



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

**PARQUES RIBEREÑOS COMO INFRAESTRUCTURA URBANA
PARA ENFRENTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO EN LAS CIUDADES
CASO DE ESTUDIO RÍO MAPOCHO**

Memoria para optar al título de Geógrafa

YESSENIA LEÓN BAEZ

Profesor Guía: Hugo Romero

Santiago – Chile
2013

RESUMEN

Las metrópolis chilenas han sufrido un acelerado proceso de crecimiento demográfico y expansión espacial durante las últimas décadas, lo cual ha implicado un cambio en los usos y coberturas de suelos naturales y agrícolas por superficies urbanas, produciendo una serie de impactos negativos sobre el medio ambiente en general y en particular sobre clima de las ciudades. Este gran dinamismo demográfico y espacial de las ciudades en conjunto, ha provocado un constante aumento de conflictos ambientales urbanos, que deben ser adicionados a los escenarios de incertidumbre planteados por los cambios planetarios, entre ellos el calentamiento global, lo que realza la necesidad de desarrollar medidas para adaptar las ciudades, mitigar los efectos negativos y asegurar su sustentabilidad en el largo plazo. Las áreas verdes ribereñas urbanas son reconocidas por los diversos servicios ambientales que prestan a la comunidad, entre ellos su rol como enfriador térmico y se debería constituir en parques y áreas de recreación y conservación de la naturaleza. Se analiza el efecto que este tipo de infraestructura urbana ejerce sobre la temperatura local y las diversas variables urbanas que influyen en ello. Se considera además el escaso interés que los instrumentos de ordenamiento territorial metropolitano le han otorgado a estos parques y al río Mapocho.

Palabras Clave: Zonas ribereñas, parques ribereños, río Mapocho, uso de suelo, clima urbano.

AGRADECIMIENTOS

Deseo partir agradeciendo profundamente a mi familia por su apoyo incondicional durante todo este proceso, su confianza ciega puesta en mí durante todos estos años fue fundamental para terminar esta etapa. A mis tíos por sentir mis logros como si fueran propios. Este trabajo es para ustedes.

A mis compañeros de carrera Fernando Gimeno, Patricia Casanova, Julio Covarrubia y Rodrigo Kappes gracias por su amistad sincera, su constante apoyo en las salidas a terreno, revisiones, consejos, compañía y salidas varias. A Victor Hugo Fernández quien a pesar de la distancia siempre se mantuvo presente. Estoy segura que estos años de amistad permanecerán a pesar de la distancia física y los distintos proyectos que cada uno emprenda.

Agradecer al proyecto Fondecyt N°1130305 titulado “Estudio y modelación del clima urbano a escala local, como base para la proposición de lineamientos de adaptación frente al cambio climático en una red de ciudades chilenas” y al proyecto FAU N°004 del año 2011, “Desarrollo de una aproximación para la planificación de corredores verdes ribereños multifuncionales en Santiago de Chile: bases para la creación de infraestructura verde y una ciudad resiliente”. A mi profesor guía Hugo Romero por el tiempo dedicado a revisar mi trabajo y sus observaciones. A Alexis Vásquez por su constante guía tanto en la formulación de la presente investigación como en el desarrollo de la misma, tus consejos hicieron que este trabajo se desarrollara de mejor forma.

A mis padres y hermana.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN	8
1.1 Introducción.....	8
1.2 Planteamiento del Problema.....	10
1.3 Área de estudio	13
1.3.1 Río Mapocho	16
1.3.2 Intervenciones y Planificación Urbana	19
1.4 Objetivos	21
1.4.1. Objetivo General:.....	21
1.4.2 Objetivos Específicos:	21
1.5 Hipótesis.....	21
CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ASUNTO	23
2.1 Clima y medio ambiente urbano	23
2.2 Justicia ambiental y segregación social	28
2.3 Infraestructura verde, vegetación urbana y su efecto en el clima urbano.....	30
2.4 Corredores fluviales intraurbanos y áreas ribereñas.....	33
2.5 Cambio climático	37
CAPITULO 3: MARCO METODOLÓGICO	40
3.1 Selección de parques.....	40
3.1.1 Patrones de temperatura	40
3.1.2 Estructura Socioeconómica al interior de Santiago	41
3.1.3 Zonas Climáticas Termales.....	42
3.2 Análisis del rol de los parques urbanos ribereños como reguladores climáticos.....	44
3.2.1 Pre-procesamiento datos termales	44
3.2.2. Procesamiento datos termales	45
3.3 Identificación de aquellos elementos del clima urbano que poseen incidencia en el comportamiento térmico de los parques ribereños.	47
3.4 Análisis de correlación entre las variables seleccionadas y la temperatura observada.	51
3.5 Análisis instrumentos de planificación metropolitanos	51

CAPITULO 4: RESULTADOS	53
4.1 Selección de parques	53
4.1.1 Sector oriente, Parque Antonio Rabat	58
4.1.2 Sector centro, Parque de los Reyes.	61
4.1.3 Sector poniente, parque Mapocho Poniente	64
4.2 Calidad del bosque de ribera	67
4.3 Análisis del comportamiento térmico de los parques analizados	73
4.3.1 Pre-procesamiento datos termales.....	73
4.4 Comportamiento térmico parques ribereños.	75
4.4.1 Relación temperatura-distancia al cauce.	75
4.4.2 Comparación con el resto de la comuna	76
4.4.3 Comparación entre parques	83
4.5 Correlación de variables con el comportamiento térmico de los parques.....	84
4.6 Evolución de los instrumentos de planificación metropolitanos implantados sobre el cauce y riberas del Mapocho.	86
CAPITULO 5: DISCUSIONES	68
CAPITULO 6: CONCLUSIONES	96
CAPITULO 7: BIBLIOGRAFÍA	98
ANEXOS	109

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N°1: Ficha aplicada en terreno. Índice QBR, extraída de Munné <i>et al.</i> (1998).....	110
Anexo N°2: Localizaciones Estaciones de Medición	113
Anexo N°3: Zonas Climáticas Termales presentes en los parques en estudio.	115
Anexo N° 4: Corte transversal Río Mapocho.....	118
Anexo N°5: Anexo fotográfico	121
Anexo 6: Coeficiente de Kruskal-Wallis	126
Anexo N°7: Comportamiento térmico parques	127
Anexo N°8: Propuesta de áreas verdes PRMS 100	130

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 Área de Estudio	18
Figura N° 2 Modelo de Desarrollo de la Ciudad Latinoamericana	24
Figura N° 3 Modelo Conceptual de la Isla de Calor Urbana	26
Figura N° 4 Promedios de radiación y temperatura medidas a la sombra de árboles y bajo el sol.....	30
Figura N° 5 Índice Áreas Verdes/Háb. Comunas Gran Santiago	33
Figura N° 6 Cadena de eventos debido a alteraciones en la estructura y funciones del curso de agua	35
Figura N° 7 Transectas realizadas a lo largo del río Mapocho	43
Figura N° 8 Test de Kruskal - Wallis.....	46
Figura N° 9 Índice de desarrollo humano por comunas.....	54
Figura N° 10 Zonas climáticas termales.....	55
Figura N° 11 Temperaturas registradas a lo largo del río Mapocho	56
Figura N° 12 Distribución parques analizados	57
Figura N° 13 Parque Antonio Rabat.....	60
Figura N° 14 Parque Los Reyes	63
Figura N° 15 Parque Mapocho Poniente.....	66
Figura N° 16 Calidad del Bosque de Ribera.....	69
Figura N° 17 Corte transversal río Mapocho Parque Antonio Rabat	70
Figura N° 18 Corte transversal río Mapocho Parque Los Reyes	71
Figura N° 19 Corte transversal río Mapocho Parque Mapocho Poniente	72
Figura N° 20 Temperatura Máximas y Mínimas Diarias Julio y Agosto 2011	74
Figura N° 21 Temperaturas registradas a distintas distancias del cauce en la mañana en el sector oriente	77
Figura N° 22 Temperaturas registradas a distintas distancias del cauce a medio día en el sector oriente	78
Figura N° 23 Temperaturas registradas a distintas distancias del cauce en la noche en el sector oriente	78
Figura N° 24 Temperaturas registradas a distintas distancias del cauce en la mañana en el sector centro	80
Figura N° 25 Temperaturas registradas a distintas distancias del cauce al medio día en el sector centro	80
Figura N° 26 Temperaturas registradas a distintas distancias del cauce en la noche en el sector centro	81
Figura N° 27 Temperaturas registradas a distintas distancias del cauce en la mañana en el sector poniente	82
Figura N° 28 Temperaturas registradas a distintas distancias del cauce al medio día en el sector poniente	83

Figura N° 29 Temperaturas registradas a distintas distancias del cauce al medio día en el sector poniente 83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Variables que influyen en el comportamiento térmico de un parque ribereño 48

Tabla N° 2 Cobertura de suelo parque Antonio Rabat 59

Tabla N° 3 Cobertura de suelo parque Los Reyes 62

Tabla N° 4 Cobertura de suelo parque Mapocho Poniente 65

Tabla N° 5 Puntaje Índice calidad del bosque de ribera 68

Tabla N° 6 Periodo de registro de datos meteorológicos recopilados por estación 73

Tabla N° 7 Test de Mann-Whitney 76

Tabla N° 8 Test de Mann-Whitney 79

Tabla N° 9 Test de Mann-Whitney 81

Tabla N° 10 Coeficiente de correlación de Spearman..... 85

CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN

1.1 Introducción

Las ciudades de América Latina corresponden a las más urbanizadas del mundo y Santiago no es la excepción, siendo la metrópolis más importante de Chile, puesto que concentra alrededor del 35,7 % de la población nacional (INE, 2002) y el 45% del Producto Interno Bruto (PIB) del país, lo que la ha situado como una de las ciudades más dinámicas y de mayor crecimiento de Sudamérica, no estando ajena al constante proceso de expansión sufrido en el resto del continente (Hofer *et al.*, 2009). En las últimas décadas ha aumentado su tamaño en aproximadamente 1.000 hectáreas anuales en promedio, sustituyendo suelos agrícolas por áreas residenciales de alta densidad, principalmente en las periferias norte, poniente y sur, y urbanizaciones de baja densidad en el sector oriente y en el piedemonte de la ciudad (Romero, 2004; Vásquez *et al.*, 2007). Este dinamismo, así como el conjunto de relaciones entre los componentes sociales y naturales que conforman la ciudad, afecta el clima urbano puesto que interviene en el balance energético en su interior a distintas escalas.

El crecimiento urbano está asociado directamente a un cambio en las coberturas y usos de suelo, que no se encuentra determinado por organismos o instituciones gubernamentales planificadoras que velen por el bien común o por el crecimiento sustentable de la ciudad, sino que, por el contrario, es guiado por el sector privado, decidiendo así, no necesariamente los mejores usos, si no los más rentables de acuerdo al mercado. (Hofer, *et al.*, 2009). Esta ausencia de planificación ha repercutido

en una serie de externalidades negativas tales como, desaparición de las superficies vegetadas, interrupción de flujos de viento y aumento de las temperaturas atmosférica, entre otras (Romero y Vásquez, 2006; Vásquez y Romero, 2007), hechos que influyen directamente en la calidad de vida de las personas y en las características del clima urbano de la ciudad. Es en este contexto, sumado a los procesos planetarios que se están desarrollando, como el calentamiento global, desde donde ha surgido la inquietud acerca de cómo mitigar este tipo de externalidades ambientales negativas.

La infraestructura verde se ha constituido en una alternativa para la conservación del medio ambiente en un contexto urbano, puesto que provee una serie de servicios ambientales reconocidos en la literatura, tales como regular las temperaturas, actuar como corredores de viento, proveer de flora y fauna, absorber contaminantes presentes en el aire y aguas, servir de rutas de transporte alternativas, además de proveer espacios para la recreación y en el caso de aquellas ubicadas en zonas ribereñas actúan como buffer (franjas de protección) ante posibles inundaciones (Romero *et al*, 2010; Ribeiro y Barao, 2006).

Un área ripariana (o ribereña) es un sitio ecológicamente distinto, o una combinación de sitios, en los que la humedad del suelo es suficientemente superior a otras disponibles localmente, debido a la ejecución y/o filtración superficial de las aguas, que resulta en un complejo sistema suelo-vegetación (Brooks 2003). La funcionalidad ecológica de los sistemas riparianos es complicada por la extrema variación en su geología, clima, edafología, hidrología e influencia humana. Todas estas características les permiten aportar valiosas funciones ambientales, ecológicas y sociales. A pesar de

lo anterior son pocos los estudios que se han llevado a cabo considerando en general y respecto a sus efectos en los climas urbanos y la temperatura en particular.

La presente investigación tiene como objetivo constituir un acercamiento sobre los efectos térmicos que los parques riparianos ubicados a lo largo del Río Mapocho brindan al clima local de la ciudad, considerando la importancia de este último como eje estructurante de los paisajes de la ciudad.

1.2 Planteamiento del Problema

La cuenca hidrográfica en la cual se localiza la ciudad de Santiago está rodeada por dos imponentes macizos, que determinan que ésta se comporte como un sistema ambiental semi-cerrado. Lo anterior impide que la circulación del aire se desarrolle en plenitud, y que los principales flujos de vientos se desplacen a lo largo de corredores naturales tales como ejes fluviales (Romero *et al*, 2010). Uno de los cursos de agua más importantes en el área metropolitana corresponde al río Mapocho, el cual posee una extensión aproximada de 97 kilómetros y atraviesa 16 municipios. Esto lo convierte en un eje estructurante a nivel de los paisajes naturales y también de administración del espacio urbano, ya que, su recorrido muchas veces define el trazado de los límites comunales. La población proyectada de estas comunas para el año 2020 es más de tres millones de habitantes (INE, 2009)

La concentración de la población responde al acelerado proceso de expansión que las

metrópolis chilenas han sufrido durante las últimas décadas, lo cual ha implicado una sustitución de usos y coberturas de suelos naturales y agrícolas por superficies urbanas, produciendo una serie de impactos negativos sobre el medio ambiente y, especialmente, sobre el clima urbano. Entre los cambios producidos sobre el clima urbano, se pueden señalar el fomento a la formación de islas de calor y la concentración de contaminantes atmosféricos (Romero y Vásquez, 2005).

El gran dinamismo demográfico y espacial exhibido por las ciudades chilenas en conjunto con el constante aumento de conflictos y problemas ambientales urbanos, y los escenarios de incertidumbre planteados por los cambios globales, entre ellos el calentamiento global, realzan la necesidad de desarrollar medidas para adaptar las ciudades, mitigar los efectos negativos y con ello asegurar la sustentabilidad en el largo plazo.

Las áreas verdes y sus servicios ambientales deben también ser reconocidas en la planificación urbana no como simples adornos al paisaje de la ciudad, sino como sus ejes ambientales estructurantes, puesto que contribuyen a regular la temperatura y a disminuir la contaminación atmosférica e hídrica, favorecen la ventilación de la ciudad, son utilizadas como espacios recreacionales para la población, controlan la erosión de los suelos y cauces fluviales, disminuyen la escorrentía superficial y son albergues de flora y fauna entre otros (Romero *et al*, 2010). Además aquellos parques ubicados en zonas ribereñas actúan como buffers de protección para la población ante inundaciones y desbordes de ríos (Bryant, 2006).

De acuerdo a las recomendaciones dadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) el porcentaje promedio ideal de áreas verdes que debe poseer una ciudad para

que sus habitantes vivan en un ambiente sano es de 10 m² por persona, cifra muy lejana de los 4,7 m² que posee Santiago (Pavez, 2008). Desde luego que una ciudad como ésta, afectada enormemente por la contaminación atmosférica, en especial en algunas de sus comunas del sector poniente o por aluviones en el oriente debería superar con creces dichas cifras estandarizadas. La totalidad de la superficies cubierta por los espacios verdes ubicados junto al Mapocho no alcanzan las 60 hectáreas lo que significa para la población de estas comunas una disponibilidad per cápita de tan solo 0,27 m²/habitante (Pavez, 2008). En este sentido, Vásquez y Salgado (2009) señalan que es posible afirmar que la calidad ambiental de los espacios urbanos depende de la distribución de la población en torno a las áreas verdes y de su capacidad de accesibilidad a éstas, lo que a su vez se encuentra relacionado con el nivel de ingresos de cada grupo social. Por lo tanto, no sólo es necesario un aumento en el número de áreas verdes sino también una distribución más equitativa de éstas para la población.

El rol regulador climático de los parques urbanos ha sido visto con gran interés por planificadores y científicos urbanos, ya que ellos podrían ayudar a mitigar los efectos negativos producidos por las islas de calor urbanas y el calentamiento global. En este sentido Georgi y Zafiriadis (2006) indican que un aumento del 25% en el número de árboles puede reducir la temperatura durante el verano entre 3.3° y 5.6°C. Andrade y Vieira (2007) por otro lado señalan que en un 83% de los casos estudiados por ellos, la temperatura media de los parques fue más baja que los alrededores construidos, observándose las mayores diferencias en los días más calurosos, y disminuyendo este efecto enfriador a medida que aumenta la distancia a las áreas verdes.

El efecto que los parques generan en el clima urbano varía de acuerdo a las características de los parques que los ofertan, diferenciándose no sólo por la extensión de éstos (pequeños o grandes), sino que también por su forma (compactos o alargados), y por los usos de suelo colindantes (residencial de alta o baja densidad, industrial, comercial, entre otros). Por lo tanto, la presencia de un parque no garantiza siempre de manera significativa los beneficios genéricos descritos en la literatura (Chiesura, 2004)

Los parques ribereños son áreas verdes localizados en las zonas adyacentes a ríos y cursos de agua, lo que les confiere características espaciales, sociales y ecológicas muy bien definidas. Estos parques son de forma eminentemente elongada (como una franja), poseen alta humedad del suelo y diversidad ecológica, además de ser muy apreciados como paseos peatonales. (Rosales y Leal, 2003)

Como ya se mencionó, el río Mapocho es un elemento estructurante en el paisaje urbano de Santiago. Su disposición geográfica- atraviesa la ciudad prácticamente de oriente a poniente- permite observar diferencias a lo largo del gradiente geográfico y socioeconómico que le acompaña. En este sentido, se pretende evaluar como los parques ribereños colindantes al río Mapocho influyen sobre el clima local.

1.3 Área de estudio

La ciudad de Santiago- entendiendo ésta como el aglomerado urbano de las 32 comunas de la provincia de Santiago más las comunas de Puente Alto y San Bernardo,

también conocido como Gran Santiago- (Figura N°1) se encuentra en una cuenca semi-cerrada, rodeada por dos imponentes macizos, la Cordillera de los Andes al oriente con altitudes máximas que superan los 5000 metros y la Cordillera de la Costa al poniente. Es atravesada por uno de los cauces más importantes de la región, el río Mapocho. De hecho la fundación misma de la ciudad se debe a la percepción como barrera natural de este curso de agua (para protegerlo de los ataques indígenas y garantizar la producción de alimentos a sus habitantes), en particular por su relación con el Cerro Santa Lucía, considerados como sitio de protección militar.

Desde el punto de vista climático, Santiago presenta un clima templado con estación seca prolongada. El promedio anual de lluvias es 356,2 mm concentradas entre los meses de mayo y agosto y distribuidos en un promedio de 20 días al año. La temperatura promedio anual es 13,9°C, el mes más cálido es enero con un promedio de 22,1°C y el mes más frío es julio con 7,7°C. Estas características se deben principalmente a la influencia del Anticiclón del Pacífico presente durante todo el año.

El fenómeno Oscilación del Sur (ENOS) en su anomalía “El Niño”, se presenta en Chile cada cierta cantidad de años (intervalos variados entre 3 a 11 años) y para Santiago no representa variaciones térmicas significativas pero sí un aumento considerable en las precipitaciones, pudiendo llegar a los 800 mm anuales. Esto se debe a que ante la presencia de un evento “El Niño” el anticiclón subtropical del Pacífico se debilita frente a Chile, lo que facilita el ingreso de sistemas frontales desde el oeste del Pacífico, aumentando la frecuencia de bandas nubosas frontales y su intensificación, generando un mayor número de precipitaciones. Por el contrario frente a la presencia de un evento Niña, se genera una disminución en las temperaturas y precipitaciones producto

de la intensificación del anticiclón subtropical del Pacífico, la cual impide el paso de sistemas frontales desde el oeste, disminuyendo la frecuencia de bandas nubosas en la zona centro del país, generando una disminución en la pluviometría de hasta un 79%. En Santiago, con un evento “La Niña” las precipitaciones pueden llegar tan solo a los 100 mm anuales (Ihl *et al*, 2000)

En cuanto a las características demográficas de la capital se observa una marcada concentración de la población urbana. De acuerdo a resultados preliminares del último Censo, realizado el año 2012, un 30,047% de la población total del país vivía en Santiago, registrando 4.978.525 habitantes. Esta ciudad ha presentado un crecimiento poblacional explosivo. Para el año 1952 contaba con 1.412.537 habitantes y una tasa de crecimiento anual de 2,6% entre el mismo año y el 2002. Para el año 2005 concentraba alrededor del 40% de la población nacional según información entregada por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE). A pesar de que la tasa de crecimiento ha disminuido desde el año 1960, el Área Metropolitana de Santiago es una de las regiones más urbanizadas de América Latina.

De acuerdo a la clasificación socioeconómica entregada por Adimark (2004), la población se concentra mayoritariamente en el grupo D (34,5%) o clase media baja, seguido por los estratos C3 y C2 (clase media y media alta) con un 25,6% y 20,1% respectivamente. Por último se encuentran los grupos de extrema riqueza y pobreza ABC1 y E con 11,3% y 8,5% respectivamente (Adimark, 2004). Estos grupos sociales se localizan de una forma característica dentro de Santiago ubicándose mayoritariamente aquellos con mayores ingresos en el sector oriente y aquellos con menores ingresos en el poniente.

1.3.1 Río Mapocho

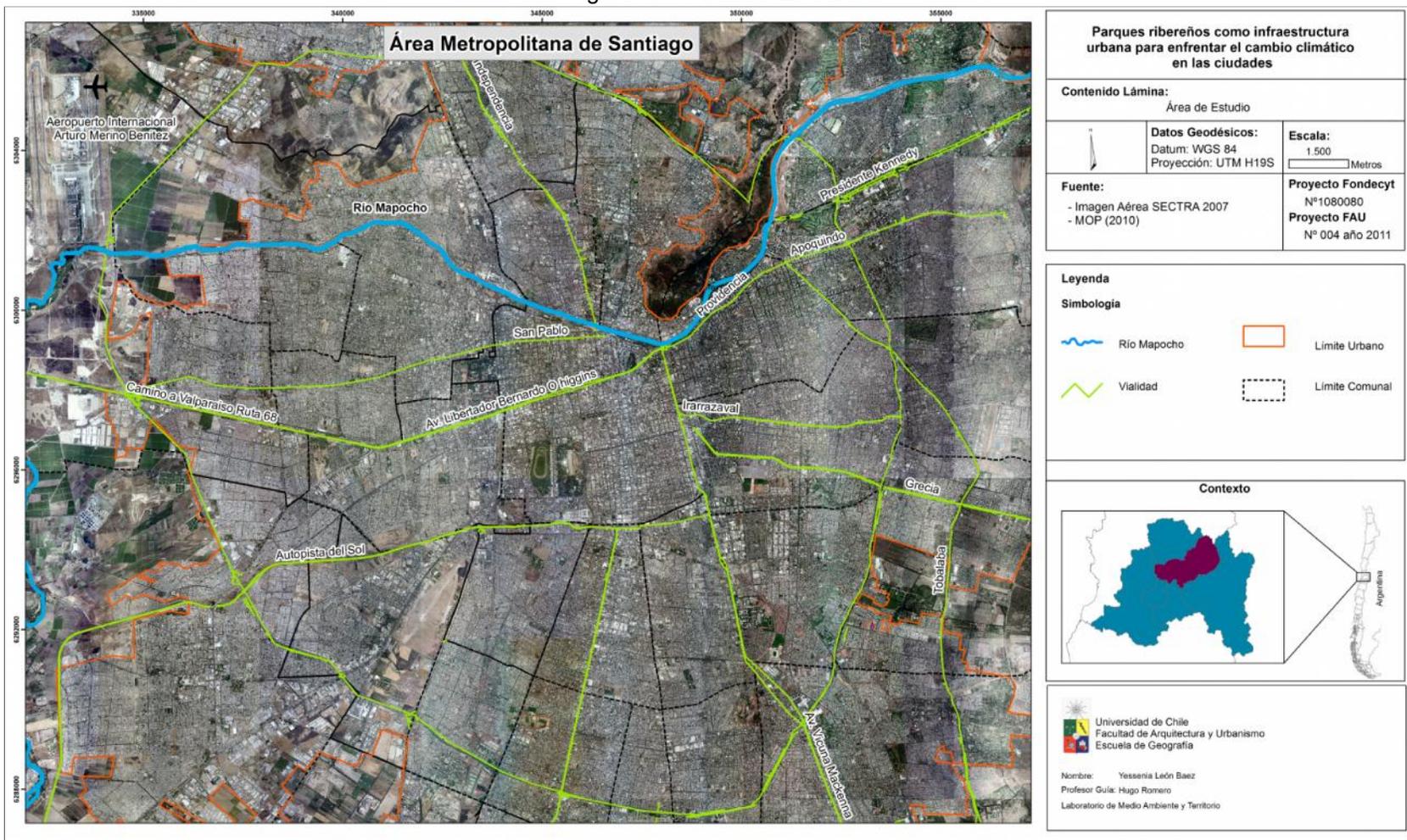
El río Mapocho del mapudungun Mapuchuco, "agua que penetra la tierra" (Figura N°1), presenta 97 km de largo y una cuenca de 4.230 km², bajando torrentosamente desde una altura por sobre los 5.000 m.s.n.m., y desemboca en el río Maipo a 252 msnm. A lo largo de 40 km, conecta 16 comunas y une el sector poniente de la ciudad al oriente (Katz *et al*, 2009). Estas características hacen que este curso natural de agua sea un eje estructurante de la ciudad de Santiago, en torno al cual esta ha ido creciendo. Siendo en un principio un límite natural frente a la expansión urbana, actualmente ha sido superado con infraestructura dividiendo a la ciudad en dos.

