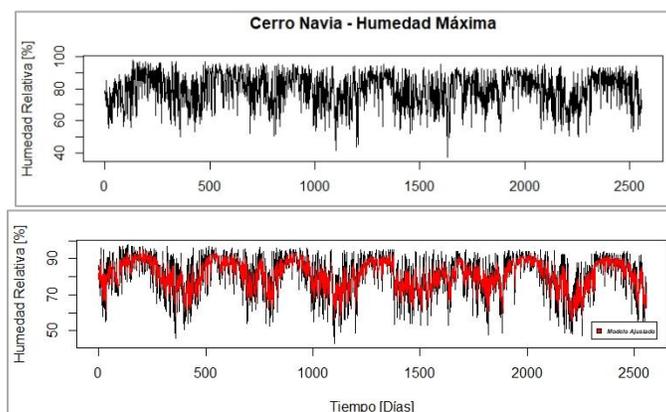


Figura 21: Datos y modelo Humedad Relativa Máxima para imputación de datos, estación Cerro Navia.

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA.

En la **Tabla 10** Error! No se encuentra el origen de la referencia. se observan las estadísticas de la variable, para cada estación bajo estudio en el periodo anual. Se observa que los valores medios van entre 79 y 83 para las 3 comunas, pero generándose un valor menor, correspondiente a un 77 en el año 2015 en la comuna de El Bosque. Los Valores máximos anuales, fluctúan entre 94 y 98, para las 3 comunas, teniendo una leve tendencia a la baja, siendo el año con mayor porcentaje de humedad máxima, el primer año de estudio (2011).

Tabla 10: Estadísticas de Humedad Relativa máxima (%), periodo anual.

<i>Comuna</i>	<i>Santiago</i>				<i>El Bosque</i>				<i>Cerro Navia</i>			
Año	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.
2011	83	51	98	11	80	50	98	10	83	46	98	10
2012	83	57	97	9	81	52	97	10	82	51	97	10
2013	82	54	96	9	80	51	96	10	82	52	96	11
2014	81	49	95	10	79	41	95	10	80	43	95	11
2015	79	42	95	10	77	37	95	10	79	48	95	10
2016	83	54	95	9	81	52	95	9	82	49	95	10

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de SINCA

Respecto a los porcentajes de Humedad máxima para los meses cálidos, en la **Tabla 11:** Estadísticas de Humedad Relativa máxima (%), meses cálidos., se observa que los valores medios fluctúan entre 74 y 79 para las 3 comunas. Cabe destacar que los valores máximos anuales tienen una leve tendencia a la baja, sin embargo, la última temporada presenta los valores promedio mayores.

Tabla 11: Estadísticas de Humedad Relativa máxima (%), meses cálidos.

<i>Comuna</i>	<i>Santiago</i>				<i>El Bosque</i>				<i>Cerro Navia</i>			
Periodo	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.
2011-2012	77	52	97	10	76	50	97	10	75	46	97	11
2012-2013	78	54	96	10	78	51	96	10	77	52	96	11
2013-2014	76	49	95	10	74	41	94	10	74	43	95	12
2014-2015	76	55	94	9	75	52	93	9	74	53	94	10
2015-2016	79	55	94	9	78	53	94	9	78	48	95	10

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de SINCA

b) Humedad Relativa Mínima

A continuación, en las **Figuras 22 a 24**, se presentan los gráficos asociados a las **Humedades Relativas Mínimas** de las estaciones Parque O'Higgins, El Bosque y Cerro Navia. En la **Tabla 12** se observan las estadísticas para el periodo anual, en donde se aprecia que los valores mínimos se presentan en las comunas de Santiago y El Bosque, donde HRmin varía entre 1 y 6, a diferencia de la comuna de Cerro Navia, donde los valores mínimos varían entre 3 y 8. Los valores promedio de Humedad Mínima, también son levemente superiores en la Comuna de Cerro Navia, alcanzando 39 en el año 2016.

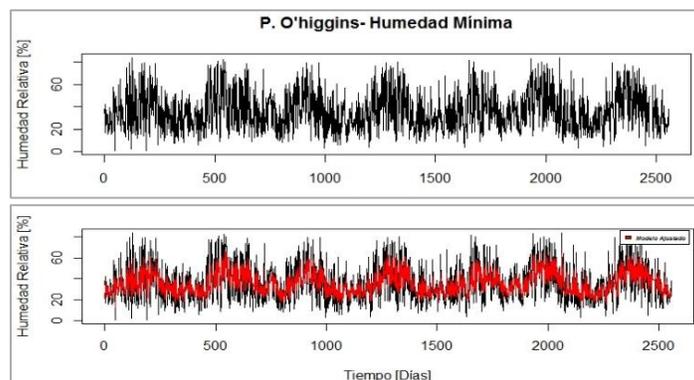


Figura 22: Datos y modelo Humedad Relativa Mínima para imputación de datos, estación Parque O'Higgins.

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA.

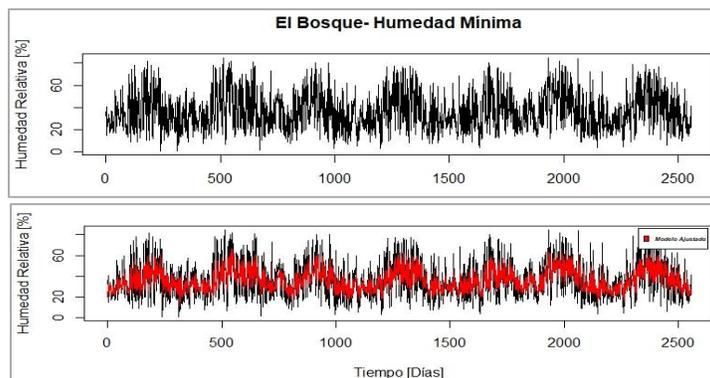


Figura 23: Datos y modelo Humedad Relativa Mínima para imputación de datos, estación El Bosque.

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA.

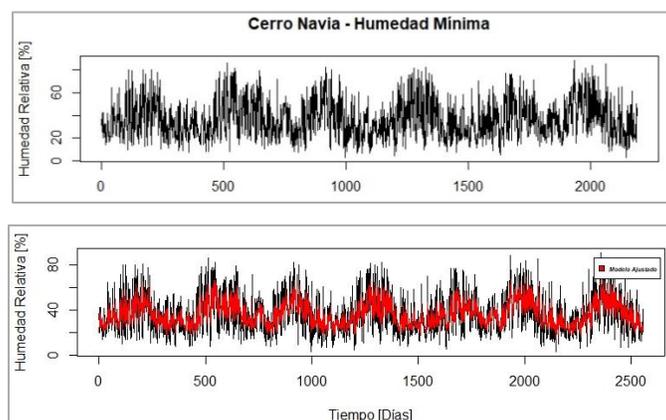


Figura 24: Datos y modelo Humedad Relativa Mínima para imputación de datos, estación Cerro Navia.

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA.

Tabla 12: Estadísticas de Humedad Relativa mínima (%), periodo anual.

Comuna	Santiago				El Bosque				Cerro Navia			
Año	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.
2011	34	1	84	16	35	1	82	15	35	8	81	15
2012	37	6	83	17	38	2	85	17	38	8	86	17
2013	35	3	80	16	36	3	81	15	36	3	83	16
2014	35	3	80	17	36	3	78	17	36	4	83	17
2015	34	4	82	15	35	4	81	15	35	5	77	15
2016	38	3	84	17	38	4	85	16	39	3	89	17

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de SINCA

En los meses de verano, la Humedad mínima tiene un promedio que va entre el 27 y 34, claramente más bajos que el promedio anual, según se observa en la **Tabla 13**. La temporada 2015-2016 es la que presenta los promedios más altos para las 3 comunas. La Humedad Mínima, tiene sus menores valores entre 1 y 13, y los mayores valores van entre 55 y 73 en las comunas bajo estudio.

Tabla 13: Estadísticas de Humedad Relativa mínima (%), meses cálidos.

