



UNIVERSIDAD DE CHILE
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Escuela de Pregrado
Carrera de Geografía

**RELACIONES ENTRE TEMPERATURA SUPERFICIAL, MORFOLOGÍA URBANA Y NIVEL
SOCIOECONÓMICO A ESCALAS LOCAL Y MICROESCALA. EL CASO DE QUILPUÉ,
VALPARAÍSO, CHILE**

Memoria para optar al título de Geógrafo(a)

MURIEL AVELLO FONTECILLA

Profesor Guía: Dr. Pablo Sarricolea

SANTIAGO – CHILE

2023

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN.....	6
1.1 Introducción.....	6
1.2 Planteamiento del problema.....	8
1.3 Objetivos.....	10
CAPÍTULO 2: MARCO TEORICO.....	11
2.1 Clima Urbano	11
2.1.1 Isla de Calor Urbano.....	12
2.1.2 Escalas de análisis climático	13
2.2 Morfología Urbana.....	14
2.2.1 Sky View Factor (SVF) o Factor de Visión del Cielo	16
2.3 Justicia Socioambiental.....	17
CAPÍTULO 3: Metodología	20
3.1 Objetivo n°1: Caracterizar la temperatura superficial de la ciudad de Quilpué a escalas local y microescala.....	20
3.1.1 Área de estudio	20
3.1.2 Imágenes satelitales de temperatura superficial.....	23
3.1.3 Imágenes de temperatura superficial a partir de vehículo aéreo no tripulado (UAV)	24
3.2 Objetivo n°2: Analizar y relacionar la morfología urbana y la distribución socioeconómica de la ciudad de Quilpué con la temperatura superficial a escalas local y microescala.....	27
3.2.1 Caracterización de morfología urbana a nivel local	27
3.2.2 Caracterización de morfología urbana a microescala climática	32

3.2.3 Relación entre morfología urbana, distribución socioeconómica y temperatura superficial.....	33
CAPÍTULO 4: Resultados	35
4.1 Temperatura Superficial	35
4.1.3 Temperatura superficial a microescala climática	38
4.2 Morfología urbana a escala local	40
4.2.1 Topografía	40
4.2.2 Exposición de laderas	41
4.2.3 Distancia a fuentes húmedas	43
4.2.4 Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI)	44
4.2.5 Albedo	45
4.2.6 Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI).	47
4.2.7 Densidad de población	48
4.2.8 Zonas Climáticas Locales (ZCL)	50
4.2.9 Distribución Socioeconómica	51
4.3 Morfología Urbana a microescala climática	54
4.3.1 Topografía a microescala climática	54
4.3.2 Ortofoto verdadera y Sky View Factor (SVF).....	57
4.4 Relación entre la morfología urbana y la temperatura	59
4.4.1 Relación entre la morfología urbana y la temperatura a escala local	59
4.4.2 Relación entre la morfología urbana y la temperatura a microescala climática	63
Capítulo 5: Conclusiones	64
BIBLIOGRAFÍA	66

ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen 1: Disposición idealizada de las estructuras de la capa límite sobre una ciudad. <i>Obtenida en (Oke, 1988).</i>	13
Imagen 2: DJI Mavic 3 Enterprise. Imagen día del terreno.	26
Imagen 3: Control del DJI Mavic 3 Enterprise. Imagen día del terreno.	26
Imagen 4: Clasificación de zonas climáticas locales (ZCL) Fuente (Oke T. , Mills, Christen, & Voogt, 2017).	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Promedio de la temperatura en verano e invierno por cada Zona Climática Local.	51
Figura 2: Promedio de la temperatura en verano e invierno por cada grupo socioeconómico.	54
Figura 3: Gráfico de dispersión entre Temperatura Superficial y Topografía. Elaboración propia.....	56
Figura 4: Gráfico de dispersión entre Temperatura Superficial y SVF. Elaboración propia.	59

ÍNDICE DE CARTOGRAFÍAS

Cartografía 1: Islas de calor conurbación Gran Valparaíso. Fuente: Valentina Contador 2022.	21
Cartografía 2: Áreas de estudio a ambas escalas. Elaboración propia.....	23
Cartografía 3: Temperatura superficial a escala local en verano. Elaboración propia.	36
Cartografía 4: Temperatura superficial a escala local en invierno. Elaboración propia.	37
Cartografía 5: Promedio de temperatura superficial en verano e invierno. Elaboración propia.....	37
Cartografía 6: Temperatura superficial a microescala climática. Elaboración propia.	39
Cartografía 7: Topografía. Elaboración propia.	41
Cartografía 8: Exposición de laderas. Elaboración propia.....	42
Cartografía 9: Distancia a fuentes húmedas. Elaboración propia.....	43
Cartografía 10: Promedio del Índice de Agua de Diferencia Normalizada en verano e invierno. Elaboración propia.	45
Cartografía 11: Promedio del Albedo en verano e invierno. Elaboración propia.	46
Cartografía 12: Promedio Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada en verano e invierno. Elaboración propia.	48
Cartografía 13: Densidad de población. Elaboración propia.....	49
Cartografía 14: Topografía a microescala climática. Elaboración propia.....	55
Cartografía 15: Ortofoto verdadera y Sky View Factor. Elaboración propia.....	58

CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN

1.1 Introducción

En 1950, solo el 29,6% de la población mundial vivía en zonas urbanas. Desde entonces ha aumentado la urbanización de modo que, actualmente, el 55% de la población mundial vive en ciudades. En este marco, la región del mundo con más población urbana es América Latina y el Caribe, aquí el 81% de la población vive en áreas urbanas. En Chile, desde 1982 la población urbana ha superado a la población rural, proceso que contribuye a la concentración urbana, con el 87,8% de la población clasificada en el sector urbano para el año 2017, y siendo Santiago y Valparaíso las ciudades más grandes. Santiago para el año 2017 contaba con 5,6 millones de habitantes y Valparaíso con, aproximadamente, 300 mil. A futuro, se prevé que para el año 2030 Santiago tendrá entre 5 y 10 millones de habitantes, seguida por Valparaíso, albergando entre 1 y 5 millones de habitantes (Martínez, 2015). La urbanización se expande rápidamente, marca las características de la superficie de la ciudad, determina la distribución espacial de la población, modifica los atributos del suelo, genera alteraciones en el albedo, la evapotranspiración y las fuentes de gases de efecto invernadero, y así, es determinante en la dimensión climática (Marquet et al., 2019).

La urbanización provoca cambios en los procesos aerodinámicos, térmicos e hidrológicos que ocurren en la atmósfera local, lo que resulta en un cambio climático antropogénico conocido como clima urbano. Este clima está determinado por varios factores: Clima regional, clima local, topografía, tamaño y forma de la ciudad, sustitución de un espacio natural por otro, diferencias en las constantes físicas del material urbano, impermeabilización de superficies naturales, ausencia o no de superficies de evaporación, composición del aire urbano, urbanización, etc. Como resultado, la expansión urbana puede causar cambios en la temperatura del aire que pueden afectar la comodidad de los residentes (Ferrelli et al., 2017).

La urbanización da origen a las ciudades y, al igual que en cualquier entorno habitado, se manifiesta a través del sentido de pertenencia y las relaciones que se establecen con el espacio y el entorno. Estas expresiones pueden ser tangibles o intangibles y abarcan desde

las necesidades básicas de supervivencia hasta la búsqueda de trascendencia. Sin embargo, en muchos casos, el proceso de urbanización no prioriza el bienestar de las personas, ya que la construcción de las ciudades se basa en intereses privados y reglas de valoración vinculadas a diferentes formas de capital (Tello, 2010). Como resultado, las ciudades suelen no priorizar el bienestar de sus habitantes ni considerar aspectos ambientales como el confort térmico de las personas.

En este contexto, “el micro urbanismo se plantea como propósito estudiar, explorar, diseñar, construir y reconstruir la ciudad desde el ámbito de lo cotidiano, comprendiendo la ciudad a partir de las relaciones que establecen el habitante, los vecinos, la comunidad, en el espacio urbano, y el proceso mediante el cual van poblando la ciudad, definiendo el orden y prioridad de las necesidades compartidas” (Basurto, 2016). Por consiguiente, se entiende al micro urbanismo como una forma positiva y rigurosa de construir la ciudad, para esto, los estudios de micro climatología urbana sirven como información base. Además, la comprensión de la influencia de la configuración urbana sobre el microclima urbano permite abordar mejores acciones relacionadas a la habitabilidad, en las que suele ser de interés el entorno urbano residencial y los espacios exteriores a la vivienda. Esto, porque al potenciar espacios urbanos libres se moderan las condiciones urbanas extremas y se favorecen espacios de uso social que son necesarios para mantener a la población relativamente aislada de los impactos extremos del clima, siendo una forma de adaptación al cambio climático.

En base a lo ya expuesto, la presente memoria de título tiene como objetivo investigar la relación entre la morfología urbana y las condiciones microclimáticas en la ciudad de Quilpué, incluyendo las estructuras urbanas presentes en ella. Se lleva a cabo un análisis en diferentes escalas, abarcando tanto el nivel micro como el local, con el propósito de comprender cómo la configuración de la ciudad influye en la creación de su propio clima y en la generación de climas diversos dentro de su territorio. Estas variaciones están estrechamente vinculadas a las decisiones tomadas en la planificación territorial de la ciudad. Por lo tanto, esta memoria de título se enfoca en examinar la estructura morfológica

de Quilpué con el fin de comprender la relación existente entre la morfología urbana y las características climáticas particulares de esta ciudad.

1.2 Planteamiento del problema

Las unidades de paisaje interactúan de manera diferente con la atmósfera adyacente, tanto en escalas espaciales como temporales, en función de la exposición a la radiación solar, el intercambio neto de radiación de onda larga y la ventilación (Roca et al., 2016). Por este motivo, para estudiar el microclima urbano es indispensable elegir una correcta escala de análisis. Las zonas climáticas a las que se suele recurrir para la gestión del territorio describen comportamientos climáticos representativos, pero imprecisos y, en consecuencia, se debe procurar una investigación a microescala que muestre, por ejemplo, que al interior de una metrópolis se pueden encontrar áreas de alta densidad de urbanización con mayores porcentajes de vegetación que registran temperaturas más bajas y, también, zonas con alta densidad de construcciones, cubiertas con bajos porcentajes de vegetación y grandes superficies impermeables, que alcanzan las mayores temperaturas al interior de las áreas urbanas (Romero et al., 2008).

Como su nombre indica, el microclima de la ciudad tiene características diferentes a sus áreas adyacentes. Este fenómeno puede ocurrir de forma natural debido a factores como la topografía, la latitud o la cubierta vegetal, sin embargo, también existen microclimas artificiales y estos se encuentran principalmente en las zonas urbanizadas. De ahí que las ciudades tengan sus propios microclimas donde se concentran gran parte de las fuentes de contaminación, tales como las actividades industriales, los sistemas de transporte y la mayor parte de la población. Estos factores provocan el llamado efecto invernadero de estas zonas, por el cual la temperatura es más alta que en el ambiente circundante. En consecuencia, cuanto más grande es la ciudad y cuanto más cerca del centro urbano, mayor será la temperatura (MANNI GROUP, 2021).

Asimismo, el proceso de urbanización implica muchas veces el reemplazo de la cobertura agrícola y la vegetación natural por superficies construidas heterogéneas en términos de densidad, diseño y presencia de espacios verdes, que conducen a cambios en la

temperatura urbana y configuran patrones espaciales y temporales complejos resultantes de la sustitución de usos y coberturas de suelos naturales por superficies urbanas capaces de absorber, almacenar y emitir mayor calor que las áreas rurales que circundan a las ciudades, fenómeno conocido como islas de calor urbano (ICU) (Romero et al., 2008). Este fenómeno ocurre en el contexto de una creciente degradación del medioambiente que se manifiesta con el aumento en el uso y escasez del petróleo, escasez de agua, contaminación de los océanos, extinción de animales y plantas, deforestación, calentamiento global y cambio climático (Díaz, 2012). Lo que promueve un interés cada vez mayor en cuestiones climáticas y en posibles medidas que contribuyan a que las ciudades sean un lugar confortable para sus habitantes, esto hace relevante entender al microclima urbano y a los factores ambientales y urbanos que influyen en la intensidad y configuración espacial de las islas de calor urbanas (ICU).

En esta línea, autoridades, expertos en políticas públicas y diversos servicios públicos con competencias en materia de planificación y ordenamiento territorial demandan la regulación del uso de suelo como herramienta para enfrentar los crecientes conflictos territoriales. De modo que es necesario desarrollar lineamientos básicos para la definición de usos prioritarios del espacio, desde la perspectiva de orientar las acciones públicas y privadas hacia un uso racional y ambientalmente sustentable del territorio, logrando que los requerimientos de suelo para actividades industriales sean compatibles con vivienda, turismo, transporte y comunicación, entre otros (Márquez et al., 2022). Así, una meta ambiciosa para las ciudades de Chile sería crear ciudades sensibles al clima en las que existan espacios eficientes a nivel energético, barrios que promuevan el confort térmico e infraestructuras eficientes a eventos climáticos extremos.

La presente memoria se centra en la ciudad de Quilpué, que forma parte del área metropolitana conocida como Gran Valparaíso, donde el proceso de urbanización ha tenido un impacto significativo en el entorno natural. En consecuencia, es importante contar con información precisa sobre los microclimas de Quilpué para poder realizar futuras modificaciones en la ciudad que promuevan el confort térmico de sus habitantes, fomenten un mayor uso del espacio público y contribuyan a la participación de la población y la

cohesión social. Por lo tanto, este proyecto tiene como objetivo explorar las variaciones de la temperatura superficial en relación con la morfología urbana de la comuna de Quilpué, a través de un análisis de los microclimas presentes en el área urbana de la ciudad.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la relación entre la temperatura superficial, la morfología urbana y niveles socioeconómicos de la ciudad y barrios de Quilpué.

1.3.1 Objetivos específicos

- Caracterizar la temperatura superficial de la ciudad de Quilpué a escalas local y microescala.
- Analizar y relacionar la morfología urbana y la distribución socioeconómica de la ciudad de Quilpué con la temperatura superficial a escalas local y microescala.

CAPÍTULO 2: MARCO TEORICO

2.1 Clima Urbano

2.2.1 Balance energético y temperatura superficial

La diferencia fundamental entre el clima urbano y el rural parece residir en el balance energético de la atmósfera superficial, por lo que muchos investigadores se han dedicado a estudiarlo. El balance energético se refiere al intercambio de energía por radiación, convección o conducción y se utiliza para evaluar la transferencia y el almacenamiento de energía dentro de un sistema urbano y entre ese sistema y la atmósfera. Los balances de energía permiten comprender, cuantificar y simular cambios de temperatura, humedad y precipitación. Además, dan cuenta de las interacciones térmicas que existen entre las estructuras urbanas, ya sean muros, pisos, techos o caminos, y es a través de estas interacciones que se puede describir el comportamiento de la temperatura superficial (Oke et al, 2017).

La temperatura de la superficie de la Tierra se refiere a la temperatura medida en la capa más externa de la superficie terrestre, que incluye la corteza terrestre, los suelos, las aguas superficiales y los cuerpos de hielo. Esta temperatura se obtiene generalmente a través de mediciones realizadas por satélites, estaciones meteorológicas terrestres y boyas o barcos en los océanos. La temperatura de la superficie de la Tierra varía a lo largo del día y las estaciones, así como a nivel regional y global. Es una medida clave en el estudio del clima, ya que afecta el equilibrio energético de la Tierra, la circulación atmosférica y oceánica, y tiene impactos significativos en los ecosistemas y la vida en general (Physics in a nutshell, 2023). Con ello, el monitoreo de la temperatura de la superficie de la Tierra es fundamental para comprender los cambios climáticos, evaluar los efectos del calentamiento global y realizar pronósticos y proyecciones climáticas.

En esa línea, el calor que se eleva desde la superficie de la Tierra tiene un impacto significativo en los patrones del tiempo y el clima. A medida que la Tierra recibe radiación solar, la superficie se calienta y emite calor hacia la atmósfera. Esta transferencia de calor influye en la formación de sistemas de alta y baja presión, la circulación atmosférica y la

generación de corrientes de aire y vientos. El calentamiento de la superficie también desempeña un papel importante en la evaporación del agua, lo que a su vez afecta la formación de nubes y la distribución de la precipitación (León, 2022).

Mientras que, la complejidad del comportamiento de las superficies urbanas surge de la diversidad de sus propiedades materiales, que por tanto tienen diferentes efectos sobre el balance energético. Con ello, el concepto de superficies activas en los sistemas urbanos nos permite entender cómo ciertos elementos con dimensiones, formas, estructuras y propiedades específicas, que son responsables de la formación de microclimas, afectan el flujo de energía y el equilibrio térmico en diferentes niveles (Oke., 2017). Mientras tanto, el equilibrio energético en entornos urbanos está altamente influenciado por la configuración del suelo. La manera en que los flujos de energía se distribuyen entre distintas superficies resulta en variaciones en la disposición de calor, la gestión del agua y la transferencia de fuerzas mecánicas. Como resultado, las transformaciones en el uso del suelo derivadas de la urbanización también inciden en estas distribuciones. Estos cambios, a su vez, ejercen un impacto sobre la comodidad, la salud y la productividad de los residentes urbanos (AgroSpace, 2021).

2.1.1 Isla de Calor Urbano

Las emisiones de calor de origen antrópico y el uso del suelo se vinculan estrechamente con el fenómeno de islas de calor urbano (ICU). La ICU corresponde a la diferencia de temperatura entre el área urbana y su entorno. Ocurre como resultado de dos procesos separados pero relacionados; Primero, a los cambios de cobertura del suelo causados por la urbanización que transforman las superficies en materiales impermeables como el asfalto y el hormigón. El segundo, se refiere a las actividades en la ciudad, principalmente el transporte y la industria, que calientan la ciudad debido a las emisiones de calor. Este problema se está volviendo cada vez más importante a la luz de las tendencias globales de urbanización y la creciente expansión urbana, así como el impacto directo que tienen las ICU en la calidad del aire, la salud pública, la gestión de la energía y la planificación urbana. Por lo tanto, este problema se ha convertido en uno de los principales desafíos asociados

con la urbanización, ya que los problemas antes mencionados a menudo se ven exacerbados por el aumento de temperatura asociado a la ICU (Villanueva-Solis., 2013).

2.1.2 Escalas de análisis climático

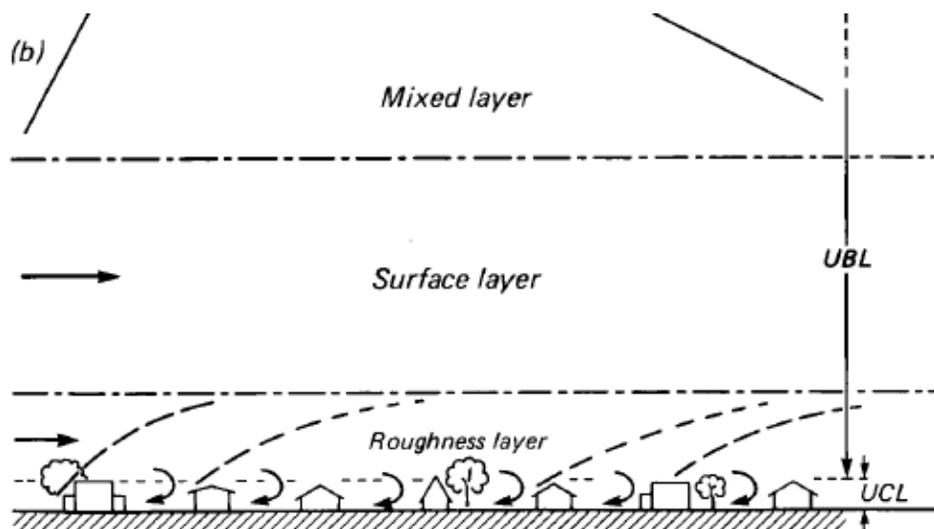


Imagen 1: Disposición idealizada de las estructuras de la capa límite sobre una ciudad. *Obtenida en* (Oke, 1988).