Desde su origen en la Cordillera de los Andes este curso de agua atraviesa un sistema de valles montañosos, angostos y encajados, los que reciben las aguas lluvias y de fusión nival que descienden por las empinadas pendientes de las laderas en forma de torrentes (Ferrando, 2006)

La polución, la fuerte intervención antrópica y la fragmentación del espacio que lo rodea constituyen tres grandes problemas que se pueden extraer de una primera aproximación al río (Katz *et al*, 2009). Situaciones asociadas a los riesgos de desbordes e inundaciones frecuentes y a una deficiente planificación urbana y ambiental en donde no se consideró su alto valor ecológico y paisajístico, fue lo que provocó la gran transformación de su lecho a fines del siglo XVIII y una paulatina incorporación al sistema de alcantarillado, recibiendo la totalidad de las aguas servidas de la ciudad, situación que ocasionó la desaparición de especies vegetales y animales que se desarrollaban en su entorno. Este abandono ha ocasionado que la población

tampoco sienta una mayor cercanía con el río, utilizándolo como un vertedero de escombros y desperdicios dentro y fuera de la ciudad, situación que ha agravado su contaminación. Este escenario adverso se ha mantenido por más de 100 años, sirviendo el lecho del río como alcantarillado, basural y espacio disponible para infraestructura vial y equipamiento.

Figura N° 1 Área de Estudio



1.3.2 Intervenciones y Planificación Urbana

Antes de la década de 1960 no existía el concepto intercomunal en términos legales ni se aplicaba en la toma de decisiones correspondientes a la planificación urbana del conjunto de municipios que constituyen la ciudad de Santiago. Recién en el año 1953 se logró el reconocimiento oficial del nivel intercomunal en la planificación urbano-regional y sólo en 1960 se aprobó el Primer Plan Intercomunal para Santiago, en donde surgió la necesidad de tratar al Río Mapocho y sus terrazas laterales como un corredor intercomunal urbano-rural, vial y recreacional, asignándole un total de 69 hectáreas de espacios de bienes nacionales de uso público.

El segundo Plan Intercomunal de Santiago se aprobó en 1994 bajo el nombre de “Plan Regulador Metropolitano de Santiago”, donde se confirmó al Mapocho como Parque Metropolitano, restringiendo el uso del cauce y sus fajas adyacentes a destinos como áreas verdes, recreacionales, deportivas, de esparcimiento y turismo al aire libre. Además se identificaron “Cursos de Agua Permanente de Mayor Jerarquía” que cumplen funciones diferentes, tales como actuar de corredores biológicos de fauna y ventilación, siendo reservada para ello una franja de 200 m de ancho adyacente y paralela a cada costado del cauce. Sin embargo, esta delimitación no rige en las zonas urbanas, donde la franja puede tener un ancho mínimo de 50 m, sobre los cuáles se permiten además de los usos anteriores destinar un 30% de su ancho para vialidad. En consecuencia, que las zonas verdes no sobrepasarías los 20 m de ancho, pudiendo ser reemplazadas por un paseo peatonal.

“Santiago más verde e integrado al año 2030” es lo que se plantea como objetivo la memoria explicativa del Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS 100), propuesta actual realizada por el Gobierno Regional, mediante una “planificación por condiciones” que busca que las externalidades negativas producidas por la expansión

urbana sean asumidas por aquellos actores que la generan, “reduciendo los costos sociales del crecimiento” (MINVU, 2008)

1.4 Objetivos

1.4.1. Objetivo General:

Reconocer a los parques ribereños del Mapocho como paisajes naturales únicos que deberían ser clasificados e incorporados en los planes de ordenamiento territorial como áreas de regulación de los climas urbanos, participando de las estrategias y decisiones urbanas de lucha contra el cambio climático.

1.4.2 Objetivos Específicos:

- Analizar el rol que cumplen los parques ribereños como reguladores de temperatura urbana.
- Realizar una caracterización ambiental del entorno en el cual se localizan los parques analizados y determinar los factores más influyentes en el comportamiento térmico de los parques ribereños.
- Reconocer la forma en que los parques ribereños y el propio cauce del Mapocho han sido considerados en los diversos instrumentos de planificación metropolitanos aplicados en la ciudad de Santiago.

1.5 Hipótesis

“Los parques ribereños aledaños al río Mapocho ejercen un efecto enfriador sobre las temperaturas locales, el cual está condicionado entre otras cosas por sus características propias, el entorno construido y el grado de intervención que presenta

el cauce. Este cauce ha sido relegado a un segundo plano por los instrumentos de planificación metropolitanos, siendo visto como un mero límite comunal, ignorando las funciones y servicios ambientales que dependen de su naturalidad”

CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ASUNTO

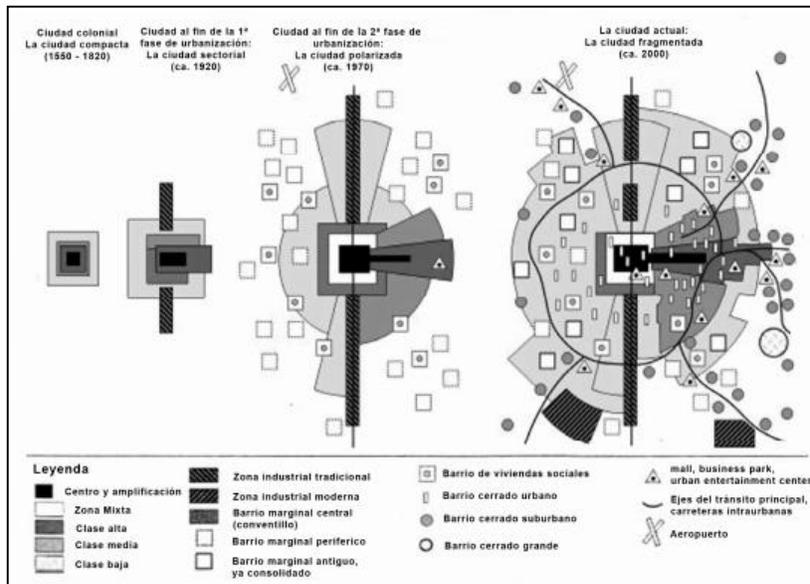
2.1 Clima y medio ambiente urbano

Las características urbanas actuales que presenta América Latina, se explican en función de la explosión demográfica sufrida a mediados del siglo XX y del modelo económico neoliberal adoptado por los gobiernos desde la década de los 80. Este último, como respuesta a las redes de globalización y a la imposición de la doctrina del libre mercado que consiste principalmente en el reconocimiento de que el suelo urbano no es un bien escaso, que sus valores dependen de la oferta y demanda del recurso y que el Estado debe restringir al mínimo su función regularizadora en la economía nacional (De Mattos, 2004). Esto ha implicado no sólo la privatización de empresas estatales, sino que además, que el Estado haya disminuido su rol controlador y planificador de los usos del territorio. Este nuevo sistema económico globalizado, ha repercutido en la estructura social y en la economía de la región, e incluso modificó la evolución de las ciudades (Krellenberg, *et al.* 2011), primando las decisiones adoptadas por el libre mercado.

Borsdorf (2003) estableció un modelo evolutivo para las ciudades latinoamericanas (Figura N°2) estableciendo cuatro etapas en el desarrollo de las urbes:

- Ciudad colonial asociada al modelo de ciudad compacta
- Ciudad sectorial relacionada con el fin de la primera fase de la industrialización
- Ciudad polarizada identificada con la segunda fase de urbanización
- Ciudad fragmentada, que corresponde al proceso actual que sufren las ciudades

Figura N° 2 Modelo de Desarrollo de la Ciudad Latinoamericana



Fuente: Borsdorf et al (2003).

De acuerdo a este modelo las ciudades latinoamericanas actuales se desarrollan en torno a un centro comercial-administrativo bien consolidado y definido, y una semiperiferia residencial. Además describe el fenómeno de ocupación residencial conocido como “barrios cerrados” localizados en la periferia de la ciudad de forma no continua, dando origen a una especie de islas urbanas que corresponden a conjuntos habitacionales principalmente del estrato socioeconómico alto (Janoshka, 2002), las cuales como señala el modelo se localizan frente a los principales ejes de conectividad con los centros de negocios.

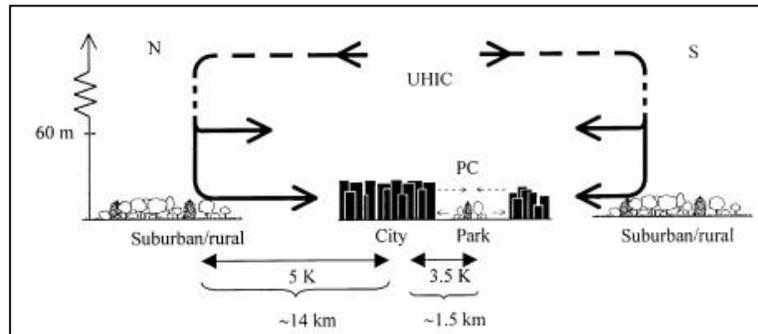
Los países de América Latina corresponden a los más urbanizados del mundo. Desde 1950 la región ha experimentado un crecimiento demográfico nunca antes visto en su historia. Según proyecciones de la ONU para el año 2030 se estima que la población alcance los 719 millones de habitantes, los cuales se concentrarían principalmente en las zonas urbanas, aumentando éstas en un 83.2%. La rapidez con

la que se llevan a cabo las expansiones urbanas, exige una gran inversión no sólo en infraestructura, sino que también en gestión que muchas veces los países en desarrollo no poseen.

Diversos autores señalan que el medioambiente urbano corresponde al espacio donde interactúan el medio físico natural, el entorno construido, la sociedad y los elementos biológicos (Pickett, *et al* 2001; Withford, 2001), mientras que otros autores le otorgan a esa definición el concepto de paisaje (Burel y Braudy, 2002). En este caso nos quedaremos con el concepto de medioambiente urbano, puesto que apela al conjunto de intervenciones que el hombre realiza sobre el medio natural y como éste contribuye a configurar la ciudad.

Cada componente urbano modifica la temperatura, humedad, presión atmosférica y flujos de aire al interior de la ciudad en distintas escalas. Los tipos de estructura urbana (TEU), que corresponden a diferentes usos de suelo, de una ciudad debiesen ayudar a diferenciar el clima urbano presente, especialmente las zonas con estrés climático, como islas de calor. La Figura N°3 muestra el modelo conceptual de isla de calor urbana, donde se aprecia la relación de la morfología urbana con el comportamiento de los diferentes flujos térmicos y de viento en la ciudad y el entorno rural. Para determinar estos tipos de estructura urbana se recurre a una serie de características particulares del medio construido, tales como uso de suelo, tipo de las construcciones (altura, materialidad), áreas verdes y zonas impermeables, entre otros. (Hofer, Banzhaf, y Romero 2009).

Figura N° 3 Modelo Conceptual de la Isla de Calor Urbana



Fuente: (Eliasson y Upmanis 2000)

Sin embargo, más allá de los modelos concéntricos que aseguran la presencia de una isla de calor en las zonas centrales de más alta densidad y una reducción paulatina de las temperaturas a medida que se aleja de ellas avanzando hacia la periferia, se aprecia en el caso latinoamericano y debido a la fragmentación de las ciudades, la presencia de un sistema de archipiélagos de calor y frío, que depende de las coberturas, usos y densidades de ocupación de los suelos a escala local (Molina, 2000)

En una escala global es posible identificar el constante proceso de aumento de las temperaturas, junto al de los eventos extremos como ondas de calor y frío, así como de desastres naturales relacionados con el cambio y variabilidad climáticas, tales como, inundaciones, avalanchas, sequías, entre otros. A mesoescala es posible establecer las diferencias que se observan entre las zonas urbanas y rurales, dentro de los denominados climas de los niveles límites (Oke, 1987), que abarcan desde la superficie del suelo hasta la altura que alcanza su influencia sobre la atmósfera. Y a una escala local, las edificaciones generan canopias climáticas (Oke, 1987), que corresponden a las distintas capas atmosféricas más cercanas al suelo cuyas características térmicas son producto de la geometría urbana y los usos y coberturas de los suelos. En el caso de Santiago esta diferenciación térmica tiene una clara

distribución espacial. En verano las zonas rurales son más cálidas que las zonas urbanas durante la mañana, sin embargo, al medio día en las zonas industriales se comienza a desarrollar una micro isla de calor urbano, consolidándose durante la noche en sectores industriales, aeropuertos, y zonas con alta densidad urbana (Hofer, *et al.* 2009).

Ihl *et al.* (1999) identificaron climatopos para Santiago, que corresponden a una síntesis de los patrones térmicos, húmedos y de ventilación, que se desarrollan sobre superficies libres y planas o bien sobre de superficies libres en pendientes, y climas de superficies construidas cada uno de ellos presenta variantes según las diferencias geomorfológicas y urbanas presentes.

Stewart y Oke (2009) proponen una clasificación de Zonas Climáticas Termiales (TCZ por su abreviatura en inglés) para una mayor comprensión de la isla de calor urbano basándose en estudios realizados entre los años 1950 y 1970. La clasificación reconoce cuatro categorías morfológicas en la ciudad: urbana, natural, mixta y agrícola, las que se dividen en sub-categorías considerando la superficie total impermeabilizada, el factor de visibilidad y la clasificación de rugosidad de Davenport, además de la emisión de calor antropogénico, lo que permite que la tipificación sea aplicada a una escala local y se adapte a otras zonas de estudio. Irrázabal (2011) y Romero, Salgado, y Smith (2010a) adaptaron la clasificación de Zonas Climáticas Termiales de Stewart y Oke (2009) para el Gran Santiago asimilando las distintas clases a los distintos tipos de urbanización, mediante fotointerpretación y visitas en terreno en algunos casos y relacionándolas con la Temperatura de Emisión Superficial. Romero *et al.* (2010) encontraron que los climas urbanos poseen una correlación directa con la composición social de los espacios urbanos, de tal forma que cada zona climática posee una estructura socioeconómica propia, “confirmando la

asociación espacial entre las variables sociales y naturales que caracterizan los climas urbanos". Situación que también se observa en Romero, Salgado, y Smith (2010) aunque las diferencias térmicas son menos pronunciadas.

2.2 Justicia ambiental y segregación social

Borsdorf (2007) señala que Santiago y otras ciudades de América Latina, han sufrido un nuevo proceso de reestructuración espacial y funcional dando origen a la ciudad fragmentada, que presente formas de segregación social y espacial que se caracterizan por una modificación en la escala a la cual debe ser analizada, reemplazando las anteriores divisiones de las comunas por espacios sociales contrastados de menor tamaño y cercanía.

Este proceso de segregación no responde únicamente a un de diferenciación y exclusión socioeconómica, sino que, también es considerado como segregación socio-ambiental, en la medida que la calidad y amenidades medioambientales se ubican preferentemente en las áreas de residencia de los grupos sociales de mayores ingresos, mientras que los sectores más pobres carecen de servicios y equipamientos ambientales (Vásquez y Romero; 2007). Lo anterior sucede a pesar de que son los sectores sociales más ricos los que generan una mayor degradación del medio ambiente contribuyendo a la contaminación del aire, agua y suelos en una forma más cuantiosa que el resto de los habitantes de la ciudad. Estos efectos negativos sobre el medio ambiente, que, sin embargo, no son pagados por quienes los producen, corresponden a externalidades ambientales. Estas externalidades negativas son

trasladadas hacia la población con menores recursos y que registran mayores índices de vulnerabilidad, así como un menor acceso a los servicios básicos (Vásquez, 2007)

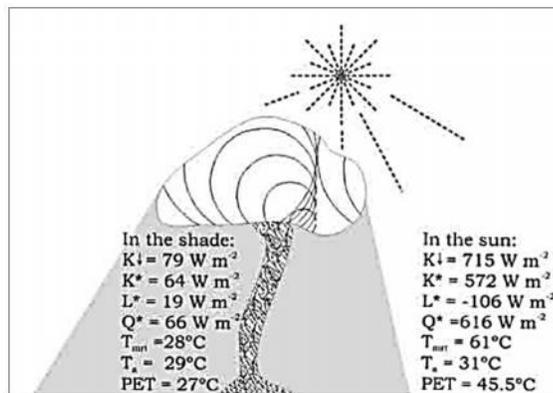
En el caso de Santiago, la densidad urbana es menor y la calidad del medio ambiente es mejor en la parte oriental de la ciudad, donde vive la población de mayores ingresos. Las áreas verdes son abundantes, lo que se traduce en temperaturas más bajas, mayor humedad y vientos, observándose la situación opuesta al centro y poniente de la ciudad, donde las clases medias y de menores ingresos presentan un menor número y superficie de áreas verdes y mayor densidad habitacional, repercutiendo en las características de su clima urbano (Romero *et al*, 2007). Es posible encontrar una diferencia de hasta 2°C entre las temperaturas de aquellos sectores que presentan un alto grado de urbanización versus aquellos con baja urbanización, lo cual es una consecuencia de que los primeros registran bajos porcentajes de cobertura vegetal y una mayor tasa de impermeabilización de los suelos lo que, como se ha indicado, se relaciona espacialmente con las variaciones socioeconómicas de la población urbana (Hofer, Banzhaf, y Romero 2009). Esto genera, dos tipos de zonas con características completamente opuestas; las Áreas Sensitivas Ambientales (ASA) que corresponden a zonas que concentran las cubiertas vegetales de mayor superficie, diversidad y complejidad y las Áreas Críticas Ambientales (ACA) que presenta un deterioro en sus estructuras y funciones producto del deterioro ambiental al cual se han visto expuestas. Esto es prueba de una clara ausencia de justicia ambiental.

2.3 Infraestructura verde, vegetación urbana y su efecto en el clima urbano.

Diversos autores han señalado los beneficios ambientales que reporta la vegetación al interior de una ciudad. Honjo *et al* (2003) y Eliasson (1999) destacaron el rol que ejerce ésta y el grado de impermeabilización del suelo en la distribución espacial de las temperaturas lo que permite establecer diferencias a micro escala en zonas urbanas que presentan una densidad, cobertura y uso de suelo similares.

Sham (1987, 1991) indicó que grupos relativamente pequeños de árboles en zonas comerciales son más efectivos en la reducción de la temperatura por la tarde que grandes extensiones de hierba con árboles aislados, lo que se podría explicar por el efecto aislante que tienen los árboles frente a la radiación solar (Andrade, 2007), disminuyéndola en un 10% (Figura N°4) en comparación con lugares abiertos (Georgi y Zafiriadis, 2006). Lo anterior repercute directamente en el microclima, puesto que según Andrade, (2007) la exposición a la radiación solar es uno de los factores que más afecta el microclima urbano.

Figura N° 4 Promedios de radiación y temperatura medidas a la sombra de árboles y bajo el sol



Fuente: Andrade (2007)

Donde:

K es Radiación solar directa.

K* es Balance de Radiación solar.

L* es Balance de radiación de onda larga.

Q* es Balance de Radiación

Ta es Temperatura del Aire.

PET es Temperatura Fisiológica Equivalente.

Molina *et al* (2009) señalan que para el caso específico de la ciudad de Santiago es posible encontrar diferencias de hasta 4°C entre sectores urbanizados que presentan vegetación y aquellos altamente edificados pero sin la presencia de ésta.

Los parques urbanos y en particular los parques localizados en zonas ribereñas han sido destacados por diversos autores como proveedores de servicios ambientales a la sociedad, tanto en términos sociales, climatológicos, como de flora y fauna. La funcionalidad social alude a la contribución que hace este tipo de infraestructura urbana al bienestar de los ciudadanos (Chiesura, 2004).

La infraestructura verde ha surgido como una alternativa a la conservación del medio ambiente en un entorno urbano, puesto que provee una serie de servicios ecológicos reconocidos en la literatura, tales como regular las temperaturas, actuar como generadoras y corredores de viento, proveer de flora y fauna, absorber contaminantes presentes en el aire, servir de rutas de transporte alternativas, proporcionar espacio para la recreación y en el caso de aquellas ubicadas en zonas ribereñas actúa como buffers de protección ante posibles inundaciones. Romero *et al*, (2010); Ribeiro y Barao, (2006); Díaz y Armesto (2003); López (2008) señalaron la importancia que

presentan los espacios verdes urbanos de Santiago en proporcionar hábitat a distintas especies animales

Dentro del rol como reguladores climáticos que estas zonas presentan, Upmanis y Chen (1999) señalan que los parques ubicados al interior de la ciudad desarrollan su propio clima frío in situ, marcando una clara diferencia con las temperaturas del entorno urbano. Upmanis y Chen (1999) observaron que en las zonas urbanas que presentan infraestructura verde en su interior, cuando el viento proviene del área construida su temperatura es cada vez mayor y en el borde del parque disminuye rápidamente. Por el contrario, cuando el viento proviene del parque la temperatura es más baja producto de la advección de aire frío que regula la vegetación a través de una reducción de calor por sus sombras y consumo del mismo en el proceso de evapotranspiración (Oke, 1998)

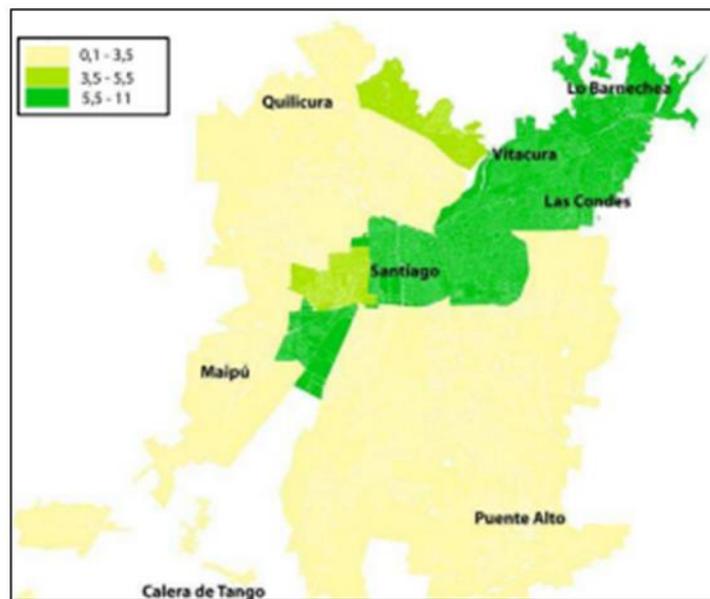
Si bien son diversos los autores que señalan los beneficios de la infraestructura verde Andrade (2007) señala que sus efectos sobre el clima urbano y la calidad de vida de la población están en estrecha relación con el grado de complejidad que presentan, los cuales en una escala climática, entre otras cosas, dependen de la cantidad de superficie que cubren, de su forma, del grado de diferenciación vegetal y de las características locales del entorno urbano.

Las áreas verdes han sido planteadas como un mecanismo de relación entre la ciudad y la naturaleza, puesto que son creadas de acuerdo a la malla urbana pero con elementos naturales (Vélez, 2009).