<i>Comuna</i>	<i>Santiago</i>				<i>El Bosque</i>				<i>Cerro Navia</i>			
Periodo	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.
2011-2012	28	6	54	11	30	1	57	11	29	8	55	11
2012-2013	30	8	73	13	31	2	73	13	31	8	72	12
2013-2014	28	6	61	11	29	5	62	11	28	7	61	11
2014-2015	28	7	68	12	29	7	69	12	28	8	70	12
2015-2016	33	9	72	12	34	13	72	12	33	13	71	12

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de SINCA

c) Humedad Relativa Promedio

A continuación, en las **Figuras 25 a 27**, se presentan los gráficos asociados a las **Humedades Relativas Promedio** de las estaciones Parque O'Higgins, El Bosque y Cerro Navia. En la **Tabla 14** se observan las estadísticas de la variable, para cada estación bajo estudio en el periodo anual. Se observa que los valores medios fluctúan entre 57 y 62 para las 3 comunas, teniendo los valores menores la comuna de El Bosque.

Tabla 14: Estadísticas de Humedad Relativa promedio (%), periodo anual.

<i>Comuna</i>	<i>Santiago</i>				<i>El Bosque</i>				<i>Cerro Navia</i>			
Año	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.
2011	60	25	90	13	58	27	88	13	61	24	88	13
2012	61	33	91	13	61	33	90	13	61	32	92	14
2013	60	29	90	13	59	28	88	13	61	28	92	14
2014	59	27	90	14	59	25	90	14	59	25	91	15
2015	58	28	88	13	57	23	87	13	58	30	88	13
2016	62	28	90	14	61	26	90	13	62	23	92	14

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de SINCA

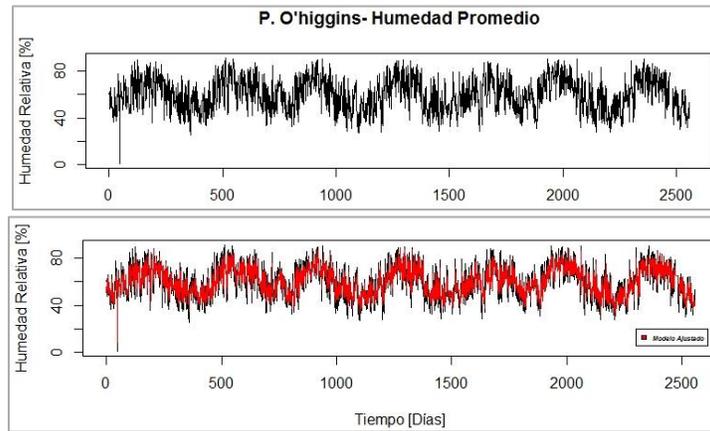


Figura 25: Datos y modelo Humedad Relativa Promedio para imputación de datos, estación Parque O'Higgins.
Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA.

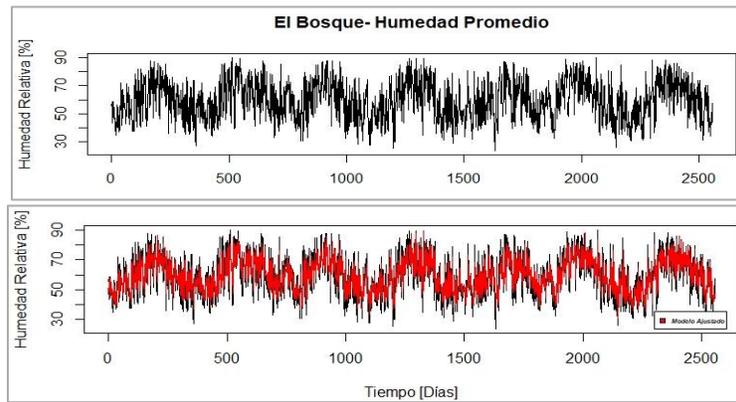


Figura 26: Datos y modelo Humedad Relativa Promedio para imputación de datos, estación El Bosque.
Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA.

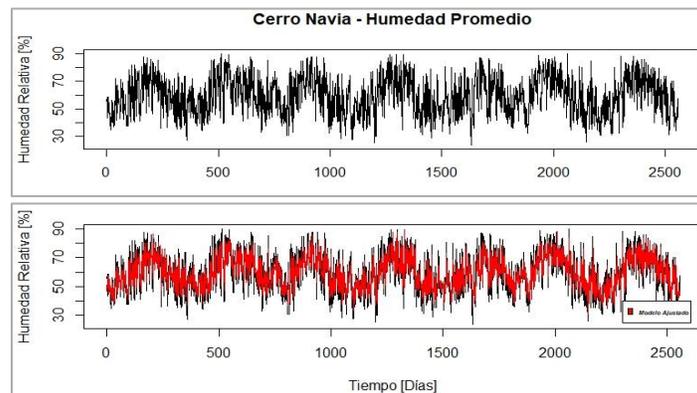


Figura 27: Datos y modelo Humedad Relativa Promedio para imputación de datos, estación Cerro Navia.
Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA.

En el periodo cálido, los valores medios van entre 50 y 56 en las 3 comunas. Los máximos valores ocurrieron en la temporada 2012-2013 para las 3 comunas, sin embargo los mayores valores promedios, ocurrieron la última temporada de estudio, según se observa en la **Tabla 15**.

Tabla 15: Estadísticas de Humedad Relativa promedio (%), meses cálidos.

<i>Comuna</i>	<i>Santiago</i>				<i>El Bosque</i>				<i>Cerro Navia</i>			
Periodo	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.
<i>2011-2012</i>	51	25	76	10	52	27	76	10	51	24	78	11
<i>2012-2013</i>	54	32	84	11	54	30	85	11	53	31	84	12
<i>2013-2014</i>	50	27	76	11	51	27	77	11	50	25	75	11
<i>2014-2015</i>	51	29	80	11	51	28	81	11	50	28	79	11
<i>2015-2016</i>	55	31	81	11	56	32	83	11	55	29	82	11

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de SINCA

B.3 Análisis de Velocidad del Viento

En este apartado, se analiza las estadísticas asociadas a las siguientes variables meteorológicas, velocidad del viento máxima, mínima y promedio. Las 3 variables poseen estacionalidades similares, siendo en la temporada de verano en donde se aprecian mayores valores de velocidad del viento.

a) Velocidad del Viento Máxima

A continuación, en las **Figuras 28 a 30**, se presentan los gráficos asociados a las **velocidades del viento máximas** de las estaciones Parque O'Higgins, El Bosque y Cerro Navia.

Tabla 16 se observa que los valores medios para Santiago varían entre 2,5 y 2,6 m/s, seguido de la comuna de El Bosque, donde los valores fluctúan entre 2,6 y 3,3 m/s y finalmente en Cerro Navia, el promedio de la variable, Velocidad del viento máxima, alcanza 3,8 m/s.

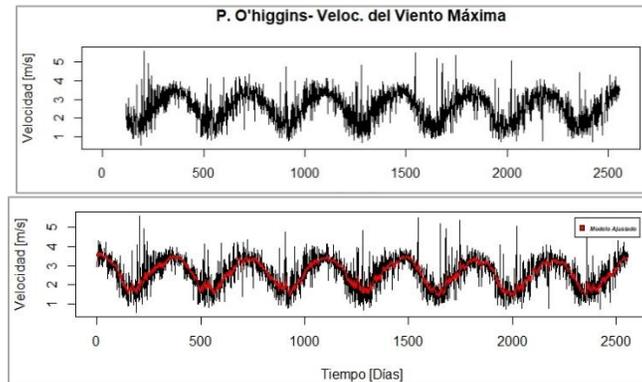


Figura 28: Datos y modelo Velocidad del Viento Máxima para imputación de datos, estación Parque O'Higgins.

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA.

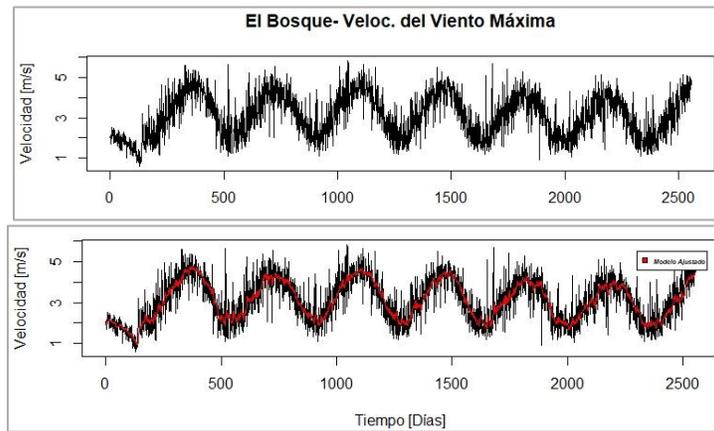


Figura 29: Datos y modelo Velocidad del Viento Máxima para imputación de datos, estación El Bosque.