La capa desde el suelo hasta aproximadamente el nivel del techo es la capa de dosel urbano (UCL) y es dominada por los efectos a microescala de las características del sitio. Esta es la capa dentro de la cual se ha concentrado la observación del microclima más tradicional, incluidas las estaciones climáticas estándar y las travesías móviles en automóvil. El UCL está más claramente delineado en áreas de alta densidad de edificios; puede ser discontinuo o estar ausente en áreas suburbanas menos densamente desarrolladas. Por otro lado, la capa que se extiende desde la parte superior de la UCL, hasta una altura donde las influencias de la superficie urbana ya no son perceptibles, es la capa límite urbana (UBL) e incluye la capa de rugosidad inmediatamente afectada por los elementos de rugosidad, la capa superficial turbulenta y la capa mixta (o exterior). Su estado está condicionado por efectos locales o de meso escala generados por las características superficiales integradas de las grandes unidades de uso del suelo, o más grandes, de la ciudad (Oke, 1988).

Para efecto del análisis micro climático propuesto en la presente investigación se va a estudiar a escala de la capa de dosel urbano (UCL). En el dosel urbano se percibe el impacto de la isla de calor urbana de superficie (ICUS). Esta, se distingue de la isla de calor atmosférica por su magnitud, variabilidad diaria y por un mayor nivel de correlación con las temperaturas de las superficies.

2.2 Morfología Urbana

La morfología urbana se refiere al estudio y análisis de la forma, estructura y configuración de las ciudades y asentamientos urbanos. Examina cómo se organizan y desarrollan los elementos físicos y espaciales de una ciudad, incluyendo su diseño urbano, la disposición de calles, edificios, espacios públicos y zonas verdes, así como la distribución de funciones y usos del suelo. La morfología urbana aborda tanto la escala macro, que se enfoca en la estructura general de la ciudad y su relación con el entorno, como la escala micro, que se ocupa de la configuración detallada de los espacios urbanos individuales (Ruíz, 2016). También considera aspectos como la densidad, altura de los edificios, patrones de uso del suelo, la conectividad de las vías, la proporción de espacios abiertos y la distribución de la población. El estudio de la morfología urbana es importante para comprender cómo las ciudades funcionan y cómo afectan la vida de sus habitantes. Puede revelar patrones de movilidad, interacción social, acceso a servicios e influir en la calidad de vida de las personas. Además, la morfología urbana también está relacionada con cuestiones ambientales, como el consumo de energía, la eficiencia del transporte y la sostenibilidad urbana. En otras palabras, la morfología urbana se refiere al análisis de la forma y estructura de las ciudades, incluyendo su diseño, configuración espacial y distribución de funciones y usos del suelo. Es una disciplina que ayuda a comprender cómo las ciudades se organizan y cómo afectan la vida de las personas que las habitan (Capel, 2013).

Existen diversos factores relevantes en la morfología urbana, por ejemplo, topografía, exposición de laderas, distancia a fuentes húmedas, humedad del suelo, albedo, vegetación, densidad de población y distribución socioeconómica. Primero, la topografía es el estudio y la representación de las características físicas y naturales de un terreno o superficie, tanto en su forma tridimensional como en su ubicación relativa. Se centra en la

medición y descripción de la elevación, la pendiente, las formas del terreno, los cuerpos de agua, los accidentes geográficos y otros elementos presentes en la superficie de la Tierra (Jimenez, 2007). Segundo, la exposición de laderas se refiere a la dirección hacia la cual una pendiente o una ladera está orientada. La exposición puede influir en la cantidad de luz solar que recibe una pendiente, lo cual a su vez puede afectar la vegetación, la temperatura local y otros factores ambientales (Hidalgo & Bonvehi, 1993).

Tercero, la distancia a fuentes húmedas corresponde a la medida de la separación física o espacial entre un punto determinado y una fuente de agua, como un río, un lago o el mar. Esta distancia se mide típicamente en términos de longitud, como metros o kilómetros, y representa la lejanía o cercanía de un lugar específico a una fuente de agua. La distancia a fuentes húmedas es un factor relevante en el clima local, la disponibilidad de recursos hídricos, las actividades económicas y recreativas, los riesgos naturales y la calidad de vida pues la cercanía a estas fuentes puede tener implicaciones en diversos aspectos de la planificación urbana y el bienestar de las personas que residen en esas áreas (Cassie, 2013). Cuarto, la humedad del suelo se refiere a la cantidad de agua presente en el suelo, que es vital para el crecimiento de las plantas y otros organismos que dependen de él. La humedad del suelo desempeña un papel importante en los procesos hidrológicos y climáticos, y su monitoreo y comprensión son fundamentales para el estudio y la predicción del clima. Igualmente, es un parámetro importante en la agricultura, la hidrología y la ciencia del suelo, ya que influye en la disponibilidad de agua para las plantas, la infiltración y el drenaje del agua, así como en la actividad biológica y química en el suelo (Cherlinka, 2023).

Quinto, el albedo es una medida de la reflectividad de una superficie, es decir, la proporción de radiación solar que es reflejada por dicha superficie en relación con la radiación incidente. Cuando la radiación solar llega a una superficie, parte de ella es absorbida y parte es reflejada. El albedo es la fracción de radiación solar reflejada en relación con la radiación incidente. Una superficie con un albedo alto reflejará una mayor proporción de la radiación solar, mientras que una superficie con un albedo bajo absorberá más radiación (IDEAM, 2023). Sexto, La vegetación es el conjunto de plantas y organismos similares que crecen en la superficie de la Tierra, está compuesta por una amplia variedad de plantas, incluyendo

árboles, arbustos, hierbas, musgos, líquenes y otras formas de vida vegetal. Este factor condiciona los microclimas proporcionando sombra, regulando la temperatura y reduciendo la velocidad del viento (Torre, 1999).

Séptimo, La densidad de población se refiere a la medida de cuántas personas viven en un área determinada, generalmente expresada como el número de personas por unidad de superficie. Esta medida proporciona información sobre la concentración de población en un lugar específico y se calcula dividiendo el número de habitantes de un área determinada por el tamaño de esa área en unidades de superficie. La densidad de población es importante en la morfología urbana debido a que permite un uso eficiente del suelo, afecta la movilidad y el transporte al influir en la demanda y el acceso al transporte público, estimula la actividad económica al crear oportunidades comerciales y de empleo, y justifica la oferta de servicios y equipamientos públicos en áreas urbana (Economía3, 2023). Finalmente, octavo, la distribución socioeconómica en áreas urbanas juega un papel crucial en la configuración del clima urbano y sus efectos. Las comunidades de bajos ingresos tienden a experimentar temperaturas más altas debido al efecto de isla de calor urbano, en el que las áreas urbanizadas retienen y emiten más calor, exacerbando las olas de calor. Estas comunidades a menudo carecen de acceso equitativo a espacios verdes y áreas frescas, lo que agrava su vulnerabilidad al calor extremo. También, la falta de recursos económicos y sociales dificulta su resiliencia y capacidad para enfrentar eventos climáticos extremos y abordar estas disparidades socioeconómicas en la planificación urbana y las políticas climáticas es esencial para lograr un clima urbano más equitativo y sostenible, en línea con los principios de justicia socioambiental (Villanueva, 2015).

2.2.1 Sky View Factor (SVF) o Factor de Visión del Cielo

El Sky View Factor (SVF) o Factor de Visión del Cielo también tiene importancia en la morfología urbana. El SVF es una medida utilizada en el campo de la climatología y la planificación urbana para evaluar la cantidad de cielo visible desde un punto específico en un área urbana y desempeña un papel importante en la morfología urbana al influir en el diseño de espacios, el confort térmico, la ventilación, la distribución de sombras y la eficiencia energética. Su consideración durante la planificación y el diseño urbano puede

ayudar a crear entornos urbanos más sostenibles, habitables y atractivos. También, los estudios de SVF son útiles en la planificación urbana y el diseño de entornos urbanos sostenibles pues ayudan a evaluar la eficiencia energética de los edificios y la orientación de las calles y espacios abiertos en relación con la exposición solar (Balmaceda, Cantón, & Correa, 2018).

El SVF es particularmente relevante en el campo de la microclimatología, tiene influencia directa en los microclimas locales dentro de las áreas urbanas. Tiene un impacto significativo en factores como la temperatura, la ventilación y la distribución de sombras en espacios urbanos específicos. Estos aspectos son cruciales para comprender cómo el entorno construido afecta el clima y cómo puede influir en el bienestar de las personas que viven o trabajan en esas áreas. El SVF se utiliza ampliamente en estudios de microclimas urbanos para evaluar la exposición solar, la circulación del aire y la calidad ambiental en áreas específicas dentro de una ciudad. Al tener en cuenta el SVF, se puede identificar patrones de calor excesivo, áreas con falta de ventilación y potenciales problemas de confort térmico. Estos estudios son fundamentales para informar estrategias de planificación y diseño urbano que buscan mejorar el confort, la sostenibilidad y la calidad de vida en áreas urbanas (Dirksena, 2019).

2.3 Justicia Socioambiental

La justicia socioambiental se refiere a la idea de que todas las personas, independientemente de su origen socioeconómico, raza, género u otras características, tienen derecho a vivir en un entorno seguro, saludable y sostenible. Implica el reconocimiento de que la justicia social y la justicia ambiental están intrínsecamente ligadas y que las desigualdades sociales y ambientales deben ser abordadas de manera conjunta. Este concepto se centra en la equidad en la distribución de los beneficios y cargas ambientales. Esto significa que todas las comunidades deben tener acceso equitativo a recursos naturales, servicios ecosistémicos y oportunidades para participar en la toma de decisiones relacionadas con el medio ambiente (CARE, 2023). Esto implica que los impactos negativos, como la contaminación, las temperaturas extremas, la degradación ambiental o

los desastres naturales no deben ser soportados únicamente por grupos o comunidades marginadas.

En el contexto de la morfología urbana, una distribución socioeconómica desigual puede resultar en desigualdades socioambientales y provocar que algunos grupos o comunidades enfrenten una mayor exposición a riesgos ambientales o tengan un acceso limitado a los servicios y recursos que promueven la calidad de vida y la sostenibilidad ambiental. Por ejemplo, las comunidades de bajos ingresos a menudo se encuentran ubicadas en áreas urbanas con mayores niveles de contaminación del aire o degradación ambiental (Moreno, 2023). A este respecto, la justicia socioambiental busca corregir estas desigualdades mediante la promoción de políticas y prácticas que aseguren una distribución más equitativa de los beneficios y las cargas ambientales. Esto suele implicar medidas como la implementación de regulaciones más estrictas para reducir la contaminación en áreas desfavorecidas, el fortalecimiento de la participación comunitaria en la toma de decisiones ambientales y la promoción de programas de inclusión socioeconómica para mejorar el acceso a servicios y recursos (Cordero et al, 2017).

En el marco de la climatología urbana, la justicia socioambiental se refiere a garantizar que los efectos y las ventajas asociadas con el clima urbano sean equitativamente distribuidos entre todas las comunidades (Steele., 2015). Esto significa que todas las personas, independientemente de su origen socioeconómico o su ubicación en la ciudad, deben tener acceso a condiciones climáticas saludables y seguras. Así, la justicia socioambiental en la climatología urbana implica abordar estas desigualdades y promover una planificación y gestión urbana que priorice la equidad y la inclusión. Esto podría incluir medidas como la implementación de estrategias de enfriamiento urbano en áreas vulnerables al calor extremo, la creación de parques y espacios verdes en comunidades desatendidas, y el fortalecimiento de la infraestructura y los servicios de adaptación en áreas propensas a inundaciones.

Los climas urbanos pueden generar desigualdades sociales significativas, ya que el nivel de exposición al malestar térmico amplifica las diferencias entre distintos grupos

socioeconómicos dentro de la ciudad, mientras que los patrones de urbanización perpetúan situaciones de injusticia ambiental. Esto significa que los grupos más vulnerables sufren de manera desproporcionada los efectos negativos, experimentando tasas más altas de enfermedad y mortalidad relacionadas con el calor extremo, como golpes de calor, fatiga y enfermedades cardiovasculares y respiratorias (Romero, 2010). Estas comunidades también enfrentan mayores dificultades para hacer frente a estos problemas, ya que tienen acceso limitado a servicios de salud y carecen de recursos para adaptarse. Además, la desigualdad en la distribución de áreas verdes y la calidad de las viviendas colocan a los grupos socioeconómicos desfavorecidos en desventaja, creando situaciones de vulnerabilidad frente al clima (Jamalishahni, 2023).

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

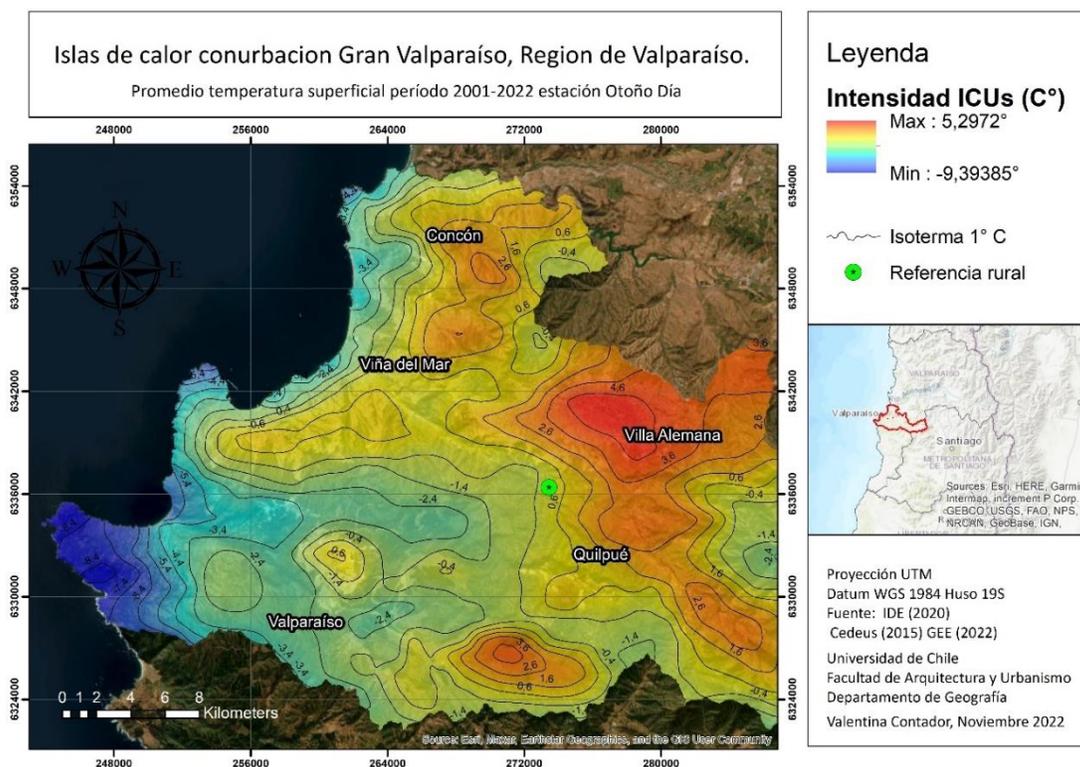
3.1 Objetivo n°1: Caracterizar la temperatura superficial de la ciudad de Quilpué a escalas local y microescala.

3.1.1 Área de estudio

La presente memoria de título se enmarca en los proyectos “FONDECYT Clima urbano en conurbaciones costeras de Chile: propuesta de justicia socioambiental desde una planificación sensible al clima” y “FONDEF ID22I10210”. El proyecto FONDECYT tiene por objetivo realizar un análisis de las temperaturas urbanas utilizando tecnologías como satélites, drones y estaciones meteorológicas. Busca comprender las relaciones a diferentes escalas, considerando también indicadores como áreas verdes y humedad del aire. También, pretende establecer vínculos entre las islas de calor y de frío presentes en el entorno urbano, los niveles socioeconómicos de la población y las zonas climáticas locales que comparten características urbanísticas similares. Además, busca proponer medidas de mitigación y adaptación al cambio climático que sean sensibles y conscientes, con el objetivo de superar las injusticias socioambientales existentes. En resumen, el proyecto se enfoca en el análisis de las temperaturas urbanas, la relación entre las islas de calor y de frío, los aspectos socioeconómicos y climáticos, y en la formulación de soluciones para abordar las desigualdades socioambientales (Alvarado, 2022).

Previo al inicio de esta memoria de título y en el marco del proyecto “FONDECYT Clima urbano en conurbaciones costeras de Chile: propuesta de justicia socioambiental desde una planificación sensible al clima”, la memorista Valentina Contador identificó las islas de calor y de frío dentro de la Región de Valparaíso. En este estudio se estableció que la ICU diurna de Quilpué sería una zona de interés para un análisis a escala local dentro del proyecto. Luego, para establecer el área de estudio a microescala climática se tuvo orientación de los profesionales involucrados en el proyecto FONDEF ID22I10210, al que también se le llama proyecto “GENIUS: Plataforma de Monitoreo Satelital para la Gestión y Planificación de las Ciudades” de la Facultad de Ciencias Naturales y Exactas de la Universidad de Playa Ancha. En esta iniciativa, la comuna de Quilpué se utiliza como área piloto con el propósito de crear

una plataforma tecnológica basada en imágenes satelitales. Plataforma que contendrá una variedad de indicadores urbano-ambientales que serán de utilidad para la toma de decisiones, contribuyendo así a la planificación y gestión de estrategias que promuevan un desarrollo sostenible de la ciudad (Universidad de Playa Ancha, 2022).

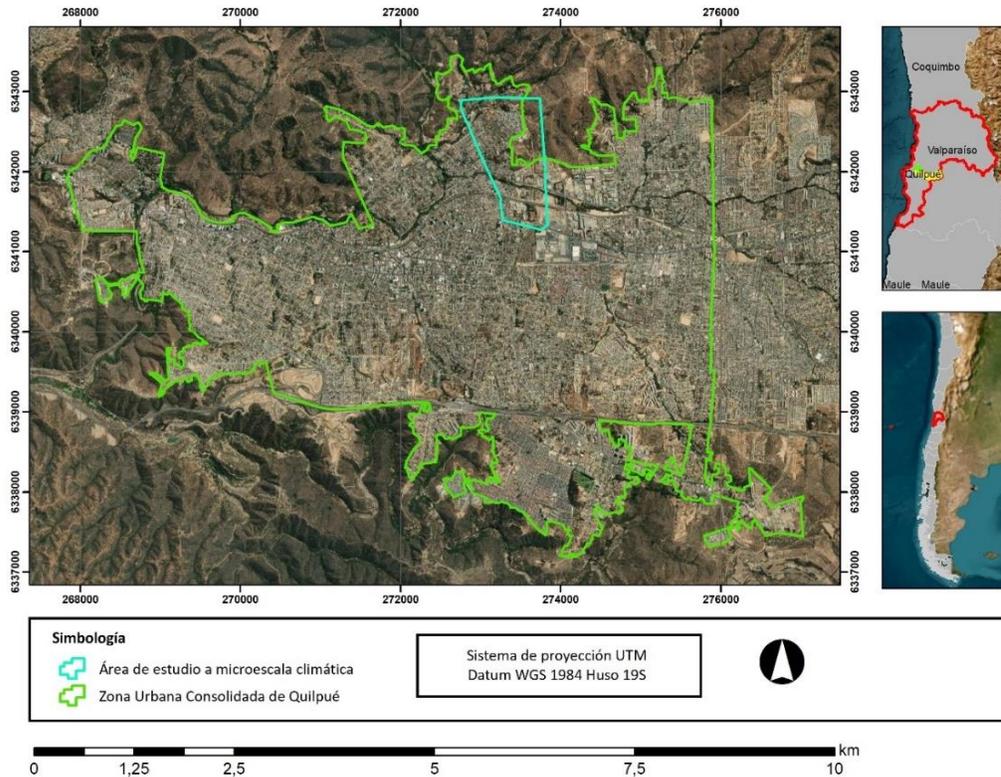


Cartografía 1: Islas de calor conurbación Gran Valparaíso. Fuente: Valentina Contador 2022.