La infraestructura verde de las ciudades, tales como parques o jardines, ya no es vista solamente como elemento ornamental en la ciudad, si no que ha pasado a ser

considerada por sus “funciones y valores ambientales” (Vélez, 2009). Sin embargo, no ha logrado materializarse a plenitud ni de manera igualitaria dentro del Gran Santiago, aunque ha sido destacada en los diversos instrumentos de planificación intercomunal aplicados desde la década del 60. En la actualidad, de acuerdo a la información proporcionada por el MINVU (2008) se concentra hacia el sector centro y oriente de la ciudad, en desmedro de aquellas comunas con menores recursos y mayor densidad poblacional; lo que provoca que gran parte de la población no se vea beneficiada por los servicios ambientales que presta (Figura N°5)

Figura N° 5 Índice Áreas Verdes/Háb. Comunas Gran Santiago



Fuente: Memoria Explicativa PRMS 100, (MINVU, 2008)

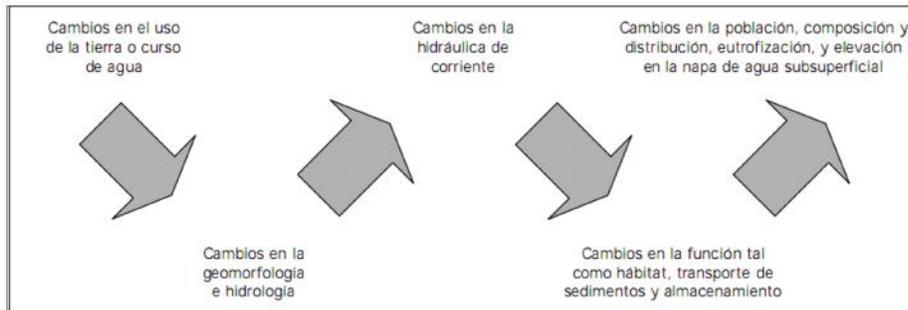
2.4 Corredores fluviales intraurbanos y áreas ribereñas.

Las áreas ribereñas corresponden a ecotonos de interacción entre el sistema acuático y terrestre. Esta características repercute en la generación de rasgos ambientales físicos específicos y en la presencia de animales y especies vegetales únicas que sólo son capaces de desarrollarse en este tipo de medio (Brooks 2003). Incluso los cauces

que se consideran la mayor parte del tiempo como secos en zonas semiáridas proveen ecosistemas únicos (CEPAL, 1999). Esto las convierte en zonas extremadamente complejas de analizar debido a su alto valor ecológico y gran variación geomorfológica, hidrológica y climatológica.

Los cursos de agua evolucionan de acuerdo al entorno que los rodea. Los cambios en sus zonas aledañas, tales como, alteración de la superficie de las cuencas de captación, modificaciones en el cauce, canalizaciones, ocupación de zonas inundables, generan impactos sobre sus procesos físicos, químicos y biológicos, alterando el equilibrio dinámico del ecosistema (CEPAL, 1999). Los ríos y arroyos corresponden a los ecosistemas más intervenidos por el hombre (Naiman y Turner, 2000; Thibault, 1997). Estas alteraciones deterioran la calidad del agua y aumentan las inundaciones, además tienen el potencial de dañar la habilidad que presentan estas zonas para desempeñar diversas funciones ecológicas. En la Figura N°6 se observa como un evento antrópico sobre el curso de agua puede generar una serie de alteraciones en su geomorfología e hidrología, las cuales provocan impactos negativos sobre la naturalidad del sistema repercutiendo sobre la flora y fauna y la calidad de las aguas. Repercutiendo en los servicios ambientales que este tipo de ecosistemas prestan a su entorno.

Figura N° 6 Cadena de eventos debido a alteraciones en la estructura y funciones del curso de agua



Fuente: EE.UU./Federal Interagency Stream Restoration Working Group (1998). Extraído de CEPAL (1999)

La ocupación desordenada se lleva a cabo mayoritariamente en zonas marginales, pero también se realiza con permisos legales de construcción para instalar costosos proyectos urbanísticos.

Los corredores fluviales intraurbanos son capaces de proveer distintos servicios medioambientales y ecológicos a la población. Ferrando (2010) identifica las siguientes funciones que puede prestar a la población:

- Zona de seguridad frente a eventos hidrológicos extremos.
- Cumplir funciones de corredor biológico.
- Servir como parque recreacional y deportivo.
- Constituir una franja de aireación urbana.
- Regular el clima urbano.
- Mejorar el paisaje urbano.
- Cumplir funciones culturales y sociales.
- Mejorar la calidad de vida de los habitantes.

- Proveer hábitat para fauna íctina

Dentro de las funciones y servicios ambientales que este tipo de ecosistema presentan, para esta investigación concierne el rol que cumplen como reguladores climáticos (Thibault,1997). Diversos autores destacan el efecto enfriador que los cuerpos de agua tienen en la temperatura urbana y los factores que intervienen en ello. LeBlanc, Brown, y FitzGibbon (1997) elaboraron un modelo para predecir el impacto del cambio de uso de suelo en la temperatura de cursos de agua urbanos considerando las ganancias y pérdidas de energía que estos pudiesen tener por radiación, convección, conducción, evaporación y advección; concluyendo que de las catorce variables analizadas sólo tres tienen un efecto realmente significativo: sombra/transmisividad de la vegetación ripariana, descarga de aguas subterráneas y anchura del cauce, de las cuales la vegetación ripariana tienen una mayor influencia. Indicaron que si ésta es removida la temperatura del cauce puede aumentar hasta en 2°C, debido a que absorbe la radiación de onda corta durante el día y emite radiación de onda larga durante la noche y además proporciona sombra al cauce, efecto que depende de la composición y extensión de la vegetación presente. Pluhowski (1970) encontró para un estudio realizado en Long Island, Nueva York que la modificación del medio hidrológico debido a la urbanización aumenta el promedio de la temperatura en verano entre 5 y 8°C sobre los ríos urbanos, situación que concuerda con lo analizado por Martin *et al* (2012) sobre el efecto que tiene la densidad urbana en las temperaturas de los ecosistemas de ribera. Dividieron las densidades en alta, media y baja observando que las primeras eran las que presentaban mayores temperaturas llegando a tener incluso en la mitad de los días analizados en un periodo de dos años 1°C más que aquellas zonas de baja densidad. Sugieren además que la densidad urbana explica en un 70% el comportamiento térmico diurno.

Sarricolea (2008) indica que para la ciudad de Santiago los corredores fluviales poseen un rol menos relevante en comparación a otros factores, como la vegetación, indicando que la temperatura aumenta en 0,6°C a 500 metros de distancia a ellos. Esta situación se explica debido a la baja calidad ambiental de su entorno, destacando que para potenciar su función de regulador térmico es necesario fomentar el diseño de riberas parques a lo largo de los cauces, sobre todo en las áreas más cálidas de la ciudad.

Los servicios ambientales que los corredores fluviales intraurbanos presten a la población se encuentran en estrecha relación con su calidad ambiental y su entorno, siendo además uno de los ecosistemas más intervenidos por el hombre (Allan, 2004). Por esta razón en la actualidad existen numerosas metodologías que permiten evaluar la calidad de las riberas (Munné *et al.* 1998, 2003; Del Tánago, De Jalón, y DIRECTIVE, 2006), siendo la más utilizada y difundida la planteada por Munné *et al.* (1998, 2003) debido a que permite reconocer de manera visual su estado actual, considerando distintos aspectos referentes a la vegetación ribereña, tales como morfología de la ribera y grado de intervención de ésta, que han sido utilizados en diversos ríos del mundo, permitiendo de esta forma reconocer como la expansión urbana y el aumento de la población ha afectado estos aspectos.

2.5 Cambio climático

El cambio climático es reconocido como uno de los problemas ambientales actuales que mayor alcance ha presentado, puesto que es un fenómeno que se manifiesta a nivel global y debido a su complejidad es uno de los conflictos que mayores desafíos presenta a la sociedad actual.

El último informe científico del Panel de Expertos sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas (IPCC) señala que de los 12 últimos años, 11 figuran entre los más cálidos de acuerdo a los registros instrumentales de la temperatura superficial mundial desde 1850. En el caso de América Latina este aumento sostenido de la temperatura provocaría una sustitución gradual de los bosques tropicales por sabanas, además que la vegetación semiárida sería remplazada por vegetación de tierras áridas. Esta situación provocaría importantes pérdidas en la diversidad biológica de la región. (CONAMA, 2008)

El cuarto informe del IPCC (2007) afirmaba con 90% de certeza que el calentamiento de la atmósfera terrestre observado en el último siglo tiene un origen antrópico. Frente a este escenario, y en concordancia con lo establecido por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto del cual Chile es parte, la CONAMA ha elaborado el Plan Nacional de Cambio Climático 2008-2012 donde se declara que *“Chile es firme en su intención de articular una respuesta temprana tanto a la adaptación de nuestro país a los efectos que se derivan del cambio climático, como en participar constructivamente en su solución”*. En este informe se destaca la necesidad de definir e implementar lo **antes posible** programas de adaptación a estos cambios y medidas de mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), debido a que Chile presenta 7 de las 9 características de vulnerabilidad declaradas por la Convención, enumeradas a continuación:

- ✓ Países insulares pequeños;
- ✓ Países con zonas costeras bajas;
- ✓ Países con zonas áridas y semiáridas, zonas con cobertura forestal y zonas expuesta al deterioro forestal;

- ✓ Países con zonas propensas a los desastres naturales;
- ✓ Países con zonas expuestas a la sequía y la desertificación;
- ✓ Países con zonas de alta contaminación atmosférica urbana;
- ✓ Países con zonas de ecosistemas frágiles, incluidos los ecosistemas montañosos;
- ✗ Países cuyas economías dependen en gran medida de los ingresos generados por la producción, el procesamiento y la exportación de combustibles fósiles y productos asociados de energía intensiva, o de su consumo;
- ✗ Países sin litoral y los países de tránsito.

Las medidas adoptadas en este Plan apuntan principalmente a reducir las emisiones de GEI en función del impacto que pudiesen generar en la economía nacional, específicamente en las actividades económicas como la agricultura y la minería. Pero no se señala en ningún punto las consecuencias que este aumento de las temperaturas pudiesen generar en las zonas urbanas del país, principalmente en la calidad de vida de las personas y medidas de mitigación que se pudiesen adoptar.

El Informe mundial sobre asentamiento humanos 2011 (ONU Habitat, 2011), señala que el cambio climático continúa siendo impulsado por dos factores de origen antrópicos: el efecto de los gases de efecto invernadero (GEI) y la urbanización, siendo esta última uno de los principales causantes de la producción de estos gases, puesto que a pesar de ocupar un 2% de la superficie terrestre producen un 75% del total de las emisiones de CO₂ en el mundo. Situación que adquiere especial relevancia si se toman en cuenta el constante proceso de expansión que sufren las ciudades actualmente

CAPITULO 3: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Selección de parques

Se seleccionaron tres parques ribereños y públicos del río Mapocho con objeto de disminuir la escala de análisis a una más local, y que permita además comparar la situación que se observa a lo largo del cauce considerando las diferencias térmicas que se dan producto – dentro de otros factores - de las características de su entorno, tales como nivel de urbanización, estado de la ribera y de las cualidades propias de las áreas verdes analizadas, reflejo de la toma de decisiones a cargo de los distintos organismos públicos correspondientes en cada comuna.

Para esto se consideraron las siguientes variables:

- Temperatura a lo largo del cauce del río que lo limita
- Estructura Socioeconómica de los habitantes del área de localización
- Zonas Climáticas Termales en las cuales se encuentra inserto.

Se seleccionó un parque localizado en las zonas oriente, centro y poniente.

3.1.1 Patrones de temperatura

Las configuraciones urbanas influyen en la generación de islas de calor, repercutiendo de esta forma en las condiciones térmicas percibidas por la población urbana. Esto implica que la sensación térmica para cada sector de la ciudad sea diferente, dependiendo del su grado de urbanización, es decir, densidad urbana, características de las edificaciones, presencia y/o ausencia de áreas verdes, entre otros. El análisis de la sensación térmica ha tomado importancia debido a que bajo condiciones

extremas podría repercutir negativamente sobre la salud y actividad de las personas (García, *et al* 2002).

Para determinar las características térmicas se realizaron 14 transectos con estaciones móviles Davis Weather Monitor II, a lo largo de tramos del río Mapocho en la zona perteneciente al Gran Santiago, considerando la necesidad de cubrirlos en la menor cantidad de tiempo posible, manteniendo una equidistancia e intentando representar todas las características de coberturas y usos de suelo presentes en la zona de estudio.

Las mediciones se realizaron en días seleccionados de verano dentro de la zona ripariana, entendiendo ésta según lo expuesto por diversos autores como una franja de territorio que se extiende hasta una distancia de 200 metros desde el eje hidráulico (Tibahult, 1997). Para las mediciones se registraron cinco puntos, donde el punto central se localizó sobre el cauce y los restantes a 100 y 200 metros en ambas direcciones (Tibahult, 1997), con el fin de medir temperatura, humedad, dirección y velocidad del viento. Dichas mediciones se realizaron a la sombra y a una altura de 1.5 metros en tres periodos del día: amanecer, medio día y anochecer. La distribución de las transectas se muestra en la Figura N°7.

3.1.2 Estructura Socioeconómica al interior de Santiago

Para identificar las características socioeconómicas presentes en el Área Metropolitana de Santiago se realizó una revisión bibliográfica de diversos autores que describen el área de estudio no sólo desde un punto de vista económico, sino que consideran factores como el índice de Desarrollo Humano (De Mattos, 2004), el grado

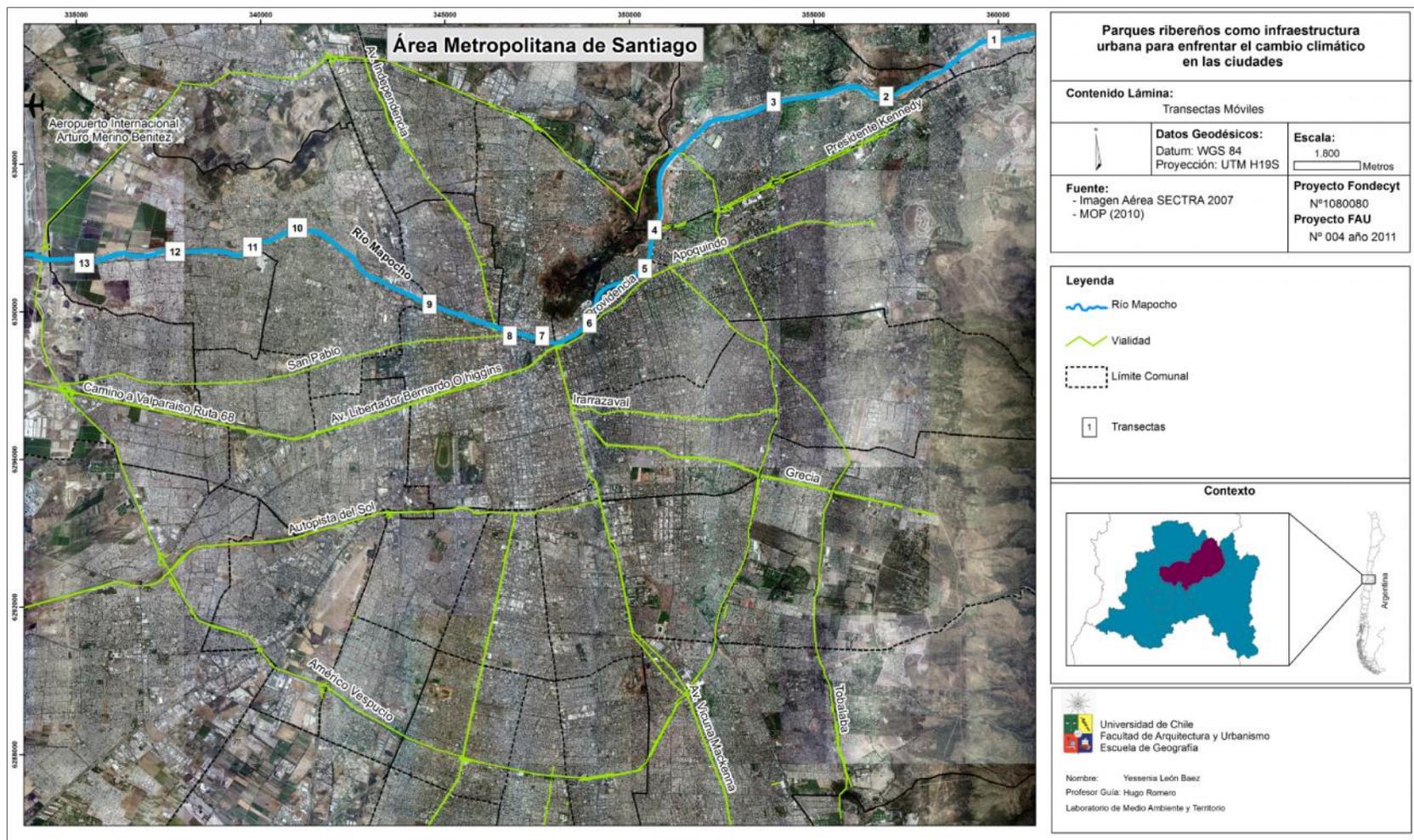
de cobertura vegetal (Romero et al, 2010) identificando desde un punto de vista espacial claras diferencias entre los sectores oriente, centro y poniente de la ciudad. Esto permitió discriminar entre aquellas comunas que presentan no solamente un mayor ingreso socioeconómico, sino que además, aquellas que presentan mejores condiciones ambientales y compararlas con las más desfavorecidas.

3.1.3 Zonas Climáticas Termales

Oke (2004) sostiene que es de vital importancia conocer la morfología urbana para comprender como funciona el clima urbano de una ciudad, puesto que modifica las dinámicas atmosféricas. El comportamiento térmico de los parques y su influencia no sólo depende de variables como el porcentaje de cubierta vegetal o el grado de intervención de la ribera, sino que, además de las características de su entorno construido, ya que al modificar los patrones de viento modifican la temperatura del área verde (Upmanis y Chen, 1999). Las Zonas Climáticas Termales logran sintetizar las tipologías del medio urbano considerando factores como altura de edificación, densidad urbana, vegetación, entre otros, lo que permite clasificar las áreas en zonas homogéneas que facilitan su estudio. Para esto se utilizaron las Zonas Climáticas Termales para la ciudad de Santiago identificadas por Irrarrázabal (2011) y Fuentes *et al.* (2011), las cuales corresponden a una adaptación de las definidas por Oke (2004).

Tomando en cuenta las variables anteriores, temperatura, estructura socioeconómica y zonas climáticas termales, se determinaron las condiciones más características de la zona (oriente, centro y poniente) y se consideró a la temperatura como factor determinante al momento de escoger las áreas verdes a analizar.

Figura N° 7 Transectas realizadas a lo largo del río Mapocho



3.2 Análisis del rol de los parques urbanos ribereños como reguladores climáticos

Una vez seleccionados los parques se recurrió a Registradores de Temperatura HOBO, los cuales corresponden a estaciones fijas de monitoreo. Estos se instalaron en los tres parques seleccionados realizando mediciones periódicas de temperatura en intervalos de una hora, obteniendo información de las estaciones de verano e invierno.

3.2.1 Pre-procesamiento datos termales

Con el fin de determinar si las condiciones sinópticas del periodo de medición corresponden a condiciones normales para la ubicación geográfica en que se localiza Santiago se recurrió a descripciones diarias y mensuales del Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile e imágenes satelitales meteorológicas en infrarrojo proporcionadas por el Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA).

Cada uno de los datos proporcionados por las estaciones de monitoreo se evaluará mediante tres tipos de consistencia:

- a) Consistencia con la serie: Que la serie corresponda a un ciclo típico de temperatura, acorde con la estación en que se mide y que no se presenten valores escapados

- b) Consistencia con otras series: Ambas series deben presentar tendencias parecidas, es decir, aquellos datos obtenidos por los Registradores de Temperatura HOBO y otra estación cercana ubicada en otro punto de la ciudad correspondiente a Registradores de Temperatura LogTag y a

mediciones de temperatura proporcionadas por el Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA).

- c) Consistencia física: Los horarios de las temperaturas mínimas y máximas deben corresponder a los patrones de la latitud estudiada.

3.2.2. Procesamiento datos termales

Con el objeto de obtener el comportamiento térmico que se produce ante la presencia de un parque ribereño se analizaron las temperaturas promedio, mínimas y máximas tanto diarias como mensuales para cada punto analizado.

Para obtener una visión de lo que ocurre a lo largo de los transectos se realizó una representación gráfica de las estaciones fijas y móviles, que permita comparar el comportamiento térmico en los parques analizados, de tal forma que muestre la distancia al parque, usos de suelo donde se localiza el punto de medición, temperatura promedio, varianza y valores extremos respectivos.

Además se recurrió a datos de estaciones de monitoreo fijas instaladas en otros puntos de las comunas en cuestión, para realizar el mismo análisis llevado a cabo en los transectos con el fin de compararlos

El análisis se organizó de la siguiente forma:

- Análisis estadístico: El primer paso fue determinar la normalidad de los datos termales obtenidos por las estaciones de monitoreo. Se calculó el Test de Komolgorov-Smirnov (K-S) en el *software* SPSS ya que permite contrastar la hipótesis

nula de que la distribución de una variable se ajusta a una distribución teórica, siendo utilizada principalmente para evaluar el ajuste de variables cuantitativas. Una vez realizado este paso se distribuyó el análisis de la siguiente forma.

- a) **Análisis al interior de los transectos:** Los datos corresponden a datos no paramétricos puesto que presentan una distribución anormal (*Test de Komolgorov-Smirov*), y por lo tanto se recurrió al *Test de Kruskall – Wallis*, con el fin de identificar si existen diferencias estadísticamente significativas al interior de los transectos que pudiese ser explicada posteriormente por la distancia a la ribera o los diferentes usos de suelo presentes en el sector, cuya fórmula se presenta en la Figura N°8:

Figura N° 8 Test de Kruskall - Wallis

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(n+1)$$

Lara, A. (2000)

Este Test permite comparar más de dos variables independientes, no requiere de supuesto de normalidad y homocedasticidad y permite trabajar con datos ordinales. Siendo la hipótesis nula que no existen diferencias entre las medianas de las poblaciones y la hipótesis alternativa que al menos una de las poblaciones posee mediana distinta a las otras. El nivel de significancia es de 0,05 (ya que el nivel de confianza por defecto del SPSS es del 95%), por lo tanto si el valor de “p” es inferior a 0,05 se rechaza la hipótesis nula.

- b) **Comparación entre puntos homólogos de parques diferentes:** Se utilizó la misma metodología descrita en el punto a).

- c) **Comparación entre transectos y el resto de la comuna:** Para determinar en qué medida los parques ribereños influyen en la temperatura urbana, se comparó la temperatura de los transectos con la temperatura proporcionada por estaciones fijas de monitoreo cercanas al lugar pero retiradas del área de influencia. Para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas se utilizó el *Test de Mann – Whitney* que permite comparar dos poblaciones usando muestras independientes donde no se cumple el supuesto de normalidad. En este caso la hipótesis nula es que la mediana de ambas poblaciones son iguales y la hipótesis alternativa es que la mediana de una de las muestras es mayor (o menor) que la de la población con la cual se le está comparando. Cuando el valor de “*p*” es inferior a 0,05 (nivel de significancia) se rechaza la hipótesis nula.

3.3 Identificación de aquellos elementos del clima urbano que poseen incidencia en el comportamiento térmico de los parques ribereños.

Se realizó una revisión bibliográfica para determinar aquellos factores que han sido indicados por diversos autores como elementos de relevancia en el comportamiento térmico de la ciudad, de los parques urbanos y el rol que estos ejercen sobre la ciudad como enfriadores, destacando los que se mencionan en la tabla N° 1.