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA.

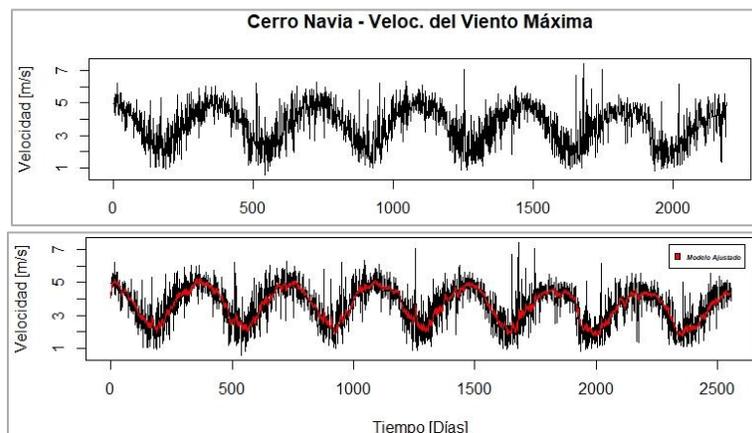


Figura 30: Datos y modelo Velocidad del Viento Máxima para imputación de datos, estación Cerro Navia.

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA.

Tabla 16: Estadísticas de Velocidad del Viento máxima (m/s), promedio anual.

<i>Comuna</i>	<i>Santiago</i>				<i>El Bosque</i>				<i>Cerro Navia</i>			
Año	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.
2011	2,5	0,6	5,6	0,9	2,6	0,6	5,6	1,2	3,8	0,9	6,2	1,2
2012	2,6	0,8	4,3	0,8	3,3	1,1	5,6	1,1	3,7	0,6	6,3	1,2
2013	2,6	0,8	4,8	0,8	3,3	1,1	5,8	1,0	3,8	1,0	6,3	1,2
2014	2,6	0,7	4,8	0,8	3,3	1,2	5,6	1,0	3,7	0,9	7,1	1,2
2015	2,6	0,9	5,5	0,9	3,2	1,2	5,7	1,0	3,6	0,9	7,4	1,2
2016	2,5	0,7	5,1	0,8	3,0	1,0	5,1	1,0	3,4	0,8	6,2	1,2

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de SINCA

La velocidad del viento máxima en los meses cálidos es mayor que en el periodo anual según se observa en la **Tabla 17**, alcanzando los mayores valores, nuevamente en la comuna de Cerro Navia, fluctuando entre los 4,2 y 4,7 m/s, como promedio en el verano 2016-2017.

Tabla 17: Estadísticas de Velocidad del Viento máxima (m/s), meses cálidos.

<i>Comuna</i>	<i>Santiago</i>				<i>El Bosque</i>				<i>Cerro Navia</i>			
Periodo	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.
2011-2012	3,2	2,2	4,0	0,4	4,2	2,5	5,6	0,6	4,7	2,9	6,1	0,6
2012-2013	3,2	1,4	4,3	0,5	4,0	2,0	5,5	0,6	4,7	2,7	6,3	0,7
2013-2014	3,2	2,1	4,1	0,4	4,2	2,4	5,8	0,6	4,7	3,0	6,3	0,6
2014-2015	3,2	1,7	5,5	0,5	4,1	2,4	5,5	0,6	4,5	1,8	6,1	0,7
2015-2016	3,1	1,4	4,0	0,5	3,8	0,9	5,3	0,7	4,3	2,4	5,5	0,6

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de SINCA

b) Velocidad del Viento Mínima

A continuación, en las **Figuras 31 a 33**, se presentan los gráficos asociados a las **velocidades del viento mínimas** de las estaciones Parque O'Higgins, El Bosque y Cerro Navia. En la **Tabla 18**, el promedio anual varía entre 0,2 y 0,4 m/s, siendo la comuna de El Bosque la que posee valores medios más altos. Los valores máximos son 1,8 y 1,7 m/s y corresponden a las comunas de El bosque y Cerro Navia respectivamente, en el año 2014.

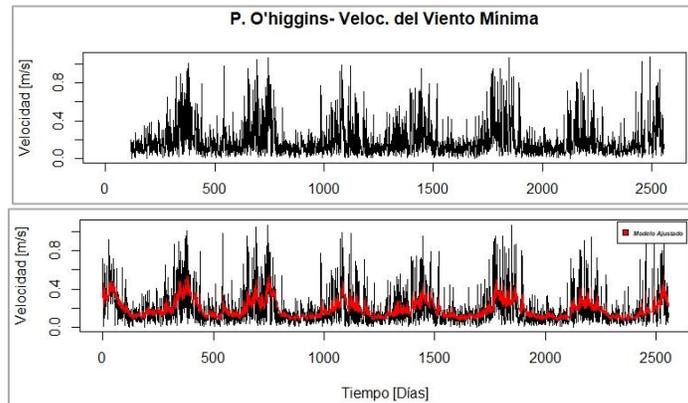


Figura 31: Datos y modelo Velocidad del Viento Mínima para imputación de datos, estación Parque O'Higgins.

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA.

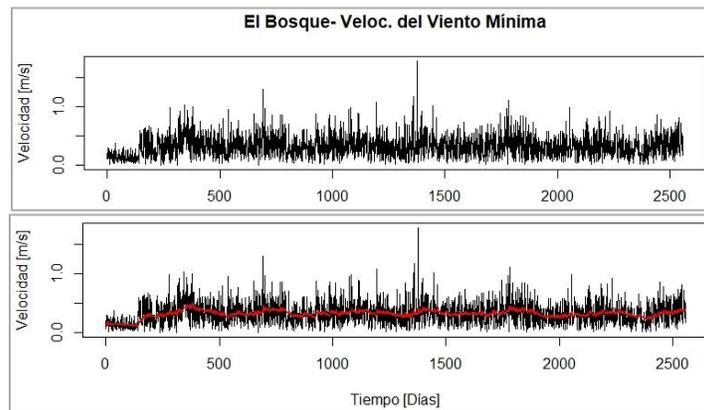


Figura 32: Datos y modelo Velocidad del Viento Mínima para imputación de datos, estación El Bosque.

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA.

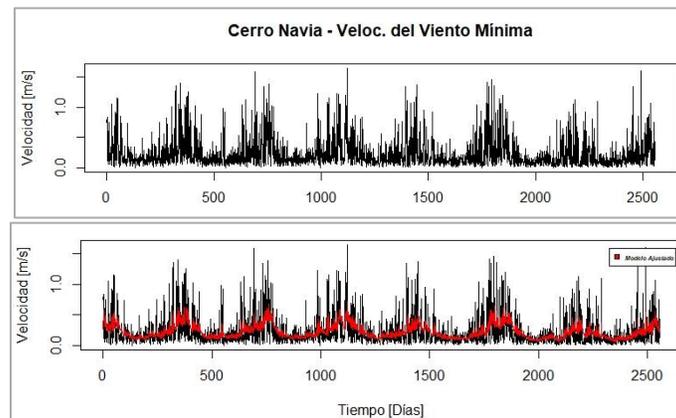


Figura 33: Datos y modelo Velocidad del Viento Mínima para imputación de datos, estación Cerro Navia.

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA.

Tabla 18: Estadísticas de Velocidad del Viento mínima (m/s), periodo anual.