La cartografía 2 muestra la zona urbana consolidada de Quilpué, esta área se eligió para la parte del estudio a escala local puesto que desempeña un papel relevante en la climatología urbana debido a su ubicación geográfica, su configuración urbana y su impacto en la calidad de vida de sus habitantes. El estudio de la climatología urbana en Quilpué permite comprender y abordar los desafíos climáticos específicos de esta zona, promoviendo así un desarrollo urbano más sostenible y mejorando la calidad de vida de la comunidad. Esto, porque Quilpué se encuentra en una ubicación geográfica particular, entre la cordillera de los Andes y la costa, lo que puede generar influencias climáticas significativas. Su proximidad al mar y a las montañas resulta en cambios locales en los patrones de viento, la

humedad y las temperaturas (V región de Valparaíso, 2023). Además, la configuración de la zona urbana de Quilpué, incluyendo la densidad de edificios, la distribución de espacios verdes y la orientación de las calles influye en los patrones de circulación del aire, la exposición al sol y la ventilación. Aspectos que alteran el microclima local y la calidad del ambiente urbano. Por otro lado, al ser una zona densamente urbanizada, Quilpué experimenta el fenómeno del efecto isla de calor, tal y como lo demuestra la investigación de Valentina Contador.

También, la cartografía 2 muestra el área que fue estudiada a microescala climática. Para definir el área de estudio a microescala climática se debió considerar la accesibilidad y la disponibilidad de datos. Fue importante tener en cuenta la accesibilidad al área de estudio, la disponibilidad de datos necesarios para llevar a cabo la investigación y la viabilidad en términos de tiempo, recursos y logística, por lo que se eligió un área a la que fuese posible acceder y recolectar los datos y al mismo tiempo tuviese información relevante para el caso de estudio. Además, para definir el área de estudio a microescala climática se recurrió a los profesionales involucrados en el proyecto “GENIUS: Plataforma de Monitoreo Satelital para la Gestión y Planificación de las Ciudades”. Fue útil consultar con expertos que cuentan experiencia en el estudio de las variables climáticas en la comuna de Quilpué puesto que ellos proporcionaron información valiosa y orientación para la elección del área.



Cartografía 2: Áreas de estudio a ambas escalas. Elaboración propia.

3.1.2 Imágenes satelitales de temperatura superficial

La temperatura superficial es la temperatura radiante de la superficie terrestre, he incluye a los pastos, los suelos desnudos, las carreteras, las aceras, los edificios y los árboles, entre otros. Estudiar la transferencia de calor en el medio ambiente es clave para comprender cómo funcionan los sistemas de la Tierra y cómo podrían variar en el futuro. Mientras que, la importancia de estas mediciones radica en que la temperatura superficial relaciona las temperaturas del aire, el suelo y el agua, realizando contribuciones importantes a los estudios del ciclo energético. La temperatura superficial se puede observar utilizando el espectro electromagnético pues cada objeto emite radiación electromagnética de acuerdo con su temperatura, de modo que los objetos calientes emiten energía en longitudes de onda más cortas, mientras que los objetos fríos emiten energía en longitudes de onda más largas. (The Globe Program, 2005). En paralelo, para realizar dichas mediciones se debe considerar que la transferencia de calor entre dos componentes diferentes de un medio ocurre en sus límites, lo que hace relevante al estudio a escala del microclima urbano.

Se utilizaron datos satelitales de Landsat para obtener los promedios de temperaturas de emisión superficial en la Región de Valparaíso durante los meses de febrero y agosto de 2023. Este análisis se hizo por medio de la plataforma Google Earth Engine y su desarrollo se realizó por medio de un código específico. Primero, se definieron las colecciones de imágenes Landsat para diferentes satélites, Landsat 4-5, Landsat 7 y Landsat 8-9. Luego, se estableció una colección de elementos que representa los límites de la Región de Valparaíso. A continuación, se seleccionó el año de 2023 y el código filtró las imágenes satelitales para el rango de fechas de febrero y agosto de 2023. Para mejorar la calidad de las imágenes, se desarrollaron funciones para componer imágenes Landsat, teniendo en cuenta la presencia de nubes. También se implementaron funciones de enmascaramiento de nubes para garantizar mediciones más precisas de la temperatura de la superficie terrestre.

Posteriormente, se generaron imágenes compuestas y se llevó a cabo el cálculo de la temperatura de la superficie terrestre para la ciudad de Valparaíso. Estos datos fueron visualizados utilizando una paleta de colores que permitió representar de manera efectiva las variaciones de temperatura a lo largo de la región. Con el objetivo de obtener un resumen cuantitativo, el código calculó los promedios de temperatura para los meses de febrero y agosto del año 2023. Esta información proporciona una visión más detallada de las condiciones térmicas a lo largo de estos dos periodos clave. Para facilitar el análisis y la integración de datos, se procedió a recortar el área correspondiente a la zona urbana de Quilpué. Este recorte permite centrarse en la información relevante para el área de estudio. Finalmente, con el objetivo de utilizar estos datos en ArcGIS 10.8.2, se exportó la información procesada.

3.1.3 Imágenes de temperatura superficial a partir de vehículo aéreo no tripulado (UAV)

La temperatura de emisión superficial se calculó con la información obtenida con el DJI Mavic 3 Enterprise el 27 de junio del 2023 y procesada en los programas ArcGIS Drone2Map, R-estudio y ArcGis 10.8.2. Específicamente, el levantamiento fotogramétrico se llevó a cabo el 27 de junio del 2023 con el DJI Mavic 3 Enterprise. Este dron es compacto y fácil de transportar, lo que permite un uso conveniente en diversos entornos. Está equipado con

una cámara de alta calidad que puede capturar imágenes y videos en resoluciones de alta definición. Cuenta con un sistema de estabilización avanzado que permite obtener imágenes y videos suaves y estables, incluso durante vuelos a alta velocidad o en condiciones de viento. También, tiene una buena autonomía de vuelo, lo que le permite permanecer en el aire durante períodos de tiempo extendidos y cubrir distancias significativas antes de necesitar recargar la batería. Además, ofrece una variedad de modos de vuelo inteligentes, como seguimiento automático, vuelo preestablecido y modos de vuelo programables que facilitan la captura de imágenes y videos (DJI Enterprise, 2023).

El proceso de levantamiento de fotogrametría comenzó con la verificación del estado del dron para evitar complicaciones después de ingresar al sitio de estudio. Sin embargo, en terreno se hizo una nueva revisión ya que en el traslado se puede descalibrar algún sensor del dispositivo. Luego, antes de llegar al área de estudio se preparó la configuración del vuelo automático.

A partir del levantamiento fotogramétrico se creó un ortofotomosaico, esta imagen aérea y sus respectivas vectorizaciones constituyen importantes herramientas para el análisis de diversos sistemas urbanos pues permiten el análisis integral de determinadas zonas de la ciudad. El ortofotomosaico digital consiste en la unión de varios fotogramas digitales que han sido previamente ortorrectificados y georreferenciados en un sistema de coordenadas a escala. Esta imagen se almacenó en medios digitales y se sometió a un procesamiento técnico sofisticado para corregir la distorsión de la proyección de la imagen (Programa de Vialidad y Transporte Urbano: SECTRA, 2022). El ortofotomosaico se realizó en ArcGIS Drone2Map. Este programa permite crear nubes de puntos densas, admite la clasificación automática de los puntos para personalizar una mayor reconstrucción y, además, permite importar y exportar información. De esta forma, se pueden calcular las distancias entre puntos en la nube de puntos y crear una planimetría del área de estudio para obtener un modelo de elevación del terreno (ArcGIS Drone2Map, 2023). Una vez generado el ortofotomosaico se obtuvo la temperatura superficial utilizando las imágenes térmicas capturadas por el sensor a bordo del dron. Estas imágenes térmicas permiten medir y mapear las temperaturas en la superficie de la tierra, información que es especialmente

relevante para el análisis de microclimas urbanos, ya que permite identificar áreas de alta y baja temperatura, así como patrones de temperatura en el entorno urbano.



Imagen 2: DJI Mavic 3 Enterprise. Imagen día del terreno.



Imagen 3: Control del DJI Mavic 3 Enterprise. Imagen día del terreno.

3.2 Objetivo n°2: Analizar y relacionar la morfología urbana y la distribución socioeconómica de la ciudad de Quilpué con la temperatura superficial a escalas local y microescala.

3.2.1 Caracterización de morfología urbana a nivel local

Se identificaron y seleccionaron diversas variables y factores clave que podrían influir en las variaciones térmicas. Estos incluyeron la topografía, exposición de laderas, distancia a fuentes húmedas, índice de agua de diferencia normalizada, albedo, índice de vegetación de diferencia normalizada y densidad de población. Para calcular los datos de los factores morfológicos se obtuvieron imágenes del satélite Landsat 8, en los meses de febrero y agosto. Estos fueron procesados en el programa ArcGis 10.8.2. En la morfología urbana de la ciudad de Quilpué a escala local se incluyeron los siguientes parámetros:

1) Topografía

La altitud del terreno se mide en relación con la media del nivel del mar, y estos valores fueron adquiridos a través de EarthDataSearch. Esta plataforma en línea es un desarrollo de la NASA que ofrece la posibilidad de acceder y explorar datos vinculados al planeta. EarthDataSearch forma parte del Sistema de Datos e Información del Sistema de Observación de la Tierra (EOSDIS, por sus siglas en inglés), un sistema que se dedica a recopilar, archivar y difundir datos e información sobre la Tierra provenientes de diversas fuentes, incluyendo satélites y sensores terrestres (Quantum, 2023).

2) Exposición de laderas

Está relacionada con las cargas de energía solar recibidas por las superficies. Se calcula a partir de la topografía, esto se hizo en ArcGis 10.8.2.

3) Distancia al mar y a fuentes húmedas

La red hidrográfica de Chile se encuentra disponible en el apartado “Mapas vectoriales” de la Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (BCN, 2023).

4) Humedad del suelo

“El método Índice de agua de diferencia normalizada (NDWI, por sus siglas en inglés) es un índice que sirve para definir y monitorizar los cambios de contenido en aguas superficiales. Se calcula con la banda NIR y la banda verde” (Esri, 2023).

Ecuación NDWI: $(\text{Banda 3} - \text{Banda 5}) / (\text{Banda 3} + \text{Banda 5})$

5) Brillo del suelo o Albedo

El Albedo refleja los cambios espaciales de la reflectividad total de una imagen Landsat y se obtiene con la ecuación:

$$\text{Albedo} = ((0.356 * B2) + (0.130 * B4) + (0.373 * B5) + (0.085 * B6) + (0.072 * B7) - 0.018) / 1.016$$

6) Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)

El Índice de vegetación de diferencia normalizada muestra la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación.

Ecuación NDVI: $(\text{Banda 5} - \text{Banda 4}) / (\text{Banda 5} + \text{Banda 4})$

7) Densidad de la población

El INE publicó, en formato story map, mapas de densidad de población y vivienda por manzana. Estos contienen información de las 16 capitales regionales del país y permiten observar a aquellos sectores de las ciudades que presentan mayor concentración de población y viviendas, a partir de información recopilada durante el Censo de Población y Vivienda del año 2017. (Instituto Nacional de Estadísticas (INE), 2022).

8) Distribución socioeconómica

En el análisis de la distribución socioeconómica de la zona urbana de Quilpué, se utiliza la clasificación de grupos socioeconómicos elaborada por profesionales de la Asociación de Investigadores de Mercado, esta clasificación permite segmentar a la población en base a factores económicos y sociales relevantes. La clasificación de grupos socioeconómicos

considera diversos indicadores, como el nivel de ingresos, la ocupación laboral, el nivel educativo, la propiedad de vivienda, el acceso a servicios básicos y otros aspectos socioeconómicos relevantes pues estos indicadores proporcionan una perspectiva amplia y multidimensional de la situación económica y social de los individuos y hogares en la zona urbana de Quilpué. El objetivo de utilizar esta clasificación es comprender y analizar las disparidades socioeconómicas existentes dentro de la zona urbana de Quilpué. Ocurre que, al segmentar la población en diferentes grupos socioeconómicos, se pueden identificar patrones y diferencias significativas en términos de ingresos, empleo, nivel educativo y acceso a recursos y servicios. Además, el análisis de la distribución socioeconómica es importante para comprender la estructura social y económica de la zona urbana de Quilpué, así como para identificar áreas de desigualdad y necesidades específicas y esta información puede ser utilizada para diseñar políticas y programas dirigidos a promover la equidad, mejorar las condiciones socioeconómicas de los grupos más vulnerables y fomentar un desarrollo más inclusivo y sostenible (Percepciones económicas, 2023).

9) Zonas Climáticas Locales (ZCL)

En esta etapa del estudio, se utilizó el software Google Earth Pro para identificar las Zonas Climáticas Locales (ZCL) mediante una clasificación visual. Se siguieron las directrices proporcionadas en el libro "Urban Climates" de Oke, Mills, Christen y Voogt, publicado en 2017. Estas directrices brindan pautas y recomendaciones para clasificar emplazamientos urbanos y rurales en diferentes ZCL. La clasificación visual implica examinar y analizar características específicas en las imágenes de Google Earth Pro, como la morfología urbana, la vegetación, los cuerpos de agua y otros elementos del entorno. Estos indicadores proporcionan información sobre las condiciones climáticas locales y las variaciones dentro de un área urbana.

Al seguir las directrices establecidas en esta investigación, se busca establecer y definir las diferentes Zonas Climáticas Locales presentes en el área de estudio. Estas zonas pueden incluir áreas con características climáticas similares, como la presencia de islas de calor urbano, microclimas específicos o variaciones en la exposición solar y la ventilación.

Además, la identificación de las Zonas Climáticas Locales es importante para comprender las variaciones climáticas y microclimáticas dentro de un área urbana. Estas zonas pueden influir en la distribución del calor, los patrones de viento, la calidad del aire y otros aspectos que impactan el confort térmico y la calidad de vida de los residentes.

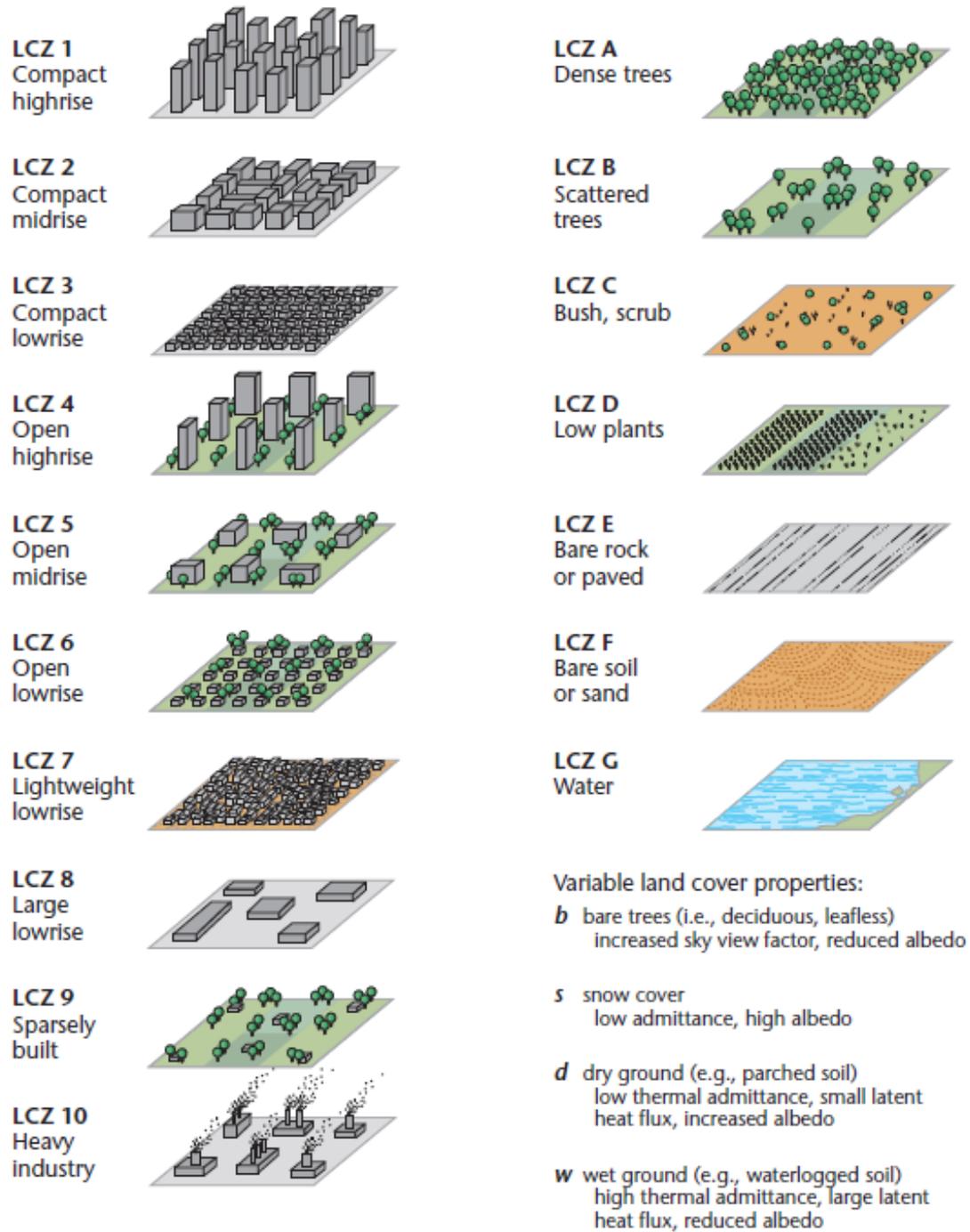


Imagen 4: Clasificación de zonas climáticas locales (ZCL) Fuente (Oke T. , Mills, Christen, & Voegt, 2017).

3.2.2 Caracterización de morfología urbana a microescala climática

Utilizando los ortofotomosaicos como base, se realizaron procesos adicionales en los programas ArcGIS Drone2Map, R-estudio y ArcGis 10.8.2. para obtener más información y análisis más detallados. Así, a partir de los ortofotomosaicos, se generó un modelo digital de superficie (MDS) que representa la elevación y las características topográficas del área de estudio. El MDS proporciona una representación tridimensional de la superficie, lo que permite analizar la configuración del terreno y las características del relieve (SerchJiménez, 2020). Además del MDS, se generó un ortofotomosaico en color verdadero que combina las imágenes aéreas rectificadas y corregidas geométricamente para obtener una imagen de alta resolución del área de estudio. El ortofotomosaico en color verdadero es útil para visualizar y analizar los diferentes elementos y características presentes en el paisaje urbano, como edificios, calles, áreas verdes y cuerpos de agua (ArcGeek, 2021).

Por último, se calculó el Factor de Visión del Cielo (Sky View Factor o SVF) utilizando el software SAGA GIS. El SVF corresponde al grado de apertura del cielo dentro de la capa de dosel urbano (capa de aire por debajo de la altura media de los edificios y árboles) y se mide calculando la abertura disponible en el cielo para transportar la radiación en relación a un lugar en particular, esto es útil para definir la cantidad de fracción de flujo radiativo que existe en la superficie de un punto y que toca la atmosfera por sobre el dosel urbano, siendo el SVF un indicador para las dinámicas calóricas que hay en las superficies estudiadas respecto a la liberación de radiación (Solé, 2022).

3.2.3 Relación entre morfología urbana, distribución socioeconómica y temperatura superficial.

3.2.3.1 Análisis Cartográfico

Se realiza un análisis cartográfico utilizando software de Sistema de Información Geográfica (SIG). Se georreferencian los datos recopilados, incluyendo información topográfica, registros de temperatura superficial, índices de vegetación y otros factores relevantes. Se generan cartografías que visualizan de manera espacial las relaciones entre los factores seleccionados y las temperaturas superficiales. Estas cartografías permitieron una representación gráfica de las interacciones geográficas y ambientales, lo que facilita la identificación de patrones visuales y tendencias espaciales.

3.2.3.2 Análisis Estadístico de Zonas Climáticas y Distribución Socioeconómica

Para examinar las zonas climáticas locales y la distribución socioeconómica en relación con las temperaturas observadas, se emplean gráficos de caja y bigotes. Estas representaciones estadísticas permiten visualizar de manera efectiva la variabilidad térmica dentro de las diferentes categorías definidas por los factores estudiados. Se calculan medidas de tendencia central y dispersión para cada categoría, lo que proporciona información detallada sobre la distribución de las temperaturas y cómo estas se relacionan con las características climáticas y socioeconómicas locales.