Tabla N° 1 Variables que influyen en el comportamiento térmico de un parque ribereño

PARÁMETRO	AUTOR
Entorno Construido	Matzarakis y Meyer (1999) Withford <i>et al</i> (2001)
Distancia al Cauce	Sarricolea (2008), Molina (2007)
Grado de intervención del cauce	Platt, R. (1994)
Ancho del Cauce	Le Blanc <i>et al</i> (1997)
Vegetación	Georgi y Zafiriadis (2006)
Altitud	Smith (2012) Upmanis y Chen (1999)
Presencia de Cuerpos de Agua	Delgado (2001)
Tamaño del área verde	Delgado (2001)

Fuente: Elaboración Propia

- a) *Entorno construido*: Cada componente de la estructura urbana modifica las características térmicas y climáticas de la ciudad en distintas escalas (temperatura, presión atmosférica y flujos de aire), (Hofer *et al*, 2009). Para determinar la estructura urbana de las zonas que rodean los parques analizados, se recurrió a la adaptación de las Zonas Climáticas Termales realizadas por Irarrázaval (2011) y Fuentes *et al*. (2011), las cuales fueron determinadas mediante fotointerpretación de imágenes *Quickbird* del año 2009.
- b) *Distancia al cauce*: Sarricolea (2008,) indicó que un aumento de 500 metros en la distancia a los cauces aumenta la temperatura en 0,6°C. Las estaciones fueron instaladas a 100 y 200 metros del río en ambas direcciones, con el objeto de observar si existen diferencias en este aspecto.
- c) *Grado de intervención del cauce*: Pluhowski (1970) encontró que la modificación del medio hidrológico debido a la urbanización aumenta el promedio la temperatura en verano entre 5 y 8°C. Le Blanc (1996) modeló los efectos que tiene el cambio de uso de suelo en la temperatura de los cursos hídricos y

- concluyó que en los casos estudiados la remoción de la vegetación de ribera aumentó en 2°C la temperatura del canal. Actualmente el índice más utilizado para determinar el grado de intervención que presenta un cauce, analizando la calidad del bosque de ribera es el propuesto por Munné *et al* (1998), ya que considera variables como la morfología del cauce, vegetación ripariana, grado de naturalidad y presencia de elementos antrópicos, resultando un índice que va de 0 a 100, donde 0 corresponde a degradación extrema y 100 a que no existe alteración por parte del hombre. Una de sus ventajas es que permite cartografiar los resultados de forma puntual. La ficha aplicada se encuentra en el anexo N°1.
- d) *Ancho del cauce*: Le Blanc *et al* (1997) demostró que el ancho del cauce corresponde a una de las tres variables más influyentes sobre la temperatura de la corriente y del entorno del río. Para determinar el ancho del cauce en cada uno de los parques se utilizaron imágenes del *Software Google Earth* el cual permite medir de forma directa este elemento.
- e) *Vegetación*: Las áreas verdes urbanas son, en el caso de Chile, creadas principalmente con un fin recreativo y paisajístico más que ambiental. Por lo tanto, presentan coberturas de suelo muy variadas. Diversos autores consideran la vegetación como un factor determinante al momento de analizar el clima urbano de las ciudades (Sarricolea, 2008; Delgado, 2001, Romero *et al*, 2010). Por esta razón es fundamental determinar el porcentaje del parque que presenta vegetación. Para eso se fotointerpretó el mosaico aéreo del SECTRA año 2007, ya que tiene una resolución espacial de 0,2 metros utilizando el SIG *ArGis 10*, trabajo que fue complementado en terreno. Se clasificó la totalidad de las coberturas vegetales presentes en los parques, en arbustivas, herbáceas y arbóreas. Si bien cada tipo de vegetación ejerce un efecto enfriador distinto sobre

- la temperatura urbana, el objetivo de esta investigación no es identificar dichas diferencias, sino que evaluar si estos parques, vistos como un todo, sirven como infraestructura urbana para enfrentar el cambio climático. Se dividió la cobertura vegetal presente en los parques, en arbustivas, herbáceas y arbóreas.
- f) *Altitud*: Upmanis y Chen (1999) identificaron dentro de los factores geográficos que intervienen en la temperatura, la altura sobre el nivel del mar como uno de los elementos influyentes. Para el caso de Santiago, Smith (2012) sostiene que existe una relación entre la isla de calor urbana y la altitud, la cual no se aprecia durante la noche. Este factor fue medido con GPS para cada una de las estaciones de medición utilizadas.
- g) *Presencia de cuerpos de agua*: Debido a la capacidad que tiene el agua para absorber y liberar energía calórica, se tomó este factor, considerando su presencia y extensión al interior del parque. Para ello se fotointerpretó el mosaico aéreo del SECTRA del año 2007 utilizando el SIG *ArcGis 10*,
- h) *Tamaño del área verde*: Para determinar la extensión del área verde se fotointerpretó el mosaico aéreo del SECTRA año 2007 utilizando el SIG *ArcGis 10*, trabajo que fue complementado con la información de los Planos Reguladores Comunes respectivos.

3.4 Análisis de correlación entre las variables seleccionadas y la temperatura observada.

Previo al análisis de correlación mediante el test de *Komologorov-Smirnov*, se determinó la ausencia de normalidad de los datos. Por esta razón, para determinar cómo influyen entorno construido, distancia al cauce, vegetación, altitud, ancho del cauce, tamaño del área verde y presencia de cuerpos de agua sobre la temperatura de cada uno de los parques y con el objeto de explicar las diferencias que se dan entre ellos se calculó el *Coefficiente de Correlación de Spearman (R)* en el programa *SPSS 17*. Este coeficiente permite evaluar si existe relación lineal entre dos variables independientes que presentan una distribución no normal.

Los posibles resultados para R son

- $R = 1 \rightarrow$ Correlación positiva perfecta entre X e Y
- $R = -1 \rightarrow$ Correlación inversa perfecta entre X e Y
- $R = 0 \rightarrow$ No existe correlación lineal, pudiendo existir otro tipo de relación entre ambas variables.
- R entre 0 y -1 \rightarrow Correlación negativa.
- R entre 0 y 1 \rightarrow Correlación positiva.

3.5 Análisis instrumentos de planificación metropolitanos

Se realizó una revisión de los siguientes instrumentos de planificación aplicados a nivel metropolitano en Santiago, considerando la forma en que éstos abordaron el cauce del Mapocho y sus riberas a lo largo del tiempo:

- Plan Muñoz Maluschka de 1936. Pese a tener sólo un valor indicativo, fue el primer plan de carácter metropolitano propuesto en Chile
- Plan Regulador Intercomunal para Santiago de 1960 (PRIS).
- Modificación al PRIS de 1979
- Plan Regulador Metropolitano de Santiago de 1994 (PRMS)
- Modificación al Plan regulador Metropolitano de Santiago (PRMS 100)

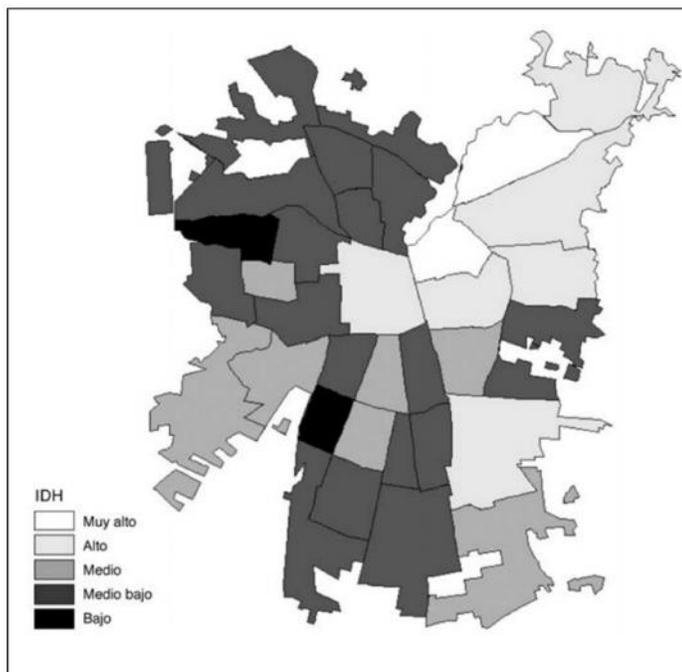
Se analizaron las propuestas de estos instrumentos en cuanto al uso destinado a las riberas, ya sea como parque, autopista u otro, considerando la extensión de éstos (ancho y largo), además de contrastarlo con lo que realmente se concretó en la práctica, de acuerdo a lo expuesto por diversos autores.

CAPITULO 4: RESULTADOS

4.1 Selección de parques

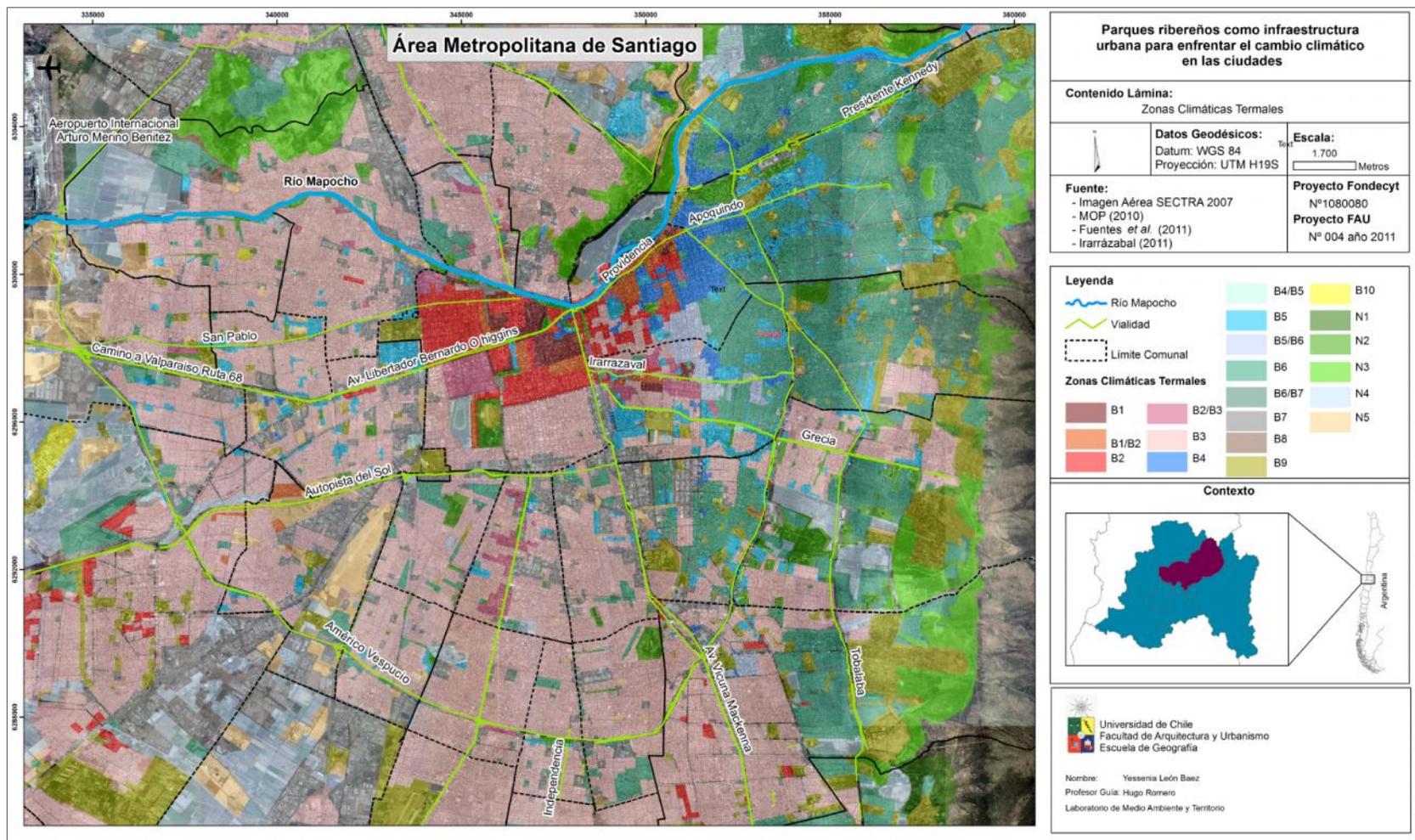
En la Figura N°10 se presentan las Zonas Climáticas Termales definidas por Irrázabal (2011) y Fuentes *et al.* (2011), observándose las diferencias en las densidades urbanas al interior del Gran Santiago (AMS), especialmente entre sus secciones Oriente-Poniente. El sector oriente concentra las menores densidades de urbanización y un mayor número de áreas verdes. Al respecto Romero *et al* (2010) señalan que la distribución de la cobertura vegetal, se encuentra en estrecha relación con el nivel socioeconómico de la población, siendo los sectores más acomodados aquellos que poseen más y mejores áreas verdes. De la misma forma De Mattos (2004) indica que la regresiva distribución del ingreso producto de la liberalización de los mercados y el nuevo rol del estado en la planificación urbana y la economía nacional “ha ido dibujando un mapa donde la segregación residencial tiene una nítida expresión territorial, lo que se complementa con los valores del Índice de Desarrollo Humano (IDH), el cual presenta cifras más elevadas en las comunas de Vitacura, Providencia, Las Condes y Lo Barnechea y por último Cerro Navia y Lo Espejo que luce los niveles más bajos, donde la comuna de Santiago actúa como vértice divisorio (Ver Figura N°9).

Figura N° 9 Índice de desarrollo humano por comunas



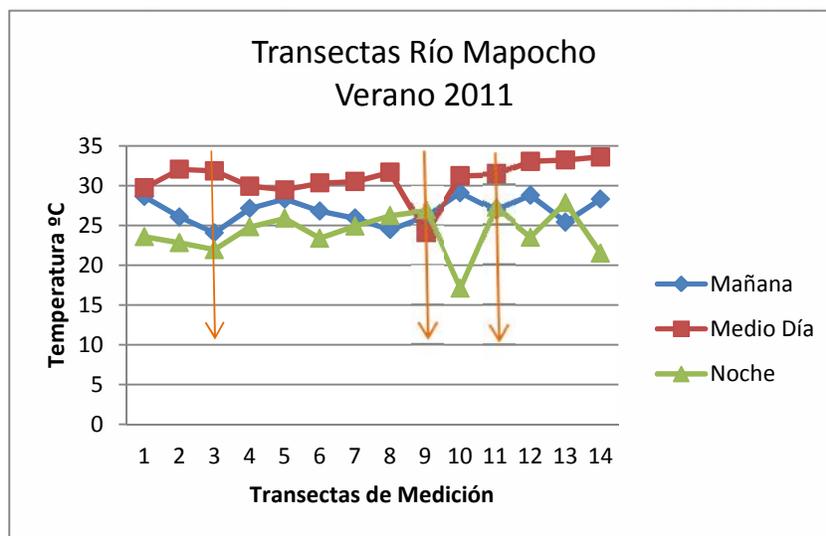
Fuente: De Mattos (2004)

Figura N° 10 Zonas climáticas termales



En la Figura N°11 se presentan los resultados obtenidos de las transectas realizadas a diferentes horas del día en verano, donde destacan tres puntos en particular por registrar valores menos elevados en comparación al comportamiento de la temperatura a lo largo del cauce. En todos los casos se trata de extensas áreas verdes.

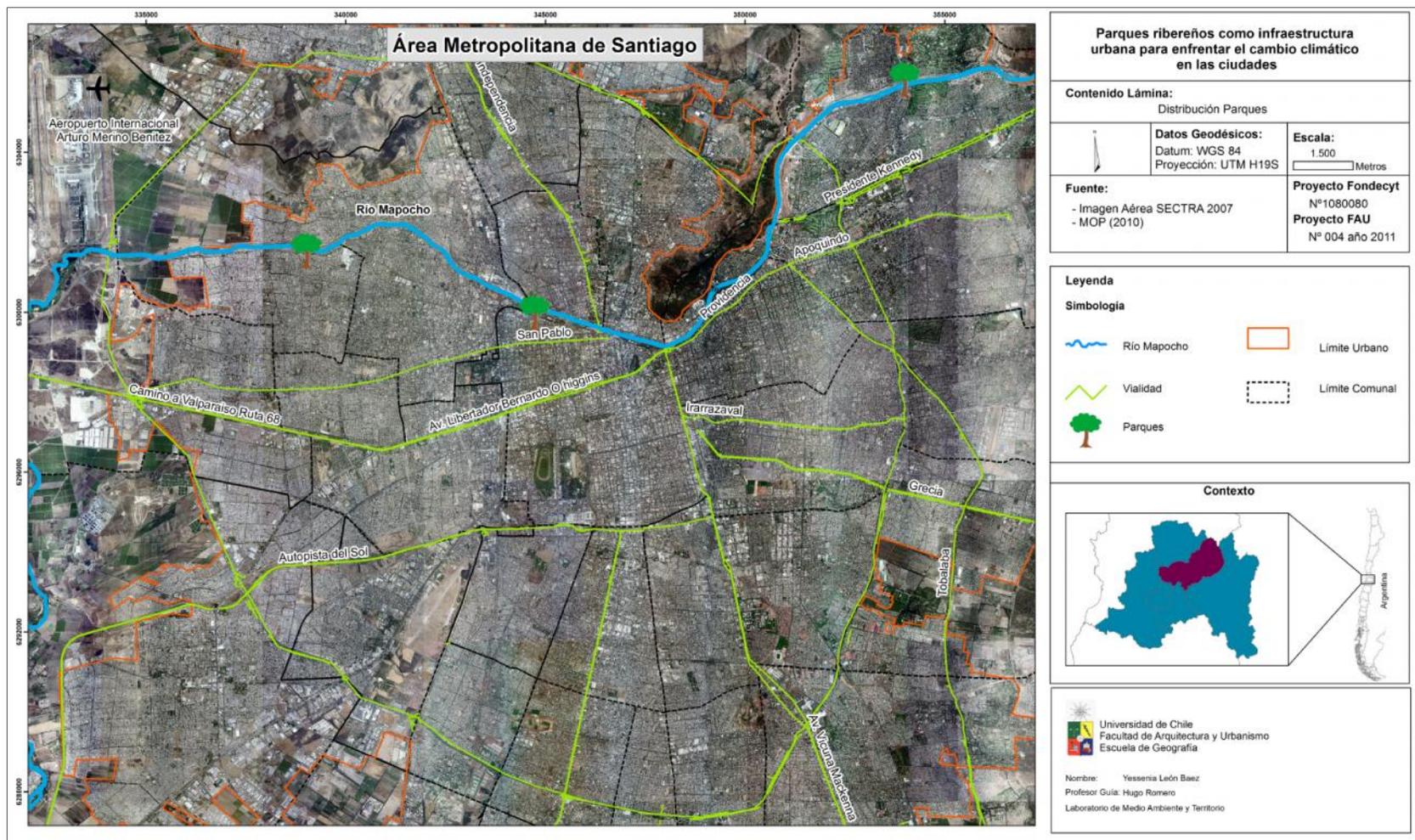
Figura N° 11 Temperaturas registradas a lo largo del río Mapocho



Fuente: Elaboración Propia

La distribución de los parques seleccionados se muestran en la Figura N°12 y en el Anexo N°2 se encuentra la ubicación de las estaciones de medición.

Figura Nº 12 Distribución parques analizados



4.1.1 Sector oriente, Parque Antonio Rabat

El Parque Antonio Rabat pertenece a la comuna de Vitacura. En sus alrededores predominan las residencias unifamiliares de autoconstrucción y baja densidad urbana. La Figura N°13 muestra el entorno construido del parque. Las edificaciones en altura no exceden los tres pisos y se observan jardines y presencia de vegetación intersticial. Predomina la Tipología B6, que corresponde a proyectos inmobiliarios o de autoconstrucción de baja densidad de edificación y altura con abundante vegetación (Anexo N°3), a ambos lados del cauce. Situación que no se observa en los otros casos de estudio. Es el único sector donde el río no actúa como límite comunal.

Con respecto al estado del cauce, a ambos lados se observa la presencia de gaviones formando terrazas y la vegetación ripariana ha sido removida prácticamente en su totalidad. Pese a esto, la presencia de la autopista es seguida por franjas de vegetación previas a la zona residencial, hecho que no se encuentra en el resto de las zonas en estudio.

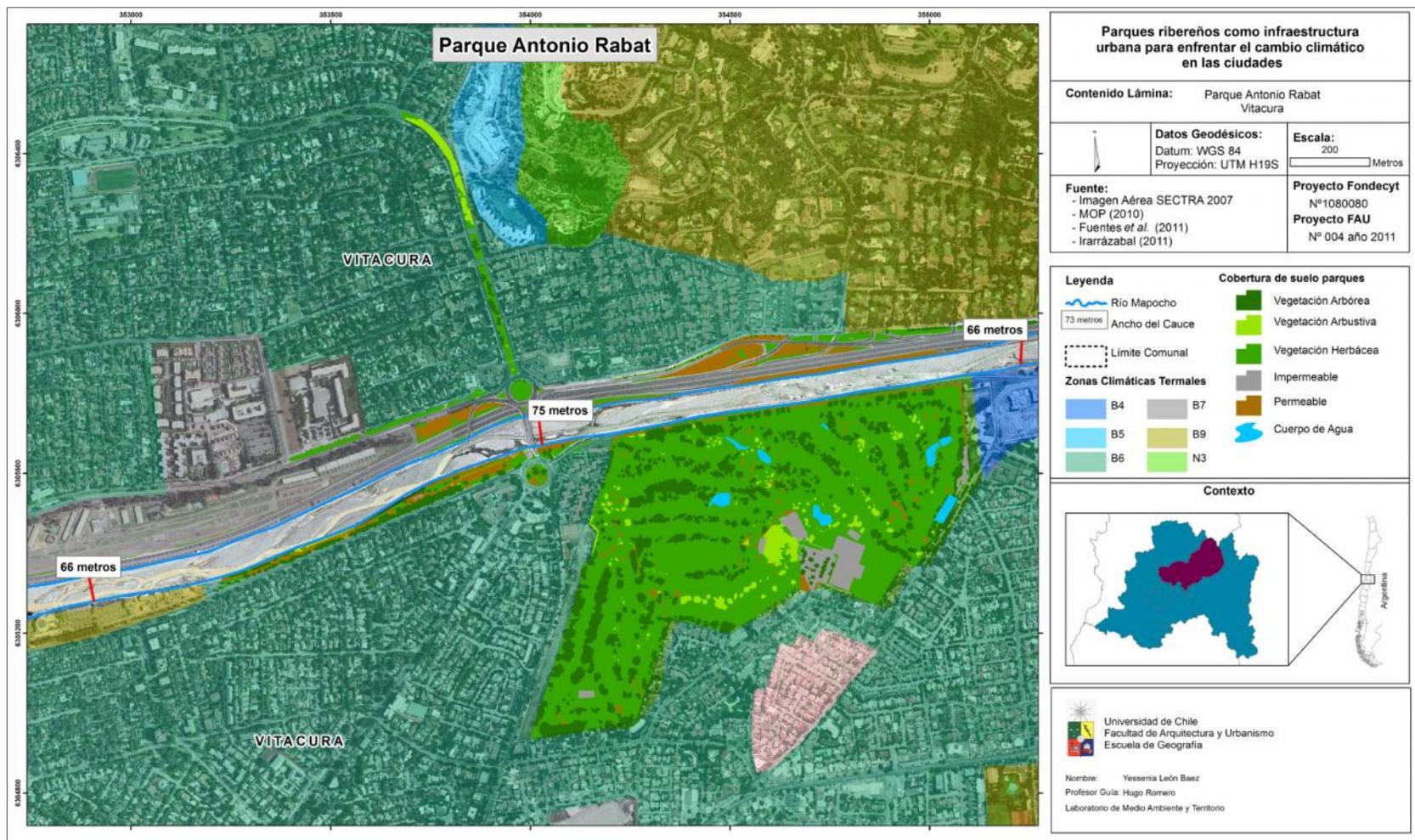
De las tres áreas estudiadas, ésta es la que presenta una mayor extensión y porcentaje de cobertura vegetal, alcanzando el 87% (Tabla N°2). A diferencia del Parque Los Reyes y Mapocho Sur la superficie impermeabilizada es escasa, estando presente sólo en un campo de golf. Este último es el que realiza un mayor aporte de vegetación al sector, razón por la cual se decidió incorporarlo en el análisis de cobertura; puesto que a pesar de no ser un parque público ejercería un rol importante sobre el clima local debido a su gran extensión y a su carácter de ribereño.

Tabla N° 2 Cobertura de suelo parque Antonio Rabat

COBERTURA	SUPERFICIE m²	%
Arbórea	114825,38	18,99
Arbustiva	22969,24	3,8
Herbácea	392133,98	64,83
Permeable	47469,22	7,85
Impermeable	19769,81	3,27
Cuerpos de agua	7709,42	1,27
Total	604877,05	100

Fuente: *Elaboración Propia*

Figura N° 13 Parque Antonio Rabat



4.1.2 Sector centro, Parque de los Reyes.

Entre los años 1990 y 1992, con el objeto de conmemorar el V Centenario del Descubrimiento de América, se crea el Parque de Los Reyes, en la comuna de Santiago. Se instala en el Ex Parque Centenario, incluyendo la zona donde se ubicaba el Estadio del Seguro Social, el cual se convirtió posteriormente en un basural ocupado por feriantes transformándose en lo que actualmente se conoce como “Mercado Persa Parque de los Reyes”.