Comuna	Santiago				El Bosque				Cerro Navia			
Año	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.
2011	0,2	0,0	0,9	0,2	0,3	0,0	1,0	0,2	0,2	0,0	1,4	0,2
2012	0,2	0,0	1,1	0,2	0,4	0,0	1,3	0,2	0,2	0,0	1,6	0,2
2013	0,2	0,0	1,1	0,2	0,3	0,0	1,0	0,2	0,3	0,0	1,4	0,3
2014	0,2	0,0	1,0	0,2	0,3	0,0	1,8	0,2	0,2	0,0	1,7	0,2
2015	0,2	0,0	1,0	0,2	0,3	0,0	1,1	0,2	0,2	0,0	1,5	0,2
2016	0,2	0,0	1,1	0,2	0,3	0,0	1,0	0,2	0,2	0,0	1,2	0,2

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de SINCA

En los meses cálidos, las velocidades mínimas también varían entre 0,2 m/s y 0,4 m/s para las 3 comunas bajo estudio, Santiago, El Bosque y Cerro Navia, según se observa en la **Tabla 19**.

Tabla 19: Estadísticas de Velocidad del Viento mínima (m/s), meses cálidos.

Comuna	Santiago				El Bosque				Cerro Navia			
Periodo	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.
2011-2012	0,3	0,0	1,0	0,2	0,4	0,0	1,0	0,2	0,4	0,0	1,4	0,3
2012-2013	0,3	0,0	1,1	0,2	0,4	0,0	1,3	0,2	0,3	0,0	1,6	0,3
2013-2014	0,2	0,0	1,0	0,2	0,4	0,0	1,0	0,2	0,3	0,0	1,7	0,3
2014-2015	0,2	0,0	0,9	0,2	0,3	0,0	1,0	0,2	0,3	0,0	1,4	0,3
2015-2016	0,3	0,0	1,1	0,2	0,4	0,0	1,1	0,2	0,4	0,0	1,5	0,3

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de SINCA

c) Velocidad del Viento Promedio

A continuación, en las **Figuras 34 a 36**, se presentan los gráficos asociados a las **velocidades del viento promedio** de las estaciones Parque O'Higgins, El Bosque y Cerro Navia.

En la **Tabla 20** se presentan las estadísticas anuales de la variable, en dónde se observa que el promedio de velocidad varía entre 1,2 y 1,5 m/s en Santiago, 1,1 y 1,2 m/s en El Bosque, siendo la comuna con menor velocidad y 1,4 y 1,6 m/s en Cerro Navia, comuna con mayor velocidad del viento.

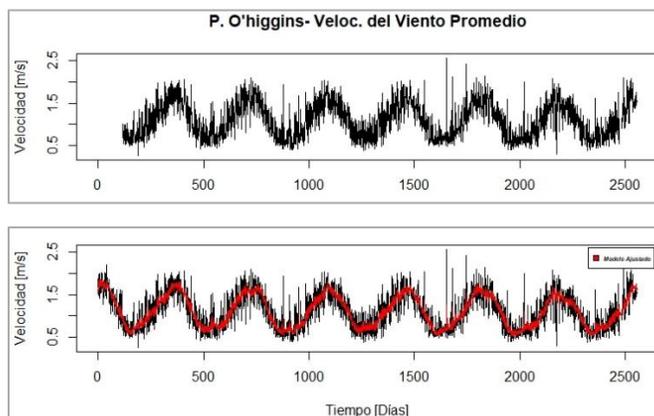


Figura 34: Datos y modelo Velocidad del Viento Promedio para imputación de datos, estación Parque O'Higgins.

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA.

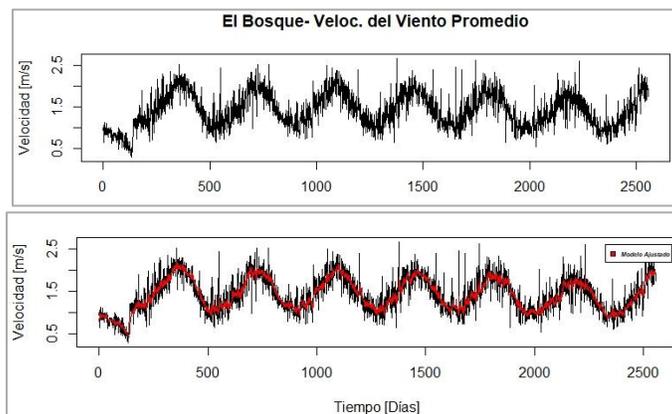


Figura 35: Datos y modelo Velocidad del Viento Promedio para imputación de datos, estación El Bosque

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA.

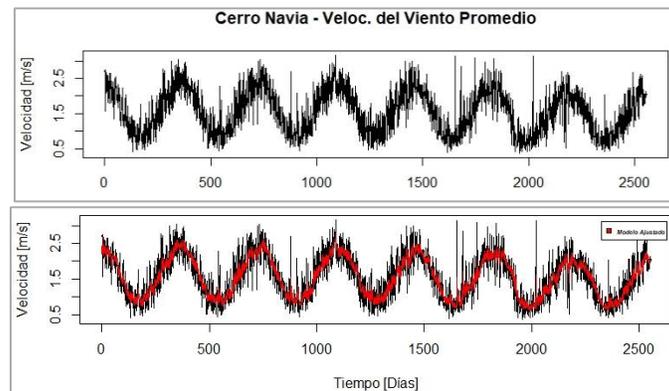


Figura 36: Datos y modelo Velocidad del Viento Promedio para imputación de datos, estación Cerro Navia.

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de SINCA.

Tabla 20: Estadísticas de Velocidad del Viento promedio (m/s), periodo anual.

<i>Comuna</i>	<i>Santiago</i>				<i>El Bosque</i>				<i>Cerro Navia</i>			
Año	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.
2011	1,2	0,3	2,5	0,5	1,1	0,3	2,0	0,4	1,6	0,4	3,0	0,6
2012	1,5	0,6	2,5	0,4	1,2	0,4	2,1	0,4	1,6	0,4	3,0	0,6
2013	1,5	0,7	2,5	0,4	1,1	0,4	2,0	0,4	1,6	0,4	3,2	0,6
2014	1,5	0,7	2,7	0,4	1,1	0,4	2,0	0,4	1,6	0,5	3,0	0,6
2015	1,5	0,7	2,6	0,4	1,1	0,5	2,6	0,4	1,5	0,4	3,1	0,6
2016	1,4	0,5	2,3	0,4	1,1	0,3	2,2	0,4	1,4	0,4	3,1	0,6

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de SINCA

En los meses cálidos, las velocidades promedio son mayores, fluctuando entre 1,4 y 1,5 m/s en la comuna de Santiago, siendo la comuna con menor velocidad del viento promedio. Le sigue El bosque con valores entre 1,7 y 1,9 m/s; y finalmente la comuna de Cerro Navia con velocidades entre 2,0 y 2,2 m/s, según se aprecia en la **Tabla 21**.

Tabla 21: Estadísticas de Velocidad del Viento promedio (m/s), meses cálidos.

<i>Comuna</i>	<i>Santiago</i>				<i>El Bosque</i>				<i>Cerro Navia</i>			
Periodo	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.	Media	Mín	Máx	D.E.
2011-2012	1,5	0,7	2,1	0,3	1,9	1,3	2,5	0,3	2,2	1,2	3,0	0,4
2012-2013	1,4	0,7	2,1	0,3	1,8	1,0	2,5	0,3	2,1	1,1	3,0	0,4
2013-2014	1,4	0,8	2,0	0,3	1,8	1,1	2,5	0,3	2,2	1,2	3,2	0,4
2014-2015	1,4	0,6	2,0	0,3	1,8	1,1	2,4	0,3	2,1	1,0	3,0	0,4
2015-2016	1,4	0,6	2,1	0,3	1,7	0,6	2,3	0,3	2,0	0,9	3,1	0,4

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos de SINCA

C. Estadísticas de las variables de salud

a) Mortalidad

A continuación, se presentan el número de **defunciones** diferenciado por sexo para las causas cardiovasculares, respiratorias y todas las causas, en las comunas bajo estudio.

Tabla 22: Defunciones por sexo y causa, en Santiago para los meses cálidos.

SEXO	CAUSA	TEMPORADAS				
		2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16
HOMBRES	Cardiovascular	75	83	68	70	74
	Respiratoria	23	24	24	16	18
	Todas las Causas	274	256	244	221	243
MUJERES	Cardiovascular	85	76	98	88	82
	Respiratoria	26	15	18	22	21
	Todas las Causas	272	287	274	266	283
TOTAL	Cardiovascular	160	159	166	158	156
	Respiratoria	49	39	42	38	39
	Todas las Causas	546	543	518	487	526

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de DEIS.

