



ISLA DE CALOR URBANA DE SANTIAGO Y MICROCLIMA EN EL ESPACIO PÚBLICO: DE LA MEDICIÓN A LA PERCEPCIÓN.

EL CASO DEL BARRIO ITALIA EN LA COMUNA DE
PROVIDENCIA, CHILE.

TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER URBANISMO

Autor: Felipe Ortega Núñez

Profesor Guía: Dr. Pablo Sarricolea Espinoza.

SANTIAGO, DICIEMBRE DE 2018

AGRADECIMIENTOS

A mi familia y amigos por su cariño incondicional, comprensión y apoyo en este proceso. En especial a mi Abuela Filomena, a mi Padre por el cariño y la alegría, a mi hermano Benjamín por su ayuda desinteresada cada vez que la necesite y a mi Madre por sobre todas las cosas, por los innumerables sacrificios que hizo para permitirme ser la persona que soy, siempre será mi mayor ejemplo en lo humano y profesional.

A mis compañeros del Magister por permitirme aprender de ellos y disfrutar de este proceso con compañerismo y buenos momentos de amistad.

A cada uno de los profesores y cuerpo académico del Magister por la ética, la exigencia académica y el respeto. Muchas gracias a todos por ayudarme a transformarme en un mejor profesional.

A mi profesor guía Pablo, por la calidad humana, el respeto y por darme total libertad para desarrollar un tema de su experticia desde mi área profesional. Gracias por la generosidad en el conocimiento y por cada uno de sus aportes en la presente investigación.

Gracias por su inspiración a todos los activistas y ONG que lideran la lucha contra el cambio climático y por la justicia ambiental en Chile y en todo el planeta.

Finalmente, gracias infinitas a Catalina mi compañera, por ser y estar, por la creatividad, la paciencia, la comprensión y el cariño incondicional, nada de esto sería posible sin tu amor.

RESUMEN

Con más de la mitad de la población mundial viviendo en ciudades, el confort ambiental de los espacios públicos se ha transformado en un importante indicador de sostenibilidad, habitabilidad y vitalidad para las áreas metropolitanas, considerando que el desarrollo de la Climatología Urbana y las nuevas tecnologías de teledetección han permitido verificar al interior de las zonas más densamente pobladas la formación de “Islas de Calor Urbanas”. En la escala de microclima, las investigaciones recientes se han concentrado en relaciones estadísticas entre descriptores morfológicos y modelos matemáticos de predicción del confort térmico humano, aunque estudios recientes han establecido la necesidad de considerar la percepción termo-espacial de las personas, como una variable relevante que requiere de un enfoque metodológico también de carácter cualitativo.

El presente estudio de caso pretende aportar a la discusión científica, situando a las personas en el centro de la investigación, examinando primero la evolución diurna y nocturna de las temperaturas intraurbanas en el Área Metropolitana de Santiago y específicamente en la comuna de Providencia, identificada como epicentro de la Isla de Calor Urbana de superficie de Santiago en el periodo 2001-2017. Posteriormente se han comparado a nivel de microclima la variación en el acceso solar a partir de los cambios morfológicos producidos en Barrio Italia entre las comunas de Providencia y Ñuñoa, para finalmente reconocer las cualidades del diseño urbano y la influencia que estas ejercen en la percepción termo-espacial de los habitantes del espacio público en este barrio. Los resultados indican una tendencia al alza de más de 1°C en cuanto las temperaturas superficiales nocturnas a nivel metropolitano y comunal, además de una importante reducción en los indicadores de acceso solar y en la calidad del diseño urbano a escala de barrio, producida a partir de los cambios morfológicos en el límite entre ambas comunas. Respecto de la percepción de los peatones, estos identificaron a la mayor presencia de arborización en el diseño de las calles, como el elemento de mayor influencia física y psicológica en la conformación de espacios térmicamente más confortables. La metodología utilizada de carácter multiescalar ha permitido identificar al espacio público como unidad básica para la adaptación climática de zonas de renovación urbana, donde el aumento en la cantidad de vegetación al interior de las calles constituye una estrategia conveniente para incorporar en la Planificación Urbana, a fin de crear ambientes urbanos más cómodos y atractivos para las personas.

PALABRAS CLAVES

Isla de Calor Urbana, Microclima Urbano, Percepción Termo-Espacial.

INDICE DE CONTENIDOS

1.	<u>INTRODUCCIÓN.....</u>	1
1.1.	Estado del asunto	1
1.2.	Problema de Investigación.....	3
1.3.	Objetivos	4
1.3.1.	Objetivo General:.....	4
1.3.2.	Objetivos Específicos:.....	5
1.4.	Hipótesis	5
2.	<u>MARCO TEÓRICO.....</u>	6
2.1.	Orígenes de la Climatología Urbana.....	6
2.2.	Estudios y Efectos de la Isla de Calor Urbana (ICU).....	7
2.3.	Teledetección e Isla de Calor Urbana de superficie (ICUs)	9
2.4.	Isla de calor en el Área Metropolitana de Santiago (AMS).....	10
2.5.	Microclima y Bioclimática	11
2.6.	Cañones Urbanos y Descriptores Morfológicos	12
2.7.	Modelos de Confort Térmico.....	15
2.8.	Definiciones de Percepción Térmica, Espacial y Ambiental.....	18
2.9.	Métodos Cualitativos en la Percepción Termo-espacial.....	20
3.	<u>ANTECEDENTES</u>	24
3.1.	Providencia: Diagnóstico Comunal.	24
3.2.	Caso de Estudio: Barrio Italia.....	27
3.3.	Criterios de Climatología en la Normativa Urbana.	31
4.	<u>METODOLOGÍA.....</u>	35
4.1.	Isla de Calor Urbana del AMS en Providencia	35
4.2.	Microclima Urbano en el Barrio Italia	36
4.3.	Percepción termo-espacial de las personas.	37
4.4.	Codificación de resultados en función de hipótesis	38
5.	<u>RESULTADOS.....</u>	40
5.1.	Análisis de temperaturas intraurbanas en la Isla de Calor Urbana de Santiago y la comuna Providencia.....	40
5.1.1.	Evolución temporal de temperaturas superficiales (LST) diurnas y nocturnas en base a MODIS (2001-2017)	40

5.1.2.	Registros comunales de temperaturas superficiales (LST) nocturnas en el AMS (2009-2018).....	44
5.1.3.	Análisis de temperaturas según morfología urbana	47
5.2.	Estudio del Microclima Urbano en el Barrio Italia.....	50
5.2.1.	Descriptores Morfológicos	54
5.2.2.	Simulación Acceso Solar de Cañones Urbanos	58
5.3.	Cualidades Diseño Urbano y Percepción Termo-espacial	64
5.3.1.	Análisis de Cualidades del Diseño Urbano.....	64
5.3.2.	Entrevistas de Percepción Termo-espacial.	74
6.	<u>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</u>	88
6.1.	Temperaturas Intraurbanas.....	88
6.2.	Cambios Morfológicos en el Microclima.....	89
6.3.	Percepción Termo-Espacial	91
7.	<u>CONCLUSIONES</u>	93
8.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	97
9.	<u>ANEXOS</u>	106
9.1.	Anexo 1: Formato Consentimiento Informado.....	106
9.2.	Anexo 2: Transcripción de Entrevistas.....	107

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema de las escalas climáticas y de las capas aerológicas verticales donde se encuentran los efectos de modificación de las áreas urbanas. Fuente: Sarricolea (2012) en base a Oke (1987)	9
Figura 2 Red que demuestra las interrelaciones entre los diversos parámetros de adaptación psicológica en estudios de confort térmico al aire libre. Fuente: Nikolopoulou y Steemers (2003).	17
Figura 3 Matriz de los métodos cualitativos para estudiar la percepción térmica. Fuente: Lenzholzer, Klemm, & Vasilikou, 2018.	23
Figura 4 Evolución Población Comunal. Fuente Elaboración Propia en base a PLADECO (2013) e INE (2018).....	24
Figura 5 Densidad Comunal Hab/KM2 Fuente: INE (2018).....	25
Figura 6 Transformaciones entorno Av. Italia 1915-1964. Fuente: M. Palmer (1984) en base a catastro Municipalidad de Providencia	28
Figura 7 Fotografías actuales Barrio Italia en Ñuñoa (izquierda) y Providencia (derecha). Fuente: Elaboración propia (2018).....	30
Figura 10 Comparativo temperatura superficial diurna (LST) promedio entre periodo 2001-2008 y periodo 2009-2016. Fuente: Elaboración Propia (2018).....	42
Figura 9 Temperaturas Diurnas Máximas (LST) para cada año del periodo 2001-2017 en el AMS. Fuente: Elaboración Propia (2018)	42
Figura 8 Temperaturas Diurnas (LST) periodo 2001-2017 para el Área Metropolitana de Santiago. Fuente: Elaboración Propia (2018).....	42
Figura 13 Comparativo temperatura superficial nocturna (LST) promedio entre periodo 2001-2008 y periodo 2009-2016. Fuente: Elaboración Propia (2018).....	43
Figura 11 Temperaturas Nocturnas (LST) periodo 2001-2017 para el Área Metropolitana de Santiago. Fuente: Elaboración Propia (2018).....	43
Figura 12 Temperaturas Nocturnas Máximas (LST) para cada año del periodo 2001-2017 en el AMS. Fuente: Elaboración Propia (2018)	43
Figura 14 Mapa Isla de Calor Urbana de Superficie AMS, temperatura superficial (LST) promedio 2009-2018. Fuente: Elaboración Propia (2018).....	44

Figura 15 Variación de Temperaturas Superficiales promedio en el AMS (LST) entre periodo 2001-2008 y 2009-2016. Fuente: Elaboración Propia (2018).....	45
Figura 16 Mapa Isla de Calor Urbana de Superficie Comuna de Providencia, temperatura superficial (LST) promedio 2009-2018. Fuente: Elaboración Propia (2018).....	47
Figura 17 Densidad por Manzana (2012) y Altura de Permisos de Edificación (2002-2017) en Providencia. Fuente: Elaboración propia (2018)	48
Figura 18 Polígonos de Estudio Condell - Av. Italia. Fuente: Elaboración propia (2018).....	50
Figura 19 Modelo 3D Revit de Polígono B (Ñuñoa). En círculo ubicación de puntos para el cálculo de SVF. Fuente: Elaboración propia (2018).	52
Figura 20 Modelo 3D Revit de Polígono A (Providencia). En círculo ubicación de puntos para el cálculo de SVF. Fuente: Elaboración propia (2018)	52
Figura 21 Esquema relación Alto/Ancho (H/W) Av. Italia Polígono A. Fuente: Elaboración Propia (2018).....	54
Figura 22 Esquema relación Alto/Ancho (H/W) Condell Polígono A. Fuente: Elaboración Propia (2018).....	54
Figura 24 Esquema relación Alto/Ancho (H/W) Condell Polígono B. Fuente: Elaboración Propia (2018).....	55
Figura 23 Esquema relación Alto/Ancho (H/W) Av. Italia Polígono B. Fuente: Elaboración Propia (2018).....	55
Figura 25 Resumen resultados SVF Polígono A en Ecotect. Fuente: Elaboración propia (2018).	56
Figura 26 Resumen resultados SVF Polígono B en Ecotect. Fuente: Elaboración propia (2018).	57
Figura 27 Comparación polígonos A y B: Niveles de iluminación natural. Fuente: Elaboración propia (2018)	59
Figura 28 Comparación polígonos A y B: Total de horas de luz solar. Fuente: Elaboración propia (2018)	59
Figura 29 Comparación polígonos A y B: Radiación solar diaria. Fuente: Elaboración propia (2018)	60

Figura 30 Comparación polígonos A y B: Rango de sombras en solsticios invierno y verano. Fuente: Elaboración propia (2018).	61
Figura 31 Comparación polígonos A y B: Elevación sur con proyección de rayos solares reflejados (26 ene.). Fuente: Elaboración propia (2018).....	62
Figura 32 Esquema en base a modelo imaginabilidad de Lynch (1960). Fuente: Elaboración propia (2018)	64
Figura 33 Esquema vista axonométrica modelo 3D con imágenes registro audiovisual. Av. Italia Polígono A. Fuente: Elaboración Propia (2018).....	67
Figura 34 Esquema vista axonométrica modelo 3D con imágenes registro audiovisual. Condell Polígono A. Fuente: Elaboración Propia (2018)	68
Figura 35 Esquema vista axonométrica modelo 3D con imágenes registro audiovisual. Av. Italia Polígono B. Fuente: Elaboración Propia (2018).....	69
Figura 36 Esquema vista axonométrica modelo 3D con imágenes registro audiovisual. Condell Polígono B. Fuente: Elaboración Propia (2018)	70
Figura 37 Gráfico con resultados de cualidades perceptuales observadas. Fuente: Elaboración propia (2018)	73
Figura 38 Apoyo visual entrevistas con cambios morfológicos en el Barrio Italia (2015/2018). Fuente: Elaboración propia y Google Street View (2018)	77
Figura 39 Nube de palabras a partir de transcripción de entrevistas. Fuente: Elaboración propia (2018)	79
Figura 40 Red de códigos en base a entrevistas. Fuente: Elaboración propia (2018)	80
Figura 41 Participantes de entrevistas en esquina Condell y Santa Isabel. Fuente: Elaboración propia (2018)	85

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Metros cuadrados de áreas verdes por habitante. Fuente: Elaboración propia en base a catastro OCUC	26
Tabla 2 Matriz metodológica objetivo 1 - Fuente: Elaboración propia (2018)	35
Tabla 3 Matriz metodológica objetivo 2 - Fuente: Elaboración propia (2018)	36
Tabla 4 Matriz metodológica objetivo 3 - Fuente: Elaboración propia (2018)	38
Tabla 5 Resumen resultados metodología. Fuente: Elaboración propia (2018) ...	38
Tabla 6 Resumen estadístico comunal de temperaturas superficiales nocturnas (LST) en el AMS promedio 2009-2018. Fuente: Elaboración propia (2018).....	46
Tabla 7 Resumen estadístico por distritos (INE) de temperaturas superficiales (LST) promedio 2009-2018. Fuente: Elaboración propia (2018)	48
Tabla 8 Detalle permisos de para edificación en altura del polígono B (2004-2017). Fuente: INE (2018).....	53
Tabla 9 Protocolo de grabación registro de caminatas. Fuente: Elaboración propia (2018).....	66
Tabla 10 Matriz de análisis de cualidades perceptuales. Fuente: Elaboración propia (2018).....	72
Tabla 11 Guion de entrevistas semi estructuradas. Fuente: Elaboración propia (2018).....	76
Tabla 12 Definición de muestreo por cuotas según Censo 2017 (INE, 2018). Fuente: Elaboración propia (2018)	78

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Estado del asunto

Según datos del último Censo la población urbana de Chile pasó de un 83,5% en 1992 a un 87,8% en 2017, llegando en el caso de la Región Metropolitana a un 96,3% (INE, 2018). La concentración cada vez mayor de habitantes en zonas urbanas, sumado al contexto global de cambio climático al que contribuyen las ciudades y donde los periodos cálidos (olas de calor¹) aumentarán en frecuencia en los próximos años (IPCC, 2007), han despertado un creciente interés por parte de la comunidad científica en investigar sobre los impactos del calentamiento global en el confort térmico de los peatones. Investigaciones recientes indican que bajo las tendencias actuales, habrá un aumento en la frecuencia y severidad de las olas de calor en el futuro causando un impacto significativo en la salud de la población en todo el mundo, incluido un aumento en las tasas de mortalidad, que en el caso de Chile podrían aumentar hasta en un 400% al 2080, por causas asociadas al cambio climático, en tanto no se cumplan los objetivos adquiridos por los Estados en el acuerdo de París (Guo, et al., 2018)

El término isla de calor (ICU) se lo debemos al inglés *Gordon Mandey* (1958), que fue quien por primera vez utilizó dicho término, para referirse a una de las modificaciones climáticas más claras que causa la urbanización, como es el incremento térmico en las ciudades en comparación con su entorno rural (Sarricolea P. , 2012) (Sepúlveda, 2016). Los factores más relevantes en la aparición del fenómeno de las ICU incluyen la captura de calor por la morfología urbana, las propiedades térmicas de las superficies, el reemplazo de la vegetación por pavimentos duros y las fuentes de calor antrópicas (EPA, 1992) (Arnfield, 1990) (Oke T. R., 1995)

Para la presente investigación se elige el caso de la comuna de Providencia, a partir de investigaciones recientes en base a imágenes satelitales Terra MODIS², que la

¹ Ola de calor se define como el comportamiento térmico de una región en el que durante tres días consecutivos se produzcan temperaturas por sobre el percentil 90%. (MMA, 2016)

² MODIS es un instrumento a bordo de los satélites Terra y Aqua. Terra MODIS y Aqua MODIS están visualizando toda la superficie de la Tierra cada 1 o 2 días, adquiriendo datos en 36 bandas espectrales, o grupos de longitudes de onda | Fuente: <https://modis.gsfc.nasa.gov/>

han identificado como una de las comunas de la Región Metropolitana donde la isla de calor urbana de superficie (ICUs) tiende a localizar su máximo térmico (Sarricolea & Martín-Vide, 2014). La comuna de Providencia se constituye históricamente en torno a los espacios centrales de la ciudad, lugar del patrimonio dominante, desde donde el Estado ha adquirido su forma y poder (Márquez, Rozas, & Arriagada, 2014). Además, ha contado con procesos de planificación y diseño urbano que le han permitido compatibilizar armónicamente su espacio público con los distintos patrones morfológicos de ciudad, desde el modelo de barrio jardín utilizado entre 1920 y 1960 (Palmer, 1984) hasta la situación actual, caracterizada por un intenso crecimiento inmobiliario, que ha permitido el repoblamiento de la comuna, pero a costa de un riesgo de pérdida de la identidad y el patrimonio (PLADECO, 2013). Esta ubicación protagónica en el desarrollo del fenómeno de la ICUs del Área Metropolitana de Santiago (AMS) a partir de su centralidad urbana, sumado a los cambios morfológicos recientes producidos por el intenso desarrollo inmobiliario, permiten confirmar a la comuna de Providencia como un pertinente caso de estudio. La presente Tesis buscará profundizar en la relación entre morfología urbana y percepción térmica, específicamente en cuanto a la conformación de cañones urbanos y el rol significativo de estos en la creación de microclimas urbanos, caracterizados por disponer de temperaturas más altas que en su entorno, un régimen especial de vientos y menor humedad ambiental (Higueras, 2006). Estos factores microclimáticos impactan en el comportamiento energético de las edificaciones (Salvati, Coch, & Morganti, 2017) y en el confort térmico del espacio público adyacente (Andreou & Axarli, 2012) (Carrasco, Palme, & Gálvez, 2016) (Tumini, Higueras, & Baereswyl, 2016) (Lamarca, Qüense, & Henríquez, 2016). El enfoque particular e innovador del presente estudio de caso, será el desarrollo de un análisis multiescalar, desde la escala metropolitana a través del estudio del fenómeno de la ICUs, pasando a una segunda etapa de microescala mediante el modelamiento energético de cañones urbanos y posteriormente en la tercera parte abordando la escala humana, situando al usuario y su capacidad perceptiva, como centro de la investigación mediante metodologías cualitativas de percepción termo-espacial. Abordar este enfoque metodológico de múltiples escalas permitirá verificar

como el impacto de un fenómeno global como el cambio climático manifestado a nivel metropolitano en la formación de la ICUs, es percibido a nivel de microclima en las actividades y experiencias de los peatones en el espacio público, ayudando con esto a identificar futuras estrategias de adaptación climática³ a nivel peatonal posibles de implementar en el diseño urbano de ciudades como Santiago.

1.2. Problema de Investigación

La relación entre morfología urbana y confort térmico ha sido estudiada mayoritariamente en investigaciones sobre cañones urbanos de carácter cuantitativo, particularmente centradas en mediciones de variables instrumentales in situ (como temperatura del aire, temperatura de superficie, velocidad del viento, albedo) y descriptores morfológicos (como relación de ancho/alto en el cañón o factor de cielo abierto) y su relación estadística con modelos matemáticos de predicción del confort térmico humano. Sin embargo, varios de estos estudios han concluido que un enfoque cuantitativo es insuficiente para describir las condiciones de confort al aire libre, mientras que la utilización de variables cualitativas a cerca de la adaptación psicológica a las condiciones térmicas del microclima urbano por parte de los peatones, son cada vez más relevantes en las investigaciones recientes al respecto (Nikolopoulou & Steemers, 2003).

En relación con esto, el presente estudio plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Como afecta escala morfológica y espacial del cañón urbano la percepción térmica a nivel peatonal de los habitantes en el espacio público?

En el contexto global de progresiva densificación de los centros urbanos, la cada vez mayor demanda de uso sobre los espacios públicos es una variable relevante que incorporar por planificadores en la proyección de los perfiles urbanos y espacios públicos adyacentes a zonas de alta densidad. El confort térmico percibido por los peatones es un tema no considerado en la proyección de alturas y anchos de los perfiles urbanos en zonas de mayor densidad. La normativa actual de los

³ Adaptación al cambio climático: "Proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación trata de moderar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado y a sus efectos" (IPCC, 2014 en MMA, 2016).

instrumentos de planificación territorial (IPT) no contribuye a generar buenas condiciones de circulación y permanencia para los transeúntes no motorizados, porque solamente permite establecer ancho entre líneas oficiales, pero no la distribución de ese espacio público (SOCHITRAN, 2013). La Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), incorpora normas urbanísticas que determinan la conformación de cañones urbanos (rasantes, antejardines, constructibilidades, coeficientes de ocupación de suelo y distanciamientos), pero estas están pensadas para compatibilizar la relación armónica entre espacios privados, no para la configuración espacial del espacio público, ya que el objetivo es urbanizar de una manera equitativa y respetuosa entre los predios vecinos, pero no entre lo que se edificará y el espacio de uso público adyacente (Lamarca C. , 2014).

A partir de lo anterior es que el presente estudio busca situar al usuario y su percepción de los fenómenos asociados al aumento de temperaturas urbanas (ICU), exponiendo resultados cualitativos, que permitan aportar idealmente, en la futura adaptación climática de perfiles urbanos y espacios públicos, en tanto se reconoce como esencial que los IPT incorporen criterios de climatología urbana para comprender la relación entre planificación, diseño urbano y clima y su influencia en el confort térmico humano y el microclima urbano (Smith & Henríquez, 2018).

1.3. Objetivos

La presente investigación pretende profundizar en las variables morfológicas y espaciales de los espacios urbanos exteriores que inciden de manera más significativa en la percepción del fenómeno de isla de calor urbana. Esto a partir de la comparación de los resultados de imágenes satelitales, modelos computacionales y entrevistas aplicadas en terreno.

1.3.1. Objetivo General:

Realizar un análisis multiescalar desde la metrópolis de Santiago y la comuna de Providencia hasta el barrio Italia, que permita identificar elementos de la morfología espacial de las calles que influyen en la percepción termo-espacial del microclima y el fenómeno de isla de calor urbana de superficie, por parte de los habitantes.

1.3.2. Objetivos Específicos:

1. Examinar mediante técnicas de teledetección la evolución de temperaturas intraurbanas en el contexto de isla de calor urbana del AMS entre 2001 y 2017 y su disposición en el tejido urbano de la comuna de Providencia.
2. Comparar cambios de escalas morfológicas y espaciales a nivel de microclima, modelando descriptores morfológicos y simulando acceso solar en el espacio público de cañones urbanos con uso peatonal intensivo y prolongado del espacio público del barrio Italia.
3. Reconocer las cualidades del diseño urbano en los cañones estudiados y la influencia de estas en la percepción termo-espacial de las personas en el espacio público.

1.4. Hipótesis

Las cualidades espaciales del diseño urbano inciden en la percepción psicológica del microclima urbano y el fenómeno de isla de calor urbana.

La hipótesis plantea que existe una influencia entre la morfología espacial urbana (dimensiones espaciales, proporciones, colores y materialidad) sobre la percepción psicológica del microclima y el efecto isla de calor urbana, por parte del peatón, permitiendo ciertas configuraciones y cualidades espaciales una mejor o peor adaptación psicológica de las personas a las condiciones del clima urbano.

De esta forma ciertos entornos construidos a partir de su configuración espacial podrían otorgar mejores condiciones de permanencia o tránsito al peatón en el contexto de ICU, percibiendo psicológicamente el peatón condiciones térmicas más favorables en estos cañones urbanos, respecto de otros con un microclima urbano similar pero diferente configuración espacial, lo cual puede ser muy relevante para el éxito de barrios comerciales o zonas turísticas en periodos de altas temperaturas.

2. MARCO TEÓRICO

El marco teórico de la presente investigación se ha desarrollado desde la perspectiva multiescalar de la investigación, organizado desde lo general a lo particular. En primer término, se analizarán los estudios desde la meso escala o escala de clima regional representada en el desarrollo histórico de la climatología urbana y el estudio de las diferencias térmicas entre la ciudad y su entorno rural.

En segundo lugar, se analizará el estado del arte en cuanto a los estudios de confort térmico al aire libre a nivel de microclima y forma urbana, en el caso particular de los cañones urbanos, descriptores morfológicos y modelos de confort térmico.

Finalmente se decantará en como estas áreas de estudio se han abordado desde la escala humana en lo que se refiere a la percepción térmica, desde el concepto de percepción ambiental a percepción termo-espacial y las metodologías cualitativas utilizadas en investigaciones recientes para su vinculación con el diseño urbano.

2.1. Orígenes de la Climatología Urbana

El surgimiento de los primeros registros de alteraciones climáticas identificadas en asentamientos humanos a partir de la acción del hombre se vincula con la contaminación atmosférica y se remontan a los tiempos del Imperio romano, donde algunos poetas de la época ya describían el aire de Roma como “pestilente y pesado” y responsable de alterar su estado anímico. En Londres durante la Edad Media esto sería también advertido por miembros de la Monarquía y de la *Royal Society*, quienes promulgan las primeras prohibiciones de quema de carbón de origen mineral en esta y otras ciudades inglesas, buscando convertirlas en zonas “libres de humo”. (Sarricolea P. , 2012)

Sin embargo, es hasta 1820, cuando Luke Howard⁴ vincula el uso excesivo de combustibles, con un aumento de la temperatura del centro de Londres, respecto de sus afueras, afirmando que “La ciudad es 2,2 °C más cálida durante las noches y 0,2°C más fría durante el día que su periferia rural”, resultados similares a los

⁴ Howard, Luke (1820) “The Climate of London deduced from meteorological observations, made in the Metropolis and at varios place around it”

encontrados por Emilen Renou en 1855 para la ciudad de París, quien distingue en su estudio las “condiciones sinópticas propicias para que dicha diferencia térmica sea más amplia” (Sarricolea P. , 2012).

La consolidación de la climatología urbana como área científica, llegaría recién a fines de la década de 1920 cuando se produce un avance metodológico fundamental, al comenzar a utilizarse vehículos motorizados para las campañas de medición de variables climáticas (Sepúlveda, 2016), surgiendo de este modo lo que se denominaría como el método de transectos⁵, utilizado a partir del estudio del clima de la ciudad de Viena realizado en 1927 por Wilhem Schmidt, el cual permitió graficar los resultados en mapas de isotermas y otras isolíneas (Moreno, 1993). Estos avances se sumarían a la publicación en 1937 de la primera obra general sobre clima urbano, titulada “*Das Stadtklima*” de Albert Kratzer.

2.2. Estudios y Efectos de la Isla de Calor Urbana (ICU).

Después de la Segunda Guerra Mundial, el crecimiento y expansión de las áreas metropolitanas urbanas, así como los crecientes procesos de industrialización, hacen que las investigaciones sobre el clima urbano, de diversas ciudades, aumenten extraordinariamente (Sepúlveda, 2016), apareciendo por primera vez el término “*Urban Heat Island*” (UHI) o “*Isla de Calor Urbana*” (ICU), introducido por Gordon Mandey (1958) en un estudio donde este analizaba la frecuencia de días de nieve en las Metrópolis de Inglaterra y su relación con las ICU, término que a partir de entonces ha sido acuñado por todos los autores que se han referido al estudio del clima al interior de las ciudades para explicar las diferencias térmicas entre zonas urbanas y rurales (Sarricolea P. , 2012).

El punto de partida de la mayoría de las investigaciones en el área de la Climatología urbana se sitúa en 1965 a partir de la obra de Tony Chandler sobre el clima de Londres, el cual sería el primer estudio climático en detalle sobre una ciudad en particular (Moreno, 1993). A partir de entonces y desde el punto de vista de la teoría y la metodología en el estudio del clima urbano, son particularmente importantes las

⁵ “Consiste en realizar recorridos que atraviesan la ciudad y su entorno, durante los cuales se mide la temperatura, humedad y el viento de forma cuasi-simultaneas”. (Sarricolea P. , 2012)

contribuciones de dos autores: W. P. Lowry y T. R. Oke (Sepúlveda, 2016). Lowry comenzó el proceso metodológico de aclarar entre los climatólogos urbanos las dudas entre la definición de los límites de lo urbano y lo rural. En su estudio (Lowry, 1977) surgió la noción de temperaturas "pre urbanas" que no representaban el espacio urbano o rural, sino que un tiempo anterior a la perturbación humana de la tierra (es decir, tierras adyacentes a la ciudad, pero aún en condiciones nativas), que permitirían mediante ecuaciones matemáticas cuantificar la alteración en el terreno producida por la urbanización. El marco que Lowry proporcionó fue solo el comienzo de una caracterización que permitiría a futuro desarrollar clasificaciones más complejas de zonas climáticas urbanas según atributos como densidad, relación de aspecto, altura de edificaciones o porcentajes de cobertura del terreno entre otros (Stewart & Oke, 2012).

Por su parte Oke diseña los primeros modelos explicativos de la intensidad de las ICU basados en los tamaños poblacionales de las ciudades (Oke T. R., 1973). Oke establece que la actividad del hombre en la ciudad se manifiesta de manera consciente en el espacio, lo que define la morfología urbana y además "transformaciones inadvertidas e intencionales introducidas sobre la ecología de paisajes, la hidrología y los climas tanto regionales como locales, que se relacionan directamente con la construcción social de espacios y lugares" (Romero, Salgado, & Smith, 2010). El mismo autor en 1987 establece una clasificación de áreas climáticas existentes en el interior de las ciudades y propone una representación del clima bajo la capa límite planetaria (*boundary layer climate*), donde encontramos concretamente la capa límite urbana (*urban boundary layer*), la cual se gráfica en la figura 1. (Oke, 1987 en Sarricolea, 2012).

Según la clasificación establecida por Oke, los materiales del uso del suelo urbano se caracterizan por un bajo albedo, baja capacidad de absorción de agua y un comportamiento térmico propicio para el almacenamiento y la emisión de calor, contribuyendo con ello a elevar la temperatura atmosférica al interior de las ciudades en relación con su entorno rural (Stewart & Oke, 2012) (Grimmond & Oke, 1999).

Para los ciudadanos, el efecto de las ICU produce un mayor "disconfort" o "estrés" térmico lo cual determina un alza en la demanda energética destinada a sistemas

de climatización, generando un mayor consumo energético, lo que a su vez contribuye con el fenómeno del calentamiento global, debido a que se genera con esto una mayor emisión de gases de efecto invernadero (Voogt J. A., 2004) (Romero & Sarricolea, 2006).

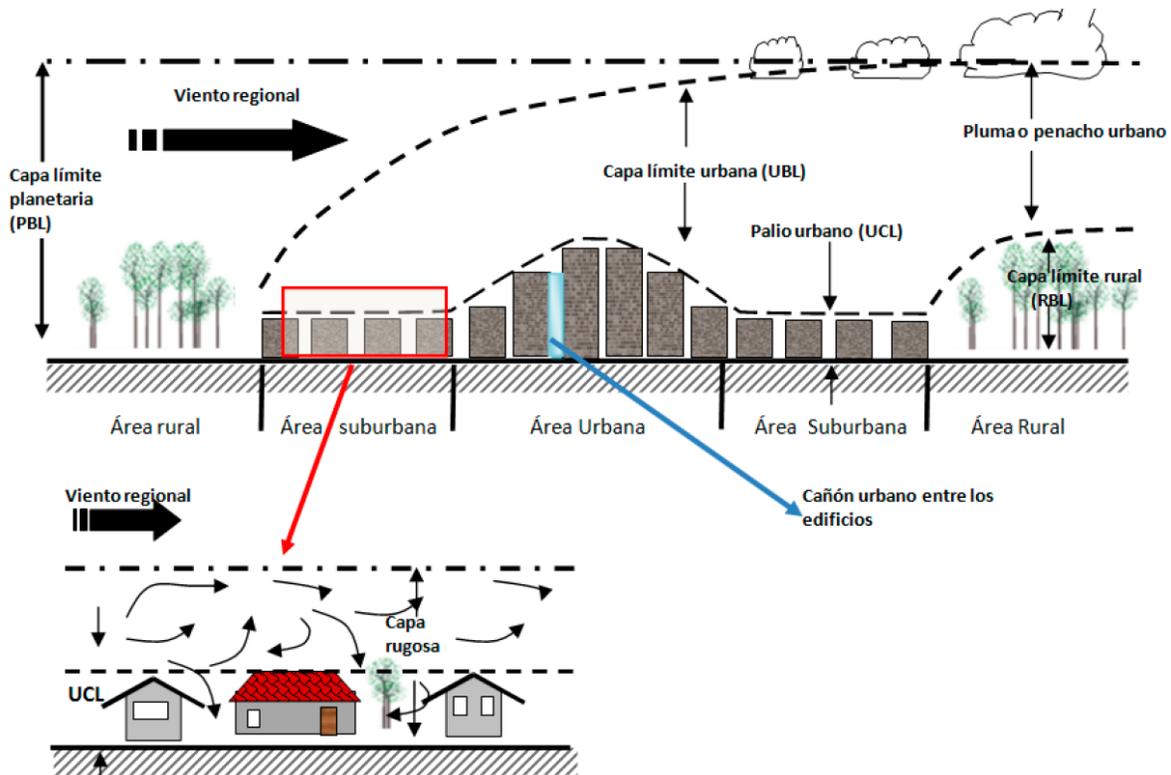


Figura 1 Esquema de las escalas climáticas y de las capas aerológicas verticales donde se encuentran los efectos de modificación de las áreas urbanas. Fuente: Sarricolea (2012) en base a Oke (1987)

2.3. Teledetección e Isla de Calor Urbana de superficie (ICUs)

En los últimos 30 años las técnicas de teledetección o percepción remota a través del uso de imágenes satelitales constituyen una de las aportaciones más significativas al estudio del clima urbano e identificación de las ICU, al mejorar estas imágenes las posibilidades de visión global, observación multiescalar, frecuencia de cobertura, homogeneidad en la adquisición y la posibilidad de captar zonas del espectro electromagnético invisibles al ojo humano (Chuvieco, 2002), aun cuando esto dependerá de la resolución espacial del producto satelital utilizado. Según Curran (1985) existen cuatro propiedades térmicas importantes en las superficies terrestres que pueden ser detectadas por sensores remotos: capacidad térmica,

conductividad térmica, difusividad térmica e inercia térmica. Estas propiedades térmicas permiten a su vez identificar distintos tipos de cubiertas terrestres: vegetación, suelo seco, suelo húmedo, agua o suelo urbano (Sarricolea P. , 2012). Si bien la teledetección ha ampliado las oportunidades en los estudios de Climatología urbana también ha determinado la necesidad de acordar nuevos conceptos y métodos (Voogt J. A., 2003), respecto de las mediciones tradicionalmente utilizadas para determinar la presencia de las ICU, las cuales consistieron habitualmente en la utilización de estaciones meteorológicas pares (que representaban las áreas urbana y rural) o mediante el método de transectos. Esto tomando en consideración que las imágenes de satélite registran la temperatura de emisión superficial de las cubiertas de suelo a ojo de pájaro (Oke & Voogt, 1997) y que no existe consenso científico respecto de su relación (directa o indirecta) con la temperatura del aire, por lo cual desde el advenimiento de la teledetección se utiliza el concepto de Isla de Calor Urbana de Superficie (ICUs) el cual homologa a las ICU (Sarricolea & Martín-Vide, 2014).

En cuanto a los sensores remotos útiles para el estudio de la ICUs, existe diversidad de productos como Landsat TM y ETM+4, NOAA AVHRR, Terra ASTER y Terra MODIS, varios de estos disponibles para su libre uso. Algunos de estos productos han suministrado a los investigadores las librerías de emisividad de las diferentes cubiertas terrestres, permitiendo identificar no solo temperaturas, sino que también datos por ejemplo de cubierta vegetal. Además, en el caso específico de Terra MODIS se poseen subproductos específicos corregidos para el estudio de la temperatura de superficie y su frecuencia de registro es diaria (Sarricolea & Martín-Vide, 2014).

2.4. Isla de calor en el Área Metropolitana de Santiago (AMS).

En el caso de Santiago la primera investigación sobre la ICU data de principios de los años 80 y fue denominada “Efecto de la isla calórica en Santiago” donde se identificaron diferencias en la temperatura nocturna de entre 3°C y 4°C entre el centro de la ciudad y los barrios periféricos (Aceituno & Ulríksen, 1981). Desde entonces y gracias a los sistemas de teledetección se han multiplicado los estudios al respecto.

Recientemente Sarricolea y Martín-Vide, a partir del estudio de la ICUs del AMS con imágenes satelitales Terra-MODIS, ha identificado su máximo térmico en las comunas de Santiago, Providencia, Las Condes, Ñuñoa y Vitacura, las cuales conforman un núcleo cálido asociado a la zona más densamente construida de entre 5,0°C y 7,4°C de diferencia de temperatura respecto del entorno rural. (Sarricolea & Martín-Vide, 2014).

Otro estudio de Smith y Romero, en base al cruce de datos provenientes de estaciones meteorológicas fijas, transectos móviles e imágenes satelitales termales, han identificado una distribución más generalizada de los efectos de la ICU sobre Santiago que influye casi en la totalidad de su superficie urbana y particularmente en las noches de verano en alrededor de 10°C, cuando la metrópolis se transforma en una superficie continua de calor (Smith & Romero, 2016).

En definitiva, si bien la teledetección ha constituido un avance significativo en el campo relativamente joven de la climatología urbana a través del estudio de las ICUs, estas solo aportan lo que Oke y Voogt denominan como una representación a “vuelo de pájaro” de las temperaturas superficiales y por tanto los estudios sucesivos en esta materia tienen que lidiar con la necesidad de complementar las escalas de observación y sus variables físicas para obtener lo que estos autores denominan la “temperatura superficial urbana completa” (Oke & Voogt, 1997).