El entramado urbano en el cual se encuentra inserto este parque presenta una clara diferenciación en la altura de las edificaciones a ambos lados del cauce. En la ribera sur -sección de la comuna de Santiago-, corresponde a áreas residenciales de altas densidades de baja y media altura, característico de la zona centro de la ciudad con escasa o nula cobertura vegetal (Smith, 2012), predominando las edificaciones de alta densidad de media altura –B2- (Figura N°14, Anexo N°3). Mientras que, en el borde norte perteneciente a la comuna de Independencia, dominan las viviendas sociales de mediana altura y gran densificación, las que son separadas del cauce por la Costanera Norte y Autopista Central que se encuentran ubicadas inmediatamente al borde del río.

En este lugar el río y sus bordes presentan un alto grado de encausamiento, disminuyendo su ancho hasta alcanzar los 40 metros frente a la Estación Mapocho (Figura N°14). Cabe destacar que para el año 1841 su extensión alcanzaba los 300 metros en la proximidad de la Plaza Baquedano. Esta reducción en el ancho del río se explica por las obras de canalización adoptadas por el Estado Chileno con el objeto de evitar los desbordes del río. El ancho del cauce alcanza su mayor extensión en este sector frente a la pista de skate presente para luego volver a reducirse en el límite poniente. La presencia de gaviones se encuentra de forma intermitente al igual que las terrazas laterales.

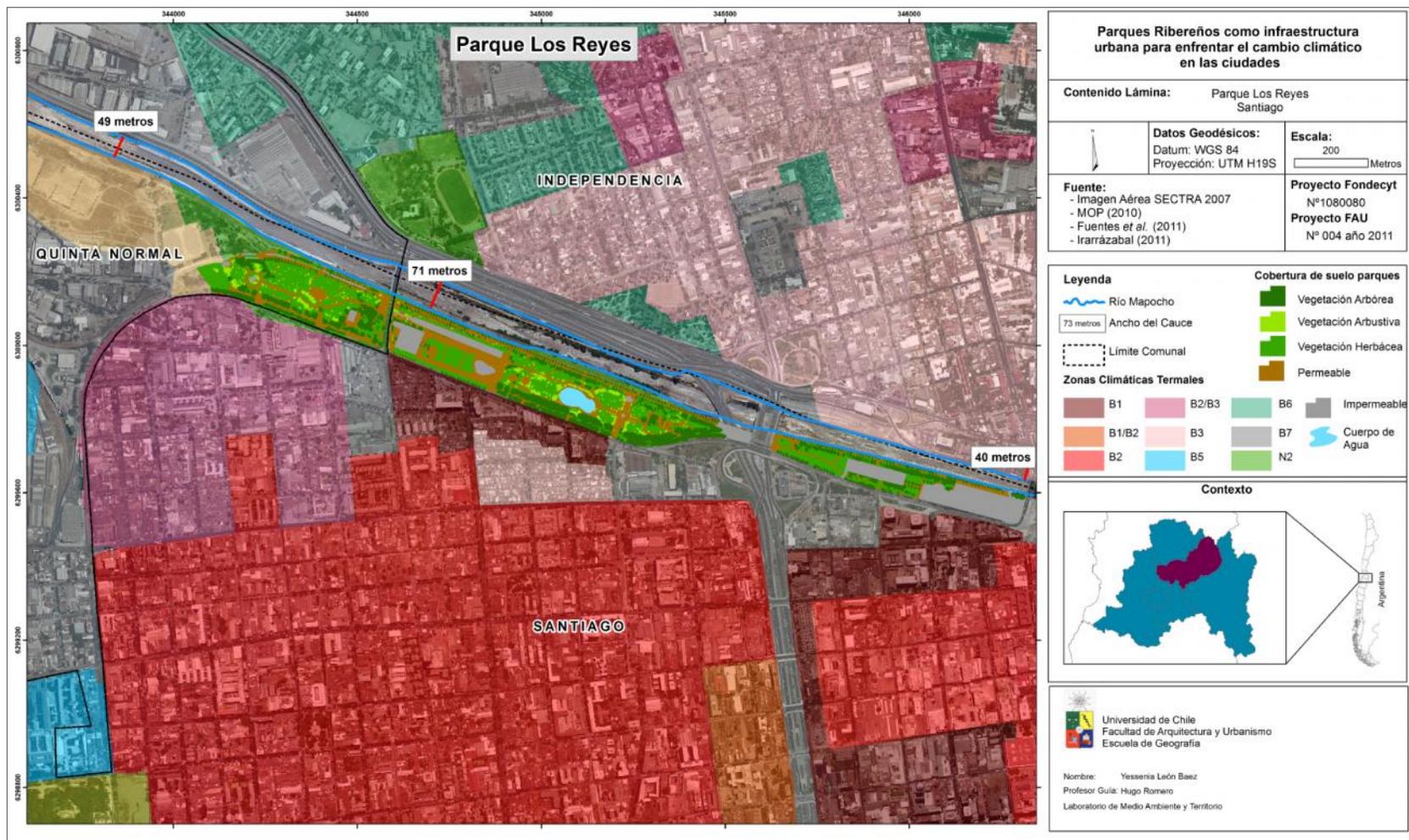
La Tabla N°3 muestra la cobertura de suelo al interior del Parque Los Reyes, la cual a diferencia del Parque Mapocho Poniente presenta una mayor cobertura de vegetación. Se observa la presencia de *Plantanus orientalis* en los bordes actuando como límite natural entre éste, el cauce y la avenida Presidente Balmaceda (Ver Anexo Fotográfico N°5). El suelo impermeabilizado ha sido destinado al uso de estacionamientos, pistas de skate y un mercado persa. La presencia de cuerpos de agua, es mínima en comparación a los otros tipos de cobertura, observándose sólo una gran laguna artificial al interior del parque.

Tabla N° 3 Cobertura de suelo parque Los Reyes

COBERTURA	SUPERFICIE m²	%
Arbórea	57386,54	23,02
Arbustiva	10587,3	4,25
Herbácea	74858,59	30,03
Permeable	62580,82	25,1
Impermeable	39861,04	15,99
Cuerpos de agua	4003,13	1,61
Total	249277,42	100

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 14 Parque Los Reyes



4.1.3 Sector poniente, parque Mapocho Poniente

El Parque Mapocho Poniente (Figura N°15) se crea entre los años 1994-1995 en el límite norte de la comuna de Cerro Navia. La matriz urbana en la cual se encuentra inserto destaca principalmente por la presencia de viviendas sociales de dos a tres pisos de altura, con un alto grado de densificación, escasa o nula vegetación (B3) a ambos lados del cauce, presentándose en menor porcentaje edificaciones de baja densidad de media altura, baja densidad y baja altura y suelos desnudos, tipologías B5, B6 y N5 respectivamente. (Anexo N°3)

Hacia el poniente del parque se observan sitios eriazos (Zona Climática B9) que están siendo utilizados con distintos fines, destacando las tomas ilegales de terreno, basurales, la presencia de un club de huasos donde se realizan carreras de caballos. De acuerdo al Plan Regulador de la comuna esta zona no corresponde a área verde permitiendo el desarrollo de distintas actividades, excluyéndose el uso residencial (Figura N°15).

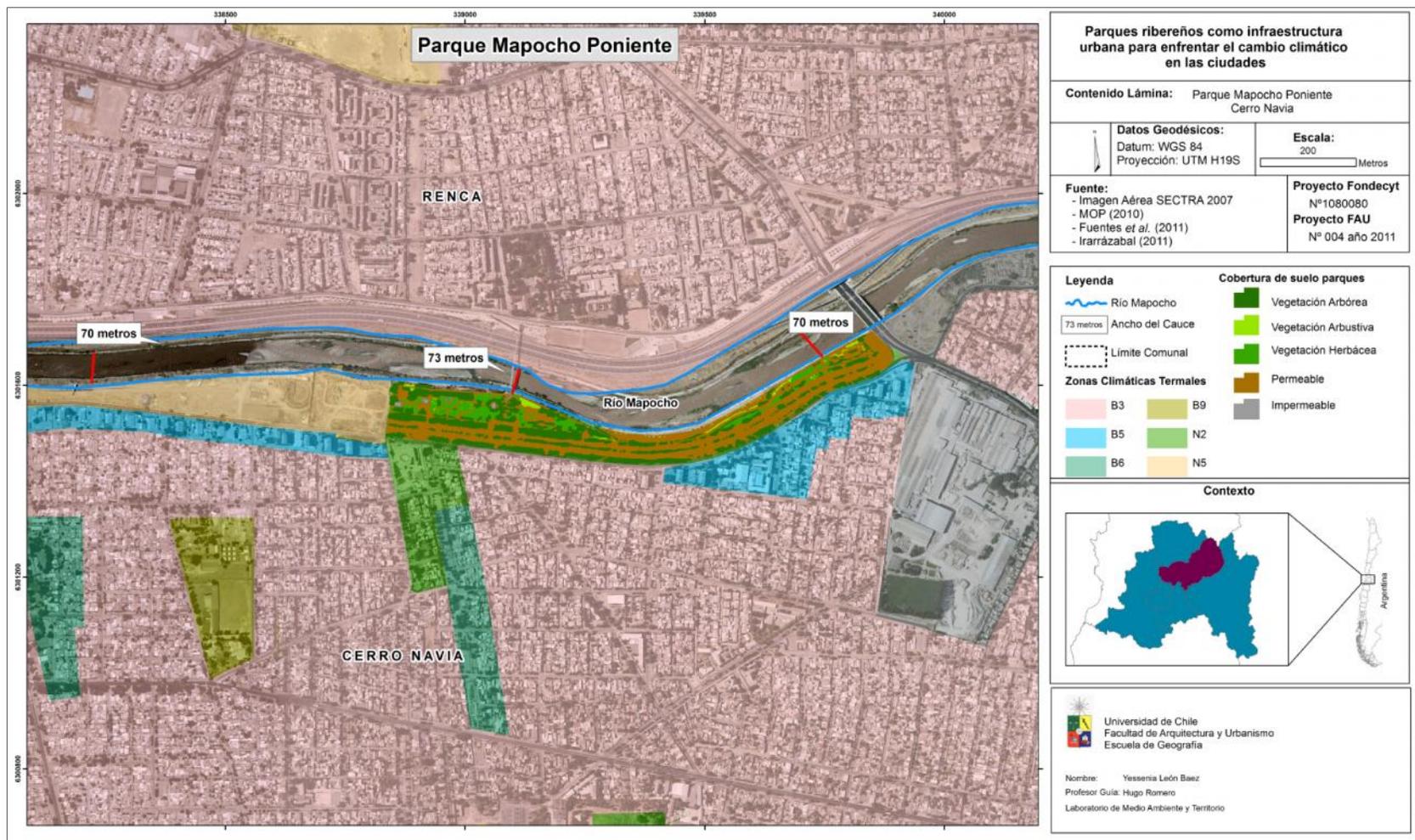
El suelo permeable sin presencia de vegetación predomina en este sector (Tabla N°4) y corresponde a senderos, estacionamientos, canchas de fútbol, zonas de juegos infantiles y deportivas; cubriendo más de la mitad del área verde. Este parque no cuenta con la presencia de piletas o lagunas artificiales como se observa en el caso del Parque de Los Reyes y el Parque Antonio Rabat. Con respecto a la vegetación, predomina la presencia de vegetación arbórea, principalmente *Plantanus orientalis* a lo largo de todo el parque (Anexo Fotográfico N°5)

Tabla N° 4 Cobertura de suelo parque Mapocho Poniente

COBERTURA	SUPERFICIE (m²)	%
Arbórea	30583,08	34,1
Arbustiva	1680,7	1,87
Herbácea	8560,2	9,54
Permeable	47258,27	52,66
Impermeable	1658,03	1,85
Cuerpos de agua	0	0
Total	89740,28	100

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 15 Parque Mapocho Poniente



4.2 Calidad del bosque de ribera

La mala calidad o nula presencia del bosque de ribera corresponde a un hecho en común para los tres casos analizados. Es posible identificar un conjunto de características que se observan en los parques estudiados, tales como:

- Escasa o nula presencia de vegetación en la ribera, debido principalmente a trabajos de limpieza realizados por la Dirección de Obras Hidráulicas para evitar desbordes.
- Encauzamiento
- Reducción del cauce, el cual se ha llevado a cabo a lo largo del tramo urbano desde la época colonial.
- Presencia de autopista por lo menos en una de las dos riberas y ubicada de forma inmediatamente próxima al río.
- Gaviones. Se presentan en los tres parques con distinta intensidad. Siendo mayores en extensión y altura en el sector oriente donde se despliegan formando terrazas.

Los puntajes finales para el índice de calidad del bosque de ribera (QBR por sus siglas en inglés) de cada uno de los puntos evaluados se muestran en la tabla N°5 y Figura N° 16

Tabla N° 5 Puntaje Índice calidad del bosque de ribera

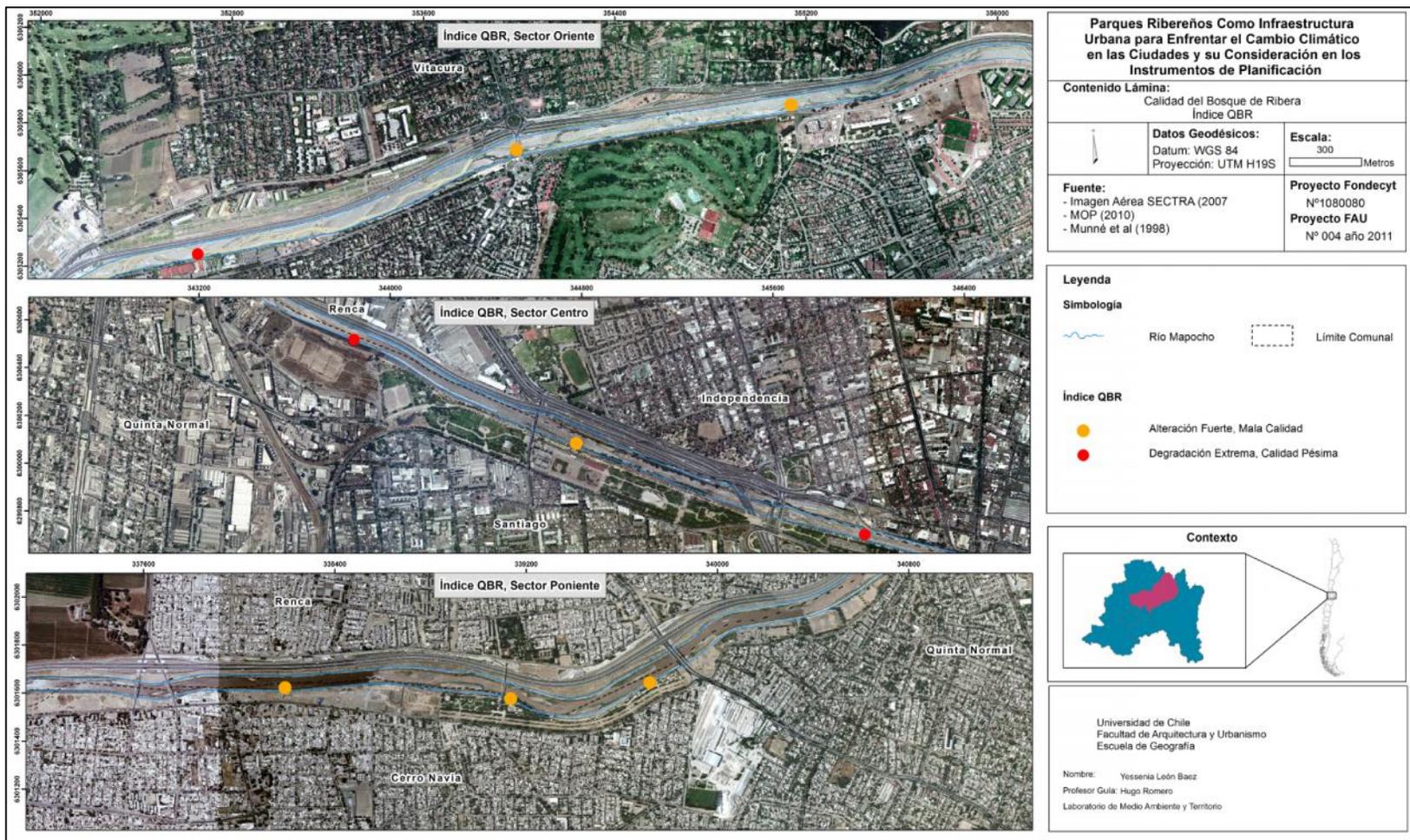
PUNTO	PUNTAJE	NIVEL DE CALIDAD	SECTOR
1	30	Alteración Fuerte, Mala Calidad	Oriente
2	30	Alteración Fuerte, Mala Calidad	Oriente
3	25	Degradación extrema, calidad pésima	Oriente
4	10	Degradación extrema, calidad pésima	Centro
5	30	Alteración Fuerte, Mala Calidad	Centro
6	25	Degradación extrema, calidad pésima	Centro
7	35	Alteración Fuerte, Mala Calidad	Poniente
8	35	Alteración Fuerte, Mala Calidad	Poniente
9	40	Alteración Fuerte, Mala Calidad	Poniente

Fuente: Elaboración Propia

En la Figura N°16 se observa la localización de los puntos (en orden oriente poniente respectivamente) evaluados en los parques analizados. Se puede observar que a pesar de que, el sector poniente es el que presenta un mayor grado de naturalidad del cauce éste de todas formas se encuentra fuertemente alterado por acciones antrópicas. Situación que empeora en el sector centro y poniente.

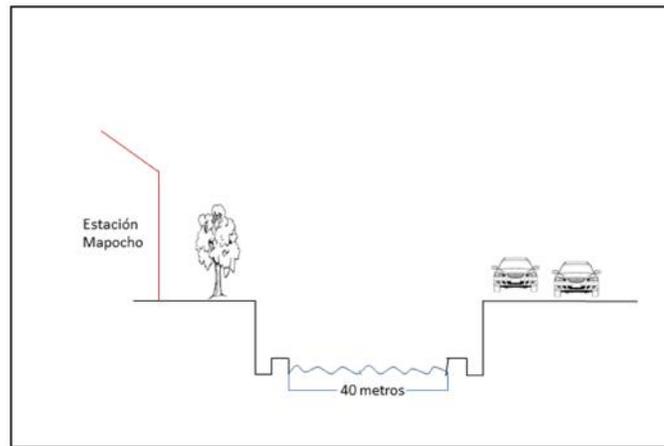
Se realizaron perfiles longitudinales para poder detallar la situación actual de la calidad del bosque de ribera en las zonas de estudio y en cada uno de los puntos evaluados.

Figura N° 16 Calidad del Bosque de Ribera



canalizaciones. La ribera ha sido completamente cementada y la autopista se encuentra directamente a continuación del río, sin la presencia de una franja vegetacional que permita prolongar los servicios medioambientales que otorga la presencia del cuerpo de agua. Aguas abajo el ancho del cauce aumenta, pero la presencia de vegetación sigue manteniéndose escasa o nula, las laderas han sido estabilizadas a través de aterrazamiento. Aparecen torres de alta tensión a lo largo de toda la ribera norte y de forma previa a la autopista, insertas en el cauce mismo (Ver Anexo N°4b).

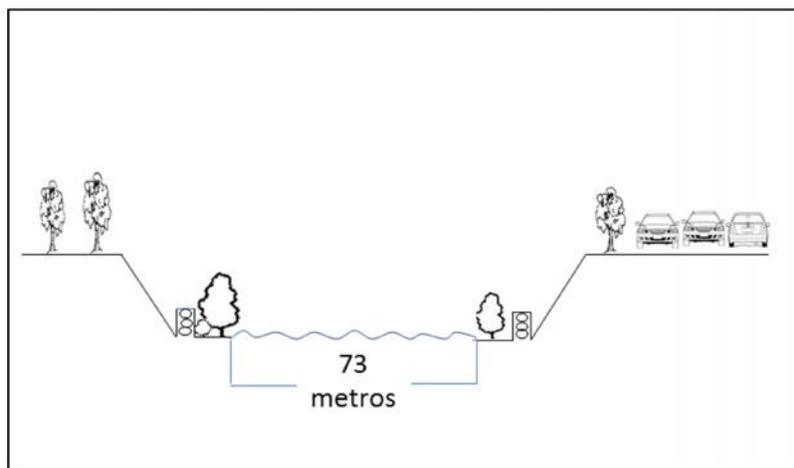
Figura N° 18 Corte transversal río Mapocho Parque Los Reyes



Fuente: Elaboración Propia

El sector Poniente-Parque Mapocho Sur-es el que posee una mejor calidad del bosque de ribera. Se observa un aumento en la vegetación ripariana, formando incluso algunos islotes en diversos puntos de la zona estudiada. A ambos lados del cauce se observa una franja de vegetación, que en el caso de la ribera sur permite generar una transición entre el cauce y la presencia de la autopista (Figura N°19). Las laderas han sido estabilizadas mediante aterrazamiento y recubrimiento de concreto, lo cual ha sido realizado de forma intermitente y cubriendo sólo la mitad de la pared lo que permite la presencia de vegetación (Anexo N°4c).

Figura N° 19 Corte transversal río Mapocho Parque Mapocho Poniente



Fuente: Elaboración Propia

4.3 Análisis del comportamiento térmico de los parques analizados

El periodo a analizar para los tres parques en cuestión se extiende desde el 29 de Julio hasta el 20 de Agosto del año 2011. No fue posible obtener una mayor continuidad en la información ya que el parque del sector poniente sufrió en reiteradas ocasiones el robo de los equipos instalados, perdiendo la continuidad de la serie de dato, tal como se aprecia en la tabla N°6

Tabla N° 6 Periodo de registro de datos meteorológicos recopilados por estación

PUNTO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
T1P1																			
T1P2																			
T1P3																			
T1P4																			
T2P1																			
T2P2																			
T2P3																			
T2P4																			
T2P5																			
T3P1																			
T3P2																			
T3P3																			
T3P4																			

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1 Pre-procesamiento datos termales

De acuerdo al análisis de consistencia realizada con series de datos proporcionadas por el CENMA, no fue necesario eliminar datos.

4.3.1.1 Condiciones sinópticas en Santiago para los días analizados

De acuerdo a la información otorgada por el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile (Figura N°20), a través de boletines climáticos mensuales, se presentaron las siguientes condiciones para el año 2011:

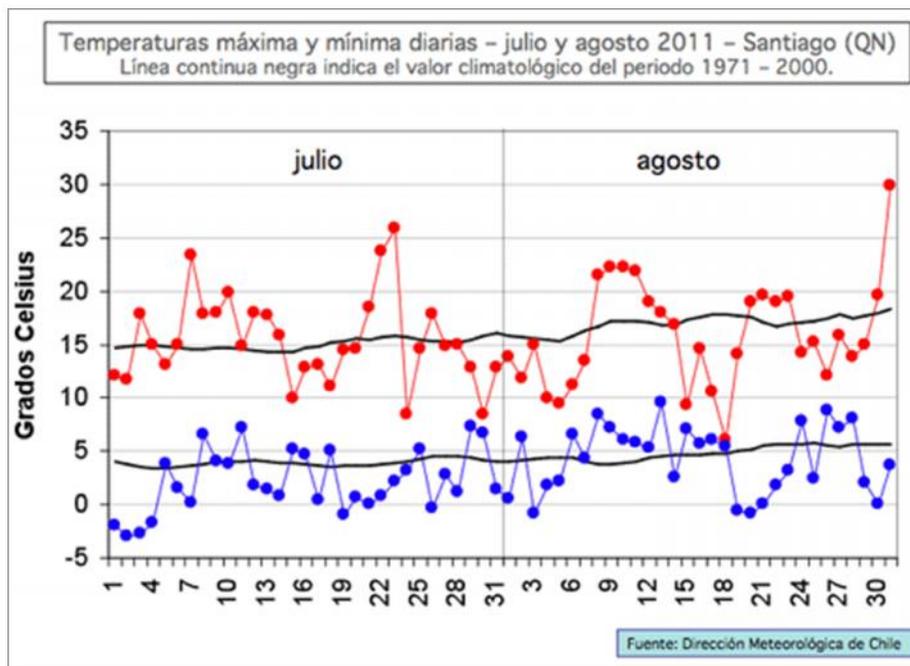
Durante los meses de verano del 2011 el evento de La Niña registrado dese el año 2010 entró en fase de debilitamiento. Ya a mediados de Junio este fenómeno se

extinguió prácticamente en su totalidad, desapareciendo las anomalías negativas de temperatura superficial del mar generando una cantidad de precipitaciones se encontrara por debajo de lo pronosticado para un año normal en la región central del país.