3.2.3.3 Análisis de Microescala Climática

El análisis a microescala climática se centra en el estudio del Sky View Factor y la topografía en relación con la temperatura superficial. Se llevan a cabo dos enfoques complementarios:

Cartografías Detalladas: Se generan cartografías detalladas que muestran cómo las características locales, como el Sky View Factor y la topografía, se correlacionan con las variaciones de temperatura a microescala. Estas cartografías proporcionan una representación visual de las áreas con diferentes grados de exposición y elevación, y cómo esto se traduce en variaciones térmicas.

Gráficos de Puntos: Se crean gráficos de puntos para explorar aún más la relación entre el Sky View Factor y la topografía con las temperaturas superficiales. Estos gráficos permiten observar patrones de dispersión y tendencias en los datos, revelando cómo las características microclimáticas afectan la temperatura en un nivel más detallado.

3.2.3.4 Integración de Resultados

Se lleva a cabo un análisis comparativo y de correlación para integrar los resultados de los análisis realizados en los puntos anteriores. Esto permite identificar patrones y relaciones entre los factores estudiados y las variaciones de temperatura. Se realizan análisis estadísticos para determinar la fuerza y la dirección de las relaciones entre los diferentes factores y las temperaturas superficiales. La integración de resultados proporciona una comprensión más completa de cómo los factores geográficos y socioeconómicos influyen en las pautas de temperatura en diferentes escalas.

3.2.3.5 Conclusiones y Perspectivas Futuras

Finalmente, basados en los resultados obtenidos, se derivan conclusiones sobre cómo los factores geográficos, ambientales y socioeconómicos interactúan con las pautas de temperatura superficial en el área de estudio. Se discuten las implicaciones de estos hallazgos en el contexto más amplio de la geografía climática y la planificación urbana. Además, se identifican áreas para futuras investigaciones, como la exploración de otros factores relevantes y la aplicación de modelos predictivos para comprender mejor las tendencias climáticas locales. Estas conclusiones proporcionan una visión informada de las relaciones espaciales y climáticas en el área de estudio.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS

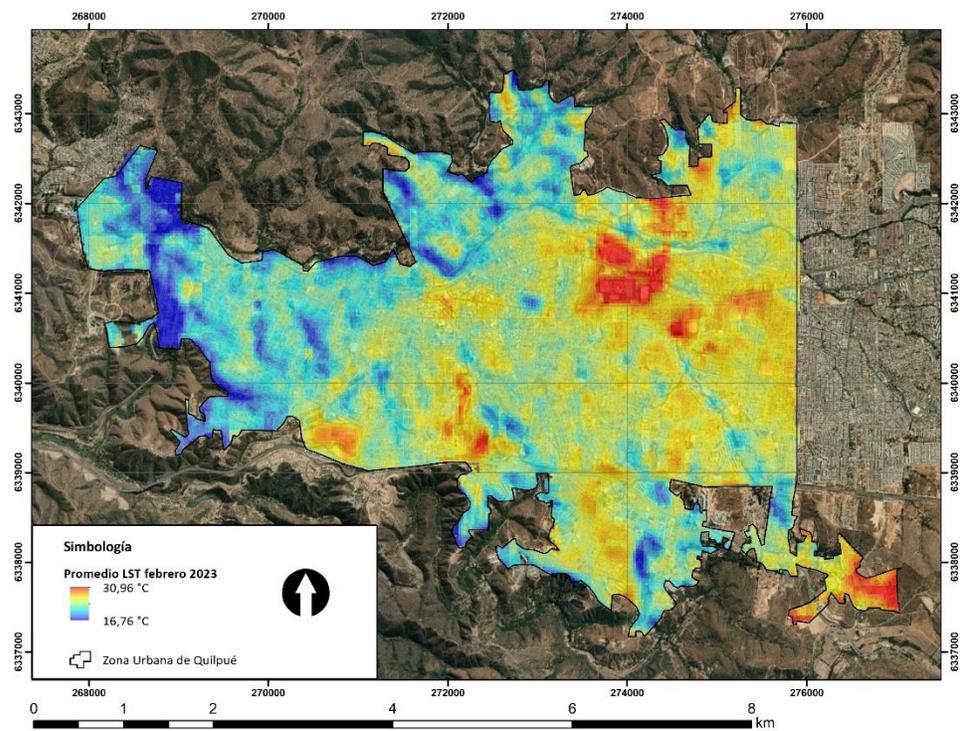
4.1 Temperatura Superficial

En relación con las temperaturas de emisión superficial en la ciudad de Quilpué, es importante destacar las diferencias observadas entre el verano y el invierno. Durante el verano, el promedio de temperatura de febrero del 2023, se registraron temperaturas de emisión superficial que oscilan entre un mínimo de 16,76°C y un máximo de 30,96°C. Estos valores indican la variabilidad térmica existente en la ciudad durante ese mes de verano. En la cartografía 3 se ha observado que las temperaturas más bajas se localizan en la zona oeste de Quilpué, que se orienta hacia el mar. Esto podría tener relación con la influencia de la brisa marina, que contribuye a moderar las temperaturas en esta área. Por otro lado, las temperaturas más altas se encuentran en la zona este de la ciudad, donde la densidad urbana es mayor. En particular, se ha identificado un epicentro de alta temperatura ubicado aproximadamente a unos 1830 metros de la frontera entre Quilpué y Villa Alemana. Esta área presenta una concentración de calor significativa debido a la configuración urbana, la exposición solar y otros factores locales.

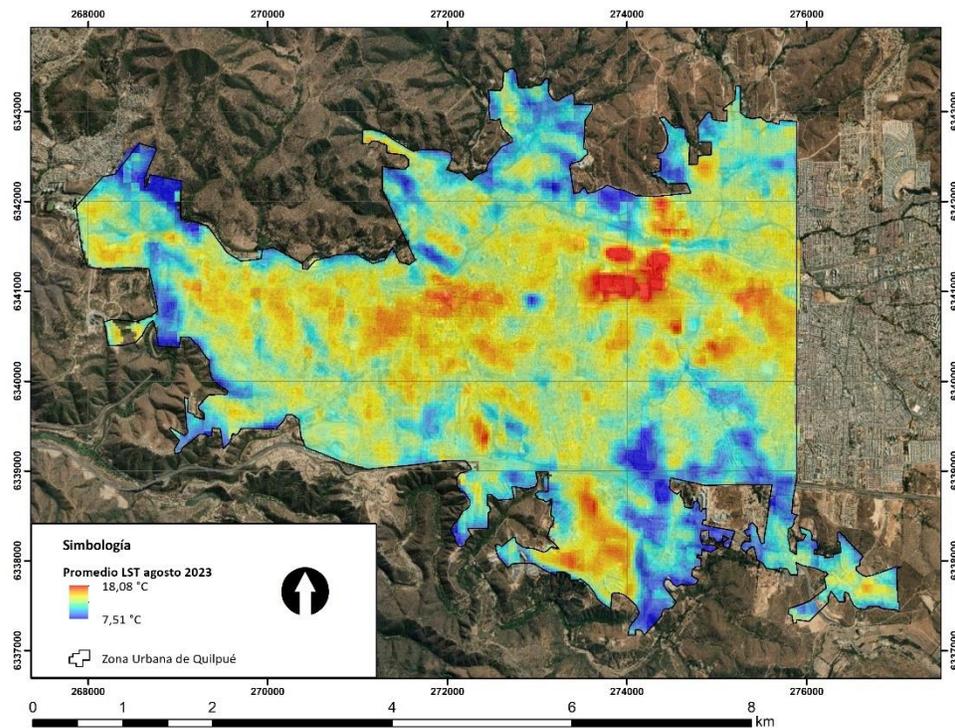
Durante el invierno, en agosto del 2023, El promedio de temperaturas de emisión superficial varían entre un mínimo de 7,49°C y un máximo de 18,08°C. En esta estación, se observa un patrón diferente en la distribución de las temperaturas en comparación con el verano. Las temperaturas más bajas se distribuyen hacia el norte, el este y el sur de la ciudad, mientras que aumentan gradualmente hacia el centro y el oeste. En invierno, el epicentro de alta temperatura se encuentra en torno a unos 1900 metros de la frontera entre Quilpué y Villa Alemana. Esta distribución térmica puede estar influenciada por la morfología urbana, la exposición al viento y otros factores locales que afectan la retención de calor en diferentes áreas de la ciudad.

En la cartografía 5 se observa el promedio de temperatura superficial en verano e invierno. La construcción de esta cartografía se estima relevante para evaluar el comportamiento térmico de Quilpué y su relación con la morfología urbana puesto que los patrones térmicos pueden tener impactos significativos en el bienestar de los habitantes, la calidad del

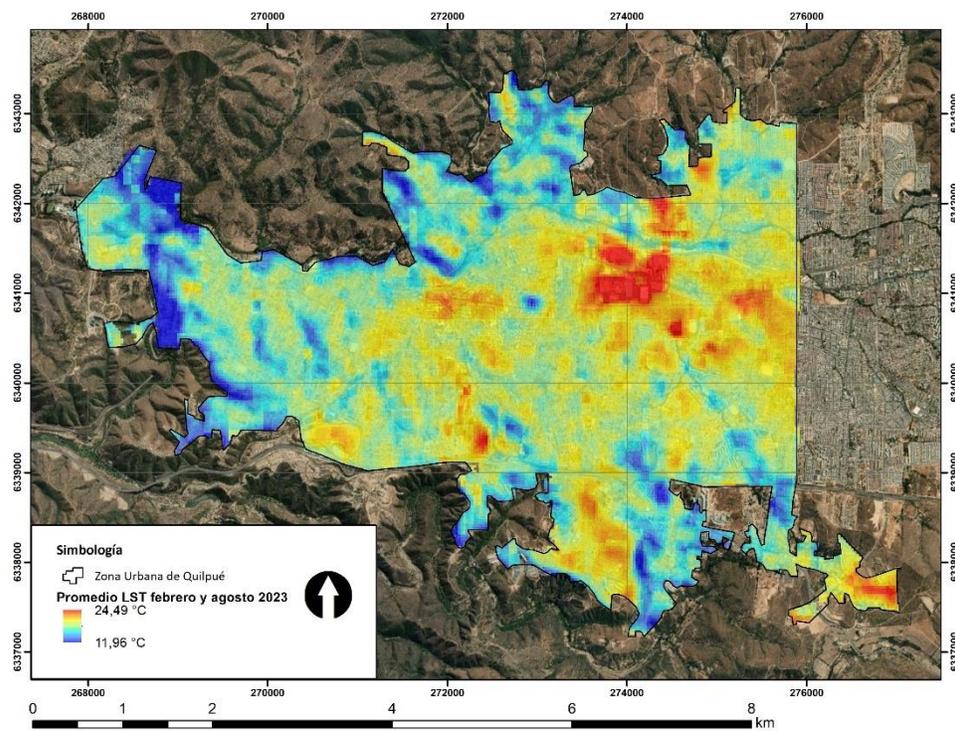
ambiente urbano y la planificación de estrategias de mitigación y adaptación al clima en la ciudad.



Cartografía 3: Promedio de temperatura superficial a escala local en verano. Elaboración propia.



Cartografía 4: Promedio de temperatura superficial a escala local en invierno. Elaboración propia.



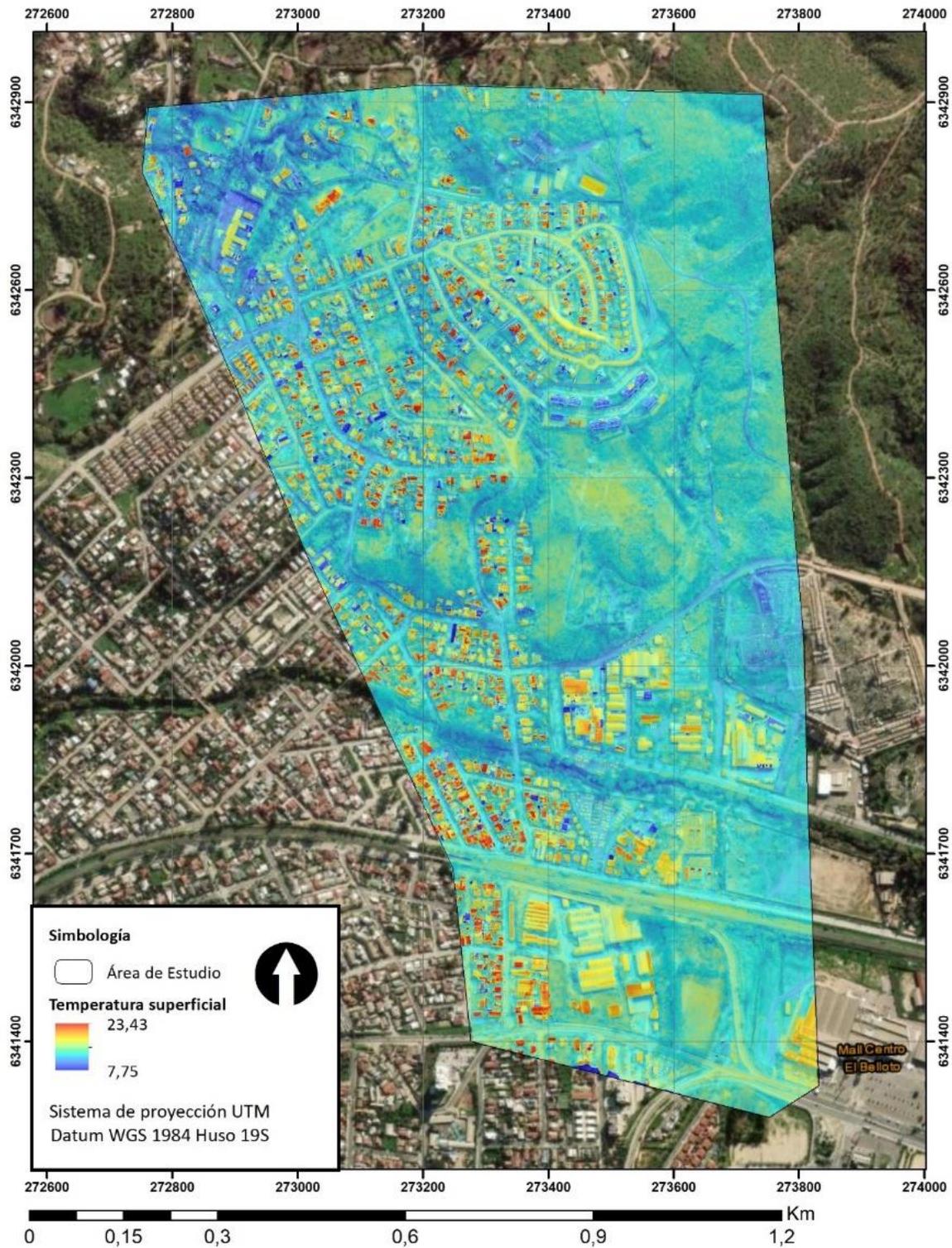
Cartografía 5: Promedio de temperatura superficial en verano e invierno. Elaboración propia.

4.1.3 Temperatura superficial a microescala climática

El área de estudio a microescala climática se sitúa en la parte central y norte de la zona urbana consolidada de Quilpué, abarcando también parte del área rural que se ve influenciada por la ciudad. Esta delimitación permite analizar las características climáticas en un entorno que presenta una combinación de elementos urbanos y rurales, lo que puede tener impactos significativos en los patrones térmicos locales. En cuanto a la temperatura de emisión superficial registrada en el área de estudio el 27 de junio de 2023, se observa un rango de valores que va desde un mínimo de 7,75°C hasta un máximo de 23,43°C. Estos datos indican la variabilidad térmica existente en la zona durante ese día en particular.

Se ha identificado que la temperatura de emisión superficial es menor al noreste del área de estudio, fuera de la zona urbana consolidada de Quilpué. Esta disminución en la temperatura puede atribuirse a la influencia de áreas rurales, con menor densidad de construcciones y mayor presencia de vegetación, lo cual puede proporcionar sombra y enfriamiento natural. A medida que se avanza hacia el suroeste, donde la presencia de áreas urbanizadas es más pronunciada, se observa un incremento gradual en la temperatura de emisión superficial. Esto se debe a la configuración urbana, con la presencia de edificios, calles pavimentadas y menor cobertura vegetal, lo que contribuye a la retención de calor y al fenómeno de isla de calor urbana de superficie. Estos patrones térmicos en el área de estudio destacan la influencia de la morfología urbana en las temperaturas de emisión superficial. La distribución espacial de la temperatura refleja la interacción entre los elementos urbanos y rurales, evidenciando una relación entre la urbanización y los patrones térmicos locales.

En resumen, el área de estudio a microescala climática en Quilpué abarca tanto la zona urbana como rural, lo que permite analizar los patrones térmicos en un entorno complejo. La temperatura de emisión superficial registrada muestra variabilidad espacial, siendo menor al noreste y aumentando gradualmente hacia el suroeste, reflejando la influencia de la configuración urbana y la presencia de áreas rurales en la temperatura local. Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar la interacción entre la morfología urbana, la vegetación y los elementos rurales en el estudio del clima urbano.



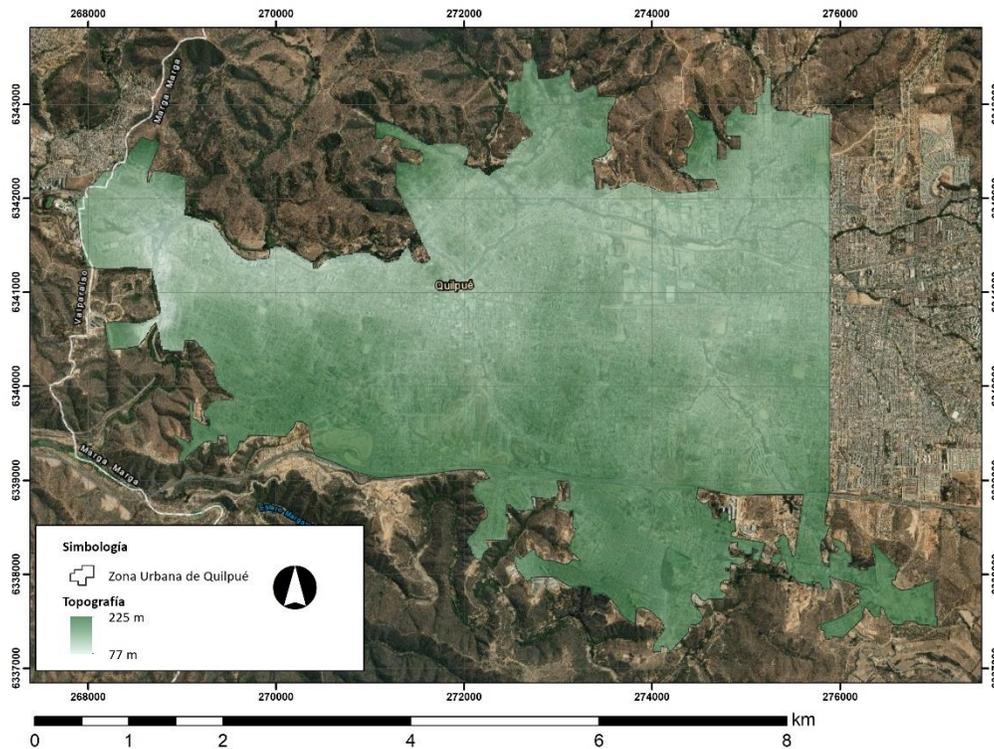
Cartografía 6: Temperatura superficial a microescala climática. Elaboración propia.

4.2 Morfología urbana a escala local

4.2.1 Topografía

La presencia de pendientes pronunciadas o cambios en la elevación del terreno influyen en la distribución de los edificios y la planificación urbana. Las pendientes empinadas requieren estrategias específicas para la construcción de infraestructuras y pueden afectar la accesibilidad y la conectividad entre diferentes áreas de la ciudad. Asimismo, en áreas con terrenos irregulares o con limitaciones topográficas, como montañas o colinas, es posible que haya menos espacio disponible para el crecimiento horizontal de la ciudad, esto puede dar lugar a una mayor densificación vertical o a la expansión de la ciudad en las áreas más planas y accesibles topográficamente (Jimenez, 2007). Mientras que, la topografía de una ciudad también influye en el diseño de infraestructuras urbanas, como carreteras, puentes y sistemas de transporte público puesto que la ubicación de estas infraestructuras debe tener en cuenta la topografía para asegurar una conectividad eficiente y minimizar los desafíos técnicos relacionados con la construcción en terrenos difíciles (Rozas, 2006).