Tabla 23: Defunciones por sexo y causa, en El Bosque para los meses cálidos.

SEXO	CAUSA	TEMPORADAS				
		2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16
HOMBRES	Cardiovascular	46	47	48	55	56
	Respiratoria	13	17	14	19	15
	Todas las Causas	178	172	165	176	215
MUJERES	Cardiovascular	47	46	62	58	53
	Respiratoria	10	20	16	14	7
	Todas las Causas	159	170	166	183	187
TOTAL	Cardiovascular	93	93	110	113	109
	Respiratoria	23	37	30	33	22
	Todas las Causas	337	342	331	359	402

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de DEIS.

Tabla 24: Defunciones por sexo y causa, en Cerro Navia para los meses cálidos.

SEXO	CAUSA	TEMPORADAS				
		2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16
HOMBRES	Cardiovascular	30	19	20	18	21
	Respiratoria	5	9	4	11	3
	Todas las Causas	87	73	78	73	77
MUJERES	Cardiovascular	13	19	23	23	23
	Respiratoria	3	7	15	7	6
	Todas las Causas	66	79	85	87	87
TOTAL	Cardiovascular	43	38	43	41	44
	Respiratoria	8	16	19	18	9
	Todas las Causas	153	152	163	160	164

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de DEIS.

A continuación, se presentan el número de **defunciones** diferenciado por edad para las causas cardiovasculares, respiratorias y todas las causas, en las comunas bajo estudio.

Tabla 25: Defunciones por edad y causa, en Santiago para los meses cálidos.

EDAD	CAUSA	TEMPORADAS				
		2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16
0 A 8 AÑOS	Cardiovascular	0	1	1	0	0
	Respiratoria	0	0	0	0	1
	Todas las Causas	9	13	13	10	16
9 A 24 AÑOS	Cardiovascular	0	2	0	1	0
	Respiratoria	0	1	0	0	0
	Todas las Causas	3	10	3	4	6
25 A 64 AÑOS	Cardiovascular	19	35	25	27	33
	Respiratoria	7	5	5	6	6
	Todas las Causas	114	116	112	113	125
65 AÑOS O MÁS	Cardiovascular	141	121	140	130	123
	Respiratoria	42	33	37	32	32
	Todas las Causas	420	404	390	360	379

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de DEIS.

Tabla 26: Defunciones por edad y causa, en El Bosque para los meses cálidos.

EDAD	CAUSA	TEMPORADAS				
		2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16
0 A 8 AÑOS	Cardiovascular	0	0	0	0	0
	Respiratoria	0	0	0	0	0
	Todas las Causas	7	4	8	4	11
9 A 24 AÑOS	Cardiovascular	3	0	2	0	0
	Respiratoria	0	0	0	0	0
	Todas las Causas	7	1	3	4	4
25 A 64 AÑOS	Cardiovascular	19	21	26	24	23
	Respiratoria	4	6	5	2	3
	Todas las Causas	91	87	96	82	102
65 AÑOS O MÁS	Cardiovascular	71	72	82	89	86
	Respiratoria	19	31	25	31	19
	Todas las Causas	232	250	224	269	285

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos del DEIS.

Tabla 27: Defunciones por edad y causa, en Cerro Navia para los meses cálidos.

EDAD	CAUSA	TEMPORADAS				
		2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16
0 A 8 AÑOS	Cardiovascular	1	0	0	0	0
	Respiratoria	0	0	0	0	0
	Todas las Causas	4	2	4	3	4
9 A 24 AÑOS	Cardiovascular	0	0	1	0	0
	Respiratoria	0	1	0	0	0
	Todas las Causas	1	3	1	1	3
25 A 64 AÑOS	Cardiovascular	9	10	8	7	7
	Respiratoria	4	0	4	3	3
	Todas las Causas	41	30	47	37	32
65 AÑOS O MÁS	Cardiovascular	33	28	34	34	37
	Respiratoria	4	15	15	15	6
	Todas las Causas	107	117	111	119	125

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de DEIS.

a) Morbilidad

A continuación, se presentan el número de **ingresos hospitalarios** diferenciado por sexo para las causas cardiovasculares, respiratorias y todas las causas, en las comunas bajo estudio.

Tabla 28: Ingresos por sexo y causa, en Santiago para los meses cálidos.

SEXO	CAUSA	TEMPORADAS					
		2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17
HOMBRES	Cardiovascular	617	648	612	615	605	627
	Respiratoria	522	592	566	570	589	570
	Todas las Causas	5186	5496	5174	5525	6133	5888
MUJERES	Cardiovascular	540	497	437	493	531	456
	Respiratoria	395	447	449	481	505	459
	Todas las Causas	8475	8905	8172	9225	9768	9283
TOTAL	Cardiovascular	1157	1145	1049	1108	1136	1083
	Respiratoria	917	1039	1015	1051	1094	1029
	Todas las Causas	13661	14401	13346	14752	15901	15171

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de DEIS.

Tabla 29: Ingresos por sexo y causa, en El Bosque para los meses cálidos.

SEXO	CAUSA	TEMPORADAS					
		2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17
HOMBRES	Cardiovascular	196	238	250	263	275	279
	Respiratoria	224	233	184	206	238	216
	Todas las Causas	1821	1845	1913	1867	1983	1908
MUJERES	Cardiovascular	203	205	238	227	196	209
	Respiratoria	179	182	195	197	195	156
	Todas las Causas	3270	3189	3297	3309	3131	3157
TOTAL	Cardiovascular	399	443	488	490	471	488
	Respiratoria	403	415	379	403	433	372
	Todas las Causas	5091	5034	5210	5176	5114	5065

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de DEIS.

Tabla 30: Ingresos por sexo y causa, en Cerro Navia para los meses cálidos.

SEXO	CAUSA	TEMPORADAS					
		2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17
HOMBRES	Cardiovascular	99	111	112	110	111	133
	Respiratoria	90	118	89	112	121	85
	Todas las Causas	779	870	844	911	901	896
MUJERES	Cardiovascular	104	121	103	112	101	121
	Respiratoria	77	102	88	74	92	79
	Todas las Causas	1548	1543	1488	1579	1587	1540
TOTAL	Cardiovascular	203	232	215	222	212	254
	Respiratoria	167	220	177	186	213	164
	Todas las Causas	2327	2413	2332	2490	2488	2436

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de DEIS.

A continuación, se presentan el número de **ingresos hospitalarios** diferenciado por edad, en las comunas bajo estudio.

Tabla 31: Ingresos por edad y causa, en Santiago para los meses cálidos.

EDAD	CAUSA	TEMPORADAS					
		2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17
0 A 8 AÑOS	Cardiovascular	8	5	5	7	10	10
	Respiratoria	276	324	287	282	319	237
	Todas las Causas	1470	1574	1367	1430	1556	1572
9 A 24 AÑOS	Cardiovascular	32	28	30	29	26	20
	Respiratoria	91	127	124	113	134	117
	Todas las Causas	1815	1818	1576	1787	1815	1720
25 A 64 AÑOS	Cardiovascular	587	617	516	579	577	525
	Respiratoria	350	371	370	412	415	424
	Todas las Causas	8058	8745	8113	9174	9884	9259
65 AÑOS O MÁS	Cardiovascular	530	495	498	493	523	528
	Respiratoria	200	217	234	244	226	251
	Todas las Causas	2318	2264	2290	2361	2646	2620

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de DEIS.

Tabla 32: Ingresos por edad y causa, en El Bosque para los meses cálidos.

EDAD	CAUSA	TEMPORADAS					
		2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17
0 A 8 AÑOS	Cardiovascular	7	6	1	3	3	4
	Respiratoria	107	138	138	144	141	105
	Todas las Causas	583	610	572	578	622	570
9 A 24 AÑOS	Cardiovascular	15	17	13	11	14	9
	Respiratoria	45	40	39	41	57	52
	Todas las Causas	1084	927	1060	921	876	789
25 A 64 AÑOS	Cardiovascular	169	200	224	224	217	209
	Respiratoria	94	114	92	100	112	94
	Todas las Causas	2337	2456	2529	2557	2544	2571
65 AÑOS O MÁS	Cardiovascular	208	220	250	252	237	266
	Respiratoria	157	123	110	118	123	121
	Todas las Causas	1087	1041	1049	1120	1072	1135

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de DEIS.

