



UNIVERSIDAD DE CHILE

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Escuela de Pregrado

Carrera de Geografía

**Relación entre las condiciones térmicas ambientales y la morbilidad cardiovascular y respiratoria en Chillán durante los veranos de 2012-2019: un estudio exploratorio.**

Memoria para optar al título de Geógrafa

CLAUDIA LUNA GONZÁLEZ

Profesora Guía: Pamela Smith Guerra

Santiago, Chile

2023

*A Park Ji-min*

## **Resumen**

El capitalismo está en crisis y su modelo de desarrollo ha causado serios daños ambientales que ponen en peligro la supervivencia humana y del resto de las especies. Una de las consecuencias más graves es el aumento la temperatura media global, que ha crecido de forma constante desde la segunda mitad del siglo XX. El cambio climático es un tema de gran importancia para la salud pública, pues existen estudios que confirman que la mortalidad y las admisiones hospitalarias aumentan con el incremento de las temperaturas. En ese contexto, es necesario un mayor entendimiento de las dinámicas sociales, institucionales y naturales, además de la toma de decisiones informadas sobre riesgos ambientales, tales como temperaturas extremas. Chillán, es una de las ciudades chilenas que más se han visto afectadas por el aumento de las temperaturas. El 3 de febrero de 2023 se alcanzó un máximo de 41,6°C, superando el récord histórico nacional de 41,5°C del año 2017, que también se registró en la ciudad. Este estudio pretende averiguar si se observa algún patrón en la interacción entre la temperatura ambiental de Chillán y los índices de morbilidad en la población.

## Índice

<b>1</b>	<b>Presentación</b> .....	<b>1</b>
1.1	Introducción .....	1
1.2	Planteamiento del problema .....	2
1.3	Estado del asunto .....	4
1.3.1	Salud pública .....	4
1.3.2	Determinantes de la salud .....	6
1.3.3	Ambiente urbano: vida en la ciudad y cambio climático .....	9
1.4	Objetivos .....	12
1.4.1	Objetivo general .....	12
1.4.2	Objetivos específicos .....	12
<b>2</b>	<b>Marco metodológico</b> .....	<b>13</b>
2.1	Área de estudio .....	13
2.2	Relación entre altas temperaturas y afecciones en el sistema cardiovascular y respiratorio .....	16
2.3	Observar el comportamiento estadístico en el conteo de atenciones de urgencia por afecciones del sistema respiratorio y el sistema circulatorio según los servicios de urgencia públicos de la ciudad .....	18
2.4	Examinar el comportamiento y la evolución de las temperaturas estivales desde el verano de 2012 al verano de 2019, considerando las características de la localización de cada instrumento .....	20
2.5	Relacionar y describir el comportamiento de la variable salud ante la influencia de la temperatura .....	22
<b>3</b>	<b>Resultados</b> .....	<b>24</b>
3.1	Evolución de las atenciones de urgencia por causas del sistema circulatorio en cada establecimientos de salud .....	24
3.2	Análisis de las temperaturas en Chillán durante el verano de 2012 a 2019 .....	29
3.3	Relacionar y describir el comportamiento de la variable salud ante la influencia de la temperatura .....	37
3.3.1	Área 1: SAPU Ultraestación – Cementerio .....	37
3.3.2	Área 2: SAPU Doctor Federico Puga – Chillán Viejo .....	39
3.3.3	Área 3: SAPU Isabel Riquelme – Estadio .....	43
3.3.4	Área 4 .....	49
3.3.5	Área 5: SAPU Los Volcanes – Sector Este .....	59
3.3.6	Análisis con Modelo de Regresión de Poisson .....	62
<b>4</b>	<b>Discusión y conclusiones</b> .....	<b>65</b>

<b>5</b>	<b>Referencias Bibliográficas</b> .....	<b>68</b>
----------	---	-----------

## 1. Presentación

### 1.1 Introducción

El sistema económico capitalista se basa en la acumulación de riqueza y la maximización de beneficios a través de la explotación de los recursos naturales y humanos. Esta lógica implica una serie de consecuencias negativas para el medio ambiente y la salud de las personas, como la contaminación del aire, relacionada a un aumento en enfermedades respiratorias y cardiovasculares, la desigualdad social y la pobreza, ligada a falta de acceso a servicios básicos, exclusión, violencia, estrés y problemas de salud mental; o el cambio climático y la pérdida de biodiversidad, relacionable al déficit de espacios verdes y de infraestructura que invite a la contemplación, la recreación y el ejercicio físico, aspectos que son altamente valorados al momento de combatir problemas de salud como, por ejemplo, la depresión y la ansiedad (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021).

El clima afecta profundamente la salud humana, por lo tanto, el aumento de las temperaturas relacionado al cambio climático es un tema que también concierne a la salud pública. En varias ciudades de Chile este fenómeno ha provocado un considerable aumento de temperaturas. Chillán, por ejemplo, ha registrado temperaturas récord en los últimos años, superando sin dificultad los 40°C (ADN, s.f.; Vicencio et al., 2017). La ciudad ha experimentado un gran crecimiento urbano en los últimos años, sin embargo, este desarrollo se presenta con un déficit de áreas verdes públicas que afecta negativamente la calidad ambiental y el bienestar de sus habitantes, pues la vegetación y espacios verdes en las ciudades ayudan a generar un microclima que regula la temperatura del aire a nivel local (Cifuentes-Jara et al., 2021). En contextos de este tipo, es necesario analizar el impacto generado por los eventos de temperaturas extremas, con la intención de advertir los efectos perjudiciales de vivir en un ambiente urbano excesivamente caluroso y buscar soluciones que aborden el problema del cambio climático y garanticen buena calidad de vida para sus habitantes. Mediante un enfoque exploratorio este estudio pretende averiguar si se observa algún patrón en la interacción entre las temperaturas de la ciudad de Chillán y los índices de morbilidad en la población, pues destaca como uno de los lugares que más récords de calor ha experimentado.

Este nivel de análisis implica un enfoque interdisciplinar e intersectorial. Entre las disciplinas que más aportan al quehacer de la salud pública se encuentran las ciencias médicas y las ciencias sociales, en tanto su objeto de estudio son los procesos salud-enfermedad, sus determinantes, y cómo se desarrollan los procesos sociales ante dichas condiciones. Entendiendo esto, se debe considerar que las nociones espaciales propias de la Geografía pueden dar cuenta de cómo se distribuyen los procesos sociales en el espacio-tiempo, bajo la premisa de que la estructura espacial es maleable, variable, relativa y relacional (Jaramillo, 2018). La toma de decisiones informada conduce al desarrollo de una política de salud pública eficaz basada en evidencia. En este sentido, se necesita conocer bien los factores de riesgo de las enfermedades y cómo interactúan con los entornos sociales, construidos y naturales. (Dummer, 2008). Frente al actual escenario de crisis ambiental, surge la necesidad de buscar alternativas que integren los aspectos ambientales y económicos en un marco de desarrollo sostenible que garantice el bienestar de las generaciones presentes y futuras (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2021).

## 1.2 Planteamiento del problema

El capitalismo está en crisis y su modelo de desarrollo ha causado daños ambientales graves y pone en peligro la supervivencia de especies, incluyendo la humana. Los efectos negativos incluyen cambios en las temperaturas, disminución de agua disponible, retroceso de glaciares, aumento del nivel del mar, y extinciones masivas de especies. (Cuervo & Délano, 2019). El tiempo y el clima condicionan las formas de vida, y, por lo tanto, afectan profundamente la salud humana. Los fenómenos meteorológicos extremos causan la muerte de decenas de miles de personas cada año y deterioran la salud física y mental de unos cuantos millones más. Por cada grado centígrado por encima de un nivel específico, los decesos pueden aumentar entre el 2 y el 5%. Sumado a esto, se estima que para el decenio de 2050 los episodios de calor extremo que actualmente ocurren una vez cada 20 años se experimentarán aproximadamente cada 2 a 5 años. Como consecuencia, el progresivo aumento de las temperaturas se ha transformado en una preocupación axial para el campo de la salud pública. Este fenómeno afecta a las zonas rurales, sin embargo, es especialmente crítico en los entornos urbanos, donde el efecto de isla térmica puede elevar las temperaturas más de 5°C (Organización Mundial de la Salud [OMS] & Organización Meteorológica Mundial [OMM], 2012).

El modelo actual de urbanización es el resultado de una globalización implacable, la transformación desenfrenada de las ciudades en fuentes de beneficio privada y una atención cada vez menor al espacio público y el beneficio comunitario, provocando desórdenes económicos, disturbios civiles, degradación ambiental, y un constante aumento de barrios marginales (Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos [ONU-HABITAT], 2016). Dicho lo anterior, es fácil concluir que las ciudades se desarrollan bajo un modelo evidentemente insostenible en todos los aspectos. Los impactos del cambio climático afectan de forma diferenciada a cada territorio dentro de la misma ciudad (OMS & OMM 2012). La evidencia demuestra que las poblaciones más pobres y vulnerables son quienes sufren las peores consecuencias. Esta susceptibilidad puede ser el resultado de una exposición desproporcionada a situaciones de riesgo; de factores médicos o biológicos subyacentes relacionados con la edad, el sexo o el estado de la enfermedad; y/o del acceso a otros servicios que aumentan la resistencia y resiliencia ante las olas de calor (Bell et al., 2008a).

Para el 2020 la población urbana mundial se aproximaba a los 4200 millones de personas, y se espera que para el 2050 esta cifra supere el doble de su tamaño actual, con 7 de cada 10 personas viviendo en ciudades (Banco Mundial, 2020). Los nuevos datos del Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-Hábitat, 2020) revelan que en la actualidad existen casi 2.000 áreas metropolitanas en todo el mundo, donde habita un tercio de la población mundial. En ese contexto, América Latina se ha mantenido como una de las áreas más urbanizadas del mundo durante la última década, con un 81% de su población residiendo en ciudades (Las Ciudades Seguirán Creciendo, Sobre Todo En Los Países En Desarrollo | ONU DAES | Naciones Unidas Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, s.f.). Para el caso de Chile, se estima que, según las tendencias históricas, la población urbana del país aumentaría su proporción, pasando de 86,3% durante el 2002, a 88,4% en 2019, alcanzando el 89,1% en el año 2035. Asimismo, se estableció que en Chile los asentamientos humanos crecieron un 17% entre 2002 y 2017,

lo que equivale a 172 nuevos asentamientos. Este crecimiento bruto representa un aumento de superficie de 39,5%, con una tasa de crecimiento anual de un 2,2% (Ministerio de Urbanismo [MINVU] & Instituto Nacional de Estadísticas [INE], 2019).

Por añadidura, el nuevo Reporte del Estado del Clima en América Latina y El Caribe 2020 de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2020) señala que América Latina y el Caribe es una de las regiones del mundo más afectadas por el Cambio Climático y los fenómenos meteorológicos extremos que están causando graves daños a la salud, a la vida, a la comida, al agua, a la energía y al desarrollo socioeconómico (Naciones Unidas, 2021). Del mismo modo, el cambio climático ha afectado considerablemente a las ciudades chilenas, tal como demuestra el Informe Anual 2020 de Medio Ambiente publicado por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE, 2021), donde se da cuenta de que el número total de olas de calor pasó de 9 en la temporada estival (noviembre a marzo) 2010/2011 a 62 en el verano 2019/2020. Durante esta última temporada, las olas de calor tuvieron lugar principalmente en Santiago y Curicó, ambas con 9 olas, y Chillán, con 8. En contraste, durante el período 2010/2011 ni Santiago ni Chillán habían presentado olas de calor, mientras que en Curicó se registró solo un evento. Durante el verano de 2017 se presentaron temperaturas récord en la zona centro y centro-sur de Chile. El 25 de enero Chillán tuvo un registro histórico nacional de 41,5°C, superando el máximo de 38.3°C registrado en enero del año 1999 (Vicencio et al., 2017). El 3 de febrero de 2023 se alcanza un récord de 41,6°C, superando en una décima la máxima alcanzada durante 2017 (T13, 2023).

Chillán presenta gran dinamismo en su proyecto urbano. Durante las últimas dos décadas la superficie urbana ha tenido un crecimiento de un 38%, aumentando de 1.800 a 2.950 hectáreas, posicionándose en el onceavo lugar dentro de la **Metodología para medir el crecimiento urbano de las ciudades de Chile** (MINVU & INE, 2019). A pesar de esta importante expansión territorial, la ciudad posee aproximadamente 1,7 metros cuadrados de áreas verdes públicas por habitante, muy por debajo del promedio nacional de 4 m<sup>2</sup>/hab y del promedio recomendado por la OMS, de 9 m<sup>2</sup> /hab (Smith, 2018). La importancia de la vegetación y espacios verdes en las ciudades se debe a que generan un microclima que regula la temperatura del aire a nivel local por medio de la evapotranspiración, sombra, absorción de partículas contaminantes y producción de oxígeno (Cifuentes-Jara et al., 2021). Entendiendo que el espacio está reproduciéndose constantemente bajo estas circunstancias, y considerando que es evidente que Chillán y la mayoría de las ciudades del mundo experimenten un aumento de la población urbana, es de suma importancia plantear la siguiente interrogante: ¿Cuál es el impacto de los fenómenos meteorológicos extremos, especialmente las temperaturas extremas, en la salud de la población en ciudades urbanizadas en América Latina, específicamente en el caso de la ciudad de Chillán en Chile? Conocer el impacto que tienen los eventos meteorológicos extremos en la salud de la población, especialmente las temperaturas extremas, sirve para advertir los efectos perjudiciales de vivir en un ambiente urbano excesivamente caluroso, y permite buscar soluciones que garanticen buena calidad de vida para sus habitantes.



### **1.3 Estado del asunto**

La salud pública y la geografía están estrechamente relacionadas, pues la conjunción de ambas proporciona información importante sobre los patrones y distribución de enfermedades en una población determinada, así como los factores ambientales y socioeconómicos que pueden influir en éstas. Es necesario abordar estos factores de manera integral y colaborativa para proteger la salud y el bienestar de las personas en todo el mundo. Esto requiere una comprensión profunda de los factores que afectan la salud, así como una acción coordinada en todos los niveles, desde los gobiernos nacionales hasta las comunidades locales, para abordar los desafíos del cambio climático y garantizar un futuro saludable y sostenible para todos. En ese contexto, la Organización Mundial de la Salud se ha encargado de conceptualizar y sistematizar las condiciones que determinan la salud de la población, con el objetivo de adoptar medidas intersectoriales que permitan influir en las políticas, los planes, la legislación y los reglamentos que abordan los determinantes sociales de la salud, así como en la acción conjunta en este sentido más allá del sector de la salud (OMS & OPS, 2022)

#### **1.3.1 Salud pública**

La *salud pública* es aquella disciplina médica que orienta sus acciones hacia un contexto colectivo mediante la aplicación de diversos enfoques de intervención, que buscan promover la salud y evitar la ocurrencia de enfermedad (Ayala, 2017). La necesidad de un enfoque sistémico en el ámbito de la salud pública es más evidente. Hoy en día se reconoce cada vez más que la salud física, mental y social están estrechamente interconectadas y se ven muy afectadas por las decisiones que se toman en otros sectores, como el transporte, la energía, la agricultura o el medio ambiente. Los responsables de las políticas de salud pública deben desarrollar estrategias más eficaces que engranen los conocimientos de una amplia gama de perspectivas. La urgencia de este reto integrador se ve incrementada por los riesgos que impone el cambio climático a la salud de la población (Proust et al., 2012).

El nivel de análisis poblacional conlleva un enfoque interdisciplinar e intersectorial, siendo capaz de articular tanto las acciones gubernamentales con las de las comunidades, como los servicios para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades con los que procuran el mejoramiento ambiental físico y social (Iñiguez Rojas, 1998). En ese sentido, entre las disciplinas que más aportan al quehacer de la salud pública se encuentran las ciencias médico-biológicas, particularmente la epidemiología, y las ciencias sociales, en tanto su objeto de estudio son los procesos salud-enfermedad y sus determinantes, y la respuesta social a esas condiciones de salud, referidos a un nivel de agregación poblacional (Ayala, 2017).

##### **1.3.1.1 Funciones de la salud pública**

Según la OMS, las once funciones esenciales que los sistemas de salud deben procurar se basan en cuatro aspectos: evaluar el estado de salud de la población y los factores de la mala salud; desarrollar políticas para fortalecer los sistemas de salud y abordar los determinantes; asignar los recursos necesarios, y garantizar el acceso a todas las

intervenciones y servicios de salud pública. Las funciones esenciales se entienden como capacidades institucionales que los países deberían desarrollar y fortalecer para una apropiada formulación de acciones de salud pública. Además, se asume un papel participativo de la sociedad civil y actores claves dentro del proceso de desarrollo de políticas, y no se los limita a ser facilitadores de la prestación de servicios. También, asumen más relevancia las intervenciones intersectoriales que abordan los determinantes sociales de la salud (Organización Panamericana de la Salud [OPS], s.f.).

Las once funciones esenciales de la salud pública consisten en monitorear y evaluar la salud y el bienestar, la equidad, los determinantes de la salud y el desempeño e impacto de los sistemas de salud; la vigilancia en la salud pública: controlar y gestionar los riesgos para la salud y las emergencias; promocionar y gestionar la investigación y el conocimiento en el ámbito de la salud; formular e implementar políticas de salud y promoción de legislación que proteja la salud de la población; permitir la participación y movilización social, inclusión de actores estratégicos y transparencia; desarrollo de recursos humanos para la salud; asegurar el acceso y el uso racional de medicamentos y otras tecnologías sanitarias esenciales de calidad, seguras y eficaces; procurar un financiamiento de la salud eficiente y equitativo; asegurar el acceso equitativo a servicios de salud integrales y de calidad; garantizar el acceso equitativo a intervenciones que buscan promover la salud, reducir factores de riesgo y favorecer comportamientos saludables; y, por último, gestionar y promover las intervenciones sobre los determinantes sociales de la salud (OPS, s.f.).

La salud pública debe conocer el territorio y cada uno de sus componentes para salvaguardar el bienestar de la población. Evaluar el estado de los determinantes de salud requiere un análisis multidimensional que permita identificar espacial y temporalmente aquellos factores problemáticos y sus consecuencias. Para ello, es necesario ampliar los conocimientos mediante investigación científica y la participación de comunidades y ciudadanos. La información generada en conjunto por los distintos actores de la sociedad es útil para impulsar el desarrollo de políticas y leyes que protejan la salud de la población y aseguren el acceso a servicios de salud, medicamentos, tecnologías sanitarias y a iniciativas que favorezcan la salud y promuevan comportamientos saludables. En un contexto donde el cambio climático amenaza el bienestar de la población es indispensable explorar la configuración térmico ambiental de la ciudad, reconocer qué estructuras sociales condicionan sus peligros y deficiencias y evaluar la respuesta del estado de salud de la población frente a eventos meteorológicos extremos de frecuencia creciente.

#### **1.3.1.1 Salud pública y geografía**

El espacio no sólo se caracteriza por la presencia física del individuo, sino que también por las interacciones sociales y las peculiaridades culturales de cada grupo social. El espacio percibido o material; el espacio concebido o representado; y el espacio vivido, significado o imaginado, se articulan bajo relaciones de poder, dominio y resistencia. En este sentido, las nociones espaciales nos permiten entender cómo están distribuidos los procesos sociales en el espacio-tiempo, bajo la perspectiva de que la estructura espacial es maleable, variable, relativa y relacional (Jaramillo, 2018). La toma de decisiones informada conduce al desarrollo de una política de salud pública eficaz basada en evidencia. Se necesita

conocer los factores de riesgo de las enfermedades y cómo el estilo de vida, el medio ambiente y la ocupación interactúan con los entornos sociales, construidos y naturales. Comprender la disposición de los servicios de salud, la ubicación y la naturaleza de las exposiciones ambientales, es fundamental para evaluar las interrelaciones inherentes a las condiciones que ponen en riesgo la salud (Dummer, 2008).

La salud pública es la forma más espacial de medicina, puesto que se ocupa principalmente de la salud de las poblaciones o comunidades dentro de lugares específicos, a diferencia de la mayoría de las otras formas de medicina que se ocupan de la salud de un individuo. Por este motivo, es crucial que la salud pública se explore desde un marco geográfico, ya que el enfoque central de la investigación geográfica es explicar la relación entre los elementos y fenómenos espaciales y los territorios donde se producen. Una de las preocupaciones centrales en este campo es comprender cómo los sistemas económicos, sociales y políticos en funcionamiento afectan a la salud pública tanto a nivel macro (internacional y nacional) como micro (local y comunitario), vinculando los procesos estructurales de las reformas económicas, sociales y políticas a las mejoras en la salud. Así pues, al explorar la salud pública, es necesario concebir la totalidad de la sociedad como el contexto en el que tiene lugar la salud. Si las acciones y toma de decisiones de la salud pública dependen de cómo se experimentan los entornos en términos físicos, sociales, económicos y psicológicos, entonces un análisis de la importancia del medio ambiente tendrá aplicabilidad en todas las áreas de investigación de la salud pública (Coombes, 1994).

### **1.3.2 Determinantes de la salud**

#### **1.3.2.1 Antecedentes históricos**

El informe *New perspectives on the health of Canadians*, solicitado en 1974 por el entonces ministro de salud de Canadá, Marc Lalonde, define como “determinantes de la salud” a aquel conjunto de factores personales, sociales, económicos y ambientales que condicionan el estado de salud de los individuos o de las poblaciones. (Villar Aguirre, 2017). En él se establece que la salud de una comunidad está condicionada por la interacción de cuatro grupos de factores: la biología humana, los estilos de vida, el medio ambiente, y la provisión de servicios de salud

Asimismo, en 1977, el gobierno de Reino Unido nombró una comisión para el estudio de las desigualdades sociales en salud, dirigida por Douglas Black (Navarro López & Benach De Rovira, 1996). Como resultado, en el año 1980 se publica el informe *Inequalities in Health*, también conocido como *The Black Report*, donde se documenta de manera detallada la evolución de las desigualdades sociales en salud entre la población británica. Los autores del informe Black y su posterior actualización, el informe *The Health Divide*, proponían 4 posibles causas: los errores metodológicos cometidos durante los estudios, la selección social, los estilos de vida y las causas materiales o estructurales (Borrell, 2006). Con el tiempo, el marco conceptual básico otorgado por ambos informes se ha reforzado y expandido, de manera que, en la actualidad, se destaca aún más la fuerte influencia que ejercen las condiciones sociales en las posibilidades de mantenerse en óptimas condiciones de salud.

### **1.3.2.2 Determinantes Ambientales de la Salud**

La salud pública ambiental se refiere a la intersección entre el medioambiente y la salud pública. Esta disciplina aborda los factores ambientales que influyen en la salud humana, incluyendo factores físicos, químicos y biológicos, y todos los comportamientos relacionados a ellos. El conjunto de estas condiciones se denomina *determinantes ambientales de la salud* (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2021b). Entre los determinantes ambientales de la salud que inciden en el bienestar de la comunidad y el individuo se encuentran la disponibilidad y calidad del agua, el saneamiento, la gestión de los residuos sólidos, la higiene, los entornos saludables y la planificación urbana (OPS, 2019).

Los factores relacionados con el clima afectan cada vez más la salud y el bienestar de la población, porque perturba los sistemas físicos, biológicos y ecológicos. Los efectos sobre la salud pueden ser, entre otros, un mayor número de enfermedades respiratorias y cardiovasculares, traumatismos y defunciones prematuras relacionadas con fenómenos meteorológicos extremos. Los grupos en situaciones de vulnerabilidad ante los peligros relacionados con los efectos del cambio climático son objeto de un riesgo desproporcionado por la mayor frecuencia y gravedad de los fenómenos meteorológicos extremos (OPS, 2021b).

### **1.3.2.3 Determinantes Sociales de la Salud**

En 2008, La Comisión de Determinantes Sociales de la Salud (CDSS) de la OMS definió que los *determinantes sociales de la salud* (DSS) son las circunstancias en que las personas nacen, crecen, viven, trabajan y envejecen, resaltando el papel que desempeña el sistema de salud en estos procesos, marcando un importante precedente para análisis posteriores (de La Guardia Gutiérrez & Ruvalcaba Ledezma, 2020). Es importante entender que los determinantes sociales de la salud apuntan tanto a los rasgos específicos del contexto social, como a los mecanismos por los cuales las condiciones sociales impactan la salud de los individuos (Barragán et al., 2007).

#### **a. Marco conceptual de los DSS según la Organización Mundial de la Salud**

En octubre del 2010, la OMS publica el documento *A conceptual framework for action on the social determinants of health. Social Determinants of Health Discussion Paper*, cuyo propósito es plantear una rigurosa discusión acerca del marco conceptual utilizado por la ciencia y la política para abordar la problemática de las desigualdades en salud. A grandes rasgos, el marco de la CDSS muestra cómo los mecanismos sociales, económicos y políticos dan lugar a la jerarquización socioeconómica. En este contexto, se destaca que los individuos experimentan diferentes grados de exposición y vulnerabilidad ante las diversas condiciones que comprometen su salud de acuerdo con su respectivo estatus social (World Health Organization., 2010).

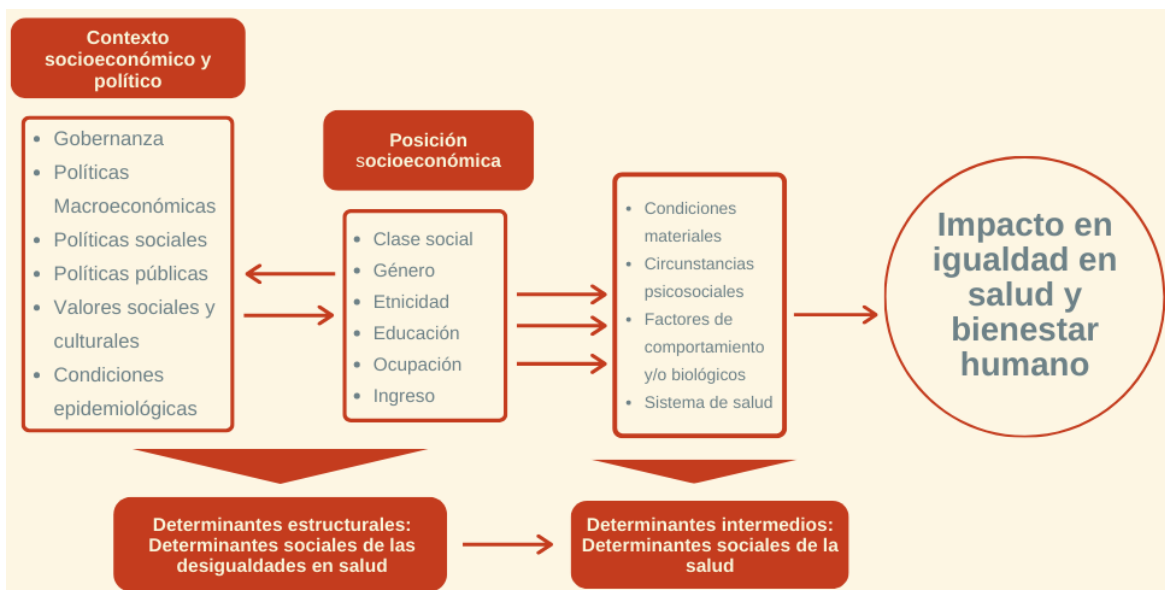


Figura 1: Esquema conceptual de la Comisión de Determinantes Sociales de la Salud. Fuente: Elaboración propia en base a World Health Organization (2010)

### b. Determinantes estructurales o Determinantes sociales de desigualdades en salud

Para entender cómo afectan los DSS en la población es necesario explicar más a fondo la configuración del sistema social. La CDSS indica que dentro del esquema conceptual que guía esta materia existen tres grandes elementos. El primero corresponde al *contexto sociopolítico y económico*, término amplio que abarca el conjunto de aspectos estructurales, culturales y funcionales del sistema social, cuyo impacto no puede medirse a nivel individual. Estos componentes ejercen una poderosa influencia sobre la formación de los patrones de estratificación social. A pesar de que este conjunto de factores puede variar dependiendo del país, el esquema contextual de cada sociedad debe considerar al menos seis puntos: gobernanza; políticas macroeconómicas; políticas sociales; políticas públicas; valores culturales y sociales; y condiciones epidemiológicas (World Health Organization., 2010).

La consecuente jerarquización social y el lugar que ocupan los individuos dentro de esta configuración son lo que la CDSS designa como el segundo elemento del esquema de los DSS: la *posición socioeconómica*, condicionada por ingreso, educación, ocupación, clase social, género, redes e influencias y raza o etnicidad. Ambos elementos en conjunto constituyen los *determinantes estructurales* del esquema, denominados *determinantes sociales de desigualdades en salud*, como muestra la figura 1. Ellos moldean las condiciones que dan lugar a los factores determinantes descendentes, considerados el tercer elemento del marco conceptual: los determinantes intermedios de la salud (World Health Organization., 2010).

### c. Factores sociales intermedios o Determinantes sociales de la salud

Los determinantes estructurales operan a través de lo que la OMS denomina *factores sociales intermedios* o *determinantes sociales de la salud*. Los determinantes sociales de las inequidades en salud son un antecedente causal de estos factores intermedios, que

están vinculados, por otro lado, a un conjunto de influencias a nivel individual, incluidos los comportamientos relacionados con la salud y factores fisiológicos. Los factores intermedios surgen de la configuración de la estratificación social subyacente y, a su vez, determinan diferencias en la exposición y vulnerabilidad de los individuos. Las principales categorías de factores intermedios de la salud son: condiciones materiales; circunstancias psicosociales; factores de comportamiento y/o biológicos; y el propio sistema de salud como determinante social (World Health Organization., 2010).

Las condiciones materiales son verdaderamente significativas para el estado de salud de la población de posición socioeconómica más baja y los grupos marginados, especialmente si consideramos los factores ambientales. La OMS ha identificado el ambiente físico como uno de los determinantes clave de la salud y ha enfatizado la importancia de abordar los desafíos del cambio climático y la variabilidad del clima para proteger la salud humana (OMS, 2021). En ese sentido, es importante entender las ciudades como un ambiente construido que varía dependiendo de las particularidades del desarrollo económico, político y social de cada territorio, generando estructuras ambientales que están determinadas en función de una apropiación diferencial de los recursos (Alva Fuentes, s.f.). Para los investigadores que enfatizan en este aspecto, las desigualdades en salud resultan de la acumulación diferencial de exposiciones y vivencias que tienen su origen en el mundo material. Los factores materiales y las desventajas sociales se entrelazan de tal modo que las personas que tienen más recursos en términos de conocimiento, dinero, poder, prestigio y conexiones sociales están en mejores condiciones de evitar el riesgo y de adoptar las estrategias de protección necesarias (World Health Organization., 2010).

### **1.3.3 Ambiente urbano: vida en la ciudad y cambio climático**

El crecimiento de la población y de la urbanización sin planificación ha tenido como consecuencia el incremento de la brecha social dentro de las ciudades, y ha dado lugar a importantes áreas de pobreza debido a la falta de oportunidades laborales, vivienda, seguridad y protección del medioambiente (OPS & OMS, 2011). Además, la quema de combustibles fósiles, la contaminación industrial, la deforestación y los cambios en el uso del suelo han conducido a una gran acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Los océanos y la vegetación tienen la capacidad de absorber estos gases y otorgar un efecto termorregulador, pero la degradación de los ecosistemas ha reducido la habilidad natural de la de la Tierra para restablecer el equilibrio al ciclo del carbono, ocasionando el aumento de las temperaturas medias actuales (ONU-HABITAT, 2011).

Las ciudades consumen gran parte del abastecimiento energético mundial, y son responsables de aproximadamente el 70% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, que absorben el calor y provocan el calentamiento de la Tierra (ONU-HABITAT, 2011). La progresiva pérdida del entorno vegetal intra y periurbano, reemplazado por superficies de materiales de construcción impermeables, altera el balance hídrico y radiativo superficial. En consecuencia, se produce un importante aumento de temperatura en las áreas urbanas. Esta situación da origen al fenómeno llamado *islas de calor* o *islas térmicas urbanas*, relativas al gradiente térmico que se observa entre los espacios urbanos densamente ocupados y construidos y la periferia rural o peri-urbana (Córdova, s.f.).