La topografía de Quilpué presenta una configuración variada debido a su ubicación cercana a la costa de Chile. La ciudad se encuentra en un valle rodeado de colinas y montañas, lo que crea un entorno montañoso y ondulado. Hacia el oeste de Quilpué se extiende la Cordillera de la Costa, que se caracteriza por sus montañas cubiertas de vegetación y bosques. Mientras que, en el centro de la ciudad la topografía es más plana y se encuentran las principales áreas urbanizadas, aquí es donde se concentra la mayoría de las construcciones y las actividades comerciales (topographic-map.com, 2023).

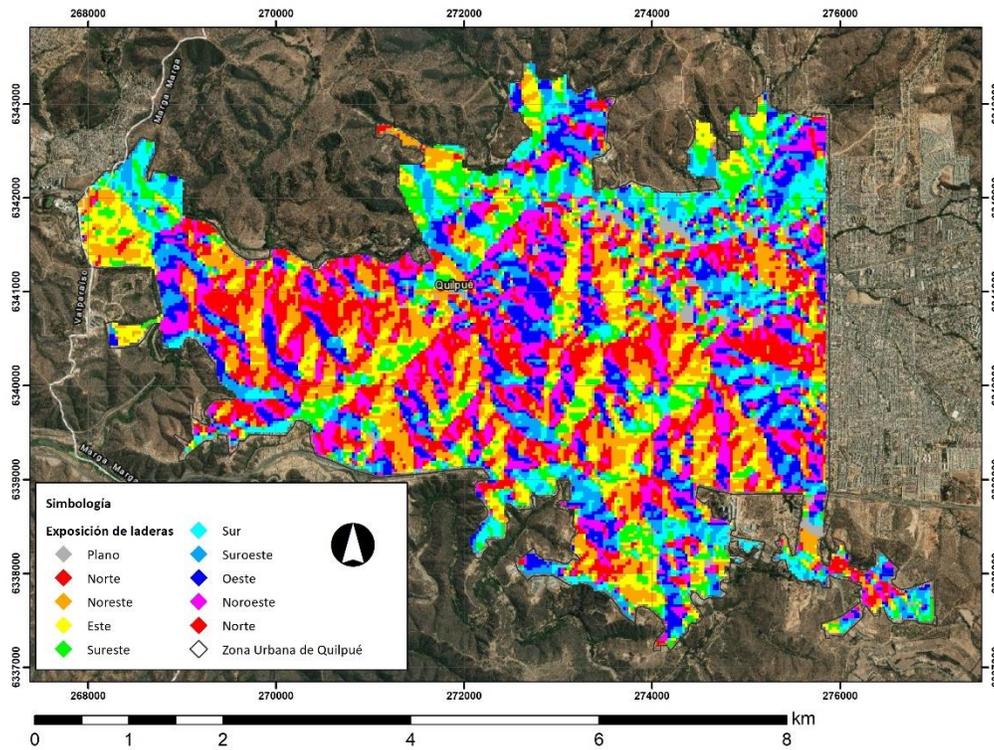


Cartografía 7: Topografía. Elaboración propia.

4.2.2 Exposición de laderas

La exposición de una ladera determina la cantidad de luz solar directa que recibe y la disponibilidad de luz natural en las áreas urbanas. Así, las laderas con diferentes exposiciones pueden generar microclimas distintos, las expuestas al norte suelen recibir menos luz solar directa y ser más frescas y húmedas, mientras que las laderas expuestas al sur suelen ser más cálidas y secas. Además, las laderas expuestas a ciertas direcciones pueden estar más expuestas a factores erosivos, como la acción del viento o el agua y estos factores influyen en la erosión del suelo, la estabilidad de los taludes y la planificación de infraestructuras en áreas montañosas o con pendientes pronunciadas (Hidalgo, 1993). También, las laderas tienen consideraciones estéticas y de diseño urbano pues las laderas con vistas panorámicas o una exposición particularmente atractiva pueden ser áreas de alta demanda para el desarrollo urbano y la construcción de viviendas (López, 2004).

La cartografía 8 muestra que en la zona norte y en la zona sur predominan laderas de exposición sur. Hacia el centro de la ciudad predominan las laderas de exposición norte, cruzando de manera transversal la extensión del área de estudio de oeste a este.

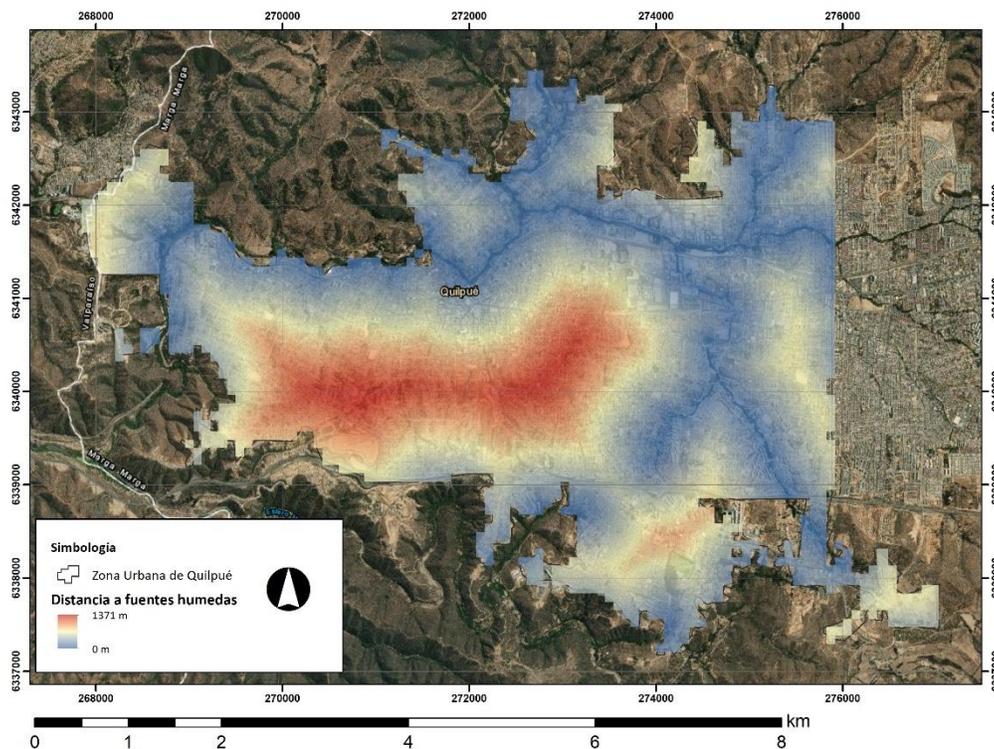


Cartografía 8: Exposición de laderas. Elaboración propia.

4.2.3 Distancia a fuentes húmedas

La proximidad a fuentes húmedas puede tener un impacto significativo en el clima local. Las masas de agua, como los ríos y el mar, pueden actuar como reguladores térmicos, moderando las temperaturas en las áreas cercanas. En climas costeros, la brisa marina puede influir en la temperatura y la humedad, generando un microclima específico. Además, la cercanía a fuentes húmedas es valorada por su belleza escénica y sus beneficios recreativos pues vivir cerca de ríos o el mar puede ofrecer vistas panorámicas, entornos naturales atractivos y oportunidades para actividades al aire libre (Cassie, Chasse, & Rao, 2013).

Como se ve en la cartografía 9, la zona urbana de Quilpué se caracteriza por estar atravesada por dos importantes cursos de agua: el Estero Quilpué en su zona norte y el Estero El Belloto en su parte este. Estos cuerpos de agua desempeñan un papel significativo en el entorno urbano, ya que contribuyen tanto a la dinámica hidrológica como al paisaje.

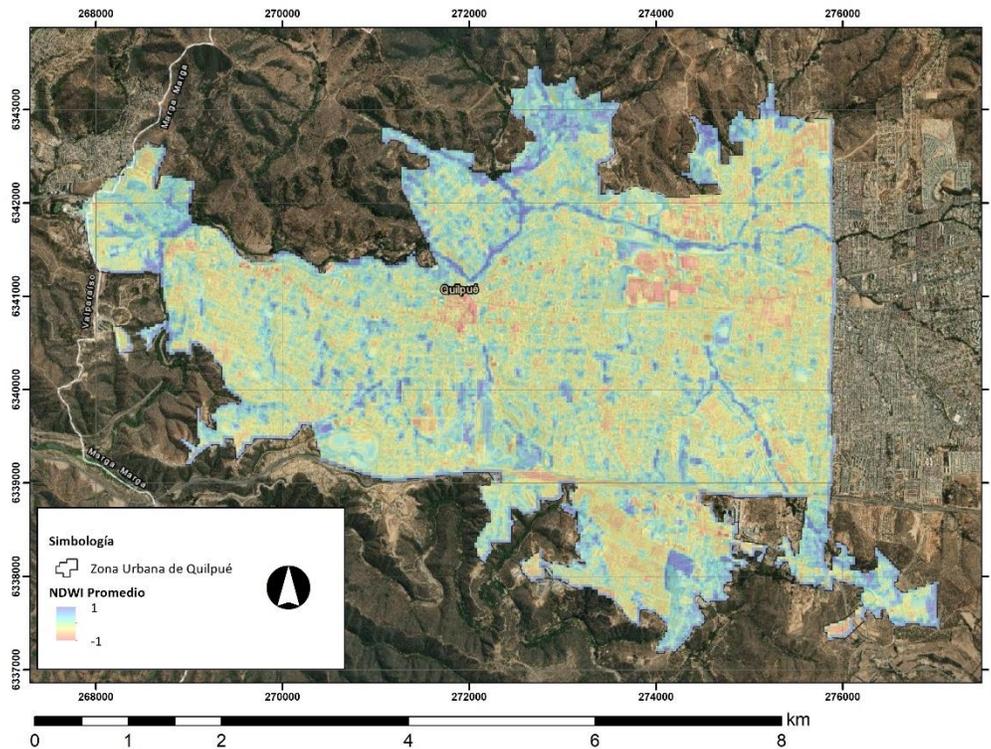


Cartografía 9: Distancia a fuentes húmedas. Elaboración propia.

4.2.4 Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI)

La humedad del suelo desempeña un papel crucial en el ciclo hidrológico, afecta las condiciones de temperatura y clima local. Un suelo húmedo tiende a retener y liberar el calor de manera diferente en comparación con un suelo seco. Esto puede influir en la temperatura del aire cercano al suelo y en la formación de microclimas. Además, la humedad del suelo puede afectar la circulación del aire y los patrones de viento local, lo cual puede tener implicaciones en la distribución espacial de la temperatura y la humedad atmosférica (Cherlinka, 2023).

En la cartografía 10 se ve que la humedad del suelo es mayor en las áreas cercanas a los esteros Quilpué y El Belloto. La presencia de los esteros influye en el contenido de humedad del suelo debido a varios factores. Los esteros actúan como fuentes de agua que alimentan directamente el suelo a través del flujo subterráneo y la infiltración, entonces el agua proveniente de los esteros se infiltra en el suelo y aumenta su contenido de humedad. Además, la proximidad de los esteros genera una mayor disponibilidad de agua en el entorno, lo que contribuye a un mayor nivel de humedad del suelo. La evaporación del agua de los esteros también puede generar una mayor humedad en el aire, lo que favorece la retención de humedad en el suelo (Orfeo, 2008).



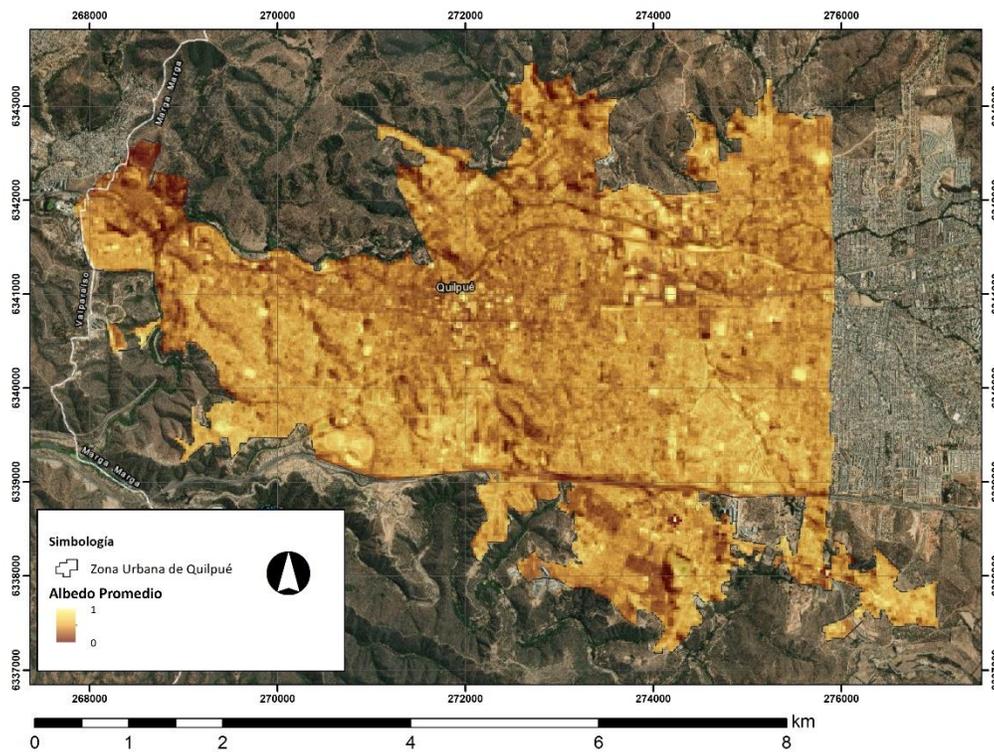
Cartografía 10: Promedio del Índice de Agua de Diferencia Normalizada en verano e invierno. Elaboración propia.

4.2.5 Albedo

El albedo es un parámetro importante en climatología y ciencias relacionadas, se expresa como un valor de 0 a 1, afecta el balance de energía en la Tierra y tiene implicaciones en el clima y el calentamiento global. Superficies con un alto albedo, como la nieve, el hielo y las nubes, reflejan la mayor parte de la radiación solar, lo que contribuye a enfriar la atmósfera y el entorno. Por otro lado, superficies con un bajo albedo, como los océanos y las áreas urbanas, absorben más radiación solar, lo que resulta en un calentamiento de la Tierra (IDEAM, 2023).

En el caso de Quilpué, se observa que en las áreas del centro y norte de la zona urbana existe una tendencia a presentar un albedo más bajo. Esto puede ser atribuido a la presencia de materiales de construcción oscuros, como el asfalto y las superficies pavimentadas, que tienen una mayor capacidad de absorber la radiación solar y reflejar menos luz puesto que las superficies oscuras contribuyen a un menor albedo, lo cual resulta

en una mayor absorción de calor y temperaturas superficiales más altas. Por otro lado, en el suroeste y sureste de la zona urbana de Quilpué, se observa un albedo más alto. Esto puede estar asociado a la presencia de áreas abiertas, espacios verdes y suelos más claros, que tienen una mayor capacidad para reflejar la radiación solar debido a que las superficies más claras contribuyen a un mayor albedo y, por ende, a una menor absorción de calor y temperaturas superficiales más bajas.

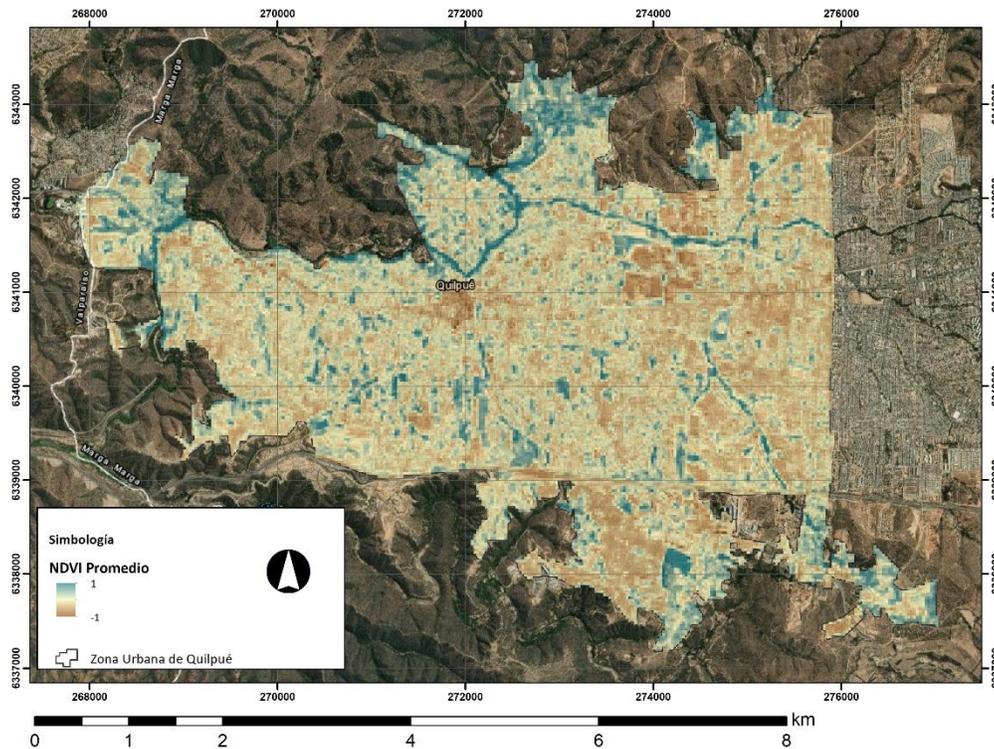


Cartografía 11: Promedio del Albedo en verano e invierno. Elaboración propia.

4.2.6 Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI).

La vegetación intercepta y absorbe parte de la radiación solar, evitando que llegue directamente al suelo y al aire circundante. Asimismo, la vegetación, en áreas urbanas, ayuda a mitigar el efecto de isla de calor urbano y actúa como una barrera natural contra el viento, disminuyendo su velocidad y creando áreas más protegidas. Además, el vapor de agua liberado por la vegetación aumenta la humedad relativa del aire y puede reducir la temperatura del microclima (Torre, 1999). Para medir la vegetación se usó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), este es ampliamente utilizado para evaluar la salud y vigor de la vegetación en imágenes de teledetección. Los valores cercanos a 1 indican una vegetación densa y saludable y los valores negativos corresponden a superficies no vegetales, como áreas urbanizadas, que tienen una reflectancia más alta en el rango del rojo (RED) en comparación con el infrarrojo cercano (NIR) (EOS Data Analytics, 2022).

En Quilpué se observa que la presencia de vegetación se concentra principalmente en las riberas de los ríos. Estas áreas verdes a lo largo de los cursos de agua proporcionan un entorno propicio para el crecimiento de la vegetación, ya que cuentan con acceso directo a fuente de agua. Sin embargo, en otras áreas de la zona urbana de Quilpué, la presencia de vegetación puede ser más limitada.



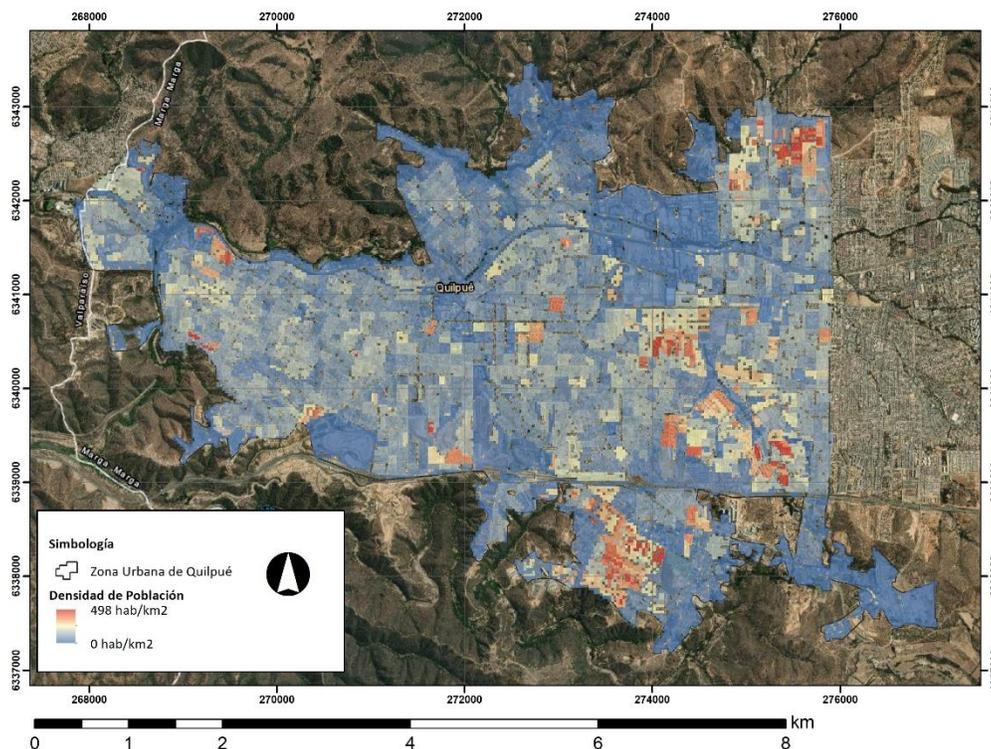
Cartografía 12: Promedio Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada en verano e invierno. Elaboración propia.