Tabla 33: Ingresos por edad y causa, en Cerro Navia para los meses cálidos.

EDAD	CAUSA	TEMPORADAS					
		2011-12	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17
0 A 8 AÑOS	Cardiovascular	0	1	0	1	2	2
	Respiratoria	37	62	47	57	87	46
	Todas las Causas	254	253	282	370	309	223
9 A 24 AÑOS	Cardiovascular	7	5	4	11	3	3
	Respiratoria	17	28	20	31	35	15
	Todas las Causas	462	424	427	412	415	357
25 A 64 AÑOS	Cardiovascular	88	104	93	98	89	114
	Respiratoria	64	68	55	45	51	44
	Todas las Causas	1156	1217	1135	1232	1268	1308
65 AÑOS O MÁS	Cardiovascular	108	122	118	112	118	135
	Respiratoria	49	62	55	53	40	59
	Todas las Causas	455	519	488	476	496	548

Fuente: Elaboración propia en base a datos extraídos de DEIS.

D. Análisis integrado

A continuación, se presentan los gráficos de temperatura morbilidad, de cada una de las comunas, para cada temporada de verano.

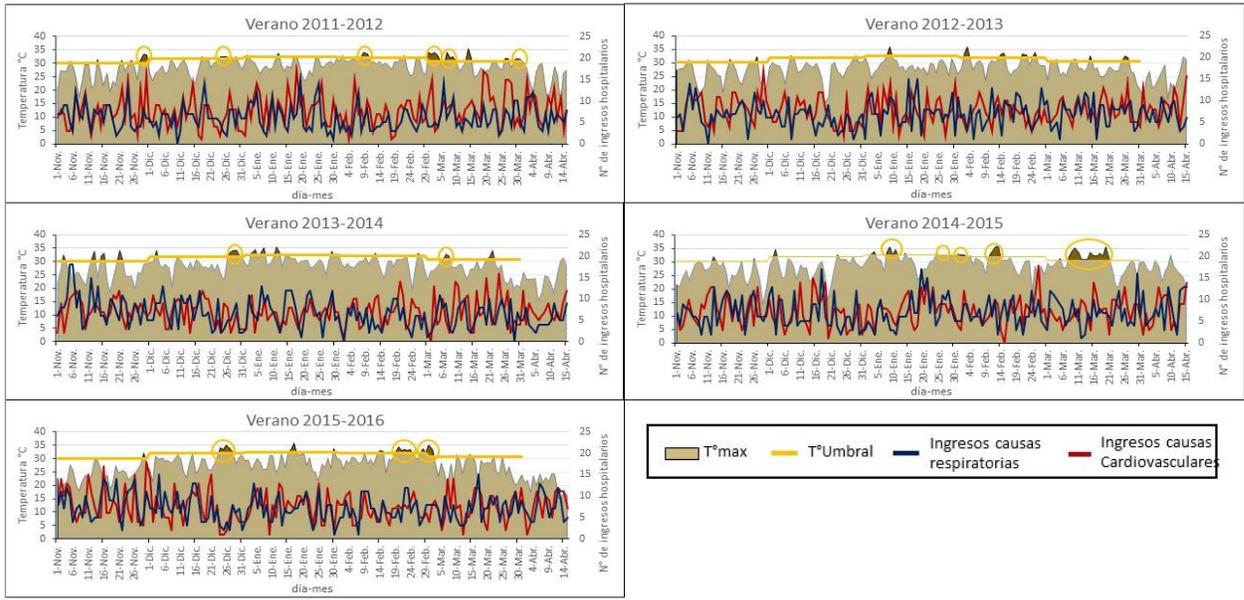


Figura 37: Ingresos Hospitalarios Santiago Centro.

Fuente: Elaboración propia, en base a datos obtenidos de DEIS y SINCA.

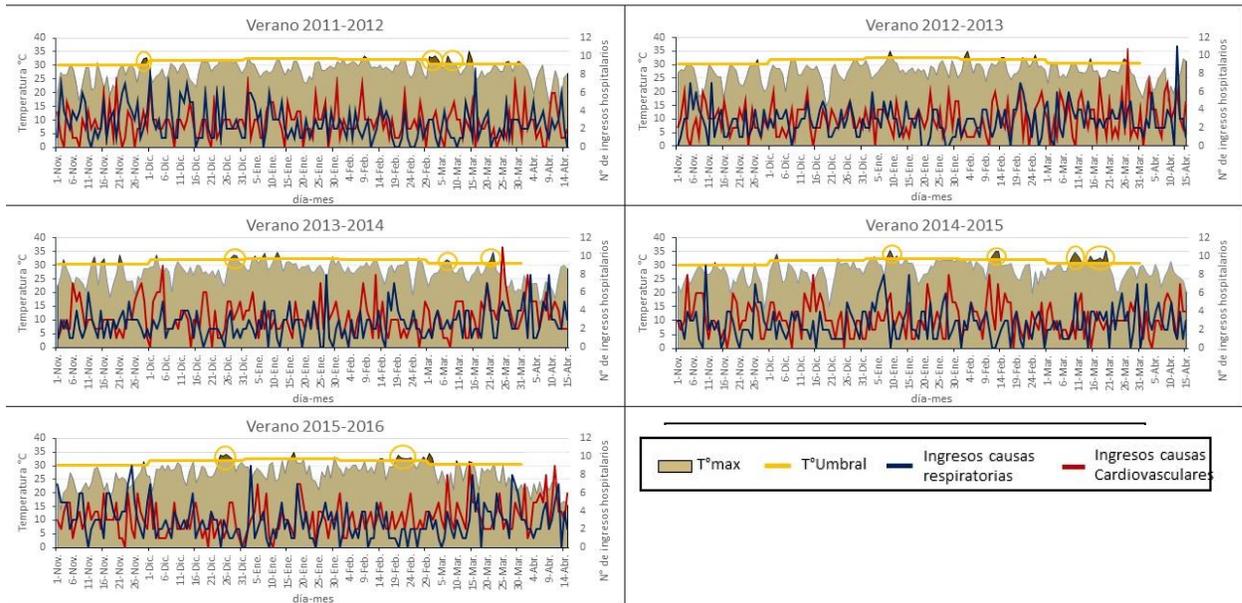


Figura 38: Ingresos Hospitalarios El Bosque

Fuente: Elaboración propia, en base a datos obtenidos de DEIS y SINCA.

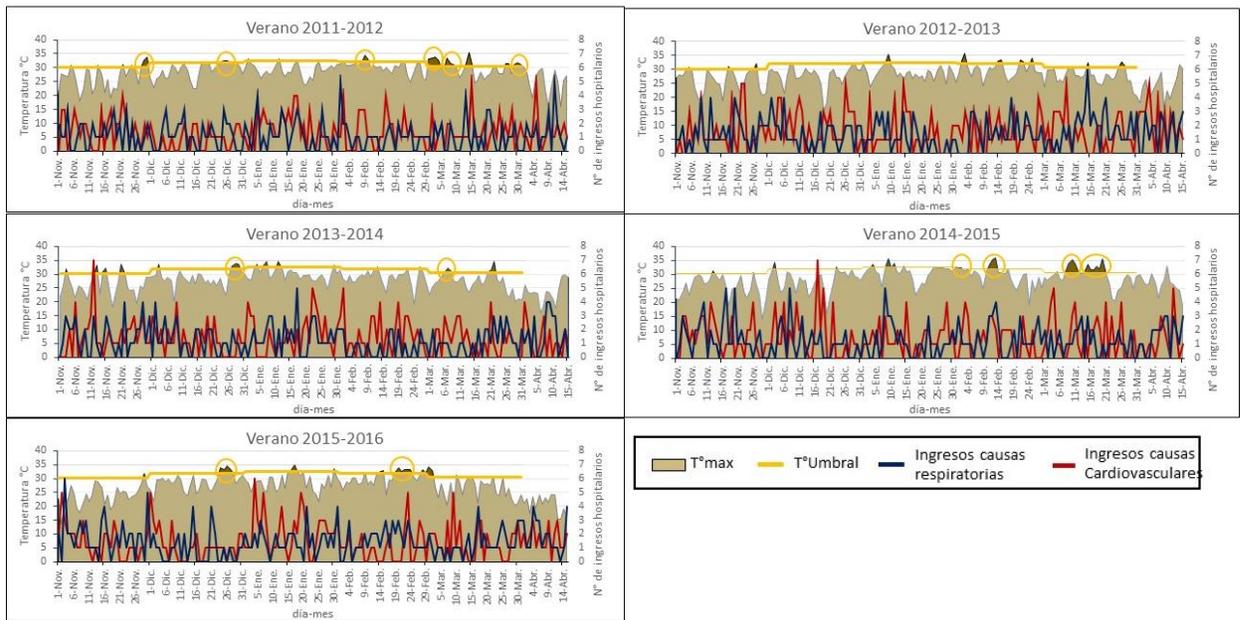


Figura 39: Ingresos Hospitalarios Cerro Navia.