### **1.3.3.1 Efectos del calor en la salud humana**

Los seres humanos son animales homeotérmicos, es decir, son capaces de mantener la estabilidad de su temperatura central frente a las perturbaciones térmicas normales del ambiente atmosférico gracias al mecanismo de termorregulación. En condiciones de altas temperaturas, el humano es capaz de ajustar el nivel de intercambio de calor entre el cuerpo y el ambiente mediante los procesos de vasodilatación, vasoconstricción y sudoración. Estas respuestas fisiológicas involucran un alto gasto energético por la redistribución circulatoria de la sangre y un importante suministro de agua corporal (Nagashima et al., 2018), por lo tanto, en condiciones de temperaturas extremas se puede producir el colapso del sistema termorregulador y el consecuente deterioro de la salud humana pudiendo incluso causar la muerte, especialmente entre aquellas personas con respuestas adaptativas limitadas (Nunes da Silva et al., 2014). Asimismo, en el sistema respiratorio el exceso de calor ambiental y corporal se han relacionado con un incremento en los procesos relacionados a broncoconstricción (Rodríguez-Morales, 2009).

En 2008 (McMichael et al., 2008) se plantea un intento sistemático de caracterizar y comparar las relaciones de mortalidad por temperatura en 12 ciudades de ingresos bajos en representación de los cinco continentes: Liubliana, Bucarest, Sofía, Delhi, Monterrey, Ciudad de México, Chiang Mai, Bangkok, Salvador, Sao Paulo, Santiago y Ciudad del Cabo. Esta elección se debe a la diversidad en el rango de latitud, temperatura estacional promedio y desarrollo económico. Los gráficos revelan una amplia variedad de relaciones no lineales entre la temperatura y la mortalidad, aunque en todas las ciudades, excepto en Chiang Mai y Ciudad del Cabo, fue evidente un aumento de la mortalidad con el aumento de la temperatura en parte de la distribución de la temperatura. que el calor contribuye a la mortalidad por enfermedades cardiovasculares en la mayoría de las ciudades.

De acuerdo con Díaz et al. (2002) durante la ola de calor de 1995 en Madrid se observa un marcado punto de inflexión con un aumento de mortalidad alrededor de los 36,5°C independiente del diagnóstico, el grupo etario y el género de los individuos. Asimismo, el estudio concluye que, durante las olas de calor, el porcentaje de mortalidad en el grupo de edad de más de 75 años se elevó al 78%. Por otro lado, en agosto de 2003 Europa Occidental experimentó una nueva ola de calor excepcional en términos de duración, intensidad, extensión geográfica e impacto en la salud. En este caso, un estudio hecho en Francia revela que las fluctuaciones diarias en la tasa de mortalidad y las temperaturas mínimas/máximas estuvieron estrechamente relacionadas durante los veranos de 2004 - 2006. La comparación de los índices de mortalidad observados y esperados durante la ola de calor de 2006 ha demostrado que se produjeron un exceso de 2065 muertes en la población francesa total (Fouillet et al., 2008).

Para el caso de Estados Unidos, conforme con Semenza et al. (1999), durante la ola de calor de Chicago, producida en 1995, se observaron 10.739 admisiones hospitalarias, aun cuando el promedio estimado era de 9.667 casos. Esta investigación hace hincapié en que el impacto del calor en la salud no solo depende de las condiciones climáticas en un momento dado, sino también de las condiciones de salud y el estado socioeconómico previamente existentes. Por otra parte, un estudio de Lin et al. (2009) concluyó que sobre ciertos umbrales de temperatura y humedad se incrementaron las admisiones hospitalarias

por enfermedades respiratorias y cardiovasculares en la ciudad de Nueva York durante el período 1991-2004.

Para el caso latinoamericano, el estudio de Bell et al., (2008) investiga la mortalidad relacionada con el calor en tres ciudades de América Latina: Ciudad de México, México; Sao Paulo, Brasil; Santiago, Chile. Si bien se comprueba que la mortalidad crece de acuerdo con el aumento de las temperaturas en todos los casos, la curva de cada comunidad tiene una forma diferente. La asociación más fuerte se aprecia en Sao Paulo, la ciudad más calurosa. En suma, los autores afirman que el impacto del calor en la mortalidad se ha investigado más extensamente en los Estados Unidos y Europa. Solo un número limitado de estudios examinó este tema para América Latina.

Existe muy poca evidencia disponible sobre el caso particular de Chile. En el año 2012, Cifuentes et al. utiliza la misma metodología aplicada para Santiago en Bell et al., (2008), en para 8 ciudades repartidas a lo largo de Chile: Arica, Antofagasta, La Serena, Santiago, Concepción, Temuco, Puerto Montt y Punta Arenas. El objetivo fue comparar la temperatura registrada durante el día de la admisión hospitalaria, con la exposición ante un periodo de control formado por las temperaturas registradas durante días antes o después de la admisión hospitalaria. En general, se concluye que, de acuerdo con las alzas de temperatura proyectadas para Chile, las tasas de ingresos hospitalarios irían en aumento hacia el año 2099. Más tarde, en 2016, se lanza el Plan de Adaptación al Cambio Climático del sector Salud (Ministerio de Salud [MINSAL] & Ministerio de Medio Ambiente [MMA], 2017) que propone ocho ejes de acción: Fortalecimiento de la institucionalidad, fortalecimiento del capital humano, estudios, vigilancia, promoción de la salud a la ciudadanía, respuesta ante situaciones de emergencia, disminución de la vulnerabilidad, y atención de salud. No obstante, la mayoría de estos ejes necesita un diagnóstico de la situación actual de los impactos del cambio climático en la salud de la población, los que hasta la fecha no se han evaluado completamente. (Palmeiro-Silva et al., 2020).



## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Analizar la relación entre las condiciones térmicas ambientales de la ciudad de Chillán durante los meses de verano y el número de atenciones de urgencia por causas del sistema circulatorio y respiratorio para el período 2012-2019.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Examinar el comportamiento y la evolución de las temperaturas estivales desde el verano de 2012 al verano de 2019, considerando las características de la localización de cada instrumento.
- Observar el comportamiento estadístico en el conteo de atenciones de urgencia por causas del sistema respiratorio y el sistema circulatorio según los servicios de urgencia de la ciudad.
- Relacionar y describir el comportamiento de la variable salud ante la influencia de la temperatura.

## **2 Marco metodológico**

La bioestadística es una especialización que otorga un método de análisis que permite producir conocimiento en el campo de la medicina y la salud al recopilar, clasificar, y estudiar información que se traduce en evidencia científica utilizada para identificar las necesidades de los sujetos perjudicados por afecciones de salud, y permiten aplicar el criterio clínico en la toma de decisiones en cuanto a diversos factores clave de exposición. (Álvarez-Villalobos & Millán-Alanís, 2019; Mazacón Gómez et al., s.f.). La bioestadística involucra el uso de estadísticas de población o demográficas; estadísticas vitales, que dan cuenta de hechos biológicos que tiene trascendencia sanitaria, como los nacimientos y defunciones; y estadísticas de morbilidad, que entregan información sobre las enfermedades que se intenta prevenir y tratar (Castro, 2019).

Chillán ha estado experimentando un importante aumento de la población y extensión urbana, y se ha posicionado como una de las ciudades más importantes a nivel regional y nacional, por lo tanto, es necesario averiguar el impacto que tienen las altas temperaturas en la población, con la intención de advertir los efectos perjudiciales de vivir en un ambiente urbano excesivamente caluroso y aportar en la búsqueda de soluciones que garanticen buena calidad de vida para sus habitantes.

### **2.1 Área de estudio**

La ciudad de Chillán es una conurbación integrada por las comunas de Chillán (capital regional) y Chillán Viejo, ubicada en la provincia de Diguillín, región de Ñuble (Ministerio de Vivienda y Urbanismo [MINVU] & Instituto Nacional de Estadísticas [INE], 2018). Se localiza en los 36° 36' de latitud sur, a una altitud media de 124 msnm (Smith, 2018). Limita al norte con la comuna de Portezuelo, San Nicolás y San Carlos; al sur con Bulnes y San Ignacio; al este con Coihueco y Pinto, y al oeste con Ranquil y Quillón (ver figura 2).



Figura 2: Comunas de la Región de Ñuble. Elaboración propia.

La ciudad está situada sobre una estructura tectónica de fines del período terciario, en el sector del llano central. El terreno de la ciudad se constituye por una llanura aluvial con preponderancia de sedimentos fluvio-glaciares, conformada durante el cuaternario por la influencia de los ríos Ñuble y Cato por el Norte, y el río Larqui por el Sur, ambos afluentes de la hoya hidrográfica del Itata (ver figura 2) (Ilustre Municipalidad de Chillán, s.f.).

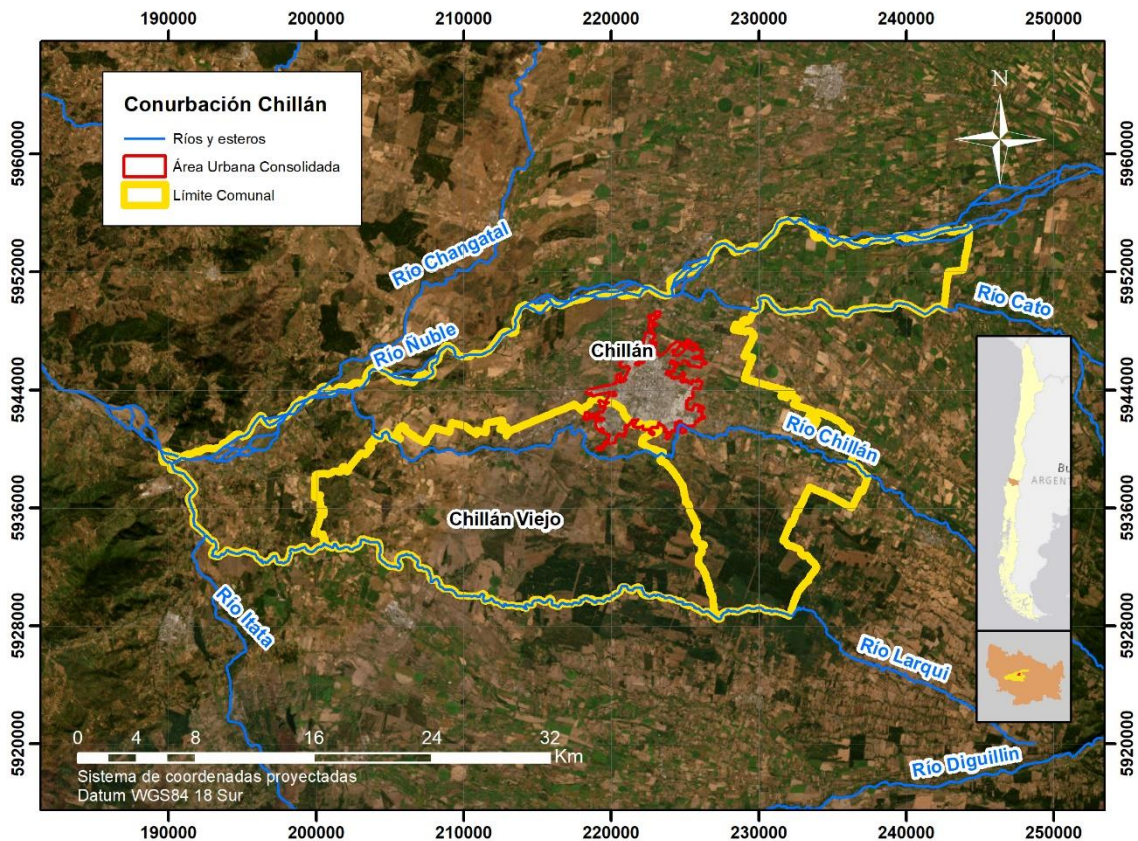


Figura 3: Conurbación Chillán. Elaboración propia.

En la ciudad predomina el clima templado cálido mediterráneo con estación seca en los meses de verano y lluvias invernales. Las precipitaciones se dan con mayor intensidad entre mayo y agosto, con un promedio anual que supera los 1.000 mm (Utreras & Acevedo, 2019). De acuerdo con los datos de la estación meteorológica Bernardo O'Higgins, instalada por la Dirección Meteorológica de Chile en el aeropuerto de igual nombre, la temperatura promedio anual de las últimas cuatro décadas es de 13,7°C, mientras que la temperatura promedio de verano es de 19,4°C. En tanto, las temperaturas más bajas se registran en el mes de julio, oscilando entre los 1°C y 5°C. Las bajas notables de temperatura observadas durante este periodo se deben al avance de masas de aire frío polar que penetran muy al interior del país.

En general, según datos registrados por la estación meteorológica del aeródromo de la Fuerza Aérea de Chile, la temperatura media para un año normal es de 13,05° (Ilustre Municipalidad de Chillán, s.f.), mientras que, según Smith (2018), el promedio de los últimos años llega hasta 15,5°C en el centro de la ciudad, un grado más que las parcelas de agrado ubicadas en el periurbano, evidenciando la presencia de una isla de calor urbana. A pesar de ubicarse en la zona centro-sur, Chillán es una de las ciudades con las temperaturas medias máximas más altas durante el verano, con un patrón e intensidad cercano a las ciudades de Arica e Iquique, ubicadas en latitudes intertropicales (Smith & Henríquez, 2019).

En términos demográficos, el Observatorio del Ministerio de Vivienda y Urbanismo determinó en 2009 que las ciudades cuya población oscila entre los 100.000 y los 300.000 habitantes se denominan ciudades intermedias (Letelier & Boyco, 2010). Chillán puede considerarse como tal, dado que, de acuerdo con el censo del año 2017, posee una cantidad de 191.629 habitantes (Instituto Nacional de Estadísticas [INE], 2019). En general, se puede definir una ciudad intermedia de dos formas: la primera afirma que pueden definirse en base a criterios cuantitativos, como estadísticas de población y extensión territorial; mientras que la segunda idea plantea que la esencia de las ciudades intermedias proviene del concepto de “intermediación”, que tiene relación con su capacidad de integración en el sistema de ciudades y las funciones espaciales que ejerce en el territorio (Maturana et al., 2016). Chillán se posiciona como la ciudad que concentra la oferta de servicios públicos en la región del Ñuble. En ese sentido, su ubicación geográfica se considera una gran ventaja, pues su carácter céntrico garantiza buena conectividad no solo desde comunas aledañas, sino que también a nivel regional (Ilustre Municipalidad de Chillán & Universidad del Bío-Bío, 2019).

En 2018 se creó la “Metodología para medir el crecimiento urbano de las ciudades de Chile”, cuyo objetivo es conocer la dinámica de crecimiento de las ciudades por medio de la utilización de indicadores de urbanización y ocupación del territorio. Según los resultados, la superficie urbana de Chillán creció un 31.2% entre 2002 y 2017, pasando de 2.376 ha a 3.118 ha (Ministerio de Vivienda y Urbanismo [MINVU] & Instituto Nacional de Estadísticas [INE], 2018). A pesar de esta importante expansión territorial, y de la relevancia que tiene Chillán dentro de la provincia y la región, la ciudad carece de un gran parque urbano y existen pocos espacios de recreación que además contribuyan a la disminución de la contaminación (Ilustre Municipalidad de Chillán & Universidad del Bío-Bío, 2019). En ese contexto, es preciso señalar que la ciudad posee 1,7 metros cuadrados de áreas verdes públicas por habitante, muy por debajo del promedio nacional de 4 m<sup>2</sup>/hab y del promedio recomendado por la OMS, de 9 m<sup>2</sup> /hab (Smith, 2018).

## **2.2 Relación entre altas temperaturas y afecciones en el sistema cardiovascular y respiratorio**

Según la revisión bibliográfica, los sistemas más afectados son el sistema cardiovascular y el respiratorio, por consiguiente, se utilizaron datos bioestadísticos de morbilidad, correspondientes a los registros diarios de atenciones de urgencia por causas del sistema circulatorio y del sistema respiratorio, procedentes del Departamento de Estadísticas de Información de Salud (DEIS). Como ya se mencionó, existen dos investigaciones que se han ocupado de estudiar la relación entre datos biomédicos y altas temperaturas en Chile. La investigación de Bell et al., (2008) estudió la mortalidad relacionada al calor en Santiago, utilizando un diseño de estudio de casos cruzados (*case-crossover*), un enfoque analítico reciente en epidemiología, que permite estimar relaciones no lineales en procesos de exposición-respuesta (Lombardi, 2010). De esta forma se comparó el estado de la temperatura aparente con el riesgo de mortalidad total, cardiovascular y respiratoria, considerando la estructura de rezago de la exposición y una posible susceptibilidad por sexo, edad y nivel educativo. En el 2012, Cifuentes et al., utilizó la misma metodología para

investigar la relación causal entre temperatura aparente y admisiones hospitalarias en ocho ciudades chilenas.

En general, las investigaciones de este tipo buscan proyectar los impactos que tendrán las alteraciones en los patrones de temperatura en la salud de la población, conforme avanza el cambio climático. Este estudio, en cambio, pretende entregar un acercamiento a la problemática del deterioro de la salud humana ante el progresivo aumento de las temperaturas en Chillán, cuya importancia regional y dinamismo la mantienen en un crecimiento sostenido. Con ese objetivo, se adopta un enfoque cuantitativo exploratorio que busca identificar relaciones potenciales entre las altas temperaturas y las atenciones de urgencia por enfermedades del sistema circulatorio y del sistema respiratorio, utilizando los procedimientos expuestos a continuación en la Tabla 1.

Objetivos	Métodos	Herramientas y materiales	Productos
Observar el comportamiento estadístico en el conteo de atenciones de urgencia	Estadística Descriptiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>R y Rstudio</li> <li>XLS Atenciones de Urgencia Vista diaria</li> </ul>	Tablas de datos. Gráficos de puntos de atenciones de urgencia.
Examinar el comportamiento y la evolución de las temperaturas estivales considerando las características de la localización de cada instrumento.	Estadística Descriptiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>Instrumentos medición meteorológica Hobo</li> <li>XLS Temperaturas por dispositivo</li> </ul>	Tablas de datos Gráficos de línea de temperaturas
Relacionar y describir el comportamiento de la variable salud ante la influencia de la temperatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>Estadística Descriptiva</li> <li>Análisis comparativo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>R y Rstudio</li> <li>XLS Atenciones de Urgencia Vista diaria</li> <li>XLS Temperaturas por dispositivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gráficas comparativas</li> <li>Regresión de Poisson</li> </ul>

Tabla 1: Cuadro Metodológico

Se decidió trabajar solo con los meses de verano comprendidos dentro del período 2012 y 2013, considerando que la etapa estival comienza el 01 de diciembre y finaliza el 31 de marzo, a excepción del verano 2012, donde se consideraron solo los meses de enero, febrero y marzo, pues diciembre de 2011 no presenta información bioestadística suficiente. Esta decisión se tomó para omitir el componente estacional normalmente presente las temperaturas anuales. La información estadística se procesó principalmente mediante los softwares R y Rstudio, mediante los procedimientos indicados en la Tabla 1.

Package	Descripción	Funciones y operadores	Utilidad
base	Contiene las funciones básicas que permiten a R funcionar como lenguaje: aritmética, entrada/salida, soporte básico de programación, etc.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. as.character()</li> <li>2. as.numeric()</li> <li>3. t()</li> <li>4. as.Date()</li> <li>5. list()</li> <li>6. []</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Convierte objetos numéricos a una cadena de datos o objetos de caracteres.</li> <li>2. Convierte cadenas de datos o objetos de caracteres en objetos numéricos.</li> <li>3. Transpone matrices de datos</li> <li>4. Convierte datos en formato Fecha a objetos de caracteres y viceversa</li> <li>5. Construye y comprueba listas de datos</li> <li>6. Los corchetes también se denominan operadores de extracción, ya que se utilizan para extraer elementos específicos de un vector o matriz.</li> </ol>
data.table	Proporciona una versión de alto rendimiento de data.frame, con mejoras en la sintaxis y las funciones para facilitar el uso, la comodidad y la velocidad de programación.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. as.data.table()</li> <li>2. as.matrix()</li> <li>3. set.names()</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dar formato de tabla.</li> <li>2. Dar formato <i>matrix</i> al vector para que lo ejecute missForest.</li> <li>3. Establecer el nombre de cada columna.</li> </ol>
janitor	Entrega funciones sencillas que permiten examinar y limpiar datos.	row_to_names()	En una tabla de datos, establece los nombres de cada columna en base a los valores de una determinada fila.
dplyr	Corresponde a una gramática de manipulación de datos, que proporciona un conjunto coherente de verbos que permiten realizar las acciones más comunes de manipulación de datos.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. select()</li> <li>2. mutate()</li> <li>3. filter()</li> <li>4. summarise()</li> <li>5. group_by()</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Selecciona variables según su nombre</li> <li>2. Añade nuevas variables que son funciones de variables existentes</li> <li>3. Selecciona casos según sus valores</li> <li>4. Reduce múltiples variables a un único resumen</li> <li>5. Permite realizar múltiples operaciones simultáneamente</li> </ol>
ggplot2	Es un sistema para crear gráficos de forma declarativa, basado en la gramática de los gráficos.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. aes()</li> <li>2. geom_line()</li> <li>3. geom_point()</li> <li>4. geom_smooth()</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Define parámetros estéticos de graficación</li> <li>2. Añade una capa de líneas.</li> <li>3. Añade una capa de puntos</li> <li>4. Crea una línea de tendencia</li> </ol>
ggthemes	Contiene temas extra, escalas y <i>geoms</i> , y funciones para y relacionadas con ggplot2.		
missForest	Es un método de imputación no paramétrico de tipo mixto para cualquier tipo de datos	missForest()	Completa valores faltantes por imputación.
pscl	Modelos de regresión para datos de conteo con exceso de ceros.	zeroinfl()	Ajuste modelos de regresión cero-inflados para datos de recuento mediante máxima verosimilitud.
stats	Contiene funciones para cálculos estadísticos y generación de números aleatorios.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. glm()</li> <li>2. na.omit()</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se utiliza para ajustar modelos lineales generalizados.</li> <li>2. Omite valores faltantes NA</li> </ol>
patchwork	Permite combinar <i>ggplots</i> separados en un mismo gráfico, utilizando una API que incita a la exploración y la iteración y se adapta a diseños arbitrariamente complejos.		
openxlsx	Simplifica la creación de archivos .xlsx proporcionando una interfaz de alto nivel para escribir, estilizar y editar hojas de cálculo.	write.xlsx()	Crea un archivo .xlsx (Excel) a partir de un marco de datos

Tabla 2: Paquetes y Funciones R y Rstudio. Fuente: Elaboración propia en base a R Core Team (2020)

### 2.3 Observar el comportamiento estadístico en el conteo de atenciones de urgencia por afecciones del sistema respiratorio y el sistema circulatorio según los servicios de urgencia públicos de la ciudad.

El estudio requiere establecer una relación temporal entre la morbilidad circulatoria y respiratoria de los habitantes con la temperatura, utilizando el día como unidad estadística. Para generar la base de datos bioestadísticos se utilizaron los registros diarios de atenciones de urgencia, procedentes del Departamento de Estadísticas de Información de Salud (DEIS) desde el 01 de enero de 2012 hasta el 31 de diciembre de 2019. Se decidió trabajar con servicios de atención de urgencia pertenecientes a la red de establecimientos del Ministerio de Salud, ubicados dentro del Área Urbana Consolidada de Chillán. Existen siete establecimientos que aplican ante estos criterios: cuatro Servicio de Atención Primaria

de Urgencia (SAPU), un Servicio de Urgencia de Alta Resolución (SAR) y el Hospital Clínico Herminda Martín, enseñados a continuación en la figura 4. A pesar de formar parte de esta red de establecimientos, el SAPU San Ramón de Nonato fue excluido del estudio, pues su base de datos no contenía información suficiente.

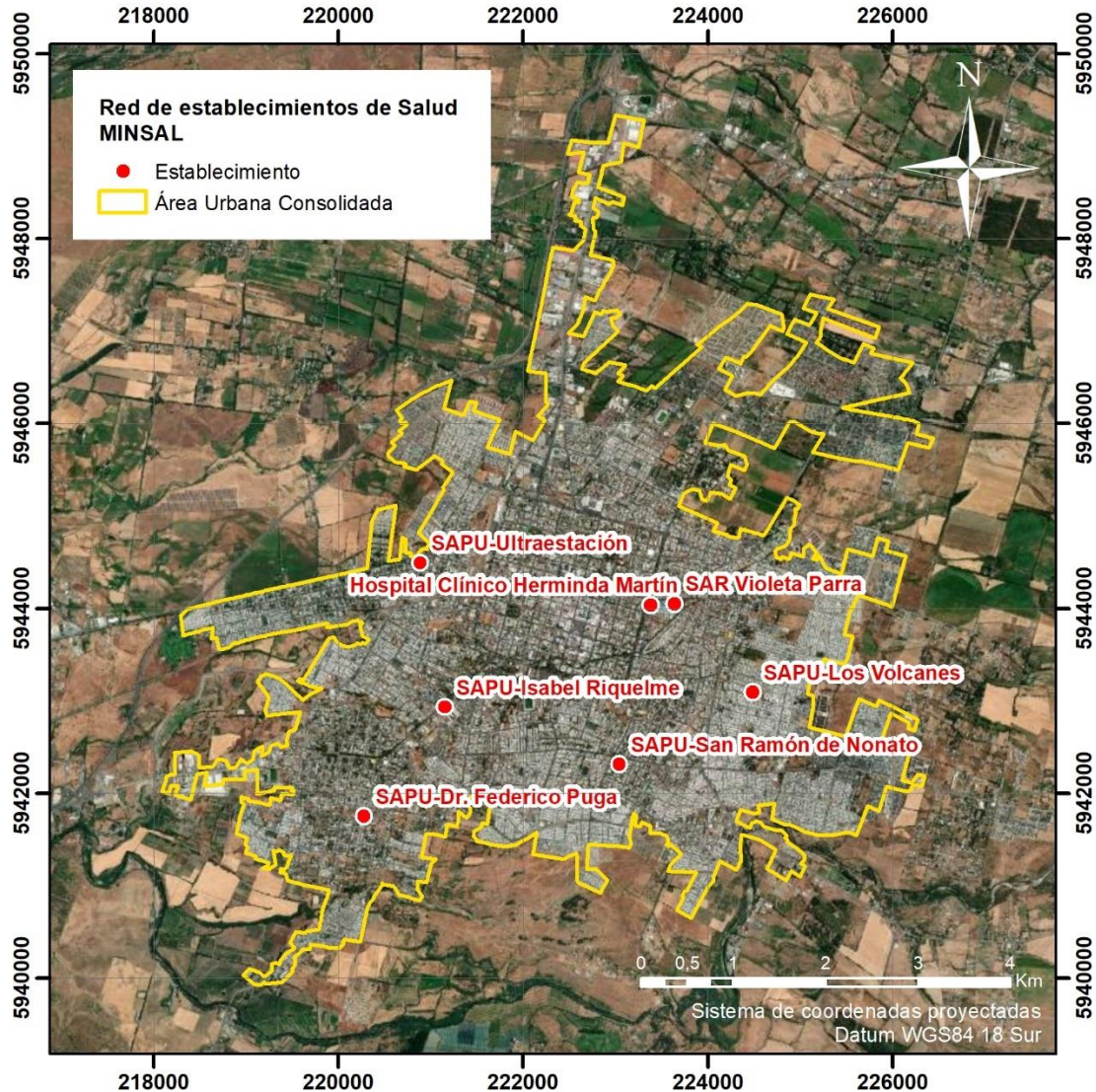


Figura 4: Red de establecimientos del Ministerio de Salud en la ciudad de Chillán. Elaboración propia.

Para procesar los datos fue necesario modificar la estructura del archivo descargado. En primer lugar, se quitaron las celdas sobrantes en la tabla de datos a través de *na.omit()*, que permite eliminar los espacios con valores faltantes. Posteriormente se cambió la orientación de filas y columnas mediante la función *transpose* o *t()*, creando una tabla de datos cuyas filas muestran el conteo de observaciones de acuerdo con la fecha, mientras que las columnas clasifican las observaciones por el origen de la atención de urgencia por todas las causas. Mediante la opción *select()* se escogieron aquellas columnas que indican el total de consultas por patologías del sistema circulatorio y el sistema respiratorio, para luego filtrar las filas y conservar solo los meses de verano desde 2012 a 2019, considerando diciembre del año anterior y marzo del correspondiente, además de asignar la clase



numérica a los datos de conteo utilizando la función *as.numeric()*, tipificación necesaria para llevar a cabo el análisis estadístico.

Gracias a esta base de datos depurada se generó un conjunto de gráficos o series de tiempo de poca extensión, que caracterizan el conteo de atenciones de urgencia durante los meses estudiados, además de resumir y mostrar los datos de manera que puedan revelar patrones y realizar un análisis estadístico descriptivo. Para facilitar el análisis de los gráficos individuales se utilizó el recurso *geom\_smooth()* con método “*loess*”, que permite crear una curva de medias condicionales suavizadas mediante una regresión lineal ponderada localmente que ayuda a encontrar tendencias o ciclos en caso de que se quiera realizar pocas suposiciones; se quiera modelar relaciones locales en lugar de globales; y existan datos ruidosos, escasos o interrelaciones débiles que interfieren con la capacidad de ver la línea de mejor ajuste (Wickham, 2016).

#### **2.4 Examinar el comportamiento y la evolución de las temperaturas estivales desde el verano de 2012 al verano de 2019, considerando las características de la localización de cada instrumento**

Para caracterizar las condiciones climáticas de la ciudad se utilizaron datos horarios de temperaturas del aire registrados por ocho dispositivos Hobo lbutton instalados el año 2010, en el marco de los proyectos FONDECYT 1080080 y 1100657, ubicados según muestra la figura 5 (Smith, 2018). Se emplearon archivos recolectados en 2015, 2016 y 2017, utilizados en investigaciones previas. Esta información se complementó con una descarga realizada en durante la salida a terreno relativa a esta investigación, realizada desde el 3 al 7 de octubre de 2019.

Las descargas fueron compiladas en Microsoft Excel y luego se reestructuraron mediante el uso de R y Rstudio, pues cada archivo contaba con una organización propia. En términos generales, primero se unificaron las fechas de registro, se prescindió del parámetro horario y se les dio el formato respectivo mediante la función *as.date*, además, se le asignó la clase numérica a los datos de temperatura del aire aplicando el comando *as.numeric()*. Posteriormente, se calculó la temperatura diaria mediante el uso de *group\_by()* y *summarize()*. La diversa procedencia, manipulación y organización de los archivos ha causado que existan lagunas de información para distintas estaciones, por lo tanto, fue necesario aplicar una imputación realizada con la función *missForest()* en Rstudio, función que permite imputar datos cuantitativos perdidos mediante algoritmos de bosques de decisión. Esta base de datos también permitió generar representaciones gráficas útiles para la caracterización y descripción de las condiciones climáticas en la ciudad durante los meses de verano con el mismo formato de las creadas en el apartado anterior.