2.5. Microclima y Bioclimática

El concepto de microclima surge durante la primera mitad del siglo XX de forma paralela con el estudio de las ICU, al identificar estas investigaciones como las actividades humanas influenciaban los cambios climáticos producidos bajo la capa de dosel (límite) urbano, creando lo que se definiría como ambiente urbano o microclima urbano, el cual está determinado por el comportamiento energético de la ciudad, su morfología, dimensión y las actividades que se desarrollan en su interior (Tumini I. , 2012). Importante es el análisis de esta interacción entre la morfología urbana y el medio ambiente, en tanto en esta microescala podemos reconocer las variables representativas de la influencia más directa del trazado de las calles y el entorno construido sobre el confort térmico en los espacios exteriores

en las ciudades y por tanto la intensidad de uso del espacio público (Cárdenas L. , 2010).

En complemento a la climatología urbana y como aporte teórico al análisis del microclima urbano y el confort humano surgió la bioclimática, entendiendo esta como el estudio de los intercambios energéticos entre el cuerpo humano y su entorno físico para alcanzar un balance térmico, lo cual permite prever las respuestas adaptativas del ser humano frente a las necesidades de consumo energético (Cárdenas L. , 2010). Fundamental en esta área es el aporte de Victor Olgay en su libro *Arquitectura y Clima*, donde analiza las diferentes formas urbanas y arquitectónicas, definiendo cuatro grandes regiones mundiales y estableciendo para cada una de estas las estrategias de diseño con criterios bioclimáticos según su carta climática y zona de confort atmosférico (Olgay, et al., 1963), sentando las bases de lo que más adelante se conocería como Urbanismo bioclimático (Higueras, 2006) (Neila, 2004). En paralelo Baruch Givoni, establece la relación que existe entre la temperatura y la humedad relativa, variables con las que construye el diagrama de las zonas de confort higrotérmico (Givoni B. , 1969). Además aporta el concepto de Índice de estrés térmico (ITS) (Givoni B. , 1976) mediante el cual busca establecer el rango de temperaturas en las cuales la mayor parte de la población encuentra una sensación térmica confortable. Este aporte de Givoni se constituye además en uno de los primeros modelos de confort térmico y que formaría parte de lo que Chen denominaría más tarde como métodos de evaluación estacionarios⁶. Estos modelos se expresan a través de índices bio-meteorológicos como descriptores del nivel de confort térmico humano en base a la vinculación de la condición microclimática local y la sensación térmica humana (Chen & Ng, 2012).

2.6. Cañones Urbanos y Descriptores Morfológicos

Durante la siguiente década (1980) en paralelo al avance en el estudio de modelos de confort térmico, la climatología urbana precisó de la adopción de pautas cuantitativas de medición y desarrollo de modelos físicos, además de la definición de conceptos comunes de formas y escalas urbanas (Lamarca C. , 2014). En este

⁶ Modelos matemáticos del sistema termorregulador para calcular las condiciones de confort térmico (Chen & Ng, 2012).

sentido sería nuevamente fundamental el aporte de T. R. Oke quien desafía a climatólogos urbanos a definir estas pautas cuantitativas para el análisis de menores y a la vez más complejas escalas de trabajo, donde surge el estudio de la geometría de cañones urbanos⁷ (Arnfield, 1990) (Oke T. , 1988) .

El estudio de cañones urbanos como unidad estructural básica del espacio urbano (Bourbia & Boucheriba, 2010) y su modelación tridimensional trajo consigo la aparición de descriptores morfológicos, entendiendo estos como parámetros geométricos estáticos que influyen en las condiciones microclimáticas y que complementarían a los datos tradicionalmente obtenidos de mediciones experimentales in situ como lo eran la temperatura del aire, las superficies, la humedad, orientación del cañón y la velocidad o dirección del viento (Andreou & Axarli, 2012) (Cárdenas L. , 2010). Estos descriptores complementarios serían principalmente dos: la relación de altura y ancho (*ratio H/W*) y el factor de cielo visible (*Sky View Factor* o *SVF*).

En el caso de la relación H/W, este permite medir y caracterizar las proporciones de lleno y vacío de los cañones urbanos, además del acceso solar a fachadas, pero necesita para esto que los cañones sean continuos en toda su extensión. Cuando el H/W es igual 1 la altura es igual al ancho de la calle y si la relación tiende a ser menor a 1 entonces la calle es más estrecha y se reduce el acceso de radiación solar directa a ambas fachadas (Cárdenas L. , 2010). En el caso del SVF se expresa como la relación entre las radiaciones recibidas por una superficie plana y la de todo el hemisferio radiante del entorno y se representa como un valor entre cero y uno. Cuando hay obstáculos que ocultan el hemisferio, el valor de SVF disminuye hasta alcanzar el valor de cero. Pero si todo el hemisferio es visible, el SVF es igual a uno (Bourbia & Boucheriba, 2010).

Si bien la complejidad de los procesos climáticos urbanos dificulta la posibilidad de extrapolar resultados y establecer linealidades respecto de la influencia directa de estos parámetros de morfología edificada sobre los microclimas urbanos en diferentes latitudes, existe consenso en que un valor de SVF bajo (cañón estrecho)

⁷ Entendiendo estos como "el espacio formado por las fachadas de edificios, el suelo de la calle y el volumen de aire entre edificaciones" (Lamarca C. , 2014)

es fundamental en la formación e intensidad de la isla de calor urbana en tanto un cañón urbano con esta configuración reduce las pérdidas de radiación infrarroja (emitida por la superficie) durante la noche, lo cual contribuye a la conservación nocturna del calor, aun cuando de día impide insolación directa de las superficies (Sarricolea P. , 2012). Otra variable que ha sido identificada como determinante es la orientación del cañón urbano en relación con la dirección del viento predominante, en tanto un cañón urbano alineado con la dirección del viento ofrece mejores condiciones de temperatura del aire (Andreou & Axarli, 2012). Esto de hecho ha quedado de manifiesto en investigaciones nacionales. En la ciudad de Valparaíso, C. Carrasco concluye que un menor cielo visible y una menor exposición al viento de la ciudad (características de la zona de mayor densidad edificada), favorecerían una mayor acumulación de energía en el espacio urbano que se traduce finalmente en una mayor temperatura del aire al atardecer, propiciando el fenómeno de ICU (Carrasco, Palme, & Gálvez, 2016). En el centro de Concepción C. Lamarca cruza los resultados de SVF en 9 cañones urbanos con el modelo de confort térmico (ASV) (Nikolopoulou, Baker, & Steemers, 2001) y establece que mientras mayor sea el SVF (cañón más abierto), más confortable es el lugar (Lamarca C. , 2014). En el caso de Santiago, en 2012 J. C. Chicas en su tesis de magister compara el descriptor morfológico SVF también con un modelo de confort térmico (PET) (Mayer & Höppe, 1987) para las comunas de Santiago, Providencia y Las Condes y concluye que en las zonas de mayor densidad con un SVF bajo (cañón urbano estrecho) se propician peores condiciones de confort térmico, las cuales se aproximarían a niveles de estrés fisiológico (Chicas, 2012).

Por otra parte también destacan las investigaciones recientes en cañones urbanos de zonas históricas sobre la complejidad de definir estrategias de mitigación debido a las restricciones de preservación impuestas por las distintas regulaciones locales que no permiten modificar la arquitectura de los edificios y que por tanto presentan el doble desafío de innovación en el diseño urbano, para preservar tanto el patrimonio como las condiciones de habitabilidad en ciudades históricas y sus entornos al aire libre (Castaldo, et al., 2017) (Rodríguez, Gómez, & Matzarakis, 2016).

Los estudios basados en el complemento de descriptores morfológicos de cañones urbanos (SVF, H/W) con modelos de confort térmico (ITS, ASV, PET) aumentaron significativamente desde el año 2000 a partir del desarrollo tecnológico de equipos utilizados en bio-meteorología y climatología urbana, que permitirían la producción de una gran cantidad de proyectos de investigación sobre el confort térmico al aire libre en diversos climas en todo el mundo (Chen & Ng, 2012).

2.7. Modelos de Confort Térmico

En 2012 Liang Chen y Edward Ng establecen una clasificación de modelos de confort térmico en base a una revisión bibliográfica de estudios realizados durante la década precedente. Los autores definen un primer grupo que denominan métodos de evaluación estacionarios (personas detenidas) y que consiste en modelos matemáticos del sistema termorregulador utilizados para calcular las condiciones de confort térmico. En este grupo se encuentra el ya mencionado índice de estrés térmico (ITS) (Givoni B. , 1976), pero los más utilizados son el PMV y el PET (Chen & Ng, 2012). El Voto Promedio Predicho (PMV) predice la respuesta térmica media de una gran población de personas. Se mide en una escala de siete puntos (siendo +3 caliente y -3 frío) (Fanger, 1982), mientras que el PET (Temperatura Equivalente Fisiológica) es un índice de dimensión de temperatura medido en grados Celsius (°C), lo que ha permitido su mayor difusión debido a que su interpretación es comprensible para personas sin gran conocimiento sobre meteorología. (Mayer & Höppe, 1987) (Chen & Ng, 2012). Existe un segundo grupo definido como métodos de evaluación no estacionarios (personas en movimiento), donde solo existe un modelo (*Pierce Two-Node model*) sin embargo no nos explayaremos mucho acerca de este ya que su aplicación en espacios exteriores es casi nula debido a requiere de un monitoreo y seguimiento exhaustivo de las reacciones de las personas a través de equipos de bio-meteorología y fisiología (Chen & Ng, 2012). En el tercer y último grupo definido como investigaciones sobre aspectos conductuales del confort térmico al aire libre, es donde se han desarrollado los estudios más vanguardistas desde el año 2000 en adelante, mediante análisis microclimáticos detallados contrastados con evaluaciones de confort térmico. En este apartado es

particularmente relevante el aporte de Marianela Nikolopoulou, quien aporta uno de los primeros estudios de confort térmico al aire libre para abordar el comportamiento de las personas (Nikolopoulou, Baker, & Steemers, 2001). Su marco de investigación y procedimientos de análisis han influido enormemente en estudios posteriores en esta área (Chen & Ng, 2012). En su estudio investiga las condiciones de confort térmico del espacio abierto en Cambridge, entrevistando a las personas sobre sus evaluaciones subjetivas de la sensación térmica, dadas en una escala de cinco puntos que varía desde demasiado frío a demasiado caliente. También consideraron las características ambientales (temperatura del aire, radiación solar, etc.) y las características individuales (edad, sexo, vestimenta, etc.). El hallazgo más importante de su estudio fue la gran discrepancia entre la sensación real de confort térmico de los entrevistados según lo descrito a partir de resultados de entrevistas y la condición de confort térmico teóricamente predicha por el modelo de confort térmico estacionario PMV (datos objetivos). Los autores concluyeron que un enfoque fisiológico por sí solo no es suficiente para evaluar la condición de confort térmico para los espacios al aire libre y por lo tanto sugirieron la importancia de conceptos como la "historia térmica, memoria y expectativa". (Chen & Ng, 2012). En 2003 los mismos autores formalizaron esta idea como tres niveles de adaptación térmica: física, fisiológica y psicológica. Discutieron este concepto desde una perspectiva de diseño con énfasis en la adaptación psicológica. En su artículo, los autores establecen que solo aproximadamente el 50% de las evaluaciones de confort objetivo y subjetivo podrían explicarse por las condiciones físicas y fisiológicas, siendo el resto explicado por factores psicológicos que influyen en la adaptación psicológica (ver figura 2) (Nikolopoulou & Steemers, 2003) (Chen & Ng, 2012). En un estudio posterior y a partir de 1500 encuestas realizadas en Atenas, Nikolopoulou establece un modelo matemático para el cálculo de la sensación subjetiva de las personas, basado en datos ambientales públicos de estaciones meteorológicas cercanas y su correlación con las encuestas. Estos forman un tipo de índice de confort basado solo en factores de adaptación psicológica que se denominaría Voto de Sensación Actual (ASV) (Nikolopoulou, Lykoudis, & Kikira, 2003) (Nikolopoulou & Lykoudis, 2007).

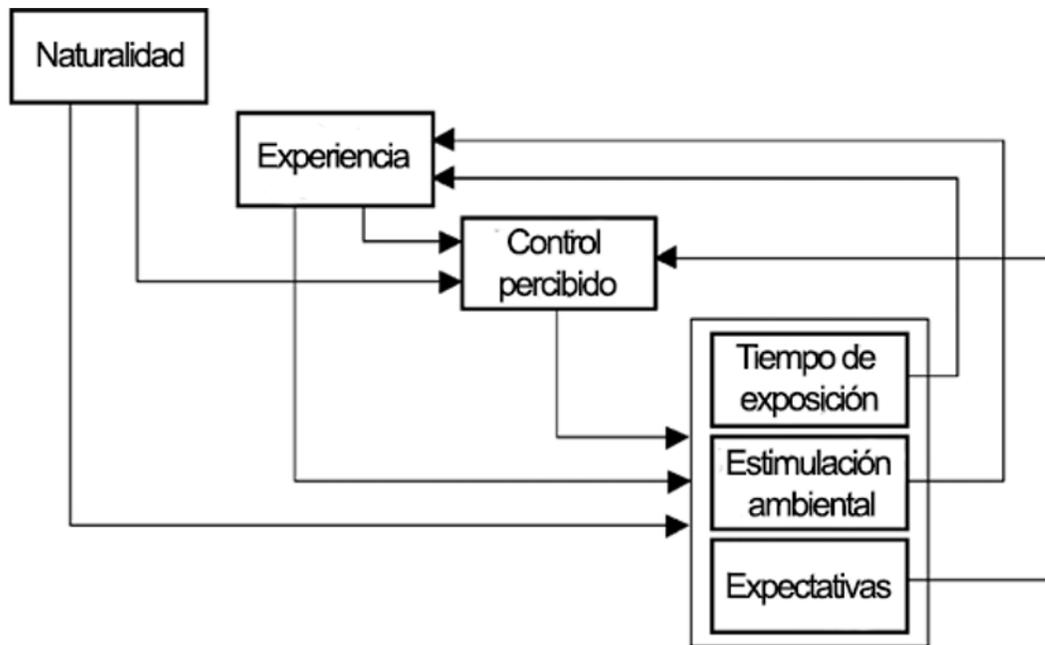


Figura 2 Red que demuestra las interrelaciones entre los diversos parámetros de adaptación psicológica en estudios de confort térmico al aire libre. Fuente: Nikolopoulou y Steemers (2003).

Chen y Ng (2012) concluyen en base a su revisión bibliográfica que no son solo aspectos climáticos (“estado del cuerpo”) los que influyen en las percepciones térmicas del espacio urbano, sino que también inciden factores físicos y sociales, ya que estos determinan actividades y comportamientos (“estado mental”), por lo tanto las investigaciones sucesivas debiesen vincular las condiciones micro climáticas locales (“conocimiento climático”) con las experiencias sensoriales, espaciales y temporales de las personas (“conocimiento humano”), estableciendo un marco de evaluación en al menos cuatro niveles (físico, fisiológico, psicológico y socio-conductual) para lo cual se necesita una comprensión tanto cuantitativa como cualitativa de las relaciones entre el entorno microclimático, las escalas subjetivas de percepción térmica y el comportamiento social (Chen & Ng, 2012). Entender estas relaciones es fundamental para evaluar tempranamente alternativas de diseño urbano para la adaptación climática de espacios exteriores en condición de estrés térmico (Zacharias, Stathopoulos, & Wu, 2004).

2.8. Definiciones de Percepción Térmica, Espacial y Ambiental.

El aporte teórico de Nikolopoulou (2001, 2003) sobre la insuficiencia de un enfoque fisiológico para medir la percepción térmica exterior subjetiva, ha permitido el desarrollo reciente de diversos estudios que incorporan métodos cualitativos para evaluar la percepción humana del confort térmico. Sin embargo, es necesario también reconocer en esta materia el aporte histórico de Auliciems, quien a comienzos de la década de 1980 introduce los conceptos de “sensación térmica” (entendiendo esta como las respuestas fisiológicas del cuerpo humano a los estados térmicos) y “percepción térmica” (definida como la actuación de las influencias fisiológicas y psicológicas en conjunto) (Auliciems, 1981).

En términos espaciales la forma urbana percibida ya había sido estudiada cualitativamente por Kevin Lynch en su definición de imagen urbana, entendida como forma, color o disposición que facilita la creación de una identidad vívida poderosamente estructurada y de imágenes mentales altamente útiles del medio ambiente reconocibles para cualquier persona que haya visitado o vivido allí (Lynch, 1960). Por otra parte Amos Rapoport señalaba que la percepción ambiental es el mecanismo más importante que relaciona los hombres con su medio ambiente, en tanto las personas experimentan el medioambiente a través de los sentidos, por lo que cualquier información de este, viene hasta nosotros a través de nuestra percepción, transformándola en la experiencia sensitiva más directa e inmediata del medio ambiente (Rapoport, 1978). En este sentido y en el ámbito del diseño urbano, estudios recientes han determinado atributos que pueden influir en la forma en que las personas perciben una determinada calle como un lugar agradable para caminar según su imagen urbana, perfil, escala humana, transparencia y complejidad (Ewing & Handy, 2009), en tanto la facilidad con la que las personas se mueven de un lugar a otro, acceden a los servicios, disfrutan de su entorno, y se sienten seguros, impacta en su salud mental y confort (GDCl, 2016).

En la vinculación de conceptos relacionados entre la percepción espacial y la percepción térmica, tienen relevancia los aportes de Gibson sobre elementos que influyen en la percepción del medio ambiente según el campo visual, como lo son el espacio, la distancia, la textura, la luz, el color, la forma o el contraste. En esta

misma línea Rohles realiza un estudio donde identifica como los “colores cálidos” pueden afectar la percepción de la temperatura del aire en determinados espacios interiores (Rohles, 1980). Gibson por otra parte, establece que la percepción espacial humana difiere significativamente según su estado cinético (estacionario o en movimiento), donde el movimiento determina transiciones y transformaciones en los estímulos percibidos (Gibson, 1979) (Rapoport, 1978). Este criterio cinético sería el mismo utilizado por Chen y Ng (2012) para clasificar los modelos de confort térmico y determinaría posteriormente metodologías a implementar en investigaciones posteriores según el uso de los espacios a estudiar, separando métodos estacionarios para espacios de permanencia (por ejemplo, plazas) respecto de los métodos a utilizar en espacios de tránsito (ej. calles peatonales).

Más recientemente Knez et al., establecen un nuevo criterio metodológico al identificar diferencias respecto de la duración de la experiencia térmica. Diferenciando por una parte la percepción momentánea, relacionada con la experiencia sensorial en un momento y lugar específico. Y por otro lado la percepción a largo plazo, relacionada con preferencias generales de rutas y estímulos en base a la memoria y experiencias periódicas de las personas (Knez, Thorsson, Eliasson, & Lindberg, 2009). Este criterio también permitiría en las investigaciones posteriores separar metodologías según la escala de tiempo en que los habitantes interactúan con un determinado espacio de estudio, separando por ejemplo a visitantes (percepción momentánea) de residentes (percepción a largo plazo), ya que para determinar una percepción de largo plazo se deben considerar parámetros de experiencias pasadas y las expectativas culturales y/o climáticas que estas experiencias determinan.

Otro factor relevante en los estudios ya mencionados de Nikolopoulou (2003) y que ha determinado metodologías recientes de estudio cualitativo es la incorporación del término “naturalidad”, entendido esto como la influencia en la percepción térmica, establecida según la mayor presencia en el entorno urbano de elementos naturales (áreas verdes, vegetación, paisajes). Varios investigadores están asociando la mayor presencia del verde urbano en ciertas áreas urbanas con mayores niveles de confort térmico percibido, considerando tanto los efectos físicos

sobre el microclima, como también la valoración en términos estéticos de las personas y su influencia en la percepción térmica (Klemm, Heusinkveld, Lenzholzer, & van Hove, 2015). Esto coincide con estudios locales que han identificado la importancia de los servicios ecosistémicos aportados por la infraestructura verde para el caso de Santiago, en tanto estos pueden contribuir significativamente a reconciliar el crecimiento urbano con la salud ecológica y la calidad de vida de las personas, manteniendo las funciones y servicios clave del ecosistema y al mismo tiempo mitigando los efectos negativos de la urbanización (Vásquez, Devoto, Giannotti, & Velásquez, 2016).

En el ámbito local también, la tesis doctoral de Pamela Smith realizada durante un evento de ola de calor en 2016 para la ciudad de Chillán, combina métodos cuantitativos y cualitativos para vincular el microclima con el uso y la percepción térmica de cinco tipologías distintas de espacios públicos (plaza de armas, paseo peatonal, parque estero, parque lineal y parque monumental). Desde lo cualitativo se realizaron observaciones periódicas (registro fotográfico) en cinco momentos del día y se vincularon con los resultados de encuestas de percepción térmica en base a Cheng (2008). Los resultados fueron evaluados estadísticamente e indicaron que si bien se obtiene una relación directa entre la comodidad y la radiación solar (cuanto mayor es la radiación, mayor es la incomodidad debida al calor), también se observó que existen diferencias significativas en el flujo de peatones dependiendo del rol social y cultural de cada espacio y del sistema actividades en el que se insertan, lo cual determina distintas intensidades de uso para cada espacio público no asociadas directamente a aspectos microclimáticos (Smith & Henríquez, 2018).

2.9. Métodos Cualitativos en la Percepción Termo-espacial

Los métodos cualitativos para estudiar la conexión entre percepción térmica y espacial son aún incipientes y se han desarrollado principalmente durante la última década. En 2018 Lenzholzer presenta una detallada revisión bibliográfica de métodos cualitativos utilizados (entre 2003 y 2015) para explorar la percepción termo-espacial de espacios urbanos al aire libre, reflexionando sobre la idoneidad

de cada metodología según los diferentes objetivos de cada investigación (Lenzholzer, Klemm, & Vasilikou, 2018). En esta revisión se han establecido 4 criterios de clasificación que se sintetizan en la figura 3 y se detallan a continuación:

a) Escala Espacial:

En primer término, la revisión clasifica los estudios según su escala: pequeña (calles), mediana (plazas, parques, barrios) o grande (ciudades). En general los estudios de pequeña escala han sido abordados a través de encuestas o entrevistas centradas en la percepción térmica momentánea de las personas sin ahondar mayormente en aspectos espaciales. En la escala mediana se han hecho aportaciones valiosas al incluir la utilización de mapas mentales para describir la percepción térmica de las personas, pero esto requiere de un conocimiento más exhaustivo de las personas respecto del espacio de estudio, ya que se han presentado dificultades para aplicar esta técnica en transeúntes que usen el espacio solo para el tránsito. En la escala mayor las aportaciones son menores, pero destaca el concepto de “caminata térmica” que podría ser utilizado para incluir criterios climáticos en la planificación urbana de rutas o ejes estructurantes. En general el autor recomienda la inclusión de herramientas de representación no solamente planar (cartografías), si no que incluyan también las dimensiones verticales (secciones, perspectivas, modelos 3D, SIG 3D), las cuales pueden apoyar el desarrollo de “entrevistas visuales” que permitan vincular más fácilmente propiedades espaciales con el diseño urbano. (Lenzholzer, Klemm, & Vasilikou, 2018)

b) Experiencia Temporal:

En términos de escala temporal de la percepción la mayoría de los estudios se centró en la medición de experiencias momentáneas⁸. Esto además considerando que los estudios de percepción a largo plazo requieren que los participantes estén familiarizados con el espacio a través de visitas frecuentes y en distintas épocas del

⁸ El autor sugiere que esto se debe a que la mayoría de los estudios citados apuntaron a generar conocimiento de la percepción térmica per se, sin detenerse en los aspectos de escala espacial o temporal que influían en ella (Lenzholzer, Klemm, & Vasilikou, 2018).

año. Los estudios a largo plazo demuestran tener una gran utilidad para la definición de criterios climáticos de diseño urbano para la intervención de zonas de escala media, en tanto pueden representar un diagnóstico social más completo que incorpore en la percepción de las personas, los cambios de temperaturas estacionales o entre el día y la noche. (Lenzholzer, Klemm, & Vasilikou, 2018)

c) Estado Cinético:

En este apartado se separan por una parte las investigaciones sobre espacios de permanencia y descanso (como plazas, patios o jardines) generalmente bien abordadas en los estudios de percepción momentánea. Y por otra parte aquellas que estudian espacios donde las personas tienden a moverse (como calles o paseos comerciales), y donde existen pocos estudios, pero interesantes posibilidades de registro de percepciones de personas en movimiento en sus rutas diarias, donde se podrían por ejemplo estudiar grabaciones de los pensamientos verbalizados de las personas. También se incorporan investigaciones híbridas donde interactúan ambos tipos de espacios en un cierto sistema o ruta. En este caso nuevamente se destaca el caso de los mapas mentales como una herramienta muy interesante de percepción en el largo plazo (Lenzholzer, Klemm, & Vasilikou, 2018).

d) Enfoque metodológico:

Los estudios analizados indican que, si bien la mayoría de los estudios cualitativos coincide en sus resultados generales con los estudios cuantitativos, varios estudios cualitativos presentan variaciones de percepción térmica no asociados a datos objetivos, sino que atribuibles a factores espaciales como el uso de colores cálidos, el campo visual o la naturalidad. El autor concluye que si bien la realidad objetiva (microclima) debe ser estudiada a través de métodos cuantitativos, la experiencia humana (percepción) debe utilizar métodos cualitativos que representan la experiencia sinestésica de las personas en el espacio urbano. Estos métodos cualitativos deben abordar la percepción de las dimensiones espaciales, proporciones y materiales en relación con el entorno térmico y utilizar métodos de

representación espacialmente explícitos que permitan asociar sus resultados a pautas de diseño urbano (Lenzholzer, Klemm, & Vasilikou, 2018).

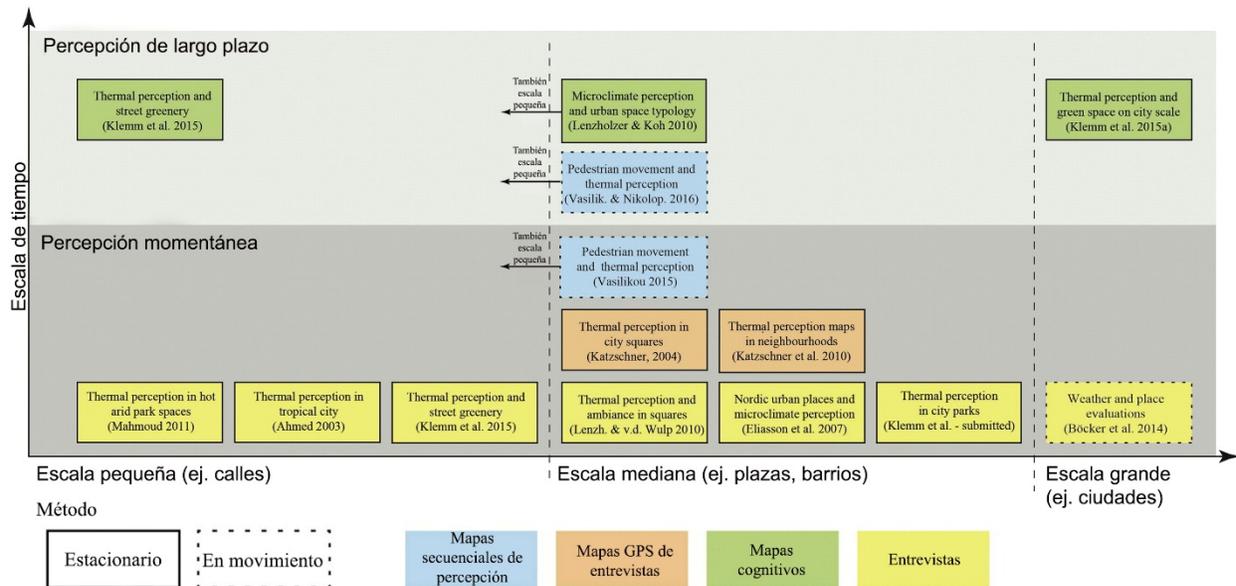


Figura 3 Matriz de los métodos cualitativos para estudiar la percepción térmica. Fuente: Lenzholzer, Klemm, & Vasilikou, 2018.

3. ANTECEDENTES

3.1. Providencia: Diagnóstico Comunal.

En Providencia la población total comunal viene en sostenida alza desde el censo 1992, donde llegó a su punto más bajo respecto de las 2 décadas precedentes con una población total de 111.182 habitantes (PLADECO, 2013). La tendencia a partir de entonces ha ido al aumento en cuanto a su población, la cual según los datos del último censo (2017) llega a 142.079 habitantes (ver fig. 4) (INE, 2018).

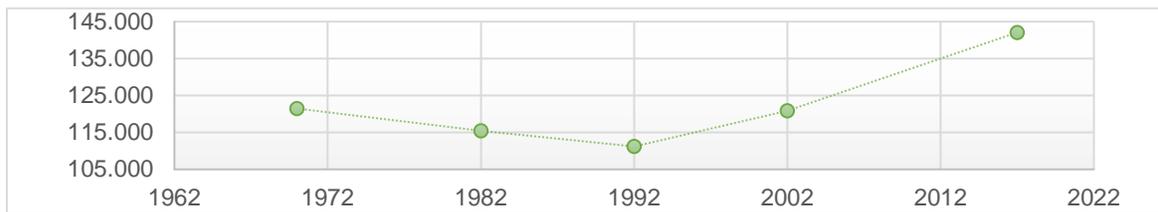


Figura 4 Evolución Población Comunal. Fuente Elaboración Propia en base a PLADECO (2013) e INE (2018)

Este proceso de repoblamiento comunal se ha sustentado en un proceso de intenso crecimiento inmobiliario, principalmente de edificios residenciales en altura, comercio y establecimientos de educación superior, en el marco de una fuerte presión inmobiliaria (PLADECO, 2013), donde no se ha promovido en los últimos años la localización de proyectos de vivienda de interés social. Según datos del OCUC⁹¹⁰, desde 1980 solo se construyó un proyecto de vivienda de interés social en la comuna (1994), y los conjuntos existentes se encuentran dentro de los niveles de densidad de vivienda social más bajos construidos en el periodo 1936-2013 en el AMS (no superando las 48 unidades por km²). (OCUC, 2016)

En paralelo, la comuna de Providencia según el informe anual del Instituto de Estudios Urbanos de la U. Católica, se encuentra en el primer lugar del Índice de calidad de vida urbana de comunas y ciudades de Chile (ICVU, 2018). Calidad de vida que ha beneficiado a una población mayoritariamente de un alto nivel educativo, siendo esta la segunda con mayor cantidad de población por sobre los 18 años de escolaridad, solo detrás de Las Condes (INE, 2018). Conjuntamente la comuna destaca por estar entre las 3 primeras del AMS en cuanto a su tasa de

⁹ Fuente: http://ideocuc.cl/layers/geonode:ano_viv

¹⁰ Fuente: <http://ideocuc.cl/documents/201>

motorización: 0,592 vehículos / habitante (Observatorio Urbano, 2016). Además, la buena accesibilidad y oferta comercial de la comuna, permite a Providencia contar con altos ingresos municipales, siendo la tercera a nivel nacional en este ítem, solo por detrás de Las Condes y Santiago. Esto determina que el presupuesto per cápita de la comuna también se ubica dentro de los 3 mayores a nivel regional, ascendiendo su presupuesto anual a unos \$704.940 por habitante (muy por sobre el promedio de la región que es de \$226.300) (SINIM, 2018).

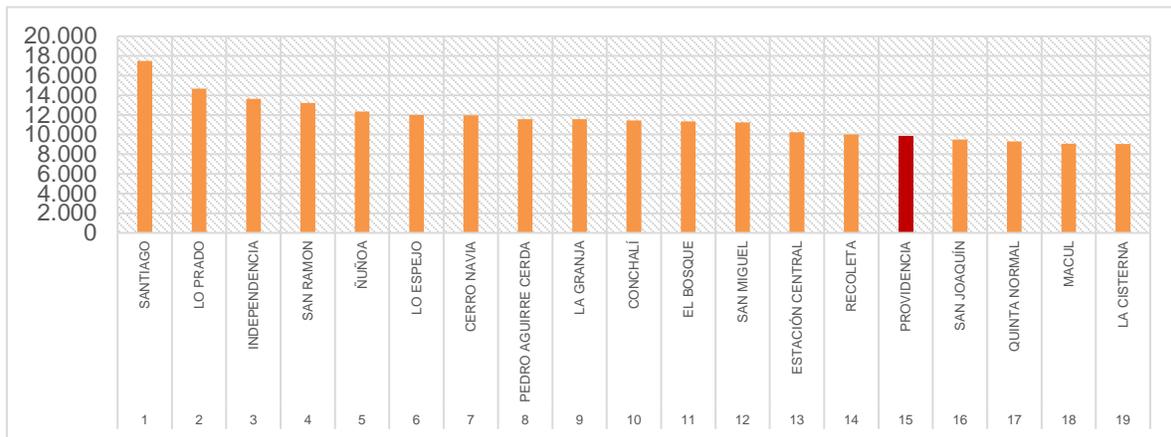


Figura 5 Densidad Comunal Hab/KM2 Fuente: INE (2018)

Si bien la comuna cuenta con atributos urbanos y disponibilidad presupuestaria, cabe señalar que existe en general una baja cantidad de viviendas a nivel comunal, las que suman solo 70.738 unidades, lejos por ejemplo de las 193.263 de Santiago. Lo anterior transforma a Providencia en una comuna de densidad media (ver fig. 5), ubicada recién en el lugar 15° entre las comunas de mayor densidad del AMS, alcanzando un valor de solo 9.873 hab/ km² (casi la mitad de los 17.485 hab/km² de Santiago) (INE, 2018).

En términos territoriales, Providencia posee una extensión de 14.2 Km², donde gran parte del terreno de la comuna, corresponde a elementos estructurantes del paisaje urbano de Santiago como son el Parque Metropolitano (170 Há.) y el lecho del río Mapocho (26 Há.), mientras que otras 63 Hectáreas corresponden a áreas verdes (parques y plazas) (PLADECO, 2013).

Según datos del OCUC¹¹, Providencia se ubica además como la 6° comuna del AMS en cuanto a m² de áreas verdes públicas por habitante (14,79 m²/hab). Se observa también en estos datos una gran desigualdad en el acceso a áreas verdes, la cual está altamente correlacionada con el nivel socioeconómico de la población (Reyes & Figueroa, 2010) en tanto las comunas de mayores ingresos son también las que concentran mejores índices de m² de áreas verdes por habitante (ver tab.1).

Nombre de Comuna	Población Comuna 2015 (INE)	Cantidad Parches	Superficie Total Áreas Verdes (m ²)	m ² de área verde/Habitante
VITACURA	88.323	362,00	4580932,9	51,866
LA REINA	101.548	225,00	1901405,0	18,724
RECOLETA	168.342	252,00	2931406,3	17,413
CERRILLOS	85.349	191,00	1348933,8	15,805
RENCA	151.500	128,00	2382742,1	15,728
PROVIDENCIA	147.533	279,00	2183374,8	14,799
HUECHURABA	95.912	218,00	844481,6	8,805
PENALOEN	242.766	602,00	1900960,0	7,830
LAS CONDES	283.417	724,00	2217623,1	7,825
NUNOA	220.779	391,00	1414043,8	6,405

Tabla 1 Metros cuadrados de áreas verdes por habitante. Fuente: Elaboración propia en base a catastro OCUC

Sin embargo, a pesar la distribución desigual de áreas verdes, la calidad del espacio público en Providencia, si determina un beneficio directo a la población a nivel metropolitano, en tanto para 2002 se estimaba en aproximadamente 200.000 la población que estudiaba o trabajaba en la comuna, siendo residente de otra comuna del AMS. Además, según datos de la Encuesta Origen Destino (EOD) 2006, en un día laboral normal se realizan 459.533 viajes intercomunales diarios hacia Providencia (PLADECO, 2013), mostrando la incidencia también de los motivos distintos a trabajo y estudio (principalmente: comercio, salud, recreación, trámites) en la movilidad cotidiana de residentes de otras comunas que usan diariamente el transporte y espacios públicos de la comuna.

En resumen, Providencia exhibe problemáticas territoriales asociadas a dinámicas de segregación urbana en el ámbito habitacional, que determinan un alto valor del suelo, baja densidad de población y unidades de viviendas, además de una alta tasa

¹¹ Fuente: <http://ideocuc.cl/maps/160>

de motorización. Esto contrastado con espacios públicos de alto valor paisajístico, buenos niveles de calidad de vida y áreas verdes por habitante, así como una importante población flotante que visita a diario la comuna.

Se puede proyectar en torno a la discusión pública actual sobre la necesidad de establecer Políticas de suelo para la integración social (CNDU, 2015), que Providencia cuenta con las condiciones urbanas para asumir este desafío, sin limitar el debate solamente a la necesidad de integrar el rol público de la vivienda en la comuna, sino también el del espacio público, pues es la función pública del espacio urbano la cual lo constituye en oportunidad de ser un elemento articulador y activador de una nueva perspectiva de planificación urbana, con énfasis en el derecho a la ciudadanía (Borja, 2000). Incluir además la perspectiva de adaptación climática en la planificación urbana de este proceso puede ser a futuro no solo una oportunidad de mejorar la salud de los residentes, sino también la de reactivar la economía comunal, generando nuevos empleos y mejorando las condiciones de accesibilidad y confort en el espacio público para la población flotante (NewClimate Institute, C40; & GCoM, 2018), promoviendo también el uso de medios de transporte no motorizados y ayudando a reducir de esta forma los costos ambientales producidos por la contaminación atmosférica y la emisión de gases de efecto invernadero (MMA, 2016).