Las anomalías negativas propias de un evento La Niña aparecieron nuevamente durante el mes de Julio manteniéndose durante el resto del año, generando un déficit pluviométrico y temperaturas anormalmente cálidas frías para Santiago

Dentro del periodo analizado el día más frío correspondió al 20 de agosto cuando se registró una temperatura mínima de 0,9°C generada por el ingreso de una masa de aire polar.

Figura N° 20 Temperatura Máximas y Mínimas Diarias Julio y Agosto 2011



Fuente: Boletín Climatológico Agosto 2011. Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile.

4.4 Comportamiento térmico parques ribereños.

4.4.1 Relación temperatura-distancia al cauce.

Al analizar el comportamiento térmico de los tres parques de acuerdo a los parámetros estadísticos anteriormente mencionados es posible observar diferencias significativas (Ver Anexo N°6a). Sin embargo, no es posible establecer un patrón que refleje un comportamiento tendencial a medida que aumenta la distancia al cauce, puesto que éstos actúan de forma diferenciada para cada periodo del día e incluso se observan diferencias dentro de una misma transecta de acuerdo al lado del cauce en el cual se encuentren.

Durante la mañana en el sector oriente la estación con mayores temperaturas corresponde a la ubicada a 100 metros de distancia del cauce y dentro del área verde, siendo el único caso en este periodo donde se observa esta situación. En la zona centro y poniente las estaciones dentro del parque registraron los valores más bajos, ambas ubicadas en la ribera sur. En el caso de la ribera norte, se observa una menor diferencia de temperatura entre ambos registradores y en el caso del sector oriente y centro los equipos más cercanos al río obtuvieron mayores temperaturas.

Al medio día la situación se vuelve más dispareja. En el sector oriente el equipo situado a 100 metros del cauce en la ribera sur presenta los valores más bajos, mientras que en el Parque Los Reyes el sector más frío corresponde a la zona residencial de mediana densidad, dejando las temperaturas más altas al interior del parque y en la zona de mayor densidad urbana. En el Parque Mapocho Poniente la ribera norte se mantiene como la más cálida y el sector más frío corresponde al más alejado del cauce y fuera del área verde.

Durante la noche las diferencias al interior de los distintos transectos son menos pronunciadas, siendo durante este periodo cuando los parques registran menores temperaturas que el entorno residencial cercano, salvo en la zona centro donde el equipo a 200 metros del cauce – en la zona de alta densidad urbana – registró valores más bajos.

4.4.2 Comparación con el resto de la comuna

4.4.2.1 Sector Oriente

El *Test de Mann-Whitney* indica que se observa una mayor diferencia térmica durante la mañana y el medio día principalmente en las estaciones de la ribera sur del cauce, mientras que en la ribera norte las diferencias no son considerables (Tabla N°7)

Tabla N° 7 Test de Mann-Whitney

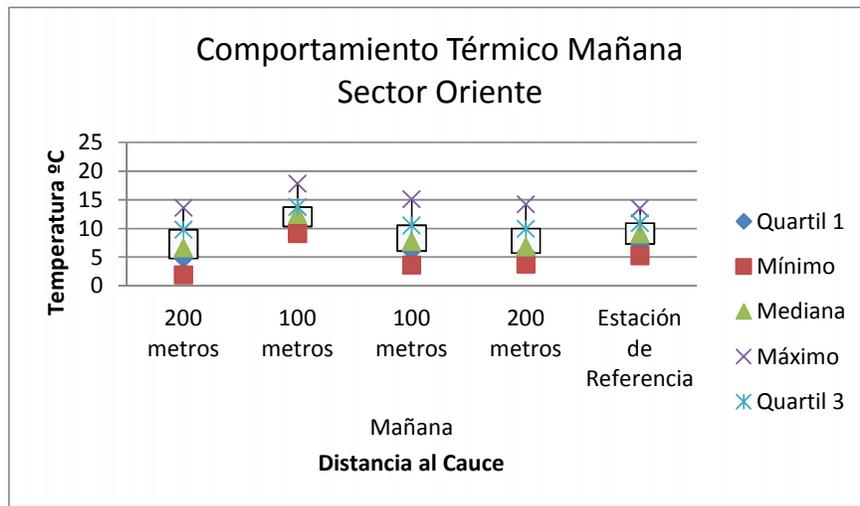
	Oriente			
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Mañana	0,027	0,000	0,339	0,138
Medio Día	0,637	0,621	0,886	0,287
Noche	0,024	0,012	0,173	0,070

Fuente: *Elaboración Propia*

El área verde de la zona oriente presenta un claro efecto enfriador durante la mañana y la noche (Figura N°21 y 23), salvo el registrador más cercano a la ribera que en ambos periodos fue superado por el entorno. La estación fuera del parque y a 200 metros del cauce fue la que mantuvo valores más bajos que el resto, alcanzando en promedio diferencias de 2,2°C y un máximo durante la noche de 4,03°C; situación que se repite en las primeras horas de la mañana.

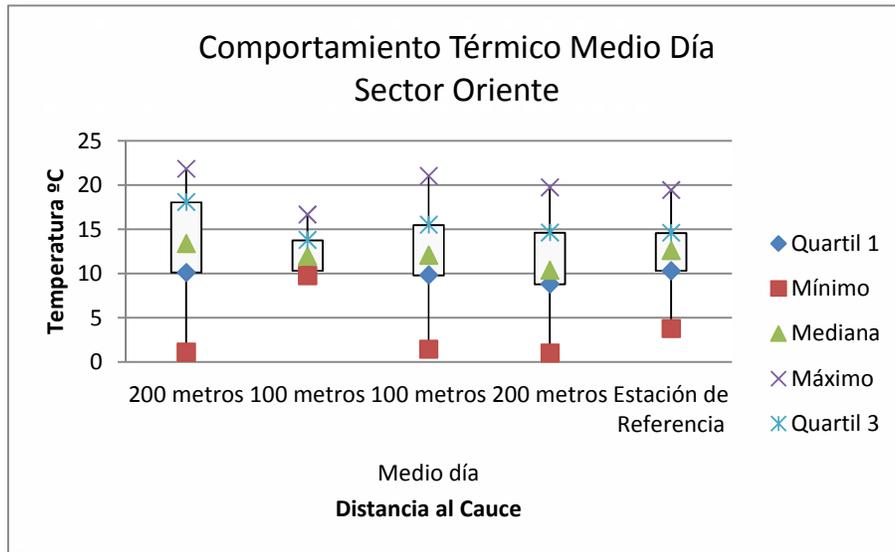
Al medio día la situación se vuelve un poco más pareja (Figura N°22), si bien el parque presenta diferencias considerables algunos días (9,55°C fue la mayor diferencia registrada) ésta no se observa como una constante a lo largo del periodo en estudio siendo superado en algunas ocasiones por la estación de referencia ubicada al interior de la comuna.

Figura N° 21 Temperaturas registradas a distintas distancias del cauce en la mañana en el sector oriente



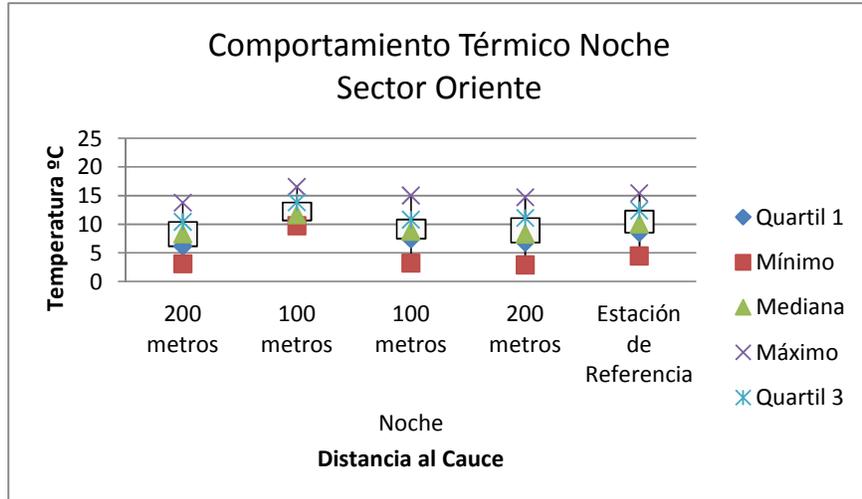
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 22 Temperaturas registradas a distintas distancias del cauce a medio día en el sector oriente



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 23 Temperaturas registradas a distintas distancias del cauce en la noche en el sector oriente



Fuente: Elaboración Propia.

4.4.2.2 Sector centro

El *Test de Mann-Whitney* indica que las estaciones de la ribera sur son las que presentan mayores diferencias con respecto a la estación de referencia (Tabla N°8). A diferencia de esto la estación ubicada a 200 metros del cauce registra valores más

cercanos a la estación de referencia ubicada al interior de la comuna donde se encuentra el parque.

Tabla N° 8 Test de Mann-Whitney

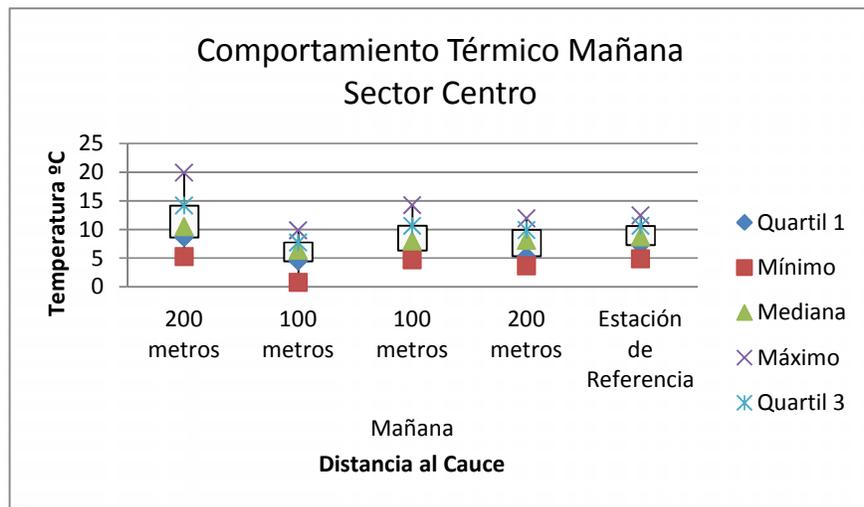
	Centro			
	200 metros	100 metros	100 metros	200 metros
Mañana	0,031	0,001	0,668	0,132
Medio Día	0,328	0,024	0,085	0,223
Noche	0,010	0,263	0,374	0,203

Fuente: *Elaboración Propia*

En el caso del Parque Los Reyes es durante la noche donde éste ejerce un mayor efecto enfriador sobre la isla de calor urbana (Figura N°26) alcanzando diferencias de hasta 6°C en aquellas estaciones más cercanas al cauce. Distinta es la situación durante la mañana (Figura N°24), donde el equipo localizado al interior del parque y más cercano al río fue más frío que la temperatura de estación de referencia, presentando en promedio diferencias de 2,82°C. Seguido por la estación ubicada a 200 metros de la ribera opuesta el cual obtuvo un comportamiento similar el 95,6 de los casos con diferencias cercanas al grado *Celsius*.

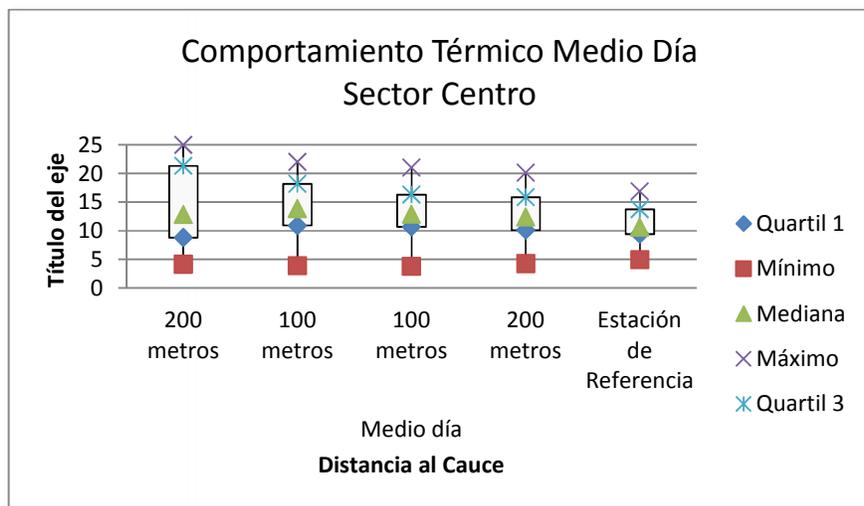
El medio día es el periodo cuando este parque ejerce de menor forma su efecto regulador (Figura N°25), presentando valores incluso por sobre el resto de la comuna la mayor parte del tiempo a lo largo de todo el transecto en estudio. Las estaciones cercanas al lecho del río presentan temperaturas mayores que su entorno en el 91,3% y 73,9% de los días analizados, lo que se explica por el gran porcentaje de cubierta impermeable en el caso de la primera y la presencia de una autopista en la ribera norte que actúa como biombo impidiendo que el río contribuya a enfriar el ambiente.

Figura N° 24 Temperaturas registradas a distintas distancias del cauce en la mañana en el sector centro



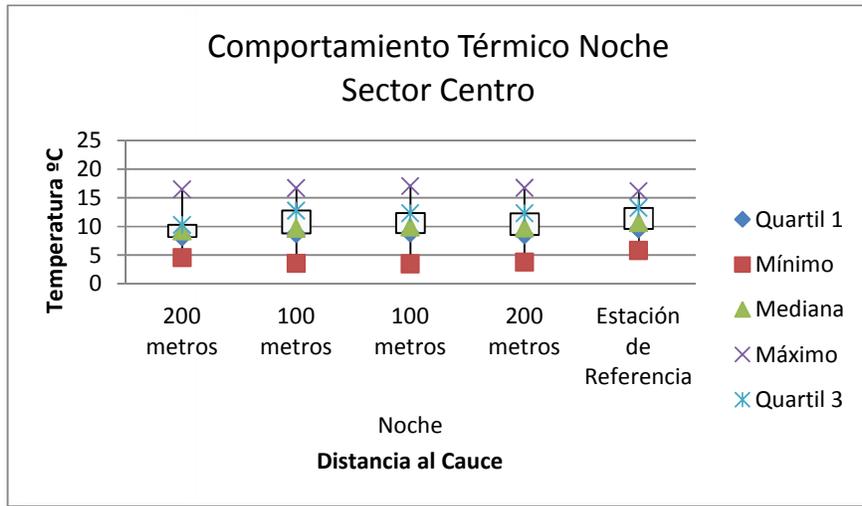
Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 25 Temperaturas registradas a distintas distancias del cauce al medio día en el sector centro



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 26 Temperaturas registradas a distintas distancias del cauce en la noche en el sector centro



Fuente: Elaboración Propia.

4.4.2.3 Sector poniente

Con el objeto de determinar si existen diferencias entre los transectos estudiados y el resto de la comuna se utilizó el *Test de Mann-Whitney* que permite analizar pares de datos usando muestras independientes. Los resultados para el sector poniente se encuentran en la Tabla N°9, desde donde se puede desprender que no existe un comportamiento homogéneo a lo largo del día, siendo el punto 4 aquel con diferencias durante los 3 periodos en estudio.

Tabla N° 9 Test de Mann-Whitney

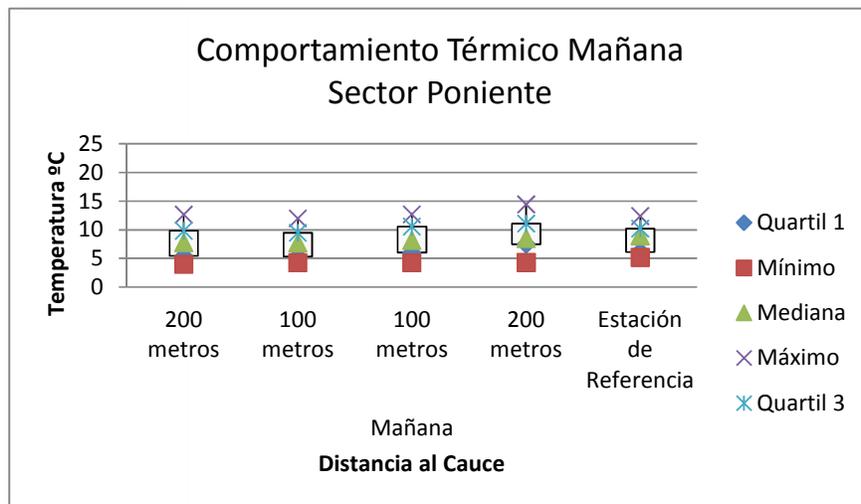
	Poniente			
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4
Mañana	0,328	0,231	0,606	0,003
Medio Día	0,156	0,132	0,231	0,000
Noche	0,038	0,007	0,297	0,009

Fuente: Elaboración Propia.

En el caso del Parque Mapocho Sur, durante todos los días analizados el punto de registro más lejano al cauce localizado en la ribera sur y fuera del parque mantuvo temperaturas inferiores a su entorno alcanzando una diferencia máxima de 1,68°C y en promedio 0,98°C. Lo siguen las estaciones ubicadas a 100 metros del cauce, con diferencias de 6,96°C en la ribera sur y 7,39°C en la ribera norte; en ambos casos corresponde a un alto porcentaje de días en donde se observa el efecto enfriador del parque ribereño con cifras que incluso sobrepasan los 2°C.

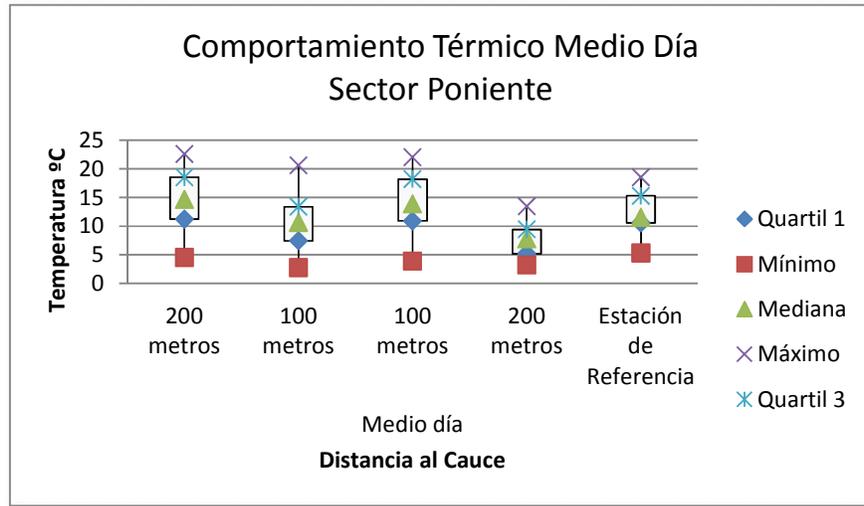
Durante la mañana (Ver Figura N°27) la estación que presentó una mayor frecuencia de temperaturas inferiores al resto de la comuna fue la ubicada al interior del parque y 100 metros del cauce (Estación N°2), con un valor promedio de 0,7°C y que en un 39% de los casos analizados superó el grado. La estación a 200 metros, en la zona residencial, presentó temperaturas más elevadas, situación que se invierte durante la noche (Figura N° 29) cuando presenta valores menores que el resto de la comuna en 91% de los días.

Figura N° 27 Temperaturas registradas a distintas distancias del cauce en la mañana en el sector poniente



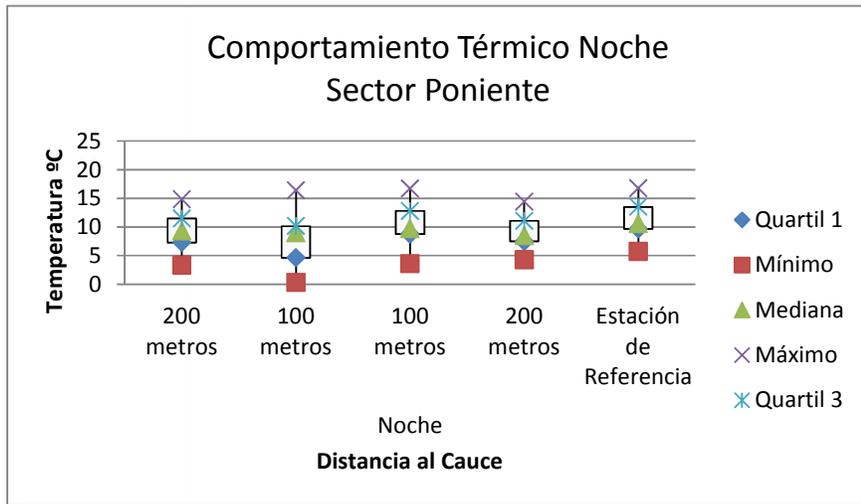
Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 28 Temperaturas registradas a distintas distancias del cauce al medio día en el sector poniente



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 29 Temperaturas registradas a distintas distancias del cauce al medio día en el sector poniente



Fuente: Elaboración Propia.

4.4.3 Comparación entre parques

Durante la mañana el Parque Los Reyes fue el más cálido, situación que se acentúa en las estaciones de registro ubicadas en la ribera sur, donde se presenta un aumento

en la densificación urbana con respecto a las otras áreas de estudio. En la estación ubicada a 200 metros del cauce se registró un promedio de 11,65°C, frente a los 7,93°C y 7,01°C del Parque Mapocho Sur y Parque Antonio Rabat, respectivamente. El sector oriente fue el que presentó una menor diferencia térmica de temperatura a lo largo de la transecta (Anexo N° 6b y 7).

Al medio día las temperaturas más elevadas se encuentran en el Parque Los Reyes y Mapocho Sur. La mayor diferencia se exhibe en la estación ubicada a 200 metros (Anexo N°6b) al norte del cauce donde el centro presenta un promedio de 12,85°C, seguido por la zona oriente con 11,73°C y el poniente con 7,61°C. Llama la atención que el sector poniente presente temperaturas más bajas, pese a que el equipo instalado se encuentra en una zona residencial y no al interior del parque como en la zona oriente.

Durante la noche es el periodo donde las diferencias térmicas entre los distintos parques son menos notorias, la diferencia más considerable corresponde a la que se observa en la estación ubicada a 100 metros del cauce y que en los tres casos se encuentra al interior del área verde, donde el sector oriente presenta los valores más elevados con un promedio de 12,43°C, en contraste con el sector poniente que registró 8,11°C.

4.5 Correlación de variables con el comportamiento térmico de los parques

Las correlaciones entre la temperatura del aire y un conjunto de variables explicativas a tres horas del día se presentan en la tabla N°10

Tabla N° 10 Coeficiente de correlación de Spearman

	Temperatura Mañana	Temperatura Medio Día	Temperatura Noche
QBR	0,016	0,120*	-0,103
Distancia al Cauce	0,028	-0,086	-0,181**
Área total	0,016	0,064	0,067
Vegetación Arbórea	0,016	0,064	0,067
Vegetación Arbustiva	0,016	0,064	0,067
Vegetación Herbácea	0,016	0,064	0,067
Suelo Impermeable	-0,044	0,143*	0,111
Suelo Permeable	-0,044	0,143*	0,111
Cuerpos de Agua	0,016	0,064	0,067
Altitud	0,004	0,066	0,068
Ancho del Cauce	0,06	-0,079	0,044

*Correlación es significativa al nivel 0,05

**Correlación es significativa al nivel 0,01

Fuente: *Elaboración Propia*

El grado de correlación que presentan las variables seleccionadas con la temperatura del aire varía de acuerdo al periodo del día. Durante la mañana ninguna de las variables seleccionadas alcanzó un coeficiente de correlación significativo de acuerdo al test aplicado.

Durante el mediodía el estado de la vegetación ripariana y el porcentaje de suelo permeable e impermeable son las variables mejor correlacionadas con la temperatura del parque. Estas mismas variables se correlacionan con las temperaturas durante la noche, pero en forma inversa. Por lo tanto, áreas con menores porcentajes de cobertura vegetal y/o mala calidad de ésta, registran las mayores temperaturas, adquiriendo importancia la distancia al cauce.

4.6 Evolución de los instrumentos de planificación metropolitanos implantados sobre el cauce y riberas del Mapocho.

En el Plan de Muñoz Maluschka del año 1936 las propuestas indicativas más destacadas fueron las siguientes:

- Sistema de parques continuos paralelos al río, ocupando una extensión entre 230 y 260 metros de ancho tomando el cauce como eje, a lo largo de 4 kilómetros.
- Prolongación al oriente de la Costanera Sur hasta la altura de la Avenida Padre Hurtado y prolongar la costanera norte hasta el puente Carrascal.