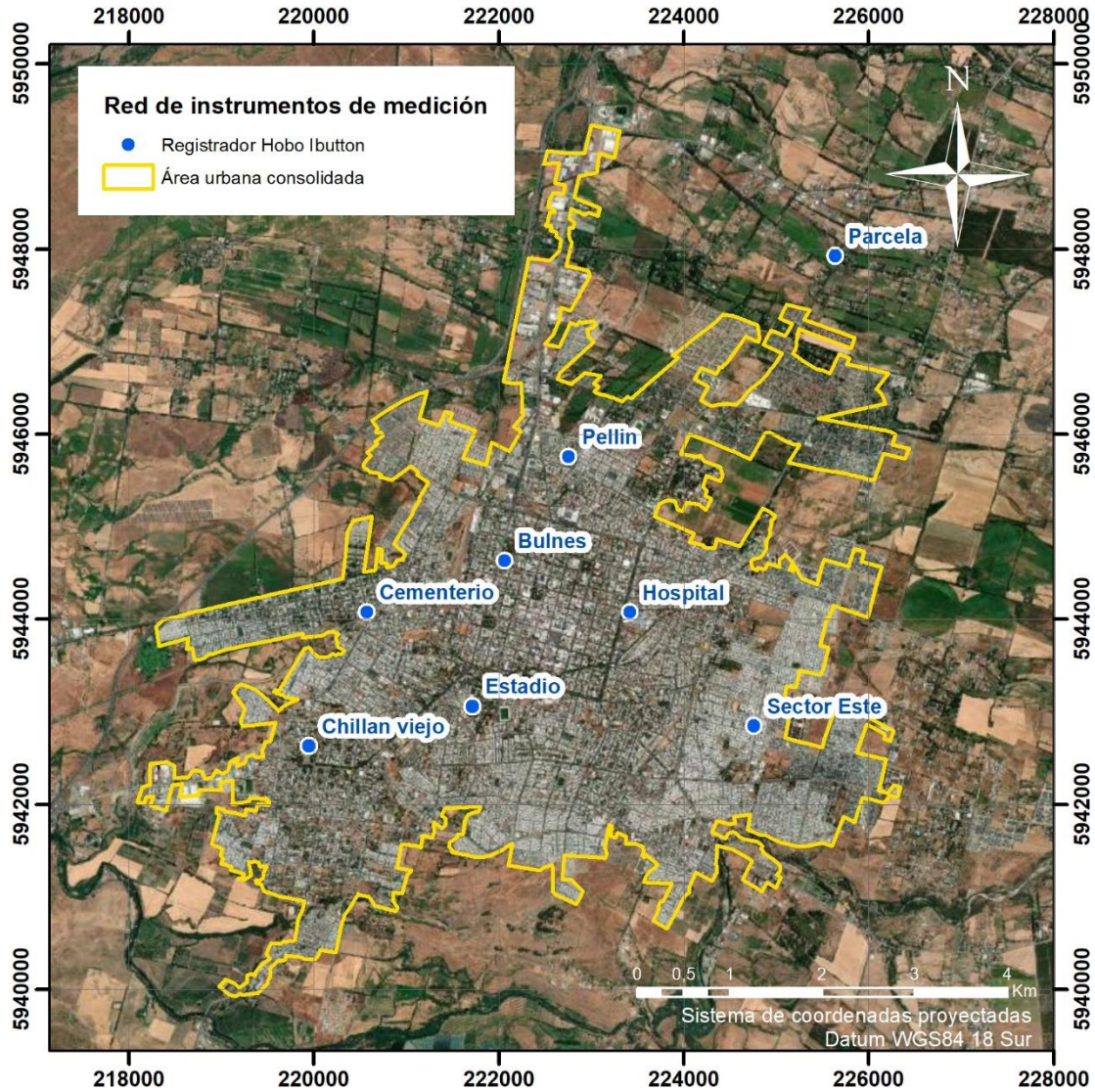


Figura 5: Red de establecimientos del Ministerio de Salud en la ciudad de Chillán. Elaboración propia.

Por otra parte, para reconocer las características de la localización de cada instrumento, se utilizaron las Zonas Climáticas Locales (ZCL) de Stewart & Oke (2012), entendidas como distintas regiones de cobertura superficial, con una estructura, material y actividad uniformes que abarcan desde cientos de metros hasta varios kilómetros en escala horizontal. Las distintas clases de ZCL son locales en escala, climáticas en naturaleza y zonales en representación. El universo paisajístico consta de 17 LCZ estándar, de las cuales 15 están definidas por la estructura y la cobertura de la superficie y 2 por los materiales de construcción y las emisiones antropogénicas de calor. Asimismo, las ZCL pueden dividirse en dos grandes grupos: *Built types*, organizadas por números, y *Land cover types*, organizadas por letras.

## 2.5 Relacionar y describir el comportamiento de la variable salud ante la influencia de la temperatura.

Para realizar una aproximación inicial a la interacción entre la temperatura y la salud humana en un ambiente urbano se comenzó por explorar dinámicas locales, bajo el supuesto de que la gente acude al servicio de salud más cercano cuando enfrenta una situación de emergencia. Se determinó correspondencia entre cada establecimiento de salud con los puntos de muestreo de la temperatura del aire (localización de los registradores Hobo Ibutton), de acuerdo con un área de influencia de 1 km a la redonda de cada dispositivo. Se determinó esta área de influencia porque es la distancia mínima para que a cada punto de muestreo le corresponda al menos un establecimiento de salud, específicamente en el caso de la estación Chillán Viejo y el SAPU Dr. Federico Puga.

Las estaciones Pellín y Bulnes no tienen establecimientos de salud próximos para asociar, por tanto, no se utilizaron en el análisis individual. Asimismo, la estación Parcela se excluye porque se encuentra fuera del área urbana consolidada. La distribución resultante se aprecia en la Figura 6.

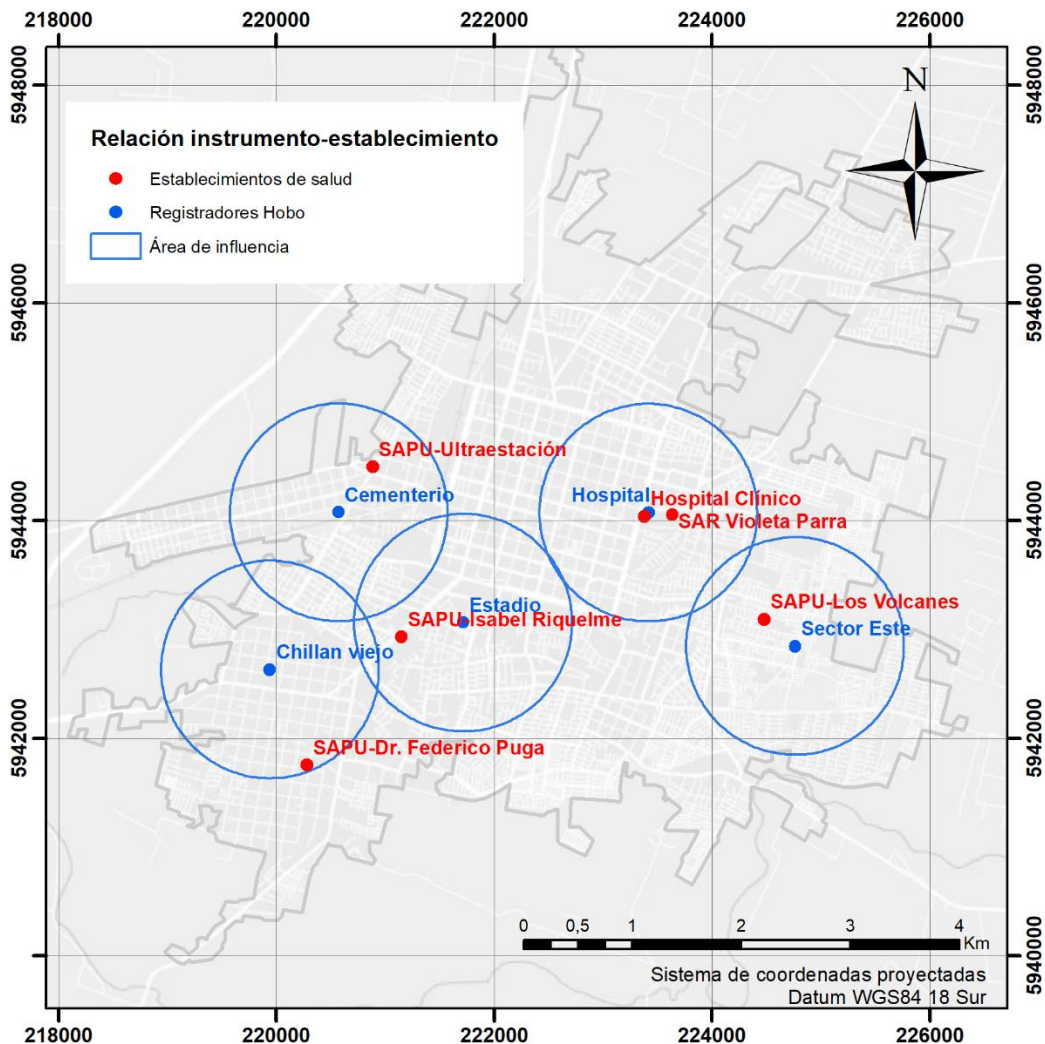


Figura 6: Correspondencia instrumento-establecimiento. Elaboración Propia.

Los datos anteriormente sistematizados se organizaron en gráficas de dos paneles y se interpretaron a través de un análisis estadístico descriptivo simple, cuyo objetivo fue observar a grandes rasgos cómo se comportan ambas variables ante el mismo evento en el tiempo. Generalmente no es recomendado presentar dos gráficos en un mismo panel, porque la diferencia de escalas puede llevar a una interpretación poco precisa. Por ejemplo, pueden existir cruces entre ambas líneas que no representen un proceso significativo, pero puede crear cierta confusión. En este caso, es mejor observar el comportamiento de las gráficas en su estado original. Además, dentro de sus funciones, el paquete *ggplot2* no ofrece opciones para usar dos escalas en un gráfico al mismo tiempo. Cabe destacar que, según lo leído en la revisión bibliográfica, para que un paciente comience a mostrar síntomas de enfermedad luego de una exposición debe existir un período de rezago de entre 7 y 10 días aproximadamente (Bell et al., 2008b; Cifuentes et al., 2012; Goldie et al., 2018; Lin et al., 2009; Mastrangelo et al., 2007). Se intentará reconocer este período para la ciudad estudiada a partir de la interpretación de los gráficos. Por último, si bien encontrar una asociación general entre dos o más variables puede dar ciertas luces, a menos que se pueda establecer la causalidad, rara vez es convincente y representativa (Wooldridge, 2002). De no obtener hallazgos importantes a nivel local, de todos modos, la importancia de la problemática requiere una mínima aproximación de la real influencia del calor en el correcto funcionamiento del sistema cardiovascular y respiratorio.

Un Modelo Lineal Generalizado (MLG), es una extensión natural del ML clásico, cuyo componente aleatorio no sigue necesariamente una distribución normal, sino que utiliza cualquier distribución del tipo exponencial. Dentro de esta categoría, la Regresión de Poisson es el MLG más básico y eficaz para estudiar variables de respuesta de conteo, como la ocurrencia de un evento en particular en un período determinado de tiempo (López González & Ruiz Soler, 2011). Cuando una base de datos presenta un excesivo conteo de ceros, como es el caso de este estudio, se utiliza la Regresión de Poisson Inflada con Ceros. Este modelo, también conocido como modelo de Poisson-cero inflado o modelo ZIP (por sus siglas en inglés "*Zero-Inflated Poisson model*"), es un modelo estadístico utilizado para modelar variables de conteo con exceso de ceros en su distribución. El modelo de Poisson inflado con ceros es útil en situaciones donde la mayoría de las observaciones son ceros y solo un pequeño número de observaciones tienen valores distintos de cero. Esto puede ocurrir, por ejemplo, en el análisis de datos de frecuencia de accidentes de tráfico, donde la mayoría de las observaciones corresponden a días sin accidentes (da Silva Junior et al., 2013; Zeileis et al., 2008). Los modelos de regresión aplicados en esta investigación se crearon a partir de la funciones *glm()* y *zeroinf()* disponibles en los paquetes *stats* y *pscl*, respectivamente.

### 3 Resultados

#### 3.1 Evolución de las atenciones de urgencia por causas del sistema circulatorio en cada establecimiento de salud.

Las Figuras 7 y 8 muestran el conteo mensual de atenciones de urgencia por causas del sistema circulatorio. Los datos correspondientes al Hospital Clínico Herminda Martín se han graficado por separado, porque la cantidad de casos que registra es significativamente mayor al resto de establecimientos, distorsionando la escala del gráfico si se trazan en el mismo plano. Asimismo, se distingue un acentuado aumento en los casos del SAR Violeta Parra, debido a que el Centro de Salud Familiar Violeta Parra amplió sus servicios en enero de 2017, habilitando el Servicio de Atención Primaria de Urgencia de Alta Resolución, que da cabida a un mayor ingreso de casos de urgencia (Ministerio de Salud [MINSAL], 2017).

Globalmente, los gráficos no exhiben un patrón claro, indicando que los valores no presentan una incidencia de la componente estacional. No obstante, es posible destacar los ápices de atenciones por cada centro. En ese sentido se observa que el SAPU Los Volcanes registra un máximo de 39 casos durante febrero de 2012; SAPU Ultraestación anota 57 en marzo de 2012; SAPU Isabel Riquelme marca 24 en marzo 2013; SAPU Doctor Federico Puga alcanza 23 marzo 2014, Hospital apunta 458 durante diciembre del período 2017; y SAR Violeta Parra marca 25 casos en marzo de 2015, previo al cambio de 2017, y registra un máximo posterior de 111 en diciembre del período 2019.

Cabe destacar el fenómeno ocurrido en el SAPU Ultraestación a partir de diciembre del 2016, donde se aprecia un cese de atenciones a excepción de diciembre del verano 2017 donde se contabilizan 6 casos. Esta ausencia de atenciones coincide con la ampliación de servicios del SAR Violeta Parra, por tanto, se puede deducir que la atención de este tipo de consultas se traslada al nuevo centro. De esta forma, se observa cómo dicho centro supera por primera vez su marca con 32 puntos. A partir de entonces, la tendencia crece, y el período 2019 comienza con el registro más alto de los años estudiados, con 111 casos.

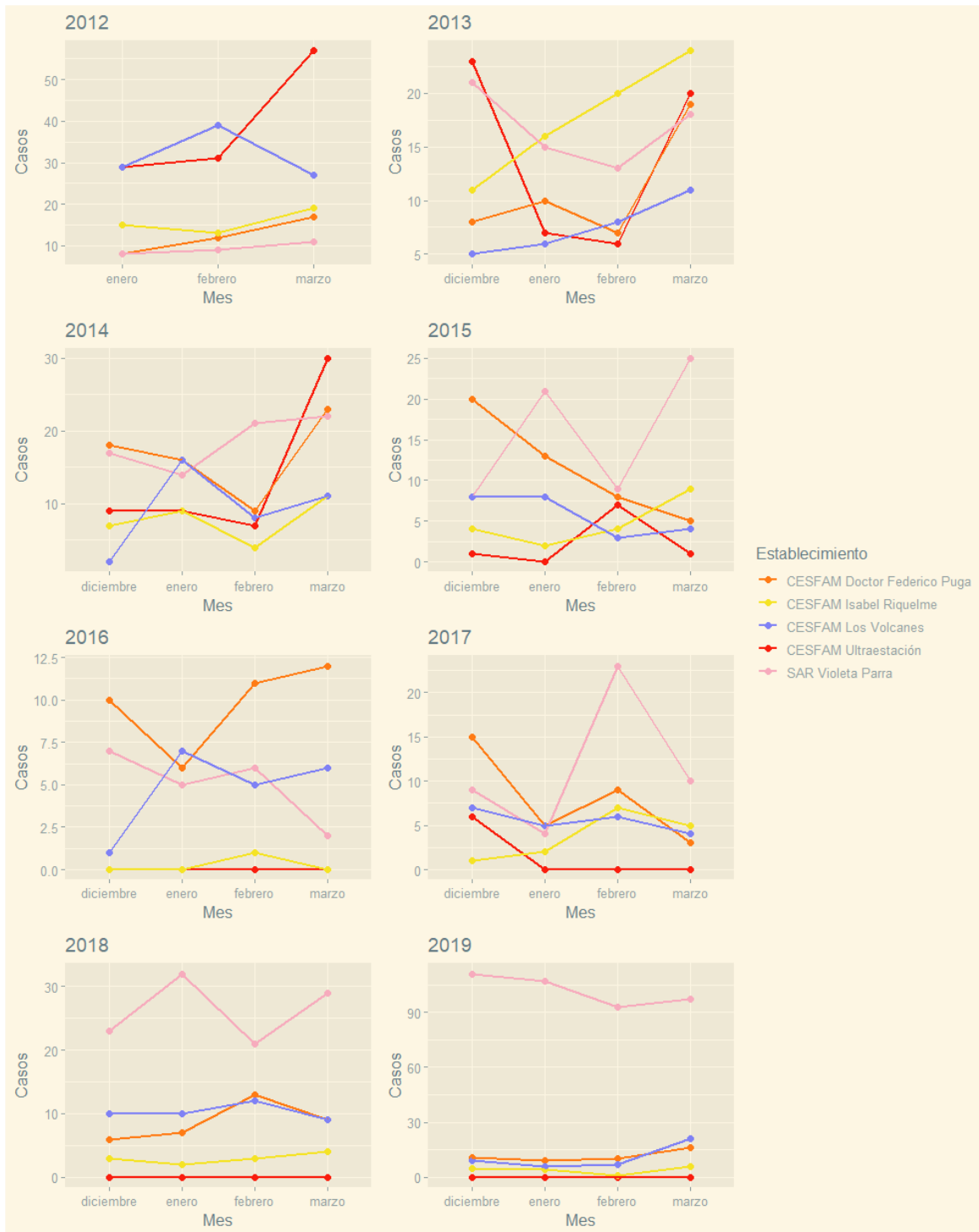


Figura 7: Atenciones de urgencia red de establecimientos de salud MINSAL por afecciones del sistema circulatorio, período 2012-2019

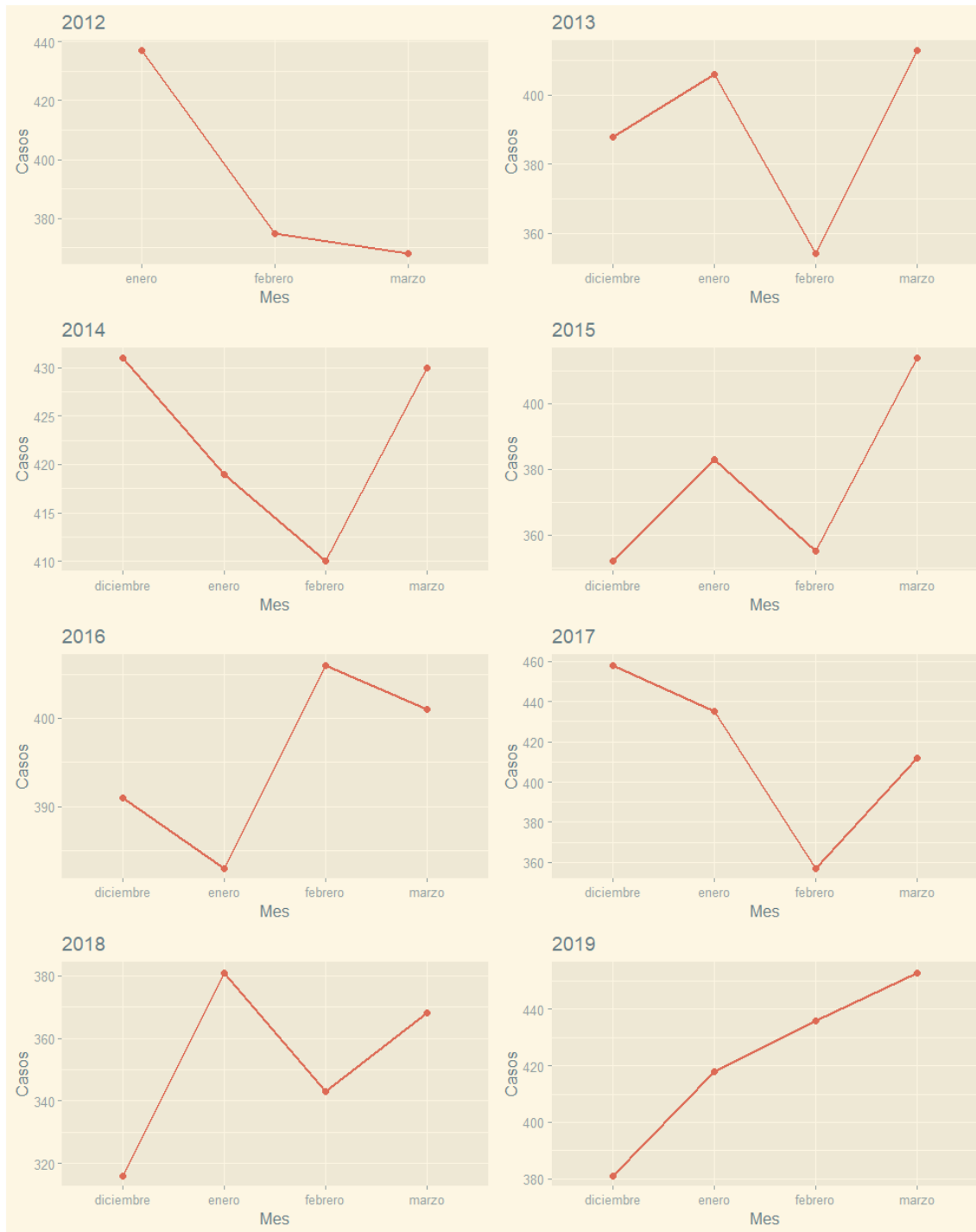


Figura 8: Atenciones de urgencia Hospital Clínico Herminda Martín por afecciones del sistema circulatorio, período 2012-2019

A continuación, en la Figura 9 se aprecia la incidencia de casos de urgencia relativos a enfermedades respiratorias para los centros de atención pública de la ciudad, mientras que la Figura 10 enseña el conteo de casos para el hospital. A primera vista se evidencia la similitud entre las curvas de los distintos establecimientos, presentando una clara tendencia atribuible a la componente estacional que tiene su base en el ciclo anual. Los meses que

concentran las mayores temperaturas, es decir, enero y febrero, registran menos atenciones.

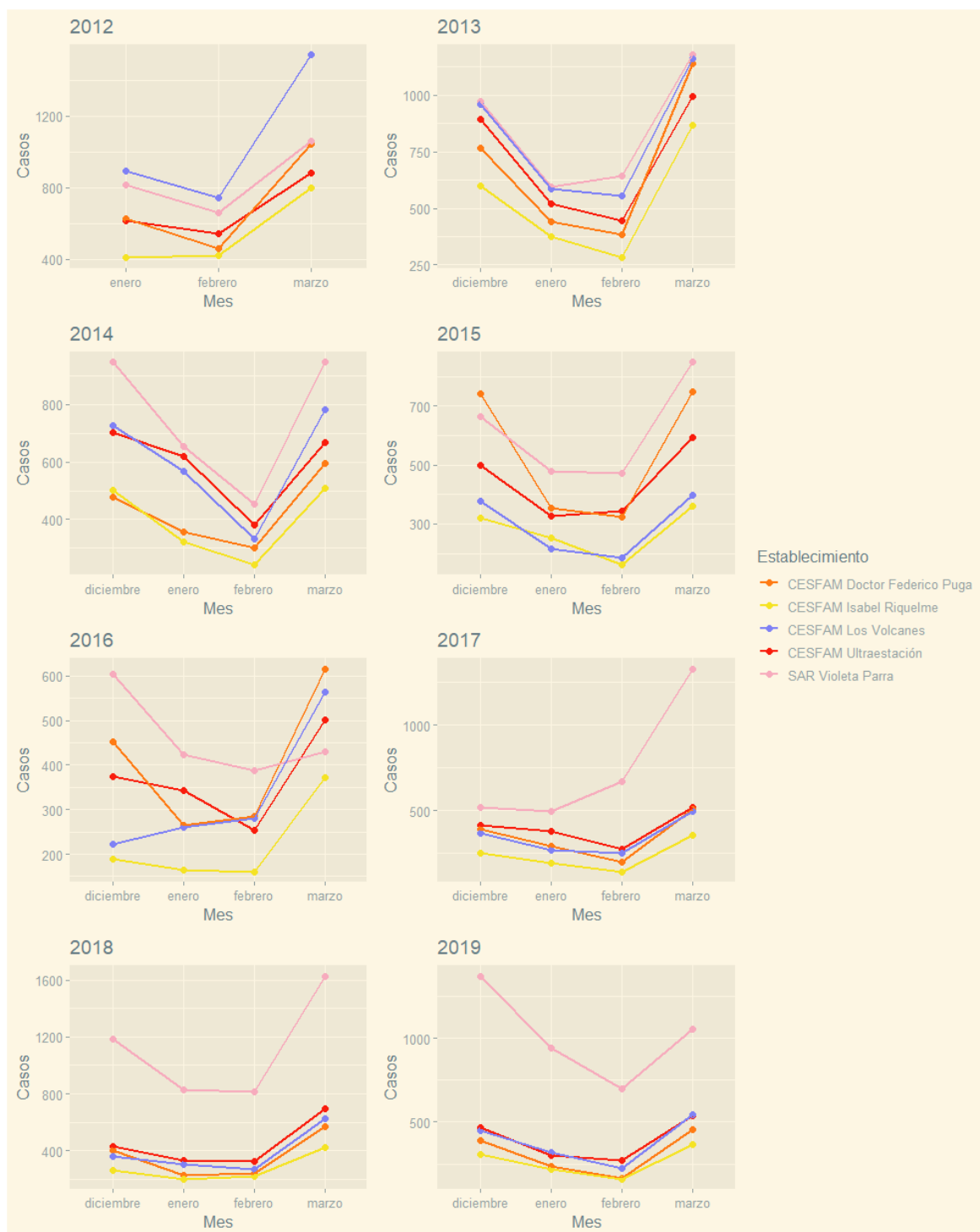


Figura 9: Atenciones de urgencia red de establecimientos de salud MINSAL por afecciones del sistema respiratorio, período 2012-2019



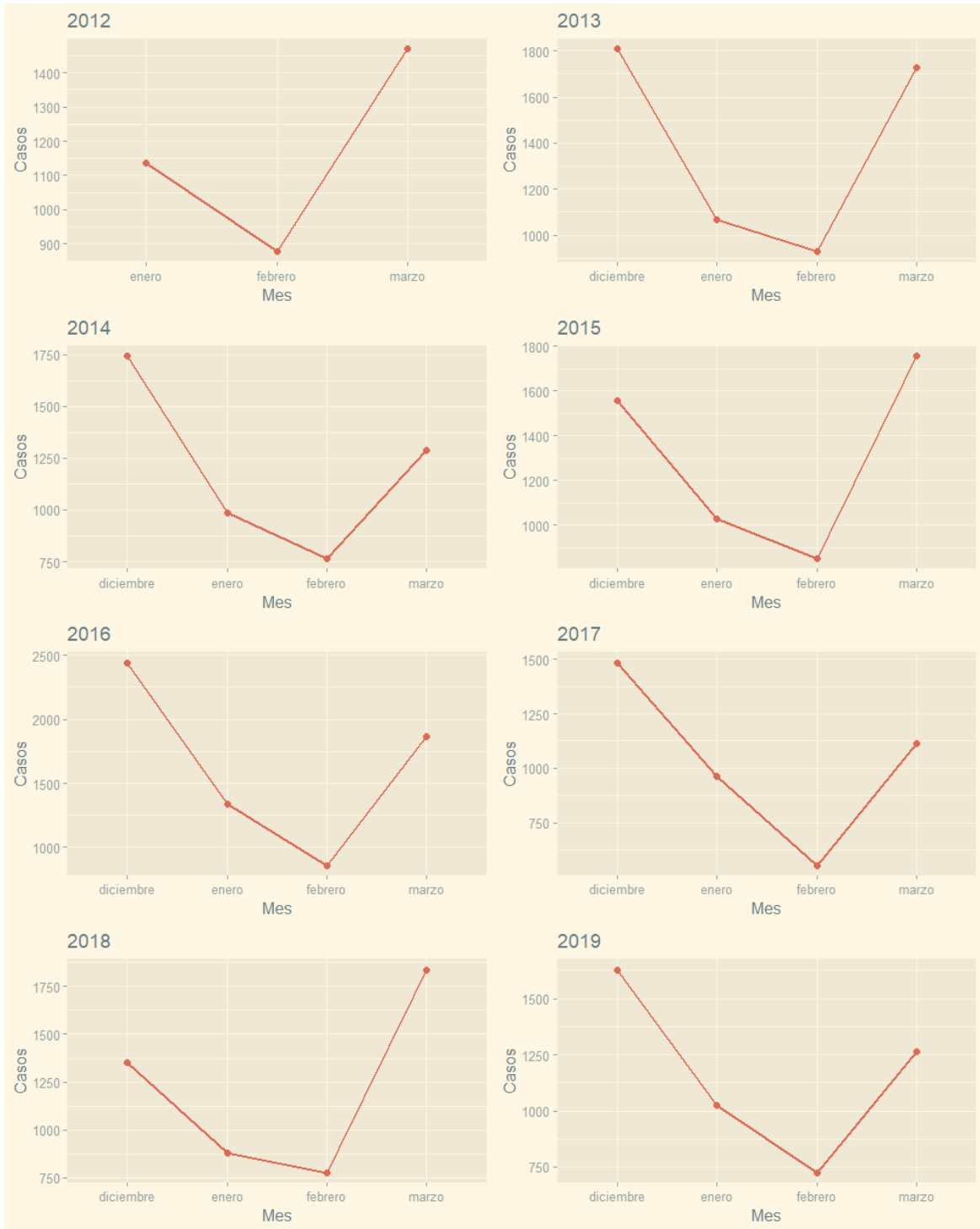


Figura 10: Atenciones de urgencia red de establecimientos de salud MINSAL por afecciones del sistema respiratorio, período 2012-2019

### 3.2 Análisis de las temperaturas en Chillán durante el verano de 2012 a 2019.

En la figura 11 se observa que el gráfico correspondiente a la estación Cementerio, muestra un máximo de 27,26°C alcanzado el 2 de enero mientras que Parcela indica 25°C. Existe una diferencia de 2,26°C entre ambos registros, puesto que Parcela se ubica en las afueras de la ciudad. Por esta razón, dicho punto presenta las temperaturas más bajas durante los ocho años estudiados. El 24 de febrero de 2012 se registra el punto más frío en este lugar, con 15°C. La diferencia entre la temperatura más alta (27,26°C) y la más baja (15°C) es de 12,26°C. Durante enero y febrero se reconoce que los valores se mueven en torno a una media constante de aproximadamente 21°C. A partir de marzo, esta media desciende a 18°C y se mantiene en condiciones similares hasta al menos el inicio de abril. Las temperaturas máximas más notorias se dan el 2 de enero en Cementerio, con 27,26°C; y el 11 de febrero en Hospital, con 26,2°C.

Durante el año 2013 diciembre avanza con una media aproximada de 17°C. Desde ahí comienza un aumento constante hasta la segunda semana de enero donde recupera estabilidad en torno a una media de 21°C. Luego comienza a descender hasta la segunda semana de febrero, donde se estabiliza en torno a los 18°C. Además, se puede apreciar que el período más cálido del cuatrimestre comienza a principios de enero y dura hasta la segunda semana de febrero. La menor temperatura se registró en Parcela, el 20 de diciembre de 2012 con 11,98°C, mientras que la máxima se alcanza en Chillán Viejo, el 10 de enero con 27,19°C. La diferencia entre ambas temperaturas es de 15,21°C. La mínima temperatura registrada dentro del área urbana es de 12,79°C captada también el 20 de diciembre.

La tendencia del cuatrimestre 2014 cambia, pues este diciembre se muestra más cálido que el anterior. Al parecer, se trata de un año de temperaturas más bien inestables, porque la media varía más que en el año anterior. La máxima de 27,64°C se alcanza el 15 de enero en Hospital, mientras que la mínima tiene lugar el 30 de marzo con 9,72°C, la más baja hasta entonces. La diferencia entre mínima y máxima es de 17,92°C. El período más cálido se da entre la segunda semana de diciembre y la tercera de enero, y aparenta ser además el más inestable respecto a la media. La mayor estabilidad se alcanza entre la cuarta semana de febrero y la segunda de marzo, con un promedio aproximado de 19,5°C. En la cuarta semana de marzo se aprecia un descenso considerable que aplica para todos los sectores, con temperaturas muy similares.

Para 2015, la diferencia entre la mínima de 13,63°C obtenida el 20 de diciembre en Parcela, y la máxima de 27,02°C registrada el 17 de enero en Hospital, es de 13,43°C, mucho menor a la del año anterior. En tanto, la temperatura mínima captada dentro del área urbana es de 13°C y se registra en Estadio. Diciembre presenta una estabilidad aproximada en torno a los 19°C; enero y febrero oscilan en torno a unos 22,5°C promedio; y la media de marzo ronda los 21°C. Durante la segunda semana de marzo se aprecia una máxima destacada de 25,76°C. En general, existe una estructura similar a la del año 2013, aunque las temperaturas son aparentemente más heterogéneas.

Durante el año 2016, la temperatura mínima captada es de 13,76°C el 13 de diciembre, en tanto la máxima de 28,24°C se registra el 31 de enero en Pellín, la más alta hasta entonces. La diferencia entre ambas es de 14,48°C. El valor más bajo obtenido dentro de la ciudad se da en Estadio y es de 14,94°C. Se aprecia un largo período cálido de visible estabilidad

entre la cuarta semana de diciembre y la primera de marzo, en torno a una media aproximada de 21°C. Todas las temperaturas comienzan a descender a partir de la segunda quincena de marzo, excepto Pellín, que presenta valores atípicos desde el 21 de marzo con 19,35°C. Es probable que este cambio brusco tenga que ver con alguna manipulación del instrumento que alteró la medición.