Fuente: Elaboración propia, en base a datos obtenidos de DEIS y SINCA.

A continuación, se presentan los gráficos de temperatura mortalidad, de cada una de las comunas, para cada temporada de verano.

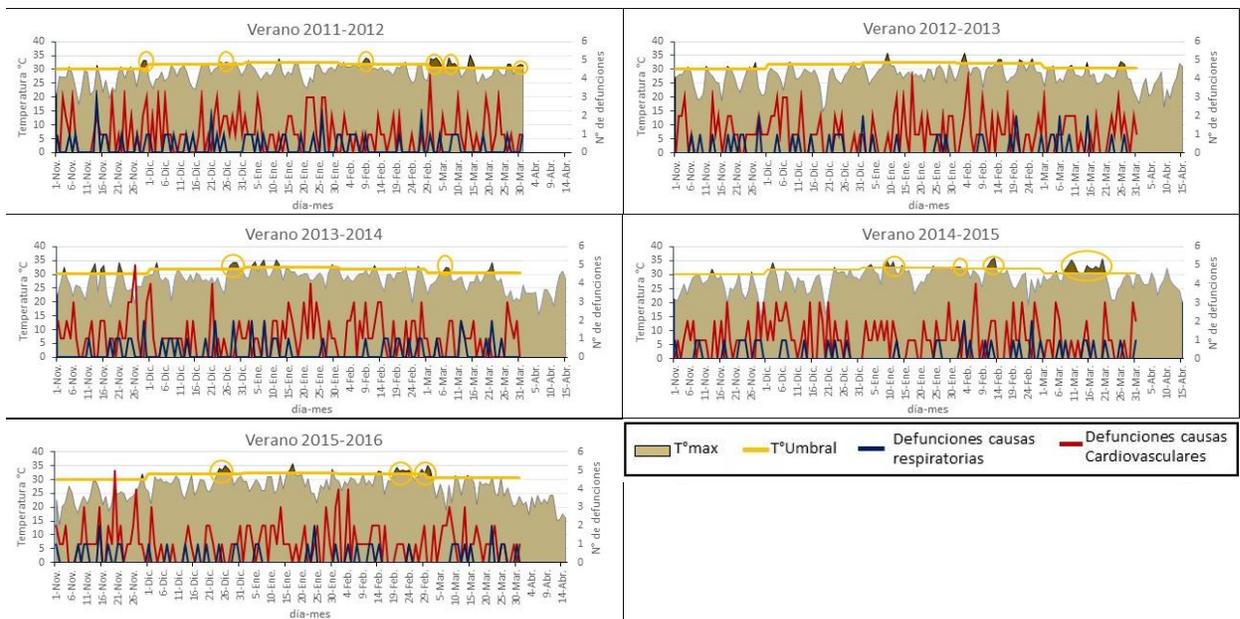


Figura 40: Defunciones Santiago Centro.

Fuente: Elaboración propia, en base a datos obtenidos de DEIS y SINCA.

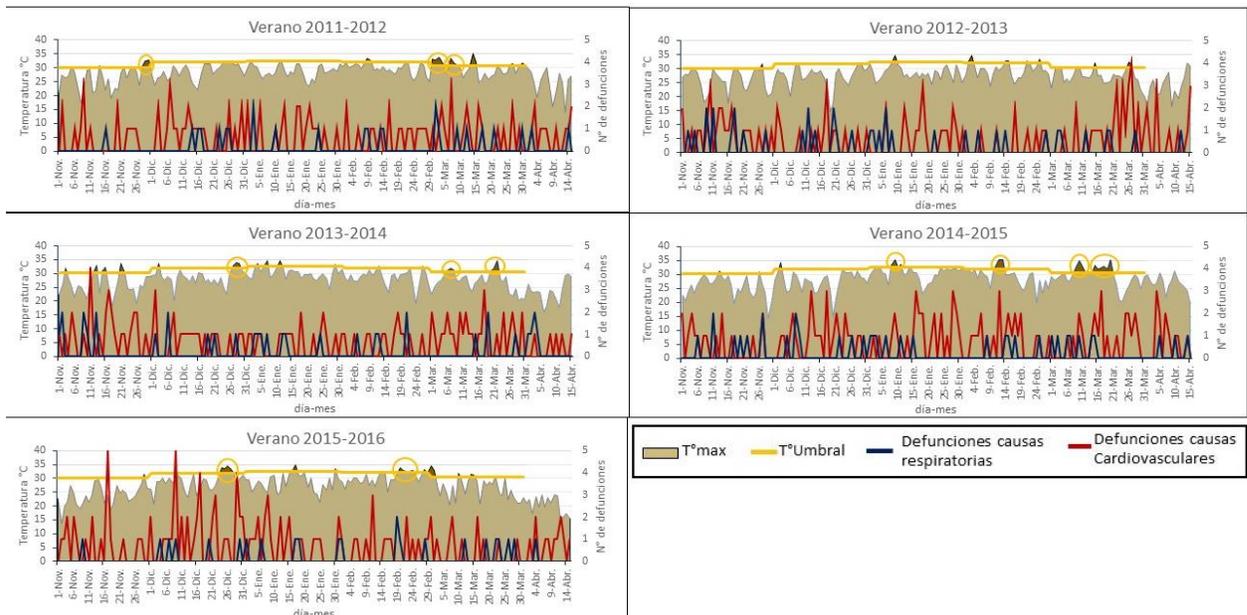


Figura 41: Defunciones El Bosque.

Fuente: Elaboración propia, en base a datos obtenidos de DEIS y SINCA.

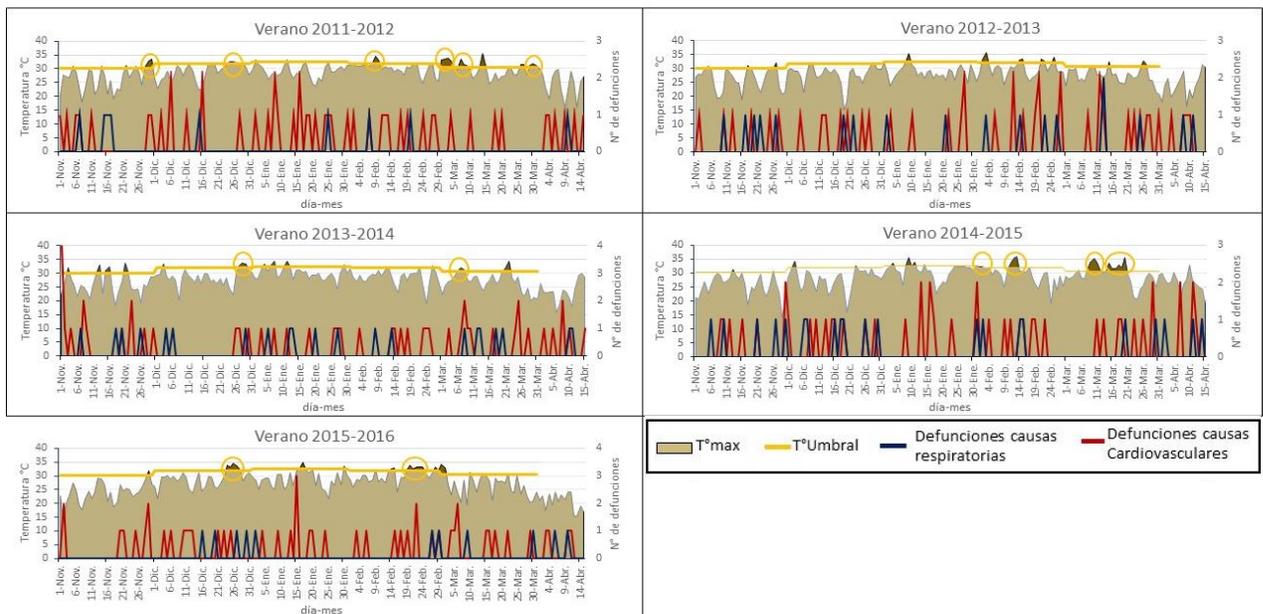


Figura 42: Defunciones Cerro Navia.