3.2. Caso de Estudio: Barrio Italia

Para el presente estudio se escoge el caso del Barrio Italia en Providencia, el cual se ubica en el límite sur con la comuna de Ñuñoa, entre las Avenidas Francisco Bilbao, Irarrázaval, Bustamante y Av. Salvador (Corporación Barrio Italia, 2018). El nombre del barrio (también llamado Santa Isabel) está determinando por la Avenida Italia que se establece como eje central del barrio caracterizado por contar con diversidad de locales comerciales, gastronómicos, culturales y educacionales, que lo constituyen en uno de los nuevos puntos turísticos de Santiago (Torelli, 2012). El origen del barrio se sitúa a fines del siglo XIX, con la urbanización denominada “Población Juan García Ballesteros” y el “Loteo Avenida Condell” en 1895 (Palmer, 1984), que determinaron 2 ejes principales: Callejón de los pozos (Condell) y

Ballesteros (Av. Italia), ambas caracterizadas por viviendas de fachadas continuas y veredas anchas con arboledas. Los predios inicialmente formados en su mayoría por lotes de 36 x 60 m. contaban con salidas a ambas calles y 2 patios interiores, destinados a plantaciones y huertos, con uso residencial de familias de clase media-alta. Sin embargo, a mediados del siglo XX el desplazamiento al oriente de las familias de clase media-alta, determina una disminución en los valores del suelo y arriendo donde los lotes se comienzan a subdividir y el barrio acoge actividades de bodegaje industrial, fábricas, imprentas y talleres mecánicos (Schlack & Turnbull, 2011) entre las que destacó en su época la fábrica de sombreros Giaccinto Girardi (1905) (Torelli, 2012), actualmente reemplazada por el espacio cultural Factoría Italia (Menz, 2015).

Desde la década de 1980, el barrio es colonizado por artistas atraídos por la "vida



Figura 6 Transformaciones entorno Av. Italia 1915-1964. Fuente: M. Palmer (1984) en base a catastro Municipalidad de Providencia

de barrio", la tranquilidad, la existencia de grupos diversos de vecinos, la presencia de más artistas en el lugar, la ubicación central y los precios asequibles de las propiedades y los arriendos (Schlack & Turnbull, 2011).

Desde 2005 las transformaciones físicas, el aumento en la solicitud de patentes comerciales y el cambio de habitantes del Barrio Italia se hacen evidentes en un proceso que Sharon Zukin define como "capitalización de lugares auténticos" (Schlack & Turnbull, 2011). Los negocios se constituyen en torno a una oferta para público de un nivel socioeconómico alto, "consumidor de ocio y objetos de diseño" y tanto los arriendos como el valor del suelo han ido al alza. Según datos de la Corporación Barrio Italia en 2015 existían 114 locales comerciales, desglosados en las áreas del diseño y decoración (40), indumentaria y estilo (11), gastronomía (17), cultural (21) y patrimonial (25). Otros actores presentes en el sector son 7 talleres mecánicos, 1 comisaría, 2 establecimientos educacionales y el espacio Factoría Italia, el cual fue concebido como "un centro de creación que acogerá a diversas disciplinas del arte, la arquitectura, el diseño y la innovación" (Menz, 2015).

La colonización de artistas que vivió el barrio en las últimas 3 décadas ha determinado en la actualidad, una valorización espacial que permitió la construcción de una identidad cultural en el barrio. Esta identidad es la que atrae nuevas inversiones, visitantes y habitantes con mayor poder adquisitivo (Schlack & Turnbull, 2011). Sin embargo, en el límite del barrio correspondiente a la comuna de Ñuñoa algunos agentes inmobiliarios han desarrollado proyectos de edificación en altura, sin consideración con el entorno, para albergar a los nuevos consumidores del barrio (Casgrain & Janoschka, 2013) lo cual a su vez amenaza con generar una pérdida de esa misma identidad que ha revalorizado el entorno construido. Además, estas transformaciones espaciales desde el uso residencial al comercial han determinado en el barrio ciertos indicios de saturación de vehicular (Torelli, 2012), al utilizarse gran parte de las platabandas como áreas de estacionamientos, lo que ha dificultado la comodidad de peatones para transitar por las aceras y acceder a los espacios comerciales, considerando además la alta tasa de motorización comunal.

En conclusión, para efectos del presente estudio existen 2 factores que sitúan este espacio como un interesante laboratorio urbano a utilizar como caso de estudio:

a) *Dicotomía normativa entre patrimonio y renovación urbana*: la condición de límite comunal del barrio determina la coexistencia de 2 planes reguladores comunales (PRC) y normas urbanísticas asociadas. Mientras Providencia ha mantenido las alturas, intentando preservar la condición patrimonial del barrio Santa Isabel (Providencia, 2015), Ñuñoa establece una zona de renovación urbana que restringe altura según rasante y cono de sombra, permitiendo el desarrollo de proyectos de edificación en altura, determinando dinámicas de gentrificación que pueden amenazar la identidad cultural del barrio (Casgrain & Janoschka, 2013).

Si consideramos además que sus condiciones de baja densidad, accesibilidad y centralidad urbana le han puesto en la discusión pública como un posible espacio para fomentar el desarrollo de futuros proyectos de densificación e integración social,¹² resulta interesante la posibilidad de explorar una metodología de evaluación de la percepción termo-espacial de los espacios peatonales del barrio y cómo influyen ambas normas urbanísticas (morfologías) en ella. Esto puede servir de insumo para futuros proyectos con enfoque en la adaptación climática del barrio ya sean estos centrados en la preservación patrimonial, la renovación urbana o ambas.



Figura 7 Fotografías actuales Barrio Italia en Ñuñoa (izquierda) y Providencia (derecha). Fuente: Elaboración propia (2018)

¹² Santiago denso (Revista Capital)

Fuente: <http://fadeu.uc.cl/noticias/341-santiago-denso-revista-capital>.

- b) Uso peatonal Intensivo: una segunda condición interesante y muy relevante para el presente estudio, es el uso peatonal intensivo del barrio en horario diurno y nocturno, lo cual es fundamental para la presente investigación en tanto durante la noche el fenómeno de la ICUs tiene su máxima térmica. Si bien en términos de temperatura máximas de las ICUs, seguramente estas se presentarán en el eje Av. Providencia, la escala de barrio del caso de estudio es fundamental para el desarrollo de una metodología cualitativa acotada aplicada a habitantes del barrio que conozcan sus condiciones termo-espaciales en distintas épocas del año.

3.3. Criterios de Climatología en la Normativa Urbana.

Desde la normativa urbana aplicable a escala nacional, no se incorpora el desarrollo de conceptos de climatología urbana en la Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC) (D.F.L. N°458 de 1976) y su Ordenanza (D.S. N°47 de 1992) en tanto en esta última solo se incorpora el concepto de zona climático-habitacional (OGUC, 2017), aplicable al acondicionamiento térmico interior de viviendas. Adicionalmente la OGUC considera algunos requisitos morfológicos con directa incidencia sobre el microclima urbano, como lo son las rasantes, constructibilidades, coeficientes de ocupación de suelo y distanciamientos. Sin embargo, los criterios de aplicación varían según cada municipio y existe en la misma ordenanza normativas complementarias (como los estudios de sombra que permiten omitir rasantes) que dificultan la aplicación de estas normativas para la inserción de criterios de climatología urbana en la definición de las normas urbanísticas. Esto en tanto el interés del Estado ha sido velar por la relación respetuosa entre predios vecinos y facilitar intereses inmobiliarios de rentabilidad (Cárdenas & Uribe, 2012), pero no establecer relaciones confortables y armónicas entre lo que se edificará y el espacio de uso público (Lamarca C. , 2014).

La Política Nacional de Desarrollo Urbano (PNDU) (MINVU, 2014), incorpora indirectamente el tema de la climatología urbana en Chile a través de su objetivo 3: Equilibrio Ambiental. En este ítem la PNDU establece lineamientos generales para el incentivo de iniciativas públicas de arborización urbana del espacio público,

mejoramiento ambiental de las ciudades, eficiencia energética y bioclimática, además de promover la densificación de zonas interiores, el fomento del tránsito peatonal, la accesibilidad universal y el uso de la bicicleta, así como la relación armónica entre sistemas de transporte público y el espacio público.

En complemento a la PNDU el Consejo Nacional de Desarrollo Urbano (CNDU) incorpora dentro de su indicadores y estándares de desarrollo urbano requerimientos de accesibilidad a plazas y parques públicos, infraestructura ecológica, calidad del espacio público y eficiencia energética (CNDU, 2018).

Desde el Ministerio de Medio Ambiente (MMA), en su Informe del Estado del Medio Ambiente 2016 ya se identificaba la importancia de incorporar, por ejemplo, a la infraestructura verde como un aporte al proceso de planificación de las ciudades y un medio para mejorar y contribuir a la sustentabilidad de estas, en tanto esto permitiría abordar desde un enfoque integral los espacios verdes urbanos, incorporando su aporte en términos de servicios ecosistémicos y su capacidad de reducción de islas de calor (MMA, 2016). Posteriormente el MMA presenta en su Plan de Acción Nacional de Cambio Climático para el periodo 2017-2021, los impactos de este fenómeno global sobre las ciudades chilenas y recomienda algunas acciones de mitigación desde las agencias públicas en el ámbito urbano, sugiriendo entre otras, modificaciones y mejoras metodológicas a los procesos de formulación de planes reguladores comunales, integrando las variables de movilidad y cambio climático en la planificación del territorio urbano (MMA, 2017).

En 2018, se presenta el plan específico de adaptación para ciudades del MMA para el periodo 2018-2022, que entre sus diversas medidas propone impulsar proyectos de infraestructura verde en ciudades mediante la definición de estándares para parques urbanos, instancias de coordinación intersectorial y la integración del concepto en la normativa urbana. En paralelo, el documento sugiere avanzar hacia una concepción del espacio público como soporte (dimensión espacial básica) para la adaptación al cambio climático, actualizando las guías, recomendaciones y reglamentos de los programas de espacios públicos MINVU y la incorporación de planes maestros de paisajismo y arborización sustentable en el Programa Quiero Mi Barrio (MMA, 2018).

Desde el MINVU se han establecido recomendaciones para la gestión de proyectos de espacios públicos que sugieren considerar los efectos climáticos y requerimientos de protección ambiental sobre el espacio público, pero con acento en los elementos del mobiliario urbano (MINVU, 2016), la eficiencia de los sistemas de iluminación y riego, a través de la selección de especies de arborización según su adecuación regional y consumo hídrico (MINVU, 2009), sin considerar aún las recomendaciones del MMA sobre establecer al espacio público como unidad básica urbana para la adaptación de las ciudades al cambio climático.

Un avance interesante desde el MINVU se presenta en el documento “La Dimensión Humana en el Espacio Público: Recomendaciones para el Análisis y el Diseño” (MINVU; PNUD; Gehl, 2017), donde se reconoce la importancia del espacio público en la conformación de microclimas urbanos y se recomiendan metodologías de evaluación y diseño participativo, así como estrategias de diseño para mejorar las condiciones espaciales y de confort en distintas tipologías de espacio público.

En el ámbito comunal, el PLADECO de Providencia 2013-2021 establece como uno de sus 5 lineamientos el de establecer una comuna sustentable, impulsando la movilidad sustentable, el reciclaje, la biodiversidad y la educación ambiental. Otro lineamiento propuesto relevante para esta investigación es el de establecer barrios acogedores y con identidad, mediante mejoras en la seguridad ciudadana, los espacios públicos e instrumentos de planificación territorial que protejan el patrimonio y el comercio a escala de barrio (PLADECO, 2013).

En lo que respecta al Plan Regulador Comunal (PRC) (Providencia M. , 2007), este reconoce como objetivo específico para el espacio público comunal, establecer un circuito integrado de plazas y parques, como ecosistema sustentable y prioridad de acción paisajística municipal, que para efectos del Barrio Italia se materializaría en la Av. Santa Isabel. Si bien el PRC reconoce la importancia del arbolado urbano en la conformación de su red vial, asocia este atributo al valor paisajístico que este tiene y su capacidad para preservar la identidad de barrio jardín que caracterizó a la comuna en sus orígenes (Palmer, 1984) pero no incorpora en su análisis la importancia de este elemento en la adaptación climática del espacio urbano.

En cuanto a las normativas urbanísticas aplicables al barrio Italia establecidas inicialmente por el PRC 2007, estas fueron rectificadas en la modificación PRC N°2 Edificación (M2), donde se redujeron las alturas en diversas manzanas asociadas al polígono denominado Barrio Santa Isabel y Las Mil Calles, disminuyendo alturas que iban entre los 7 y 12 pisos por edificaciones de altura máx. entre 3 y 5 pisos, esto “para evitar que en sectores con un tejido urbano constituido esencialmente por viviendas unifamiliares de dos o tres pisos se construyan edificios nuevos cuya altura altera totalmente el carácter de estos barrios” (Providencia, 2015). En lo que respecta a los usos de suelo permitidos se ha reconocido en el PRC la actividad del barrio definiendo para las Av. Italia y Condell como usos preferentes actividades productivas, equipamiento comercial e industria (restringidos).

Otras iniciativas comunales interesantes son la red de Ciclovías municipales, que en 2016 ya alcanzaban una extensión de 22,5 kms¹³ y el Plan Providencia Centro Norte que rediseñará ocho calles entorno a la torre Costanera Center, promoviendo un uso prioritario para peatones, ciclistas y transporte público¹⁴.

A modo de conclusión, las actuaciones y lineamientos presentados en este ítem dan cuenta de un diagnóstico compartido por diversas agencias gubernamentales sobre la necesidad de incorporar variables ambientales y climáticas en la planificación urbana y diseño de programas públicos con acciones sobre el espacio urbano, aunque cabe señalar que dichas actuaciones aún no se enmarcan dentro de un plan estratégico definido por una política pública común, lo que se traduce en una escasa integración intersectorial de estos actores y sus propuestas.

¹³ <http://www.providencia.cl/bicicletas/ciclovias>

¹⁴ <https://www.latercera.com/nacional/noticia/providencia-redisenara-ocho-calles-torno-torre-costanera/146369/>

4. METODOLOGÍA

4.1. Isla de Calor Urbana del AMS en Providencia

En el primer objetivo se realizará una interpretación de datos de temperaturas intraurbanas en imágenes satelitales MODIS¹⁵ que permitan reconocer a escala metropolitana y comunal la manifestación en el territorio del fenómeno ICUs. Para lo anterior se verificarán los promedios de temperaturas superficiales diurnas y nocturnas durante el periodo 2001-2017 a nivel de comuna y barrio. Se observarán y graficarán variaciones temporales de temperatura que permitan observar la evolución en el tiempo del fenómeno ICUs. También se analizarán variaciones espaciales de temperatura al interior del AMS y la comuna de Providencia para verificar las zonas que presentan las máximas térmicas. Además, se contrastarán los resultados de temperatura superficial con datos censales y morfológicos de la comuna, para identificar relaciones entre la ICUs y el entorno construido.

Objetivo 1	Examinar mediante técnicas de teledetección la evolución de temperaturas intraurbanas en el contexto de isla de calor urbana del AMS y su disposición en el tejido urbano de la comuna de Providencia.	
Variable	Isla de calor urbana de superficie	
Resultados	1.1 Registro de temperaturas superficiales diurnas y nocturnas en el AMS.	1.2 Análisis de temperaturas según morfología urbana
Indicadores	Temperatura media cada 1 kilómetro en periodo 2001-2017 del satélite MODIS.	Alturas Permisos de Edificación y Densidades.
Fuentes	MOD11A1.006 Terra Land Surface Temperature and Emissivity Daily Global 1km. (Wan, Hook, & Hulley, 2015)	PRC (2007), INE (2018) e Infraestructura de Datos Espaciales del Observatorio de Ciudades UC. (OCUC, 2016)

Tabla 2 Matriz metodológica objetivo 1 - Fuente: Elaboración propia (2018)

¹⁵ El producto MOD11A1 V6 proporciona valores diarios de temperatura de la superficie terrestre (LST) y de emisividad en una cuadrícula de 1200 x 1200 metros.

Fuente: https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/MODIS_006_MOD11A1

4.2. Microclima Urbano en el Barrio Italia

Se modelarán cañones urbanos correspondientes a las calles Av. Italia y Condell, en 2 instancias comparativas en cuanto a su morfología espacial (patrimonio y renovación urbana), correspondiendo cada modelo a un PRC distinto y con normas urbanísticas contrapuestas (Providencia y Ñuñoa).

Los modelos se realizarán en el software Autodesk Revit 2017 y exportados a Autodesk Ecotect 2011. Las dimensiones para utilizar serán obtenidas en base a levantamiento 3D municipal, datos prediales del IDE (www.ide.cl/) y Google Earth. La primera actividad será calcular los descriptores morfológicos de factor de cielo visible (SVF) y la relación alto / ancho (H/W), para cada cañón urbano seleccionado. Posteriormente se realizará una simulación del acceso solar en el espacio público de ambos modelos. Para esto se utilizará la base de datos del sistema de certificación internacional Energy Plus (<https://energyplus.net/>) para la ciudad de Santiago en formato EPW. Se simulará iluminación solar (Lux), radiación solar (Wh), y rangos de sombra (Invierno / Verano), obteniendo resultados gráficos que permitan una comparación visual del rendimiento de los cañones según su morfología espacial.

Objetivo 2	Comparar cambios de escalas morfológicas y espaciales a nivel de microclima, modelando descriptores morfológicos y simulando acceso solar en el espacio público de cañones urbanos con uso peatonal intensivo y prolongado del espacio público del barrio Italia.	
Variable	Microclima Urbano	
Actividades	2.1 Modelar Descriptores Morfológicos de Cañones Urbanos	2.2 Simulación Acceso Solar en Cañones Urbanos
Indicadores	Factor de cielo visible (SVF) / Relación H/W (Alto/Ancho) del Cañón Urbano	Iluminación natural (Lux), Radiación Solar (Wh), y Rangos de Sombra
Fuentes	Municipalidad de Providencia, Google Earth, Open Street Map, Sketchup.	Ecotect Analysis (2011), Energy Plus (https://energyplus.net/)

Tabla 3 Matriz metodológica objetivo 2 - Fuente: Elaboración propia (2018)

4.3. Percepción termo-espacial de las personas.

Este tercer objetivo se desarrollará a través de metodologías cualitativas que permitan la recolección de fuentes primarias sobre la percepción termo-espacial de habitantes del espacio público del barrio Italia. Para esto se utilizarán las mismas 2 instancias comparativas en cuanto a su morfología espacial (patrimonio y renovación urbana) utilizadas en el objetivo 2 en las comunas de Providencia y Ñuñoa.

En primer término, se generará material audiovisual que simulará una caminata por los cañones urbanos, lo que permitirá evaluar las cualidades perceptuales de cada cañón urbano en base al modelo de imaginabilidad urbana de Kevin Lynch (1960) y una pauta de evaluación de características físicas del diseño urbano en base a Ewing & Handy (2009). Esta pauta permitirá comparar entre ambas comunas la calidad del diseño urbano, medida en 5 indicadores (imagen urbana, cañón urbano, escala humana, transparencia y complejidad).

Posteriormente, en concordancia con el marco teórico y la revisión de métodos cualitativos utilizados en estudios de percepción termo-espacial en la última década, se realizarán entrevistas “visuales” semiestructuradas a peatones escogidos aleatoriamente (tanto residentes como transeúntes) en las 2 calles estudiadas.

Las entrevistas abordarán inicialmente la percepción de las temperaturas del clima urbano y su evolución a largo plazo en el AMS. Luego se medirá la percepción del fenómeno de la ICUs, comparando la percepción térmica en Providencia, respecto de otras comunas de residencia o trabajo. Finalmente, las experiencias serán apoyadas con material gráfico que exhiba los cambios morfológicos entre las 2 comunas del barrio para evaluar la percepción de los distintos microclimas urbanos del barrio Italia.

En base a los resultados de ambas actividades se podrá verificar la existencia de vínculos entre las dimensiones y cualidades perceptuales del diseño urbano con la percepción termo-espacial de los peatones entrevistados.

Objetivo 3 Reconocer las cualidades del diseño urbano en los cañones estudiados y la influencia de estas en la percepción termo-espacial de las personas en el espacio público.		
Variable	Percepción Termo-Espacial	
Actividades	3.1 Análisis de Cualidades del Diseño Urbano en los Cañones del Barrio Italia en base a Registro Audiovisual.	3.2 Entrevistas de Percepción Termo-espacial.
Indicadores	Imagen urbana, cañón urbano, escala humana, transparencia y complejidad.	Percepción del clima urbano del AMS. Percepción de la isla de calor urbana de providencia. Percepción de los microclimas urbanos del barrio Italia.
Fuentes	Elaboración propia en base a Lynch (1960) y Ewing & Handy (2009)	Elaboración propia de entrevistas semi-estructuradas en base a Klemm, Heusinkveld, Lenzholzer, van Hove (2015) y a Lenzholzer, Klemm, Vasilikou (2018). Procesamiento de entrevistas en software Atlas.Ti

Tabla 4 Matriz metodológica objetivo 3 - Fuente: *Elaboración propia (2018)*

4.4. Codificación de resultados en función de hipótesis

La hipótesis se codificará en base a los resultados de la metodología (ver tabla 5).

Objetivo	Actividad	Resultado
1	1.1	Temperaturas Superficiales AMS
	1.2	Morfología urbana Providencia
2	2.1	Descriptores Morfológicos de Cañones Urbanos
	2.2	Acceso Solar de Cañones Urbanos
3	3.1	Cualidades Perceptuales Diseño Urbano
	3.2	Percepción Termo-espacial.

Tabla 5 Resumen resultados metodología. Fuente: *Elaboración propia (2018)*

Hipótesis: Las cualidades espaciales (3.1) y morfológicas (2.1) del Barrio Italia y la comuna de Providencia (1.2), inciden en la percepción térmica humana (3.2) del microclima urbano (2.2) y el fenómeno de la isla de calor urbana (1.1).

Según hipótesis si bien se espera una alta incidencia del microclima (en cuanto a la radiación solar incidente) y el clima urbano (en lo que respecta al fenómeno isla de calor urbana) sobre el confort térmico de peatones en el área de estudio. El resultado de la aplicación de metodologías cualitativas a peatones, debiesen permitir identificar variaciones de carácter psicológicas en la percepción térmica y espacial del espacio público por parte de los entrevistados, respecto de los resultados térmicos cuantitativos obtenidos a escala comunal y a nivel de microclima.

Se espera que el procesamiento de las entrevistas exprese la influencia de las cualidades de la morfología espacial y el diseño urbano de las calles de Providencia, sobre la percepción psicológica termo-espacial de peatones del área de estudio. Esta influencia en caso de no ser explicada por los efectos del microclima y/o clima urbano, permitirían afirmar que existen elementos del diseño urbano capaces de establecer una influencia perceptual sobre el confort térmico de los peatones, lo cual comprobaría la hipótesis y podría redundar en la identificación de elementos y/o estrategias de diseño urbano posibles de incorporar en pautas de planificación urbana con criterios de adaptación climática de espacios públicos.

5. RESULTADOS

5.1. Análisis de temperaturas intraurbanas en la Isla de Calor Urbana de Santiago y la comuna Providencia.

En el marco del desarrollo del primer objetivo el cual busca examinar la evolución de temperaturas intraurbanas en el contexto de la formación de la isla de calor urbana de superficie del AMS y su disposición en el territorio comunal y barrial de Providencia, se utilizarán las herramientas de teledetección y bases de datos disponibles en la plataforma *Google Earth Engine*¹⁶, específicamente el producto MOD11A1.006 (*Terra Land Surface Temperature (LST) and Emissivity Daily Global 1km*¹⁷), del satélite Terra MODIS, el cual proporciona valores diarios de temperatura de la superficie terrestre en un pixel de 1000 metros, desde marzo del año 2000 hasta la fecha, con el valor agregado de ser un producto ya depurado en cuanto a los días en que no es posible registrar datos por las condiciones de nubosidad (Wan, Hook, & Hulley, 2015). Para efectos de la presente investigación no es necesario contar con registros térmicos de días nubosos, en tanto nos interesa medir principalmente los efectos asociados a temporadas de altas temperaturas.

5.1.1. Evolución temporal de temperaturas superficiales (LST) diurnas y nocturnas en base a MODIS (2001-2017)

Para el análisis de la evolución temporal de las temperaturas superficiales (LST) registradas por MODIS, compararemos los datos de temperatura diurna (*LST_Day*) y nocturna (*LST_Night*). Si bien las máximas térmicas se registran en horario diurno, en lo que respecta al fenómeno de las ICUs resulta fundamental el análisis de temperaturas nocturnas, en tanto es durante la noche cuando las temperaturas urbanas alcanzan su máxima diferencia térmica con el entorno rural.

En la figura 8 se resumen los registros de temperaturas superficiales diurnas para todo el periodo 2001-2017. En la figura 9 se presentan las máximas registradas en cuanto a temperatura superficial diurna para el mismo periodo de análisis.

¹⁶ <https://earthengine.google.com/>

¹⁷ <https://lpdaac.usgs.gov/node/819>

Los resultados muestran una leve línea de tendencia a la baja en las temperaturas diurnas generales y máximas, de menos de 1° C. En la figura 10 se presentan los datos espacializados en cartografías del AMS¹⁸, donde se han separado los datos en 2 periodos de análisis de 8 años cada uno¹⁹: 2001 a 2008 y 2009 a 2016. Las cartografías no muestran diferencias espaciales significativas entre ambos periodos estudiados. En ambos casos las temperaturas más altas se concentraron en torno a la comuna de Santiago, con una marcada diferencia entre las comunas ubicadas al oriente de Vicuña Mackenna, las cuales tendieron a tener temperaturas más bajas, respecto de aquellas ubicadas desde Santiago al poniente.

En cuanto a las temperaturas nocturnas, en la figura 11 se resume según datos de MODIS, la temperatura superficial promedio nocturna para el AMS en todo el periodo 2001-2017. Los datos muestran un aumento progresivo en las temperaturas máximas, lo cual se ha resumido en la figura 12, donde se presentan las máximas anuales (LST) en este periodo y donde al igual que en la figura 11 se marca una línea de tendencia al alza en las temperaturas máximas de más de 1°C. El punto más alto en las temperaturas analizadas se alcanzó durante la ola de calor de enero de 2017, causante del peor incendio forestal en las áreas rurales de la zona central de Chile (Romero & Opazo, 2017). En la figura 13 se presenta un comparativo entre el periodo 2001-2008 y el periodo 2009-2016, donde se confirma la manifestación espacial de la tendencia al aumento en el promedio de temperaturas superficiales nocturnas para todo el AMS, En tanto las zonas de más altas temperaturas tienen un radio de influencia superior en el periodo 2009-2016 respecto a los 8 años anteriores.

Los resultados diurnos y nocturnos son contrapuestos. Mientras durante el día las altas temperaturas se mantienen estables y se concentran desde el centro al poniente del AMS, por la noche se puede constatar un aumento de más de 1°C en las temperaturas, las cuales son más altas al oriente de Santiago.

¹⁸ El polígono seleccionado para representar el AMS, corresponde a la zona urbana delimitada por el Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS) para la provincia de Santiago más las comunas de San Bernardo y Puente Alto.

¹⁹ Si bien el producto ofrece disponibilidad de datos desde el año 2000, al ser registros diarios, el analizar un periodo superior a 10 años presenta dificultades en la plataforma para procesar un volumen mayor de datos.

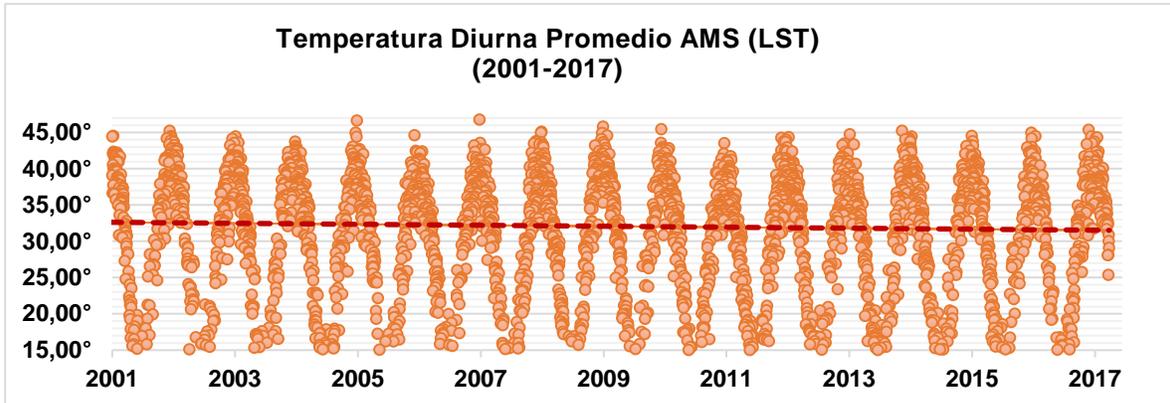


Figura 10 Temperaturas Diurnas (LST) periodo 2001-2017 para el Área Metropolitana de Santiago. Fuente: Elaboración Propia (2018)

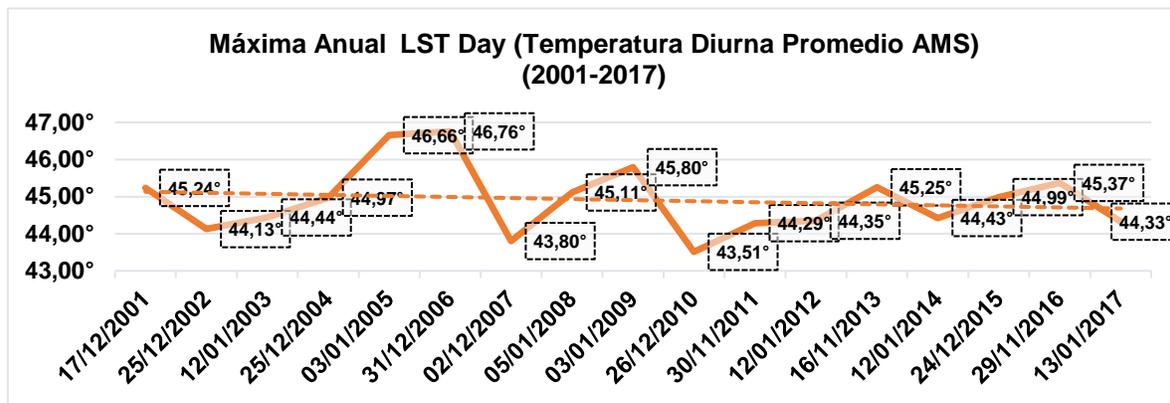


Figura 9 Temperaturas Diurnas Máximas (LST) para cada año del periodo 2001-2017 en el AMS. Fuente: Elaboración Propia (2018)

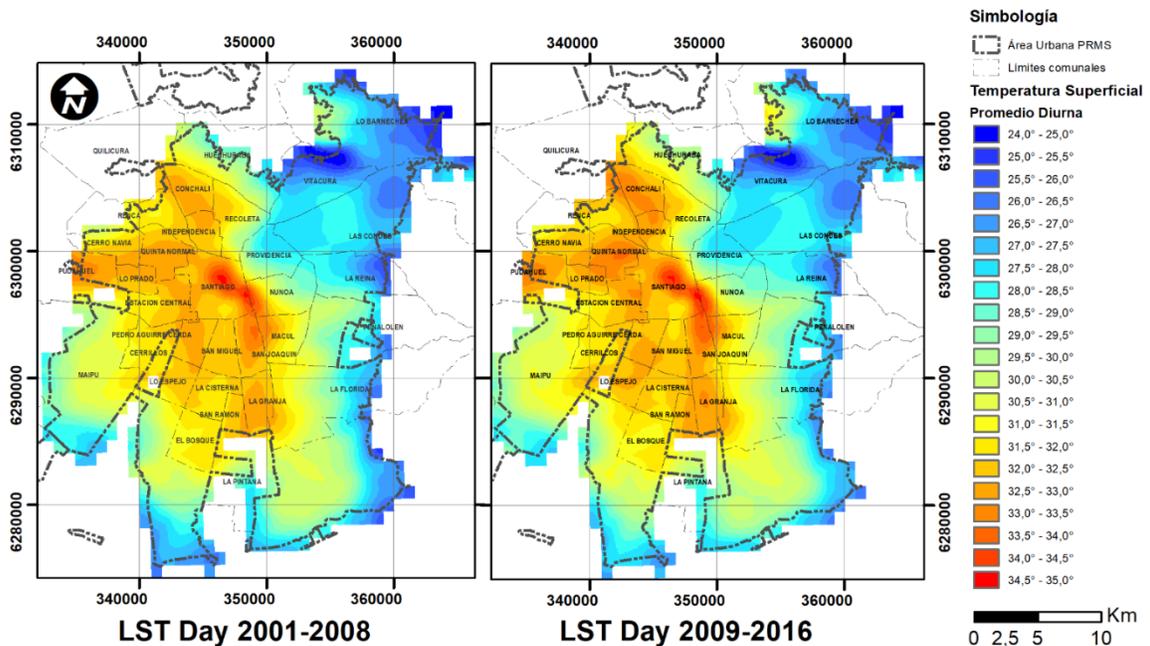


Figura 8 Comparativo temperatura superficial diurna (LST) promedio entre periodo 2001-2008 y periodo 2009-2016. Fuente: Elaboración Propia (2018)

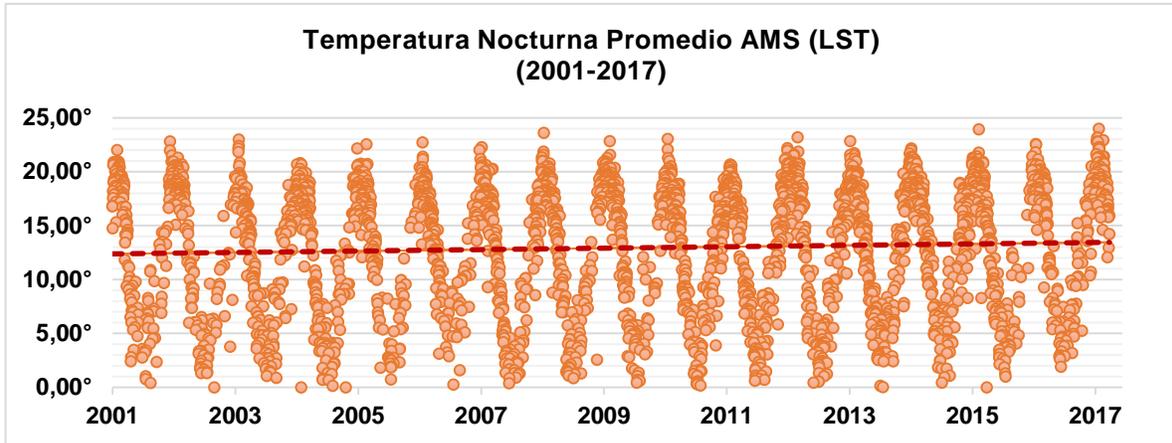


Figura 12 Temperaturas Nocturnas (LST) periodo 2001-2017 para el Área Metropolitana de Santiago. Fuente: Elaboración Propia (2018)

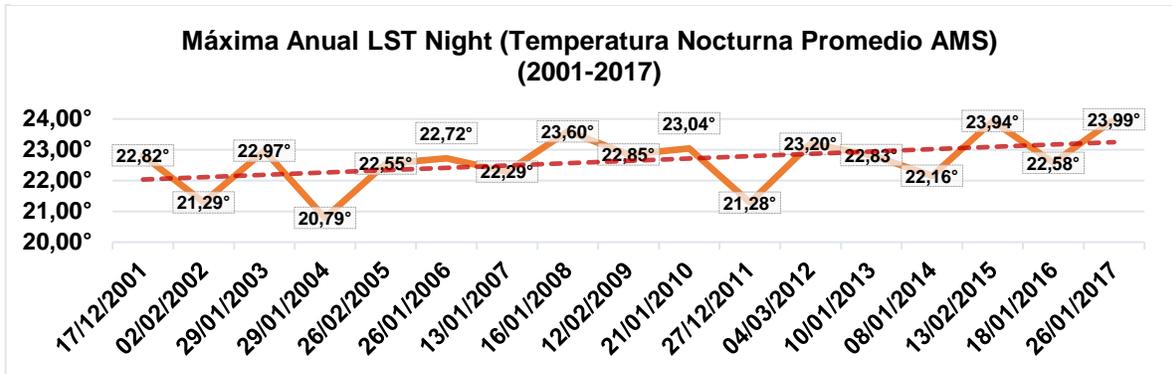


Figura 13 Temperaturas Nocturnas Máximas (LST) para cada año del periodo 2001-2017 en el AMS. Fuente: Elaboración Propia (2018)

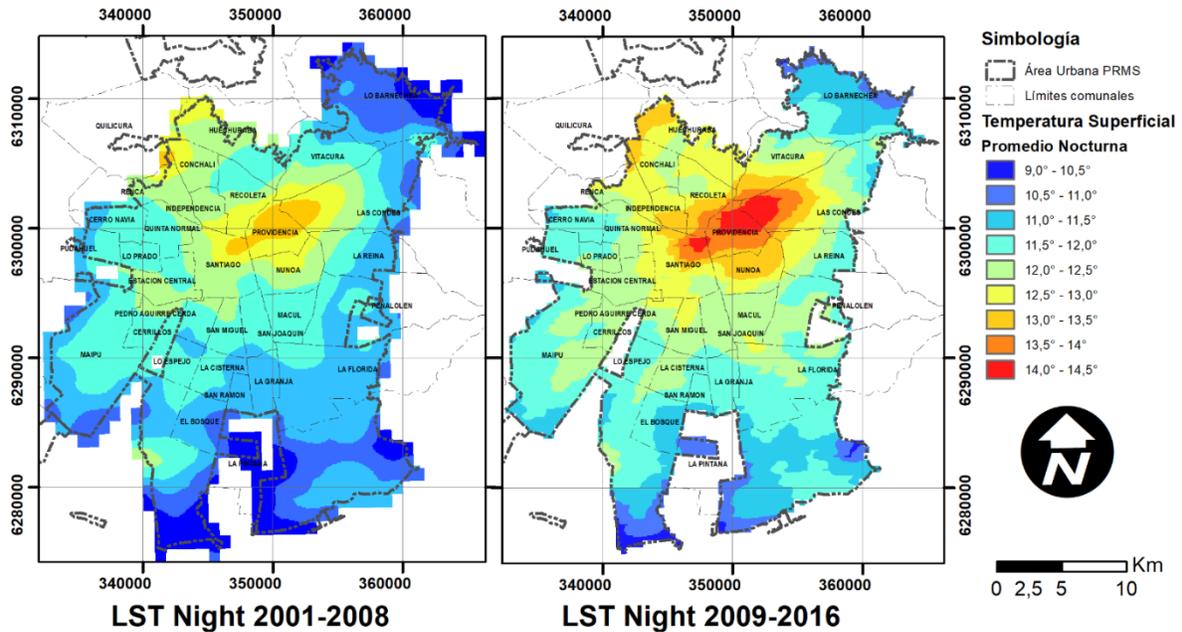


Figura 11 Comparativo temperatura superficial nocturna (LST) promedio entre periodo 2001-2008 y periodo 2009-2016. Fuente: Elaboración Propia (2018)

Para efectos del presente objetivo, considerando el contexto de análisis de la formación de la ICUs del AMS y a la luz de los resultados, nos concentraremos en la manifestación espacial de los aumentos en las temperaturas superficiales nocturnas.