Posterior a este Plan se reconoce oficialmente el concepto de intercomunal en la planificación urbana- regional y en 1960 se crea el primer Plan Regulador Intercomunal para Santiago (PRIS), planteando como escenario futuro el año 2000 y una proyección de 6 millones de habitantes (Pávez, 1994). Identifica espacios abiertos en la periferia de expansión residencial y la consolidación de espacios abiertos intraurbanos en los cauces del **Mapocho** y Zanjón de la Aguada. Este Plan que tomó como base el Plan Micro Regional de Santiago y los planes regionales elaborados de forma paralela, propuso tratar al Río Mapocho y sus bordes como un corredor intercomunal urbano-rural, mediante un sistema de balnearios, parques y vías ubicados entre el pie de la Cordillera y su confluencia con el Maipo (extensión aproximada de 100 km. y 350 metros de ancho). Consideró un total de 690 hectáreas de espacios de bienes nacionales de uso público asociadas al río Mapocho y sus bordes dentro del área intercomunal urbana.

Es en el PRIS donde por primera vez a las zonas reservadas como áreas verdes, incluidas las del Mapocho, no se les asignó como única función los fines recreacionales para la población, sino que comienzan a ser vistas por los servicios

medioambientales que pueden proveer a la ciudad, tales como infiltración, regulación climática, ventilación, etc., dejando entrever una clara preocupación por la sustentabilidad ambiental y urbana de la ciudad.

Además se plantea un sistema de costaneras a ambos lados del río Mapocho como parte del Corredor Metropolitano Fundamental Oriente-Poniente, con el objeto de descongestionar el flujo vehicular. Este propósito de circulación, a diferencia de las 690 hectáreas de espacios de bienes nacionales destinados a áreas verdes, se ha concretado prácticamente en su totalidad, perjudicando su existencia al reducir las franjas de protección o impidiendo el acceso a ellas.

La planificación urbana de esta época reconoció al Río Mapocho como un elemento importante del paisaje urbano en torno al cual la ciudad de Santiago se fue desarrollando, por lo que se generaron directrices para comprender este curso de agua como una totalidad integral urbana y rural, pero los gobiernos que siguieron las desestimaron en función de otras prioridades (Pávez, 2008). A partir del Gobierno de Frei-Montalva se desestimó el Plan Micro-regional de Santiago, por lo que el tramo del río Mapocho dejó de ser una preocupación nacional.

Con la llegada del Régimen Militar se realiza la Modificación al PRIS de 1979 donde el corredor fluvial Maipo-Mapocho quedó dividido al proponerse una nueva regionalización político administrativa para el país, dejando el curso inferior del río en la Región de Valparaíso, perdiendo la imagen de cuenca integradora contemplada a partir de la década de los 60.

El año 1994 se crea el Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS) donde se reafirma a las riberas del Mapocho como parques públicos declarando sus bordes como "Parque Metropolitano del Río Mapocho". Se delimita el cauce y sus fajas adyacentes como "Recurrentemente Inundables" limitando su uso a Áreas Verdes,

Recreacional-Deportivo y Esparcimiento y Turismo al aire libre. Asimismo, el plan establece para los “Cursos de agua Permanente de Mayor Jerarquía”-como es el caso del Mapocho- una franja de protección de 200 metros de ancho y paralela a cada borde y de 400 metros de radio en su nacimiento, permitiendo los usos descritos anteriormente. En el caso de las áreas urbanas esta disposición no rige en plenitud puesto que la franja de protección se reduce a 50 metros como mínimo, permitiendo destinar un 30% de ésta a vialidad. Ello implica que la franja verde podría quedar finalmente reducida a solo 20 metros, lo que correspondería a un paseo peatonal.

La actualización del Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS 100) surge en respuesta de la proyección demográfica que se cree tendrá el Gran Santiago el año 2030, en virtud del comportamiento actual, estimando un crecimiento de 1,6 millones de habitantes. Bajo esta premisa se plantea modificar este instrumento, considerando como objetivo tener una ciudad más integrada, más verde y con infraestructura adecuada.

Dentro de las modificaciones ya aprobadas en este plan, se encuentra el Art. 5.2.1.1. Recuperación de Áreas Verdes, que se basa en las modificaciones que realizó la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) al Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana aprobado por D.S. N°16 de 1998 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, donde una de las medidas propuestas corresponde a la línea de acción “Desarrollo de Parques y Áreas Verdes”.

El objetivo de esta modificación aprobada por Resolución N°20 del Consejo Regional Metropolitano tiene como objetivo básico desafectar áreas que integran el Sistema Metropolitano de Áreas Verdes y Recreación, ya sea en su condición de Parques Metropolitanos, Parques Intercomunales o Áreas verdes Complementarias dentro de las cuales se encuentran las áreas verdes ribereñas del Mapocho. Este proceso

pretende permitir que hasta un 20% de las áreas verdes se destinen a un uso distinto, para lo cual se debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Compensar el territorio desafectado mediante la reposición de un área verde equivalente dentro de la zona normada por el PRMS en comunas deficitarias de este tipo de infraestructura y de menores ingresos.
- Ejecutar y mantener un área verde por 20 años en caso de que el área construida sea equivalente al área desafectada y por 5 años si el área verde equivale a tres veces el área construida.

Por otro lado añade la materialización de un “Cordón Verde”- forestación de las cuencas de los ríos Maipo, Mapocho y el Estero Las Cruces-y “Cuñas Ambientales”- cinco penetraciones verdes hacia la ciudad para mejorar su ventilación-. Con esto se estarían añadiendo 3.888 hectáreas de áreas verdes, de las cuales 2418 son destinadas a la forestación de los cursos fluviales del Maipo, Mapocho, Zanjón de la Aguada y los cerros Renca y Chena.

Dentro de esta modificación no se contempla la incorporación y/o fortalecimiento del Parque Metropolitano del Río Mapocho (Anexo N°8), el cual se ha materializado principalmente en la ribera sur y privilegiando la presencia de autopistas en la ribera norte.

CAPITULO 5: DISCUSIONES

Es posible apreciar que los parques estudiados se van diferenciando mayormente entre ellos a medida que avanza el día, hecho que concuerda con la distribución espacial de las temperatura en el Gran Santiago descrito por diversos autores (Romero *et al*, 2008; Smith, 2012; Sarricolea, 2008). El sector oriente mantiene las menores temperaturas durante la mayor parte del día. Durante la mañana y la noche las áreas del centro y poniente de la ciudad concentran las temperaturas más altas, situación que coincide con lo descrito por Smith (2012) y Sarricolea (2008) para el comportamiento del clima urbano del Gran Santiago a escala metropolitana.

La ciudad de Santiago vista desde una escala regional es un archipiélago de calor, donde el centro es el sector que presenta mayores temperaturas, las cuales se propagan con menor intensidad hacia el oriente (Smith, 2012; Romero *et al*, 2010; Sarricolea, 2008). A diferencia de lo planteado por Smith, quien señala que a escala metropolitana no se observan diferencias térmicas entre las zonas residenciales y los parques urbanos no metropolitanos, es en este periodo del día cuando los parques registran menores valores de hasta 6°C menos en aquellas estaciones más cercanas al cauce.

El Parque Mapocho Sur ejerce su efecto de mayor intensidad en tres de las cuatro estaciones instaladas, correspondiendo ésta última al punto localizado a mayor distancia del cauce y en una zona de mayor densificación, lo que se encuentra en concordancia con lo planteado por Andrade (2007), quien señala que aquellas zonas más alejadas de las áreas verdes tienden a presentar mayores temperaturas.

Pese a que diversos autores señalan como relevantes en el clima urbano las variables analizadas en esta investigación, varias de éstas no presentaron una correlación significativa en los estudios de caso aquí presentados, lo que abre la interrogante

sobre nuevos factores geográficos y urbanos que pudiesen tener incidencia en el comportamiento térmico de los parques ribereños tales como, distribución de los distintos tipos de vegetación, forma del parque, factor de visibilidad del cielo, etc. Las variables descritas anteriormente han sido estudiadas en mayor profundidad considerando su efecto a nivel metropolitano (Smith, 2012; Sarricolea, 2008) y no habían sido consideradas en este nivel de detalle, ni en este tipo de áreas verdes.

A diferencia de lo planteado por Le Blanc *et al* (1997), para el caso de Santiago el ancho del cauce no resultó ser una variable importante en el comportamiento térmico de los parques ribereños, lo que puede explicarse por la presencia de otros factores más relevantes como la calidad del bosque de ribera, las características propias del parque y el entorno construido. Lo mismo sucede con la altitud, variable que según Smith (2012) para el caso del Gran Santiago ejerce una correlación inversa en la temperatura durante la mañana y el mediodía a escala metropolitana. Para el caso de los parques estudiados a escala local este factor no arrojó un grado de correlación relevante en ninguno de los tres periodos del día trabajados.

En el caso de la presencia de cuerpos de agua, tampoco se registró una correlación alta con la temperatura de los parques, lo que puede deberse a su escasa presencia en los tres parques-siendo mayor en el sector oriente, pero aun así con un bajo porcentaje en términos totales-lo cual no sería suficiente para ejercer un rol enfriador a este nivel de detalle. Cuerpos de agua de estas dimensiones generarían su efecto a una escala de estudio aún más detallada, en lo que se conoce como microclimas (Ochoa, 1999).

A pesar de existir autores que señalan el efecto enfriador que ejerce la vegetación en la temperatura urbana (Smith, 2012; Sarricolea, 2008; Romero *et al* 2007; Andrade, 2007) y de reconocer diferencias de acuerdo a si ésta es arbórea, arbustiva o herbácea (Georgi y Zafiriadis, 2006), esta investigación no arrojó un grado de

correlación importante para los casos de estudio, lo que coincide con investigaciones que señalan que no existen reducciones significativas de la temperatura del aire bajo la sombra de los árboles (McGinn, 1982; lo que abre la interrogante acerca de la forma de abarcar estas variables a esta escala de observación. Para esta investigación se analizó la cobertura vegetal considerando solo la superficie cubierta pudiendo ser abordada considerando el volumen que éstas abarcan (m^3), representando de esa forma los distintos pisos vegetacionales al interior del parque.

El grado de impermeabilización del suelo ejercería una influencia directa e importante sobre la temperatura durante el mediodía y la noche, pero no en horas de la mañana, correspondiéndose con lo planteado por Smith (2012), Pauleit *et al* (2005) y Stewart y Oke (2009).

La distancia al cauce fue uno de los factores que presentó un mayor grado de correlación (inversa) con la temperatura de los parques ribereños. A medida que aumenta la distancia al cauce disminuye la temperatura. Esta situación se presenta de forma diferente en los tres escenarios observados, como se describe en el punto N° 4.2.3 de este trabajo. En una conversación informal con trabajadores municipales de la comuna de Providencia, éstos señalaron que trabajar en el cauce del Mapocho era mucho más “caluroso” que trabajar en el resto de la comuna. Pese a que esta comuna no está dentro del área de estudio, el deterioro de la calidad ambiental de las riberas es un hecho latente a lo largo de todo el tramo urbano del río, estado que varios autores han recalcado y sindicado como uno de los responsables de que éste no disminuya la temperatura de la ciudad (Sarricolea, 2008; Smith, 2012). Otro aspecto que explica esta condición es la presencia de una autopista a lo largo de todo el río y principalmente en los puntos observados, la cual actúa como barrera frente a los beneficios ambientales que presenta este tipo de ecosistemas e infraestructura urbana (Smith, 2012). Este elemento, en conjunto con las Zona Climáticas Termales, permite

explicar las diferencias que se observan en un mismo parque a ambos lados del cauce.

Se confirma lo planteado por Le Blanc *et al* (1997) quienes señalaron que remover la vegetación ripariana aumentaría la temperatura del canal, lo que aumentaría el calor de las zonas aledañas. El índice QBR arrojó una correlación inversa relevante durante el mediodía. Al presentarse un mejor estado del bosque de ribera las temperaturas disminuyen.

La matriz urbana en la cual se encuentran insertos los parques, descrita en este trabajo como Zonas Climáticas Termales, juega un rol fundamental en la temperatura de los parques ribereños, de acuerdo con lo descrito por Irarrázabal (2011) para la ciudad de Santiago, quien indica que el grado de densificación urbana es el factor que influye en mayor medida a la distribución de las temperaturas de emisión superficial. Ello, como se pudo observar en esta investigación, se refleja en la temperatura del aire. Jansson, *et al* (2006) señalan que el entorno construido influye en el comportamiento térmico de los parques, ya que éste recibe aire cálido inestable del entorno urbano colindante, situación que se ve reflejada en este trabajo donde las mayores temperaturas se presentaron en la zona centro y poniente que presentan de alta densidad de gran altura (B1) y alta densidad de baja altura (B3) respectivamente. Dicho comportamiento se encuentra en concordancia con lo planteado por otros autores para el caso de Santiago (Irarrázabal, 2011; Smith, 2012; Romero *et al* 2010).

Al analizar los Instrumentos de Planificación de nivel intercomunal aplicados en el Gran Santiago se puede observar un claro decrecimiento en la elaboración de medidas concretas que permitan mantener un desarrollo urbano sustentable y sostenible en el tiempo, con clara preocupación por el medio ambiente y sus repercusiones en el medio urbano. El corredor fluvial del Mapocho ha sido relegado a un segundo plano y con ello el desarrollo de sus áreas verdes aledañas, que permitan

proveer de servicios ambientales a la población y sirvan como infraestructura urbana para hacer frente al cambio climático en la ciudad con mayor población de Chile (INE,2002).

Ferrando (2006) señala que existe una inoperancia de los instrumentos de ordenamiento territorial utilizados en la Región Metropolitana para establecer los límites de expansión urbana y su mantenimiento frente a presiones inmobiliarias y los intereses económicos de las municipalidades. La gestión urbana del último tiempo se ha caracterizado por los decretos de cambio de uso de suelo rural a urbano con fines principalmente económicos, lo que se ha visto reflejado en la dinámica espacial de crecimiento urbano.

“Los próximos dos mil millones de personas que se agregarán a la población mundial vivirán en ciudades; en consecuencia, es necesario planificar para ellos desde ahora” (Estado de la población 2011 de la ONU). Pese al constante crecimiento demográfico de la ciudad de Santiago, los planes instaurados han quedado principalmente en el papel; puesto que los cambios de gobierno y con ello los intereses políticos han dificultado mantener una “imagen de ciudad” constante en el tiempo que permita obtener una real planificación y no simples zonificaciones en vista de lo que ya está hecho.

En el caso de Chile existen programas destinados a recuperar el cauce y la ribera del Mapocho, pero se han enfocado en limpiar sus aguas y alterar sus características naturales con el objeto de tener un río navegable como el caso de algunas ciudades de Europa, sin considerar que la geomorfología de la cuenca es propia de ríos torrentes no aptos para ese fin (Ferrando, 2006). La CEPAL (1999) destaca la importancia de que los países lleven a cabo un adecuado manejo de los cursos de agua urbanos. Indica que para los países de América Latina y el Caribe los corredores verdes ribereños multifuncionales o multiobjetivos son infraestructura urbana viable y

necesaria debido a los beneficios que prestan a la comunidad en general. Señala que a pesar de que existen diversos programas preocupados por la restauración y recuperación de estos espacios, muchos han fracasado debido a una mala planificación y/o seguimiento del proyecto, a lo que se le suma que estos trabajan de forma aislada y no en la totalidad del cauce. Lo anterior genera una situación paradójica puesto que a pesar de que en algunas ciudades se desarrollan arduas y costosas labores de recuperación en ciertos tramos del río, en otros se les continúa usando como vertederos, desagües o los instrumentos de planificación encajonan cada vez más el cauce y permiten usos de suelo destinados a vialidad que impermeabilizan la superficie.

En este contexto surge el concepto de Urbanismo Bioclimático (Higueras, 2006) el cual plantea una planificación integrada considerando durante su procesos las particularidades propias de cada entorno considerando las relaciones entre el medio natural y el medio construido con el objeto de minimizar las externalidades negativas. Considera el clima local como uno de los factores relevantes al momento de planificar una ciudad.

Como se mencionó en la metodología de este trabajo se consideró inicialmente un periodo de recolección de datos mucho más prolongado que el realizado finalmente, debido a reiterados actos de vandalismo donde los equipos del sector poniente fueron hurtados, perdiéndose la continuidad de los datos. Esta situación hace que investigaciones de este tipo, que pretenden analizar el efecto que este tipo de infraestructura urbana ejercen sobre el clima urbano en una micro escala sean muy difíciles de llevar a cabo.

CAPITULO 6: CONCLUSIONES

A pesar de que los tres parques corresponden a áreas verdes ribereñas, presentan características muy distintas entre sí en cuanto a su forma, extensión, y cobertura vegetal. Pero aun así, y a pesar de que los datos corresponden a una muestra pequeña debido a situaciones detalladas en la metodología, permiten proporcionar un acercamiento de lo que este tipo de infraestructura urbana es capaz de generar en el clima local de la ciudad, incluyendo la influencia que el río y las áreas verdes presentan sobre las temperaturas urbanas.

Los elementos de la ciudad que de acuerdo a diversos autores presentan incidencia sobre el clima urbano a escala metropolitana, no necesariamente presentan incidencia relevante en la temperatura de los parques ribereños. De acuerdo a los resultados encontrados en esta investigación, es posible establecer claras diferencias en el comportamiento térmico de los parques analizados, que se deben no sólo a sus características propias, sino que también y principalmente, a la matriz urbana en la cual se encuentran insertos, la cual en áreas de este tamaño ejerce un efecto importante.

A pesar de esto, es posible afirmar que este tipo de parques ejerce un efecto enfriador de las temperaturas locales. Considerando el contexto global de cambio climático, este tipo de infraestructura urbana se levanta como una alternativa viable para construir ciudades que sean capaces de enfrentar el constante aumento de las temperaturas, destacando la importancia de ser planificadas, construidas y mantenidas de acuerdo a las necesidades y características propias de cada localidad y/o municipio.

La evolución que han tenido los instrumentos de ordenamiento territorial desde la incorporación del concepto de intercomunal a la planificación urbana chilena, dan cuenta de un retroceso en la mirada ambiental y ecológica que se tiene del río

Mapocho. Desde la aplicación del PRIS del 60, no se ha logrado concretar la propuesta de áreas verdes ribereñas planteadas como necesarias para el desarrollo de una ciudad sustentable, no sólo desde el punto de vista la calidad de sus riberas, sino que además considerando el riesgo que implica para la población que la ciudad se desarrolle en torno a un cauce de las características del Mapocho. A diferencia de lo que se podría haber pensado cuando se incorporó el concepto de intercomunal en Chile, el cauce del Mapocho ha sido abordado de forma segmentada por las diversas comunas que este atraviesa, lo que se ve reflejado en los diversos usos de suelo que presenta a lo largo de toda su trayectoria por el Gran Santiago, siendo muy dispar a la misma altura pero en riberas opuestas.

Se destaca la escasez de investigaciones de este tipo en Chile y el resto de América Latina, donde recién en la última década se ha logrado reducir la escala de análisis a un nivel de detalle local.

CAPITULO 7: BIBLIOGRAFÍA

- ADIMARK.** 2004. «Mapa socioeconómico de Chile. Nivel socioeconómico de los hogares de Chile basado en datos del Censo de Población y Vivienda 2002».»
- ALLAN, J. D.** 2004. «Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems». *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*: Vol. 35: 257-284
- ANDRADE, H., VIEIRA, R.** 2007. «A climatic study of an urban green space: the Gulbenkian Park in Lisbon (Portugal) ». *Finisterra* 42 (84): 27–46.
- BRYANT, M. M.** 2006. «Urban landscape conservation and the role of ecological greenways at local and metropolitan scales». *Landscape and Urban Planning* 76 (1-4): 23–44.
- BROOKS, K. N.** 2003. «Hydrology and the management of watersheds». Wiley-Blackwell.
- BORSODORF A.** 2003. «Hacia la ciudad fragmentada. Tempranas estructuras segregadas en la ciudad latinoamericana, » en *Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales*. Barcelona: Universidad de Barcelona, vol. VII, núm. 146(122). [http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-146\(122\).htm](http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-146(122).htm)
- BORSODORF A., HILDAGO R.** 2005. « Los mega-diseños residenciales vallados en la perifería de las metrópolis latinoamericanas y el advenimiento de un nuevo concepto de ciudad. Alcances en base al caso de Santiago de Chile, » VII. Coloquio Internacional de Geocrítica, Santiago de Chile
- BORSODORF, A., HIDALGO, R., SÁNCHEZ, R.** 2007. «A new model of urban development in Latin America: The gated communities and fenced cities in

the metropolitan areas of Santiago de Chile and Valparaíso. *Cities*, Vol. 24, No. 5, 365-378.

BUREL, J., BAUDRY, F. 2002. «Ecología del paisaje. Conceptos, métodos y aplicaciones. » Madrid: Mundi-Prensa.

CHIESURA, A. 2004. «The role of urban parks for the sustainable city». *Landscape and Urban Planning* 68 (1) (mayo 15): 129-138.
doi:10.1016/j.landurbplan.2003.08.003.

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE, CEPAL. 1999.
«Gestión de cuencas y ríos vinculados con centros urbanos»

COMISIÓN NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE, CONAMA. «Plan Nacional de Cambio Climático 2008-2012». Gobierno de Chile

DELGADO, D. 2001. «Análisis del rol de las áreas verdes como islas de frío en la ciudad de Santiago. » Memoria para optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza. Universidad de Chile

DEL TÁNAGO, M. G., DE JALÓN, D., DIRECTIVE, W. 2006. «Índice RQI para la valoración de las riberas fluviales en el contexto de la directiva marco del agua». *Ingeniería Civil* 143: 97–108.

DE MATTOS, C. 2004. «Santiago de Chile: Metamorfosis bajo un nuevo impulso de modernización capitalista. En De Mattos, C, Ducci, M. E, Rodríguez, A Y Yañez, G. (Eds). *Santiago en la Globalización: ¿Una nueva ciudad?* .Santiago, Ediciones SUR y Libros EURE, (2004). pp. 17 - 46

DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA UNIVERSIDAD DE CHILE, DGF. 2011. «Boletín Climatológico Agosto 2011». Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile.

- DÍAZ, I. Y ARMESTO, J.** 2003 «La conservación de las aves silvestres en ambientes urbanos de Santiago. » Revista Ambiente y Desarrollo VOL. XIX/ N° 2, 31-38.
- ELIASSON, I., UPMANIS, H.** 2000. «Nocturnal airflow from urban parks-implications for city ventilation». Theoretical and applied climatology 66 (1): 95–107.
- EE.UU./FEDERAL INTERAGENCY STREAM RESTORATION WORKING GROUP** 1998, «Stream corridor restoration: principles, processes, and practices, U.S. » Department of Commerce, National Technical Information Service (se encuentra disponible en http://www.usda.gov/stream_restoration/newgra.html).
- FERRANDO, F.** 2006. «Rio Mapocho: «Características hidrológicas vs. proyecto Mapocho Navegable” ».0717-5051. Revista De Urbanismo Edición del Departamento de Urbanismo de la F.A.U. de la Universidad de Chile. Agosto 2006, Santiago
- FUENTES, C., OPAZO, D. y ROMERO, H.** 2011. «Clasificación de Zonas Climáticas Termales en la Ciudad de Santiago de Chile y su relación con los Cambios Climáticos Urbanos. » XXXII Congreso Nacional y XVII Internacional de Geografía 22 al 25 de noviembre de 2011. Valparaíso, Chile.
- GEORGI, N. J., ZAFIRIADIS, K.** 2006. «The impact of park trees on microclimate in urban areas». Urban Ecosystems 9 (3) (mayo): 195-209. doi:10.1007/s11252-006-8590-9.
- HIDALGO, R., ARENAS F.** 2003. «Las políticas de vivienda social y la construcción del espacio urbano en Santiago en las últimas décadas,» en Los Nuevos Modos de Gestión de la Metropolitización, » Eds. Santiago de Chile, pp. 69–84.