En el verano de 2017 se registra la temperatura más alta de los ocho años estudiados, con 30,58°C durante el 26 de enero en Chillán Viejo, mientras que la mínima es de 11,54°C para el 8 de marzo. Dentro de la ciudad, se mide una mínima de 12,47°C en estadio. A simple vista es posible notar una tendencia estable durante tres semanas de diciembre. Posteriormente, se da paso a un crecimiento sostenido que culmina en la última semana de enero. Esta oscilación forma parte de un conjunto de tres cúspides destacables que van desde la segunda quincena de enero hasta la primera semana de marzo, que se muestra como el mes menos cálido. En general, las temperaturas presentan alta concentración, demostrando que fue un año particularmente cálido para todos los sectores.

El gráfico correspondiente al verano 2018 muestra que las temperaturas se comportan de forma similar a las de años anteriores a 2017. En términos generales se distinguen cuatro estructuras: la primera, desde diciembre hasta mediados de la primera semana de enero, que oscila entorno a una media de aproximadamente 20°C; la segunda, que comprende enero hasta la segunda semana de febrero y tiende a una media de 21,5°C; la tercera, cuya duración no excede las dos semanas, desde la última de febrero hasta la primera de marzo, presenta una importante concentración de temperaturas en torno a una media de 21°C, con mucho menos rango de diferencia entre máxima y mínima que en semanas anteriores; y la cuarta, que exhibe un marcado descenso hacia la segunda semana de marzo, que vuelve a ascender con una pendiente ligeramente menor durante la segunda quincena del mes.

El verano 2019 presenta una máxima de 26,98°C alcanzados el 2 de enero en Chillán viejo, mientras la temperatura mínima fue medida en Parcela el 28 de marzo, con 12,33°C. La diferencia entre ambas es de 14,65°C. Una vez más, la temperatura mínima captada dentro del área urbana tiene lugar en Estadio, con 12,8°C. Respecto a tendencias, es posible observar que entre el inicio de diciembre y la tercera semana de enero hay bastante oscilaciones marcadas cuya media es difícil de determinar a simple vista. Luego, entre la tercera semana de enero a la segunda de febrero se advierte el período más cálido y estable que varía alrededor de una media de 22°C. Por último, se aprecia un descenso sostenido y relativamente paulatino a partir de la tercera semana de febrero.

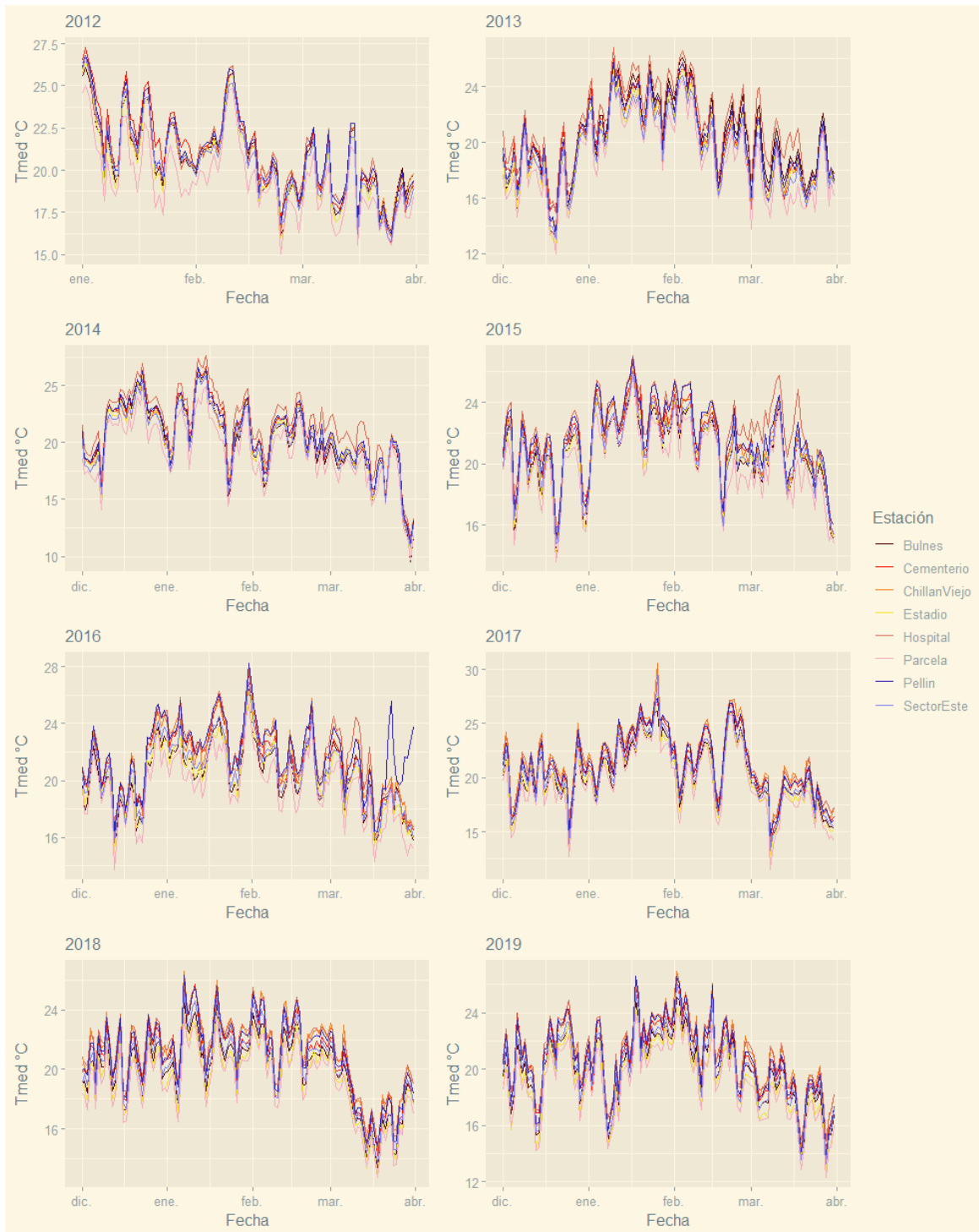


Figura 11: Temperaturas medias dispositivos Hobo Ibutton Chillán estación Hospital, período 2012-2019

En cuanto a tendencias anuales para temperaturas medias, se puede observar que, en general, las líneas del primer gráfico de la Figura 12 presentan su punto máximo el año 2015, exceptuando las estaciones de Pellín y Chillán Viejo, cuyos máximos de 30°C y 21,6°C se registran en 2016 y 2017, respectivamente. A partir de entonces, existe una disminución constante de pendiente suave hasta el fin del periodo. Respecto a los registros

proporcionados por la DMC, se advierte que la tendencia es muy similar a la exhibida por los datos obtenidos por el dispositivo Ibutton, con un máximo de 14,4°C promediados en 2015. De ahí en adelante se aprecia una disminución constante, sin embargo, a partir de 2018 la tendencia de ambos gráficos difiere, pues, mientras en el primer gráfico muestra una leve disminución, el segundo presenta un aumento de 13,1 °C el 2018 a 13,7°C en 2019. Este fenómeno puede deberse a un error o inconsistencia en la imputación de datos, pues, conforme avanza el período se registraron cada vez menos datos para imputar, siendo 2019 el año con menos información disponible.

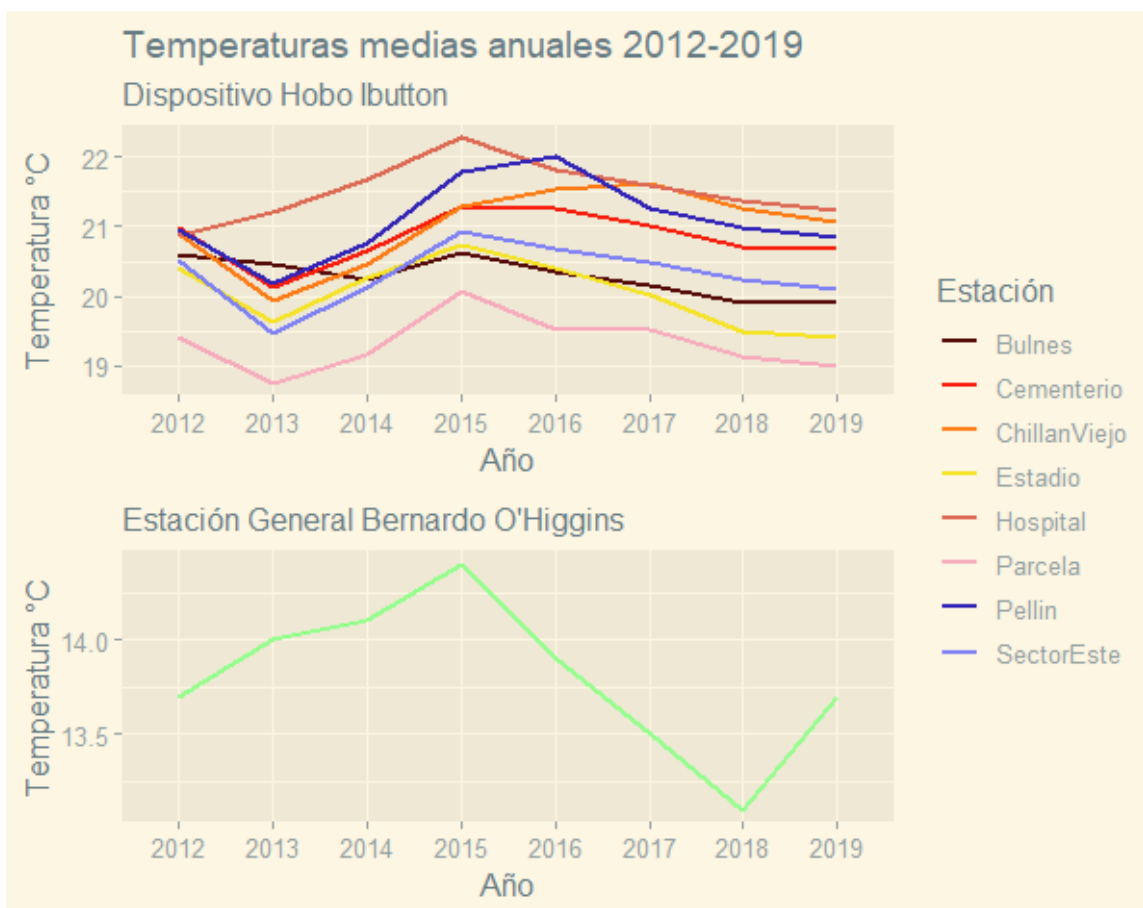


Figura 12: Temperaturas medias anuales Chillán, período 2012-2019

En lo que respecta a temperaturas máximas (datos no disponibles en la base de datos de los dispositivos IButton), los registros anuales proporcionados por la DMC expuestos en la Figura 13 revelan que desde 2012 hasta 2016 existe un comportamiento oscilante y regular, no obstante, este patrón cesa hacia el año 2017, donde se registra la máxima temperatura del período, de 41,5°C. A partir de entonces se observa una dinámica de alternancia similar a los años anteriores, pero los valores que conforman la gráfica se desplazan hacia arriba en el eje de las ordenadas, y la brecha de temperaturas entre los valores de un año y otro se vuelve más notoria.

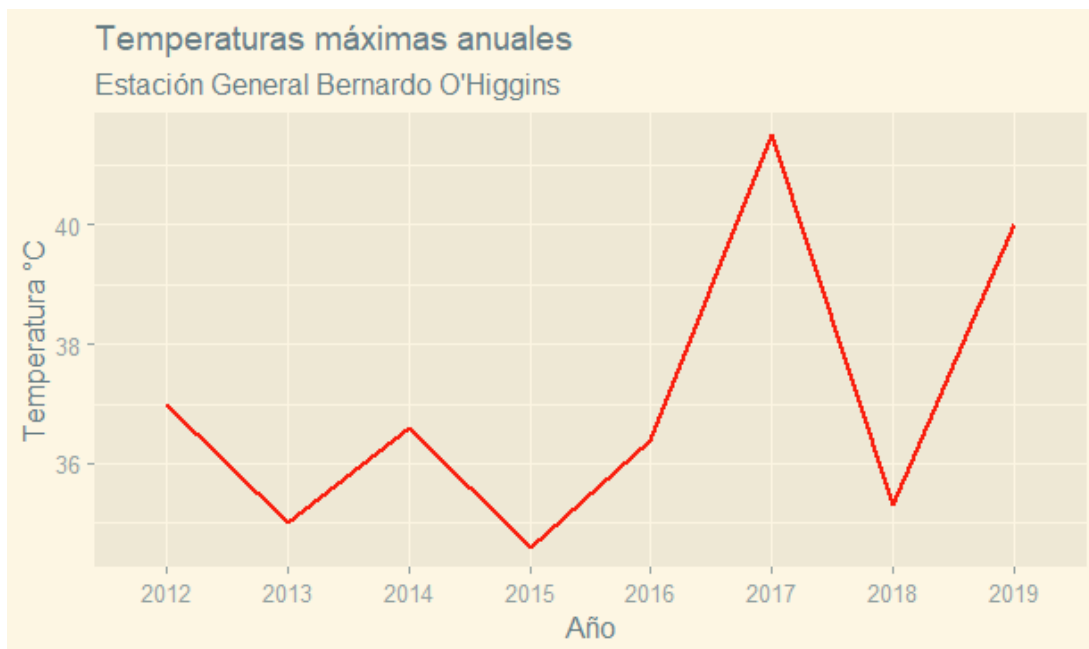


Figura 13: Temperaturas medias anuales Chillán, período 2012-2019

Referente a las características de la localización de cada instrumento según ZCL, se obtuvo la distribución espacial por cada categoría representada en la Figura 14. Para los puntos de muestreo ubicados al borde del AUC se consideraron también las cualidades de aquellas zonas circundantes que exceden el límite urbano, pero se encuentran dentro del radio de alcance de cada dispositivo. Así, se da cuenta de las ZCL detalladas a continuación, enumeradas según división *Built types* y *Landcover types*:

#### 2. Compact mid-rise

Mezcla densa de edificios de altura media (3-9 plantas). Pocos árboles o ninguno. Suelo pavimentado en su mayor parte. Materiales de construcción de piedra, ladrillo, teja y hormigón.

#### 3. Compact low-rise

Densa mezcla de edificios de baja altura (1-3 pisos). Pocos árboles o ninguno. Suelo pavimentado en su mayor parte. Materiales de construcción de piedra, ladrillo, teja y hormigón.

#### 4. Open High-rise

Disposición abierta de edificios altos hasta decenas de pisos. Abundancia de cubierta permeable (plantas bajas, árboles dispersos). Materiales de construcción de hormigón vidrio.

#### 5. Open Mid-rise

Disposición abierta de edificios de altura media (3-9 plantas). Abundancia de cubierta vegetal permeable (plantas bajas, árboles dispersos). Materiales de construcción de hormigón, acero, piedra y vidrio.

#### 6. *Open Low-rise*

Disposición abierta de edificios de baja altura (1-3 plantas). Abundancia de cubierta permeable (plantas bajas, árboles dispersos). Madera, ladrillo, piedra, teja y hormigón.

#### 7 *Lightweight Low-rise*

Densa mezcla de edificios de una sola planta. Pocos árboles o ninguno. Cubierta del suelo mayoritariamente dura. Materiales de construcción ligeros, por ejemplo, madera, paja o metal corrugado.

#### 8 *Large low-rise*

Disposición abierta de grandes edificios de poca altura (1-3 plantas). Pocos o ningún árbol. Suelo pavimentado en su mayor parte. Materiales de construcción de acero, hormigón, metal y piedra.

#### 9. *Sparsely Built*

Disposición dispersa de edificios medianas en un entorno natural natural. Abundancia de cubierta permeable (plantas bajas, árboles dispersos).

#### 6. *Open Low-rise*

Disposición abierta de edificios de baja altura (1-3 plantas). Abundancia de cubierta permeable (plantas bajas, árboles dispersos). Madera, ladrillo, piedra, teja y hormigón.

#### B. *Scattered Trees*

Paisaje ligeramente arbolado con árboles de hoja caduca y/o de hoja perenne. Cubierta del suelo mayoritariamente permeable (plantas bajas). La función de la zona es natural, arbolado o parque urbano.

#### C. *Bush, scrub*

Disposición abierta de arbustos, matorrales y árboles cortos y leñosos. Cubierta del suelo mayoritariamente permeable (suelo desnudo o arena). La función de la zona es el matorral natural o la agricultura.

#### D. *Low plants*

Paisaje de hierba o plantas herbáceas/cultivos sin rasgos característicos. Pocos árboles o ninguno. La función de la zona es pradera natural, agricultura o parque urbano.

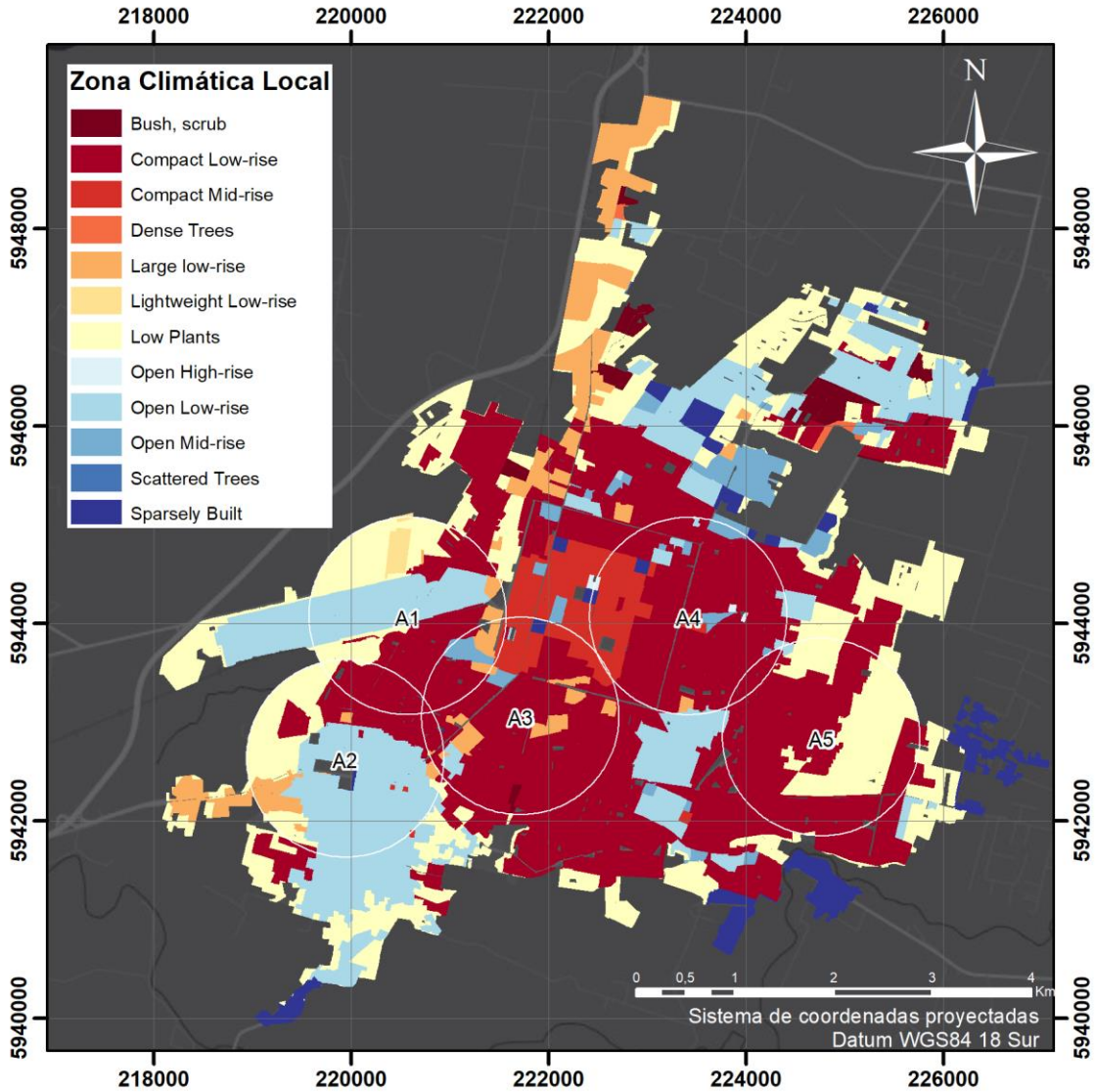


Figura 14: Zonas Climáticas Locales del Área Urbana Consolidada de Chillán. Elaboración propia.

En ese sentido, se establece en la Tabla 1 que dentro del AUC predomina la categoría *Compact Low-rise* con un 41,5%, caracterizada por una cobertura densa de edificios de baja altura y suelo pavimentado, con escasa o nula vegetación. Le sigue *Low Plants*, entendida como paisajes de hierba o plantas herbáceas y cultivos sin rasgos característicos y prácticamente sin árboles, con un 20,2%. En tercer lugar, se encuentra *Open Low-rise*, distribución abierta de edificios de baja altura y abundante de cubierta permeable, concentrada al centro de la ciudad con un 19,7%. Dentro de las áreas de influencia



predominan las mismas categorías en igual orden, con 51,7%, 18,6% y 16,4%, respectivamente.

Categoría	Área Urbana Consolidada		Áreas de influencia	
	Superficie (ha)	Porcentaje	Superficie (ha)	Porcentaje
Bush, scrub	69,37	1,3%	2,41	0,2%
Compact Low-rise	2302,57	41,5%	661,24	51,7%
Compact Mid-rise	247,83	4,5%	73,67	5,8%
Dense Trees	8,62	0,2%	0	0%
Large low-rise	350,14	6,3%	53,34	4,2%
Lightweight Low-rise	22,24	0,4%	10,96	0,9%
Low Plants	1121,48	20,2%	237,71	18,6%
Open High-rise	4,92	0,1%	1,67%	0,1%
Open Low-rise	1092,91	19,7%	210,15%	16,4%
Open Mid-rise	165,35	3,0%	21,64	1,7%
Scattered Trees	1,19	0,0%	9	0%
Sparsely Built	162,06	2,9%	5,45	0,4%
<b>TOTAL</b>	<b>5548,71</b>	<b>100,0%</b>	<b>661,24</b>	<b>51,7%</b>

Tabla 3: Porcentaje de superficie por categoría ZCL Área Urbana Consolidada y Área de Influencia. Elaboración Propia.

En lo que respecta a cada área de influencia, en la Tabla 2 se advierte que en el A1 un 36,6% de la superficie corresponde a *Compact Low-rise*, seguido de *Low plants*, con un 26,2%, y *Open Low-rise*, con 25,1%. En A2 predominan las zonas edificadas de disposición abierta y baja altura, *Open Low-rise* 45,7%, y las edificaciones de baja altura y densidad compacta, *Compact-Low rise*, con 24,1%. Por su parte, el A3 se compone por un 69,6% de *Compact Low-rise*, un 11,2% de *Compact Mid-rise*, y un 11,4% de *Large Low-rise*; el A4 se integra de un 72,7% *Compact Low-rise* y un 16,8% *Compact Mid-rise*, y el A5 se compone de un 60,8% *Compact Low-rise*, y 38,4% *Low Plants*. En ese sentido se entiende que el sector estudiado se constituye mayormente por edificaciones y suelo pavimentado.

Categoría	Área 1		Área 2		Área 3		Área 4		Área 5	
	Superficie (ha)	Porcentaje	Superficie (ha)	Porcentaje	Superficie (ha)	Porcentaje	Superficie (ha)	Porcentaje	Superficie (ha)	Porcentaje
Bush, scrub	0	0,0%	0	0%	2,41	0,8%	0	0,0%	0	0,0%
Compact Low-rise	101,28	36,6%	66,24	24,1%	202,01	69,6%	208,72	72,7%	164,78	60,8%
Compact Mid-rise	1,26	0,5%	0,8	0,3%	32,46	11,2%	48,36	16,8%	0	0,0%
Dense Trees	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Large low-rise	12,48	4,5%	17,74	6,5%	33,15	11,4%	2,042	0,7%	0	0,0%
Lightweight Low-rise	10,96	4,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Low Plants	72,6	26,2%	63,8	23,2%	1,11	0,4%	4,17	1,5%	104	38,4%
Open High-rise	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	1,67	0,6%	0	0,0%
Open Low-rise	69,44	25,1%	125,53	45,7%	5,14	1,8%	9,85	3,4%	2,29	0,8%
Open Mid-rise	8,58	3,1%	0	0,0%	12,02	4,1%	9,61	3,3%	0,78	0,3%
Scattered Trees	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Sparsely Built	0	0,0%	0,86	0,3%	1,9	0,7%	2,68	0,9%	0	0,0%
<b>TOTAL</b>	<b>276,61</b>	<b>100%</b>	<b>274,98</b>	<b>100%</b>	<b>290,21</b>	<b>100%</b>	<b>287,1</b>	<b>100%</b>	<b>271,18</b>	<b>100%</b>

Tabla 4: Porcentaje de superficie por categoría ZCL en cada Área de Influencia. Elaboración Propia.

### 3.3 Relacionar y describir el comportamiento de la variable salud ante la influencia de la temperatura.

En este apartado se analizarán solo los gráficos que reflejen posibles hallazgos que relacionen de alguna forma las altas temperaturas con el comportamiento estadístico de los datos de urgencias, por lo tanto, no se estudian todos los años que comprende el período 2012 – 2019 para cada estación. Además, se hará énfasis en las bases de datos correspondientes a atenciones de urgencia por causas del sistema circulatorio, pues, en el caso del sistema respiratorio, la relación proporcionalmente inversa entre la tendencia general de ocurrencia y el nivel de temperaturas es evidente.

#### 3.3.1 Área 1: SAPU Ultraestación – Cementerio

A continuación, la Figura 15 revela que el A1 abarca la estación de monitoreo Cementerio y el SAPU Ultraestación. El 73,3% de la superficie del sector se compone de terreno edificado. En general, la curva de temperaturas medias anuales se sitúa entre las cuatro áreas más calurosas y mantiene una posición constante durante todo el período.

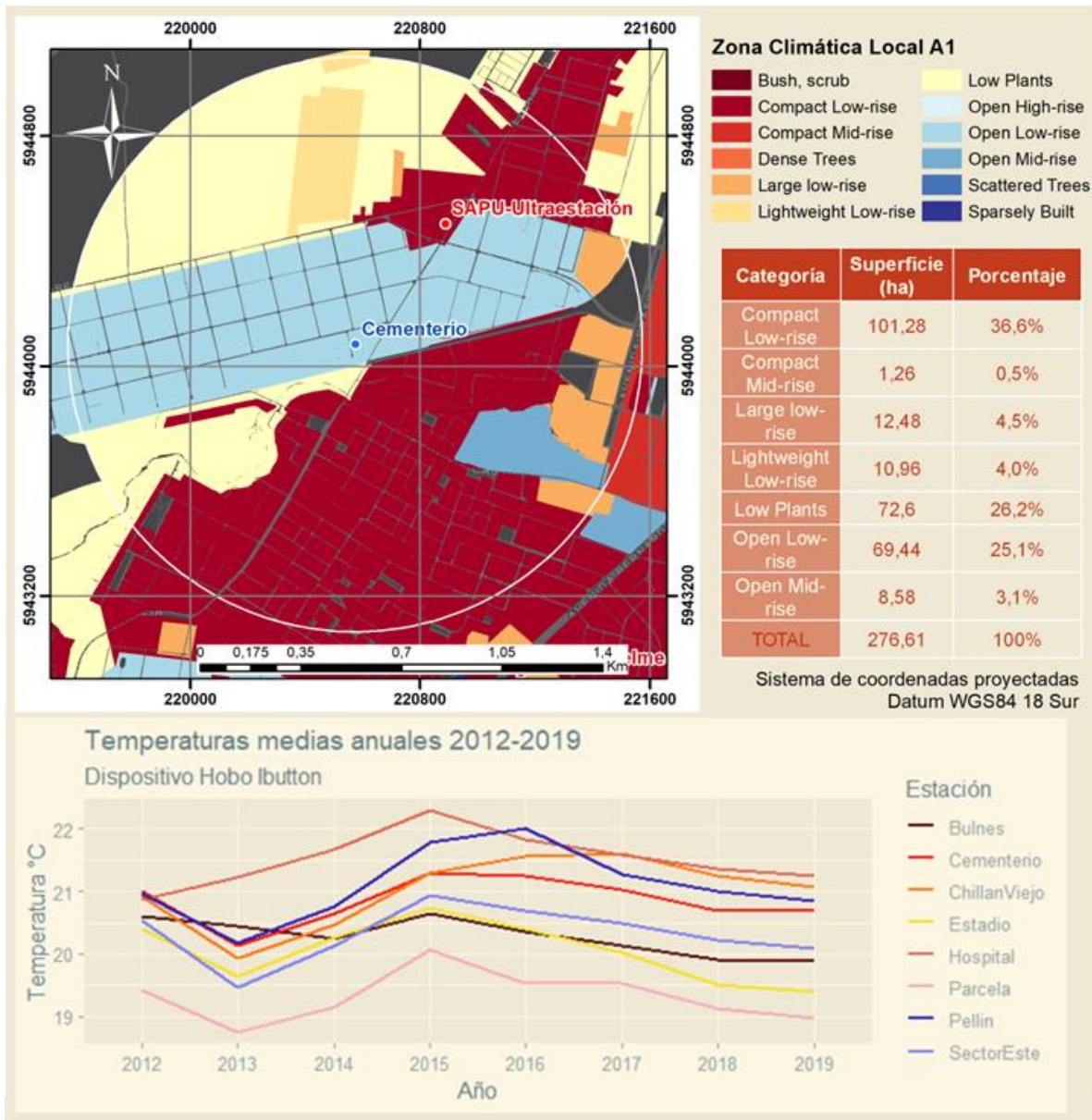


Figura 15: Síntesis variables Área de Influencia 1. Elaboración Propia.

El gráfico correspondiente al SAPU Ultraestación y la estación Cementerio para el año 2012 (Figura 16) presenta una similitud tan notoria entre ambas tendencias, tal como se ha visto en casos anteriores para el mismo año, por tanto, es posible establecer algunas asociaciones. En primer lugar, resulta interesante relacionar el primer máximo de temperatura, de 26°C, con el tope de 4 casos contabilizados el 10 de enero. La siguiente cúspide que exhibe la curva incluye dos picos de temperatura anotados el 12 y 19 de enero, de 25,8°C y 25,2°C. Dicha cúspide se puede relacionar con la elevación que presenta la curva de atenciones de urgencia para el día 23, aproximadamente.

Por otra parte, el mes de febrero muestra una importante acumulación de casos que no presenta una relación demasiado evidente con el comportamiento de las temperaturas, no obstante, la temperatura más alta del mes, de 25,6°C alcanzados el día 10, coincide con el

máximo de 6 casos contabilizados. Posteriormente, en marzo, se puede analogar ambos gráficos en base a las dos fluctuaciones finales que experimentan las curvas de tendencia.