5.1.2. Registros comunales de temperaturas superficiales (LST) nocturnas en el AMS (2009-2018).

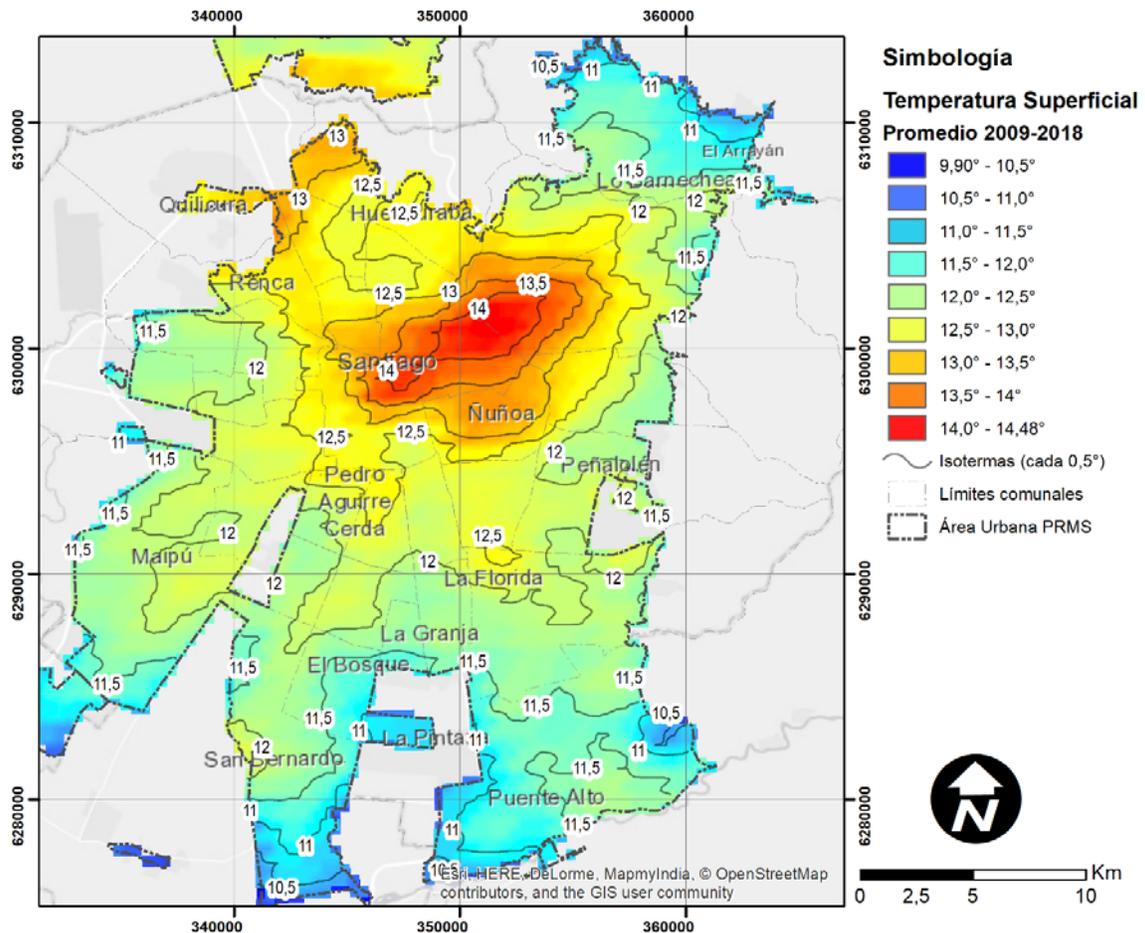


Figura 14 Mapa Isla de Calor Urbana de Superficie AMS, temperatura superficial (LST) promedio 2009-2018. Fuente: Elaboración Propia (2018)

Para el presente análisis se amplió la serie temporal de datos a 10 años (1 de enero de 2009 al 31 de agosto de 2018). En la figura 14 se presentan los datos georreferenciados donde se puede observar con claridad la formación de la isla de calor urbana de superficie en la zona más densamente construida, correspondiente a las comunas de Santiago, Providencia, Las Condes y Ñuñoa, formada en torno al

eje Alameda, Providencia y Apoquindo. Un segundo núcleo cálido reconocible está asociado a la zona industrial de Quilicura (Sarricolea & Martín-Vide, 2014). Se ha utilizado el software Arc-GIS, para mejorar la resolución de píxel cada 100 metros y presentar isotermas cada 0,5° c.

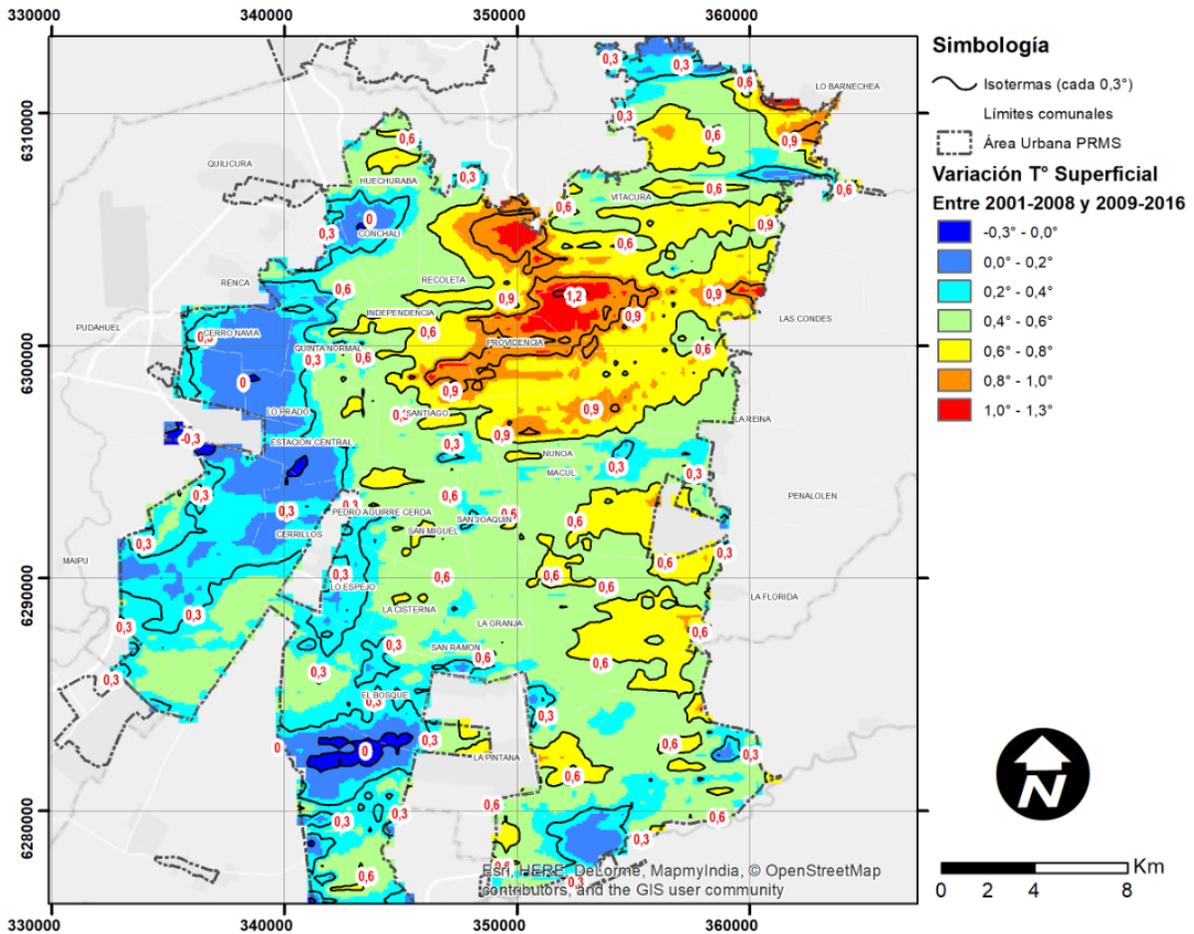


Figura 15 Variación de Temperaturas Superficiales promedio en el AMS (LST) entre periodo 2001-2008 y 2009-2016. Fuente: Elaboración Propia (2018)

En la figura 15 se presenta la variación de temperaturas superficiales entre los 2 periodos estudiados en la figura 13 (2001-2008 y 2009-2016), en esta cartografía se puede observar como las áreas donde más se incrementó la temperatura, siguen el mismo patrón de formación de la ICUs (entre las comunas de Santiago, Providencia y Las Condes), alcanzando la máxima variación (+1,2°C) en el sector de Escuela Militar. También destaca un importante aumento de temperatura en la comuna de Huechuraba (+0,9°C) y además se verifica que salvo en un pequeño

sector en el límite urbano poniente de la comuna de Maipú (-0,3°C), no existen variaciones negativas de temperatura.

Para confirmar la influencia del fenómeno de ICUs en cada comuna del AMS se construye también en Arc GIS un análisis estadístico para cada una de las comunas de la provincia de Santiago, estableciendo la temperatura superficial nocturna para cada comuna en el periodo 2009-2018. En la tabla 6 se presentan los resultados de temperatura mínima, máxima y promedio comunal en orden descendente.

Comuna	Mínima	Máxima	Promedio	Comuna	Mínima	Máxima	Promedio
Providencia	13,34°	14,45°	13,84°	P. A. C.	11,70°	12,78°	12,19°
Ñuñoa	12,22°	13,48°	13,06°	San Joaquín	11,78°	12,63°	12,19°
Santiago	12,18°	14,07°	12,92°	Cerrillos	11,72°	12,69°	12,11°
Quilicura	12,48°	13,40°	12,90°	Peñalolén	11,40°	12,82°	12,02°
Recoleta	12,40°	14,07°	12,85°	Lo Prado	11,78°	12,25°	12,02°
Independencia	12,44°	13,46°	12,82°	La Cisterna	11,54°	12,31°	11,98°
Huechuraba	12,41°	13,39°	12,79°	La Florida	11,21°	12,61°	11,90°
Las Condes	11,31°	14,49°	12,71°	Lo Espejo	11,69°	12,23°	11,89°
Conchalí	12,41°	13,40°	12,67°	Cerro Navia	11,34°	12,20°	11,82°
Renca	11,34°	13,11°	12,64°	Maipú	10,99°	12,29°	11,81°
Vitacura	11,74°	13,75°	12,61°	La Granja	11,43°	12,40°	11,78°
Estación Central	12,09°	12,74°	12,37°	Pudahuel	10,74°	12,25°	11,77°
Macul	12,11°	12,64°	12,36°	San Ramón	11,24°	11,81°	11,55°
San Miguel	11,80°	12,71°	12,34°	El Bosque	10,95°	12,05°	11,46°
La Reina	11,64°	13,64°	12,28°	Lo Barnechea	0,88°	12,22°	11,00°
Quinta Normal	11,83°	13,09°	12,26°	La Pintana	10,58°	11,53°	10,92°

Tabla 6 Resumen estadístico comunal de temperaturas superficiales nocturnas (LST) en el AMS promedio 2009-2018. Fuente: Elaboración propia (2018).

El análisis comunal muestra, tal como indicaban los antecedentes, que Providencia es la comuna con el promedio de temperatura nocturna más alto del AMS, 0,8°C por sobre Ñuñoa y Santiago, comunas que conforman la ICUs junto con Las Condes. Esta última comuna si bien aparece en 8° lugar en cuanto la temperatura promedio comunal, es la que exhibe la temperatura máxima puntual del AMS (14,49°) ubicada en el entorno a la Av. Apoquindo y Tobalaba.

Entre las primeras 10 comunas también aparecen Quilicura, Recoleta, Independencia, Huechuraba, Conchalí y Renca, confirmando la formación de un segundo núcleo cálido asociado a los sectores industriales de Quilicura y el entorno a la autopista central en sus ejes Gral. Velázquez y Ruta 5 Norte.

5.1.3. Análisis de temperaturas según morfología urbana

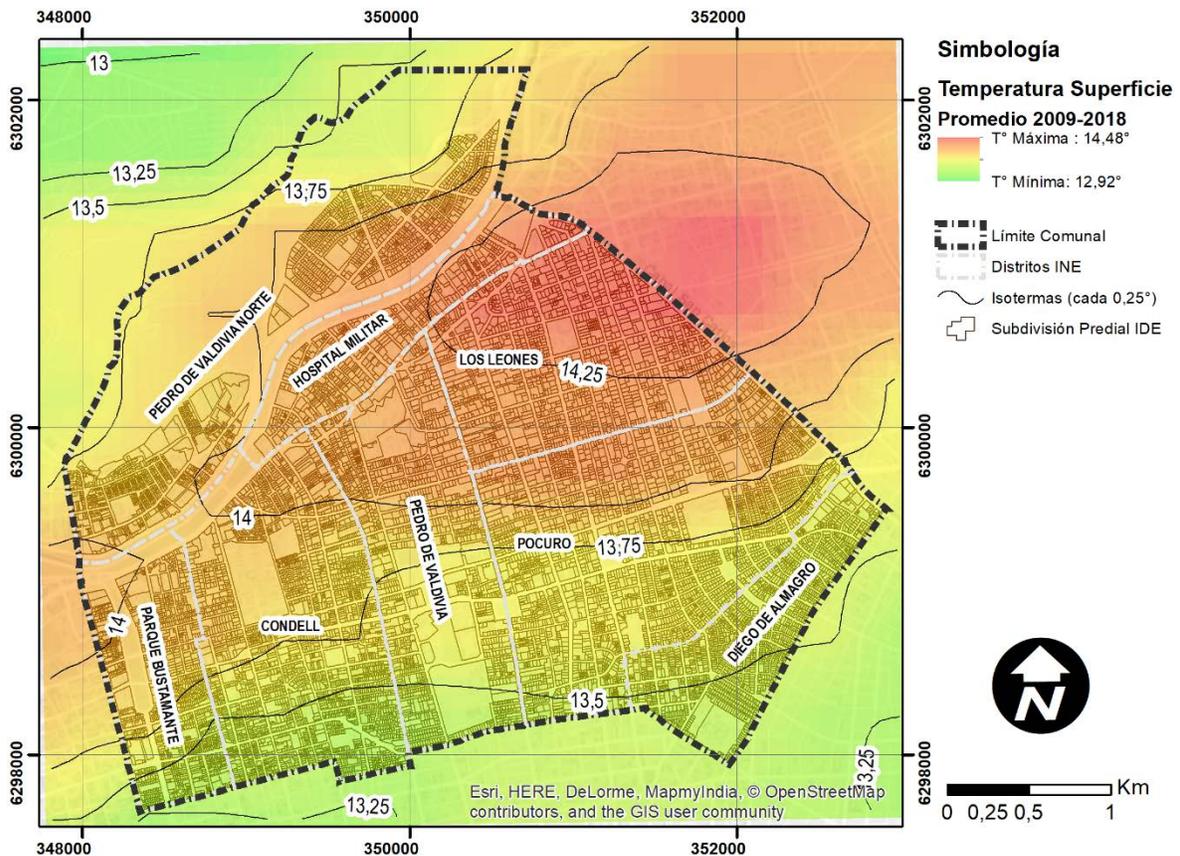


Figura 16 Mapa Isla de Calor Urbana de Superficie Comuna de Providencia, temperatura superficial (LST) promedio 2009-2018. Fuente: Elaboración Propia (2018)

Los datos de MODIS LST Night dan cuenta del protagonismo de la comuna de Providencia en la conformación de la ICUs del AMS, en tanto esta isla presenta dos “sub-núcleos” con temperaturas promedio por sobre los 14°C, ubicada la primera en el entorno a la Plaza Italia (límite poniente con la comuna de Santiago) y el segundo “núcleo” en el sector de Los Leones (límite oriente con la comuna de Las Condes), siendo este segundo núcleo el más cálido tanto a nivel comunal como metropolitano. En la figura 16 se muestra en detalle la isla de calor urbana de superficie y su disposición en el territorio de la comuna de Providencia. Se han incluido en el mapa la subdivisión distrital del censo 2012, lo cual ha permitido realizar un análisis estadístico de temperaturas para cada una de estas zonas. En la tabla 7 se puede identificar como los distritos Los Leones y Hospital Militar son los que presentan

mayores temperaturas, confirmando la presencia del mayor núcleo cálido comunal en el sector oriente en torno al eje Providencia- Apoquindo.

Por contraparte el distrito denominado Condell, donde se ubica el presente caso de estudio (Barrio Italia) está dentro de los de menor temperatura promedio a nivel comunal, pero sigue siendo superior a cualquier otra comuna del AMS.

Distrito INE	Mínima	Máxima	Promedio	Distrito INE	Mínima	Máxima	Promedio
Los Leones	14,12°	14,48°	14,29°	Pocuro	13,42°	14,21°	13,83°
Hospital Militar	14,02°	14,42°	14,18°	Parque Bustamante	13,29°	14,05°	13,79°
Pedro de Valdivia Norte	13,48°	14,24°	13,89°	Condell	13,29°	14,09°	13,73°
Pedro de Valdivia	13,30°	14,22°	13,83°	Diego de Almagro	13,38°	13,67°	13,53°

Tabla 7 Resumen estadístico por distritos (INE) de temperaturas superficiales (LST) promedio 2009-2018.
Fuente: Elaboración propia (2018)

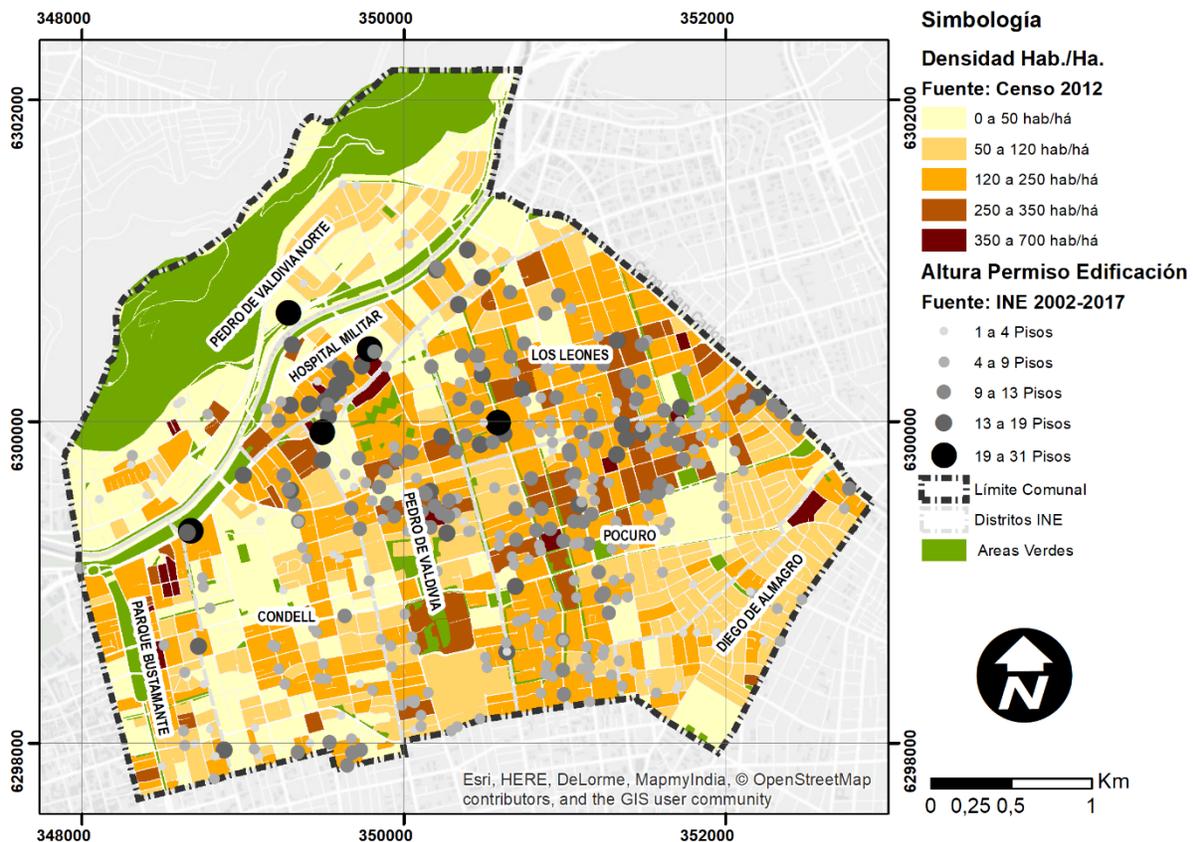


Figura 17 Densidad por Manzana (2012) y Altura de Permisos de Edificación (2002-2017) en Providencia.
Fuente: Elaboración propia (2018)

Para analizar la morfología comunal se han incluido 2 variables de análisis: la primera es la densidad por manzana (según censo 2012) y la segunda es altura de edificación según datos del INE permisos de edificación aprobados entre 2002 y el 2017.

En la figura 17 se puede reconocer como las manzanas con mayores niveles de densidad y edificaciones en altura se concentran en los distritos de Los Leones, Hospital Militar, Pocuro y Pedro de Valdivia, mientras que por contraparte las zonas de menor densidad y altura son Condell y Diego de Almagro.

En términos generales estos datos relacionados con la altura y densidad del entorno construido a nivel comunal presentan cierta coincidencia con la distribución de temperaturas superficiales nocturnas, estableciendo un “núcleo cálido nororiental” entre Providencia, Eliodoro Yáñez, Los Leones y Tobalaba, caracterizado por una mayor densidad de población y desarrollo inmobiliario en altura. Y por contraparte una “franja fresca sur” desde Francisco Bilbao hasta el límite con Ñuñoa, asociada a zonas de menor temperatura superficial, densidad y desarrollo inmobiliario.

Este análisis es concordante con lo establecido por T. R. Oke (1973), respecto de la relación logarítmica existente entre densidad de población y la formación de islas de calor urbana. Aun cuando el sector que exhibe puntualmente las temperaturas superficiales nocturnas más altas (Tobalaba) corresponde a manzanas de baja densidad, en tanto pertenece a un sector de edificación en altura destinado principalmente a oficinas y servicios.

5.2. Estudio del Microclima Urbano en el Barrio Italia



Figura 18 Polígonos de Estudio Condell - Av. Italia. Fuente: Elaboración propia (2018).

Para el desarrollo del segundo objetivo específico se propone un análisis comparativo de 2 cañones urbanos situados en 2 contextos distintos de morfología urbana. Para esto, como se mencionó en los antecedentes, se ha elegido el caso de estudio de Barrio Italia²⁰, el cual se sitúa espacialmente en el límite entre las comunas de Providencia y Ñuñoa, lo cual determina la existencia de 2 PRC y normas urbanísticas contrapuestas, ya que mientras en Providencia se ha limitado la altura para preservar la condición patrimonial del barrio Santa Isabel, Ñuñoa ha establecido esta área como zona de renovación urbana.

Si bien la presente investigación se ha concentrado en Providencia como comuna de estudio, en este punto de la tesis se ha decidido incorporar a la comuna de Ñuñoa

²⁰ Según los límites definidos por la Corporación Barrio Italia (2018).

como caso de contraste, dada la ubicación del límite comunal en el polígono de estudio y el evidente cambio morfológico que se produce en el barrio Italia entre ambas comunas.

Los cañones urbanos seleccionados fueron Condell y Av. Italia, por ser los ejes con mayor presencia de locales comerciales (Menz, 2015) y por tanto mayor afluencia de público. Además que, en ambos casos, estos atraviesan ambas comunas y por tanto puede compararse fácilmente en ellos los cambios morfológicos producidos entre ambos instrumentos normativos.

Por la extensión de los límites del barrio y la necesidad de desarrollar una modelación 3D en detalle de las áreas de estudio, se han definido 2 polígonos de investigación acotados (ver figura 18) de aproximadamente entre 8 y 9 hectáreas cada uno. Los cañones fueron modelados en 3D según base catastral municipal, levantamiento de alturas y vegetación en terreno, además de apoyo de Google Street View, siguiendo la metodología de Smith & Henríquez (2018). Las alturas de los proyectos de desarrollo inmobiliario en altura se han obtenido desde los permisos de edificación registrados en la base de datos del INE entre 2004 y 2017.

a) Polígono A: Providencia Zonas EC3²¹ y EA5pa²²

El primer polígono se concentrará en el desarrollo de Condell y Av. Italia entre Sta. Isabel y Caupolicán (ver figura 20). Para el desarrollo de la modelación se ha definido un polígono de estudio total de 8 hectáreas que considera estos 2 cañones urbanos, para lo cual se han modelado un total de 170 edificaciones y 140 árboles²³ en software Revit 2017.

En cuanto a las normativas urbanísticas vigentes en el polígono, estas fueron definidas en la modificación al PRC N°2 denominada Edificación M2 (2015), donde se mantuvo una altura máxima de 3 pisos y 1,10 de coeficiente de constructibilidad (puede aumentar a 1,43 con fusión y a 1,72 según DFL2) para las edificaciones al interior de la manzana (EC3). Por otra parte, en las edificaciones adosadas al eje

²¹ Edificación continua máximo 3 pisos.

²² Edificación aislada máximo 5 pisos, permite adosamiento.

²³ Para efectos de la modelación se consideraron solo especies arbóreas que superaran los 5 metros de altura las cuales fueron representadas por un bloque único de árbol de 6 metros de altura.

Santa Isabel se redujeron las alturas, disminuyendo desde los 12 a los 5 pisos (EA5pa) y coeficiente de constructibilidad de 1,20 (puede aumentar a 1,56 con fusión y a 1,87 según DFL2).

Respecto de los usos de suelo permitidos se ha reconocido en el PRC la actividad del barrio definiendo para las Av. Italia y Condell como zona (UpAP e Ir) de usos preferentes para actividades productivas, equipamiento comercial e industria (restringidos).

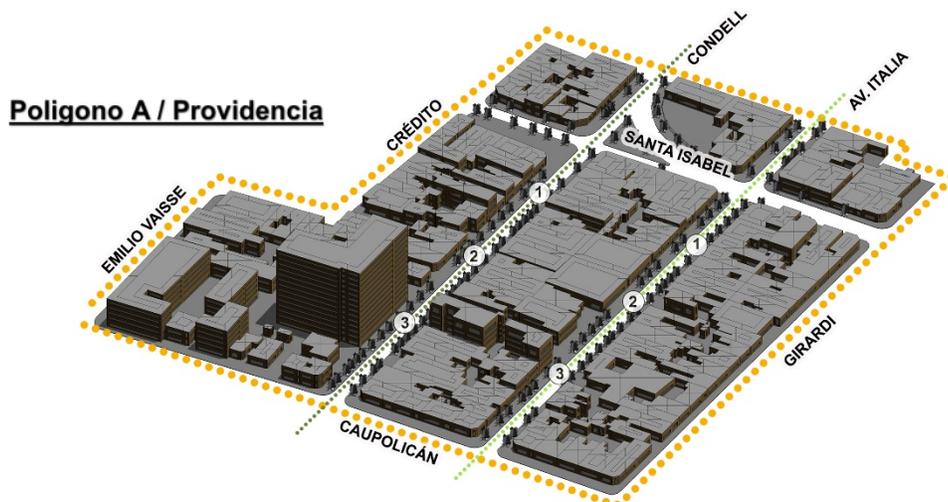


Figura 20 Modelo 3D Revit de Polígono A (Providencia). En círculo ubicación de puntos para el cálculo de SVF. Fuente: Elaboración propia (2018)

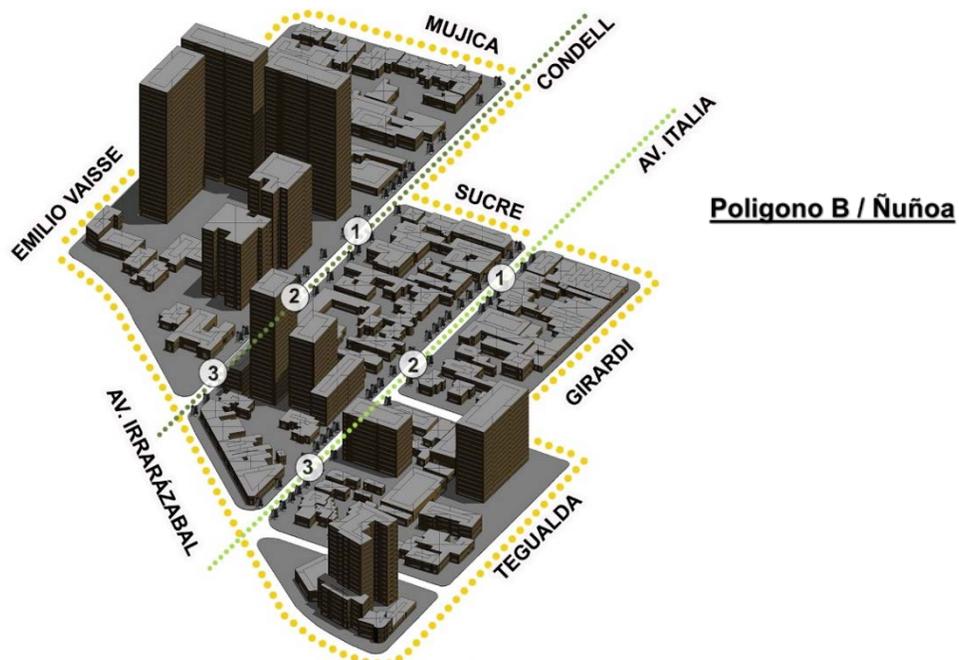


Figura 19 Modelo 3D Revit de Polígono B (Ñuñoa). En círculo ubicación de puntos para el cálculo de SVF. Fuente: Elaboración propia (2018).

b) Polígono B: Ñuñoa Zonas Z1A y Z4C

El segundo polígono continúa con el desarrollo de Condell y Av. Italia hacia el sur, entre Sucre e Irarrázaval (ver figura 19). Para el desarrollo de este segundo modelo se ha definido un polígono de 9,3 hectáreas que considera un total de 120 edificaciones y 80 árboles²⁴.

En cuanto a la normativa urbana aplicable al polígono, cabe señalar que en 2001 este fue incluido dentro las 3 zonas de renovación urbana de Ñuñoa (Res. ex. N° 3.407 de 2001 MINVU) lo que permitió la aplicación del Subsidio de Interés Territorial Título II. Además, la modificación n°16 del PRC (2004), “permitió en todo el borde de la avenida Irarrázaval la construcción de franjas en altura de siete pisos y, sobre estas franjas, edificación en tipología aislada” y altura libre (López-Morales, Gasic , & Meza, 2012). Por otra parte, al interior de las manzanas al norte de Irarrázaval se definió esta como Z5 hasta la modificación MPRC13 (2015) y posteriormente Z3. Ambas zonificaciones permitieron también el desarrollo de edificaciones en altura libre según rasante y coeficiente de constructibilidad de 2,0. Si bien en la modificación MPRC16 de 2017, se ha establecido como Zona Z4A, estableciendo una altura máxima de 17,50m., las normativas aplicadas en el periodo 2004-2017, permitieron la aprobación de 9 proyectos inmobiliarios en altura en el polígono estudiado, totalizando más de 157.000 m2 proyectados (ver tabla 8).

AÑO	N°	DIRECCIÓN PERMISO EDIFICACIÓN	PISOS	SUP (m2)
2004	24	CONDELL 1839-1857-1865	15	7.738
2006	17	IRARRAZABAL 730-734-872-884	18	11.189
2007	71	AV. ITALIA 1879-1883 Y 2009	16	6.459
2009	43	TEGUALDA 1975	16	8.949
2012	72	AVDA. ITALIA N°2040	11	4.458
2012	25	CONDELL 1868-1876	24	10.181
2014	85	AVDA. CONDELL N° 1797-1805-1819-1823-1830	18	15.673
2015	301	EMILIO VAISSE 760	29	67.865
2017	94	AV. ITALIA 2025, 2031 AV IRARRAZAVAL 650, 660, 682 ²⁵	24	25.287

Tabla 8 Detalle permisos de para edificación en altura del polígono B (2004-2017). Fuente: INE (2018)

²⁴ Para efectos de la modelación se consideraron solo especies arbóreas que superaran los 5 metros de altura las cuales fueron representadas por un bloque único de árbol de 6 metros de altura.

²⁵ El proyecto correspondiente al permiso de edificación n°94 de 2017, se encuentra aún en fase de construcción.

5.2.1. Descriptores Morfológicos

a) Relación Alto / Ancho (H/W)

En primer término, se establece una comparativa de la geometría de cada cañón urbano en cuanto a la relación que existe entre el ancho del perfil entre líneas oficiales (W) y la altura promedio de las edificaciones (H). Para determinar esta relación se ha calculado el promedio de altura de las edificaciones para ambas fachadas en el modelo 3D en cada cañón²⁶, además del ancho promedio del cañón entre ochavos. En términos generales en ambas calles existen aceras de aprox. 2 metros de ancho, acompañadas por abundante arborización en la berma, intercalada con estacionamientos vehiculares en los espacios libres de árboles. La calzada tiene un espacio de entre 6 a 7 metros utilizado por dos pistas de tránsito vehicular en un único sentido. En este caso la diferencia entre los 2 cañones se establece a partir del proyecto inmobiliario ubicado en Condell #1415 (14 pisos de altura), el cual aumenta considerablemente la altura promedio de la fachada

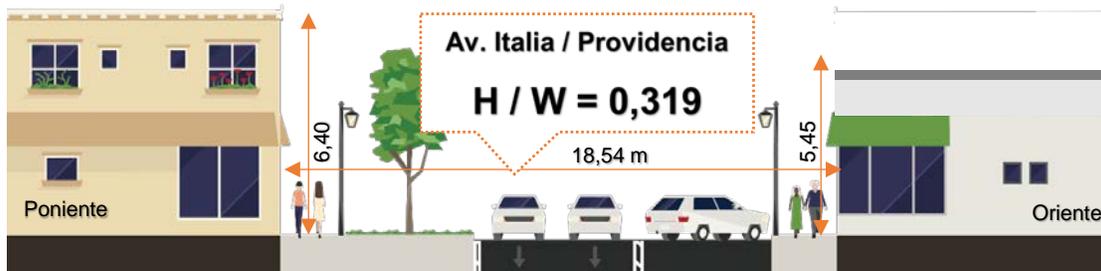


Figura 21 Esquema relación Alto/Ancho (H/W) Av. Italia Polígono A. Fuente: Elaboración Propia (2018)

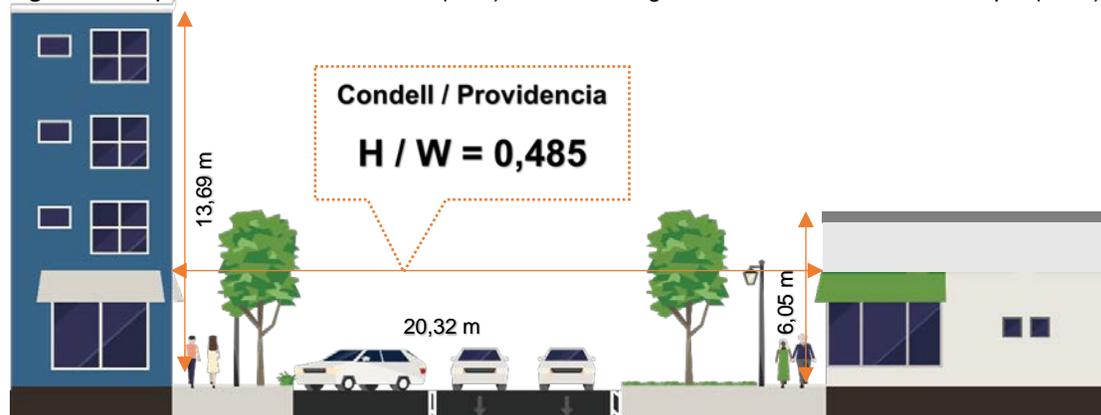


Figura 22 Esquema relación Alto/Ancho (H/W) Condell Polígono A. Fuente: Elaboración Propia (2018)

²⁶ Se multiplica el alto por el ancho de cada una de las fachadas de las edificaciones de cada acera del cañón y luego se divide el resultado por el largo total del cañón, obteniendo una altura promedio de cada fachada.

poniente en esta calle. Sin embargo, esta diferencia es aún más pronunciada en los cañones del polígono B (figuras 23 y 24), donde en la calle Condell la altura promedio de la fachada poniente alcanza más de 27 m. de altura por la presencia de 3 proyectos contiguos de edificación en altura en el largo del cañón.

En términos comparativos en el caso de Av. Italia la variación de la relación H/W es de 0,319 en Providencia a 0,403 en Ñuñoa y en el caso de Condell la diferencia es aún mayor, en tanto se varía desde un factor de 0,485 en el caso A, hasta un 0,951 en el caso B. Lo anterior da cuenta del cambio morfológico asociado a la variación entre las normativas urbanas aplicadas por cada comuna en sus polígonos, lo cual resulta más evidente en el eje Condell, donde la relación de la altura edificada y el ancho de la calzada (H/W) aumentó en un 96% en la zona de renovación urbana de Ñuñoa.