4.2.7 Densidad de población

La densidad de población puede dar lugar a microclimas específicos en áreas urbanas, como calles o vecindarios con temperaturas más altas o bajas debido a la circulación del aire y la obstrucción del viento por edificios y pavimentos. La alta densidad de población en áreas urbanas puede contribuir al fenómeno de la isla de calor urbana, donde las temperaturas son más altas debido a la acumulación de calor generado por actividades humanas y la estructura urbana. Este factor también puede alterar los patrones de viento en áreas urbanas, con edificios altos que actúan como barreras al viento y, además, la densidad de población y la urbanización pueden influir en los patrones de precipitación al reducir la infiltración del agua en el suelo (Economía3, 2023).

Se observa una variación en la densidad de población a lo largo del área de estudio. En general, se aprecia que la densidad de población es menor en las zonas ubicadas al norte y

al sur de la ciudad. Esto corresponde al sector periférico, cercano al sector rural con menor desarrollo urbano. A medida que se avanza hacia el centro de la ciudad, la densidad de población tiende a aumentar. Esto se debe a que el centro urbano es el punto de mayor actividad económica, social y cultural, lo que atrae a más residentes y actividades comerciales. Además, el centro de la ciudad cuenta con una mayor concentración de servicios, infraestructuras y facilidades de transporte, lo que también puede contribuir a una mayor densidad de población. Sin embargo, es interesante destacar que la densidad de población no se detiene en el centro de Valparaíso, sino que continúa aumentando hacia el este, en la conurbación Quilpué - Villa Alemana. Estas localidades vecinas experimentan un crecimiento urbano significativo, con un mayor desarrollo de viviendas, infraestructuras y actividades económicas. Esto genera una mayor demanda de viviendas y atracción de población hacia estas áreas, lo que se refleja en una densidad de población más alta (Álvarez, 2009).



Cartografía 13: Densidad de población. Elaboración propia.

4.2.8 Zonas Climáticas Locales (ZCL)

En el análisis de las temperaturas superficiales en distintas zonas climáticas locales se evidencia que las particularidades de cada área influyen en los patrones térmicos. La Zona Extensiva de baja altura (ZCL 8), asociada principalmente con industrias de gran extensión, exhibe la mayor variabilidad en sus temperaturas, reflejada en un mayor rango intercuartil (IQR). Esta variabilidad podría ser influenciada por la actividad industrial y sus interacciones con el entorno circundante. En contraste, la Zona Arbolado Disperso (ZCL B), caracterizada por vegetación dispersa, presenta la menor variabilidad, posiblemente debido a la falta de superficies construidas.

Al examinar las temperaturas extremas, se destaca que la ZCL 8 registra la temperatura máxima más elevada, alcanzando los 26°C. Este valor podría ser atribuido a la presencia de un centro comercial y a galpones industriales, con las condiciones específicas asociadas con estas actividades. En contraposición, la Zona Alta Densidad de Media Altura (ZCL 2), caracterizada por la alternancia entre áreas residenciales y vegetación, muestra la temperatura mínima más baja, marcando 19°C. Esta disparidad podría explicarse por la combinación de factores urbanos y el uso de suelo.

Por otro lado, las medianas refuerzan las influencias particulares en la regulación térmica. La Zona Extensiva de baja altura (ZCL 8) presenta la mediana más alta, con 23,25°C, indicando la contribución negativa de las construcciones extensivas. En contraste, las Zonas Arbolado Disperso (ZCL B) y Urbanización Dispersa (ZCL 9) exhiben las medianas más bajas, marcando 21,75°C, lo que podría relacionarse con la menor densidad de las construcciones y una mayor presencia de vegetación en estas zonas.

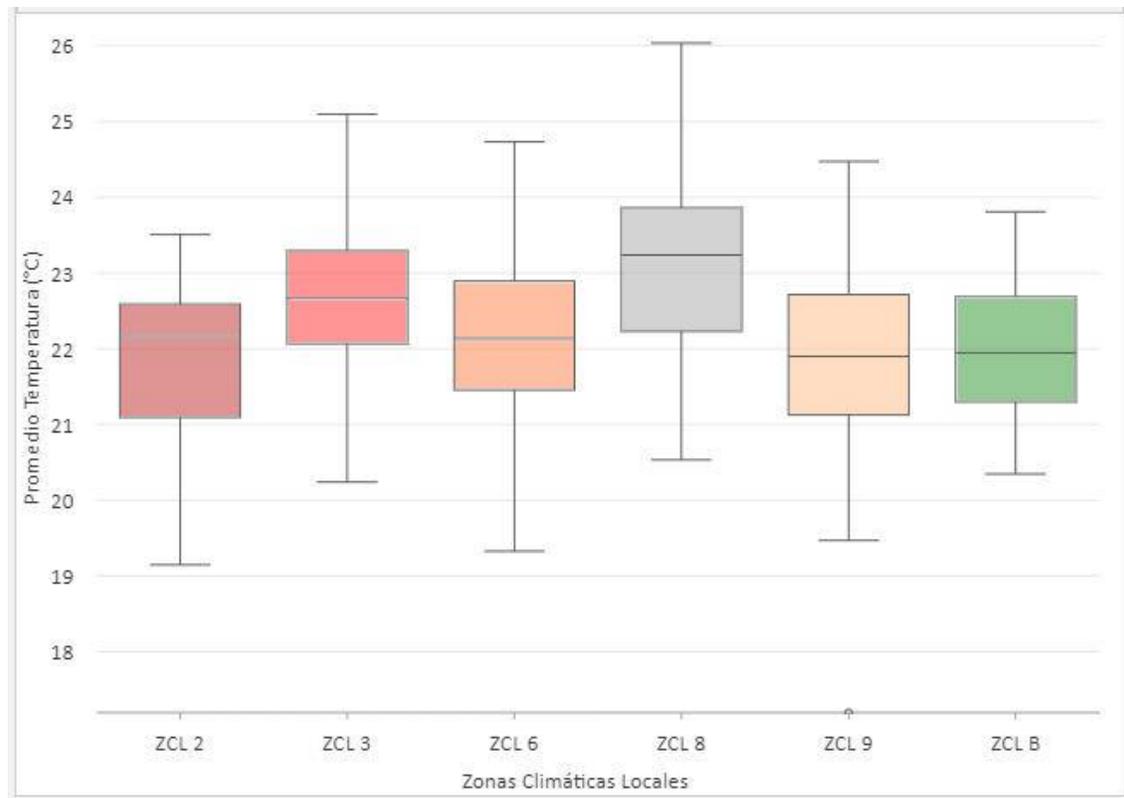


Figura 1: Promedio de la temperatura en verano e invierno por cada Zona Climática Local.

4.2.9 Distribución Socioeconómica

Los climas y espacios urbanos en América Latina se privatizan y fragmentan debido a la segregación socioambiental, afectando el acceso a calidad del aire y clima. Esto depende de la capacidad económica, donde áreas óptimas son limitadas comparadas con zonas degradadas, reflejado en precios inmobiliarios. La calidad del aire está integrada en proyectos inmobiliarios en áreas climáticamente favorables, beneficiando a clases con mayores ingresos. Estas áreas tienen servicios ambientales y regulaciones edilicias, mientras que quienes no pueden comprar viven en zonas extremas y expuestas a riesgos hidroclimáticos (Romero & Henrique, 2021).

Respecto a las categorías de análisis de la distribución socioeconómica, los ingresos promedio por hogar varían considerablemente en los diferentes grupos socioeconómicos.

En el Grupo AB, se registra el nivel más alto con un promedio de \$7.177.530. Le sigue el Grupo C1a con \$3.010.391, mientras que el Grupo C1b presenta un ingreso promedio de \$2.072.853. Descendiendo en la escala, el Grupo C2 tiene un promedio de \$1.500.774, el Grupo C3 alcanza los \$1.003.426, el Grupo D muestra un ingreso promedio de \$640.667 y, finalmente, en el Grupo E, el ingreso promedio del hogar es de \$361.583.

Además, es importante destacar las diferencias en la educación y empleo de cada grupo. En el Grupo AB, la mayoría posee estudios universitarios o superiores y se desempeña en roles profesionales de alto nivel. En el Grupo C1a, la tendencia educativa y laboral es similar, con una predominancia de estudios superiores y roles profesionales destacados. El Grupo C1b exhibe una presencia significativa de educación universitaria, algunos en niveles medios, con una combinación de roles profesionales de alto nivel y técnicos. En el Grupo C2, hay diversidad en los niveles educativos, desde universitarios hasta técnicos, y una variedad de empleos, incluyendo vendedores, agricultores y trabajadores calificados. En el Grupo C3, la mezcla de niveles educativos se refleja en una amplia gama de empleos, desde vendedores hasta agricultores y trabajadores calificados.

Continuando en la distribución, el Grupo D muestra una diversidad educativa y laboral, desde niveles universitarios incompletos hasta educación media, con una variedad de roles, desde vendedores hasta agricultores y trabajadores calificados. Finalmente, en el Grupo E, la diversidad educativa incluye desde universitarios incompletos hasta educación media, con empleos que abarcan desde trabajadores no calificados hasta vendedores u operadores. Estos datos revelan disparidades notables en la distribución de ingresos y en las características educativas y laborales entre los diversos grupos analizados.

El análisis de las temperaturas superficiales en relación con la distribución socioeconómica revela un panorama matizado que involucra tanto la cantidad de hogares en cada segmento como la ubicación geográfica. Comenzando con la categoría AB, se observa que esta muestra una variabilidad mínima con un IQR de 0.11, lo que sugiere una estabilidad

considerable en las temperaturas. Sin embargo, es relevante destacar que la cantidad limitada de hogares en este segmento puede influir en esta aparente constancia térmica.

En contraste, las categorías C1a y E presentan IQRs más amplios, con valores de 2.12 y 1.87, respectivamente. Esto indica una mayor variabilidad en las temperaturas de estas categorías. Es probable que esta variabilidad esté relacionada con una combinación de factores, como la densidad de construcciones, la presencia de áreas verdes y la ubicación geográfica. Además, es relevante mencionar que la C1a registra una temperatura máxima considerablemente alta de 26.04°C, posiblemente debido a su ubicación en zonas urbanizadas o a características ambientales específicas.

Por otro lado, la categoría E muestra la temperatura mínima más baja de todas las categorías, marcando 18.53°C. Esto podría atribuirse en parte a la ubicación periférica de muchos hogares en esta categoría, donde las condiciones ambientales y la falta de infraestructura podrían contribuir a temperaturas más frescas. Además, su IQR de 1.87 y su rango total de 5.97 sugieren una variabilidad significativa en las temperaturas.

En términos de medianas, se destacan las diferencias en la regulación térmica entre las categorías socioeconómicas. La categoría C1a exhibe una mediana de 21.86°C, mientras que las categorías C1b, C2 y C3 presentan medianas ligeramente superiores, marcando 22.70°C. Estas diferencias sugieren que las categorías C1b, C2 y C3 podrían experimentar temperaturas más altas en comparación con la C1a. Por otro lado, la categoría E muestra una mediana de 21.90°C, lo que conlleva una similitud relativa en la regulación térmica con la C1a.

En resumen, las temperaturas superficiales en función de la distribución socioeconómica muestran patrones complejos y entrelazados. La categoría AB exhibe estabilidad, pero con poca representación de hogares en esta categoría. La categoría C1a presenta variabilidades mayores y destaca por su temperatura máxima. La categoría E muestra temperaturas más frescas y una variabilidad significativa, posiblemente influenciada por su ubicación periférica. Las medianas añaden matices a estas diferencias, resaltando las influencias particulares de cada categoría socioeconómica en la regulación térmica.

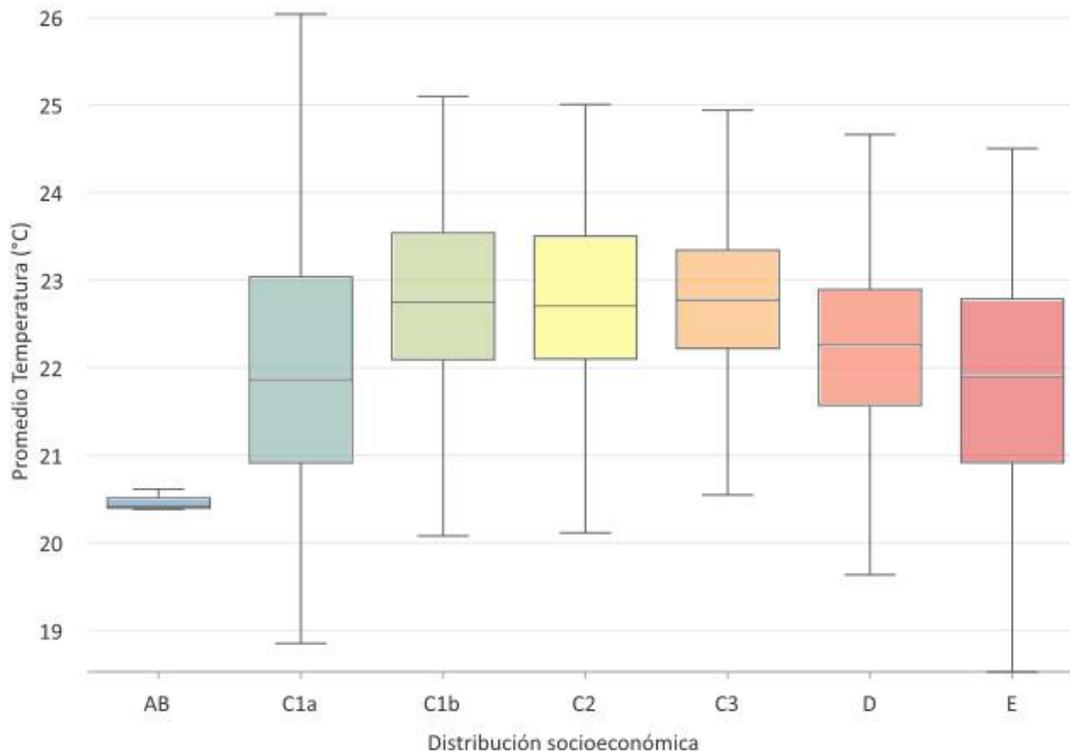


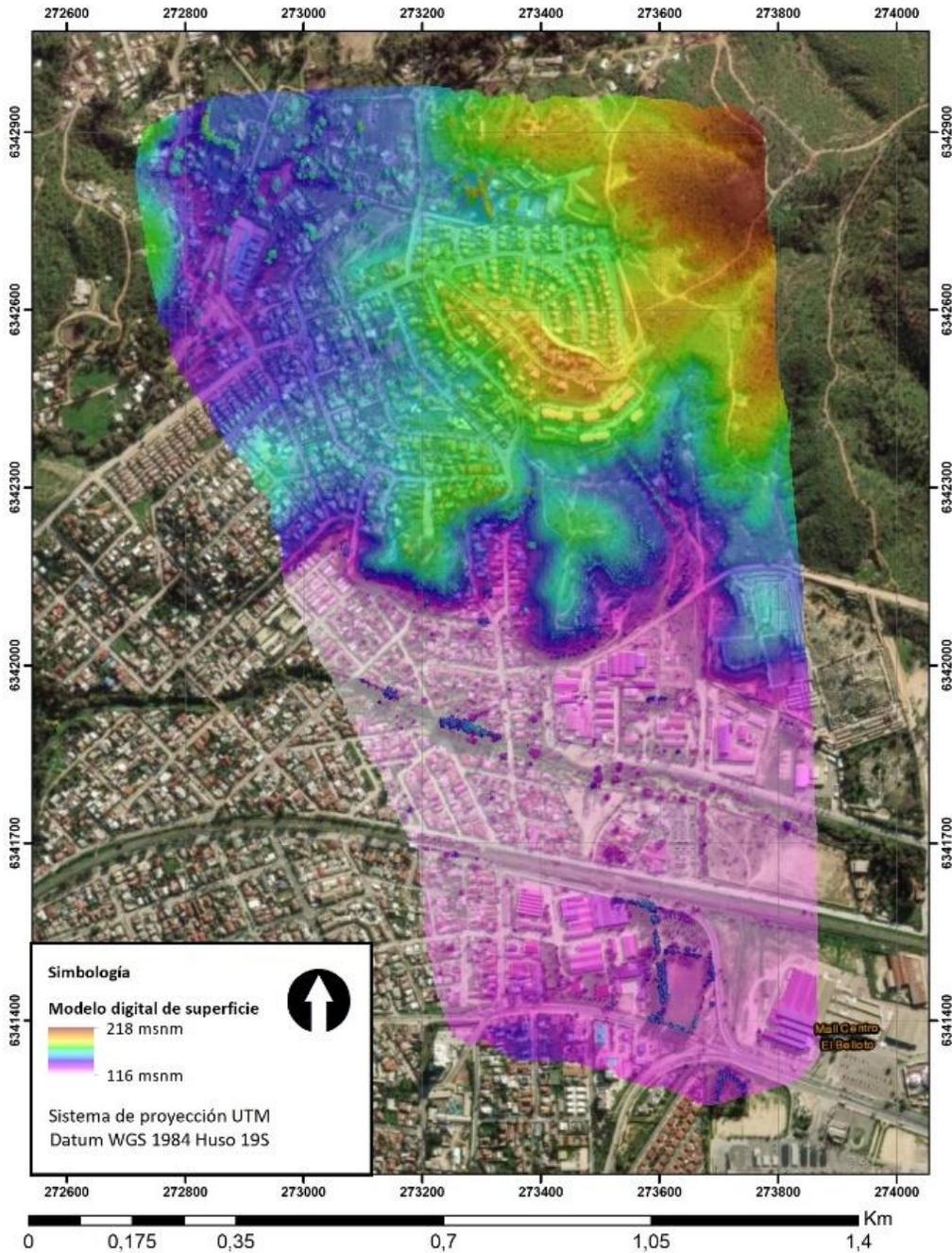
Figura 2: Promedio de la temperatura en verano e invierno por cada grupo socioeconómico.

4.3 Morfología Urbana a microescala climática

4.3.1 Topografía a microescala climática

El área de estudio a microescala climática presenta variaciones en cuanto a la altitud en sus diferentes puntos. En el extremo sur del área, se registra una menor altura, con un mínimo de 116 metros sobre el nivel del mar (msnm). A medida que nos desplazamos hacia el extremo noreste, la altitud va aumentando gradualmente, alcanzando un valor máximo de 218 msnm. La variación en altitud dentro del área de estudio puede influir en la distribución de la radiación solar, el flujo de aire y la circulación atmosférica, lo que a su vez puede tener un impacto en las temperaturas y los patrones climáticos locales. Es posible que las zonas ubicadas a mayor altitud en el extremo noreste experimenten condiciones climáticas ligeramente diferentes en comparación con las áreas de menor altitud en el extremo sur. No obstante, el gráfico de dispersión no revela vínculo alguno entre el incremento en la altitud y cualquier modificación en la temperatura. Esto corrobora de alguna manera que la

morfología de la ciudad construida, con sus colores, usos de suelo y materialidades son más relevantes que la altitud en ese pequeño rango de 98 m.



Cartografía 14: Topografía a microescala climática. Elaboración propia.