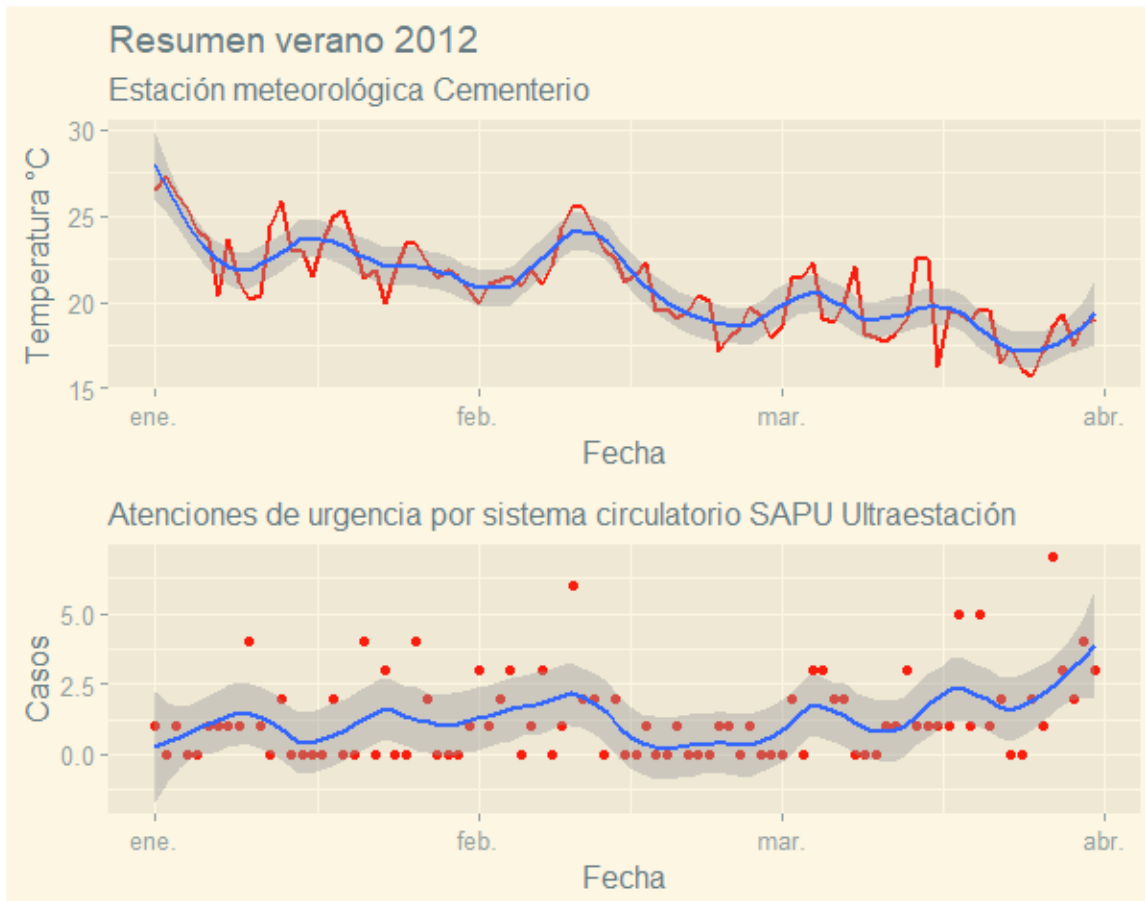


Figura 16: Resumen Temperatura y atenciones de urgencia por causas del sistema circulatorio A1 año 2012. Elaboración propia

### 3.3.2 Área 2: SAPU Doctor Federico Puga – Chillán Viejo

Como muestra la Figura 17, en el A2 se localizan la estación de monitoreo Chillán Viejo y el SAPU Doctor Federico Puga. El 76,9% de la superficie se encuentra edificada, predominando *Open Low-rise* y *Compact Low-rise*. De ese modo, además de suelo pavimentado existe abundancia de cubierta permeable, como plantas bajas y árboles dispersos. En estos entornos se hallan materiales de construcción como madera, ladrillo, piedra, teja y hormigón. Respecto a temperaturas, se observa que las medias anuales oscilan en torno a los 21°C. Desde el 2016 se posiciona como uno de los sectores más calurosos de la ciudad, junto a Pellín (no incluida en el análisis) y Hospital.

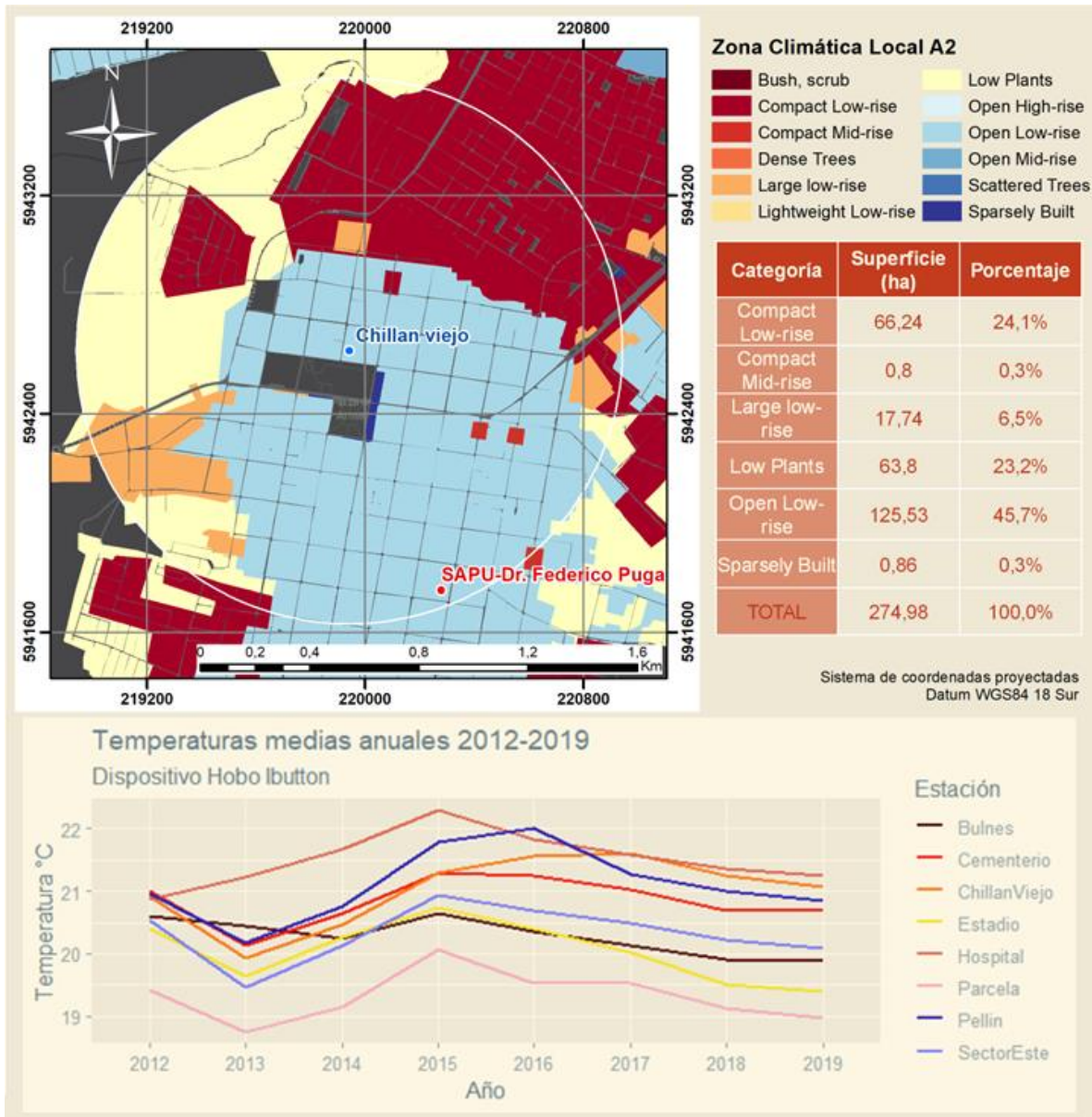


Figura 17: Síntesis variables Área de Influencia 2. Elaboración Propia.

En cuanto al sector SAPU Doctor Federico Puga, para el año 2012 (Figura 18) la tendencia muestra que la temperatura tuvo su punto más alto durante los últimos días de diciembre. El año inicia con una máxima de 27,78°C. Se observa que la curva de tendencia de atenciones también inicia con una elevación, cuyo punto más alto representa dos casos ocurridos el 7 de enero. A mitad de enero nuevamente se aprecia un aumento en la curva, ocasionado por los picos de temperatura del 12 y 19 de enero, de 24,9°C y 24,3°C. Este incremento tiene coherencia con una pequeña elevación observada en la cuarta semana del mes, que representa un máximo de 2 casos registrados el 29 de enero.

Luego del punto máximo de temperatura que da inicio al período, se observa un segundo auge de 26,2°C el 11 de febrero, que tiene un efecto claro en la línea de tendencia de casos

correspondiente a la tercera semana del mes e inicios de la cuarta, con un máximo de 4 casos observados el día 17. En la primera quincena de marzo se distinguen dos fluctuaciones en la curva de tendencia de temperaturas, que se reflejan en la curva de atenciones de urgencia durante la segunda y la tercera semana del mes, con un desfase de aproximadamente cinco días.

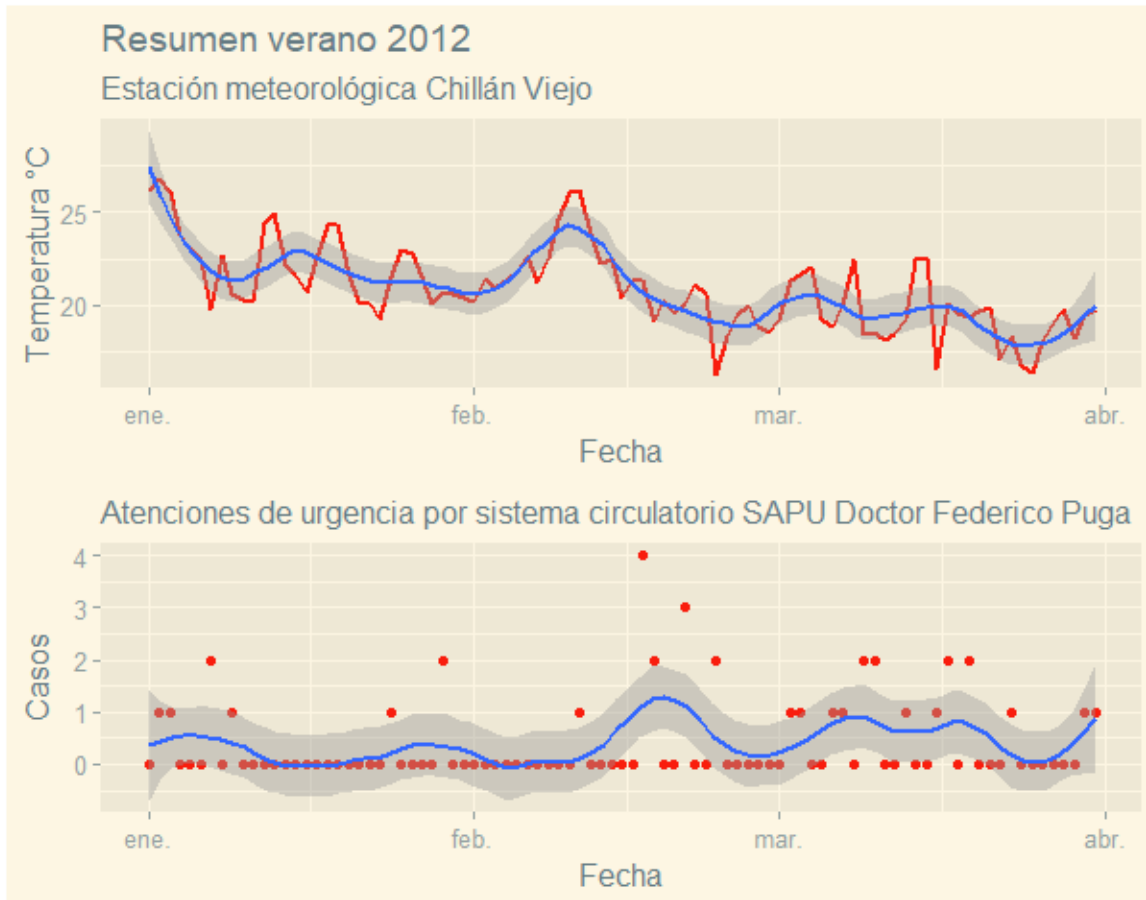


Figura 18: Resumen Temperatura y atenciones de urgencia por causas del sistema circulatorio A2 año 2012. Elaboración propia.

Los casos contabilizados durante la primera semana de diciembre del resumen 2014 (Figura 19) son difíciles de incluir en el análisis porque no hay indicios que expresen algo sobre las condiciones térmicas del período anterior. Según la imagen, el período más cálido del verano se ubica entre el 9 de diciembre y el 22 de enero. Los puntos más altos tienen lugar el 23 de diciembre, con 25,9°C; y el 15 de enero, de 26,5°C. Estos máximos se reflejan en la forma que la curva de atenciones de urgencia toma en la primera y la última semana de enero, donde se observan dos cúspides.

Entre la última semana de enero y la mitad de febrero la curva de tendencias de temperaturas presenta fluctuaciones pequeñas, para luego descender de forma sostenida durante marzo. Entre estas fluctuaciones existe un pico de 23,6°C alcanzado el 18 de

febrero, que podría explicar el comportamiento de la curva de tendencia durante los últimos días del mes y la primera semana de marzo, con dos semanas de espacio entre los eventos, sin embargo, desde de la segunda quincena de marzo la curva tendría un alza difícil de explicar a partir de la tendencia de temperatura.

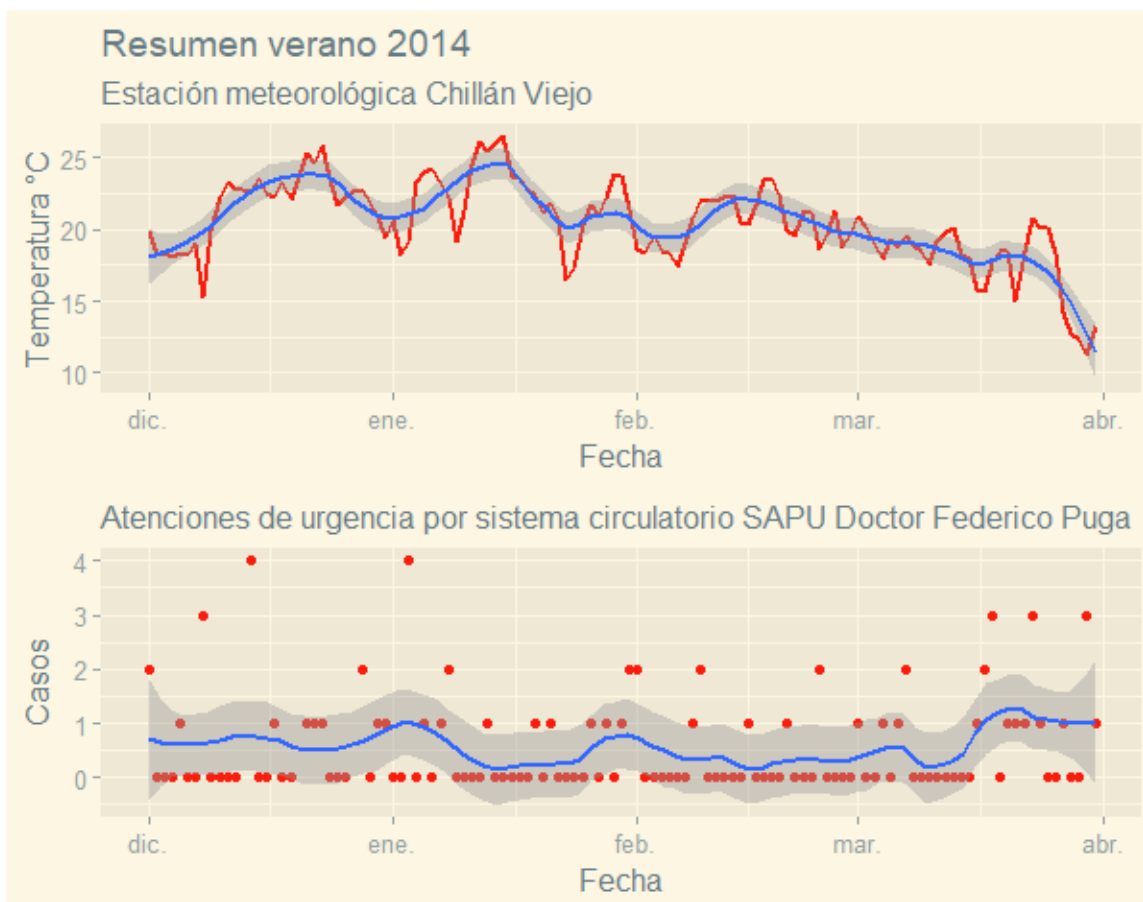


Figura 19: Resumen Temperatura y atenciones de urgencia por causas del sistema circulatorio A2 año 2014. Elaboración propia

Respecto al resumen 2019 (Figura 20), se puede advertir que la sección más alta de la curva de temperatura del mes de diciembre abarca la mayoría de la tercera semana y parte de la cuarta. En el gráfico de atenciones de urgencia se puede distinguir una curvatura similar desplazada en aproximadamente siete días, durante la última semana del mes. Entre la segunda y la tercera semana de enero (del día 8 al día 26, aproximadamente ocurre

un aumento notorio de temperaturas que podría tener relación con la elevación que presenta la curva de tendencia.

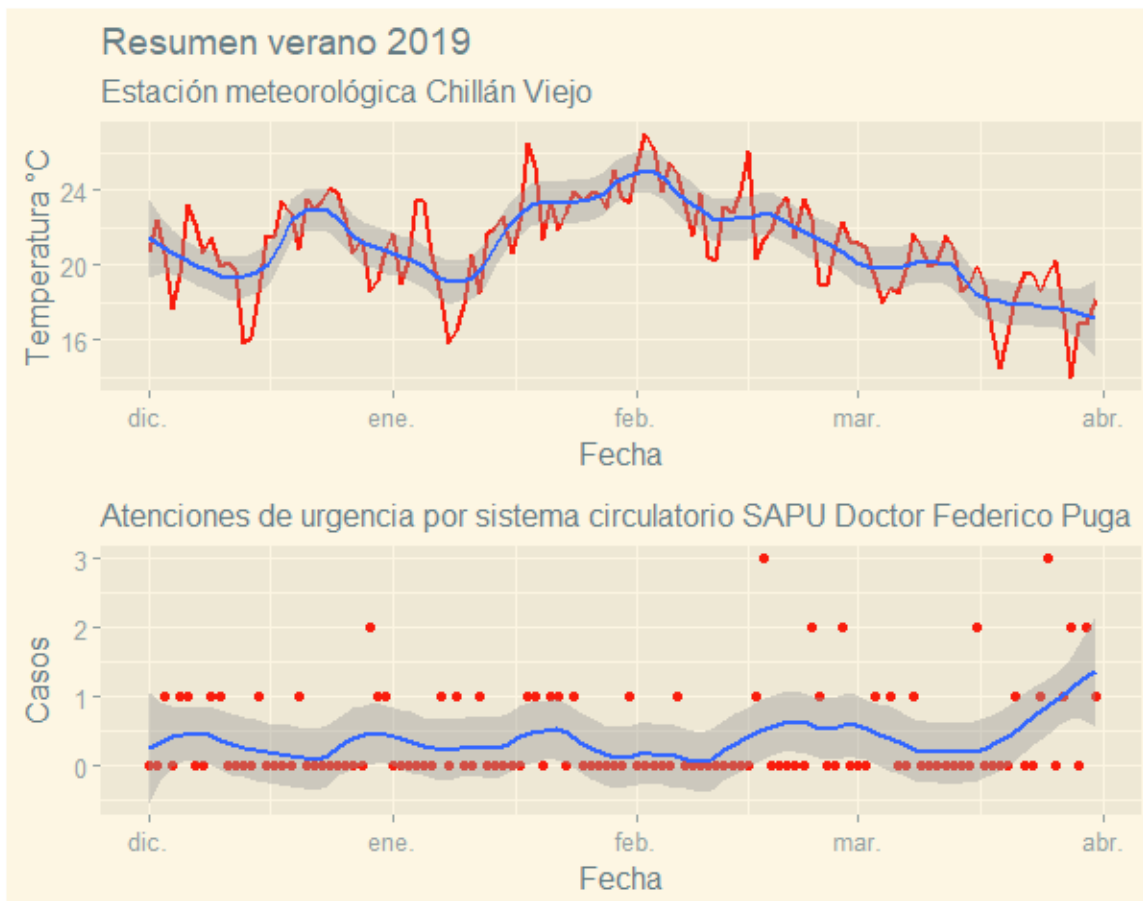


Figura 20: Resumen Temperatura y atenciones de urgencia por causas del sistema circulatorio A2 año 2019. Elaboración propia

### 3.3.3 Área 3: SAPU Isabel Riquelme – Estadio

Tal como se indica en la Figura 21, en el A3 se ubica el dispositivo Hobo Ibutton correspondiente al sector Estadio, asociado al SAPU Isabel Riquelme. El 69,6% de la superficie de este sector se constituye de la categoría *Compact Low-rise*. No obstante, aunque esta categoría se caracteriza por la gran magnitud de superficie pavimentada, las temperaturas medias anuales oscilan entre los 19,3°C y los 20,7°C, y se posiciona entre los sectores con las temperaturas medias anuales más bajas en la ciudad. Es probable que este fenómeno sea resultado de la localización específica del dispositivo, que, por ejemplo, puede ubicarse a la sombra de un árbol o entre plantas de un jardín frondoso.



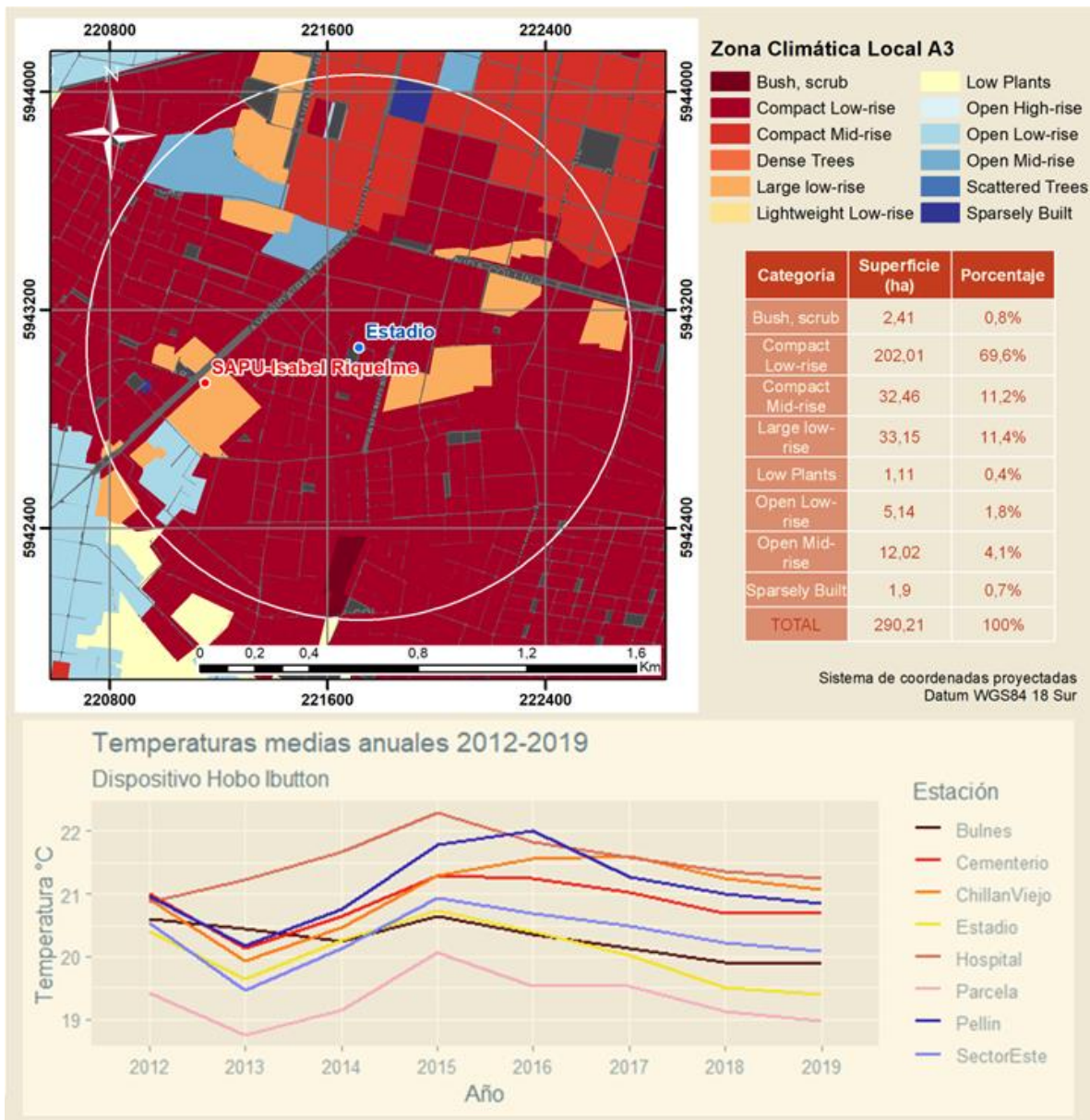


Figura 21: Síntesis variables Área de Influencia 3. Elaboración Propia.

En cuanto al sector SAPU Isabel Riquelme, para el año 2012 (Figura 22) nuevamente se aprecia un aumento en la curva, en la mitad de enero, ocasionada por los picos de temperatura del 12 y 19 de enero, de 24,4°C y 24,3°C. El efecto de estos dos máximos mensuales puede percibirse en la forma que adquiere la curva de atenciones de urgencia a partir de la cuarta semana del mes.

Desde el inicio de febrero la temperatura sube hasta alcanzar un máximo de 25,6°C. Luego desciende hacia la cuarta semana, alcanzando un mínimo de 16°C durante el día 24. Este comportamiento podría relacionarse con el aspecto que adopta la curva de tendencia de casos desde el 15 de febrero al 15 de marzo, cuyo tope tiene lugar el 1 de marzo, con 3

casos. Por otra parte, la primera y segunda semana de marzo se observan dos oscilaciones que explican al alza observada durante la última semana del período.

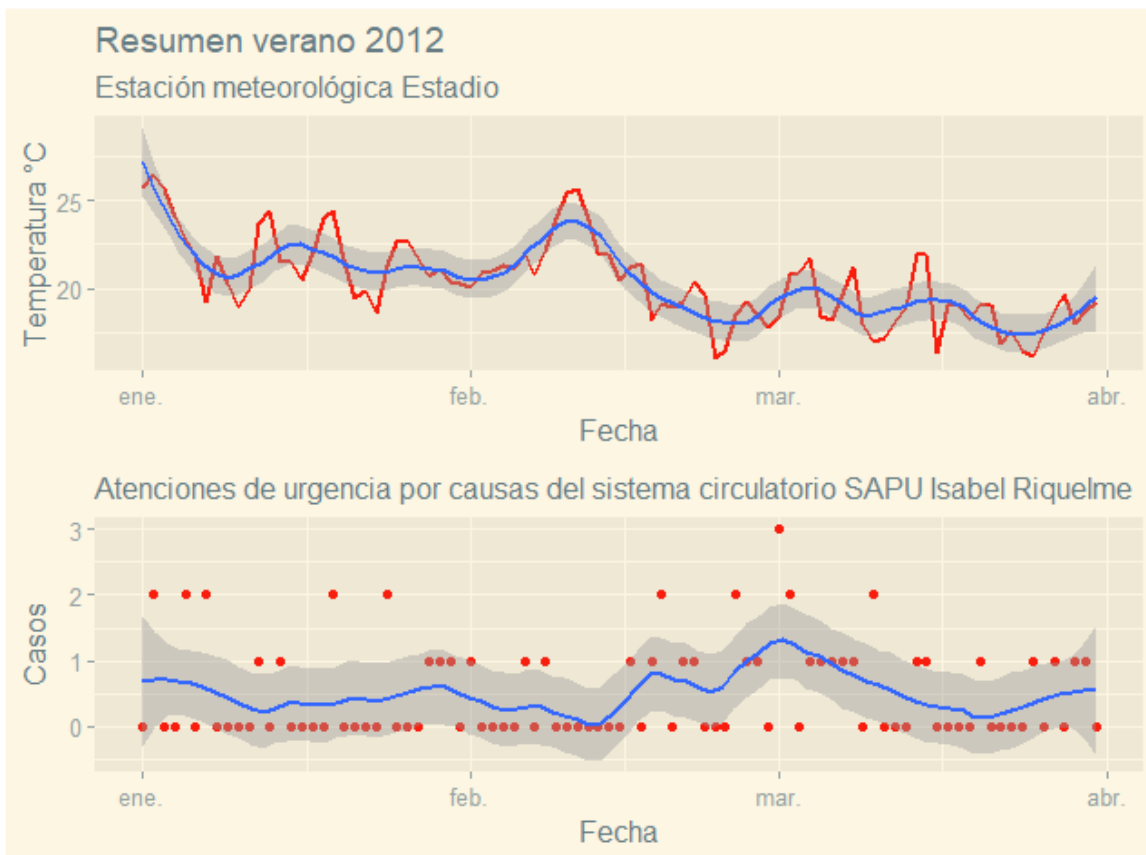


Figura 22: Resumen Temperatura y atenciones de urgencia por causas del sistema circulatorio A3 año 2012. Elaboración propia

En el año 2013 (Figura 23) el día 9 de diciembre muestra un máximo de 21°C. A partir de entonces, se observa un declive que finaliza el 20 del mes con 12,8°C, temperatura que se sitúa como la más baja del período. Desde este momento comienza a gestarse el período más cálido del año, que comienza aproximadamente el 1 de enero y acaba el 15 de febrero. El incremento que exhiben las temperaturas desde el 20 de diciembre al 1 de enero puede tener relación con el alza que presenta la curva de suavizado de casos en la segunda semana de enero, cuyo ápice se ajusta al máximo de 4 casos registrado el 11 de enero. Es probable que el marcado aumento de temperaturas que se observa entre el 20 de diciembre y el 1 de enero tenga relación con aquellos 4 casos registrados diez días más tarde. Del mismo modo, se puede concluir que la etapa más cálida del mes, cuyos máximos se registran el 10 de enero y el 4 de febrero, ambos con 25,3°C; muestran correspondencia

con el patrón que presenta la curva de suavizado de atenciones desde el 15 de enero al 28 de febrero, aproximadamente.

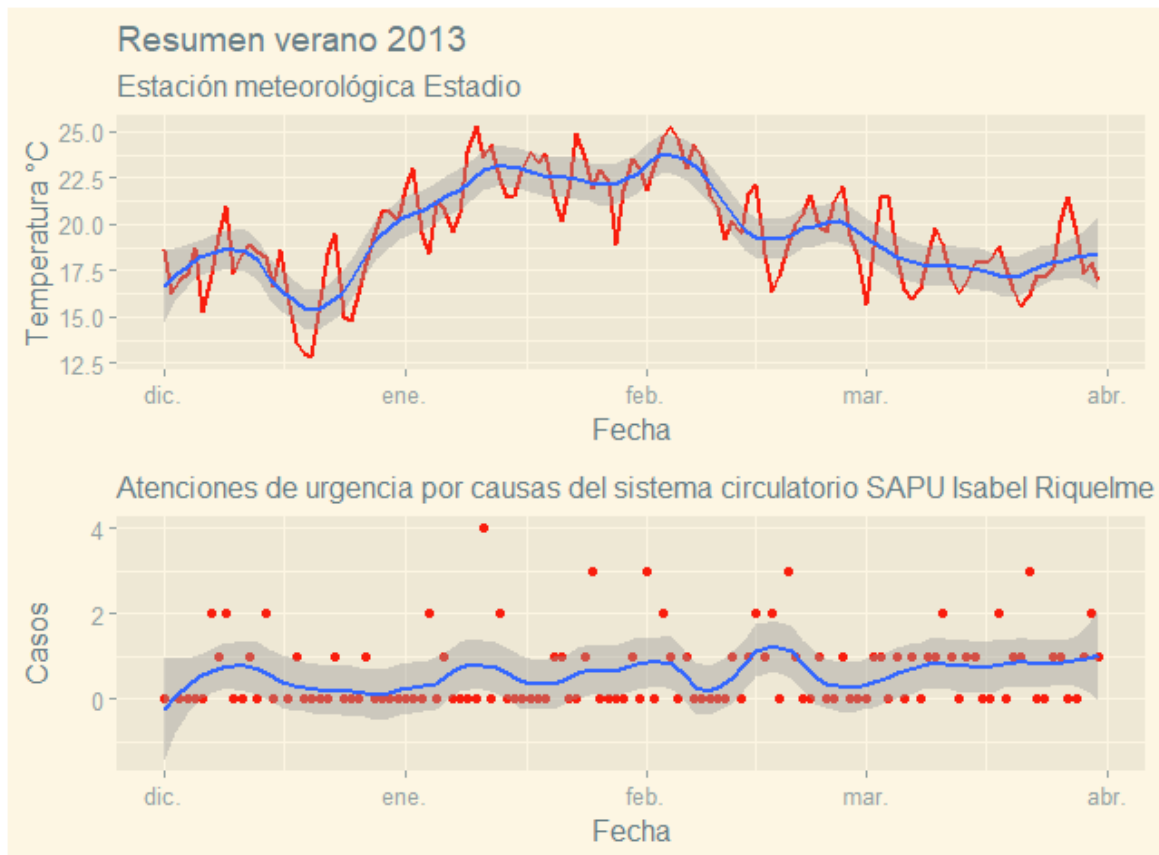


Figura 23: Resumen Temperatura y atenciones de urgencia por causas del sistema circulatorio A3 año 2013. Elaboración propia

En cuanto al año 2014 (Figura 24) el 8 de diciembre registra 15,2°C. A partir de este punto la temperatura experimenta un incremento que alcanza un máximo de 26°C para el día 23. Luego desciende hacia los primeros días de enero, llegando a los 18,4°C. Respecto a curva de suavizado de casos, se aprecia que a partir de la tercera semana de diciembre existe un alza que alcanza su punto máximo el 2 de enero. Luego se mantiene en 0 desde el día 5 al día 23, pero alcanza un nuevo pico durante los últimos días del mes. Considerando el desfase aproximado de una semana, se puede inferir que el máximo de temperatura observado el día 23 de diciembre puede tener efecto en las atenciones de urgencia comprendidas entre el día 30 de dicho mes y el 4 de enero.