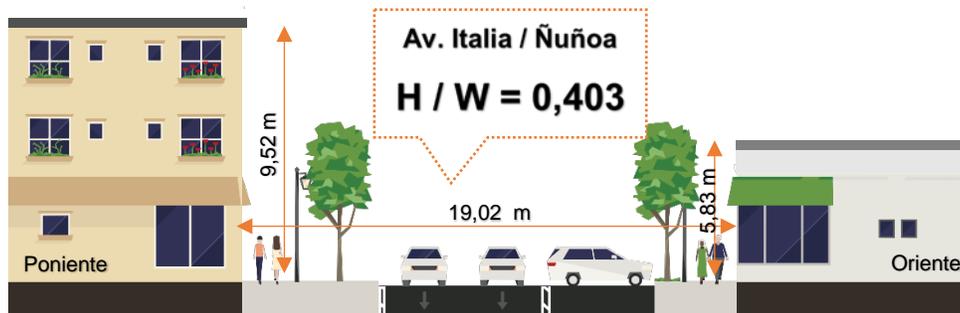


Figura 24 Esquema relación Alto/Ancho (H/W) Av. Italia Polígono B. Fuente: Elaboración Propia

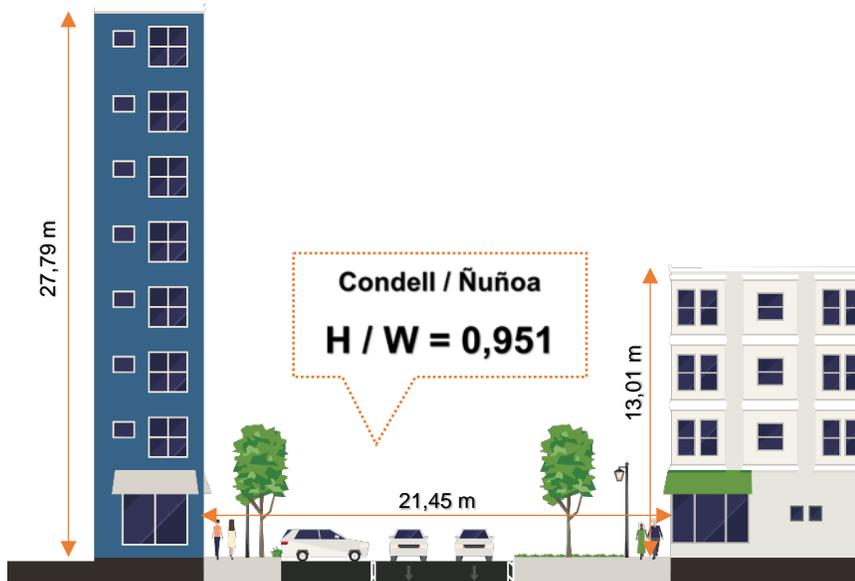


Figura 23 Esquema relación Alto/Ancho (H/W) Condell Polígono B. Fuente: Elaboración Propia (2018)

b) Factor de Cielo Visible (SVF)

El segundo descriptor morfológico analizado corresponde al factor de cielo visible (*Sky View Factor* o *SVF*) de cada cañón. En este caso se han determinado 3 puntos equidistantes en cada eje desde donde se generan diagramas estereográficos en Ecotect que permiten calcular el valor de SVF en cada punto y con los cuales se puede establecer un valor promedio para el cañón (ver ubicación de puntos en figuras 19 y 20). Tal como se mencionó antes, para que el modelo fuese lo más representativo posible, se incluyó la presencia de los arboles catastrados de más de 5 metros de altura.

Una vez establecidos los diagramas estereográficos, el software Ecotect permite subdividir la representación del cielo en 580 puntos equidistantes y calcular el porcentaje de puntos obstruidos, a partir de lo cual se calcula el porcentaje de SVF.

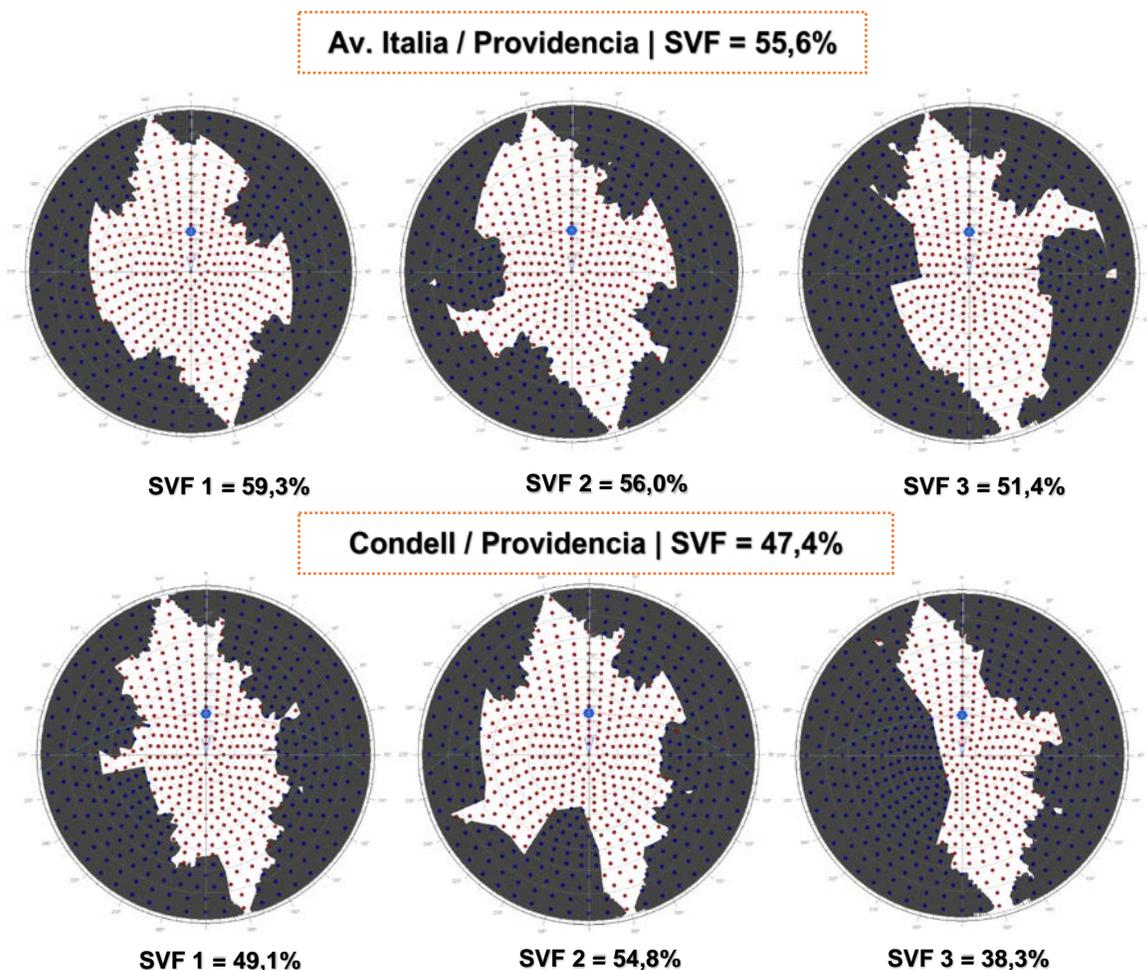


Figura 25 Resumen resultados SVF Polígono A en Ecotect. Fuente: Elaboración propia (2018).

Los resultados se presentan en figuras 25 (Providencia) y 26 (Ñuñoa) en color azul los puntos obstruidos y en color rojo los puntos con visibilidad de cielo.

En el caso del polígono A, se reconoce un patrón constante en ambas calles dado por la condición de fachada continua y la presencia uniforme de masa arbórea, que determinan el porcentaje de cielo visible entre el 50 y 60%. Al igual que en la relación H/W el punto de diferencia lo marca el edificio de Condell #1415, que por su altura determina un factor de cielo visible de solo el 38,3% para el punto SVF 3 de Condell, el valor más bajo de los 9 puntos analizados, estableciendo este cañón como el de menor acceso a visibilidad del cielo.

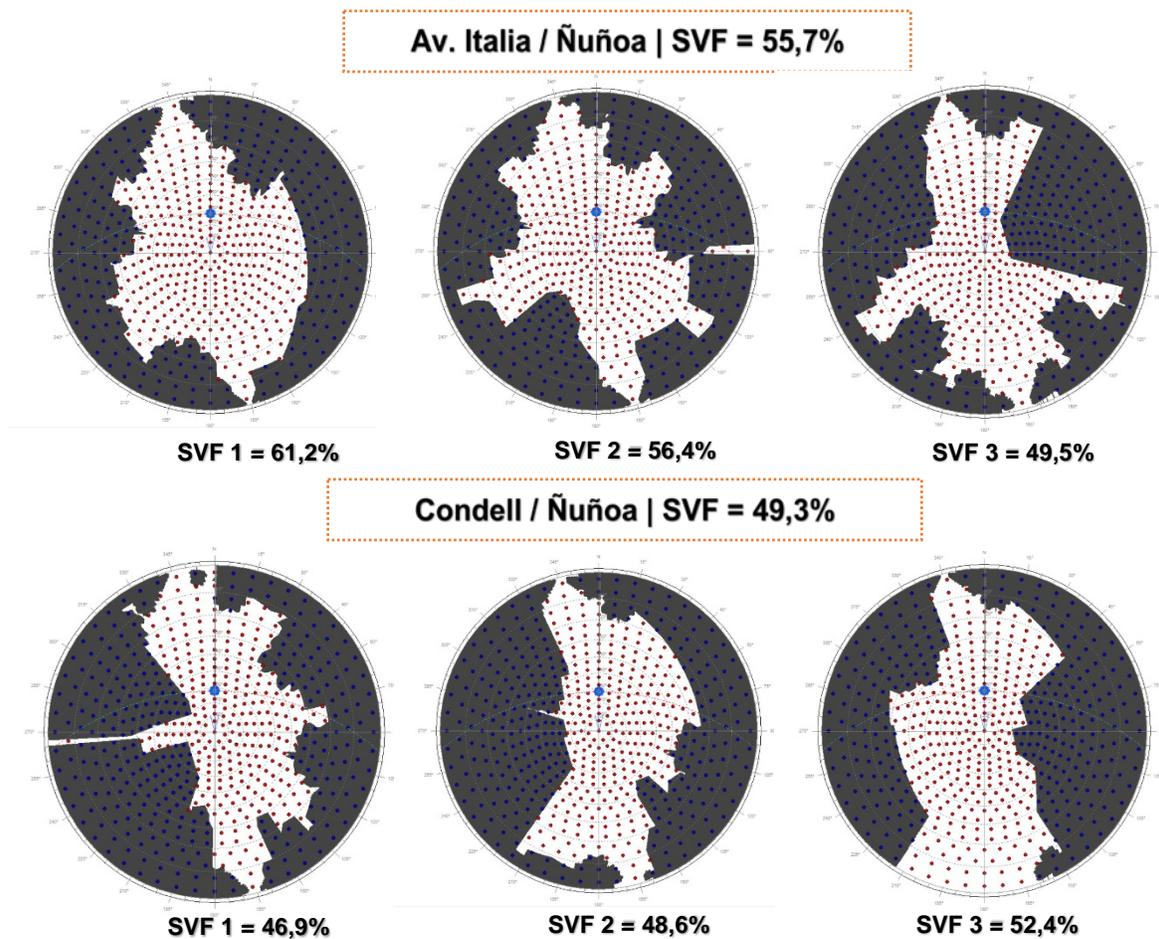


Figura 26 Resumen resultados SVF Polígono B en Ecotect. Fuente: Elaboración propia (2018).

En cuanto al polígono B, a pesar de la mayor presencia de edificios en altura y la obstrucción solar que estos representan, la morfología espacial de este sector está condicionada por fachadas más discontinuas, una menor presencia arbórea y la

existencia de amplias zonas de estacionamiento en el entorno a Av. Irarrázaval, atributos que determinan en lo numérico que el factor de visibilidad de cielo promedio para cada cañón, sea prácticamente idéntico a los del polígono A. Esto además se explica por la normativa urbana aplicable, que determina la altura máxima a edificar mediante la aplicación de rasantes de 70° por parte de los proyectos inmobiliarios, respecto de los vecinos y ejes de calzadas, lo cual también atenúa los efectos de estas edificaciones en la reducción del porcentaje de cielo visible desde la calle.

5.2.2. Simulación Acceso Solar de Cañones Urbanos

En esta segunda parte del objetivo 2, se utilizó el software Ecotect para simular cálculos de acceso solar en los 2 cañones urbanos, en cuanto a niveles de iluminación natural y radiación solar para ambos polígonos. Para esto se utilizó la base de datos climáticos del sistema de certificación internacional *Energy Plus* (<https://energyplus.net/>) la cual contiene los datos meteorológicos para la ciudad de Santiago en formato EPW, los cuales fueron incorporados al modelo Ecotect mediante la herramienta *Weather Tool*. Una vez cargados los datos climáticos se procedió a definir la grilla de análisis, la cual considera todo el espacio exterior (entre líneas oficiales) de los 2 cañones analizados. La grilla se ubicó 1 metro por sobre el nivel del suelo y considera celdas de 2 x 2 metros.

Se utilizaron en total 5 herramientas de análisis disponibles en el software para cada polígono: iluminación natural, horas de luz natural, radiación solar, rangos de sombras y radiación incidente a través de la proyección de rayos solares.

Los resultados se exponen para cada herramienta de manera comparativa entre ambos polígonos de estudio.

a) Niveles de iluminación natural

Se calcularon los niveles de iluminación natural en los cañones urbanos para un escenario de 8.500 lux de luminancia del cielo en un día de cielo nublado en invierno. En figura 27 se presentan ambos polígonos comparativamente, donde se

reconoce como las edificaciones en altura determinan una reducción de hasta 2.000 lux en las zonas del cañón que enfrentan directamente a estos edificios.

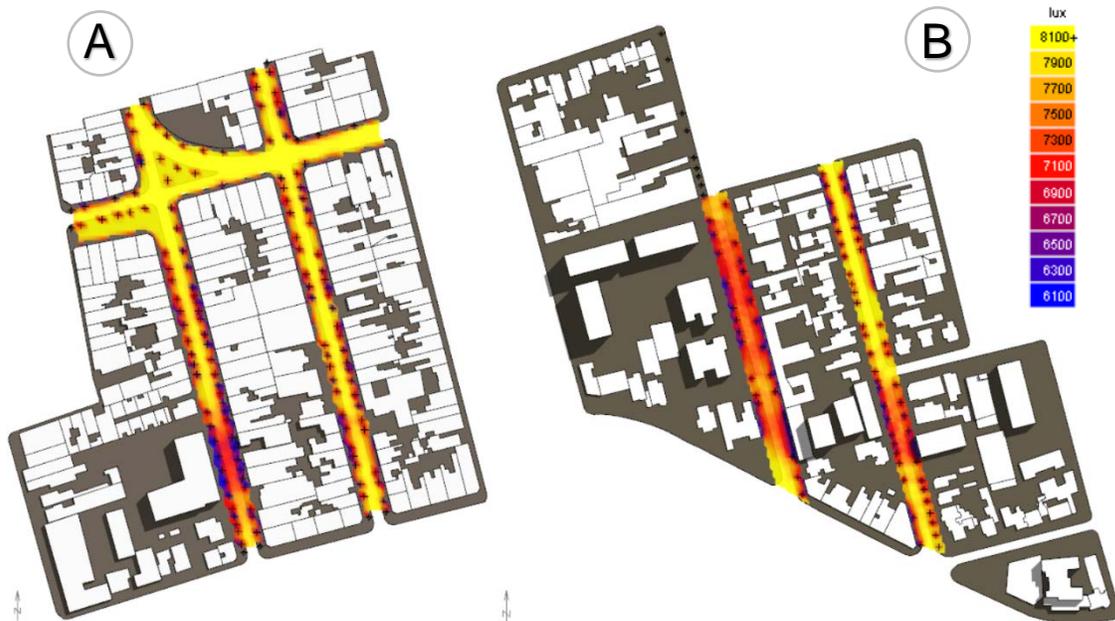


Figura 27 Comparación polígonos A y B: Niveles de iluminación natural. Fuente: Elaboración propia (2018)

b) Horas de luz solar.

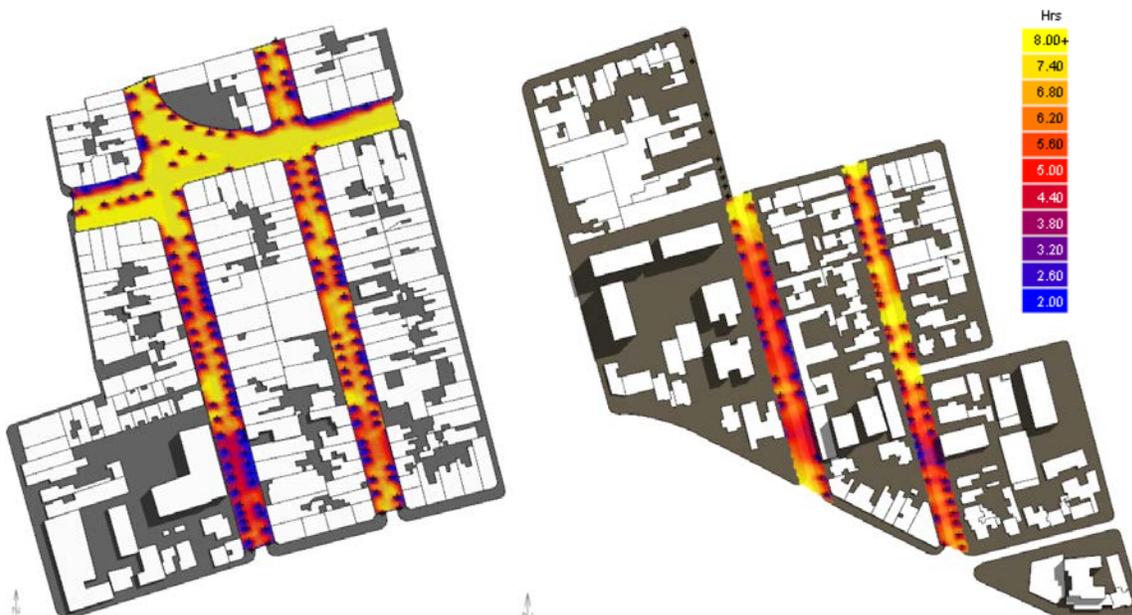


Figura 28 Comparación polígonos A y B: Total de horas de luz solar. Fuente: Elaboración propia (2018)

En la figura 28 se presentan los resultados del cálculo de horas de luz solar (promedio anual) recibidas durante el día para ambos polígonos.

En general se observa una influencia importante de la masa arbórea y de las edificaciones en altura que se encuentran construidas inmediatamente sobre la línea oficial (sin antejardín o rasante). En ambos polígonos los sectores de menor disponibilidad horaria de luz solar fueron aquellos en que coincidían edificaciones en altura con arborización abundante en la calle, registrando en varios de estos puntos menos de 6 horas de luz solar disponible (considerando iluminación tanto directa como difusa).

c) Radiación solar diaria.

En tercer lugar, se calculó la radiación solar diaria (promedio anual) recibida al interior del cañón en vatios-hora (Wh) (ver figura 29).



Figura 29 Comparación polígonos A y B: Radiación solar diaria. Fuente: Elaboración propia (2018)

Los resultados muestran la continuidad del patrón de distribución de horas de iluminación solar disponible, en cuanto a que las zonas que comparten edificación en altura y arborización son las que más reducen su captación de energía.

En este caso las zonas más desfavorecidas reducen hasta en 2.000 Wh la energía solar captada a nivel de calle en ambos polígonos.

d) Rangos de sombras.

El cuarto ítem analizado fueron los rangos de sombra arrojada por las edificaciones en los solsticios de invierno y verano para los 2 polígonos estudiados.

En la figura 30 se presentan gráficamente las sombras proyectadas en toda la superficie de ambos polígonos (en verano e invierno). Se presentan sobrepuestas las proyecciones registradas entre las 8 am y 18 pm (registros cada 30 minutos).

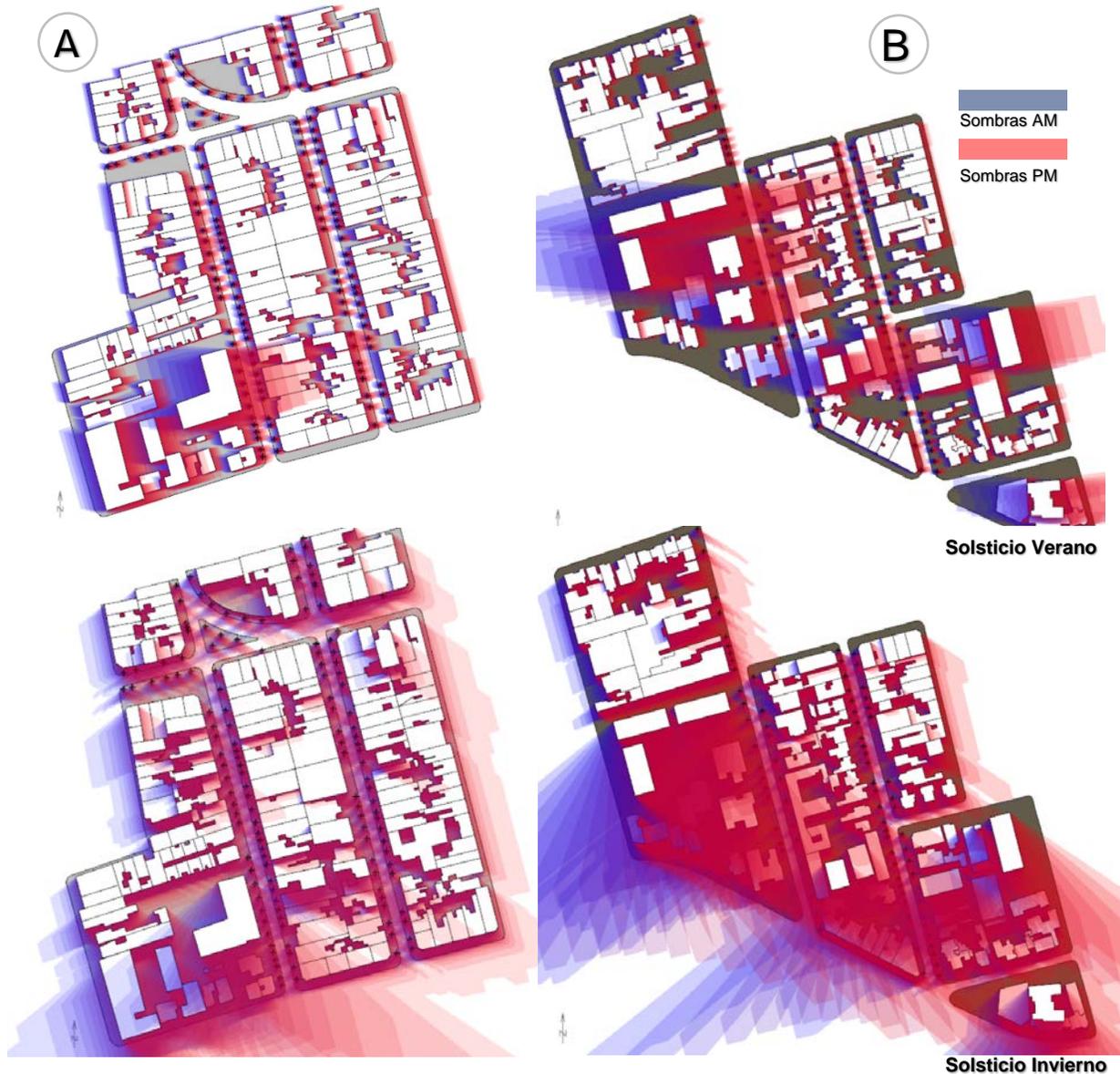


Figura 30 Comparación polígonos A y B: Rango de sombras en solsticios invierno y verano. Fuente: Elaboración propia (2018).

Los resultados muestran gráficamente la influencia de las edificaciones en altura para la proyección de conos de sombra más amplios respecto de edificaciones de

baja altura en ambas épocas del año. En este caso es en el polígono B donde se presentan las sombras de mayor rango, donde el proyecto inmobiliario ubicado en Emilio Vaisse #760 (3 edificios de 29 pisos de altura) es el que genera los mayores conos de sombra en ambas épocas del año, siendo las edificaciones ubicadas al sur de este conjunto de edificios las más perjudicadas en su acceso solar, principalmente en invierno.

e) Radiación incidente.

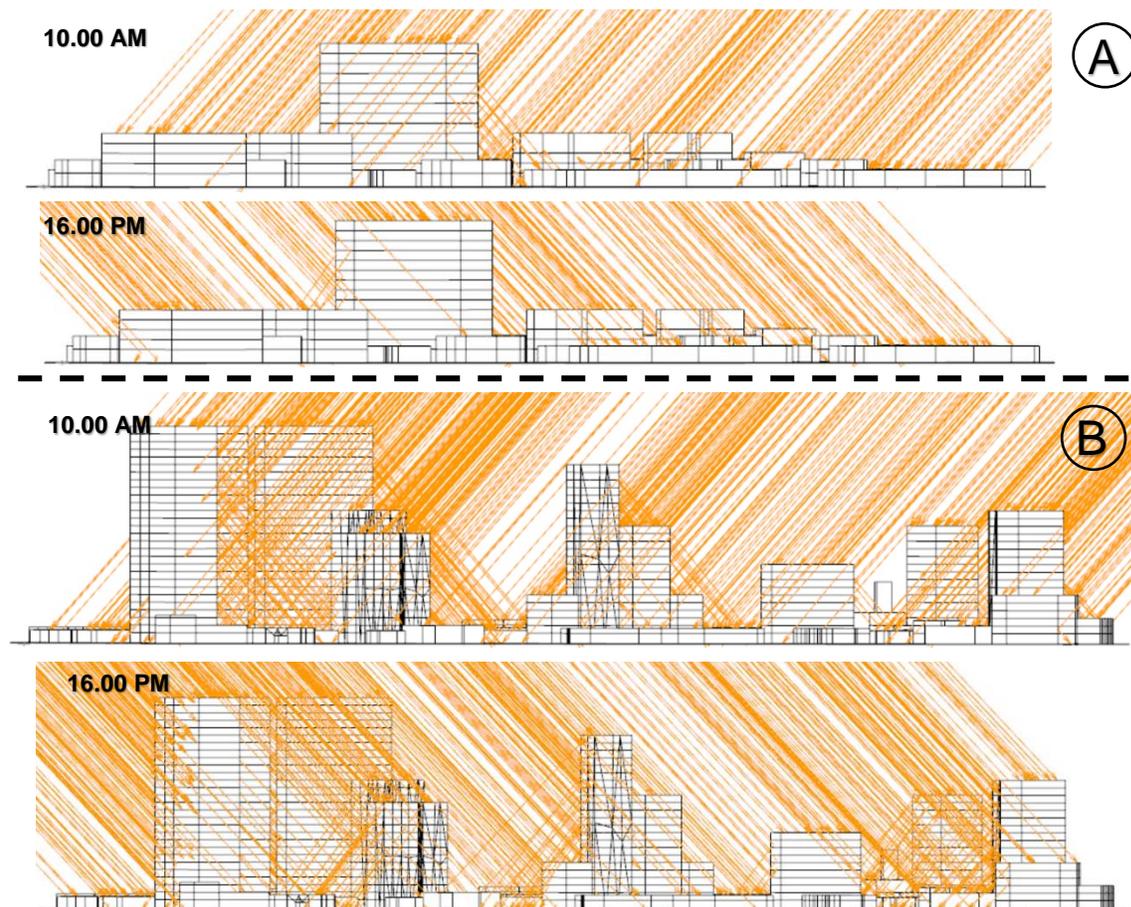


Figura 31 Comparación polígonos A y B: Elevación sur con proyección de rayos solares reflejados (26 ene.).
Fuente: Elaboración propia (2018)

En la figura 31 se muestra una representación de la radiación solar incidente en ambos polígonos mediante una proyección de rayos solares (simbolizados cada 15 metros). Se presentan proyecciones en dos horarios (10 AM y 16 PM) para el día

26 de enero²⁷ considerando la reflexión de estos rayos sobre la morfología de ambos polígonos. Este esquema permite verificar como la mayor presencia de edificación en altura en el polígono B determina un aumento en las reflexiones de radiación de onda corta, las cuales se propagan entre las superficies expuestas del cañón (fachadas y pavimentos), propiciando un mayor intercambio y absorción de radiación de onda corta al interior del sector de renovación urbana en ambos horarios.

Esta última representación gráfica se vincula con los resultados del primer objetivo, respecto de la formación de islas de calor de superficie nocturnas. En cuanto a que debido a su inercia térmica, las paredes y el pavimento de las morfologías urbanas de mayor altura retienen el calor durante el día de manera más efectiva. Las tasas de enfriamiento cerca del atardecer se reducen en las zonas urbanas compactas en relación con entornos rurales más abiertos, lo cual disminuye las pérdidas de radiación infrarroja durante la noche y permite una mayor conservación nocturna del calor acumulado (Sarricolea P. , 2012) (Oke, Mills, Christen, & Voogt, 2017).

f) Resumen resultados acceso solar.

En definitiva, el análisis de los cambios morfológicos producidos en la zona de renovación urbana (Ñuñoa) respecto del sector de Providencia, da cuenta de efectos microclimáticos diurnos que determinan mayores conos de sombra y por tanto reducción en las horas de luz solar disponible, en los niveles de iluminación natural (lux) y en la energía disponible por radiación solar (Wh).

Por otra parte, la zona de renovación urbana en cuanto a la radiación incidente determina un aumento en las reflexiones de radiación de onda corta al interior del cañón urbano, lo cual permite una mejor conservación nocturna del calor, propiciando condiciones para la formación de islas de calor de superficie nocturnas.

²⁷ La elección de la fecha se vincula con los resultados del objetivo 1, donde se identificó el 26 de enero de 2017 como la máxima térmica registrada en el periodo estudiado en cuanto a temperatura superficial nocturna (ver figura 9).

5.3. Cualidades Diseño Urbano y Percepción Termo-espacial

Para el desarrollo del tercer objetivo específico se utilizará el mismo polígono y cañones de estudio definidos para el análisis micro climático (ver figura 18). En el presente ítem se identificarán en primer término las cualidades perceptuales del diseño urbano de los cañones estudiados, utilizando el modelo de imaginabilidad de Kevin Lynch (1960) y el modelo de cualidades del diseño urbano asociadas a la “caminabilidad” de Edwing y Handy (2009). La utilización de estos modelos permitirá hacer una lectura desde el diseño urbano de los cambios morfológicos asociados al barrio entre ambas comunas.

Posteriormente se procederá a comparar los resultados de los modelos utilizados con las entrevistas de percepción térmica aplicadas a peatones del barrio Italia.

5.3.1. Análisis de Cualidades del Diseño Urbano.

a) Análisis Imagen Urbana Barrio Italia

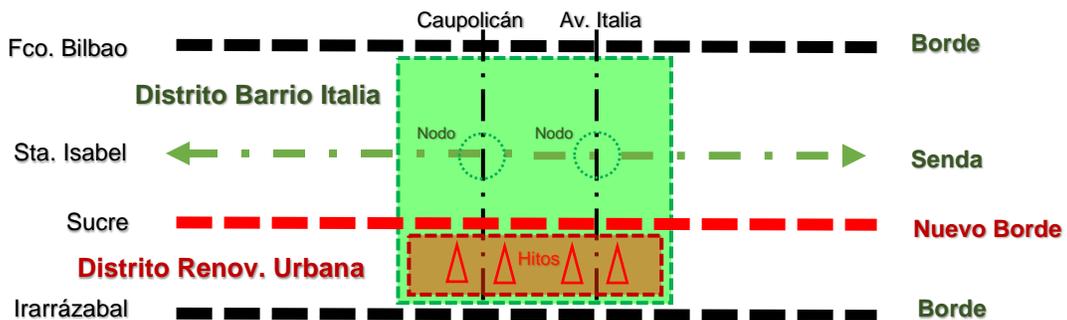


Figura 32 Esquema en base a modelo imaginabilidad de Lynch (1960). Fuente: Elaboración propia (2018)

Si utilizamos el modelo de imaginabilidad de Kevin Lynch (1960) para analizar el área de estudio (fig. 18), podríamos definir a grandes rasgos que las avenidas Francisco Bilbao e Irrazabal, se establecen como los “bordes” originales del “distrito” Barrio Italia. Al interior de este, Santa Isabel se constituye como una “senda” articuladora de una sucesión lineal de actividades organizadas en torno a este eje, en donde los cruces con Av. Italia y Caupolicán se ubican como los “nodos” que conforman la columna vertebral de este distrito, determinado por una morfología espacial común que identificó históricamente al barrio y que se expresa claramente en el desarrollo de estas 2 calles.

Sin embargo, la proliferación de proyectos inmobiliarios en altura (tabla 8) en la zona de renovación urbana de Ñuñoa, ha determinado un nuevo borde en el límite comunal (Caupolicán), que a partir de la presencia de estos nuevos “hitos” urbanos está generando un nuevo distrito caracterizado por una mayor escala espacial y morfológica (ver esquema en figura 32), lo cual determina una reducción en la extensión espacial del distrito barrio Italia original y por tanto también la pérdida de la morfología espacial que históricamente lo identificó.

b) Cualidades Perceptuales del Diseño Urbano

Para cuantificar en términos conceptuales los cambios morfológicos asociados al diseño urbano de las calles Condell e Italia, el investigador realizó un levantamiento de cualidades perceptuales del diseño reconocibles en los cañones definidos para el área de estudio con la finalidad de identificar en base a la literatura, como se ven y perciben los cambios en el medio físico y la morfología urbana. Es decir, cómo se observa la ciudad, la forma y el espacio urbano (Munizaga, 1992) en los 2 polígonos estudiados.

Para identificar y comparar las cualidades perceptuales del diseño urbano se utilizará la metodología de Ewing & Handy (2009), quienes medieron objetivamente las cualidades perceptivas de las calles que pueden afectar el ambiente para hacerlo más o menos “caminable”. Esto a través de un catastro de variables físicas de las calles y las evaluaciones de un panel de expertos en diseño urbano.

En su estudio analizaron 51 cualidades perceptuales, donde cada categoría fue evaluada en 48 clips de video de calles norteamericanas por un panel de 10 expertos en diseño urbano, quienes en base a la literatura, acordaron definiciones operacionales para 5 categorías: Imaginabilidad, cañón urbano, escala humana, transparencia y complejidad.

Una vez definidas las 5 categorías para medir el ambiente de la calle se catastraron en los 48 clips más de 130 características físicas cuantificables, las cuales fueron comparadas en modelos estadísticos con la evaluación que hizo el panel de expertos para cada una de las 5 categorías (variables dependientes), donde 28 de estas variables físicas mostraron ser estadísticamente significativas en una o más

categorías, asignando a cada una un coeficiente. En base a estas 28 variables agrupadas en 5 categorías se construye una pauta de evaluación que determina una evaluación de las 5 categorías de cualidades perceptuales para cada uno de los cañones seleccionados (ver categorías y variables físicas en tabla 10).

c) Registro audiovisual de variables físicas

Para medir las variables físicas se registraron clips audiovisuales de caminatas en ambas aceras de los 2 cañones estudiados, los cuales fueron procesados posteriormente en la matriz que evaluará las cualidades percibidas en el diseño urbano de ambos escenarios (tabla 10).

Para lo anterior se ha establecido en la tabla 9 el protocolo que imitó la experiencia de los peatones. El registro de los 8 clips (2 por cada cañón en ambos polígonos) se realizó el día 19 de octubre de 2018 entre las 11.00 am y 12.00 pm para el polígono A y el 6 de diciembre entre 12.00 pm y 13.00 pm para el polígono B.

Item	Desarrollo
Trayecto	El trayecto no fue lineal, sino que intentó representar el estado de movimiento y búsqueda de balance constante de los peatones adaptándose a obstáculos, cambios de nivel y evitando peatones en sentido inverso.
Panoramización	En los cruces y esquinas se realizaron movimientos de panoramización que permitieron tener una visión periférica del entorno.
Distancia	La distancia recorrida de cada clip fue de aproximadamente 250 metros y los puntos de partida y término de los trayectos fueron en las esquinas que delimitan cada cañón
Velocidad	La velocidad de desplazamiento fue de aproximadamente 4,3 Km /hora
Duración clip	La duración del tiempo de los clips variaron entre 3 y 4 minutos dependiendo de la semaforización y los obstáculos que se presentaron en cada acera.

Tabla 9 Protocolo de grabación registro de caminatas. Fuente: Elaboración propia (2018)

En las figuras 33 a 36 se presentan esquemáticamente los resultados del registro audiovisual asociados a cada modelo 3D.

ISLA DE CALOR URBANA DE SANTIAGO Y MICROCLIMA EN EL ESPACIO PÚBLICO: DE LA MEDICIÓN A LA PERCEPCIÓN.
EL CASO DEL BARRIO ITALIA EN LA COMUNA DE PROVIDENCIA, CHILE.

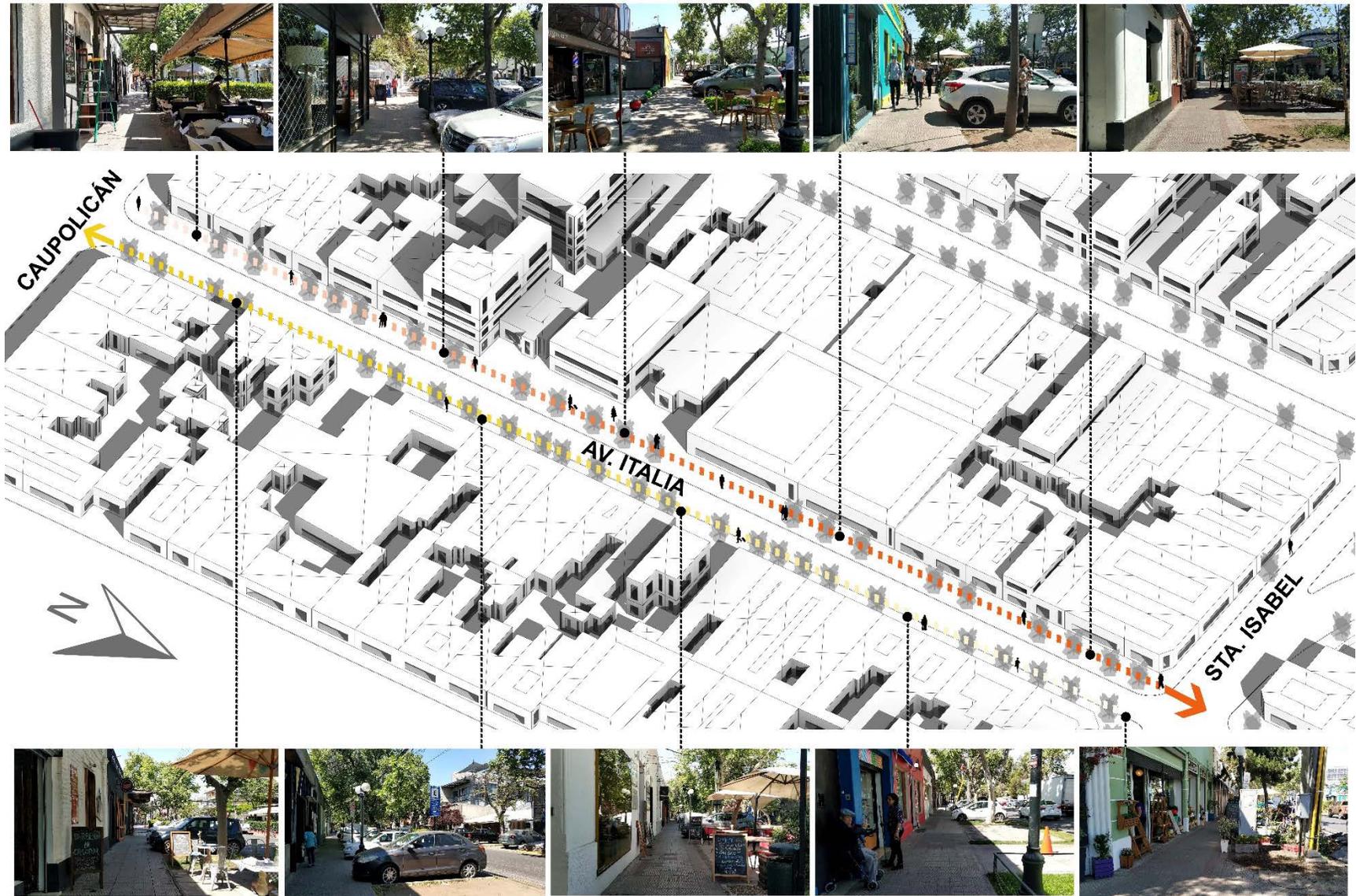


Figura 33 Esquema vista axonométrica modelo 3D con imágenes registro audiovisual. Av. Italia Polígono A. Fuente: Elaboración Propia (2018)

ISLA DE CALOR URBANA DE SANTIAGO Y MICROCLIMA EN EL ESPACIO PÚBLICO: DE LA MEDICIÓN A LA PERCEPCIÓN.
EL CASO DEL BARRIO ITALIA EN LA COMUNA DE PROVIDENCIA, CHILE.