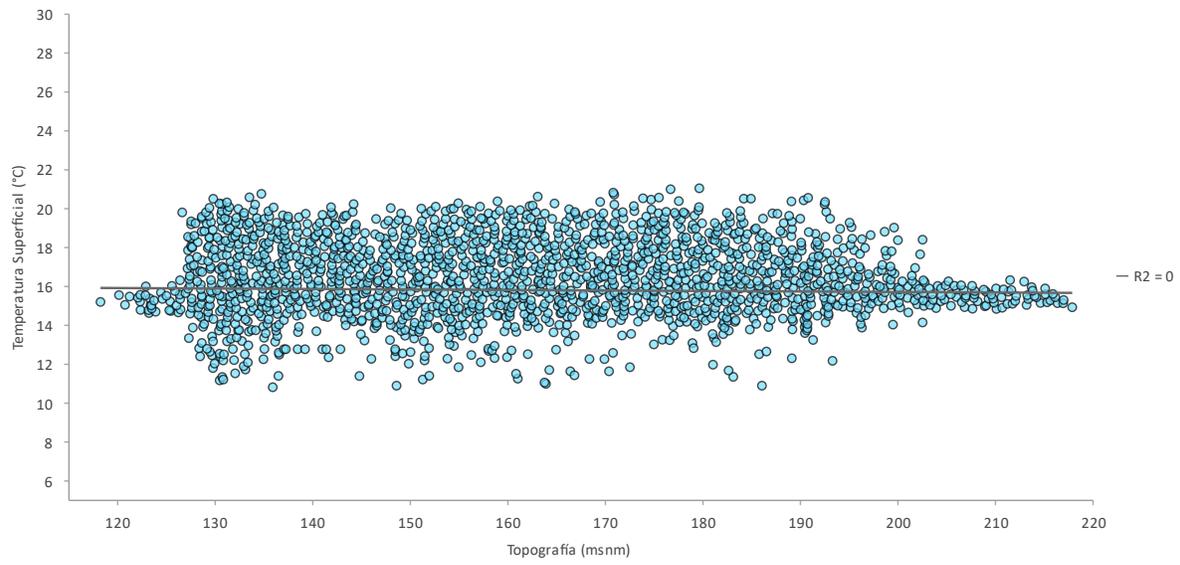


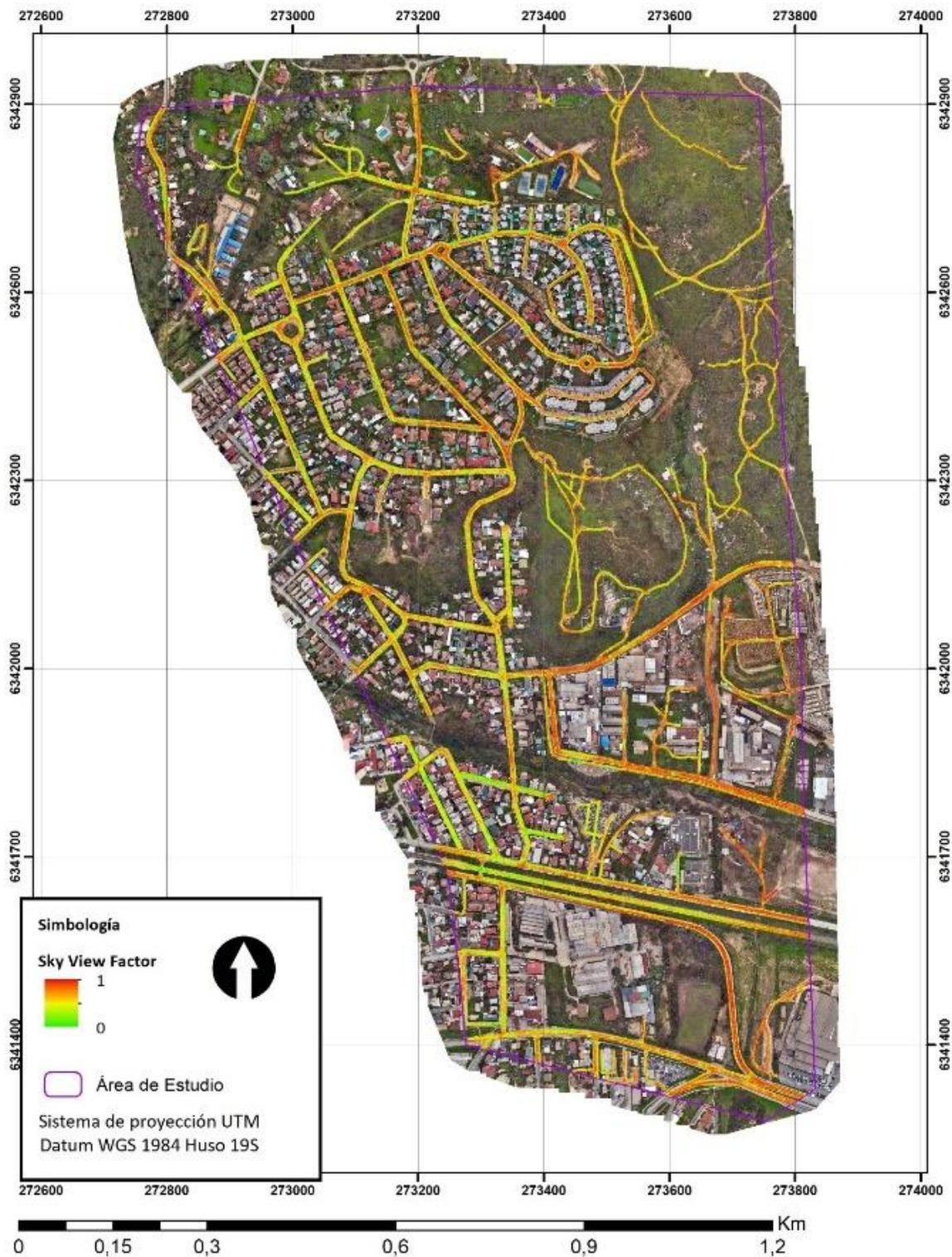
Figura 3: Gráfico de dispersión entre Temperatura Superficial y Topografía. Elaboración propia.

4.3.2 Ortofoto verdadera y Sky View Factor (SVF)

El SVF está relacionado con la disponibilidad de luz natural en áreas urbanas puesto que un mayor SVF permite una mayor entrada de luz natural en calles y espacios abiertos, lo que puede tener beneficios para la iluminación natural, la visibilidad y la percepción visual. Además, el SVF influye en la temperatura del entorno urbano debido a que en sectores con SVF alto hay una mayor exposición al sol y, por lo tanto, una mayor captación de radiación solar y esto puede contribuir al aumento de la temperatura urbana, especialmente en áreas con una alta densidad de edificios y obstrucciones que limitan la ventilación natural y la disipación del calor (Dirksenaetal., 2019). En ese sentido, El gráfico de dispersión que contrasta la Temperatura Superficial y el SVF revela una correspondencia entre temperaturas más elevadas y un aumento en el SVF.

Al analizar la ortofoto verdadera y el SVF en el área de estudio se observa una clara relación entre la urbanización, la vegetación y el SVF. En general, se puede apreciar que el SVF es menor en las zonas más urbanizadas, donde hay una mayor concentración de viviendas y una menor presencia de vegetación. Esto se debe a que, en las áreas urbanizadas hay una mayor densidad de edificios y estructuras que bloquean la vista del cielo desde el nivel del suelo, lo que resulta en un menor SVF pues la cantidad de cielo visible es limitada debido a la presencia de construcciones altas o cercanas entre sí. Por otro lado, en las áreas con menos viviendas y una mayor cobertura vegetal, que en este caso corresponde a zona rural, se observa un mayor SVF. Esto se debe a que la vegetación, como árboles y arbustos, no solo proporciona sombra y cobertura, sino que también permite una mayor permeabilidad visual hacia el cielo. Como resultado, se obtiene un mayor SVF en estas áreas, lo que indica una mayor cantidad de cielo visible desde el nivel del suelo.

Por otro lado, el gráfico de dispersión muestra un aumento ligero en la temperatura con el incremento del SVF sugiere una relación entre estas dos variables. El aumento en la temperatura con un SVF más alto podría indicar que las áreas con una mayor exposición al sol experimentan temperaturas superficiales más altas. Esta relación puede deberse a la mayor absorción de radiación solar en áreas con mayor exposición y menos sombreado, lo que contribuye al calentamiento.



Cartografía 15: Ortofoto verdadera y Sky View Factor. Elaboración propia.

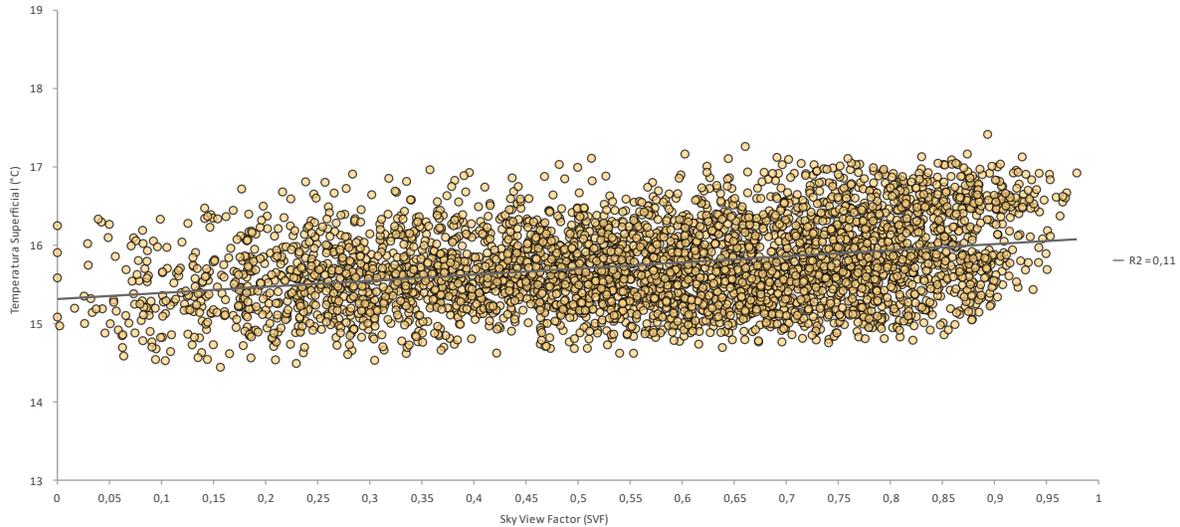


Figura 4: Gráfico de dispersión entre Temperatura Superficial y SVF. Elaboración propia.

4.4 Relación entre la morfología urbana y la temperatura

4.4.1 Relación entre la morfología urbana y la temperatura a escala local

La distribución de las temperaturas de emisión superficial en Quilpué muestra patrones similares tanto en verano como en invierno. En ambas estaciones, se observa una tendencia de bajas temperaturas en la zona oeste de la ciudad, mientras que el epicentro de alta temperatura se mantiene en un lugar similar. Hacia el oeste de la zona urbana de Quilpué, se encuentran áreas con bajas temperaturas. Esto puede deberse a factores como la altitud más baja en esa dirección y posibles influencias de corrientes de aire fresco provenientes de áreas abiertas y espacios naturales.

En este marco, tanto en invierno como en verano, el epicentro de alta temperatura se encuentra en un rango de altitud similar, alrededor de los 10 a 110 metros sobre el nivel del mar (msnm). Sin embargo, a medida que avanzamos hacia el este de la ciudad, la altitud se eleva a unos 110 a 140 msnm y esta variación en la altitud también puede influir en la distribución de las temperaturas. Los patrones térmicos reflejan la influencia de la topografía de Quilpué en el clima local y la altitud, con ello, la configuración del terreno desempeña un papel en la formación de microclimas y en la variabilidad de las temperaturas en diferentes áreas de la ciudad. Por otra parte, la microescala climática de la topografía

superficial no presenta una reducción en la temperatura superficial conforme aumenta la altitud; es plausible que las variaciones altitudinales no sean lo bastante significativas para ejercer influencia sobre la temperatura.

Respecto a la exposición de laderas, se observa que en la isla de calor superficial de Quilpué no hay una orientación de laderas dominante sobre las demás. Se cree que la influencia de la exposición de estas laderas en las temperaturas superficiales puede verse mitigada por otros factores como la altitud, la topografía local y la presencia de vegetación, factores que influyen en la circulación de aire, la retención de calor y la interacción con la radiación solar, creando un entorno térmico complejo.

Sobre la distancia a las fuentes húmedas, los cuerpos de agua suelen tener un efecto moderador en las temperaturas cercanas, ya que actúan como reguladores naturales del clima. Sin embargo, en el caso específico del área de estudio, se observa un patrón inusual en la distribución de las temperaturas en relación con la ubicación de los cuerpos de agua. En el área cercana a los cuerpos de agua, especialmente al este junto a los esteros, se concentran las temperaturas más altas. Esto puede deberse a varias razones. En este caso, la exposición solar directa podría ser más intensa en estas áreas debido a la topografía y la orientación geográfica. No obstante, al comparar las cartografías 5 y 9 se observa que el curso de agua del estero Quilpué parece dividir la isla de calor urbana superficial. Las elevadas temperaturas que caracterizan esta isla y se extienden hacia el extremo norte de la zona urbana encuentran un freno en su propagación debido al estero. Posteriormente, estas temperaturas elevadas reaparecen, aunque se encuentran atenuadas por la influencia del cauce de agua. No obstante, en la región suroeste del área de investigación, donde la distancia con los cuerpos de agua es mayor, no se correlaciona con temperaturas más elevadas.

Relativo al albedo. En las áreas del centro y norte de la zona urbana, se observa una tendencia a presentar un albedo más bajo, posiblemente debido a la presencia de materiales de construcción oscuros, como el asfalto y las superficies pavimentadas, que tienen una mayor capacidad de absorber la radiación solar y reflejar menos luz. Sin

embargo, es importante destacar que, a pesar de esta relación, el albedo parece tener una influencia limitada en la temperatura superficial. En la zona centro-este de la ciudad, se concentran las temperaturas más elevadas, y aunque una parte de esta área coincide con un albedo más bajo, la relación entre albedo y temperatura no parece ser directa. Esto sugiere la participación de otros factores climáticos y urbanos que afectan el patrón térmico en esta zona.

Respecto a la vegetación y la humedad del suelo, se observa que, aunque las áreas próximas a los esteros Quilpué y El Belloto exhiben una mayor humedad del suelo y, por ende, una vegetación más abundante, no se constata que esto tenga un impacto de gran magnitud en las temperaturas de emisión superficial. Al considerar estos elementos, es fundamental resaltar que la temperatura se ve influenciada por diversos factores, tales como la radiación solar, la topografía, la exposición y las características urbanas. En este contexto, es relevante mencionar que, a pesar de la conexión entre la vegetación y la humedad del suelo, parece que ninguna de estas variables mantiene una relación directa con la temperatura superficial.

En relación con la densidad de población, se percibe una tendencia consistente, independientemente de la estación, en la cual las temperaturas de emisión superficial y la densidad de población son menores hacia el oeste y aumentan hacia el este en el área estudiada. Esta relación puede ser atribuida a varios elementos. Hacia el este del área, se concentra una mayor densidad de población junto con una mayor urbanización e infraestructura. Estas áreas urbanizadas tienden a contar con más superficies pavimentadas, edificios y estructuras que pueden absorber y retener más calor, resultando en temperaturas de emisión superficial más altas. En contraste, en el lado oeste de Quilpué, se encuentran zonas menos pobladas y con menos infraestructura, lo que podría contribuir a temperaturas de emisión superficial más bajas.

Relativo al análisis de las temperaturas en diferentes zonas climáticas locales, se subraya cómo las características específicas influyen en los patrones térmicos. En particular, las áreas con una mayor densidad de infraestructuras y actividad industrial, como la Zona

Extensiva de baja altura (ZCL 8), muestran temperaturas máximas más altas. Esto puede atribuirse a la interacción con zonas designadas como comerciales o mixtas, que permiten una variedad de actividades comerciales y de servicios. Por otro lado, las zonas con una mayor densidad de construcciones y menor vegetación, como la Zona Alta densidad de baja altura (ZCL 3), también presentan temperaturas máximas elevadas debido a la influencia de la densa urbanización. En contraste, áreas con una distribución más dispersa de construcciones, como la Zona Baja densidad baja altura (ZCL 6), experimentan temperaturas mínimas más bajas. Mientras que, zonas con una densidad de construcciones menor y una mayor presencia de vegetación, como la Zona Arbolado disperso (ZCL B), tienen un menor rango de temperaturas. En resumen, las áreas con intensa actividad industrial y densidad de construcciones alta tienden a experimentar aumentos en la temperatura superficial, mientras que las áreas con mayor dispersión de construcciones y vegetación suelen tener temperaturas más bajas.

Sobre la Distribución Socioeconómica, el análisis de las temperaturas superficiales en relación con la distribución socioeconómica destaca patrones específicos que, en consonancia con el concepto de justicia socioambiental, revelan cómo las disparidades en el acceso a recursos y beneficios pueden influir en el aumento de las temperaturas en ciertas categorías. En particular, al observar las categorías C1a y E, se detecta una variabilidad térmica más marcada, con IQRs de 2.12 y 1.87 respectivamente. Estas diferencias podrían vincularse con la densidad de construcciones y la interacción con el entorno urbano, aspectos que están intrínsecamente ligados a la justicia socioambiental.

En este contexto, es vital considerar soluciones que emerjan desde la justicia socioambiental para abordar estas desigualdades. Una estrategia clave podría ser la implementación de políticas urbanas inclusivas que prioricen la creación de espacios verdes y áreas de esparcimiento en comunidades desfavorecidas, reduciendo así las llamadas "islas de calor" y promoviendo condiciones más saludables en las zonas afectadas. Además, se recomienda fomentar la participación de las comunidades en la toma de decisiones relacionadas con la planificación y diseño urbano, garantizando que las necesidades y

perspectivas de todos los grupos sean tenidas en cuenta y que se evite la concentración de impactos negativos en comunidades marginadas.

Así, el análisis subraya la interacción entre temperaturas superficiales, distribución socioeconómica y justicia socioambiental, y plantea la necesidad de soluciones que aborden estas desigualdades desde una perspectiva inclusiva y equitativa. Las políticas urbanas orientadas hacia la justicia socioambiental pueden desempeñar un papel esencial en la creación de entornos más saludables y sostenibles para todas las comunidades urbanas.

4.4.2 Relación entre la morfología urbana y la temperatura a microescala climática

El análisis de la relación entre la morfología urbana y la temperatura a microescala climática en un área de estudio de pequeña escala resalta patrones específicos que pueden influir en las variaciones de temperatura. Al considerar la altitud como factor, se observa a través de un gráfico de dispersión que los cambios en la altitud en esta área pueden no ser lo suficientemente significativos para ejercer una influencia notoria en las temperaturas. Esto concuerda con la naturaleza de áreas urbanas compactas, donde los cambios en la topografía pueden no tener un impacto tan marcado en las variaciones térmicas debido a la limitada amplitud altitudinal.

Por otro lado, el gráfico de dispersión que relaciona el Sky View Factor con la temperatura revela una conexión, pero con un R^2 de 0.11 esta no resulta significativa. El SVF, que influye en la cantidad de radiación solar que llega a un punto específico, muestra un aumento ligero en la temperatura con un SVF más alto. Esto sugiere que las áreas con una mayor exposición al sol experimentan temperaturas superficiales más altas. Dado que en áreas urbanas compactas otros factores como la orientación de los edificios, la densidad de construcciones y la presencia de áreas verdes pueden tener un impacto más influyente en las temperaturas superficiales, la relación entre el SVF y la temperatura ofrece una perspectiva más esclarecedora en este entorno. Esta comprensión subraya la importancia de considerar múltiples factores y adaptar el análisis a las características específicas del entorno urbano en estudio.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES

Este estudio ha proporcionado una visión exhaustiva de las relaciones entre diversos factores y las temperaturas superficiales a nivel local en Quilpué, así como en una microescala climática más específica. En la primera parte del análisis a escala local, se ha explorado la intrincada interacción entre múltiples factores y las temperaturas superficiales. Se encontró que la densidad de población y las zonas climáticas locales desempeñan roles clave en la configuración de patrones térmicos dentro de la ciudad.