El siguiente ápice de importancia se registra el 15 de enero y marca 26°C. Es probable que este índice haya influido en la acumulación de casos observados durante la cuarta semana de enero. Durante la última semana de enero y tercera de febrero se distinguen dos fluctuaciones que abarcan dos máximos de 23,5°C y 23,2°C, producidos el día 30 de enero y 18 de febrero respectivamente. Éstos pueden explicar el alza en la curva de tendencia de atenciones de urgencia que se comienza a gestarse la primera semana febrero y alcanza su máximo la primera de marzo.

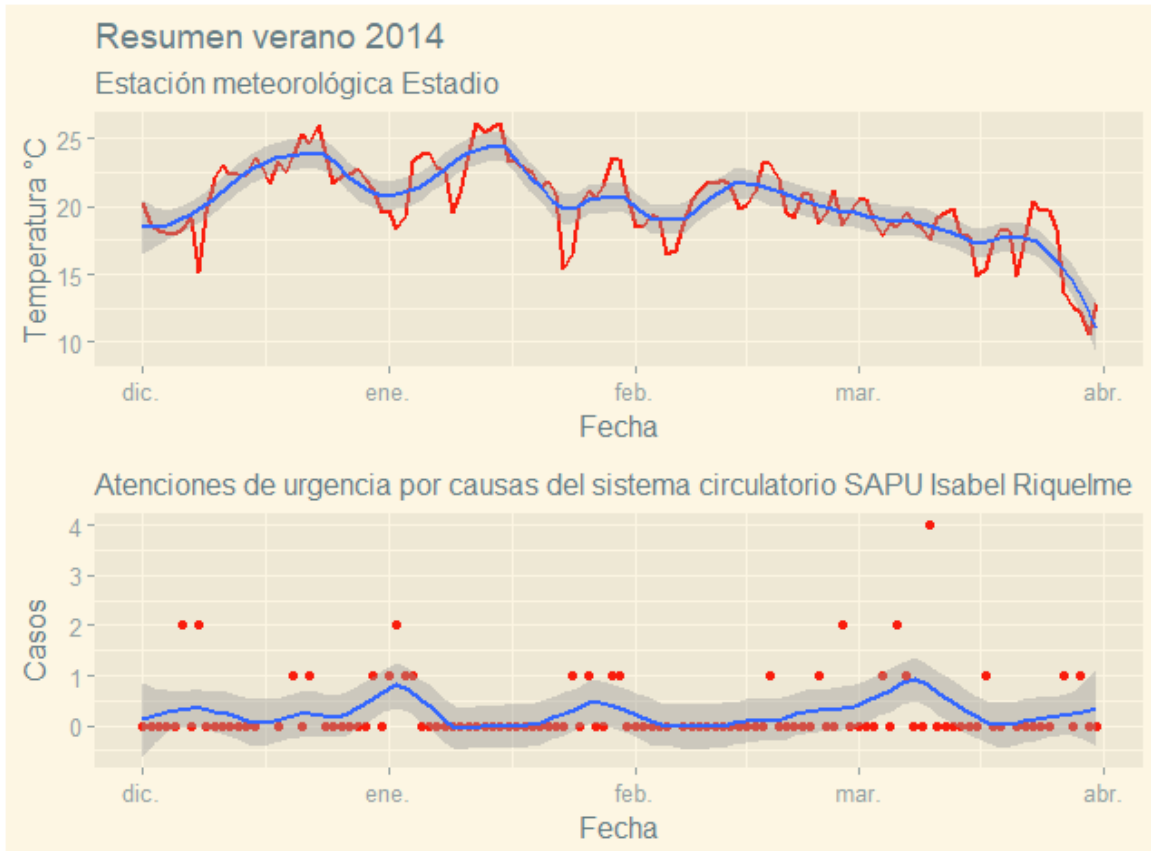


Figura 24: Resumen Temperatura y atenciones de urgencia por causas del sistema circulatorio A3 año 2014. Elaboración propia

A continuación, se aprecia que, a pesar de que el año 2016 (Figura 25) registra sólo una atención de urgencia, resulta interesante destacar que ocurre el 4 de febrero, cuatro días después del máximo de temperatura alcanzado ese año, de 26,3°C

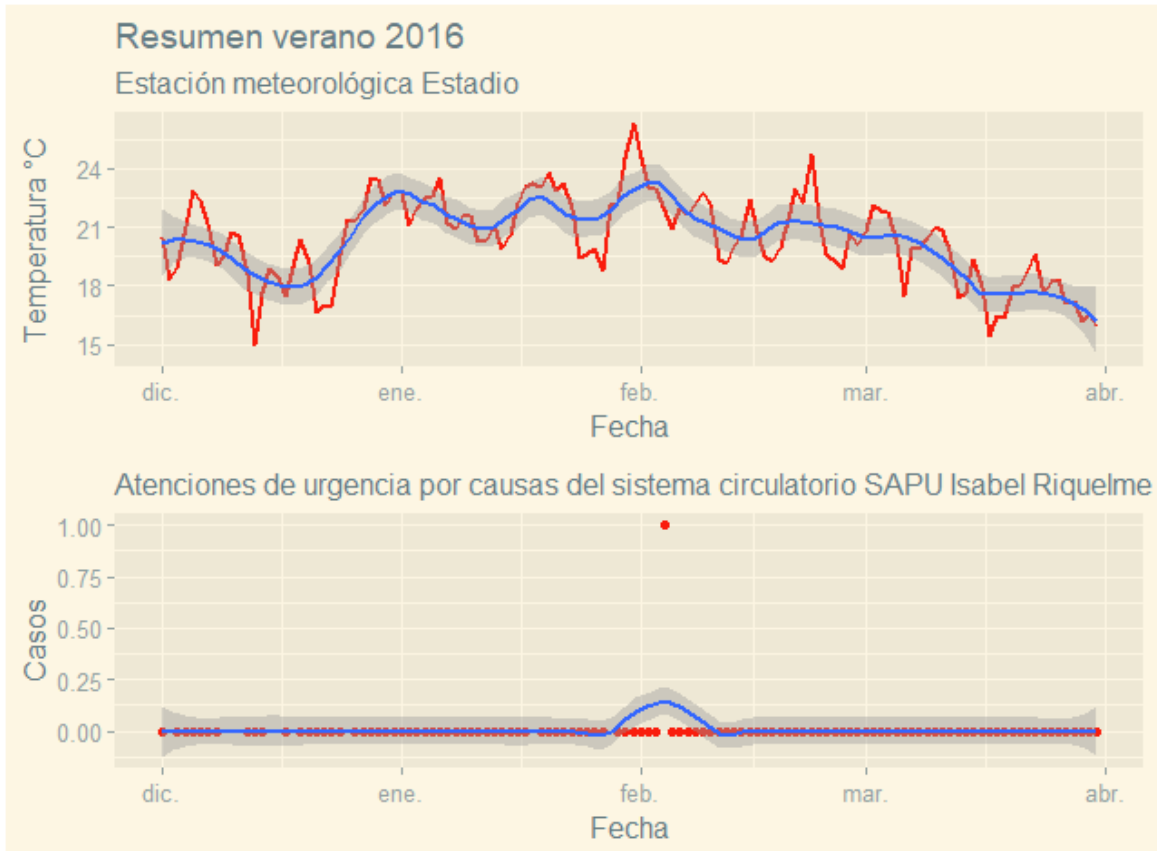


Figura 25 Resumen Temperatura y atenciones de urgencia por causas del sistema circulatorio A3 año 2016. Elaboración propia

Si bien es difícil establecer relaciones por la poca ocurrencia de atenciones de urgencia, quizás el aspecto más destacable durante el año 2017 (Figura 26) es que la mayor concentración de atenciones comienza a partir del 3 de febrero, ocho días después de la máxima temperatura apuntada durante el período, con 28,1°C. A partir de entonces se inicia la etapa más cálida del año, que concluye la última de febrero. Respecto a la curva de tendencia de casos, es posible notar un aparente efecto rezagado en la frecuencia y

cantidad de casos observados desde la primera semana de febrero hasta el fin de la tercera semana de marzo.

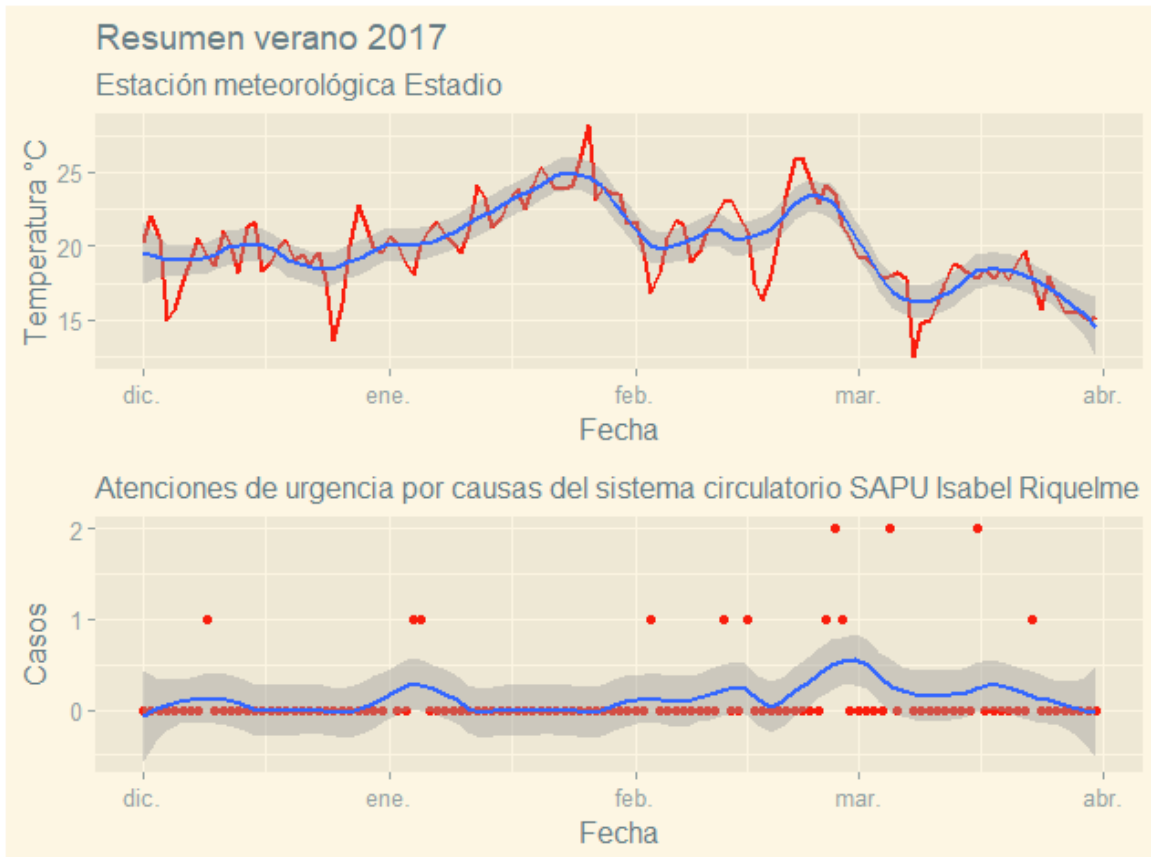


Figura 26 Resumen Temperatura y atenciones de urgencia por causas del sistema circulatorio A3 año 2017. Elaboración propia

### 3.3.4 Área 4

Como se puede observar en la figura 27, dentro del A4 están ubicados el SAR Violeta Parra y el Hospital, así como el dispositivo Ibutton que se encuentra instalado dentro de este último. El área está constituida en un 72,7% por el tipo de construcción *Compact Low-rise*, seguido de un 16,8% de *Compact Mid-rise*, por consiguiente, se puede asegurar que en este sector abundan los edificios de media y baja altura, hay pocos o ningún árbol, y el suelo se encuentra pavimentado casi en su totalidad. Tiene sentido, entonces, que el gráfico de temperaturas medias anuales muestre que esta zona es la que ha mostrado el promedio de temperaturas más altas durante el período estudiado.

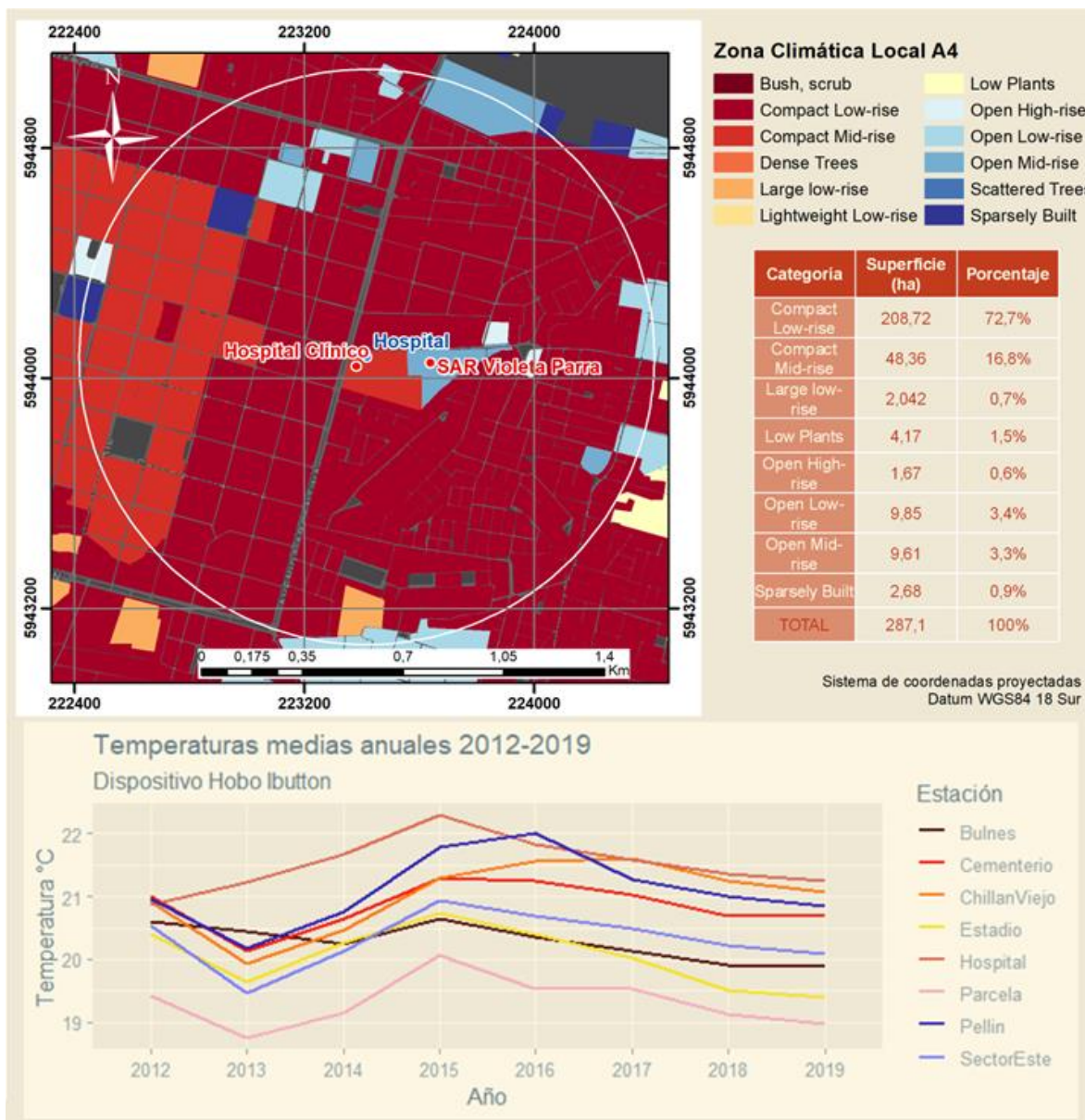


Figura 27: Síntesis variables Área de Influencia 3. Elaboración Propia

### 3.3.4.1 Hospital

Al analizar los gráficos correspondientes al verano 2012 en el sector Hospital (Figura 28), se distingue una tendencia en los primeros registros de enero, lo que sugiere que las temperaturas podrían haber tenido su punto más alto durante los últimos días de diciembre. El año inicia con una temperatura de 26,78°C, captada el 2 de enero, que se posiciona como la mayor de este período. Este máximo parece estar asociado al extremo de 22 casos que ocurre durante el día 5, aunque también es probable que esté relacionado con algún ápice anterior que no alcanza a ser mostrado.

Posteriormente las temperaturas disminuyen, pero se producen dos picos el día 12 y el día 19, de 24,7°C y 24,3°C respectivamente, que elevan la curva de tendencia a los 22,8°C. De igual forma, se aprecia un alza en la tendencia de casos durante la cuarta semana de enero,

que promedia 14,5 casos. El máximo verdadero es de 18 casos y se da el 24 del mes. De haber correspondencia entre los puntos mencionados, existiría un período de rezago de aproximadamente una semana entre las temperaturas detonantes y el surgimiento de la emergencia.

Durante el 11 de febrero se produce un extremo de 26,2°C que tendría relación con el aumento de casos que se percibe entre la tercera y cuarta semana del mes, presentando un máximo de 23 casos el día 24. Las temperaturas comienzan a disminuir a partir de la tercera semana, alcanzando un promedio mínimo de 18,9°C el 26 de febrero. Por otra parte, el número de casos también sufre una disminución, marcando un mínimo de 6 casos para el 4 de marzo. De ahí en adelante, el promedio de temperaturas aumenta levemente, alcanzando dos máximos de 22,5°C, formando un patrón se ve reflejado en la tendencia de atenciones de urgencia, generando un máximo de 24 casos para la tercera semana de marzo.

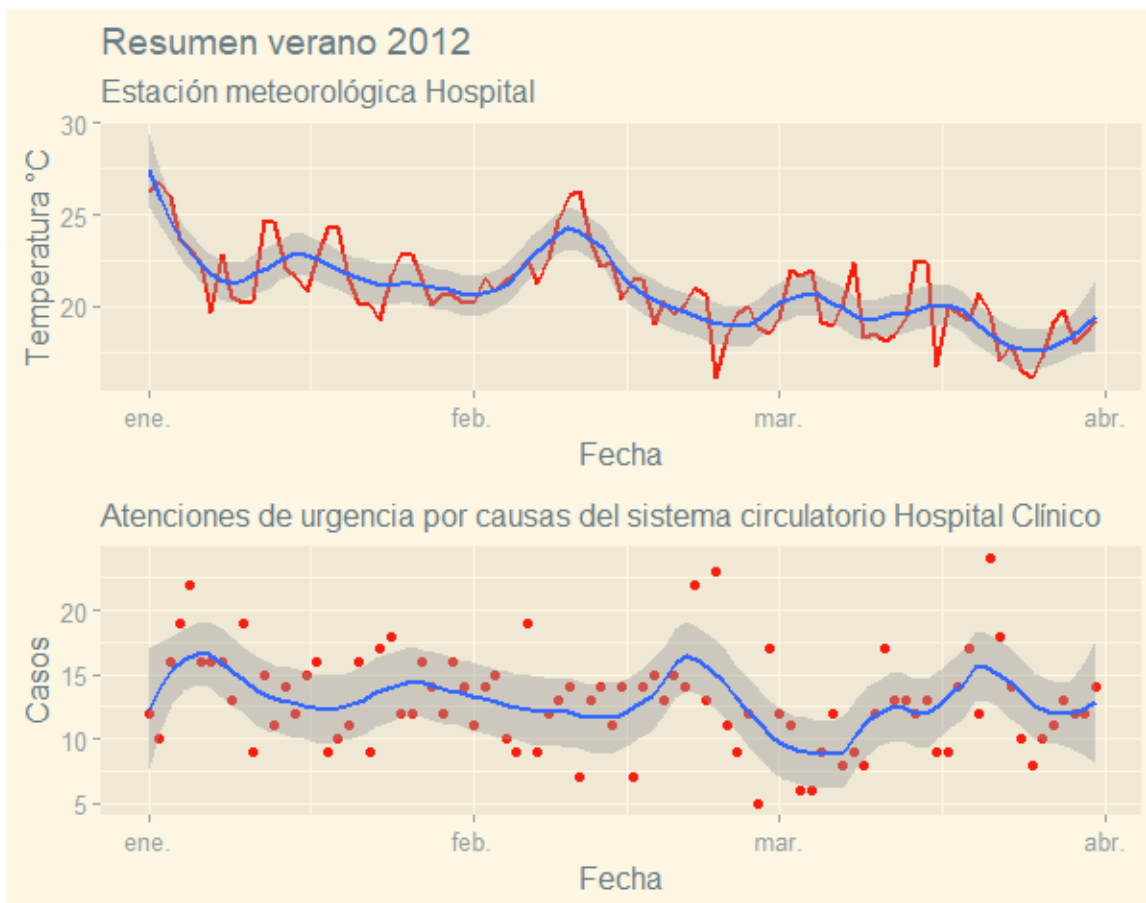


Figura 28: Resumen Temperatura y atenciones de urgencia por causas del sistema circulatorio A4 Hospital, año 2012. Elaboración propia

Respecto al resumen del verano 2013 (Figura 29), es posible notar que entre la primera y segunda semana de diciembre se produce un máximo de 22,3°C, resumida por un pico de promedio de tendencia de 20,2°C, sin embargo, para la tercera semana las temperaturas descienden llegando a un mínimo de 15°C y un promedio de 17°C, lo que podría estar



relacionado al descenso de casos observado hacia la tercera semana de diciembre, llegando a un promedio de 10 casos para fines de diciembre.

Para enero las temperaturas comienzan a subir llegando a un máximo de 27°C durante la segunda semana de enero. Al mismo tiempo, los casos tienen un repunte, alcanzando a un máximo de 20 casos al inicio de la tercera semana del mes. En la primera semana de febrero se produce otro máximo de 26,8°C, lo que puede guardar relación con el incremento de casos registrado en la tercera semana de febrero donde alcanza un extremo de 22 casos y un máximo promedio de 16 casos entre la segunda y tercera semana de febrero, el más alto registrado en el período.

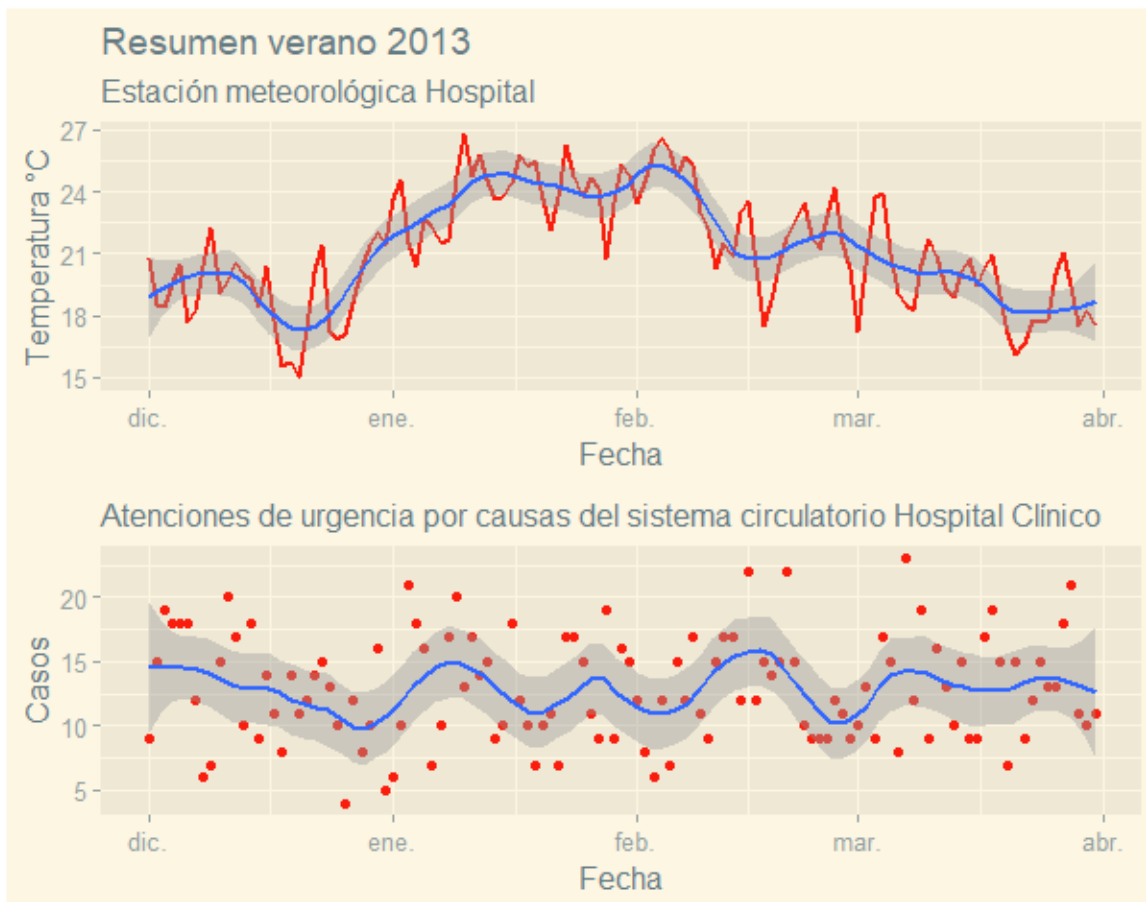


Figura 29: Resumen Temperatura y atenciones de urgencia por causas del sistema circulatorio A4 Hospital, año 2013. Elaboración propia

Durante el año 2014 (Figura 30), en la tercera semana de diciembre se produce una punta de 27°C, que puede estar relacionada a un leve incremento de casos con un máximo de 22 casos observado en la segunda semana y la respectiva trayectoria de la línea de tendencia, que refleja un máximo 15 casos entre la primera y segunda semana de enero. Posteriormente, en la segunda semana de enero se produce otra punta de 27,6°C, la más

alto del periodo. Este máximo estaría relacionado con las atenciones registradas para la primera semana de febrero, donde se obtiene un máximo de 43 casos.

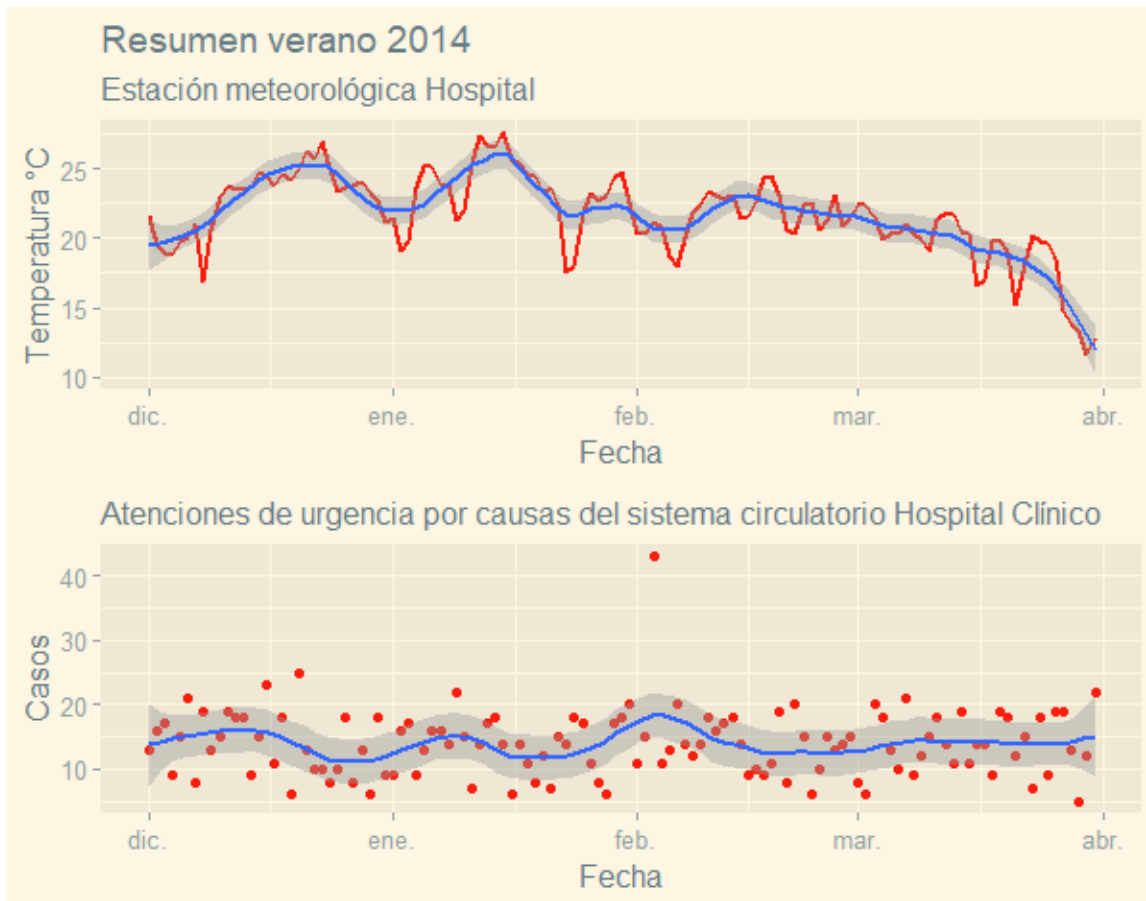


Figura 30: Resumen Temperatura y atenciones de urgencia por causas del sistema circulatorio A4 Hospital, año 2014. Elaboración propia

Para el año 2015 (Figura 31), entre la segunda y tercera semana de enero se produce el máximo de temperaturas alcanzado durante el período analizado, con 27°C y un promedio de 24,8°C. Esta tendencia coincide con un aumento de atenciones visible entre la tercera y cuarta semana de enero, cuyo punto más alto muestra un promedio de 14,8 casos y un máximo de 19 atenciones diarias. Luego, en marzo, se produce otro ápice de temperaturas, llegando a un máximo de 25,9°C y alcanzando un promedio de 23,8°C. Esta conducta de tendencia podría guardar relación con el punto más alto de casos observado durante la

segunda semana de marzo, donde se llega a un máximo de 23 casos y un promedio de 15 casos, lo máximo para el periodo.