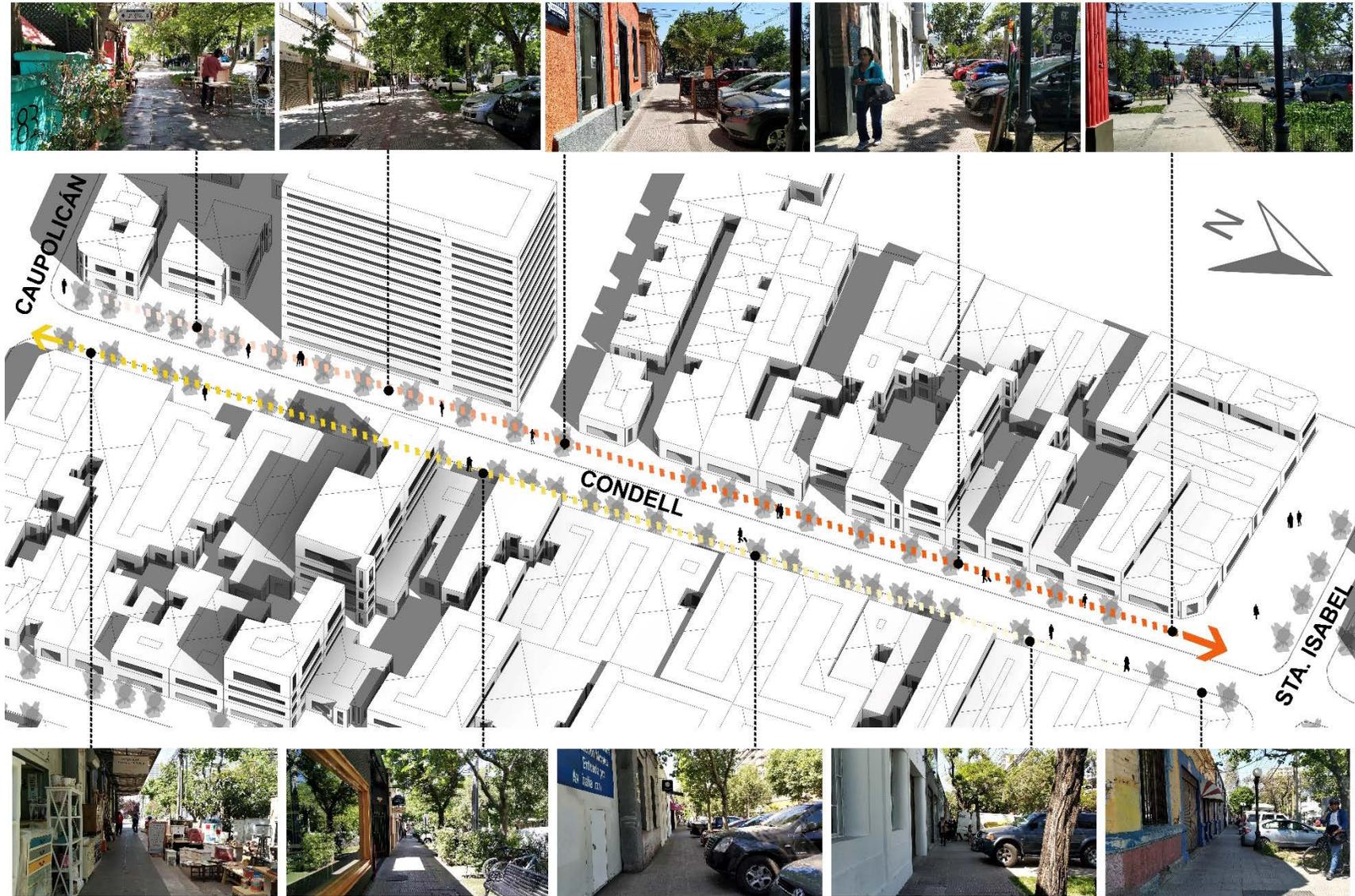


Figura 34 Esquema vista axonométrica modelo 3D con imágenes registro audiovisual. Condell Polígono A. Fuente: Elaboración Propia (2018)

ISLA DE CALOR URBANA DE SANTIAGO Y MICROCLIMA EN EL ESPACIO PÚBLICO: DE LA MEDICIÓN A LA PERCEPCIÓN.
EL CASO DEL BARRIO ITALIA EN LA COMUNA DE PROVIDENCIA, CHILE.



Figura 35 Esquema vista axonométrica modelo 3D con imágenes registro audiovisual. Av. Italia Polígono B. Fuente: Elaboración Propia (2018)

ISLA DE CALOR URBANA DE SANTIAGO Y MICROCLIMA EN EL ESPACIO PÚBLICO: DE LA MEDICIÓN A LA PERCEPCIÓN.
EL CASO DEL BARRIO ITALIA EN LA COMUNA DE PROVIDENCIA, CHILE.



Figura 36 Esquema vista axonométrica modelo 3D con imágenes registro audiovisual. Condell Polígono B. Fuente: Elaboración Propia (2018)

d) Matriz de análisis de cualidades perceptuales.

Para operacionalizar las variables perceptuales registradas se utilizó pauta de observación basada en las 5 categorías de cualidades del diseño urbano relacionadas con las características físicas de las calles (Ewing & Handy, 2009):

- A. **Imagen urbana (Imageability)**: Representa la capacidad de evocar una imagen urbana (Lynch, 1960) definida y recordable por los observadores en sus mapas mentales. Las variables físicas que correlacionaron positivamente con la evaluación del panel de expertos en el citado estudio fueron por ejemplo la cantidad de peatones, espacios exteriores, obras de paisajismo y edificios históricos. Por el contrario, la evaluación del nivel de ruido realizada por el autor fue una variable que correlacionó negativamente con la capacidad de imagen urbana de cada calle.
- B. **Cañón Urbano (Enclosure)**: Identificó las variables físicas que influyeron en la construcción de cañones urbanos uniformes y continuos que permitan la delimitación de una morfología espacial uniforme para cada calle.
En este caso las variables que midieron la proporción de la altura de las fachadas respecto de las calles fueron las que influyeron positivamente, mientras que la proporción de cielo visible y los espacios con vistas de larga distancia influyeron negativamente en la construcción de cañones.
- C. **Escala Humana (Human Scale)**: Se midieron elementos físicos que coinciden con el tamaño, proporciones y velocidad de desplazamiento de las personas. En el estudio las variables que correlacionaron positivamente fueron la presencia de mobiliario urbano, ventanas en primer piso y maceteros. La variable que correlacionó negativamente fue la altura promedio de las fachadas adyacentes.
- D. **Transparencia (Transparency)**: Se midió el grado en que las personas pueden ver o percibir la actividad humana más allá de la línea de edificación de una calle. Las variables que influyeron mayoritariamente en esta categoría fueron la presencia de ventanas en primeros pisos y la mayor proporción de usos de suelos “activos” (comercio, equipamiento o educación).

E. **Complejidad (Complexity):** Esta última categoría está relacionada con la naturaleza poli sensorial de la percepción (Rapoport, 1978), en cuanto a la riqueza visual y diversidad arquitectónica del entorno construido. En esta categoría influyeron positivamente variables relacionadas a la cantidad de personas, edificios, colores y presencia de arte urbano en las calles estudiadas.

En la tabla 10 se presenta la pauta utilizada para evaluar los clips de video según los coeficientes identificados para cada variable física y cada categoría.

		POLÍGONO A PROVIDENCIA						POLÍGONO B ÑUÑO A						
		Condell			Av. Italia			Condell			Av. Italia			
	Carásterísticas Físicas	Coef.	O	P	Total	O	P	Total	O	P	Total	O	P	Total
A	1 N° de personas	0,024	19	15	0,81	22	36	1,39	21	9	0,72	15	24	0,93
	2 Proporción de edificios históricos	0,970	0,55	0,87	1,37	0,8	0,78	1,53	0,3	0	0,29	0,63	0,4	0,99
	3 N° de patios o plazas	0,414	4	3	2,9	5	10	6,21	2	1	1,24	6	3	3,73
	4 Comedores al aire libre (S/N)	0,644	1	0	0,64	1	1	1,29	0	0	0	1	1	1,29
	5 N° de edificios con forma no rectangular	0,080	0	0	0	0	1	0,08	0	0	0	1	0	0,08
	6 Nivel de ruido (calificación 1 a 5)	-0,183	3	2	-0,9	3	2	-0,9	4	3	-1,3	3	4	-1,3
	7 N° de obras de paisajismo	0,722	5	3	5,78	4	5	6,5	3	1	2,89	4	5	6,5
	8 N° de edificios con letrero o identificador	0,111	9	6	1,67	16	17	3,66	0	1	0,11	5	4	1
Imagen Urbana (Imageability)					12,3			19,7			3,97			13,2
B	9 Proporción calle / fachada (misma acera)	0,716	3,35	1,48	3,46	3,4	2,9	4,51	1,64	0,77	1,73	3,26	2	3,77
	10 Proporción calle / fachada (acera opuesta)	0,940	1,48	3,35	4,54	2,9	3,4	5,92	0,77	1,64	2,27	2	3,26	4,94
	11 Factor de cielo visible	-2,193	0,47	0,47	-2,1	0,56	0,56	-2,4	0,49	0,49	-2,2	0,56	0,56	-2,4
	12 N° de puntos de vista larga distancia	-0,308	1	1	-0,6	1	1	-0,6	1	1	-0,6	2	1	-0,9
	13 Proporción de cielo en el encuadre peatonal	-1,418	0,2	0,35	-0,8	0,43	0,25	-1	0,4	0,25	-0,9	0,35	0,1	-0,6
Cañón Urbano (Enclosure)					4,52			6,41			0,29			4,71
C	14 N° de puntos de vista larga distancia	-0,744	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15 N° de elementos de mobiliario urbano	0,036	13	7	0,73	21	30	1,86	1	5	0,22	9	5	0,51
	16 Proporción de edificios con ventanas en 1° piso	1,099	0,7	0,93	1,79	0,95	0,78	1,9	0,6	0,5	1,21	0,75	0,67	1,56
	17 Altura promedio del edificio (misma acera)	-0,003	6,05	13,7	-0,1	5,45	6,4	-0	13	27,8	-0,1	5,83	9,52	-0
	18 N° de maceteros	0,050	5	4	0,45	76	23	4,91	3	4	0,35	19	15	1,69
	19 Diseñador urbano (S / N)	0,382	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Escala Humana (Human scale)					2,91			8,63			1,65			3,71
D	20 Proporción de edificios con ventanas en 1° piso	1,219	0,7	0,93	1,99	0,95	0,78	2,11	0,6	0,5	1,34	0,75	0,67	1,73
	21 Proporción de usos de suelo activos*	0,533	0,4	0,6	0,53	0,85	0,85	0,91	0,2	0,25	0,24	0,38	0,27	0,34
	22 Proporción calle / fachada (misma acera)	0,666	3,35	1,48	3,22	3,4	2,9	4,2	1,64	0,77	1,61	3,26	2	3,5
Transparencia (Transparency)					5,74			7,21			3,19			5,57
E	23 N° de personas	0,027	19	15	0,91	22	36	1,55	21	9	0,8	15	24	1,05
	24 N° de edificios	0,051	20	15	1,79	20	18	1,94	10	4	0,71	16	15	1,58
	25 N° de colores y tonos de fachadas	0,177	8	10	3,19	9	8	3,01	8	2	1,77	6	11	3,01
	26 N° de fachadas con colores vivos utilizados	0,108	2	6	0,86	5	4	0,97	1	0	0,11	0	2	0,22
	27 Comedores al aire libre (S/N)	0,367	1	0	0,37	1	1	0,73	0	0	0	1	1	0,73
	28 N° de obras de arte urbano	0,272	1	0	0,27	3	1	1,09	0	1	0,27	3	2	1,36
Complejidad (Complexity)					7,39			9,3			3,67			7,95

Tabla 10 Matriz de análisis de cualidades perceptuales. Fuente: Elaboración propia (2018)

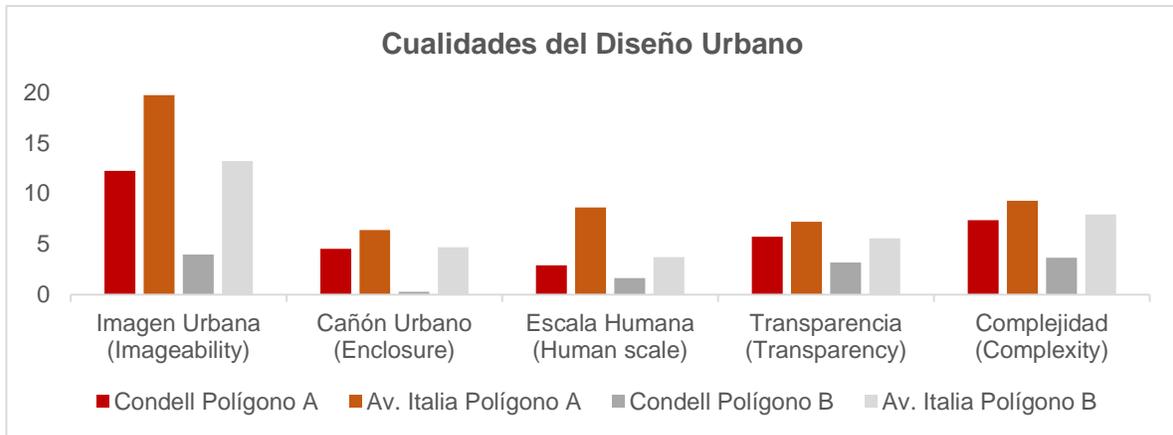


Figura 37 Gráfico con resultados de cualidades perceptuales observadas. Fuente: Elaboración propia (2018)

Los resultados para cada categoría se grafican en la figura 37, donde se puede observar el resultado según cada categoría, cañón y polígono estudiado.

Los resultados muestran que Av. Italia en el polígono A, presenta mejores cualidades del diseño urbano en todas las categorías analizadas. Por contraparte la calle Condell en polígono B es la que presenta menores cualidades en todas las categorías.

En general se puede inferir que a mayor intensidad en el proceso de renovación urbana y los cambios morfológicos que esto conlleva, menores son las cualidades del diseño urbano asociadas a cada calle. En tanto, de los 4 cañones estudiados, el que mantiene su morfología espacial original (Italia polígono A) es el que mejor resultados obtienen en las 5 categorías. En un estado intermedio se encuentran Condell polígono A e Italia Polígono B, donde se pudo observar conviven proyectos puntuales de edificación en altura con presencia aún mayoritaria de construcciones originales. Finalmente, el cañón con valores más bajos en las 5 categorías fue el de Condell en el polígono B, donde la presencia prácticamente exclusiva de edificación en altura ha determinado un proceso de deterioro de la calidad del diseño urbano, particularmente en cuanto a la conformación de un cañón urbano más discontinuo y la pérdida de complejidad y escala humana.

En una comparativa entre ambos polígonos, se puede establecer que, en el caso de ambas calles, estas redujeron sus cualidades en el polígono B respecto del A. Sin embargo, es importante señalar que los resultados de Italia en Ñuñoa fueron iguales o mejores que Condell en Providencia.

e) Limitaciones del modelo

El presente modelo utilizado originalmente por Edwing y Handy tuvo como propósito establecer definiciones operacionales para cualidades del diseño urbano en base a características físicas medibles en el espacio de la calle. El objetivo del citado estudio fue establecer posteriormente como estas cualidades pueden influir en la percepción de las personas sobre su medio ambiente como un mejor lugar para caminar. La presente investigación sin embargo está centrada en la percepción termo-espacial de los peatones, en cuanto a cómo las cualidades del diseño urbano pueden influir en el confort térmico percibido por las personas. En este sentido existen algunas variables identificadas en el registro audiovisual que podrían establecer cierta influencia sobre la percepción termo-espacial de peatones y que no fueron considerados en el modelo en que se basó la pauta de observación, como por ejemplo la presencia intercalada de zonas de aparcamiento de vehículos (en muchos casos sobre las aceras) y de zonas de áreas verde y arborización de gran altura. Ambos espacios se intercalan en las calles Italia y Condell, estableciendo una “competencia” por el espacio público disponible entre las aceras y calzadas (4 metros de ancho aproximado). Esta dicotomía entre el espacio utilizado por el automóvil y el asignado a las áreas verdes podría ser incorporada en la evaluación cualitativa, en tanto este puede ser un factor relevante en la forma en que las personas perciben diferencias térmicas en los espacios exteriores.

5.3.2. Entrevistas de Percepción Termo-espacial.

a) Metodología cualitativa: Entrevistas semiestructuradas

En esta última etapa de la investigación y a partir de las recomendaciones metodológicas revisadas en el marco teórico, se utilizará una técnica de enfoque cualitativo para abordar los fenómenos del clima urbano estudiados (isla de calor urbana y microclima urbano) desde la perspectiva de la percepción ambiental y social de peatones en los cañones estudiados (Condell e Italia).

En este sentido, la literatura reciente en el campo de la psicología ambiental, reconoce que para enfrentar las dinámicas asociadas al cambio climático y las políticas de adaptación respectivas, se deben considerar las conductas, creencias,

valores y actitudes que condicionan la percepción psicológica del fenómeno por parte de las personas, lo cual implica “conocer con mayor profundidad a las comunidades, sus motivaciones, experiencias y expectativas, así como los patrones socioculturales que fundamentan sus comportamientos” (Sapiains & Ugarte, 2017). En este sentido el desarrollo de una metodología cualitativa podría permitir la comprensión de las perspectivas que tienen los informantes respecto del tema de estudio y como estos las expresan en sus propias palabras (Taylor & Bogdan, 1986). En este caso la técnica a utilizar será la de entrevistas semiestructuradas, la cual tiene como principal función “aprender sobre lo que realmente es importante en la mente de los informantes (como significados, perspectivas y definiciones)”, además de permitirnos “acceder a la experiencia de los propios sujetos investigados” (Taylor & Bogdan, 1986). La entrevista para alcanzar mayor profundidad, según Taylor & Bogdan (1986) deberá constituirse como una conversación “entre iguales”, donde el investigador es “el instrumento de investigación” y no una pauta, protocolo o estructura de preguntas. Sin embargo, si bien las entrevistas se desarrollarán de manera abierta y no como un intercambio formal de preguntas y respuestas, estas se basarán en un guion que permita ordenar los tópicos a tratar pero de manera flexible y libre, permitiendo reformular e incorporar preguntas, según el aporte verbal del entrevistado, otorgándole también a este la “libertad para responderlas en sus propios términos” (Canales, 2006).

En la Tabla 11 se presenta un guion de conceptos generales a desarrollar con algunas preguntas sugeridas para el entrevistador.

Concepto	Desarrollo
01. Introducción	<ul style="list-style-type: none">• En principio se ahondará en la información personal del entrevistado: edad, sexo, comuna de origen y actividad que realiza en el espacio.• Se busca que el entrevistado exprese su grado de conocimiento del barrio y la comuna en general. <u>¿Cuánto conoce del Barrio?</u>• Deberá hacer una evaluación de su confort térmico en el momento en que se realiza la entrevista. <u>¿En general cómo se siente respecto a la temperatura?</u>

<p>02. Clima Urbano del AMS</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se propone una conversación respecto de la percepción del clima urbano del AMS en términos temporales, permitiendo que profundice sobre cuáles son los cambios térmicos que puede reconocer de manera espontánea en el último tiempo respecto de la evolución de las temperaturas intraurbanas. <u>¿Percibe usted cambios en las temperaturas urbanas últimamente? ¿Aumento o disminución?</u>
<p>03. Isla de Calor Urbana de Providencia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se explorará sobre la percepción del fenómeno de isla de calor urbana, por parte del entrevistado. Se consultará de manera espontánea cuales son los espacios (comunas o barrios) de la ciudad de Santiago donde el entrevistado perciba que las temperaturas urbanas tienden a ser más altas. <u>¿Cómo percibe térmicamente el espacio público Barrio Italia respecto a su comuna de origen (u otra)? ¿Para usted es más o menos caluroso? Realice una evaluación tanto diurna como nocturna.</u>
<p>04. Microclima Urbano del Barrio Italia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se profundizará en la percepción de las temperaturas urbanas por parte de los entrevistados en cuanto a su vinculación con la configuración espacial de las calles estudiadas, así como la influencia de la vegetación y tipología de edificaciones que conforman estos cañones urbanos. Se consultará específicamente por el área de estudio de la presente investigación, pero con la libertad que el entrevistado pueda aportar otros ejemplos a partir de su experiencia cotidiana. <u>¿Cómo percibe que influye el diseño de las calles y edificios en su percepción general de las temperaturas urbanas? ¿Qué elementos del diseño de la calle le parecen más determinantes? ¿Percibe algún cambio en esta calle entre Santa Isabel e Irarrázaval? ¿Qué tramo le pareció más confortable y por qué?</u>
<p>05. Percepción Termo- Espacial</p>	<ul style="list-style-type: none"> • En este punto de la entrevista se incorpora apoyo visual (ver figura 35) para que el entrevistado pueda apreciar el cambio morfológico entre ambos polígonos estudiados. <u>Luego de observar las fotografías ¿Usted percibe que los cambios recientes de escala espacial en el barrio pueden afectar su percepción respecto de las temperaturas? De existir ¿Cuál cree que sería ese cambio? ¿Más cálido o frío?</u>

Tabla 11 Guion de entrevistas semi estructuradas. Fuente: Elaboración propia (2018)

En la figura 38 se presenta el apoyo visual utilizado, consistente en una comparación de fotografías del polígono B entre enero de 2015 y diciembre 2018. La imagen muestra fotografías desde las calles Sucre y Condell del proyecto ubicado en Emilio Vaisse #760, contrapuestas con imágenes de *Google Street View*, previas a la construcción del proyecto.



Figura 38 Apoyo visual entrevistas con cambios morfológicos en el Barrio Italia (2015/2018). Fuente: Elaboración propia y Google Street View (2018)

b) Estructura de la muestra

En términos muestrales, el carácter cualitativo del presente objetivo de investigación permite al investigador definir un muestreo no probabilístico e intencional, donde la representatividad de la muestra será establecida por el investigador, bajo la técnica del “muestreo por cuotas”. Esto en tanto en las entrevistas “no se busca “reducir” la información verbal a datos numéricos estadísticamente significativos, si no que más bien se pretende extraer una mayor “densidad” testimonial en el material lingüístico de las respuestas expresadas por los entrevistados” (Canales, 2006).

En este caso el investigador considerando también el tiempo y recursos disponibles, ha definido como número de aplicaciones las 10 unidades, las cuales serán organizadas según cuotas de representación equitativa y proporcionada de los grupos de población de la comuna de Providencia según censo (INE, 2018). Se ha definido como grupo objetivo, personas mayores de edad hasta los 70 años.

En la tabla 11 se presenta la población total por género y grupos de edad (para el grupo objetivo) según censo 2017 y en paralelo la definición de las cuotas de muestreo según proporcionalidad de población.

DATOS CENSO COMUNA PROVIDENCIA				MUESTRA POR CUOTAS		
GRUPOS DE EDAD CENSO	TOTAL POBLACIÓN CENSO	HOMBRES	MUJERES	GRUPOS DE EDAD MUESTRA	ENTREVISTAS HOMBRES	ENTREVISTAS MUJERES
20 a 24	10.076	4.899	5.177	20 a 34 años	Daniel, 25 Sebastián, 28	Deyanira, 25 María, 26
25 a 29	14.854	7.115	7.739			
30 a 34	16.783	8.259	8.524			
35 a 39	14.221	7.002	7.219	35 a 54 años	Juan Pablo, 38 Cesar, 54	Macarena, 35 Paula, 48
40 a 44	10.848	5.346	5.502			
45 a 49	8.122	3.902	4.220			
50 a 54	7.226	3.308	3.918			
55 a 59	7.189	3.049	4.140	55 o más años	Santiago, 63	Cristina, 65
60 a 64	6.729	2.694	4.035			
65 a 69	5.860	2.389	3.471			
TOTAL	101.908	47.963	53.945	TOTAL	5	5

Tabla 12 Definición de muestreo por cuotas según Censo 2017 (INE, 2018). Fuente: Elaboración propia (2018)

c) Aplicación de entrevistas.

La aplicación de las entrevistas se realizó los días 20 noviembre (4 entrevistas) y 8 de diciembre (6 entrevistas) entre las 15:00 y 21:00 pm. La selección de los participantes se realizó de manera aleatoria, abordando a peatones que transitaban por ambos polígonos de estudio. De los 10 entrevistados, 2 resultaron ser residentes, 4 trabajan en el barrio y los restantes 4 eran visitantes por otros motivos. En términos generales las personas demostraron interés por participar de la muestra y apoyaron sus respuestas en la variabilidad de episodios climáticos acontecidos entre los últimos días de noviembre²⁸ y principios de diciembre, donde una serie de días de altas temperaturas fueron interrumpidos por una “inusual” jornada de lluvias²⁹.

²⁸ Entre los días 18 y 25 de noviembre se registraron temperaturas máximas sobre los 30°C. Fuente: accuweather.com

²⁹ Inusual lluvia de diciembre sorprendió a los santiaguinos (4 de diciembre de 2018). Fuente: <https://www.cooperativa.cl>

categorías de análisis, vincularlas estableciendo relaciones causales entre ellas que ayuden en la comprensión del discurso colectivo.

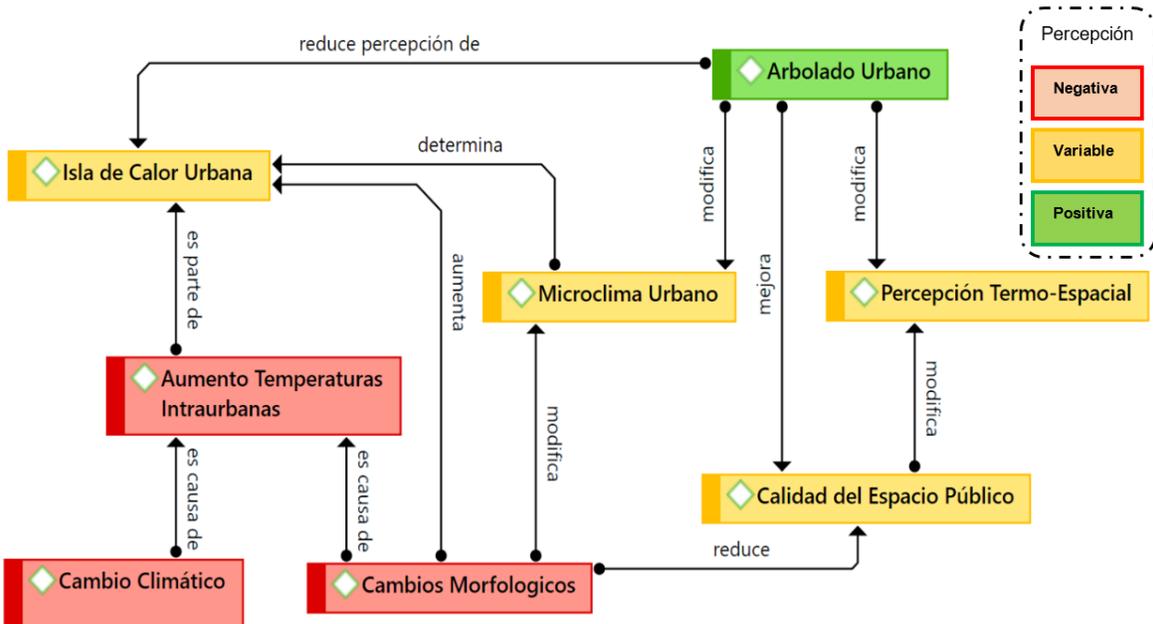


Figura 40 Red de códigos en base a entrevistas. Fuente: Elaboración propia (2018)

Las categorías identificadas se agruparon en 3 niveles según la escala de valores manifestada por los entrevistados en cuanto al impacto (positivo, negativo o variable) producido por los fenómenos y/o conceptos analizados en sus actividades y experiencias cotidianas en el espacio público estudiado.

- **Cambio Climático y Morfológico.**

En un primer grupo de variables están aquellas que mayoritariamente los entrevistados manifestaron como situaciones que afectaban negativamente su experiencia térmica en el espacio público. En este sentido los entrevistados manifestaron tener muy en consideración las problemáticas asociadas al cambio climático y como este fenómeno está determinando variaciones en las condiciones climáticas tradicionalmente asociadas a cada estación del año, generando episodios lluviosos en épocas donde tradicionalmente no ocurrían y aumentando los días de altas temperaturas más allá del periodo de verano. En este aspecto, varios de los entrevistados hicieron referencia a contenidos recibidos desde medios de comunicación, donde se han informado a cerca de las problemáticas del cambio

climático, lo cual es un elemento para considerar, en cuanto esto podría haber influenciado en parte las percepciones declaradas por los entrevistados. Sin embargo, también varias de las percepciones fueron asociadas a episodios climáticos recientes que afectaron sus actividades cotidianas o perjudicaron la afluencia de personas al barrio, en ciertos horarios y épocas del año donde se perciben temperaturas más extremas.

“Con el cambio climático que ha empezado a moverse, han cambiado mucho las temperaturas, o sea, el martes pasado nosotros abrimos (la tienda) y estaba lloviendo, entonces también perdemos clientela, son cambios de temperatura muy fuertes, o hace mucho frío o hace mucho calor, la gente no sale a caminar con este calor, o sea después de las 5 o 6 ya pueden salir a dar una vuelta, pero antes no”. (María, 26 años).

“Me he dado cuenta de que el clima está cambiando, se nota que está más seco y menos fresco, desde el año 2000 más o menos que he percibido el cambio de a poco, pero desde el 2010 ha sido más fuerte”. (Cesar, 54)

“Ha aumentado la temperatura, ha aumentado demasiado, cuando era chico los veranos no eran tan calurosos, el calor no era tan sofocante como ahora, ahora el calor ha aumentado y nosotros la gente de edad no estamos acostumbrados a estas temperaturas, para nosotros los mayores de 60 años es complicado el calor”. (Santiago, 63)

Por otra parte, también los cambios morfológicos entre ambas comunas que conforman el barrio Italia han sido percibidos de manera crítica por los entrevistados. Esto en primer lugar desde una perspectiva relacionada con factores estéticos y espaciales, en tanto el proceso de renovación urbana ha determinado para ellos una pérdida en el valor patrimonial de las edificaciones originales y su arquitectura característica. Además de afectar también la escala urbana del barrio, reduciendo la extensión espacial de su la identidad cultural y espacial como se analizó anteriormente (figura 32) en base al modelo de Lynch (1960).

En segundo lugar, también se manifestó preocupación por el aumento en los niveles de densidad y la posibilidad que esto genere una sobrecarga en el uso del espacio y bienes públicos del barrio por la llegada de nuevos residentes. En este sentido, también se reconoce en algunos entrevistados, a partir de experiencias cercanas,

el impacto micro climático que creen puede determinar estas edificaciones para las viviendas colindantes a los nuevos edificios, produciendo una merma en la calidad térmica del espacio interior y accesibilidad solar de residentes antiguos.

“Antes siempre había sido todo tranquilo, ahora con esta torre que tenemos acá (Condell esquina Sucre) creo que el Barrio Italia va a perder su brillo porque se va a edificar mucho, hay mucha gente” ... “Yo creo que la gran cantidad de edificios que se están construyendo va a encerrar mucho el espacio” (Juan Pablo, 38)

“Donde hay torres muy grandes hay mucha sombra, pero tampoco encuentro que sea para avenida Italia, que es un lugar más cultural, no aporta un edificio grande, lo que aporta es tener más vegetación para mover a la gente” (María, 26 años).

“Los edificios marcan la diferencia entre una comuna y otra, se nota la diferencia de Sucre para allá (al sur) que es donde están los edificios, en Condell hacia el norte se nota la vegetación y esto también influye en la temperatura y se encuentran en lugares más antiguos, como con un urbanismo más viejo”. (Sebastián, 28)

“Donde vivo yo estoy rodeada de edificios, creo que soy la única casa parada, soy la casa cenicero como le dicen. Los edificios influyen en la temperatura porque son de cemento, pero nada que hacer porque el progreso avanza. Yo creo que los edificios aportan a más calor, antes teníamos casas a los lados y justo la ventana de mi hija daba a una casa, corría viento y todo, pero cuando pusieron el edificio empezó a rebotar el ruido, el sol y el calor”. (Paula, 48)

- **Microclima, Isla de Calor Urbana y Espacio Público.**

En una segunda línea de análisis, identificamos conceptos que resultaron ser más complejos de interpretar por parte de los entrevistados, lo cual generó una mayor variabilidad en las percepciones de los fenómenos del clima urbano y en las relaciones causales que atribuyeron a estos, impidiendo calificar sus impactos de manera axial entre positivo o negativo, en tanto los mismos entrevistados en algunos casos comprendieron la complejidad de calificar efectos micro climáticos que varían según horario y época del año.

En este sentido los cambios morfológicos producidos en el sector de renovación urbana (Ñuñoa) han determinado para los entrevistados impactos no solo para con los residentes en predios vecinos, sino que también determinan una merma en la calidad ambiental del espacio público, en tanto establecen modificaciones primero

a nivel de movilidad, al propiciar una mayor circulación de vehículos que ha fomentado un mayor uso del espacio público para estacionamientos y para la circulación de los distintos medios de transporte, pero a costa de una menor disponibilidad de espacios públicos para la permanencia y la recreación.

También se percibe por parte de los entrevistados el impacto de la edificación en altura a nivel de microclima, donde los impactos que más se mencionaron fueron, por una parte, la formación de mayores conos de sombra y por otra, la menor disponibilidad de ventilación a nivel de calle. En ambos casos algunos de los entrevistados coincidieron en que estas modificaciones micro climáticas significaban un beneficio o un problema, según la época del año o momento del día en que se utilice el espacio. Esto se manifestó, por ejemplo, en el tramo de Condell ubicado en la zona de renovación urbana (Ñuñoa), donde si bien el mayor rango de sombra generado podía mejorar las condiciones para usar el espacio público en verano, también significaría mayores condiciones de frío y humedad en invierno.

“Todas estas nuevas construcciones altas generan microclimas. Esta calle (Condell) es agradable caminar hasta que sales de la línea de los edificios en esta época. En invierno sí es todo lo contrario, se vuelve más frío”. (Sebastián, 28)

“Las calles más angostas como que se encierra el calor, yo prefiero más amplias, con los edificios también se encierra el calor y con las casas no tanto, los edificios atrapan el calor y permanece, acá el calor va pasando porque la calle es más abierta (Santa Isabel), entonces el calor es menos, porque hay hartas salidas y eso genera más ventilación en el ambiente” (Santiago, 63)

Respecto de la Isla de calor urbana, la percepción del fenómeno también varió entre los entrevistados. En primer término, hubo un grupo importante que efectivamente evaluó como más calurosa a la comuna de Providencia respecto de comunas de la periferia que visitan periódicamente (se mencionó Maipú, Puente Alto, San Ramón, Las Condes) ejemplificando principalmente la manifestación del fenómeno a través de las altas temperaturas nocturnas que se registran en Providencia a diferencia de la periferia. Sin embargo, para otro grupo de entrevistados la comuna de Providencia resultó ser menos calurosa que otros sectores de la ciudad (se mencionó La Granja y Pudahuel) por la mayor presencia de arborización y vegetación en general que atribuyeron a esta comuna, respecto de aquellas con las

que se le comparó. De hecho, la gran mayoría de los entrevistados identificaron como el espacio de más alta temperatura en el AMS al centro de Santiago (Plaza de Armas), no solo por la alta presencia de edificación en altura, sino principalmente por la escasa presencia de masa Arborea.

Estos resultados son bastante concordantes con los datos de temperaturas superficiales (LST) en el AMS (figuras 10 y 13), en tanto es durante la noche cuando la comuna de Providencia presenta una temperatura más alta que el resto de las comunas del AMS, lo cual no sucede en el día, cuando esta comuna presenta menores temperaturas que las comunas de mayor temperatura diurna como Santiago o Ñuñoa.