El análisis reveló que la densidad de población está vinculada a las variaciones térmicas, con una tendencia consistente de que las áreas más densamente pobladas presentan temperaturas superficiales más elevadas. Esto puede atribuirse a la mayor presencia de infraestructuras, edificios y pavimentos en estas zonas, que contribuyen a la retención y acumulación de calor. Asimismo, las zonas climáticas locales también tienen un impacto significativo, con áreas caracterizadas por mayor actividad industrial y densidad de construcciones experimentando variabilidad térmica más marcada y temperaturas máximas más altas.

En la segunda parte del análisis, que se centró en la microescala climática, no se identificaron relaciones fuertes entre las variables estudiadas y las temperaturas superficiales. Las áreas con un SVF más alto, que permiten una mayor exposición a la radiación solar, experimentaron temperaturas superficiales levemente más elevadas. Aunque la altitud también se consideró en el análisis, se observó que los cambios altitudinales en el área de estudio no ejercen una influencia determinante en las variaciones térmicas, aparentemente la microescala climática no permite un rango de altitudes lo suficientemente amplio para notar un impacto en la temperatura.

En resumen, este estudio destaca la importancia de la densidad de población y las zonas climáticas locales en la influencia de las temperaturas superficiales en áreas urbanas. Además, se reconoce la relevancia del concepto de justicia socioambiental en la comprensión de las disparidades en la exposición a condiciones térmicas adversas. Se plantea que se deberían incluir soluciones que surgen desde la justicia socioambiental,

como políticas urbanas inclusivas y participativas. Lo que podría desempeñar un papel esencial en la creación de entornos más saludables y sostenibles para todas las comunidades urbanas. Estos hallazgos tienen implicaciones significativas para la planificación urbana y la gestión del clima local, resaltando la necesidad de considerar múltiples variables en los esfuerzos por abordar los efectos del cambio climático y promover entornos urbanos más resilientes.

BIBLIOGRAFÍA

AgroSpace. (28 de octubre de 2021). Algoritmos de Evapotranspiración: ¿Qué es el Balance Energético de Superficie (BES)? Recuperado el 01 de marzo de 2023, de <https://agrospace.cl/algoritmos-de-evapotranspiracion-que-es-el-balance-energetico-de-superficie-bes/>

Aguila, J. (2020). Evidencias de las Relaciones entre Morfologías Urbanas y la Temperatura Superficial de Meso y Microescala. Algunos Aportes a la Planificación Territorial. El Caso de Curicó, Chile. Santiago: Universidad de Chile. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Escuela de Pregrado. Carrera de Geografía.

Alvarado, R. (5 de junio de 2022). La urgencia de planificar las ciudades para hacer frente al cambio climático. Recuperado el 7 de junio de 2023, de <https://uchile.cl/noticias/187092/la-urgencia-de-planificar-ciudades-frente-al-cambio-climatico>

Álvarez A, Luis, Silva A, Lisandro, & Soto C, Marcela. (2009). DIMENSIÓN ESPACIAL DE LA MOVILIDAD COTIDIANA UNIVERSITARIA: EL CASO DEL GRAN VALPARAÍSO. Revista INVI, 24(65), 19-77. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-83582009000100002>

ArcGeek. (23 de febrero de 2021). ¿Cuál es la diferencia entre ortofotos, ortofotomapas, ortomosaicos y verdaderas ortofotos? Recuperado el 18 de junio de 2023, de <https://acolita.com/cual-es-la-diferencia-entre-ortofotos-ortofotomapas-ortomosaicos-y-verdaderas-ortofotos/>

ArcGIS Drone2Map - Imágenes GIS 2D y 3D | Aeroterra S.A. . Recuperado el 10 de abril de 2023, de <https://www.aeroterra.com/es-ar/productos/drone2map-for-arccgis/introduccion>

Arellano, B., & Roca, J. (2023). Planificación Urbana y Cambio Climático. Universidad Politécnica de Cataluña.

ARQUITECTURA PURA. (2023). Recuperado el 8 de marzo de 2023, de <https://www.arquitecturapura.com/arquitectura/disenio-urbano-4694/>

Balmaceda, M., Cantón, M., & Correa, É. (2018). Impacto microclimático estival de la configuración de distintas tipologías de espacio abierto en manzanas urbanas. Esquema concentrado versus disperso. Santiago: EURE. doi: <https://dx.doi.org/10.4067/s0250-71612018000300233>

Basurto, E. (2016). MICROURBANISMO, LUGAR Y HABITABILIDAD. Santiago: Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco.

BCN (s. f.). Mapas vectoriales. bcn.cl. Recuperado el 28 de mayo de 2023, de https://www.bcn.cl/siit/mapas_vectoriales/index_html

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (2023). Mapas Temáticos. Recuperado el 18 de mayo de 2023, de https://www.bcn.cl/siit/mapoteca/mapa_view?t=Poblaci%C3%B3n%20y%20Censo&u=Regi%C3%B3n&s=Regi%C3%B3n%20de%20Valpara%C3%ADso&h=1

Capel, H. (2013). La morfología de las ciudades: sociedad, cultura y paisaje urbano. Barcelona: Ediciones del Sebral.

CARE, & WWE. (2023). Social and Environmental. Recuperado el 13 de junio de 2023, de <https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/socialenvironmentaljustice2.pdf>

Cassie, D., Chasse, J., & Rao, Y. (2013). Water Bodies Based in part on the article “Rivers, canals and estuaries” by Steve Monismith, which appeared in the Encyclopedia of Environmetrics. doi:10.1002/9780470057339.var054.pub2

Cherlinka, V. (12 de junio de 2023). El Control De La Humedad Del Suelo: Un Factor Clave. Recuperado el 21 de junio de 2023, de <https://eos.com/es/blog/humedad-del-suelo/>

Díaz, G. (3 de 2012). EL CAMBIO CLIMÁTICO. Recuperado el 03 de noviembre de 2022, de <https://www.redalyc.org/pdf/870/87024179004.pdf>

Dirksena, M., Rondab, R., Theeuwesc, N., & Paganía, G. (2019). Sky view factor calculations and its application in urban heat island. Arnhem: ELSEIVER. doi:<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100498>

DJI Enterprise. (16 de junio de 2023). Obtenido de <https://enterprise.dji.com/mavic-3-enterprise>

Durán, G. (2021). Planificando vuelo de drones con DJI Pilot. Cuenca Austral.

Economía3. (1 de junio de 2023). Densidad de población: ¿Qué es y cuáles son sus características? Obtenido de <https://economia3.com/densidad-poblacion-causas/>

Elisabeth, I., Karki, S., Prajapati, C., Kailash, R., & Babu, B. (2015). Facing north or south: Does slope aspect impact forest stand characteristics and soil properties in a semiarid trans-Himalayan valley?

EOS Data Analytics. (6 de septiembre de 2022). Fórmula Y Uso Del Índice De Vegetacion Na Agricultura. Recuperado el 26 de agosto de 2022, de <https://eos.com/es/make-an-analysis/ndvi/>

Esri. (2023). NDWI. Recuperado el 01 de abril de 2023, de <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/arcpy/image-analyst/ndwi.htm#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20%C3%8Dndice%20de%20agua,NIR%20y%20la%20banda%20verde.>

Ferrelli, F., Bustos, M., & Piccolo, M. (2017). La expansión urbana y sus impactos sobre el clima y la sociedad de la ciudad de Bahía Blanca, Argentina. DO - 10.3989/estgeogr.201615 JO - Estudios Geográficos.

Gómez, D. (2003). LA ORDENACIÓN TERRITORIAL: CARÁCTER, ALCANCE Y CONTENIDO. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Hidalgo, G., & Bonvehi, R. (1993). Effects of the exposure and gradient of hillslope in the evaluation of the potential atmospheric demand. An example of calculate in the Aragonese semiarid .

Hidalgo, R., Vergara-Constela, C., & González-Rodríguez, M. (2022). Las condiciones de la urbanización y la producción de naturaleza en ciudades litorales chilenas. Los casos de Valparaíso y Coquimbo. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile.

IDEAM. (15 de agosto de 2023). Quinto, el albedo es una medida de la reflectividad de una superficie, es decir, la proporción de radiación solar que es reflejada por dicha superficie en relación con la radiación incidente. Cuando la radiación solar llega a una superficie, parte de ella. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/la-radiacion-solar-y-su-paso-por-la-atmosfera>

Instituto Nacional de Estadísticas (INE). (2022). INE publica sitio de mapas de densidad de población y vivienda por manzana. Recuperado el 2 de diciembre de 2022, de <https://www.ine.gob.cl/prensa/2019/09/16/ine-publica-sitio-de-mapas-de-densidad-de-poblaci%C3%B3n-y-vivienda-por-manzana>

Jairo, 2004

Jamalishahni, T., Turrell, G., Foster, S., Davern, M., & Villanueva, K. (2023). Neighbourhood socio-economic disadvantage and loneliness: the contribution of green space quantity and quality. BMC Public Health. doi:<https://doi.org/10.1186/s12889-023-15433-0>

Jimenez, G. (2007). Topografía para ingenieros civiles. Armenia: Universidad del Quindío.

León, F. M. (7 de julio de 2022). Calor extremo en las ciudades: las islas de calor urbano. Recuperado el 2 de marzo de 2023, de <https://www.tiempo.com/ram/calor-extremo-en-las-ciudades.html#:~:text=En%20cambio%2C%20la%20temperatura%20de,los%20patrones%20meteorol%C3%B3gicos%20y%20clim%C3%A1ticos.>

López J. & López C. (2004) EL URBANISMO DE LADERA: Un reto ambiental, tecnológico y del ordenamiento territorial. Urbanizing the side hill: An environmental, technological and urban challenge.

Lu, L., Weng, Q., Xiao, D., Guo, H., Li, Q., & Hui, W. (2020). Spatiotemporal Variation of Surface Urban Heat Islands in Relation to Land Cover Composition and Configuration: A Multi-Scale Case Study of Xi'an, China. *Remote Sensing: Xi'an*.

MANNI GROUP. (18 de mayo de 2021). LOS MICROCLIMAS URBANOS. Obtenido de <https://blog.mannigroup.com/es-es/los-microclimas-urbanos#:~:text=Se%20conoce%20como%20microclimas%20urbanos,de%20zonas%20que%20lo%20rodean.>

Marquet, P., Altamirano, A., Arroyo, M. T., Fernández, M., Gelcich, S., Górski, K., . . . Smith-Ramírez, C. (2019). Biodiversidad y cambio climático en Chile: Evidencia científica para la toma de decisiones. Informe de la mesa de Biodiversidad. Santiago: Comité Científico COP25.

Márquez, M., & Veloso, E. (2022). EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN CHILE: ESTADO DEL ARTE. Estado, Gobierno Y Gestión Pública,. *Revista Estado, Gobierno y Gestión Pública*.

Martínez, C. (16 de febrero de 2015). Mapas: La urbanización en el mundo entre 1950 y 2030. Recuperado el 18 de diciembre de 2022, de <https://www.plataformaurbana.cl/archive/2015/02/16/mapas-la-urbanizacion-en-el-mundo-entre-1950-y-2030/>

Moreno, A., & Lárraga, R. (2023). Expansión urbana, justicia ambiental y equidad en el acceso a espacios verdes en la zona metropolitana de. Recuperado el 13 de junio de 2023, de https://www.researchgate.net/profile/Adrian-Mata/publication/313564033_Chapter_IX_Urban_Sprawl_sociospatial_differentiation_vulnerability_and_risk_to_flooding_in_the_metropolitan_area_of_San_Luis_Potosi_Mexico/links/589e59fc45851598bab44371/Chapter-IX-Urb

Moreno, M. (2010). *Climatología urbana*. Universitat de Barcelona.

National Geographic. (5 de septiembre de 2010). Amenazas de la urbanización. Recuperado el 12 de noviembre de 2022, de <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/amenazas-de-la-urbanizacion>

Oke. (1988). The urban energy balance. Progress in Physical geography.

Oke, T. R., Mills, G., Christen, A., & Voogt, J. A. (2017). Urban climates. Cambridge: University Press.

Olivares, B., & López-Beltrán, M. (2018). Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada aplicado al territorio indígena agrícola de Kashaama, Venezuela. Cuadernos de Investigación UNED.

Ortúzar, S. (2010). INTRODUCCIÓN A LA PLANIFICACIÓN TERRITORIAL. Santiago, Chile: Ediciones Universidad Central.

Oke, T., Mills, G., Christen, A., & Voogt, J. (2017). Urban climates. Cambridge University Press.

Orfeo, O., & Neiff, J. J. (2008). Esteros del Iberá. Un enorme laboratorio a cielo abierto.

Ottally, W., Amaris, S., Giselle, A., Nicole, B., & Perén, J. (2021). Influencia de la Morfología Urbana en el Microclima de los Alrededores de Calle 50, en Ciudad de Panamá. Panamá: Universidad de Panamá. Sustainable Building and City Research Group-SusBCity.

Percepciones económicas. (27 de junio de 2023). Los grupos socioeconómicos en Chile. Obtenido de https://www.percepcioneseconomicas.cl/desarrollo-economico/los-grupos-socioeconomicos-en-chile/#Que_son_los_grupos_socioeconomicos

Physics in a nutshell. (15 de abril de 2023). Surface Temperature of the Earth. Obtenido de <https://www.physics-in-a-nutshell.com/article/17/surface-temperature-of-the-earth>

Programa de Vialidad y Transporte Urbano: SECTRA. (2022). ORTOFOTOMOSAICO GRAN SANTIAGO AÑO 2012. Recuperado el 1 de diciembre de 2022, de http://www.sectra.gob.cl/datos_informacion_espacial/metropolitana/santiago01.htm

Proyecto GEF Montaña. (10 de abril de 2021). El Ordenamiento Territorial como herramienta para avanzar hacia una sustentabilidad... Recuperado el 1 de marzo de 2023, de <https://gefmontana.mma.gob.cl/el-ordenamiento-territorial-como-herramienta-para-avanzar-hacia-una-sustentabilidad->

fuerte/#:~:text=La%20planificaci%C3%B3n%20ecol%C3%B3gica%20local%20participativa, alcanzar%20la%20anhelada%20sustentabilidad%20fuerte.

Quantum. (s. f.). NASA's Earth Observing System (EOS) | Quantum. Quantum. Recuperado el 1 de junio de 2023, <https://www.quantum.com/es/resources/customer-success/nasa-earth-observing-system-eos/>

Roca, G., Puliafito, S., Allende, D., Ruggieri, F., & Pascual, R. (2016). MODELADO URBANO A MICROESCALA: CONTRIBUCIÓN AL CONFORT URBANO DE ECOSISTEMAS ARIDOS". Mendoza: Universidad Tecnológica.

Roco, F. (2022). Temperatura Superficial y Tipologías de Diseño Urbano – Residencial, Relación a Microescala Climática, Caso de la Comuna de Renca Como Base Para Lineamientos de Diseño Urbano Sensible al Clima. Santiago: Universidad de Chile. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Escuela de Pregrado. Carrera de Geografía.

Romero, H., & Henrique, F. (2021). La construcción social de climas urbanos y su relación con la pandemia de Covid-19 en Santiago de Chile.

Romero, H., & Henrique, F. (2021). La construcción social de climas urbanos y su relación con la pandemia de Covid-19 en Santiago de Chile. Santiago: Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía 30. doi:<https://doi.org/10.15446/>

Romero, H., & Molina., M. (2008). Relación espacial entre tipos de usos y coberturas de suelos e islas de calor en Santiago de Chile. Santiago: Universidad de Chile.

Romero, H., Salgado, M., & Smith, P. (2010). Cambios climáticos y climas urbanos; Relaciones entre zonas termales y condiciones socioeconómicas de la población de Santiago de Chile. Santiago: Revista INVI v.25 n.70. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-83582010000300005>

Rozas P. & Figueroa O. (2006) Conectividad, ámbitos de impacto y desarrollo territorial: análisis de experiencias internacionales. Naciones Unidas. Cepal.

Ruíz Silva, G. (2016). Urbanización del desplazamiento en Bogotá, morfología urbana asociada al fenómeno del desplazamiento interno forzado. Estudio de caso en los barrios “Las Palmitas” y “Potosí” en Bogotá (Doctoral dissertation).

Sarricolea, P., & Romero, H. (2010). Análisis de los factores condicionantes sobre las temperaturas de emisión superficial en el área metropolitana de Valparaíso, Chile. ACE: Architecture, City and Environment = Arquitectura, Ciudad y Entorno.

Sarricolea, P., & Vide, J. (2014). El estudio de la Isla de Calor Urbana de Superficie del Área Metropolitana de Santiago de Chile con imágenes Terra-MODIS y Análisis de Componentes Principales. Revista de Geografía Norte Grande, 57: 123-141.

Serafin, S., Cuxart, J., Wekker, S. F., Gohm, A., Grisogono, B., Kalthoff, N., . . . Zardi, D. (2018). Exchange Processes in the Atmospheric Boundary Layer Over Mountainous Terrain. atmosphere. doi: 10.3390/atmos9030102

SerchJiménez. (30 de marzo de 2020). Modelos digitales de Superficie y de Terreno obtenidos con Drones. Recuperado el 5 de junio de 2023, de <https://www.hidraulicafacil.com/2020/03/modelos-digitales-de-superficie-y-de.html>

Smith, P., Sarricolea, P., Peralta, O., Aguila, J. P., & Thomas, F. (2021). Study of the urban microclimate using thermal UAV. The case of the mid-sized cities of Arica (arid) and Curicó (Mediterranean), Chile. Departamento de Geografía, Universidad de Chile & Center for Climate and Resilience Research (CR)2.

Solé, R. (17 de mayo de 2022). Sky View Factor o cuánto calor pasarás según el espacio entre fincas. Obtenido de <https://www.tiempo.com/noticias/ciencia/que-es-el-sky-view-factor-vital-balance-energetico-ciudades.html>

Steele, W., Mata, L., & Fünfgeld, H. (2015). Urban climate justice: creating sustainable pathways for humans and other species. ELSEVIER. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.05.004>

Tello, M. (2010). Hábitat urbano y rural: una propuesta teórico conceptual para repensar el hábitat humano desde el sentido del subsistir y el trascender. Bogotá: Universidad de La Salle.

The Globe Program. (2005). Protocolo de Temperatura Superficial. Obtenido de <https://www.globe.gov/documents/16257217/17240639/Prototocols+de+Temperatura+Superficial/3bc6d996-de55-4c22-8a47-8160f6609b52#:~:text=La%20temperatura%20superficial%20es%20una,montados%20sobre%20torres%2C%20y%203>.

topographic-map.com. Mapa topográfico Quilpué, altitud, relieve. (s. f.). Mapas topográficos. Recuperado el 12 de junio de 2022, de <https://es-es.topographic-map.com/map-sjhzb3/Quilpu%C3%A9/>

Universidad Politécnica de Madrid. (2004). Planificación Territorial. Obtenido de <https://www.upm.es/observatorio/vi/index.jsp?pageac=contenido&idpagina=5810>

van Leeuwen, L., & Creemers, L. (2021). Exposure to nature as a way to enhance social cohesion and subjective well-being among young adults. *Nature and Science of Sleep*, 13, 19-30. doi:10.2147/NSS.S293382

Vega, H. (2021). Reconocimiento de afectación por deslizamiento histórico en el sitio urbano de Campamento Antofagasta. *Revista ARQUC*. doi:<https://doi.org/10.22320/07196466.2021.11.009>

Velázquez, A. (2018). Urban Heat Island (UHI) in The Tropics: the Case of The Metropolitan Area of San José, Costa Rica. *Ambiente & Sociedade*. Recuperado el 12 de junio de 2022, de <https://www.redalyc.org/pdf/155/15554811008.pdf>

Villanueva Solis, J. (2015). Adaptación y mitigación de la isla de calor urbana y la planeación urbana sustentable.

V región de Valparaíso, Chile - Quilpué - provincia de Marga Marga. Recuperado el 25 de junio de 2023 <http://www.vregion.cl/marga-marga/quilpue/>

Weng, Q., & Lu, D. (2008). A Sub-pixel Analysis of Urbanization Effect on Land Surface Temperature and Its Interplay with Impervious Surface and Vegetation Coverage in Indianapolis, United States. *Remote Sensing of Environment*. doi:10.1016/j.rse.2008.06.005