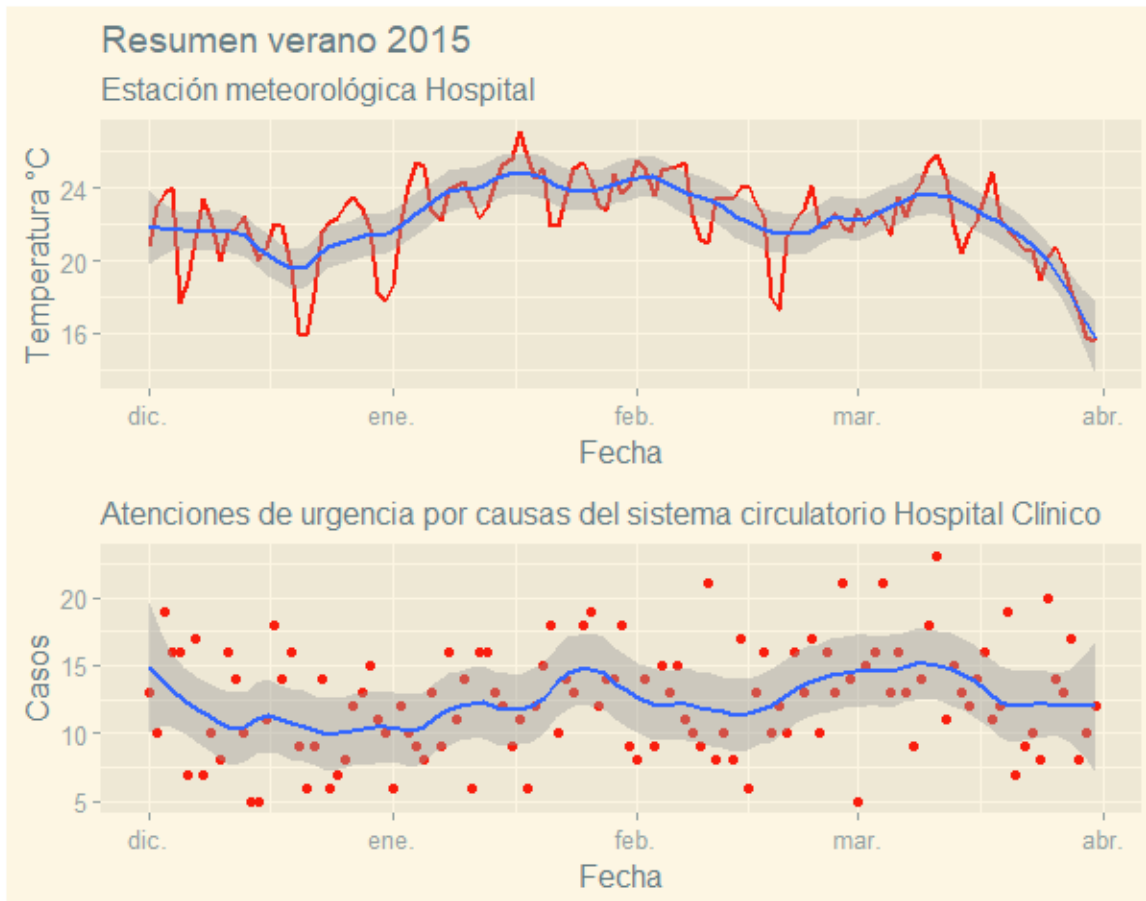


Figura 31: Resumen Temperatura y atenciones de urgencia por causas del sistema circulatorio A4 Hospital, año 2015. Elaboración propia

Durante el año 2018 (Figura 32) para todo el periodo analizado se advierte un comportamiento equilibrado tanto en las temperaturas alcanzadas como en la cantidad de atenciones de urgencia, donde se observan fluctuaciones de temperatura que presentan un comportamiento oscilatorio similar al mostrado por la curva de casos. Cabe destacar un notorio descenso de temperaturas entre la segunda y tercera semana de marzo, que coincidiría con un marcado declive en el número de casos registrados hacia el final de

marzo. El período de rezago no permite que se alcancen a notar los efectos del aumento de temperaturas observado a partir de la segunda quincena del mes.

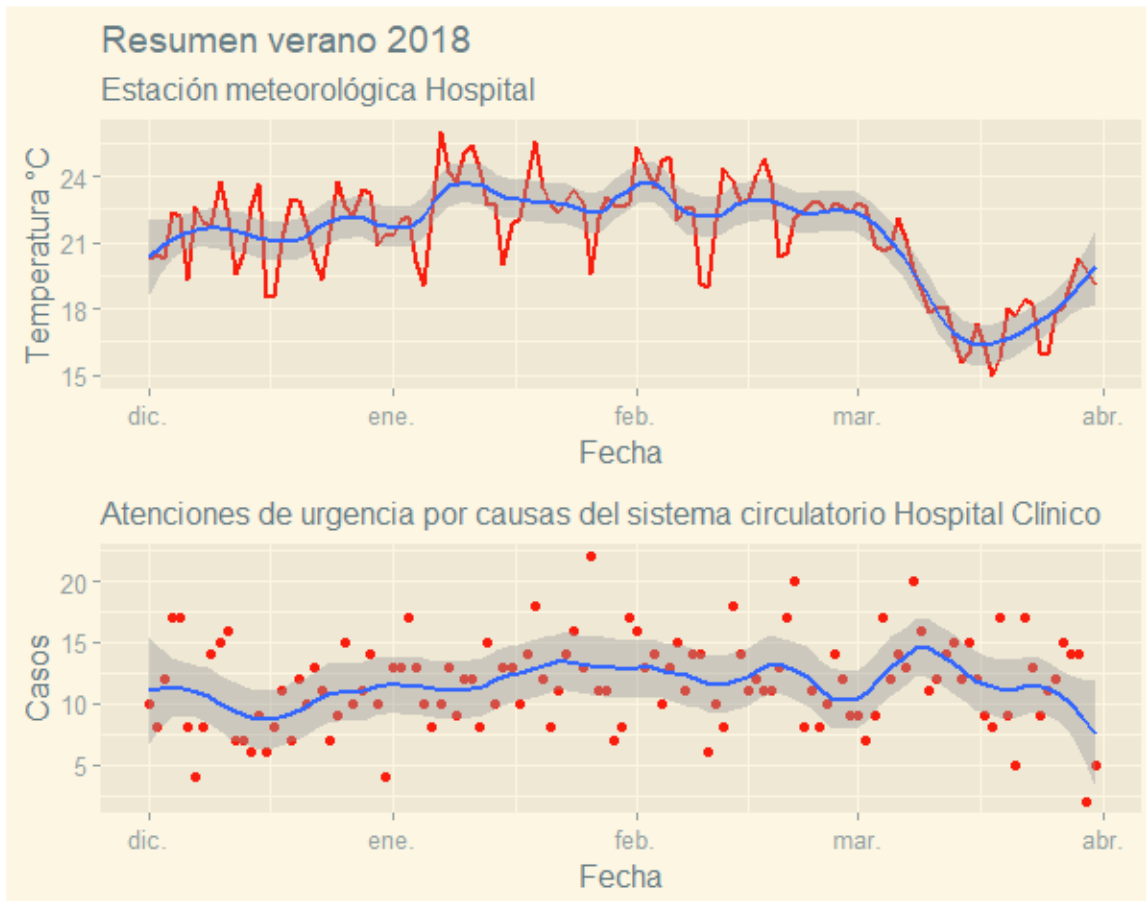


Figura 32: Resumen Temperatura y atenciones de urgencia por causas del sistema circulatorio A4 Hospital, año 2018. Elaboración propia

En el año 2019 (Figura 33), durante la segunda quincena de diciembre la curva muestra una fluctuación cuyo punto más alto registra un promedio de 23,3°C, que abarca un punto máximo de 25°C. Esta tendencia podría estar asociada al crecimiento que evidencia la curva de casos visible entre fines de diciembre y la primera quincena de enero, donde se alcanza un promedio que bordea las 15 atenciones. A partir de la segunda quincena de enero las temperaturas comienzan nuevamente a aumentar, alcanzando máximos que superan los 26°C en tres ocasiones registradas entre enero y febrero. La curva promedia 25°C para inicios de febrero. Esta situación pudo generar el aumento de casos registrados

para el mes de febrero, donde se observan dos máximos que en promedio llegan a los 17 casos, los más altos hallados dentro del periodo analizado.

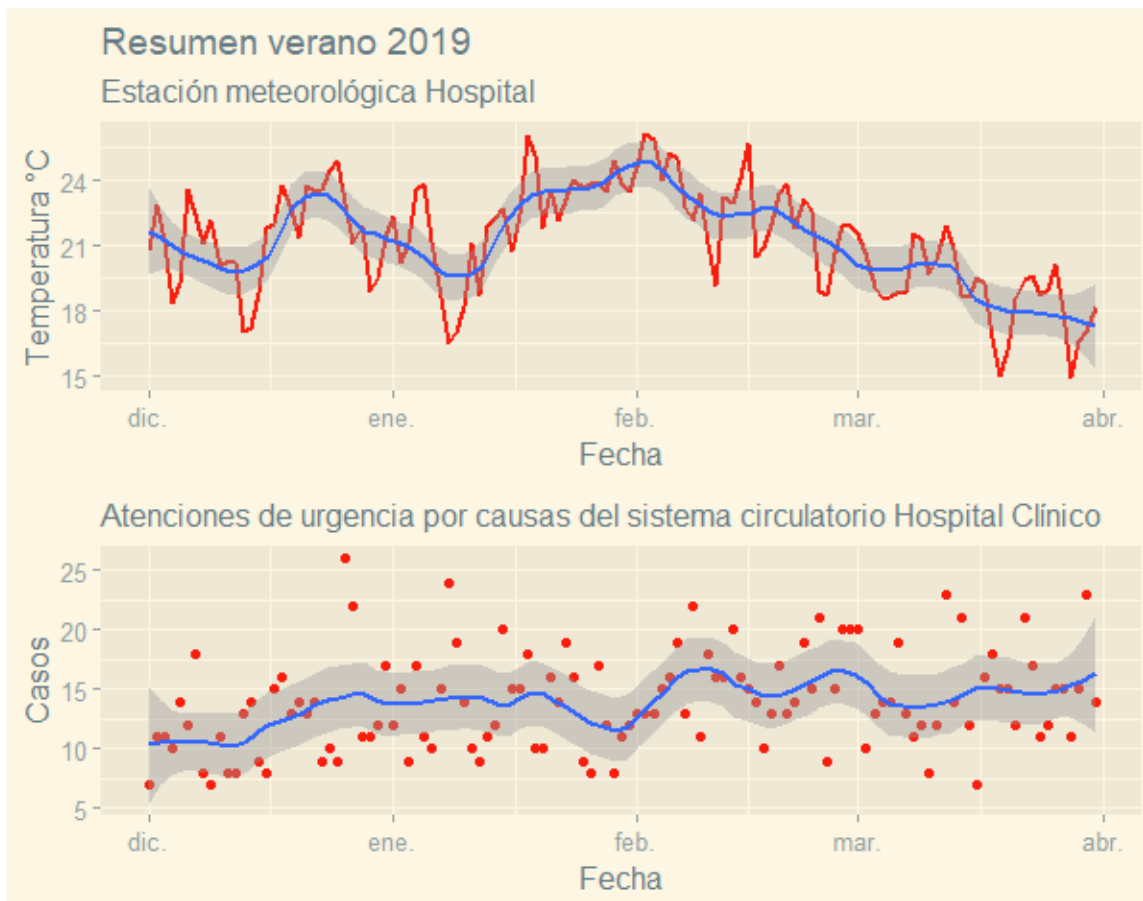


Figura 33: Resumen Temperatura y atenciones de urgencia por causas del sistema circulatorio A4 Hospital, año 2019. Elaboración propia

### 3.3.4.2 SAR Violeta Parra

Respecto a la situación del SAR Violeta Parra en 2014 (Figura 34), posiblemente el hallazgo más sustancioso sea la conexión entre la fluctuación comprendida entre el 1 y el 23 de enero, cuyo máximo llega a los 27,6°C el día 15; y aquella observada entre el 15 de enero y el 22 de febrero, que cuenta con dos puntos máximos de 4 casos registrados el 4 y 6 de febrero.

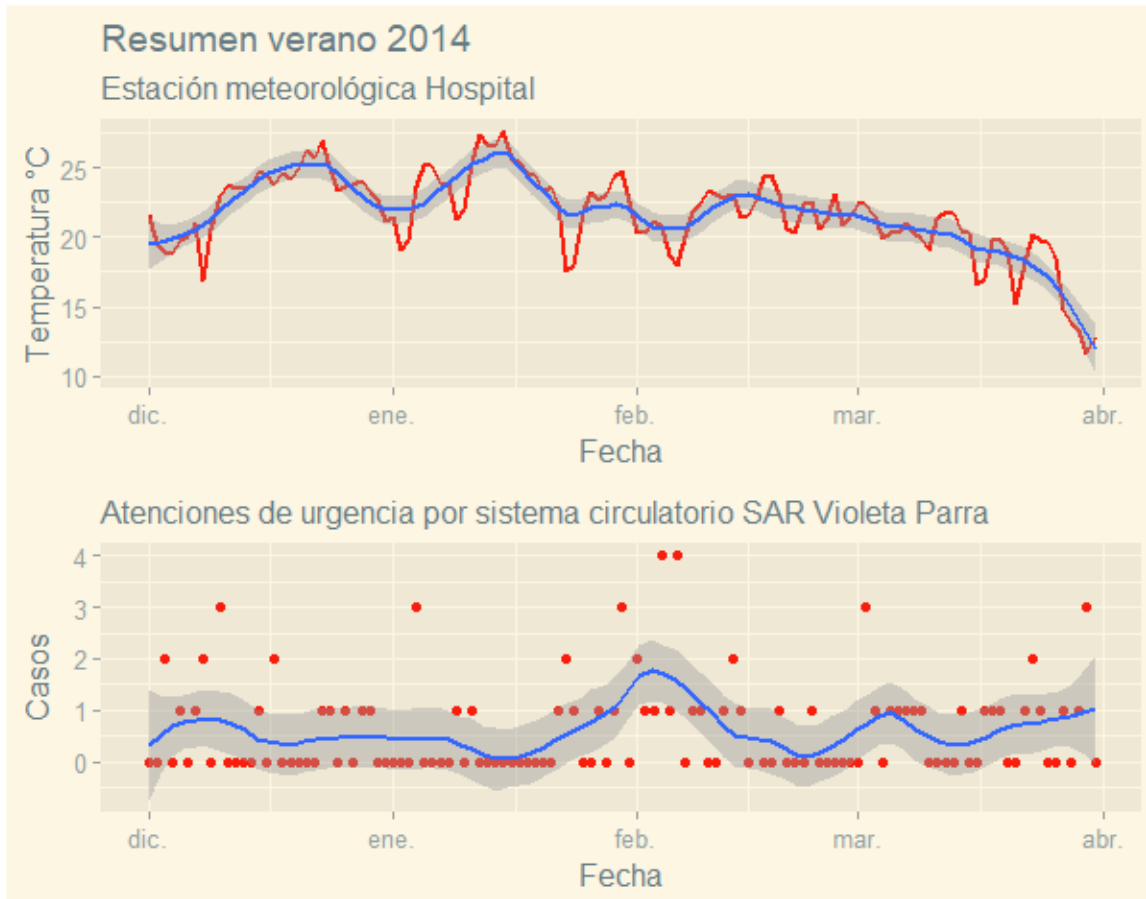


Figura 34: Resumen Temperatura y atenciones de urgencia por causas del sistema circulatorio A4 SAR Violeta Parra, año 2014. Elaboración propia

A grandes rasgos, la peculiaridad más notoria dentro del resumen 2015 (Figura 35) es el pico de 27°C registrado el 17 de enero, que puede asociarse al ángulo que muestra la curva

de tendencia de atenciones hacia la cuarta semana de enero, cuyo punto máximo contabiliza 5 casos atendidos el día 21.

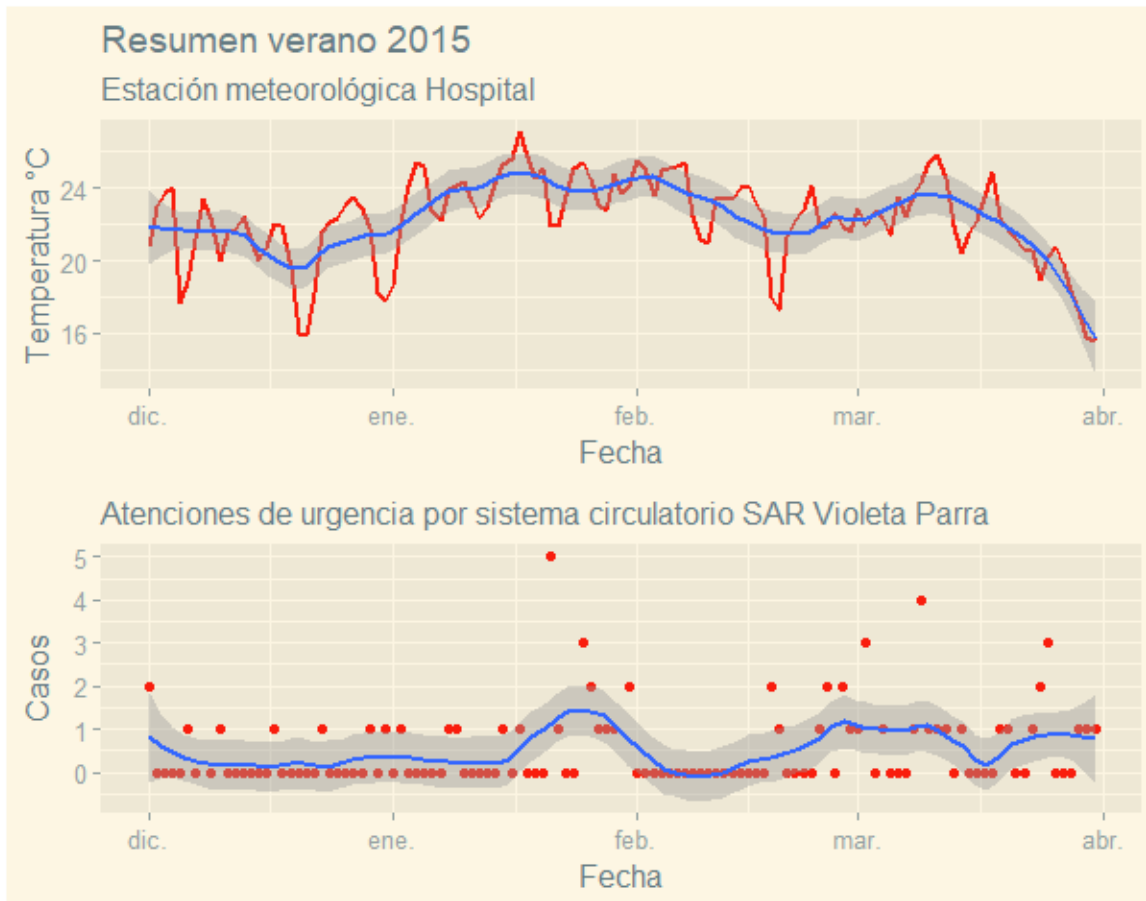


Figura 35: Resumen Temperatura y atenciones de urgencia por causas del sistema circulatorio A4 SAR Violeta Parra, año 2015. Elaboración propia

Para el verano del año 2017 (Figura 36), a partir del 25 de diciembre se vislumbra un aumento sostenido de temperaturas que culmina el 26 de enero, alcanzando un punto máximo de 27,2°C. Es posible que este auge en la curva esté relacionado con la elevación observada dieciséis días más tarde, donde se apunta a un máximo de 4 casos. En ese sentido, si el efecto de las altas temperaturas se desplazó dos semanas, el patrón que exhibe la curva de atenciones de urgencia entre la segunda semana de febrero y la segunda

de marzo podría guardar relación con el período más cálido del año, que comienza a desarrollarse al inicio de enero y finaliza los primeros días de marzo, aproximadamente.

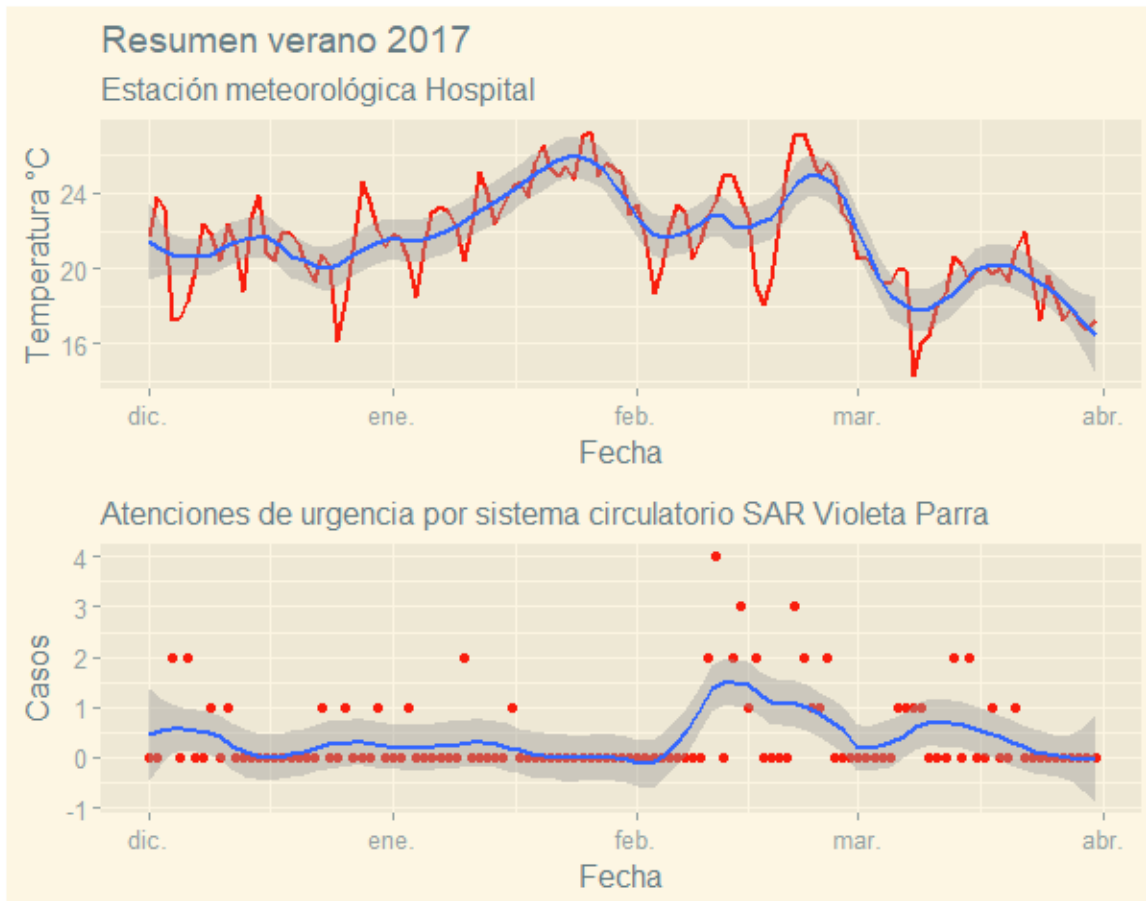


Figura 36: Resumen Temperatura y atenciones de urgencia por causas del sistema circulatorio A4 SAR Violeta Parra, año 2017. Elaboración propia

### 3.3.5 Área 5: SAPU Los Volcanes – Sector Este

A continuación, la Figura 37 señala que el A5 abarca el dispositivo correspondiente a Sector Este y el SAPU Los Volcanes. El 60,8% de cobertura de suelo se integra de la categoría *Compact Low-rise*, mientras que El 38,4,4% restante corresponde a *Low Plants*. El gráfico de temperaturas medias anuales indica que el sector se posiciona como el segundo más frío desde 2012 a 2014. A partir de 2015 el promedio de temperaturas sube, quedando por sobre los registros de la estación Estadio, área que paradójicamente está compuesta por un 69,9% de *Compact Low-rise*; Bulnes (no incluida en el análisis) y Parcela (no incluida en el análisis).



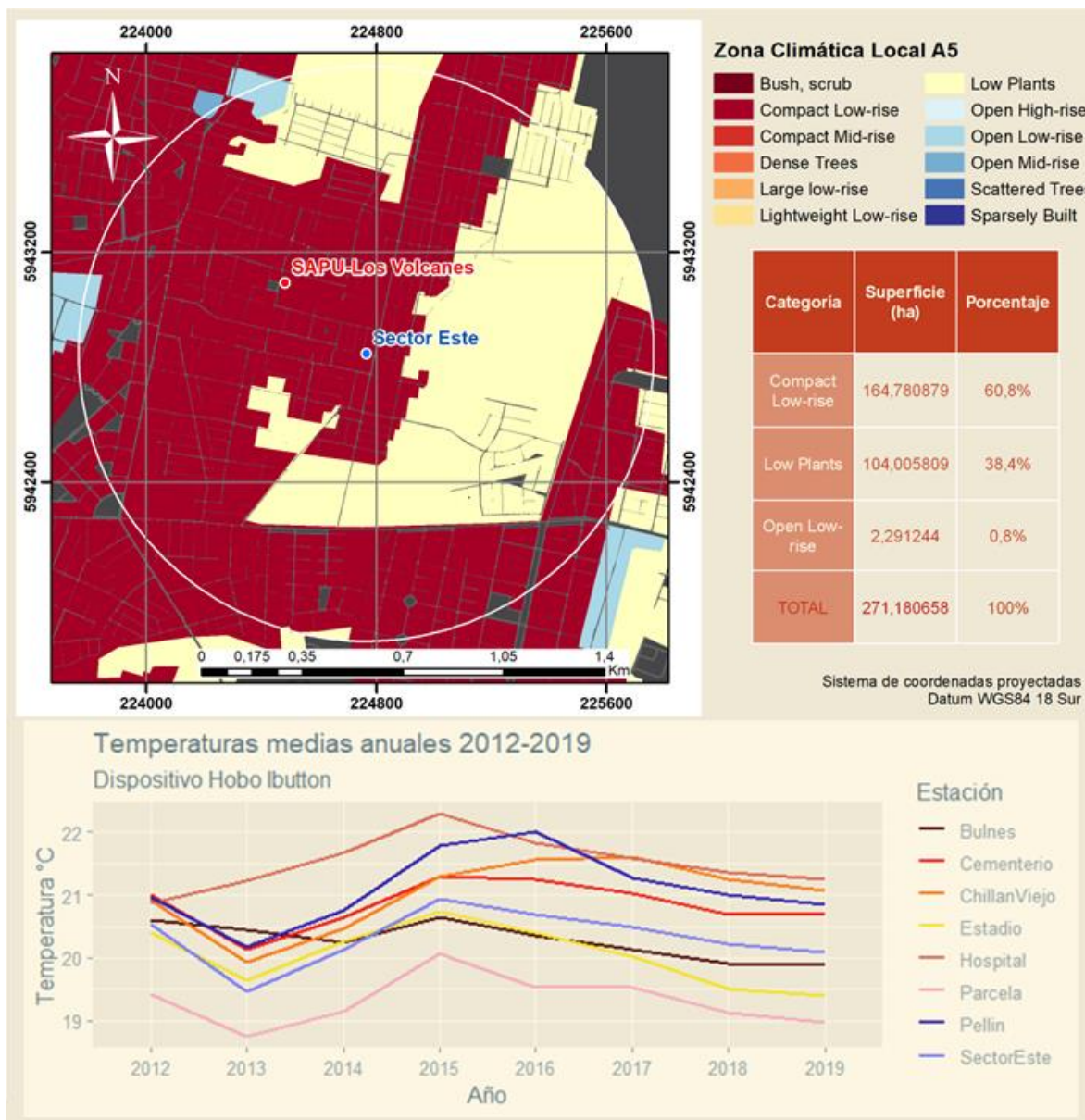


Figura 37: Síntesis variables Área de Influencia 5. Elaboración Propia.

Como indica la Figura 38, el período más cálido para el sector SAPU Los Volcanes durante el verano del año 2014 se encuentra entre la segunda semana de diciembre, marcando 22,4°C para el día 11; y finaliza la cuarta semana de enero, con 23,2°C apuntados el día 30. Dentro de este espacio de tiempo existen dos extremos representativos: el primero, de 25,6°C, que tiene lugar el día 23 de diciembre; y el segundo, de 26°C, registrado el día 12 de enero.

El límite de 25,6°C del día 23 de diciembre puede vincularse al alza de casos de urgencia que se observa a partir de la primera semana de enero, llegando a un máximo de 2 atenciones diarias los días 7, 10 y 13. Por otra parte, el extremo de 26°C registrado el 12 de enero, podría ligarse con la sinusoidalidad que muestra la curva durante la segunda quincena de enero, cuyo máximo de 2 casos se ubica el día 26. Respecto a la concentración

de casos observada entre la cuarta semana de febrero y la tercera de marzo, es difícil establecer con seguridad alguna relación entre temperatura y niveles de atenciones de urgencia.

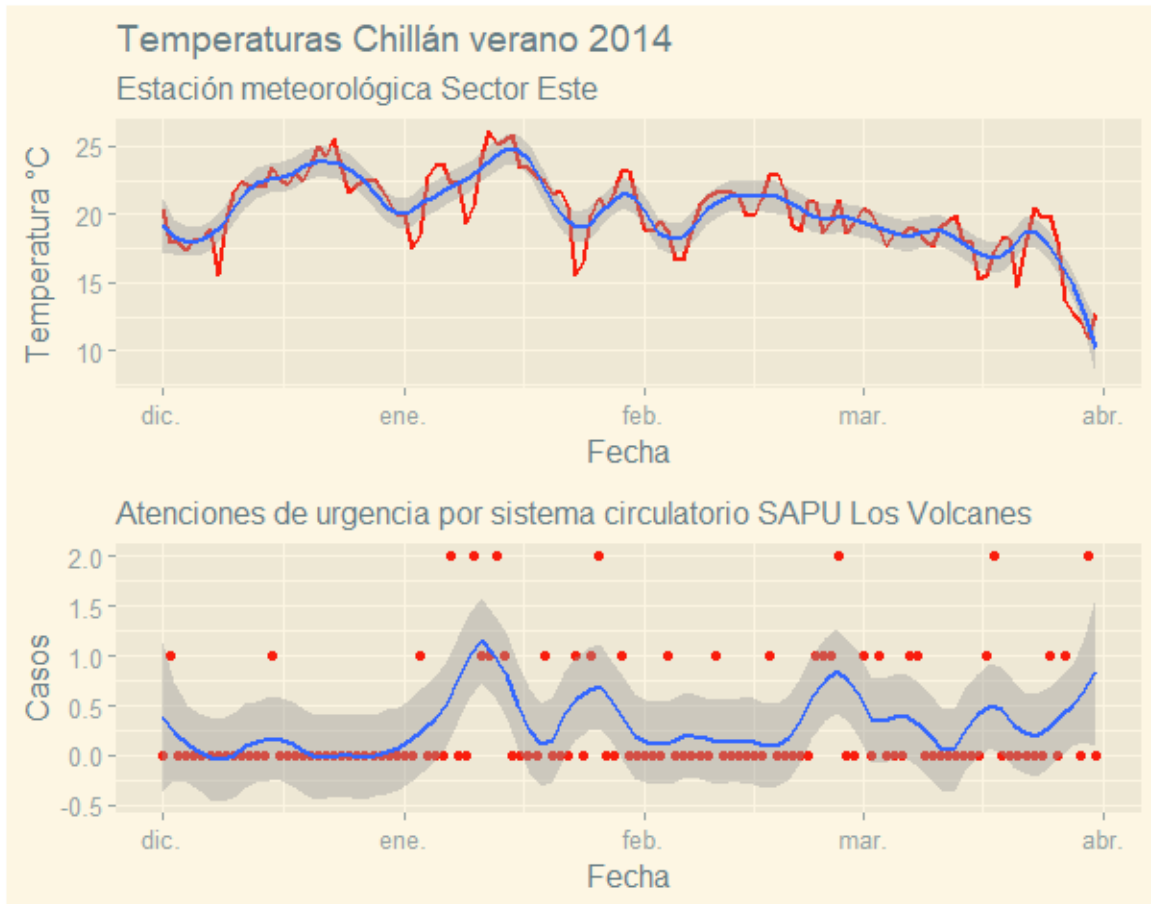


Figura 38: Resumen Temperatura y atenciones de urgencia por causas del sistema circulatorio A5, año 2014. Elaboración propia

A simple vista, es posible notar que durante el verano 2016 (Figura 39) existe una mayor concentración y frecuencia de casos entre el 29 de diciembre y el 11 de febrero. A su vez, el lapso más cálido se encuentra aproximadamente entre el 25 de diciembre y el 15 de febrero. Durante la segunda quincena de febrero, específicamente el día 23, existe un máximo de 24,6°C que podría vincularse con el caso registrado para el 2 de marzo, sin

embargo, a partir de entonces se aprecia una acumulación de atenciones que no se pueden explicar en base al gráfico de temperaturas, al menos en un análisis visual.