Fuente: Elaboración propia, en base a datos obtenidos de DEIS y SINCA.

E. Otros anexos

Tabla 34: Umbrales críticos de temperatura máxima para los meses de Diciembre, Enero y Febrero (DEF).

<i>Ciudad</i>	<i>Umbral crítico DEF (°C)</i>
<i>Arica</i>	27.1
<i>Antofagasta</i>	24.8
<i>Calama</i>	26.6
<i>Isla de Pascua</i>	28.0
<i>La Serena</i>	22.7
<i>Valparaíso</i>	23.1
<i>Santiago</i>	32.4
<i>Curicó</i>	32.1
<i>Concepción</i>	24.9
<i>Chillán</i>	32.4
<i>Temuco</i>	28.1
<i>Valdivia</i>	27.8
<i>Osorno</i>	26.6
<i>Puerto Montt</i>	23.0
<i>Coyhaique</i>	24.9
<i>Punta Arenas</i>	18.3

Fuente. Recuperado de MinSal, Subsecretaría de Salud (2016).

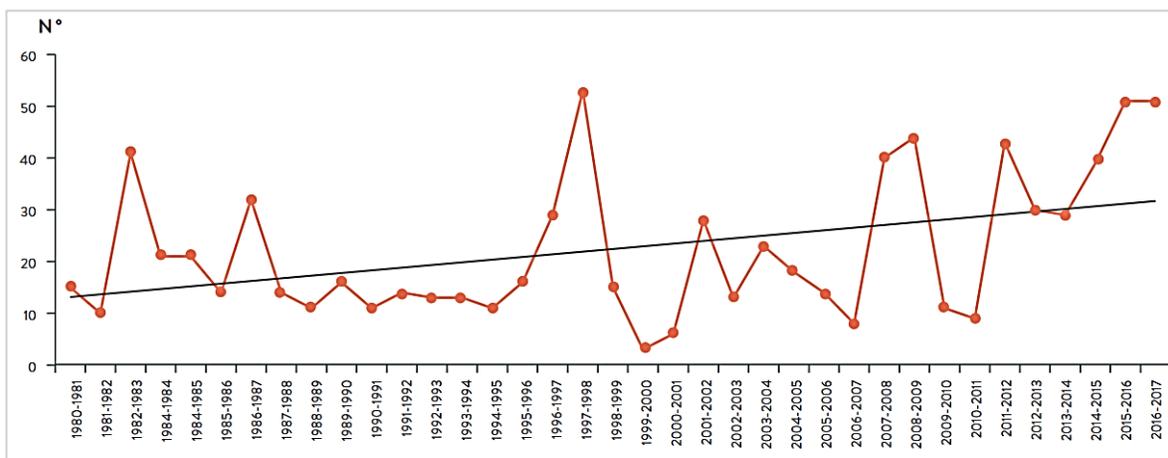


Figura 43: Número de olas de calor a nivel nacional por temporada, 1961-2015.

Fuente: Recuperado de MMA (2017 b)

F. Descripción de los modelos

A continuación, se presentan las especificaciones de los modelos encontrados, en primera instancia se observan los asociados a mortalidad, tanto para periodo anual como para el periodo cálido (de noviembre a marzo).

Tabla 35: Modelos de mortalidad, periodo anual.

<i>Comuna</i>	<i>Modelo</i>	<i>Tendencia</i>	<i>Estacionalidad</i>	<i>Meteorología</i>	<i>Calidad del aire</i>	<i>Calor</i>
<i>Santiago</i>	MCRt	-	DM5,DM6,DM7, DM8,DM9,DM10	VVprom	-	DC

Fuente: Elaboración propia, en base a datos obtenidos de SINCA, Meteochile y DEIS.

Tabla 36: Modelos de mortalidad, periodo cálido.

<i>Comuna</i>	<i>Modelo</i>	<i>Tendencia</i>	<i>Estacionalidad</i>	<i>Meteorología</i>	<i>Calidad del aire</i>	<i>Calor</i>
<i>Santiago</i>	MCRt	-	DD1,s2,c2,s3,c3,s4,c4, s5,c5,s6,DM12	-	-	DC
	MCRc	-	DM1,DM2,DM11,DM12, s1,c1,s2,c2,s3,c3,s4,s5, c5,s6,c6	-	-	OC
	MCRd	-	DD1,DM12,c1,s2,c2,s3, c3,s4,c4,s5,c5,s6,c6	VVprom	-	DC
<i>Cerro Navia</i>	MCVd	-	DD5,DM11,s1,c1,s2,c2 s3,c3,s4,c4,s5,c5,s6	HRmin	-	DC,5*OC

* resultado encontrado con un rezago de 5 días.

Fuente: Elaboración propia, en base a datos obtenidos de SINCA, Meteochile y DEIS.

A continuación, se observan los modelos asociados a ingresos hospitalarios, tanto para periodo anual como para el periodo cálido (de noviembre a marzo).

Tabla 37: Modelos de morbilidad, periodo anual.

<i>Comuna</i>	<i>Modelo</i>	<i>Tendencia</i>	<i>Estacionalidad</i>	<i>Meteorología</i>	<i>Calidad del aire</i>	<i>Calor</i>
<i>Santiago</i>	ITCt	t, t ₂	DD1,DD2,DD3,DD4, DD5,DD6,DM1,DM2, DM3, DM4, DM7, S1, C1, S2, S3, C3, S4, C4, C5, S6, C6	Tmax, Tprom, HRmax,HRmin, HRprom,VVmin	O3, MP10, MP2,5	DC

Fuente: Elaboración propia, en base a datos obtenidos de SINCA, Meteochile y DEIS.

Tabla 38: Modelos de morbilidad, periodo cálido.

<i>Comuna</i>	<i>Modelo</i>	<i>Tendencia</i>	<i>Estacionalidad</i>	<i>Meteorología</i>	<i>Calidad del aire</i>	<i>Calor</i>
<i>Santiago</i>	ICVt	-	DD1,DD2, DD3,DD4, DD5, DD6.DM12, s1, c1,s2,c2,s3,c3,s4,c4, s5, c5, s6	Tmin, Tprom	MP10	DC
<i>Santiago</i>	ITCc	t, t ₂	DD1,DD2,DD3,DD4, DD5, DD6, DM11, DM12,s1,c1,s2,c2,s3, c3, s4, c4, s5, s6, c6	Tmax, Tmin, Tprom,HRmin, VVmin,VVprom	O3, MP2.5	DC
<i>Santiago</i>	ITCd	t ₂	DD1,DD2,DD3,DD4, DD5,DD6,DM11, DM12,s1,s2,c2,s3,c3, s4,s5,c5,s6,c6	Tprom	-	DC
<i>Cerro Navia</i>	ITCmasc	t, t ₂	DD1 ,DD2, DD3, DD4,DD5,DD6,DM11, DM12 s1,c1,s2,c2, s3,c3,s4, c4 ,s5, c5, s6	Tprom	-	DC
<i>El Bosque</i>	ICVd	t	DD2, DD3, DD4, DD5 DD6, DM1, DM12, c1 c2, c3, c4, c5, c6 DD2, DD3, DD4,	Tprom	MP10, MP2.5	DC
<i>El Bosque</i>	ITCd	t ₂	DD5, DD6 DM1, s1 ,c1,s2, s3, c3 ,s4, c4 ,s5 ,c5 ,c6	HRmin, VVprom	-	DC

Fuente: Elaboración propia, en base a datos obtenidos de SINCA, Meteochile y DEIS.