“Cuando voy a Maipú o Puente Alto esas comunas son más frías en la noche, ahí se nota una diferencia, por ejemplo, estoy en una terraza en Puente Alto y estoy con polerón, pero cuando llego a mi casa (Providencia) me saca el polerón porque hace más calor en mi terraza”. (Macarena, 35)

“En la noche baja un poco la temperatura, en el verano baja poco, porque se calienta el cemento como qué da igual, un poquito menos a lo mejor, comparado con las horas pick que son las 3 o 4 de la tarde, en la noche es un poquito más fresco, pero tampoco tanto, igual hay que dormir con la ventana abierta”. (Paula, 48)

“Es mucho más agradable Providencia en comparación a La Granja, por ejemplo, que es donde viven mis papás y voy muy seguido, es mucho más agradable acá porque tiene muchas más áreas verdes, tiene más edificios que dan sombra y forman lugares de descanso en comparación a comunas más periféricas como La Granja, que no tienen casi nada de áreas verdes, casi nada de árboles”. (Deyanira, 25)

En términos de las cualidades espaciales de las calles estudiadas, la materialidad que más se asoció al aumento de temperaturas fue el cemento, el cual fue señalado tanto por el desarrollo de edificaciones en altura utilizando este material, como por su condición de pavimento en calles de perfil ancho o escasa vegetación. En este sentido, también resultó relevante para las personas, el aumento en el ancho de calzadas en detrimento de las áreas verdes. Pensando incluso como la implementación de corredores de transporte público o ciclovías ha significado en varias calles la disminución del espacio disponible para áreas verdes y arbolado

urbano, determinando calles menos confortables por la menor disponibilidad de sombra. En general estas condiciones del diseño urbano de las calles fueron asociadas recurrentemente a episodios de discomfort térmico diurno, por radiación solar directa. Si bien las personas valoraban en estos ejes su aporte nocturno en términos de las mejores condiciones de ventilación, identificaron mayoritariamente a esta configuración espacial, como aquella que les resultaban menos agradables para caminar en un día de alta temperatura (Se ejemplificó con Av. Irrarrázaval, Vicuña Mackenna y Av. Santa María).

“Hay harto cemento, que la invasión inmobiliaria ya impactó, los vehículos cada día se compran más y más, pero que en realidad hay que pensar en usar las calles o usar el espacio público también para generar espacios de recreación y de esparcimiento”. (Daniel, 25).

“El centro de Santiago es el peor lugar, es muy caluroso, insoportable, especialmente Ahumada, Estado y la Plaza de Armas incluso, la plaza no tiene vegetación, no tiene las palmeras ni las piletas que había antes, ahora es puro cemento. La Plaza de Armas es un horno.” (Santiago, 63)



Figura 41 Participantes de entrevistas en esquina Condell y Santa Isabel. Fuente: Elaboración propia (2018)

- **El impacto positivo del Arbolado Urbano**

En relación con la hipótesis, los entrevistados no percibieron explícitamente que el entorno morfológico tuviese un efecto psicológico sobre su percepción térmica, a pesar que varios de los entrevistados manifestaron explícitamente sus aprensiones estéticas con la abrupta modificación de escala morfológica que se pudo observar

en el límite entre ambas comunas. Sin embargo, indirectamente los entrevistados manifestaron masivamente que el elemento urbano a nivel de calle que tenía mayor impacto sobre su percepción térmica del espacio a nivel de microclima era la presencia abundante de árboles. Las afirmaciones fueron rotundas en ese sentido, en varios casos de manera espontánea (considerando que el tema del arbolado urbano no fue incluido en el guion de entrevistas) y manifestadas de manera unánime.

“Me parece que los edificios no producen ningún cambio en la percepción del clima, hacen falta árboles, los edificios es terrible como invaden el sector” ... “Faltan muchos árboles y vegetación, árboles que no interrumpan con la electricidad para que no los corten, existe mucha falta de planificación y poca cultura a la hora de poner árboles”. (Cristina, 65)

“Aquí por lo menos Salvador es muy caluroso, aquí no en Italia y Condell hay hartos árboles para allá, acá los edificios no son tan altos, en esta calle hay un solo edificio, pero hay muchos arbolitos”. (Cesar, 54)

“Lo que pasa es que enanchan las calles, se olvidan de los árboles, cortan muchos árboles y se olvidan del peatón y se olvidan de las personas que no les interesa andar en auto” “Las calles más agradables para caminar son las con más árboles y más naturaleza”. (Daniel, 25)

En este mismo sentido también los entrevistados, pensando a futuro, manifestaron que, desde sus perspectivas, lo que más se necesita incorporar en la planificación y diseño urbano de las calles es la presencia masiva de especies arbóreas, donde también esté considerada la gestión y protección de los arboles a largo plazo.

“Yo creo que pensándolo a largo plazo necesitamos árboles, netamente áreas verdes donde se pueda descansar y te pueda llegar la sombra, porque si hablamos de edificios sería cambiar todo, entonces pensando a largo plazo más árboles donde no los hay”. (Deyanira, 25)

La percepción unánime de los impactos positivos producidos por la presencia masiva de arborización, dicen relación, tal como se mencionó anteriormente, con la percepción mayoritaria de las personas en cuanto a que sus mayores episodios de disconfort térmico se producían en horario diurno por la radiación solar directa. En este sentido la presencia de mayor cantidad de árboles determinaba para los

entrevistados diferencias notorias entre los espacios de la ciudad que estos utilizaban en su movilidad y actividades cotidianas.

“Donde yo vivo hay más árboles (Providencia), entonces tiende a haber más sombra y un poco más de viento, los días que voy al centro no hay ningún árbol y siento que hace mucho más calor en el centro que donde yo vivo, y lo noto cuando uso zapatos bajos, la suela de estos se calienta más. Yo creo que tiene que ver con la presencia de más árboles”. (Macarena, 35)

“Si es un día de calor no es un espacio que está hecho para caminar con calor (barrio Italia), yo siento que es la poca cantidad de árboles, yo vivía en Las Condes y allá está lleno de árboles en todas partes y toda la Avenida Colón es sombra, acá todavía no hay muchos árboles dentro del espacio para que la gente pueda transitar por la sombra”. (María, 26)

En definitiva, si bien a partir de las entrevistas la percepción termo espacial de las personas no pudo vincularse directamente en términos cualitativos con los cambios en la morfología del entorno construido. Si es posible establecer algunas influencias en las percepciones asociadas a la mayor o menor presencia de masa arbórea en proporción a la cantidad de cemento utilizado en pavimentos, edificios e infraestructura de las calles. Esto en tanto las personas expresaron que tanto física como psicológicamente una calle con un mayor grado de “naturalidad” (Nikolopoulou & Steemers, 2003), propiciaba para ellos mejores condiciones térmicas para realizar sus actividades cotidianas al aire libre, indistintamente de la escala morfológica de las edificaciones que determinaban cada cañón urbano.

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Temperaturas Intraurbanas

El presente estudio no cuestionó y evaluó la existencia de la isla de calor urbana de superficie, en tanto en su metodología no estableció comparaciones de temperaturas urbanas respecto de las temperaturas de su entorno rural, por lo cual no existen resultados que determinen la diferencia térmica urbano-rural en el AMS. El estudio parte por reconocer la existencia de la ICUs de Santiago según los resultados de la investigación de Sarricolea & Martín-Vide (2014) y se enfoca en realizar un análisis de la evolución de las temperaturas intraurbanas en el marco de este fenómeno para el periodo 2001 – 2017, según datos de libre disposición del satélite MODIS en la plataforma *Google Earth Engine*.

Respecto de la evolución de las temperaturas intraurbanas diurnas y nocturnas del AMS, es posible a partir de los resultados establecer lo siguiente:

- a) Las temperaturas superficiales diurnas se muestran estables con una muy leve tendencia a la baja en las temperaturas (menor a 1°C) en el AMS en cuanto a las temperaturas generales (figura 9) y máximas (figura 10).
- b) En términos espaciales, si se comparan los registros LST diurnos en los periodos 2001 a 2008 y 2009 a 2016, no existen diferencias relevantes y se mantiene el mismo patrón de distribución de las temperaturas más altas desde la comuna de Santiago hacia el poniente, en contraparte a zonas más frescas en la zona oriente del AMS (figura 10).
- c) En cuanto a las temperaturas superficiales nocturnas existe en promedio una tendencia al alza de aproximadamente 1 °C en el AMS en el periodo 2001 y 2017 (ver figura 11). Siendo que para el año 2001 el promedio de temperaturas nocturnas superficiales era de 12°C y en 2017 llega a 13° C. Existe también una tendencia al aumento de aproximadamente 1°C en las máximas anuales registradas para las temperaturas superficiales nocturnas (ver figura 12). Siendo la máxima registrada de 23,99°C en 2017, correspondiente a la ola de calor registrada en la zona central de Chile a fines

del mes de enero y responsable de uno de los mayores incendios forestales de la historia de Chile (Romero & Opazo, 2017).

- d) Espacialmente también existe un aumento de las temperaturas superficiales intraurbanas nocturnas promedio en el periodo 2009-2016 respecto de los 8 años anteriores (2001-2008) (ver figura 13). La mayor diferencia en este ítem se concentra al igual que en la formación de la ICUs (Sarricolea & Martín-Vide, 2014) en las comunas de Santiago, Providencia y Los Condes, donde alcanza una variación máxima de 1,2°C entre ambos periodos (ver figura 15).
- e) En el análisis del periodo total estudiado (2001-2017) la comuna que alcanzó las máximas térmicas superficiales nocturnas promedio fue Providencia (ver tabla 5), obteniendo, además, todos los distritos censales de Providencia una temperatura promedio superior a cualquier otra comuna (13,84°C) (ver tabla 6), siendo Ñuñoa la que obtiene el segundo mayor promedio (13,06°C).
- f) El distrito censal de Los Leones fue el que alcanzó la máxima temperatura superficial nocturna promedio (14,29°), siendo además uno de los sectores de la comuna de mayor densidad y crecimiento inmobiliario en altura, concordando esto con lo establecido por T. R. Oke (1973), respecto de la relación logarítmica entre densidad e islas de calor urbanas.

6.2. Cambios Morfológicos en el Microclima

En el segundo objetivo se han presentado 2 polígonos de estudio, pertenecientes a un mismo barrio comercial (Italia) pero con distinta normativa urbana aplicable. Para esto se ha incorporado la comuna de Ñuñoa como caso comparativo, al estar ubicado el barrio Italia sobre el límite comunal.

Se han verificado cambios asociados a la morfología de las edificaciones y sus efectos a nivel de microclima, mediante simulaciones de acceso solar en Ecotect.

A partir de los resultados se puede establecer lo siguiente:

- a) El instrumento de planificación territorial (IPT) de la comuna de Ñuñoa y la definición por parte del MINVU de esta como zona de renovación urbana (2001) han determinado la proliferación de 9 proyectos de edificación en

altura para el polígono B, totalizando 157.000 m² construidos en los últimos 15 años.

- b) Por contraparte el IPT de Providencia ha restringido alturas máximas entre los 3 y 5 pisos para el polígono A, permitiendo la preservación de la morfología original del barrio y fomentando el desarrollo de equipamiento comercial y pequeñas industrias culturales.
- c) El cambio morfológico ha determinado cambios en la relación de altura y ancho (H/W) promedio en las calles estudiadas. Pasando en el caso de Av. Italia de un valor de 0,319 en Providencia a 0,403 en Ñuñoa, y siendo este cambio aún más pronunciado en Condell, donde se pasó de un factor de 0,485 en Providencia a 0,951 en Ñuñoa. Es decir, en el caso de Condell en el tramo Ñuñoa la altura promedio de las edificaciones es casi relación 1:1 (95,1%) con el ancho de la calle.
- d) Si bien el cambio en la altura de las edificaciones es evidente, el factor de cielo visible (SVF) no presentó cambios significativos entre ambos polígonos estudiados, en tanto la mayor presencia de edificación en altura en el polígono B fue “compensada” por una menor cantidad de árboles obstruyendo la visibilidad del cielo. Además, la normativa urbana de Ñuñoa, si bien permitió altura libre, esta debía cumplir con las rasantes definidas por la OGUC, lo cual supuso que las edificaciones de mayor altura (sobre 7 pisos) se distanciaran del eje de la calzada y de otras edificaciones.
- e) Respecto del acceso solar, las zonas de la calle que enfrentaron edificaciones en altura en ambos polígonos redujeron su iluminación natural en aproximadamente 2.000 lux (para un día promedio de invierno), además disminuyeron entre 2 a 3 horas su disponibilidad de luz solar (en promedio anual) y perdieron hasta 2.000 Wh de radiación solar (promedio anual).
- f) También fue posible representar gráficamente en el polígono B, la formación de mayores conos de sombra respecto del polígono A (verano e invierno).
- g) Además, se verificó en la proyección de rayos solares, como las edificaciones en altura propiciaron una mayor cantidad de reflexiones de radiación de onda

corta en el polígono B. Efectos que son conducentes a la formación de islas de calor de superficie nocturnas (Oke, Mills, Christen, & Voogt, 2017).

6.3. Percepción Termo-Espacial

En el objetivo 3 se analizaron las cualidades del diseño urbano en ambos polígonos estudiados según los modelos de Lynch (1960) y Edwing y Handy (2009). Además, se realizaron entrevistas de percepción termo-espacial a peatones de las calles estudiadas, obteniendo en general los siguientes resultados:

- a) El desarrollo de proyectos inmobiliarios en altura en la zona de renovación urbana (Ñuñoa), ha determinado un nuevo “borde” (límite comunal) al interior del barrio Italia, que a partir de la presencia de estos nuevos “hitos” urbanos caracterizados por una mayor escala espacial y morfológica, reduce la extensión espacial del “distrito” Italia y de la morfología espacial que históricamente lo identificó.
- b) Se analizaron 5 categorías, para medir la calidad del diseño urbano en las calles estudiadas: Imaginabilidad, cañón urbano, escala humana, transparencia y complejidad. Los resultados indican que a mayor intensidad en el proceso de renovación urbana menor es la calidad del diseño urbano asociada a cada calle. En tanto, de los 4 cañones estudiados, el único que mantiene su morfología espacial “histórica” (Italia polígono A) es el que mejor resultados obtienen en las 5 categorías. Y por contraparte el cañón que ha desarrollado más intensamente proyectos de edificación en altura (Condell polígono B) presenta los valores más bajos en todas las categorías.
- c) Respecto de las entrevistas es posible afirmar que las personas perciben un aumento generalizado de las temperaturas urbanas en los últimos años. Además, también ven de manera crítica el desarrollo de proyectos de edificación en altura en el área de estudio, desde una perspectiva estética y cultural.
- d) La mayoría de los fenómenos asociados al microclima y el fenómeno de la isla de calor urbana son percibidas por parte de los entrevistados de manera

concordante con los resultados cuantitativos de los objetivos 1 y 2, aun cuando los entrevistados también comprenden la complejidad de los fenómenos y como el impacto en su confort térmico percibido varía según el horario y época del año.

- e) En general las personas no expresaron que su confort termo espacial pueda estar influenciado por la apreciación estética negativa que estos tuvieron para el cambio morfológico que representó el desarrollo intensivo de proyectos de edificación en altura en la zona de renovación urbana. Según estos resultados no es posible comprobar la hipótesis, en tanto las personas no atribuyeron influencias psicológicas notorias producidas por el cambio en la morfología urbana sobre su confort térmico.
- f) Sin embargo, existen percepciones explícitas por parte de la totalidad de los entrevistados respecto de la influencia física y psicológica de la mayor presencia de arborización en las calles, en tanto este elemento urbano, para todos representó un beneficio en la conformación de espacios urbanos más confortables para el desarrollo de sus actividades cotidianas.
- g) Por contraparte varios entrevistados asignaron una valorización negativa a los materiales asociados al concepto de “cemento”, en cuanto lo perciben como un tipo de superficie que, tanto en pavimentos como en edificaciones, delimita un ambiente de calle más inconfortable durante los episodios de máximo disconfort percibido, los cuales se registraban para los entrevistados en horario diurno y en espacios expuestos a radiación solar directa.
- h) En una perspectiva de futuro y en relación con los 2 últimos puntos, los entrevistados manifestaron a modo de recomendación general propiciar a través del diseño urbano el desarrollo de ejes urbanos con un ancho de calle limitado y con reservas de espacio para arborización y áreas verdes que beneficie directamente a los peatones y que no sean susceptibles de ser afectadas por la distribución de un mayor espacio vial para medios de transporte motorizados.

7. CONCLUSIONES

En la presente investigación hemos examinado el clima urbano de Santiago desde distintas escalas de análisis, intentando vincular los resultados de la investigación hacia la comprensión de una perspectiva integral de los efectos producidos por los cambios morfológicos en el barrio Italia y la comuna de Providencia, tanto a nivel de microclima como respecto de la formación de islas de calor de superficie nocturnas. En este caso de estudio no ha sido posible comprobar la hipótesis, en tanto las personas no reconocieron influencias explícitas a partir del cambio morfológico producido en el barrio Italia, que afectasen su percepción térmica, a pesar de la apreciación espacial negativa que tuvieron hacia el desarrollo intensivo de edificación en altura en la zona de renovación urbana y la pérdida de identidad y calidad del diseño urbano que esto conlleva para el barrio. Sin embargo, las experiencias y percepciones de las personas han aportado datos textuales de gran valor a la hora de identificar como problemas asociados al clima a escala urbana impactan en la vida cotidiana de las mismas personas. Estos problemas pueden representarse e interpretarse de manera distinta dependiendo de la escala y metodología de análisis. La metodología utilizada en este caso nos permite concluir que un diagnóstico integrado requiere de utilizar distintas herramientas y escalas de observación de los fenómenos urbanos. La integración de estas herramientas puede debelar causalidades no observadas en una escala de análisis unidimensional y por tanto orientar de manera más efectiva la priorización en la implementación de las acciones o estudios conducentes al abordaje del problema. En este sentido también es evidente que cada escala de análisis determina también una posible escala de acción, en relación con las atribuciones sobre el territorio de cada agencia pública y las políticas y programas asociados.

a) Escala metropolitana:

La utilización de imágenes satelitales ha permitido identificar aquellas comunas que concentran las máximas térmicas en horario diurno y nocturno. El presente estudio indagó específicamente en los cambios morfológicos asociados a la comuna que alcanzó la máxima temperatura superficial nocturna (Providencia), pero a la luz de

los resultados de las percepciones de los entrevistados (quienes declararon que sus episodios de máximo discomfort se manifestaron en horario diurno), pareciese también muy necesario verificar en estudios sucesivos los cambios morfológicos presentados en las comunas que exhibieron las máximas temperaturas superficiales diurnas (ej. Santiago, Ñuñoa, San Joaquín o Macul). La utilización de imágenes satelitales parece por tanto ser una valiosa herramienta para priorizar acciones de adaptación climática a escala regional, donde los instrumentos de planificación a nivel metropolitano debiesen priorizar el cumplimiento del objetivo 3 de la PNDU (Equilibrio Ambiental), impulsando iniciativas públicas de arborización urbana en el espacio público, promoviendo la densificación de zonas interiores, el fomento del tránsito peatonal y el uso de la bicicleta, estableciendo una relación armónica entre los sistemas de transporte y el espacio público (MINVU, 2014). Esto considerando que las Islas de Calor Urbana producen un mayor “estrés” térmico para los ciudadanos lo cual determina un alza en la demanda de sistemas de climatización, generando un mayor consumo energético, lo que a su vez contribuye con el fenómeno del calentamiento global, aumentando la emisión de gases de efecto invernadero (Voogt J. A., 2004) (Romero & Sarricolea, 2006).

b) Escala Comunal

La utilización de simulaciones de acceso solar para comparar los resultados microclimáticos de la aplicación de normas urbanísticas contrapuestas, presenta una herramienta metodológica interesante para utilizar en la discusión de modificaciones en los IPT, en tanto verificar efectos microclimáticos de manera gráfica, puede ser un elemento determinante en la socialización de modificaciones normativas a implementar en barrios con alta afluencia peatonal. En este sentido la inclusión del modelamiento de estos efectos microclimáticos, puede ser una herramienta importante para incorporar progresivamente a la Climatología Urbana, como un área del conocimiento presente en los procesos de planificación urbana, tal como se ha señalado desde el Ministerio del Medioambiente, en tanto los IPT no solo debiesen incorporar criterios bioclimáticos en la delimitación de la morfología del entorno construido, sino que también incorporar la planificación de la

infraestructura verde como una estrategia integral de articulación de los espacios verdes urbanos, incorporando su aporte en términos de servicios ecosistémicos y su capacidad de reducción de islas de calor en la proyección de los ejes urbanos y la distribución de los espacios públicos adyacentes, considerando a estos como la “dimensión espacial básica” para la adaptación climática de las ciudades (MMA, 2016) (MMA, 2018).

c) Escala de Barrio

El Ministerio del Medioambiente también ha sugerido la implementación de planes maestros de paisajismo y arborización sustentable en el Programa Quiero Mi Barrio (QMB). Lo cual, a la luz de los resultados de las entrevistas, representa un elemento de máximo interés para las comunidades, quienes han identificado al arbolado urbano como un elemento física y psicológicamente efectivo para mejorar su percepción ambiental de los fenómenos del clima urbano en barrios donde los procesos de renovación urbana han mermado la calidad del diseño urbano. En este sentido, sería metodológicamente interesante incluir la utilización de mapas mentales para describir la percepción térmica de las personas, considerando la opinión de organizaciones sociales con un conocimiento de largo plazo del territorio, en tanto durante la presente investigación se presentaron dificultades para aplicar esta técnica en transeúntes que utilizaban el espacio solo para el tránsito.

En este sentido el aumento en la cantidad de vegetación al interior de las calles constituye una estrategia de adaptación conveniente para crear ambientes exteriores térmicamente cómodos y atractivos (Klemm, Heusinkveld, Lenzholzer, & van Hove, 2015) y debería por tanto incluirse activamente por parte de los Municipios de menor disponibilidad presupuestaria, en la discusión sobre las herramientas que puedan adquirir para la gestión de las áreas verdes a partir de la próxima Ley de Arbolado Urbano. Esto considerando sobre todo que, para formas urbanas consolidadas, el aumento en la cobertura vegetal y la incorporación de características del paisaje natural en el diseño urbano son los mejores medios para gestionar los efectos adversos del clima urbano (Oke, Mills, Christen, & Voogt, 2017).

En definitiva, crear un microclima exterior cómodo para todas las personas en todos los horarios y épocas del año no es en ningún caso posible, aun cuando un “diseño verde” puede ayudar a gestionar de manera más orgánica las temperaturas urbanas (Oke, Mills, Christen, & Voogt, 2017). Sin embargo, en la planificación de áreas compactas y de alta densidad como las zonas de renovación urbana, resulta fundamental poner énfasis en la calidad ambiental del espacio público, diseñando espacios que respondan y se adapten de mejor forma al aumento en los eventos de altas temperaturas, evitando un aumento en el consumo energético y la emisión de gases de efecto invernadero por parte de los habitantes, para lo cual resulta urgente que los Instrumentos de Planificación Territorial incluyan criterios de Climatología Urbana en la definición de sus normas urbanísticas y consideren a la Infraestructura Verde como un elemento relevante en la definición de su vialidad estructurante. Finalmente, consignar que el programa de recuperación de barrios (QMB) del MINVU, representa una interesante oportunidad de desarrollar líneas de acción para proyectos de adaptación climática en territorios afectados por episodios climáticos extremos (ej. altas temperaturas o sequías) donde la presente metodología puede utilizarse para la definición de una planificación estratégica de acciones públicas para la adaptación climática de barrios:

1. Utilizando imágenes satelitales para la identificación de problemáticas climáticas, así como la priorización de las intervenciones y la ubicación de estas a nivel regional.
2. Desarrollando modelaciones de escenarios normativos que permitan graficar los efectos microclimáticos producidos en el espacio público a partir de cambios en el entorno construido y a nivel de diseño urbano.
3. Incorporando planes maestros de paisajismo y arborización sustentable en base a metodologías de participación ciudadana que incorporen las percepciones termo-espaciales de las organizaciones sociales y grupos de interés ambiental sobre el territorio.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Aceituno, P., & Ulríksen, P. (1981). Efecto de isla calórica en Santiago. Resultados Preliminares. *Tralka. Vol. 2 N°1*, 39-56.
- Andreou, E., & Axarli, K. (2012). Investigation of urban canyon microclimate in traditional and contemporary environment. Experimental investigation and parametric analysis. *Renewable Energy* 43, 354-363.
- Arnfield, A. J. (1990). "Street design and urban canyon solar access,". *Energy and Buildings, vol.14*, 117–31.
- Auliciems, A. (1981). Towards a psycho-physiological model of thermal perception. . *International Journal of Biometeorology*, 25(2), 109-122.
- Borja, J. (2000). Ciudadanía y espacio público. En D. Jiménez, *Laberintos urbanos en América Latina* (págs. 9-34). Quito: ABYA-YALA.
- Bourbia, F., & Boucheriba, F. (2010). Impact of street design on urban microclimate for semi arid climate (Constantine). *Renewable Energy* 35 , 343–347.
- Canales, M. (2006). *Metodologías de investigación social. Introducción a los oficios*. Santiago: LOM Ediciones.
- Cárdenas, L. (2010). *Planificación de la forma urbana con criterios de eficiencia energética. Caracterización de patrones bioclimáticos en tejidos urbanos residenciales. Tesis Doctoral*. Madrid: ETSAM-UPM.
- Cárdenas, L. A., & Uribe, P. (2012). Acceso solar a las edificaciones. El eslabón pendiente en la legislación urbanística chilena sobre la actividad proyectual. *Revista de Urbanismo n°26 (junio)*, 21-42.
- Carrasco, C., Palme, M., & Gálvez, M. (2016). Sky View Factor and the Heat Island Effect in Valparaiso. *Revista Urbano n°34*, 26-33.
- Casgrain, A., & Janoschka, M. (2013). Gentrification and Resistance in Latin American Cities: The Example of Santiago de Chile. . *Andamios*, 10(22). http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_a, 19-44.
- Castaldo, V. L., Rosso, F., Golasi, I., Piselli, C., Salata, F., Pisello, A. L., & de Lieto Vollaro, A. (2017). Thermal comfort in the historical urban canyon: The effect of innovative materials. . *Energy Procedia*, 134, 151-160.

- Chen, L., & Ng, E. (2012). Outdoor thermal comfort and outdoor activities: A review of research in the past decade. *Cities* 29 , 118–125.
- Cheng, V. (2008). *Urban Climatic Map and Standards for Wind Environmental Feasibility Study. Methodologies and Findings of User's Wind Comfort Level Survey.*
- Chicas, J. C. (2012). *Morfología urbana y clima urbano. Estudio de microclimas urbanos en Santiago de Chile, mediante la aplicación del concepto de cañón urbano e índices de confort térmico. Tesis de Magister en Desarrollo Urbano.* Santiago: Pontificia Universidad Católica.
- Chuvieco, E. (2002). *Teledetección ambiental La observación de la Tierra desde el Espacio.*
- CNDU. (2015). *Propuesta de Políticas Suelo para Integración Social Urbana.* Santiago: Consejo Nacional de Desarrollo Urbano.
- CNDU. (2018). *Sistema de Indicadores y Estándares de Calidad de Vida y Desarrollo Urbano.* Santiago: Consejo Nacional de Desarrollo Urbano.
- Corporación Barrio Italia. (2018). *Somos Italia.* Obtenido de Barrio Italia: <http://www.barrioitalia.com/es/site/elbarrio>
- EPA. (1992). "Cooling Our Communities – A Guidebook On Tree Planting and Light-Colored Surfacing". Washington D.C., E.E.U.U.: U.S. Environmental Protection Agency 22P-2001.
- Ewing, R., & Handy, S. (2009). Measuring the unmeasurable: Urban design qualities related to walkability. *Journal of Urban design*, 14(1), 65-84.
- Fanger, P. O. (1982). Thermal Comfort-Analysis and Applications. . *Environmental Engineering*, 128-133.
- GDCI, G. D. (2016). *Global Street Design Guide.* Island Press.
- Gibson, J. J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception.* . Houghton Mifflin Comp.
- Givoni, B. (1969). *Man, climate and architecture.* Elsevier;().
- Givoni, B. (1976). Climate and architecture. . *Applied Science, London (1976).* R. H. B. Excel], *Renewable Energy Rev. J*, 1.

- Grimmond, C. S., & Oke, T. R. (1999). Heat storage in urban areas: Local-scale observations and evaluation of a simple model. . *Journal of applied meteorology*, 38(7), 922-940.
- Guo, Y., Gasparrini, A., Li, S., Sera, F., Vicedo-Cabrera, A., & de Sousa, M. e. (2018). Quantifying excess deaths related to heatwaves under climate change scenarios: A multicountry time series modelling study. *PLoS Med* 15(7): e1002629.
- Higuera, e. (2006). *Urbanismo Bioclimático*. Barcelona: Gustavo Gili.
- INE. (4 de Mayo de 2018). *Presentación 2da Entrega de Resultados Definitivos Censo 2017*. Obtenido de Censo 2017: <http://www.censo2017.cl/>
- IPCC. (2007). *Cambio climático 2007: Informe de síntesis*. Ginebra, Suiza: Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, IPCC.
- Klemm, W., Heusinkveld, B. G., Lenzholzer, S., & van Hove, B. (2015). Street greenery and its physical and psychological impact on thermal comfort. . *Landscape and Urban Planning*, 138, 87-98.
- Knez, I., Thorsson, S., Eliasson, I., & Lindberg, F. (2009). Psychological mechanisms in outdoor place and weather assessment: towards a conceptual model. *International journal of biometeorology*, 53(1), 101-111.
- Lamarca, C. (2014). *TESIS Comparación de modelos físicos y perceptuales para determinar el confort térmico en distintos cañones urbanos de la ciudad de Concepción*. Santiago de Chile: Tesis de Magister en Geografía y Geomática, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Lamarca, C., Qüense, J., & Henríquez, C. (2016). Thermal comfort and urban canyons morphology in coastal temperate climate, Concepción, Chile. *Urban Climate* 23, 159-172.
- Lenzholzer, S., Klemm, W., & Vasilikou, C. (2018). Qualitative methods to explore thermo-spatial perception in outdoor urban spaces. . *Urban Climate*, 23, 231-249.
- López-Morales, E., Gasic, I., & Meza, D. (2012). Urban state-entrepreneurialism in Chile: policies and planning within high-rise residential production in the

- pericenter area of Greater Santiago. . *Revista INVI* 27(76), 75-114.
<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-83582012000300003>.
- Lowry, W. P. (1977). Empirical estimation of urban effects on climate: a problem analysis. *Journal of applied meteorology*, 16(2), 129-135.
- Lynch, K. (1960). *The image of the city (Vol. 11)*. Cambridge Massachussettes: MIT press.
- Márquez, F., Rozas, V., & Arriagada, R. (2014). El lugar del patrimonio dominante. *ARQ (Santiago) no.88 Santiago dic.* .
- Mayer, H., & Höppe, P. (1987). Thermal comfort of man in different urban environments. . *Theoretical and applied climatology*, 38(1), 43-49.
- Menz, E. (2015). *TESIS Desarrollo económico local : análisis de caso del barrio Italia, comuna de Providencia*. Santiago: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Industrial. Tesis (magíster en gestión y políticas públicas).
- MINVU. (2009). *Espacios Públicos: Recomendaciones para la Gestión de Proyectos*. Santiago: División de Desarrollo Urbano.
- MINVU. (2014). Política Nacional de Desarrollo Urbano - Hacia una nueva política urbana para Chile. *PNDU*.
- MINVU. (2016). *Vol. 3 Manual de Elementos Urbanos Sustentables*. Santiago, Chile: División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional - Ditec.
- MINVU; PNUD; Gehl. (2017). *“La Dimensión Humana en el Espacio Público: Recomendaciones para el Análisis y el Diseño”*,. Santiago: Serie Espacios Públicos Urbanos.
- MMA. (2016). *Ministerio del Medio Ambiente (2016). Informe Estado del Medio Ambiente*. Santiago: GOBIERNO DE CHILE.
- MMA. (2017). *Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022*. Santiago: División de Cambio Climático del Ministerio del Medio Ambiente.
- MMA. (2018). *Plan de adaptación al cambio climático para ciudades 2018-2022 (Aprobado por el Consejo de Ministros para la Sustentabilidad el 22 de Enero de 2018)*. Santiago: Ministerio del Medio Ambiente (En proceso de edición y diseño).

- Moreno, M. C. (1993). *Estudio del clima urbano de Barcelona: la isla de calor*. Barcelona.: Oikos-tau.
- Munizaga, G. (1992). *Diseño urbano: teoría y método*. . Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile.
- Neila, F. J. (2004). *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*.
- NewClimate Institute, C40; & GCoM. (2018). *Climate Opportunity: More Jobs; Better Health; Liveable Cities*. London, Qingdao, Rio de Janeiro, Seattle, Toronto: Bloomberg Philanthropies.
- Nikolopoulou, M., & Lykoudis, S. (2007). Use of outdoor spaces and microclimate in a Mediterranean urban area. *Building and environment*, 42(10), 3691-3707.
- Nikolopoulou, M., & Steemers, K. (2003). Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. *Energy and Buildings* 35, 95–101.
- Nikolopoulou, M., Baker, N., & Steemers, K. (2001). Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter. . *Solar energy*, 70(3), 227-235.
- Nikolopoulou, M., Lykoudis, S., & Kikira, M. (2003). Thermal comfort in outdoor spaces: field studies in Greece. *International Conference on Urban Climate (Vol. 5)*.
- Observatorio Urbano. (2016). *Ministerio de Vivienda y Urbanismo*. Obtenido de Indicadores Urbanos - Indicador: Tasa de motorización: http://observatoriourbano.minvu.cl/indurb/wp_indicadores.asp
- OCUC. (2016). *IDE OCUC*. Obtenido de Observatorio de Ciudades Universidad Católica: <http://ide.ocuc.cl>
- OGUC, M. (2017). *ORDENANZA GENERAL DE URBANISMO Y CONSTRUCCIONES*. Santiago: MINVU.
- Oke, T. (1988). Street design and urban canopy layer climate. *Energy and buildings*, 11(1-3), 103-113.
- Oke, T. R. (1973). City size and the urban heat island. . *Atmospheric Environment (1967)*, 7(8), 769-779.

- Oke, T. R. (1995). The heat island of the urban boundary layer: characteristics, causes and effects. *Wind climate in cities*. Springer, Dordrecht., 81-107.
- Oke, T. R., & Voogt, J. A. (1997). Complete urban surface temperatures. *Journal of applied meteorology*, 36(9), 1117-1132.
- Oke, T., Mills, G., Christen, A., & Voogt, J. (2017). *Urban climates*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Olgay, V., Olgay, A., Lyndon, D., Olgay, V. W., Reynolds, J., & Yeang, K. (1963). Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism (Vol. 26). Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Palmer, M. (1984). *La comuna de Providencia y La Ciudad Jardín*. Santiago de Chile: Facultad Arquitectura U. Católica de Chile.
- PLADECO. (2013). *Plan de Desarrollo Comunal 2013-2021*. Santiago de Chile: Municipalidad de Providencia.
- Providencia. (2015). *Aprobación Modif. N°2 PRCP 2007 - Decreto Ex. N° 792 del 05/05/2015*. Santiago: <http://www.providencia.cl/plan-regulador>.
- Providencia, M. (2007). *Aprobación PRCP 2007 - Decreto Ex. N° 131 del 19/01/2007*. Santiago: <http://www.providencia.cl/plan-regulador>.
- Rapoport, A. (1978). *Aspectos humanos de la forma urbana*. Barcelona: Gustavo Gili (Versión castellana de Josep Muntañola).
- Reyes, S., & Figueroa, I. (2010). Distribución, superficie y accesibilidad de las áreas verdes en Santiago de Chile. *EURE*, 89-110.
- Rodríguez, J. A., Gómez, L. G., & Matzarakis, A. (2016). Spatial-temporal study on the effects of urban street configurations on human thermal comfort in the world heritage city of Camagüey-Cuba. *Building and Environment*, 101, 85-101.
- Rohles, F. H. (1980). Temperature or temperament: A psychologist looks at thermal comfort. *ASHREA Trans.*, 186. , 541-551.
- Romero, H., & Opazo, D. (2017). Ondas e islas de calor registrados en Santiago de Chile en enero de 2017. *Ponencia enviada al XVII Simposio Brasileño de Geografía Física Aplicada y I Congreso Nacional de Geografía Física*.

- Universidad Estadual de Campinas. 28 de Junio al 2 de Julio de 2017.*, (págs. 1-9). Campinas.
- Romero, H., & Sarricolea, P. (2006). Patrones y factores de crecimiento espacial de la ciudad de Santiago de Chile y sus efectos en la generación de islas de calor urbanas de superficie. . *Clima, Sociedad y Medio Ambiente. Zaragoza: Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (Serie A Nº 5)*, , 827-837.
- 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. *Revista INVI, 25(70)*, 151-179.
- Salvati, A., Coch, H., & Morganti, M. (2017). Effects of urban compactness on the building energy performance in Mediterranean climate. *ScienceDirect Energy Procedia n°122*, 499-504.
- Sapiains, R., & Ugarte, A. (2017). Contribuciones de la Psicología al abordaje de la dimensión humana del cambio climático en Chile (Primera parte). *Interdisciplinaria, 34(1)*, 91-105.
- Sarricolea , P., & Martín-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 n°57*, 123-141.
- Sarricolea, P. (2012). *La isla de calor urbana de superficie y sus factores condicionantes: El caso del área metropolitana de Santiago. Tesis doctoral. Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional. Barcelona: Universidad de Barcelona.*
- Schlack, E., & Turnbull, N. (2011). Capitalizando lugares auténticos: Artistas y emprendimientos en la regeneración urbana. . *ARQ (Santiago), (79)*. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-69962011000300005>, 28-42.
- Sepúlveda, O. (2016). *Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982): caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y cambio climático.* Santiago de Chile: (Tesis Magister en Geografía) Universidad de Chile.

- SINIM. (2018). *Sistema Nacional de Información Municipal*. . Obtenido de <http://www.sinim.gov.cl/>
- Smith, P., & Henríquez, C. (2018). Microclimate Metrics Linked to the Use and Perception of Public Spaces: The Case of Chillán City, Chile. *Atmosphere* 2018, 9, 186; doi:10.3390/atmos9050186, 1-16.
- Smith, P., & Romero, H. (2016). Factores explicativos de la distribución espacial de la temperatura del aire de verano en Santiago de Chile. . *Revista de Geografía Norte Grande*, (63), 45-62.
- SOCHITRAN. (2013). *“Políticas de Transporte Urbano para Nuestras Ciudades”*. Santiago: SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERÍA DE TRANSPORTE.
- Stewart, I. D., & Oke, T. R. (2012). Local climate zones for urban temperature studies. . *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(12), 1879-1900.
- Taylor, S., & Bogdan, R. (1986). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*.
- Torelli, M. (2012). *TESIS: Plaza de las antigüedades del Barrio Italia*. Santiago: Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Escuela de Arquitectura.
- Tumini, I. (2012). *El microclima urbano en los espacios abiertos. Estudio de casos en Madrid. Tesis Doctoral*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid - Escuela Técnica Superior de Arquitectura en Madrid.
- Tumini, I., Higuera, E., & Baereswyl, S. (2016). Urban microclimate and thermal comfort modelling: strategies for urban renovation. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development - March 2016*, 1-16.
- Vara, J. L. (2010). Un análisis necesario: epistemología de la geografía de la percepción. . *Papeles de geografía*, (51-52), 337-344.
- Vásquez, A., Devoto, C., Giannotti, E., & Velásquez, P. (2016). Green Infrastructure Systems Facing Fragmented Cities in Latin America-Case of Santiago, Chile. . *Procedia engineering*, 161, 1410-1416.
- Voogt, J. A. (2003). Thermal remote sensing of urban climates. . *Remote sensing of environment*, 86(3), 370-384.