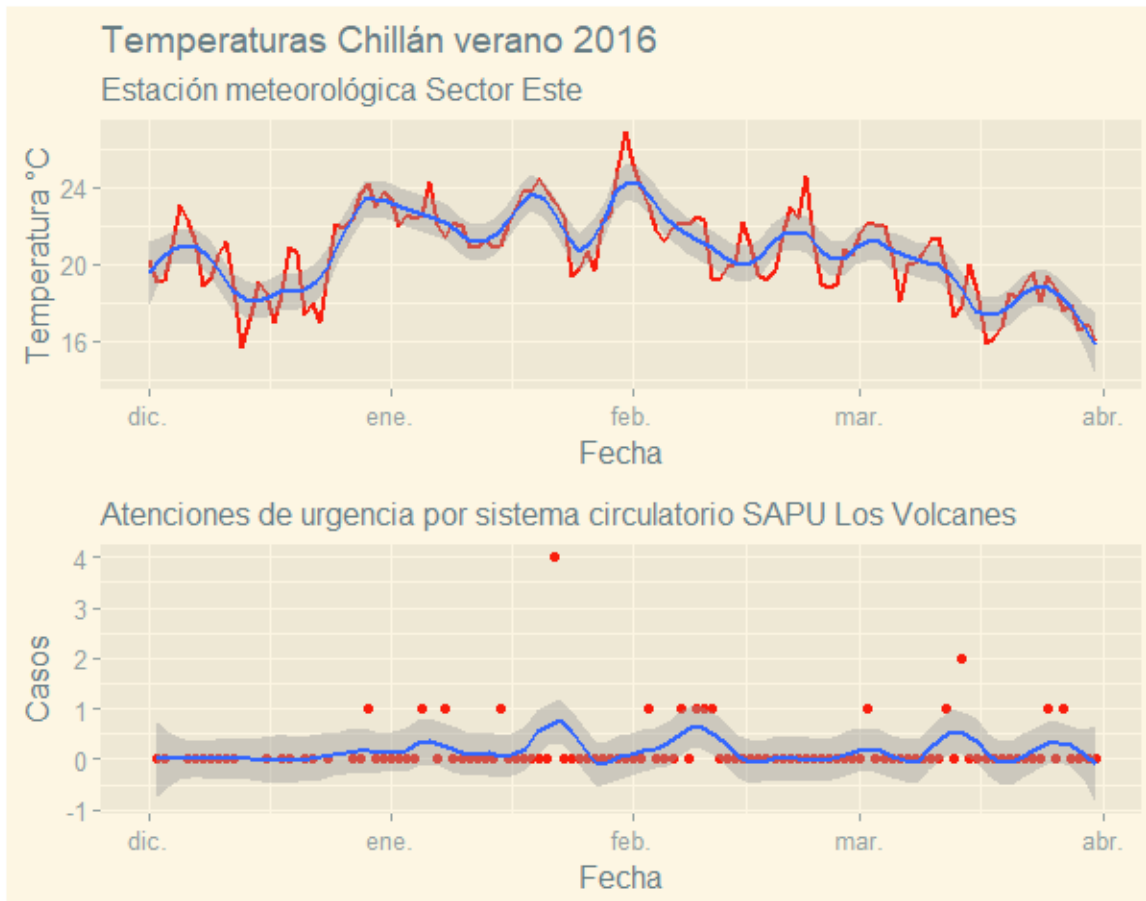


Figura 39: Resumen Temperatura y atenciones de urgencia por causas del sistema circulatorio A5, año 2016. Elaboración propia

### 3.3.6 Análisis con Modelo de Regresión de Poisson

#### 3.3.6.1 Afecciones del sistema circulatorio con Zero-Inflated Poisson model

El código de la figura 40 se utiliza para ajustar un modelo de regresión con inflación de ceros utilizando la función `zeroinfl()` del paquete `pscl` en R. El modelo es una combinación de dos modelos: un Modelo de Poisson con enlace logarítmico para el conteo de ceros y Modelo de Inflación Cero (binomial con enlace logit) para el conteo de los valores positivos (Lambert, 1992; Zuur & Ieno, s.f.).

La primera línea muestra la llamada a la función `zeroinfl()`, donde se especifica la fórmula del modelo. En este caso, el conteo de atenciones de urgencia por afecciones del sistema circulatorio corresponde a la variable respuesta, y está representada por "CIRCULATORIO" (en `dataframe_centros_temp$CIRCULATORIO`), mientras que la temperatura media o variable explicativa está contenida en "med" (en `dataframe_centros_temp$tmed`).

Los coeficientes del modelo indican que tanto el intercepto como la variable "tmed" tienen un efecto significativo sobre la variable de respuesta "CIRCULATORIO". El valor de "tmed"

tiene un coeficiente positivo, lo que significa que un aumento en la temperatura media está asociado con un aumento en el número esperado de eventos "CIRCULATORIO". El intercepto de la curva de regresión marca 0.893222 para las condiciones base establecidas por el modelo. En ese contexto, cada vez que la temperatura aumenta una unidad, existe un incremento de 0.047858 casos.

En el resultado de salida, el error estándar se muestra para cada coeficiente estimado en los modelos. Por ejemplo, para el modelo de conteo Poisson, el error estándar para el coeficiente de la variable "tmed" es 0.003157. Esto significa que, si el modelo se ajusta a una muestra diferente de datos, el valor estimado del coeficiente "tmed" puede diferir del valor real por alrededor de 0.003157 unidades estándar. Se infiere que los datos presentan alta concentración y no hay mayor sesgo, pues el índice de error estándar es relativamente bajo, rasgo destacable que demuestra la precisión del modelo.

La sección "Signif. codes" muestra los códigos de significación estadística para los coeficientes. En este caso, los coeficientes que son significativos a un nivel del 0.05 se indican con \*, \*\*, o \*\*\*, dependiendo del nivel de significación. El nivel de significancia del valor p asociado al valor z demuestra que efectivamente la temperatura afecta en gran medida al sistema circulatorio, corroborando la hipótesis establecida en base a la revisión bibliográfica.

Para el modelo de ceros inflados, se obtienen conclusiones similares, aunque tiene una interpretación distinta. El coeficiente de "tmed" en el modelo de inflación de ceros es negativo, lo que indica que a medida que la temperatura media aumenta, la probabilidad de ceros en la variable de respuesta disminuye. Tanto el intercepto como la variable "tmed" tienen un efecto significativo en la probabilidad de que ocurran ceros en la variable de respuesta. Por último, se presenta el número de iteraciones en la optimización del modelo y la log-verosimilitud del modelo ajustado. En este caso, el valor negativo de la log-verosimilitud indica un buen ajuste del modelo.

```
Call:
zeroinfl(formula = dataframe_centros_temp$CIRCULATORIO ~ dataframe_centros_temp$tmed,
  data = dataframe_centros_temp)

Pearson residuals:
  Min      1Q  Median      3Q      Max
-0.8458 -0.7125 -0.6692 -0.3001 11.4812

Count model coefficients (poisson with log link):
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)    0.893222   0.068055  13.12 <2e-16 ***
dataframe_centros_temp$tmed 0.047858   0.003157  15.16 <2e-16 ***

zero-inflation model coefficients (binomial with logit link):
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)    1.16409   0.21800   5.340 9.3e-08 ***
dataframe_centros_temp$tmed -0.03237   0.01033  -3.135 0.00172 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Number of iterations in BFGS optimization: 6
Log-likelihood: -1.339e+04 on 4 Df
>
```

Figura 40: Output Coeficientes de Poisson para Temperatura y Atenciones de Urgencia por causas del Sistema Circulatorio.

### 3.3.6.2 Afecciones del sistema circulatorio con Modelo de Regresión de Poisson

Por otro lado, el *output* resultante para los casos por afecciones respiratorias (figura 41) muestra los resultados de un modelo de regresión de Poisson ajustado utilizando la función *glm()*. El modelo utiliza la variable *dataframe\_todos\_def\$tmed* para predecir el número de casos de enfermedades respiratorias en la variable *dataframe\_todos\_def\$RESPIRATORIO*.

El modelo evidencia que, en condiciones corrientes, habrá 3,909038 personas utilizando el servicio de urgencias. El coeficiente de la variable “tmed” es de -0.040185, lo que sugiere que por cada aumento de un grado Celsius en la temperatura, se espera que el número de casos de enfermedades respiratorias disminuya en un 4%, rechazando la hipótesis fundada en base a la revisión bibliográfica. Esto podría deberse al patrón estacional que suele presentar la incidencia de enfermedades respiratorias durante los meses de invierno en relación con las bajas temperaturas, infecciones respiratorias virales y contaminación atmosférica de las grandes urbes; en ese sentido, los factores utilizados en el análisis son muy generales, y evidentemente es necesario precisar más los elementos involucrados.

El error estándar de 0.021921 es considerablemente bajo, demostrando que el modelo presenta alta precisión. La significación estadística de los coeficientes se evalúa utilizando valores de p, que indican la probabilidad de obtener resultados tanto o más extremos que los observados si la hipótesis nula (los coeficientes son iguales a cero) es verdadera. En este caso, los valores de p son muy bajos ( $<2e-16$ ) para ambos coeficientes, lo que indica una alta significación estadística, es decir, las variables utilizadas son adecuadas y ejercen una influencia importante dentro de la modelación.

```
Call:
glm(formula = dataframe_centros_temp$RESPIRATORIO ~ dataframe_todos_def$tmed,
     family = poisson(link = "log"), data = dataframe_todos_def)

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-7.4391  -2.7045  -0.9617   1.4783  13.9007

Coefficients:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)    3.909038   0.021921  178.32  <2e-16 ***
dataframe_todos_def$tmed -0.040185   0.001056  -38.06  <2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for poisson family taken to be 1)

    Null deviance: 58882 on 5535 degrees of freedom
Residual deviance: 57445 on 5534 degrees of freedom
(98 observations deleted due to missingness)
AIC: 83053

Number of Fisher Scoring iterations: 5
```

Figura 41: Coeficientes de Poisson para Temperatura y Atenciones de Urgencia por causas del Sistema Respiratorio.

#### 4 Discusión y conclusiones

Ya es de común conocimiento que la intersección entre el medioambiente y la salud humana es un fenómeno bastante complejo, pues involucra factores como la disponibilidad y calidad del agua, el saneamiento, la gestión de los residuos sólidos, la higiene, los entornos saludables, la planificación urbana, y, en general, las circunstancias en que las personas nacen crecen, viven, trabajan y envejecen. Para ilustrar la complejidad que generalmente poseen los estudios epidemiológicos se utilizará el ejemplo de Mastrangelo et al. (2007), que pretende mostrar la relación entre el patrón de hospitalización y, por otro lado, la intensidad, duración o momento de las rachas de calor, comparando cinco olas de calor consecutivas (una en 2002 y cuatro en 2003) y los ingresos hospitalarios asociados en personas de 75 o más años, residentes en la región de Véneto, parte nororiental de Italia.

Para dicho estudio se extrajo el conteo diario de ingresos hospitalarios de personas de  $\geq 75$  años. Se obtuvieron los valores diarios de temperatura máxima ( $^{\circ}\text{C}$ ) y humedad de las siete estaciones meteorológicas ubicadas en cada capital de provincia de la región de Veneto. Paralelamente, se adoptó la definición habitual de ola de calor como tres o más días consecutivos por encima de un umbral determinado. De esta forma, se realizaron dos tipos de análisis estadístico: en primer lugar, se elaboró un análisis univariante, cuyo resultado es un diagrama de dispersión muestra el recuento diario de ingresos hospitalarios por causa, el valor diario de la intensidad (representada por el índice Humidex) y duración de la ola de calor y el día de la semana. En segundo lugar, se realizó un análisis multivariante, donde los parámetros de las variables se estimaron mediante Ecuaciones de Estimación Generalizadas (GEE), especialmente para modelar la relación del clima cálido con los ingresos hospitalarios. El estudio concluyó que se requieren al menos cuatro días cálidos y húmedos consecutivos para observar un aumento importante en los ingresos hospitalarios, y es consistente con estudios previos sobre la mortalidad relacionada con el calor.

Resulta evidente la complejidad y el carácter multifactorial de la problemática, considerando que, en síntesis, para el estudio ya mencionado se utilizó el conteo de ingresos hospitalarios delimitado por rango etario; se procesaron datos de temperatura máxima y humedad para calcular el índice Humidex; se usó el concepto de ola de calor, dando énfasis a su duración, entendiendo el día como unidad estadística; y su intensidad; representada por el Humidex. Además, los diagnósticos utilizados fueron clasificados en enfermedades relacionadas al calor, enfermedades respiratorias, enfermedades del sistema circulatorio; y fracturas de fémur, elegidas a priori como categoría diagnóstica de referencia no relacionada con el calor.

A pesar de las diferencias de complejidad y profundización, tanto el estudio de Mastrangelo et al. (2007), como la investigación propuesta en este documento exploran la relación entre las condiciones ambientales y la salud en la población. Ambos estudios concluyen que las altas temperaturas tienen un impacto negativo en la salud de la población, lo que destaca la importancia de monitorear y mitigar los efectos del cambio climático en la salud pública. A pesar de su simplicidad y de su carácter netamente exploratorio, el método empleado en esta investigación ha demostrado que funciona adecuadamente como aproximación a la problemática expuesta, pues comprueba que de alguna forma las temperaturas se relacionan con las atenciones de urgencia causada por enfermedades del sistema circulatorio. A modo de ejemplo, cabe destacar lo ocurrido durante el año 2012 en el sector

Chillán Viejo – SAPU Doctor Federico Puga, donde la curva de suavizado de ambas variables es particularmente similar.

La falta de preparación y cohesión de los sistemas sociales, de planes de intervención, y de soluciones técnicas eficaces; repercuten directamente en la capacidad de respuesta de la sociedad frente a los factores ambientales que contribuyen al exceso de mortalidad y morbilidad. En ese sentido, en el ámbito de la salud pública apremia un mayor entendimiento de dinámicas sociales, institucionales, espaciales y naturales, por tanto, se necesita que las decisiones correspondientes se tomen con claros conocimientos respecto a riesgos ambientales. De este modo, es fundamental evaluar los actuales planes de respuesta ante las emergencias asociadas a factores climatológicos, otorgándole la importancia pertinente dentro del sistema de determinantes sociales de la salud.

Las ciudades son un ambiente construido cuya estructura varía dependiendo de las particularidades del desarrollo económico, político y social de cada territorio, generando estructuras ambientales determinadas en función de una apropiación diferencial de los recursos, por tanto, existe una acumulación diferencial de exposiciones y vivencias que tienen su origen en el mundo material. Los factores materiales y las desventajas sociales se entrelazan de tal modo que las personas que tienen más recursos en términos de conocimiento, dinero, poder, prestigio y conexiones sociales se encuentran en condiciones de enfrentar los riesgos ambientales.

Como ejemplo de indicador de desventajas materiales y sociales en Chile se puede mencionar el Índice de Pobreza Multidimensional, que refleja la prevalencia e intensidad de las carencias multidimensionales, señalando cuántas carencias sufren las personas al mismo tiempo. La metodología de medición de pobreza multidimensional considera carencias en las dimensiones de educación, salud, trabajo y seguridad social, y vivienda. En cada dimensión se definen tres indicadores. Un hogar se considera en situación de pobreza multidimensional si presenta carencia en al menos tres de los doce indicadores, es decir, un 25%, que equivale a una dimensión completa (Secretaría Regional Ministerial de Desarrollo Social Región Metropolitana de Santiago, 2015). El IPM complementa el índice de pobreza por ingresos, que representa a los hogares cuyo ingreso total mensual no es suficiente para satisfacer el consumo de un conjunto básico de bienes alimentarios y no alimentarios (Observatorio Social - Ministerio de Desarrollo Social y Familia, s.f.).

Según la Encuesta CASEN de 2017, la comuna de Chillán posee un 11,67% de pobreza por ingresos, mientras que el porcentaje del IPM marca 17%. En tanto, en Chillán Viejo existe un 19,1% de pobreza por ingresos y un 24,05% de pobreza multidimensional, bordeando el umbral del 25%. Si bien no son las comunas con mayores niveles de pobreza en el país, es preocupante que casi el 25% de la población de Chillán Viejo se encuentre prácticamente en situación de pobreza multidimensional, y, por lo tanto, no está en condiciones óptimas para enfrentar riesgos ambientales como temperaturas extremas. El escenario empeora si se considera que en 2023 nuevamente se ha roto un récord de temperatura que incluso alcanza el nivel mundial (ADN, s.f.).

El problema del calentamiento global seguirá empeorando, por consiguiente, es necesario tomar planes de acción que se ocupen realmente de la destrucción de la naturaleza y el cambio climático, entendiendo que es necesaria para el bienestar humano en múltiples aspectos. Se infiere entonces que algunas de las medidas necesarias para mejorar la salud

urbana sean cambiar el uso del suelo para favorecer la diversidad de funciones y actividades en las ciudades y así aumentar los espacios verdes y mejorar la calidad del entorno (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021). Dedicar atención y cuidados a los espacios naturales dentro o en las proximidades de las áreas urbanas es esencial para la salud humana.

Autores afirman que los ambientes forestales mejoran el bienestar psicológico de las personas, actuando su estado de ánimo. Además, los niveles de glucosa en sangre en pacientes diabéticos disminuyen, y visualizar paisajes verdes y caminar por entornos forestales conllevan una concentración más baja de cortisol, bajada de la frecuencia cardíaca y disminución de la presión sanguínea. Los estudios científicos han demostrado que pasar tiempo en la naturaleza tiene beneficios para la salud física y mental, como la reducción del estrés, la presión arterial y el riesgo de enfermedades cardiovasculares, así como la mejora de la memoria, la flexibilidad cognitiva y el control atencional. Además, el contacto con la naturaleza favorece la curación y el bienestar emocional, al disminuir el trastorno por déficit de atención y la agresividad. Estos efectos positivos se pueden obtener tanto con visitas a los bosques como con simplemente ver entornos naturales (Gostimirovic et al., 2020; Khraishah et al., 2022; Oh et al., 2017; Park et al., 2010; Weir, 2020).

La biodiversidad tiene un valor intrínseco y ético que debe ser protegido por sí mismo, y, además, es fundamental para la supervivencia humana y la mantención del equilibrio ecológico. Es importante que se tomen medidas de protección eficaces que involucren, entre otras cosas, la promoción de la energía renovable, la gestión sostenible de los recursos naturales, el fomento de prácticas agrícolas y forestales sostenibles, la mejora de la infraestructura sanitaria y la educación para la salud y el medio ambiente. Estas medidas no solo ayudarán a preservar la biodiversidad y a mitigar el cambio climático, sino que también contribuirán a la salud y el bienestar de las personas. Además, es fundamental que se trabaje de forma colaborativa y coordinada a nivel global para encontrar soluciones sostenibles a estos desafíos, ya que solo de esta manera se podrá garantizar un futuro saludable y sostenible para todos.



## 5 Referencias Bibliográficas

- Alva Fuentes, B. (s.f.). *El Desarrollo Urbano Sustentable, ¿Una Utopía o un Proyecto Viable?*
- Álvarez-Villalobos, N. A., & Millán-Alanís, J. M. (2019). Bioestadística médica y práctica clínica: una necesaria pero poco frecuente relación. *Revista Mexicana de Medicina Familiar*, 6(1). <https://doi.org/10.24875/rmf.19000158>
- Ayala, M. (2017). *Conceptos y definiciones de salud pública*. <https://sintesis.med.uchile.cl/index.php/profesionales/informacion-para-profesionales/medicina/condiciones-clinicas2/otorrinolaringologia/745-7-01-3-001>
- Banco Mundial. (2020). *Desarrollo urbano: Panorama general*. <https://www.bancomundial.org/es/topic/urbandevelopment/overview#1>
- Barragán, H., Moiso, A., Ojea, O. A., & Mestorino, M. (2007). *Fundamentos de Salud Pública*.
- Bell, M. L., O'Neill, M. S., Ranjit, N., Borja-Aburto, V. H., Cifuentes, L. A., & Gouveia, N. C. (2008a). Vulnerability to heat-related mortality in Latin America: A case-crossover study in São Paulo, Brazil, Santiago, Chile and Mexico City, Mexico. *International Journal of Epidemiology*, 37(4), 796–804. <https://doi.org/10.1093/ije/dyn094>
- Bell, M. L., O'Neill, M. S., Ranjit, N., Borja-Aburto, V. H., Cifuentes, L. A., & Gouveia, N. C. (2008b). Vulnerability to heat-related mortality in Latin America: A case-crossover study in São Paulo, Brazil, Santiago, Chile and Mexico City, Mexico. *International Journal of Epidemiology*, 37(4), 796–804. <https://doi.org/10.1093/ije/dyn094>
- Borrell, C. (2006). *Desigualdades y Servicios de Salud Inequalities and Health Services*.
- Castro, M. (2019). Bioestadística aplicada en investigación clínica: conceptos básicos. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 30(1), 50–65. <https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2018.12.002>
- Cifuentes, L., Cabrera, C., Romero, A., Soto, C., & Pica, A. (2012). *Identificación de Impactos, Evaluación de Vulnerabilidad del Sector Salud frente al Cambio Climático y Propuestas para la Adaptación: Estudio solicitado por Subsecretaría de Medio Ambiente*.
- Cifuentes-Jara, M., Brenes, R., Brenes, C., Corrales, L., Vargas, M., Betbeder, J., Vargas, G., Guerrero, A., & Fung, E. (2021). *Islas de Calor y Regulación de la Temperatura en la Ciudad: Rol de los Espacios Verdes*.
- Coombes, Y. (1994). New Directions in Public Health Research: A Geographical Perspective. *Critical Public Health*, 5(2), 11–16. <https://doi.org/10.1080/09581599408406281>
- Córdova, K. (n.d.). *Impactos de las islas térmicas o islas de calor urbano, en el ambiente y la salud humana. Análisis estacional comparativo: Caracas, octubre 2009, marzo 2010*.

- Cuervo, L. M., & Délano, M. del P. (2019). Planificación multiescalar: las desigualdades territoriales. Volumen II. *Serie Seminarios y Conferencias, N° 92*(Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]). [www.cepal.org/apps](http://www.cepal.org/apps)
- da Silva Junior, S. H. A., Vasconcelos, A. G. G., Griep, R. H., & Rotenberg, L. (2013). Confiabilidade teste-reteste do Índice de Capacidade para o Trabalho (ICT) em trabalhadores de enfermagem. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, *16*(1), 202–209. <https://doi.org/10.1590/S1415-790X2013000100019>
- de La Guardia Gutiérrez, M. A., & Ruvalcaba Ledezma, J. C. (2020). La salud y sus determinantes, promoción de la salud y educación sanitaria. *J. Negat. No Posit. Results*, *5*(1), 81–90. <https://doi.org/10.19230/jonnpr.3215>
- Dummer, T. J. B. (2008). Health geography: Supporting public health policy and planning. In *CMAJ* (Vol. 178, Issue 9, pp. 1177–1180). <https://doi.org/10.1503/cmaj.071783>
- Fouillet, A., Rey, G., Wagner, V., Laaidi, K., Empereur-Bissonnet, P., le Tertre, A., Frayssinet, P., Bessemoulin, P., Laurent, F., de Crouy-Chanel, P., Jouglu, E., & Hémon, D. (2008). Has the impact of heat waves on mortality changed in France since the European heatwave of summer 2003? A study of the 2006 heat wave. *International Journal of Epidemiology*, 309–317. <https://doi.org/10.1093/ije/dym253>
- Goldie, J., Alexander, L., Lewis, S. C., Sherwood, S. C., & Bambrick, H. (2018). Changes in relative fit of human heat stress indices to cardiovascular, respiratory, and renal hospitalizations across five Australian urban populations. *International Journal of Biometeorology*, *62*(3), 423–432. <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1451-9>
- Ilustre Municipalidad de Chillán. (n.d.). Retrieved March 1, 2022, from <https://www.municipalidadchillan.cl/sitio/menu/comuna/geografia.php>
- Ilustre Municipalidad de Chillán, & Universidad del Bío-Bío. (2019). *Pladeco Chillán 2019-2024*.
- Iñiguez Rojas, L. (1998). Geografía y salud: temas y perspectivas en América Latina. *Cadernos de Saúde Pública*, *14*(4), 701–711. <https://doi.org/10.1590/s0102-311x1998000400012>
- Instituto Nacional de Estadísticas [INE]. (2019). *Ciudades, pueblos, aldeas y caseríos 2019*. <http://www.censo2017.cl/servicio-de-mapas/descargas/mapas/Urbano-Rural->
- Jaramillo, A. N. M. (2018). Território, espaços e saúde: Redimensionar o espaço em saúde pública. *Cadernos de Saude Publica*, *34*(1). <https://doi.org/10.1590/0102-311x00075117>
- Lambert, D. (1992). Zero-Inflated Poisson Regression, with an Application to Defects in Manufacturing. *Technometrics*, *34*(1), 1. <https://doi.org/10.2307/1269547>
- Las ciudades seguirán creciendo, sobre todo en los países en desarrollo | ONU DAES | Naciones Unidas Departamento de Asuntos Económicos y Sociales*. (n.d.). Retrieved January 28, 2022, from

<https://www.un.org/development/desa/es/news/population/2018-world-urbanization-prospects.html>

- Letelier, F., & Boyco, P. (2010). *Los desafíos de la ciudad intermedia: entre el neoliberalismo y la política Espacio vecinal, acción colectiva y producción social de la ciudad*. <https://www.researchgate.net/publication/315833965>
- Lin, S., Luo, M., Walker, R. J., Liu, X., Hwang, S. A., & Chinery, R. (2009). Extreme high temperatures and hospital admissions for respiratory and cardiovascular diseases. *Epidemiology*, *20*(5), 738–746. <https://doi.org/10.1097/EDE.0b013e3181ad5522>
- Lombardi, D. A. (2010). The Case-Crossover Study: A Novel Design in Evaluating Transient Fatigue as a Risk Factor for Road Traffic Accidents. *Sleep*, *33*(3), 283. <https://doi.org/10.1093/SLEEP/33.3.283>
- López González, E., & Ruiz Soler, M. (2011). Análisis de datos con el Modelo Lineal Generalizado. Una aplicación con R. *Revista Española de Pedagogía*, *248*, 59–80.
- Mastrangelo, G., Fedeli, U., Visentin, C., Milan, G., Fadda, E., & Spolaore, P. (2007). Pattern and determinants of hospitalization during heat waves: An ecologic study. *BMC Public Health*, *7*, 1–8. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-7-200>
- Maturana, F., Rojas, A., & Saavedra, A. B. (2016). Ciudades intermedias en Chile. Territorios olvidados. In *Eure* (Vol. 42, Issue 126). <https://doi.org/10.4067/S0250-71612016000200014>
- Mazacón Gómez, M. N., Paliz Sánchez, C., & Bastidas Zambrano, L. (n.d.). *CONCEPTOS GENERALES Y ASPECTOS METODOLÓGICOS DE BIOESTADÍSTICA APLICADOS EN DISEÑOS TRANSVERSALES Y ESTUDIOS DE CASOS Y CONTROLES*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5739345>
- Mcmichael, A. J., Wilkinson, P., Kovats, R. S., Pattenden, S., Hajat, S., Armstrong, B., Vajanapoom, N., Niciu, E. M., Mahomed, H., Kingkeow, C., Kosnik, M., O'Neill, M. S., Romieu, I., Ramirez-Aguilar, M., Barreto, M. L., Gouveia, N., & Nikiforov, B. (2008). ENVIRONMENTAL EPIDEMIOLOGY International study of temperature, heat and urban mortality: the “ISOTHURM” project. *International Journal of Epidemiology*, *37*, 1121–1131. <https://doi.org/10.1093/ije/dyn086>
- Ministerio de Salud [MINSAL], & Ministerio de Medio Ambiente [MMA]. (2017). *PLAN DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO SECTOR SALUD*.
- Ministerio de Urbanismo [MINVU] & Instituto Nacional de Estadísticas [INE]. (2019). *Metodología para medir el crecimiento físico de los asentamientos humanos en Chile*. <https://ine-chile.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=2d4cab2eee144bcc984ab972ec3f9847>
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo [MINVU], & Instituto Nacional de Estadísticas [INE]. (2018). *Metodología para medir el crecimiento urbano de las ciudades de Chile*.
- Naciones Unidas. (2021). *Cambio climático: América Latina será una de las regiones más afectadas. El cambio climático se ensañará con América Latina: récord de huracanes*

*y sequías severas, entre otros fenómenos extremos | Noticias ONU.*  
<https://news.un.org/es/story/2021/08/1495582>

- Nagashima, K., Tokizawa, K., & Marui, S. (2018). Thermal comfort. In *Handbook of Clinical Neurology* (1st ed., Vol. 156). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63912-7.00015-1>
- Navarro López, V., & Benach De Rovira, J. (1996). *COMISIÓN CIENTÍFICA DE ESTUDIO DE LAS DESIGUALDADES SOCIALES DE SALUD EN ESPAÑA* (Vol. 70).
- Nunes da Silva, E., Ribeiro, H., & Santana, P. (2014). *CLIMA E SAÚDE EM CONTEXTOS URBANOS: UMA REVISÃO DA LITERATURA*. 1–10.
- ONU-HABITAT - Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. (2011). *LAS CIUDADES Y EL CAMBIO CLIMÁTICO: ORIENTACIONES PARA POLÍTICAS. PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS*.
- OPS - OMS Organización Panamericana de la Salud - Organización Mundial de la Salud. (2011). *Estrategia y Plan de Acción sobre la Salud Urbana en las Américas*.
- Organización Mundial de la Salud. (2021, October 30). *Cambio climático y salud*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health>
- Organización Mundial de la Salud [OMS] & Organización Meteorológica Mundial [OMM]. (2012). Atlas de la Salud y del Clima. In *Economía*.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). (n.d.). *Funciones esenciales de salud pública - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud*. Retrieved November 17, 2021, from <https://www.paho.org/es/temas/funciones-esenciales-salud-publica>
- Organización Panamericana de la Salud [OPS]. (2019). *Abordaje de los determinantes ambientales de la salud en las estrategias de vigilancia y control de vectores: orientaciones para promover intervenciones clave*.
- Organización Panamericana de la Salud [OPS]. (2021a). *Serie derechos humanos y salud. 7. Medio Ambiente y Cambio Climático. Un enfoque basado en los derechos humanos*.
- Organización Panamericana de la Salud [OPS]. (2021b). *Determinantes Ambientales de Salud - OPS/OMS*. <https://www.paho.org/es/temas/determinantes-ambientales-salud>
- Palmeiro-Silva, Y. K., Cifuentes, A., Olivares, M., & Silva, I. (2020). La amenaza del cambio climático a la salud de la población y la necesidad urgente de actuar. *Rev Med Chile*, 148, 1652–1658.
- Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos [ONU-HABITAT]. (2016). *Urbanization and Development Emerging Futures*.
- Rodríguez-Morales, A. J. (2009). CAMBIO CLIMÁTICO Y SALUD HUMANA: ENFERMEDADES TRANSMISIBLES Y AMÉRICA LATINA [CLIMATE CHANGE AND HUMAN HEALTH: COMMUNICABLE DISEASES AND LATIN AMERICA]. In *Rev Peru Med Exp Salud Publica* (Vol. 26, Issue 2).

- Semenza, J. C., McCullough, J. E., Flanders, W. D., McGeehin, M. A., & Lumpkin, J. R. (1999). Excess hospital admissions during the July 1995 heat wave in Chicago. *American Journal of Preventive Medicine*, 16(4), 269–277. [https://doi.org/10.1016/S0749-3797\(99\)00025-2](https://doi.org/10.1016/S0749-3797(99)00025-2)
- Smith, P. (2018). *Confort térmico y calidad climática en el espacio público. Estudio de caso, ciudad de Chillán, Chile.*
- Smith, P., & Henríquez, C. (2019). Perception of thermal comfort in outdoor public spaces in the medium-sized city of Chillán, Chile, during a warm summer. *Urban Climate*, 30. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100525>
- Stewart, I. D., & Oke, T. R. (2012). Local climate zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(12), 1879–1900. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>
- T13. (2023). *41,6°C y 40,3°C: Récord de temperaturas en Chillán y Pucón.* Retrieved May 29, 2023, from <https://www.t13.cl/videos/nacional/416c-y-403c-record-temperaturas-chillan-y-pucon>
- Utreras, C., & Acevedo, J. (2019). CRECIMIENTO URBANO DE CHILLÁN, CHILE: DESAFÍOS HACIA UNA CIUDAD SUSTENTABLE. *Revista Inclusiones*, 6, 125–140.
- Vicencio, J., Cortés, C., Crespo, J., & Tudela, V. (2017). *Informe Especial Verano en Chile*. 15. [www.meteochile.gob.cl](http://www.meteochile.gob.cl)
- Villar Aguirre, M. (2017). Factores determinantes de la salud: Importancia de la prevención. *Acta Med Per* 28(4), 4(1), 234–241.
- Wickham, H. (2016). *ggplot 2: Elegant Graphics for Data Analysis*. [https://ggplot2.tidyverse.org/reference/geom\\_smooth.html](https://ggplot2.tidyverse.org/reference/geom_smooth.html)
- Wooldridge, J. (2002). *Introductory Econometrics A Modern Approach* (2nd edition).
- World Health Organization. (2010). *A conceptual framework for action on the social determinants of health : debates, policy & practice, case studies.*
- Zeileis, A., Kleiber, C., & Jackman, S. (2008). Regression Models for Count Data in R. *Journal of Statistical Software*, 27(8), 1–25. <https://doi.org/10.18637/JSS.V027.I08>
- Zuur, A. F., & Ieno, E. N. (n.d.). *Beginner's guide to zero-inflated models with R.*