- Voogt, J. A. (2004). *Urban heat islands: hotter cities*.
- Wan, Z., Hook, S., & Hulley, G. (2015). *MOD11A1 MODIS/Terra Land Surface Temperature/Emissivity Daily L3 Global 1km SIN Grid V006 [Data set]*.
Obtenido de NASA EOSDIS LP DAAC.: 10.5067/MODIS/MOD11A1.006
- Zacharias, J., Stathopoulos, T., & Wu, H. (2004). Spatial behavior in San Francisco's plazas: the effects of microclimate, other people, and environmental design. *Environment and behavior*, 36(5) , 638-658.

9. ANEXOS

9.1. Anexo 1: Formato Consentimiento Informado

Comité de Evaluación Ético Científico
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Universidad de Chile



CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA ENTREVISTAS

Yo _____ he sido invitado/a por el arquitecto **Felipe Ortega Núñez**, candidato a Magíster en Urbanismo de la Universidad de Chile, a participar en el estudio denominado **PERCEPCION DEL MICROCLIMA E ISLA DE CALOR URBANA EN EL ESPACIO PÚBLICO. EL CASO DE LA COMUNA DE PROVIDENCIA EN SANTIAGO DE CHILE**. Este es un proyecto de investigación científica que cuenta con el apoyo de la Escuela de Postgrado de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile. La duración del estudio es de 1 año y la presente *entrevista* se extenderá por entre 20 a 30 minutos.

Entiendo que el objetivo general de la investigación es **profundizar en las variables morfológicas y espaciales de los espacios urbanos exteriores que inciden de manera más significativa en la percepción del fenómeno de isla de calor urbana**, para lo cual se busca **reconocer la percepción termo-espacial a largo plazo de los usuarios del espacio público de la comuna de Providencia**. Razón por la cual, los testimonios de diferentes actores sociales son claves en el estudio de este fenómeno.

Entiendo que la entrevista se llevará a cabo en la comuna de Providencia y que ésta será grabada y fotografiada. De igual forma, entiendo que la información relativa a mis intervenciones será de uso confidencial del equipo de investigación, que no serán tratadas de manera individual pues se busca rescatar una visión con sentido colectivo.

La información recolectada se ocupará exclusivamente para fines asociados a la presente investigación. Esta información será almacenada bajo la custodia del Investigador Responsable, Sr. Felipe Ortega Núñez. Asimismo, mi identidad será conocida solamente por el/la investigador que me entrevistó, ya que mis datos serán registrados utilizando solamente mi nombre de pila y edad.

De igual forma, entiendo que la información obtenida será procesada privilegiando el conocimiento compartido. Sin embargo, los diferentes resultados me podrán ser entregados si lo solicito por escrito directamente al Investigador Responsable.

Estoy consciente de que mi participación en la investigación no será remunerada. Comprendo que puedo hacer preguntas a los investigadores, además de tener la posibilidad de negarme a participar o a contestar a cualquier pregunta, así como retirarme en cualquier etapa de la investigación, sin explicar la razón de mi decisión.

Finalmente, declaro ser mayor de edad (18 años), haber comprendido lo que se me pide y SI acepto participar voluntariamente del estudio "PERCEPCION DEL MICROCLIMA E ISLA DE CALOR URBANA EN EL ESPACIO PÚBLICO. EL CASO DE LA COMUNA DE PROVIDENCIA EN SANTIAGO DE CHILE", sin haber sido influenciado/a ni presionado/a por el equipo investigador, firmando este Consentimiento Informado en dos ejemplares idénticos, uno para quien firma y otro para el Investigador Responsable.

Firma participante

Firma Investigador

Fecha

Nota: Si tiene alguna pregunta o quiere conocer algún resultado, durante cualquier etapa del estudio, puede comunicarse con el Investigador Responsable, Felipe Ortega Núñez, Candidato a Magister en Urbanismo -Facultad de Arquitectura y Urbanismo Universidad de Chile, Portugal 84 Santiago. Fono +56979728393. Correo electrónico: felipeortega@ug.uchile.cl.

9.2. Anexo 2: Transcripción de Entrevistas

• ENTREVISTA N°1

- ¿Como ha percibido el desarrollo de la comuna en los años?:

Sí ha cambiado bastante en la parte de la construcción, los locales nuevos y se ha sobrepoblado de más gente con respecto a años anteriores, es un sector que se mantiene vigente y donde circula más gente que antes. Acá en el barrio Italia ha cambiado mucho por los locales y los anticuarios que hay acá, se ha reforzado el turismo y la parte comercial, de artesanía, locales de muebles entonces eso refuerza más el tema del público.

- ¿Ha percibido cambios en las temperaturas?:

Hace diez años yo trabajaba aquí y no había tanto calor como ahora, se percibe como un calor más intenso antes había un calor más fresquito, ahora es más seco. Yo mismo me he dado cuenta que el clima está cambiando, se nota que está más seco y menos fresco, desde el año 2000 más o menos que he percibido el cambio de a poco, pero desde el 2010 ha sido más fuerte. Con respecto a la comuna donde vivo aquí es más caluroso, allá en San Ramón hay muchos árboles y la temperatura es un poco menos calurosa, cuando uno viene a Providencia o va al centro de Santiago se siente más calor, por los edificios, hacen que se regule más la temperatura, a la sombra se pone más frío. Acá por el calor harta gente viene a pedir agua para relajarse. Otro sector donde es caluroso es al lado del Mapocho, allá es más seco y no hay muchos edificios, entonces es más abierto y el calor es más fuerte, los locales son solo de un piso entonces llega todo el calor, más que acá en Providencia, acá hay árboles que hacen que esté más fresco, incluso en el sur, la gente de allá deja plantaciones de árboles e incluso las casas allá tienen árboles y plantitas, por el tema del calor.

-Altura de los edificios y las calles, ¿en qué tipo de calle se siente más calor?:

En el sector del Mapocho de Recoleta hacía allá es mucho el calor porque los locales son de un solo piso, desde donde está la iglesia todo para atrás el calor es más fuerte, porque los edificios son muy bajos y las calles son muy anchas, además allá las casas son de material antiguo, son como de adobe, que te mantiene la temperatura, pero también se ponen muy calurosas afuera, eso hace que se sobrecale, pero igual el frío es fuerte para el invierno. Aquí por lo menos Salvador es muy caluroso, aquí no en Italia y Condell hay hartos árboles para allá, acá los edificios no son tan altos, en esta calle hay un solo edificio, pero hay muchos arbolitos. También tiene que ver la orientación, como estamos hacia el norte también se puede ver que afecta, al final depende del lugar de donde estes.

-En la tarde/noche, cuando se esconde el sol, ¿cómo se percibe?:

Después de las 6 baja la temperatura, tipo 6-7 se empieza a poner más fresco, a esa hora termina el calor fuerte y empieza a bajar el sol, eso es por la ventilación como los edificios son chicos hace que cambie la temperatura.

- ¿Que deberían hacer en las calles para bajar las temperaturas en estos días con tanto calor?:

Yo creo que esto ayuda mucho, por ejemplo, en Providencia hay muchos árboles por las orillas y por la mitad de la calle, como unos pasillos de árboles, entonces al regar más se pone más fresco y eso hace que baje la temperatura, en Providencia se pasa con unas máquinas grandes regando y eso hace que baje la temperatura, se pone más fresco y con el aire hace que no haga tanto calor, el oxígeno también es importante dentro de todo. Las áreas verdes apalean un poco el calor.

• ENTREVISTA N°2

-En relación con su comuna, ¿cómo percibe este barrio?:

No lo conozco mucho en realidad, pero a mí me encanta donde vivo, vivo hace 60 años en el mismo barrio de Puente Alto. Donde vivo yo el aire es bastante mejor, porque vivo bien arriba, cerca de las Vizcachas, entonces es mucho mejor el aire y hay más ventilación y el calor no es tan extremo. No tengo problemas con el calor, de hecho, me encanta, amo el sol, no tengo problemas con el calor extremo. Con respecto al cambio climático no sé realmente, creo que todo es un poco exagerado, siento que es normal, sí, hace calor o hace frío, igual ha nevado, siento que es normal y que en la prensa lo exagera. Ahora claro que sé que hay que cuidar el planeta, obviamente, pero contra eso si cada uno no ponemos de nuestra parte no sacamos nada con decirlo, pero la

verdad es que yo no entiendo la diferencia en climas, ni tampoco me afecta, antes de ayer llovió, habrá que ponerse parka, hoy hay 30 y tantos grados y no sé, me desabrigo.

Me vengo en metro todos los días y camino desde Santa Isabel hacia acá, acá no tiene nada que ver con donde yo vivo, faltan muchos árboles y vegetación, árboles que no interrumpen con la electricidad para que no los corten, existe mucha falta de planificación y poca cultura a la hora de poner árboles. A mí me preocupan los edificios, uno de repente mira y ve un edificio gigante, y en Puente Alto eso no existe.

-En relación con las fotografías, ¿qué le parece en términos climáticos el cambio?:

Me parece que los edificios no producen ningún cambio en la percepción del clima, hacen falta árboles, los edificios es terrible como invaden el sector, las casas, te ven desde todos lados. Imagínate que en El Tabo cuando tú llegas al terminal, andas un poquito y hay dos edificios ahí en la arena, a mí no me gustan, ni siquiera los miro, son horrorosos, salir de la casa y caminar hacia al mar y lo primero que ves son esas dos torres gigantes. Lo mismo pasa en San Antonio con el mall, es horrible, pobre zona, pobre de nuestros nietos. No sé en qué pueden influir en el clima estos edificios, quizás se genera más sombra, pero sí influyen en el entorno, pobre gente, o sea yo me imagino, porque yo salgo al patio de mi casa en calzones ponte tú y ni siquiera miro, porque tengo privacidad, pero me imagino salir y encontrarte con un edificio me muero.

Siento que uno debería trabajar en donde vive, pero en mi caso no me interesa cambiarme de casa para venir a vivir más cerca del trabajo, mi hija hace unos años me ofreció venirme a vivir acá, pero yo ni loca. Yo me demoro una hora y cuarto en llegar a mi casa en metro y colectivo, el colectivo me deja en la puerta de mi casa, así que es muy cómodo a pesar del tiempo de viaje.

• ENTREVISTA N°3

- ¿Ha percibido cambios en las temperaturas?:

En ese sentido yo vengo de una ciudad muy lluviosa, para nosotros allá lo normal son temporales de lluvia que duran semanas o meses, acá también conozco el clima, yo nací en abril y recuerdo que mis cumpleaños antes eran adentro de la casa y ahora no por el tema del calor, es raro, como lo que pasó hace poco con las lluvias, la semana pasada tuvimos grandes olas de calor y entremedio tuvimos un día con lluvia y nos dejó inundados. Sabemos el problema de urbanismo con las lluvias acá en Santiago, pero la lluvia realmente fue torrencial y lo que está pasando es lo que comentan más o menos todos, las etapas del clima, ya no tenemos cuatro estaciones, solo se están marcando dos que son el invierno y el verano con mucho calor, y una transformación en el clima que se relaciona con el cambio climático, yo me considero embajador de esta realidad que sí pasa, porque tuve la posibilidad de en el sur navegar hacia la Patagonia como marino mercante y pude visionar lo que son los ventisqueros, los hielos macizos, hay hielos que son de más de 50 años de antigüedad y antes los podías ver desde el mar y ahora casi no se ven porque se han ido derritiendo. Yo volví hace 5 años acá a Santiago y he notado que hay un cambio en el clima con respecto a lo que yo recordaba, y esto no pasó hace mucho, yo llevaba 12 años en Puerto Montt, y aquí volví hace 5 años atrás, yo tenía recuerdos de esas cuatro estaciones por así decirlo.

- ¿Como comparas lo que pasa en La Florida con lo que pasa en Providencia?:

No sé si allá o acá es la respuesta, tengo la visión de que en la semana voy a La Florida o a otras comunas y no sea esa la característica que deberíamos denotar, sino que hay pocas áreas verdes, en realidad en todos lados, faltan áreas verdes en todas las comunas, aquí hay algunos prados, un poquito más que en otros lugares porque tratan de controlar la urbanización con la calidad de vida que no pasa en otras comunas si nos vamos a otros extremos son comunas de cemento como Estación Central, lo que significa también la invasión inmobiliaria que también en algunos casos trajo sombra nomás y mirar a otro edificio y en otros casos puro concreto y estamos dejando de pensar que respiramos de las plantas, que respiramos de las áreas verdes que vivimos mejor en un prado. Yo como comunicador audiovisual y como en algún minuto ligado al turismo y la naturaleza, allá en la décima región puro verde por todos lados y uno no ve las inundaciones que hay acá porque la tierra chupa. El calor en Providencia no sé cómo están las mediciones, no soy experto en ese sentido, pero hoy estuve hoy en el Nacional y de ahí nos vinimos caminando hacia acá y estaba insostenible el calor y la poca sombra que existe en la calle, los automóviles también deben sentir un gran grado de calor adentro encapsulados, dicen que hay más grados de calor adentro, pero en la calle la recomendación sería andar bien hidratado.

- ¿Qué tipos de calles piensas que pueden favorecer o desfavorecer la percepción del clima?:

Así claramente como el sistema se está moviendo, el atochamiento vehicular es demasiado, lo que pasa es que enanchan las calles, se olvidan de los árboles, cortan muchos árboles y se olvidan del peatón y se olvidan de

las personas que no les interesa andar en auto. Está la norma de los ciclistas incluso que dice que vayas por la calle porque ahí deben estar, hay cosas que no se entienden y que favorecen este atochamiento vehicular que es entendible por esa parte, pero dejando áreas verdes de lado, dejando también a los ciclistas de lado, no se preocupan de un equilibrio, de que todos vivimos y coexistimos y yo creo que incluso es preocuparse también de las especies que existen y que insertan en las calles porque no todas están hechas para esto, está el tema de las alergias primaverales, la rinitis que hay un alto porcentaje de personas que la padecen, sobretodo en Santiago, donde están plantados esta especie insertada de otros lados, que hay también un proyecto de ley que busca reformular eso.

El ancho de las calles y la cantidad de vehículos influye en el calor y creo que deberíamos bajarle un poquito, incentivar más el uso de la bicicleta. Las calles más agradables para caminar son las con más árboles y más naturaleza, más hidratación para las olas de calor que se nos avecinan, creo que en un momento Santiago tiene árboles que se secan, que no dan el confort que necesitamos como ciudadanía capitalina, que hay harto cemento, que la invasión inmobiliaria ya impactó, los vehículos cada día se compran más y más, pero que en realidad hay que pensar en usar las calles o usar el espacio público también para generar espacios de recreación y de esparcimiento.

• ENTREVISTA N°4

- ¿ Ha percibido cambios en las temperaturas?:

He sentido que ha cambiado el clima bastante, en comparación a otros años el clima en este periodo no era tan caluroso, sí, se siente el cambio por la temporada. También he percibido otros veranos que ha llovido, o sea es inusual que en pleno verano llueve, una vez recuerdo que estábamos en pleno verano y estaba casi granizando, o sea estaba lloviendo mucho y a través de las noticias me he percatado de que el calor ha aumentado.

En la mañana hace mucho más calor que antes, o en el invierno hace mucho más frío que antes, uno ya no sale solo con un polerón en las mañanas de verano, sino que uno sale con manga corta porque es tanto el calor que la temperatura corporal sube tanto que pareciera que son las 12 del día, en el metro también el calor corporal de todos juntos se percibe más todavía, también cuando me subo al auto el calor adentro es insoportable, está todo caliente, no se puede vivir. El auto lo estacioné en el Lider y me vine a sentar acá afuera porque el calor era insoportable adentro del estacionamiento.

- ¿En términos climáticos cual es la comparación entre Maipú y Providencia?:

Yo hace poco entré a trabajar al colegio en Maipú, entonces no sé mucho. Yo vivo acá en el centro, no cacho mucho como es la temperatura allá con relación a Providencia, pero en el poco tiempo que he estado en Maipú es como otro país, otro clima, no sé si acá hace mucho calor o allá en Maipú hace mucho frío, me acuerdo que una vez, en septiembre fui a Maipú con vestido y un polerón y allá estaba con neblina, como si fuese invierno. Entonces la temperatura allá es más fría en comparación acá en Providencia.

- ¿En relación con las calles, como percibes las calles de Santiago?:

Un ejemplo, no sé si has transitado por Irrazaval, ahí es muy fresco por los muchos edificios, el trayecto que tomo desde el metro a mi casa es muy fresco, hay mucha sombra, en comparación a la vereda que da hacía la cordillera y la vereda que da hacia la costa desde, si tu caminas por la vereda de la cordillera el calor es insoportable porque no hay árboles, no hay edificios que tapen el sol, no así la vereda de la costa que están los edificios, que hay edificios mucho más altos en comparación a la otra vereda, entonces todo varía de acuerdo a la construcción que hay en la calle, te di un ejemplo que en la misma calle las dos veredas tienen un clima diferente según por donde transites. Igual en Matta o por el bandejón central de la Alameda es mucho más agradable que las veredas de los lados, por el tema de los árboles.

- ¿Que les hace falta a las calles muy calurosas o solo con edificios?:

Yo creo que pensándolo a largo plazo necesitamos árboles, netamente áreas verdes donde se pueda descansar y te pueda llegar la sombra, porque si hablamos de edificios sería cambiar todo, entonces pensando a largo plazo más árboles donde no los hay. Con respecto a los edificios yo creo que es la dirección de estos, si está de oeste a este da mucho más la sombra que si está de norte a sur, porque mi edificio está de norte a sur, entonces la sombra que da hacia la calle que está paralela es nula, entonces si está desde la costa hacia la cordillera da mucha más sombra.

- ¿Como percibes a Providencia con respecto a otras comunas?:

Es mucho más agradable Providencia en comparación a La Granja, por ejemplo, que es donde viven mis papás y voy muy seguido, es mucho más agradable acá porque tiene muchas más áreas verdes, tiene más edificios que dan sombra y forman lugares de descanso en comparación a comunas más periféricas como La Granja, que no tienen casi nada de áreas verdes, casi nada de árboles y mucho menos edificios, son muy pocos.

- **ENTREVISTA N°5**

- *¿Cuál es tu evaluación del clima actual?:*

En realidad, no está desagradable, mucho calor no hace ni frío tampoco, pero la semana pasada cuando estaba trabajando sentí más el calor, estaba más pesado, hoy está más templado.

- *¿Cómo has sentido que las temperaturas han ido evolucionando en los últimos años:*

Sí igual creo que ha habido cambios, en otros años anteriores en esta misma fecha ya había calor como por octubre más o menos no se veían lluvias, y esta semana, el lunes hubo una lluvia y la semana ante pasada igual hubo una y quedó la embarrada, llovió muy fuerte y eso no se había visto hace años, no sé si pasó alguna vez, el clima ha ido variando y está más desordenado, ponte tú en otros años anteriores ha empezado a hacer frío en febrero o a mediados de enero. En verano siempre ha hecho calor, la temperatura va de 33 a 34 grados, siempre lo mismo, pero de repente como que llueve y eso lo encuentro medio extraño, eso no pasaba antes.

-*Compara el barrio con el lugar donde trabajas u otras comunas:*

Yo trabajo en Ñuñoa, en el límite con San Joaquín, yo creo que es lo mismo, yo creo que más hacia el norte por el lado de Lampa o Buin hace más calor que para estos lados. Acá en Santiago el Centro es lo más desagradable, el paseo Ahumada, la plaza de Armas es horrible ir para allá, como que se encajona el calor. Acá donde vivo yo es casi lo mismo que en el centro, no digamos que hay mucha diferencia, solo es un poco más fresco, en la noche es rico acá para salir a dar una vuelta, cuando ya bajó el sol, acá en la noche es más agradable, en la tarde no salgo, pero cuando baja el sol es rico para salir un rato.

- *¿Cómo influye el tema de las calles y los edificios?:*

Yo me voy caminando o en bicicleta para el trabajo, porque me queda cerca, lo que trato es no irme por las avenidas grandes, como vengo del metro yo, el camino por Irarrázaval me parece muy caluroso, Vicuña Mackenna también, puro sol, las calles son muy anchas y ahora que se sumaron las vías del transantiago es peor, pega el sol muy fuerte. En cambio, por las calles más pequeñas hay más sombra y más árboles, al contrario de av. Grecia por ejemplo que también es calurosa, las avenidas por lo general tienen más sol, tiene que ver el ancho de las calles, los árboles y edificios también.

-*En el barrio Italia ¿cuál es la diferencia entre el sector de Providencia que tiene casas más pequeñas, y Ñuñoa que tiene edificios?:*

En la temperatura no sé mucho cómo funcionará, pero creo que es igual como en el centro, si llenas de edificios como que se encierra más el calor, en cambio cuando el espacio está más libre corre más viento, creo que los árboles influyen mucho, pero los edificios cuando se van juntando muchos pasa lo mismo que en el centro. Encuentro más cómodo un lugar con los edificios pequeños y varios árboles, que un lugar lleno de edificios.

-*Imágenes del barrio antes y después, viendo las fotos ¿cómo crees que este cambio en el barrio puede influir en tú sensación térmica?:*

Yo creo que igual está un tema psicológico, antes siempre había sido todo tranquilo, ahora con esta torre que tenemos acá creo que el Barrio Italia va a perder su brillo porque se va a edificar mucho, hay mucha gente, está lleno de extranjeros, en las calles cercanas ya se están construyendo muchos edificios, yo creo que la gran cantidad de edificios que se están construyendo va a encerrar mucho el espacio, además con la llegada de más personas al barrio se suman más autos y más aparatos electrónicos, y además se llena de gente, viene mucha gente de afuera pero son más los residentes que vienen a vivir a estos mismos edificios. El tema de los edificios nuevos puede generar un cambio en el clima, esto hace que se encierre todo, que no haya aire o que se desvíe.

- **ENTREVISTA N°6**

- *¿Has percibido en los últimos años algún cambio en las temperaturas?:*

Tengo la impresión de que hace 10 o 15 años atrás, las estaciones estaban mucho más marcadas, como que el invierno era más largo y no sé si hacía tanto frío como ahora, pero se percibía más extenso y el verano también tenía un inicio y un cierre más marcado, ahora a mediados de noviembre llovió e hizo frío, con truenos y rayos, hace una o dos semanas el día que llovió hubo mucho viento, y acá en el sector se caen las ramas y genera problema con los árboles. Tiendo a pensar que el verano es la época del año que se está adueñando de las otras estaciones principalmente, no es como un cambio tan discontinuo, el invierno está más corto y el verano está más largo.

-Compara Providencia con otras comunas transitadas:

Yo tengo la intuición, quizás por un tema de urbanización que donde yo vivo hay más árboles, entonces tiende a haber más sombra y un poco más de viento, los días que voy al centro no hay ningún árbol y siento que hace mucho más calor en el centro que donde yo vivo, y lo noto cuando uso zapatos bajos la suela de estos se calienta más. Yo creo que tiene que ver con la presencia de más árboles. En la noche no alcanzo a percibir una diferencia entre las comunas, cuando voy a Maipú o Puente Alto esas comunas son más frías en la noche, ahí se nota una diferencia, por ejemplo, estoy en una terraza en Puente Alto y estoy con polerón, pero cuando llego a mi casa me saca el polerón porque hace más calor en mi terraza. Igual eso tiene que ver por fenómenos naturales, Maipú está más cerca de la costa y Puente Alto tiene una corriente de aire que se llama raco, entonces por eso son lugares menos calurosos, además los lugares son más abiertos y hay mayor circulación del aire, en cambio en Providencia como hay más edificios los vientos se cortan.

-Cuando andas en la calle ¿cómo sientes que interactúan los elementos de las calles en el clima?:

En la parte de Santiago donde trabajo hay construcciones que son como casonas antiguas, entonces estos edificios no son muy altos, hay poca vegetación, por ejemplo, yo salgo a las 2 de la tarde del trabajo y no hay donde resguardarse del sol, como que hay poca sombra, bueno eso también me pasa acá cuando las veredas son más estrechas, por ejemplo, la vereda de Santa Isabel donde transito mucho va de oriente a poniente siempre tiene sombra, la vereda norte. La parte de Av. Italia de Ñuñoa es mucho más fresca, entre Caupolicán y Sucre, hay muchas galerías bajitas y también hay vegetación es más fresco, desde Sucre hasta Irarrázaval hay muchos árboles, más que en esta zona y además hay edificios más grandes, son como la calle Pedro de Valdivia, que está como resguardada por árboles y edificios entonces es muy fresco, hay sombra y viento todo el día, muy agradable en esta época. Acá en el invierno es menos fresco que allá, las construcciones son casonas muy bajitas, la mayoría de un piso y llega más sol, es por eso que debemos instalar un toldo por el tema de las vitrinas, en la tarde llega mucho el sol y es dañino para los artículos de la tienda en la que trabajo, en cambio los vecinos de en frente reciben sol solo por la mañana. El barrio empieza a funcionar a eso de las 12 del día entonces nosotros recibimos el sol por las vitrinas todo el día.

-Imágenes del barrio antes y después, viendo las fotos ¿cómo crees que este cambio en el barrio puede influir en tú sensación térmica?:

A simple vista y de forma muy intuitiva, que esté esta torre acá ya me hace sentirlo menos desértico, veo la foto donde no está la torre y se mantienen las casas en el mismo nivel, pero yo veo y me imagino caminando a las 5 de la tarde en enero y me parece mucho más desértico que la parte donde van a estar las torres, se ve que es mucho más seco y mucho más caliente el pavimento, va a haber menos sombra de la que habrá ahora con la torre. De cierta forma los edificios altos tienden a resguardarnos de los efectos del calentamiento global, como los cambios de temperatura. Pero por ejemplo por el tema de los vientos puede que las torres corten los vientos y haya menos ventilación, quizás se calienta más el ambiente, como que se compensa todo. Siento que en la foto sin las torres hay más circulación de aire, pero menos sombra, y en el caso de la foto con las torres se ve más sombra, pero se percibe menos ventilado. En la noche podría provocar un problema de renovación de aire.

• ENTREVISTA N°7

- ¿Cuánto conoces este barrio?:

Mucho, trabajo acá hace un año y medio y ahora vivo cerca también, conozco desde Salvador hacia el barrio Italia y ahora desde Vicuña Mackenna que es donde vivo ahora.

- ¿Qué te parece la temperatura de hoy?:

Esta es una temperatura más cálida, porque la gente se empieza a mover mucho más, hay más público, cuando hace más calor es imposible estar acá, ahora esta agradable. Esta galería es muy calurosa sobre todo cuando hay temperaturas sobre los 30 grados. Un día de calor en Av. Italia es imposible de transitar, puedes estar

desde las 9 hasta las 12:30 y después es un calor que no se aguanta, después en la tarde tipo 5, empieza a moverse la gente.

-En comparación a Providencia ¿cómo son otras comunas por donde transitas?:

Yo antes vivía en Las Condes, este barrio es mucho más caluroso, donde vivía antes era más residencial, tenía árboles y plazas, ahora vivo en una calle que es una avenida principal y no tiene nada de eso, que es Vicuña Mackenna.

- ¿Has percibido cambios de temperatura en los últimos años?:

Es relativo, porque con el cambio climático que ha empezado a moverse han cambiado mucho las temperaturas, o sea el martes pasado nosotros abrimos y estaba lloviendo, entonces también perdemos clientela, son cambios de temperatura muy fuertes, o hace mucho frío o hace mucho calor, la gente no sale a caminar con este calor, o sea después de las 5 o 6 ya pueden salir a dar una vuelta, pero antes no.

- ¿Qué te parece caminar por el barrio Italia?:

Es interesante, es un barrio que está muy activado, pero si es un día de calor no es un espacio que está hecho para caminar con calor, yo siento que es la poca cantidad de árboles, yo vivía en Las Condes y allá está lleno de árboles en todas partes y toda la Avenida Colón es sombra, acá todavía no hay muchos árboles dentro del espacio para que la gente pueda transitar por la sombra, la vegetación del centro es muy básica, son árboles que empezaron a plantar ahora.

- ¿Crees tú que haya algún elemento urbano que afecte la temperatura?:

En el caso de acá que hace mucho calor es por el tema de la arquitectura, acá las casas son muy bajas, acá no hay edificios de 14 o más pisos que ya generan bastante sombra, pero tampoco lo implementaría. O se arma un espacio más cultural, con los cafés y las galerías que arman un espacio cultural.

-Imágenes del barrio antes y después, viendo las fotos ¿cómo crees que este cambio en el barrio puede influir en tú sensación térmica?:

A mí me parece horrible, la arquitectura que implementan en los edificios en un lugar como este, que son casas coloniales y construcciones más antiguas, es feo. En el clima se haría una diferencia, por ejemplo, tú bajas por Irarrázaval donde hay torres muy grandes hay mucha sombra, pero tampoco encuentro que sea para avenida Italia, que es un lugar más cultural, no aporta un edificio grande, lo que aporta es tener más vegetación para mover a la gente.

• ENTREVISTA N°8

- ¿Qué le parece la temperatura de hoy?:

Acá estamos en un oasis por los arbolitos, así que no cacho mucho, en la mañana llegué abrigada, con chaleco y bufanda. Hoy ha estado más fresquito, ha estado rico.

- ¿Ha percibido cambios en las temperaturas?:

No sé mucho, dicen que sí, yo siempre tengo calor en verano y siempre tengo frío en el invierno.

- ¿Qué le parece caminar por barrio Italia en un día de calor?:

Fresquito, es rico, es un espacio cómodo para caminar porque tiene vegetación. En la noche baja un poco la temperatura, en el verano baja poco, porque se calienta el cemento como qué da igual, un poquito menos a lo mejor, comparado con las horas pick que son las 3 o 4 de la tarde en la noche es un poquito más fresco, pero tampoco tanto, igual hay que dormir con la ventana abierta.

- ¿Cómo influye el diseño urbano en la percepción de la temperatura?:

De repente los edificios hacen su juego con el viento, el pastito es rico y la vegetación. Me parece que Irarrázaval es más cómodo para caminar, tiene veredas más anchas y si bien pasa mucha locomoción como está nuevo no se hace mucho problema, en cambio Santa Isabel está más antiguo, más angosta la vereda.

-Imágenes del barrio antes y después, viendo las fotos ¿cómo crees que este cambio en el barrio puede influir en tú sensación térmica?:

Donde vivo yo estoy rodeada de edificios, creo que soy la única casa parada, soy la casa cenicero como le dicen. Los edificios influyen en la temperatura porque son de cemento, pero nada que hacer porque el progreso avanza. Yo creo que los edificios aportan a más calor, antes teníamos casas a los lados y justo la ventana de mi hija daba a una casa, corría viento y todo, pero cuando pusieron el edificio empezó a rebotar el ruido, el sol y el calor.

- **ENTREVISTA N°9**

- ¿Qué diferencias percibe entre Pudahuel y Providencia en términos de temperatura?:

Providencia es más fresquito que Pudahuel Sur, allá como que se encajona el calor, como las casas son de material de madera es más caluroso, en cambio acá es puro material sólido y también acá hay más vegetación, allá hay muy poca vegetación y hay mucho cemento, el calor se encierra y en la noche también hasta como las 10 de la noche y dentro de las casas también, como las construcciones son de material ligero más se encierra el calor, acá es distinto porque es de cemento o ladrillo y eso absorbe el calor, allá en Pudahuel como que aumenta.

-En los últimos años ¿siente que han cambiado las temperaturas?:

Sí, ha aumentado la temperatura, ha aumentado demasiado, cuando era chico los veranos no eran tan calurosos, el calor no era tan sofocante como ahora, ahora el calor ha aumentado y nosotros la gente de edad no estamos acostumbrados a estas temperaturas, para nosotros los mayores de 60 años es complicado el calor. Además, el verano se alarga y empieza antes, durante el invierno hay poca lluvia, ya son más secos, no son tan lluviosos y yo creo que todo eso ha afectado. Ha habido un cambio sustancial, la temperatura ha subido con los años. Acá en Providencia es más agradable por la vegetación y la construcción de los edificios que son de material sólido. Acá se mantienen los árboles, en otros lados los niños rompen los árboles y acá los cuidan.

- ¿Como sientes que influye el diseño de la calle en la percepción de la temperatura?:

Las calles más angostas como que se encierra el calor, yo prefiero más amplias, con los edificios también se encierra el calor y con las casas no tanto, los edificios atrapan el calor y permanece, acá el calor va pasando porque la calle es más abierta, entonces el calor es menos, porque hay hartas salidas y eso genera más ventilación en el ambiente. La calle ideal sería una con ventilación, con edificios no tan pegados y vegetación por supuesto, arbolitos, prados verdes.

-Con respecto a los edificios ¿usted cree que deberían tener alguna altura o distancia con la calle?:

Me gustaría que no fueran tan pegados a las calles, que fueran más separados y que hubiera más espacio, o sea que fueran más anchas las calles y veredas, porque uno ahora se compra un departamento y están pegados a la calle, uno siente todo el ruido de los vehículos en el primer y segundo piso porque están muy pegados a la calle. Además, por el calor que estén tan cerca los edificios influyen en eso.

- ¿En qué espacios de la ciudad le resulta más agradable caminar en estos días calurosos?:

En el Parque Forestal siento, o en los parques del Cerro Santa Lucía por ahí, de todas maneras, un lugar con áreas verdes, donde uno se pueda tirar en el pastito y haya harto verde y corre viento, entonces es más fresquito. En cambio, el centro de Santiago es el peor lugar, es muy caluroso, insoportable, especialmente Ahumada, Estado y la Plaza de Armas incluso, la plaza no tiene vegetación, no tiene las palmeras ni las piletas que habían antes, ahora es puro cemento, la Plaza de Armas es un horno, yo creo que es por los edificios y gente, los edificios encierran el calor y las personas irradian calor, entonces es muy caluroso, el mismo cemento de la plaza con toda la gente en tránsito se genera mucho calor, es un horno.

- **ENTREVISTA N°10**

- ¿Cómo percibes la temperatura actual?:

Está agradable, yo creo que es por la sombra de los edificios entre los que estamos, yo venía en auto y por el sol y estaba mucho más caluroso.

- ¿Cómo sientes que han evolucionado las temperaturas en los últimos años?:

Yo siento que se ha hecho un poco más extremo el calor y los periodos de calor, no sé si tanto el frío, pero en el invierno ha hecho frío sin lluvia, un frío seco llamémoslo, se marca una primavera y un verano más caluroso, está haciendo mucho calor desde finales de octubre y el invierno empieza fuerte en mayo, de repente hay episodios que rompen con eso, por ejemplo, los granizos que hubieron hace un par de semanas, hay días de temperaturas más agradables en el invierno y esa creo que ha sido la tendencia. Además, todas estas nuevas construcciones altas generan microclimas, esta calle es agradable caminar hasta que sales de la línea de los edificios en esta época, en invierno sí es todo lo contrario, se vuelve más frío.

- Compara el sector de barrio Italia con otros sectores de la ciudad:

Yo vivo en Ñuñoa, hacia el estadio y como ese sector hay casas bajas es bien estable el clima durante el año, no siento que hayan muchos micro climas allá, lo que me pasa es que siento que en Providencia, como hay mucha construcción en altura, se dan estas partes más sombreadas y más frías, a diferencia donde yo creo que hace más calor es en los alrededores de la ciudad, en la periferia es mucho más extremo porque hace mucho calor o mucho frío, como no hay edificios y las casas son más bajas se generan estas temperaturas más extremas. Yo trabajé un verano en Lampa, en el sector industrial y ahí hacía mucho calor, acá se hace más fresco a las 5 o 6 de la tarde cuando uno sale del trabajo.

-En la noche ¿cómo los edificios afectan la percepción de la temperatura?:

Yo creo que ahí se pierde un poco de los microclimas, porque estos vienen potenciados por la luz, siento que en la noche es más estable en toda la zona, en esta época es mucho más agradable andar por la noche, en el invierno hace más frío, pero ahí siento que es más parejo con respecto a la luz del día.

- ¿Cómo sientes que influye el diseño de la calle en la percepción de la temperatura?:

Yo creo que hay varios factores que van chocando, uno es que me da la sensación de que las calles más transitadas debes tener un poco más despejado, porque hay mayor flujo de personas, más vehículos y transporte público y pasa que entorpece un poco, como que se empieza a sobrecargar las calles chicas, hace dos años tu podías dar vueltas y vueltas por aquí y ahora ya colapsó con autos, entonces sobre todo si tienes un polo turístico y le sumas edificios en altura van a colapsar los barrios, entonces van como construyendo según la oportunidad, sin tanta planificación, de repente puedes matar una zona vegetal porque un edificio le da sombra todo el día, si bien beneficia a las personas con la sombra vas matando el ambiente. Los edificios marcan la diferencia entre una comuna y otra, se nota la diferencia de Sucre para allá que es donde están los edificios, en Condell hacia el norte se nota la vegetación y eso también influye en la temperatura y se encuentran en lugares más antiguos, como con un urbanismo más viejo.

-Imágenes del barrio antes y después, viendo las fotos ¿cómo crees que este cambio en el barrio puede influir en tú sensación térmica?:

Hay un impacto que hace más fría la calle, como son tres torres y el sol se mueve hacia ellas dan sombra toda la tarde, en los momentos de temperatura baja esta es aún menor por la sombra producida por los edificios y la hace menos agradable para andar, y como los tres edificios están muy juntos se pierde mucha luz, debe haber casas que están sumidas todo el día en sombra porque siempre van a estar tapadas por un edificio. Influyen creando polos más fríos y más oscuros, tapan una zona con muchas casas al oriente, les tapan el sol toda la tarde.