- HIDALGO, R. TRUMPER, R., BORSODORF A.** 2005. «Transformaciones urbanas y procesos territoriales. Lecturas del nuevo dibujo de la ciudad latinoamericana. » *Revista de Geografía Norte Grande*, 34: 107-109
- HIGUERAS, E.** 2006 «Urbanismo Bioclimático». Editorial Gustavo Gili
- HOFER, R., BANZHAF, E., ROMERO, H.** 2009. «Analysing dynamic parameters for urban heat stress incorporating the spatial distribution of urban structure types». En *Urban Remote Sensing Event, 2009 Joint*, 1–4.
- HONJO, T; NARITA K. L, SUGAWARA H; MIKAMI, T; KIMURA, KUWATA N.** 2003, «Observation of cool island effects in urban park (Shinjuku Gyoen) » XV International Conference on Urban Climates, Varsaw,
- IHL THESSMAN. M., ACUÑA C., SMITH, R.** 1999. «Cambios en los balances naturales de una ciudad (clima, aire, suelo, agua, flora y fauna): el caso de Santiago, Chile. » *Anales de la Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas* año 1999. Páginas 63 – 70.
- IRARRÁZVAL, F.** 2011. «Clasificación y evaluación ambiental de zonas termales en el transecto entre las comunas de Pudahuel y Las Condes y su relación con el mercado inmobiliario. » Memoria para optar al Título Profesional de Geógrafo. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile.
- JANOSCHKA, M.** 2002. «El nuevo modelo de la ciudad latinoamericana: Fragmentación y privatización. » *EURE*. 28 (85). Diciembre.
- JANSSON, C., P. JANSSON, E., GUSTAFSSON D.** 2006. « Near surface climate in an urban vegetated park and its surroundings». *Theoretical and Applied Climatology* 89 (3-4) (diciembre): 185-193. doi:10.1007/s00704-006-0259-z.

- KATZ, C; REID, P., ANDRADE, M.** 2009 «Tres visiones sobre el río Mapocho». ARQ (Santiago) [online]. Nn.72, pp. 56-59. ISSN 0717-6996. doi: 10.4067/S0717-69962009000200011.
- KRELLENBERG, K., HÖFER, R., WELZ, J.,** 2011. «Dinámicas recientes y relaciones entre las estructuras urbanas y socioeconómicas en Santiago de Chile: el caso de Peñalolén». Revista de Geografía Norte Grande (48) (mayo): 107-131. doi:10.4067/S0718-34022011000100007.
- LARA, A. 2000.** «Diseño estadístico de experimentos, análisis de la varianza y temas relacionados tratamiento informático mediante SPSS». Granada : Proyecto Sur, 2000. ISBN: 84-8254-947-2
- LÓPEZ, C.** 2008. «Efectos del crecimiento espacial del Área Metropolitana de Santiago sobre la ecología de paisaje del sistema El Roble – Batuco en la comuna de Lampa, periodo 1996 – 2007». Anales de la Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas.
- LE BLANC, R. T., BROWN, R. D., FITZGIBBON, J. E.** 1997. « Modeling the effects of land use change on the water temperature in unregulated urban streams». Journal of Environmental Management 49 (4): 445–469.
- MCGINN, C** 1982. Microclimate and energy use in suburban tree canopies. Ph.D. Thesis, University of California at Davis
- MARTIN, J., KURC, S., ZAIMES, G., CRIMMINS, M., HUTMACHER, A., GREEN D.** 2012. «Elevated air temperatures in riparian ecosystems along ephemeral streams: The role of housing density». Journal of Arid Environments 84 (septiembre): 9-18. doi:10.1016/j.jaridenv.2012.03.019.
- MATZARAKIS, A., MAYER, H.** 1997 «Heat stress in Greece», International Journal of Biometeorology, vol. 41, n.º 1, pp. 34–39.

- MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO, MINVU.** 2008. «Memoria explicativa Plan Regulador Metropolitano de Santiago. »Secretaría Regional Ministerial
- MOLINA, M.** 2007. « Efectos de los tipos de urbanización asociados al crecimiento urbano del área Metropolitana del Gran Santiago sobre la generación y comportamiento de micro islas de calor. », Memoria para optar al Título Profesional de Geógrafo. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile. p. 118.
- MOLINA, M., ROMERO, H., SARRICOLEA, P.** 2009. «Características socio ambientales de la expansión urbana de las Áreas metropolitanas de Santiago y Valparaíso.» En «Chile: del país urbano al país metropolitano», Hidalgo, R., De Mattos, C., Arenas, F. (Editores). Serie GEOlibros N°12 Colección EURE-Libros. Instituto de Geografía e Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales, Pontificia Universidad Católica de Chile. 187-200p.
- MUNNÉ, A., FORNELLS, C. SOLÁ, A.** 1998 «QBR: Un índice rápido para la evaluación de la calidad de los ecosistemas de ribera», Tecnología del agua, n.º 175, pp. 20–39.
- MUNNÉ , M. L. SUÁREZ, M. R. VIDAL-ABARCA GUTIÉRREZ, M. DEL M. SÁNCHEZ-MONTOYA, J. ALBA TERCEDOR, M. ÁLVAREZ, J. AVILÉS, N. BONADA I CAPARRÓS, J. CASAS, P. JÁIMEZ-CUÉLLAR, Y T. I TORRAS.** 2002. «Las riberas de los ríos mediterráneos y su calidad: El uso del índice QBR», Limnetica, 2002, vol. 21, num. 3-4, p. 135-148.
- NAIMAN R. J., TURNER, M.** 2000 « A future perspective on North America's freshwater ecosystems», Ecological Applications, vol. 10, n.º 4, pp. 958–970.

OCHOA, J. 1999. «La vegetación como instrumento para el control microclimático».

Tesis Doctoral para Obtener el grado de Doctor en Arquitectura.

Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona. Disponible en

<http://hdl.handle.net/10803/6124>

OKE, T., 1982. « The energetic basis of the urban heat island. »Quarterly Journal of Royal Meteorological Society, 108: 1-24.

OKE, T. 1987. « The thermal regime of urban parks in two cities with different summer climates, » International Journal of Remote Sensing, Vol. 19, Nº. 11, 2085 - 2104.

OKE, T. 1995. «The heat island of the urban boundary layer: Characteristics,causes and effects. » In J. E. Cermak, A. G. Davenport, E. J. Plate,& D. X. Viegas (Eds.), Wind climate in cities (pp. 81–107). Dordrecht:Kluwer Academic.

OKE, T. 1987. « Boundary Layer Climates». London: Routledge. Segunda Edición, British Library. ISBN 0-416-04422-0.

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS, 2011 (ONU-HABITAT). Las ciudades y el cambio climático: orientaciones para políticas informe mundial sobre asentamientos humanos 2011. Washington, DC, EE.UU.

PAVEZ, M. 2008. «El corredor fluvial del Mapocho como recurso multifacético: avances y retrocesos en las concepciones y acciones de un siglo. » Revista de Urbanismo Nº18. Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo

PAVEZ, M. (comp.); **PARROCHIA, J.** (autor y co-autor de contenidos en MOP de Chile), 1994. «El Plan Tridimensional de Ordenamiento Territorial y la Región Metropolitana de Santiago 1960-2000». Ed. Departamento de Urbanismo de la F.A.U. de la Universidad de Chile, 2ª ed. 2001, digital,

revisada y ampliada, planos, cuadros, gráficos, color y b/n, ISBN 956-19-0359-8, 216 págs.

- PAVEZ, M.** 2002. «Planificación urbana-regional y paisaje: impronta de los planes 1960-1994 para Santiago de Chile». Departamento de Urbanismo, Facultad de Arquitectura de la Universidad de Chile. <http://revistaurbanismo.uchile.cl/n6/pavezmtotal.html>.
- PICKETT, S. CADENASSO, J. M. GROVE, C. H. NILON, R. V. POUYAT, W. C. ZIPPERER, R. COSTANZA.** 2001. «URBAN ECOLOGICAL SYSTEMS: Linking Terrestrial Ecological, Physical, and Socioeconomic Components of Metropolitan Areas¹». *Annual Review of Ecology and Systematics* 32 (1): 127-157. doi:10.1146/annurev.ecolsys.32.081501.114012.
- PAULEIT, S.; ENNOS, R.; GOLDING, Y.** 2005. «Modeling the environmental impacts of urban land use and land cover change – a study in Merseyside, UK. » *Landscape and Urban Planning* 71: 295-310.
- PLATT, R. H.** 1994. «From commons to commons: evolving concepts of open space in North American cities». *The Ecological City: Preserving and Restoring Urban Biodiversity*: 21–39.
- PLUHOWSKI, E.** 1970. «Urbanization and its effect on the temperature of the estrams on Long Island, New York, »U.S. Geol. Survey Prof. Paper 627-D 100p
- ROMERO, H.,** 2004. «Crecimiento Espacial de Santiago entre 1989 y 2003 y la Pérdida de Servicios Ambientales. *Hacer Ciudad*, » Editor Patricio Tupper, Centro Chileno de Urbanismo, Santiago: 179-201.
- ROMERO, H., M. MOLINA, C. MOSCOSO, Y P. SMITH.** 2006. «Cambios de usos y coberturas de los suelos asociados a la urbanización de las metrópolis chilenas». En *Anales de la Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas*, 194–198.

- ROMERO, H., VÁSQUEZ, A.** 2005. «Evaluación ambiental del proceso de urbanización de las cuencas del piedemonte andino de Santiago de Chile». EURE (Santiago) 31 (94): 97–117.
- 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) (diciembre). doi:10.4067/S0718-83582010000300005.
http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071883582010000300005&script=sci_arttext&tlng=pt.
- ROSALES, J., LEAL, S.** 2003. «Corredor ribereño del orinoco y sus tributarios: Valoración de un potencial natural para ecoturismo fluvial». Conferencia Expoecoturismo 2003, 29 de Octubre al 1 de Noviembre
- SARRICOLEA, P. A. S.** 2008. «Análisis de la sustentabilidad del crecimiento urbano de la ciudad de santiago y sus efectos sobre la configuración de las temperaturas superficiales». http://www.cybertesis.uchile.cl/tesis/uchile/2008/aq-sarricolea_pa/pdfAmont/aq-sarricolea_pa.pdf.
- SECRETARÍA REGIONAL MINISTERIAL, REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO.** 2009. «Cambios demográficos 1990 – 2020: Análisis Proyecciones de Población INE».
- SHAM, S.,** 1987. «Climate amelioration of an urban forest: a study of the Bukit Nenas reserve, Kuala Lumpur. In Tropical Urban Ecosystems Studies, » Vol. 3: Meteorological and Air Quality Impact of the Klang Valley Region, edited by S. Sham, Technical Report Working Group on Urban Ecosystems, Malaysian National MAB Committee, pp. 111-127.

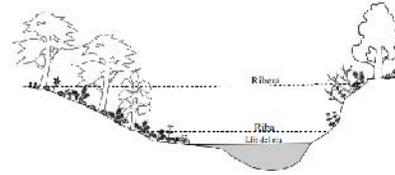
- SHAM, S.**, 1991. «Urban climatology in Malaysia: an overview. Energy and Buildings», 15 16,105-117.
- STEWART. I., OKE. T.** 2009. «Newly developed “thermal climate zones” for defining and measuring urban heat island magnitude in the canopy layer. » Preprints, T.R. Oke Symposium & Eighth Symposium on Urban Environment. 2009.
- SMITH, P.** 2012. «Distribución Termal Intraurbana en Santiago de Chile. Aporte a la Gestión Ambiental de la ciudad a partir de la construcción de un modelo que permita generar un mapa térmico de verano. » Memoria para optar al grado de Magister en Gestión y Planificación Ambiental. Universidad de Chile
- THIBAUT, P.** 1997. «Ground cover patterns near streams for urban land use categories». Landscape and Urban Planning 39, 37-45.
- UPMANIS, H., CHEN, D.** 1999. «Influence of geographical factors and meteorological variables on nocturnal urban-park temperature differences-a case study of summer 1995 in Goeteborg, Sweden». Climate Research 13: 125–139.
- VÁSQUEZ, A.** 2007. «Vegetación urbana y desigualdades socioeconómicas en la comuna de Peñalolén, Santiago de Chile. Una perspectiva de justicia ambiental. » Tesis presentada al Departamento de Posgrado y Postítulo, Programa Interfacultades de la Universidad de Chile para optar al grado de Magíster en Gestión y Planificación Ambiental. Santiago, Chile
- VÁSQUEZ, A., RIVEROS, S., ROMERO, H.** 2005. «Sustentabilidad del desarrollo urbano del Gran Concepción». En Anales XXVI Congreso Nacional y XVI Congreso Internacional de Geografía Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas.

- VÁSQUEZ, A. Y ROMERO, H.** 2007. «The Chilean Free Market and the Lack of Governance of Urban Green Areas». *Landschaftsentwicklung und Umweltforschung, Schriftenreihe der Fakultät Planen Bauen Umwelt Band S20*, Berlin, 2007. pp. 267-269.
- VÁSQUEZ, A., SALGADO, M., ROMERO, H., SMITH, P.** 2009. «Desigualdades socioeconómicas y distribución inequitativa de los riesgos ambientales en las comunas de Peñalolén y San Pedro de la Paz. Una perspectiva de justicia ambiental». *Revista de Geografía Norte Grande* 43: 95–110.
- VELEZ, L.** 2009 «Del parque urbano al parque sostenible: Bases conceptuales y analíticas para la evaluación de la sustentabilidad de parques urbanos. » *Rev. geogr. Norte Gd.* [online]. n.43 [citado 2011-02-09], pp. 31-49 . Disponible en: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071834022009000200002&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0718-3402. doi: 10.4067/S0718-34022009000200002.
- WHITFORD, V, ENNOS A., HANDLEY J.** 2001 «City form and natural process"- indicators for the ecological performance of urban areas and their application to Merseyside, UK. » *Landscape and Urban Planning*. Vol. 57. pp .91 – 103.

ANEXOS

Anexo N°1:

Ficha aplicada en terreno. Índice QBR, extraída de Munné et al. (1998).



Calificación de la zona riparia de los ecosistemas fluviales. Índice QBR

La puntuación de los 4 apartados no puede ser negativa ni exceder de 25

Estación	
Observador	
Fecha	

Grado de cobertura de la ribera

Puntuación	
25	> 80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan)
10	50-80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera
5	10-50 % de cubierta vegetal de la zona de ribera
0	< 10 % de cubierta vegetal de la zona de ribera
+10	Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total
+5	Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es superior al 50%
-5	Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente está entre el 25 y el 50%
-10	Si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es inferior al 25%

Estructura de la cobertura (se contabiliza toda la zona de ribera)

Puntuación	
25	Recubrimiento de árboles superior al 75 %
10	Recubrimiento de árboles entre el 50 y el 75 % o recubrimiento de árboles entre el 25 y el 50 % y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 %
5	Recubrimiento de árboles inferior al 50 % y el resto de la cubierta con arbustos entre el 10 y el 25 %
0	Sin árboles y con arbustos por debajo del 10 %
+10	Si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50%
+5	Si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos está entre el 25 y el 50%
+5	Si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y la de árboles

	con sotobosque
-5	Si existe una distribución regular (linealidad) de los árboles y el sotobosque recubre más del 50 %
-5	Si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad
-10	Si existe una distribución regular (linealidad) de los árboles y el sotobosque recubre menos del 50 %

Calidad de la cubierta (depende del tipo geomorfológico de la ribera*)

Puntuación		Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
25	Nº de especies diferentes de árboles autóctonos	>1	>2	>3
10	Nº de especies diferentes de árboles autóctonos	1	2	3
5	Nº de especies diferentes de árboles autóctonos	-	1	1-2
0	Sin árboles autóctonos			
+10	Si la comunidad forma una franja longitudinal continua adyacente al canal fluvial en más del 75% de la longitud del tramo			
+5	Si la comunidad forma una franja longitudinal continua adyacente al canal fluvial entre el 50 y el 75% de la longitud del tramo			
+5	Si las diferentes especies se disponen en bandas paralelas al río	>2	>3	>4
+5	Si el número diferente de especies de arbustos es (ver lista en el reverso)			
-5	Si existen estructuras construidas por el hombre			
-5	Si existe alguna sp.introducida (alóctona)** aislada			
-10	Si existen spp. alóctonas** formando comunidades			
-10	Si existe vertido de desperdicios			

Grado de naturalidad del canal fluvial

Puntuación	
25	El canal del río no ha sido modificado
10	Modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal.
5	Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río
0	Río canalizado en la totalidad del tramo
-10	Si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río
-10	Si existe alguna presa u otra infraestructura transversal en el lecho del río

Puntuación Final (Suma de las puntuaciones anteriores)	
---	--

*** Determinación del tipo geomorfológico de la zona de ribera (apartado 3, Calidad de la cobertura)**

Sumar el tipo de desnivel de la derecha y la izquierda del lecho, y sumar o restar según los otros dos apartados.

Tipo de desnivel de la zona de ribera		Izq	derecha
Vertical/cóncavo (pendiente > 75°), con una altura no superable por las máximas avenidas		6	6
Igual pero con un pequeño talud u orilla inundable periódicamente (avenidas ordinarias)		5	5
Pendiente entre el 45 y el 75 °, escalonado o no. La pendiente se cuenta con el ángulo entre la horizontal y la recta entre el lecho y el último punto de la ribera. a > b		3	3
Pendiente entre el 20 y el 45 °, escalonado o no. a < b		2	2
Pendiente < 20 °, ribera uniforme y plana.		1	1
Existencia de una isla o islas en medio del lecho del río			
Anchura conjunta "a" > 5 m.		-2	
Anchura conjunta "a" entre 1 y 5 m.		-1	

Capacidad potencial para soportar una masa vegetal de ribera. Porcentaje de sustrato duro con incapacidad para que arraigue una masa vegetal permanente

> 80 %	No se puede medir
60 - 80 %	+6
30 - 60 %	+4
20 - 30 %	+2

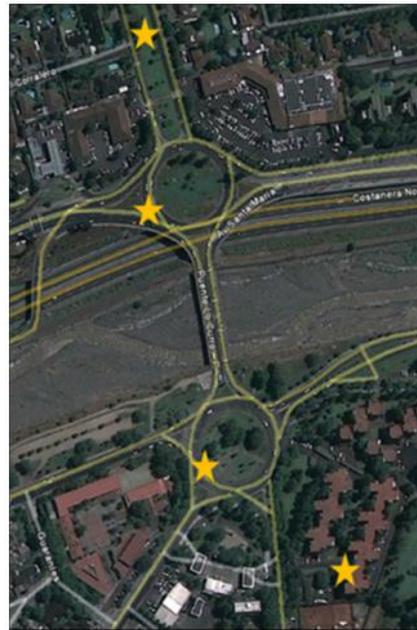
Puntuación Total	
-------------------------	--

Tipo geomorfológico según la puntuación

>8	Tipo 1	Riberas cerradas, normalmente de cabecera, con baja potencialidad para poseer un bosque extenso.
Entre 5 y 8	Tipo 2	Riberas con una potencialidad intermedia para soportar una zona vegetada, tramos medios de ríos.
<5	Tipo 3	Riberas extensas, tramos bajos de los ríos, con elevada potencialidad para poseer un bosque extenso.

Anexo Nº2: Localizaciones Estaciones de Medición

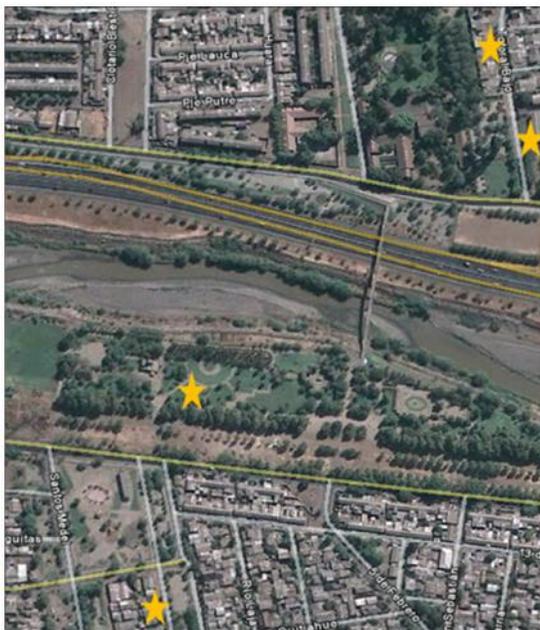
- Parque Antonio Rabat



- **Parque Los Reyes**



- **Parque Mapocho Poniente**



Anexo N°3: Zonas Climáticas Termales presentes en los parques en estudio.

Nombre	Código	Descripción	Ejemplo
Cobertura arbórea dispersa	N2	Parques urbanos superiores a 1 Ha. Predomina la cobertura vegetal y se observa además la presencia de maicilo y asfalto. Presente en los tres casos de estudio.	
Matorral y arbusto	N3	Corresponden a espacios naturales cercanos al límite urbano. Presente en alrededores del Parque Antonio Rabat.	
Suelo desnudo	N5	Sitios eriazos, terrenos al borde de autopistas, borde de río, descanso y barbecho agrícola. Desprovistos de vegetación. Presente cercano al Parque Mapocho Poniente.	
Alta densidad de gran altura	B1	Corresponde el sector consolidado de la ciudad. Predominan edificaciones superiores a siete pisos con escasa separación entre si. Predominan en las zonas aledañas al Parque Los Reyes.	

<p>Alta densidad de gran y media altura</p>	<p>B1/B2</p>	<p>Presenta edificaciones de cinco a ocho pisos presentados de forma desorganizada. Esta tipología se encuentra cercana al Parque Los Reyes</p>	
<p>Alta densidad de media altura</p>	<p>B2</p>	<p>Presente en menor medida hacia el sur del Parque Los Reyes. Presenta edificaciones entre y ocho pisos</p>	
<p>Alta densidad de media y baja altura</p>	<p>B2/B3</p>	<p>Edificaciones no mayores a tres pisos principalmente, aunque aparecen en forma aleatorio construcciones que llegan incluso hasta los ocho pisos. Se presentan al poniente del Parque Los Reyes.</p>	
<p>Alta densidad de baja altura</p>	<p>B3</p>	<p>Corresponden a aglomeraciones de vivienda social de baja altura, con escasa separación entre sí. Baja presencia de vegetación. Presente en al norte del Parque Los Reyes y prácticamente en la totalidad de los alrededores del Mapocho Poniente.</p>	

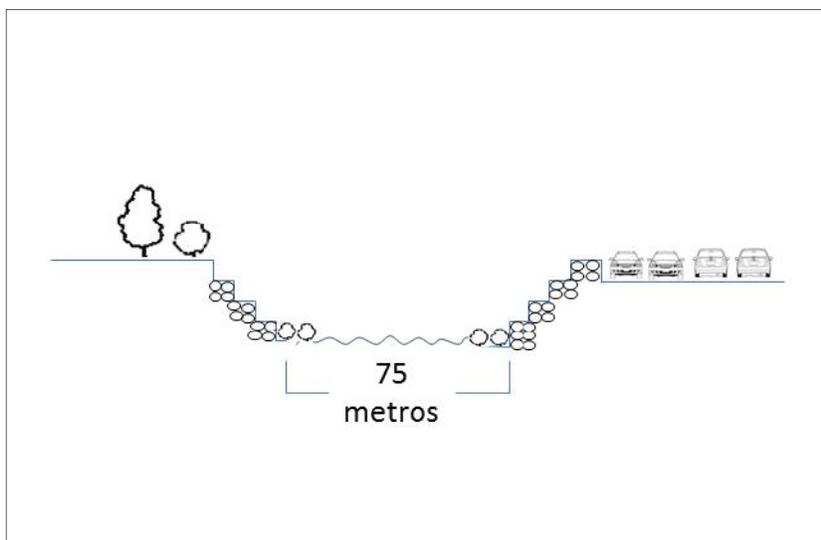
<p>Baja densidad de gran altura</p>	<p>B4</p>	<p>Edificios sobre los nueve pisos con separación entre si y presencia de vegetación. Se observan en bajo porcentaje al oriente del Parque Antonio Rabat.</p>	
<p>Baja densidad de media altura</p>	<p>B5</p>	<p>Bloques de vivienda social y/o condominios cerrados con presencia de vegetación. Se observa en los tres casos estudiados.</p>	
<p>Baja densidad de baja altura</p>	<p>B6</p>	<p>Proyectos inmobiliarios o de autoconstrucción unifamiliares con baja densidad de edificación y baja altura, presentan extensos jardines y abundante vegetación. Se presenta en la zona centro y de forma abundante en el entorno del Parque Antonio Rabat.</p>	
<p>Extensivo de baja altura</p>	<p>B7</p>	<p>Edificaciones destinadas a la industria inofensiva, presentan gran porcentaje de impermeabilización. Presente en los tres casos analizados.</p>	
<p>Urbanización dispersa</p>	<p>B9</p>	<p>Edificaciones de autoconstrucción destinadas al uso residencial, centros deportivos y parques urbanos. Abundante cobertura vegetal, presente en el sector oriente.</p>	

Fuente: Adaptado de Irrázabal (2011)

Anexo Nº 4: Corte transversal Río Mapocho

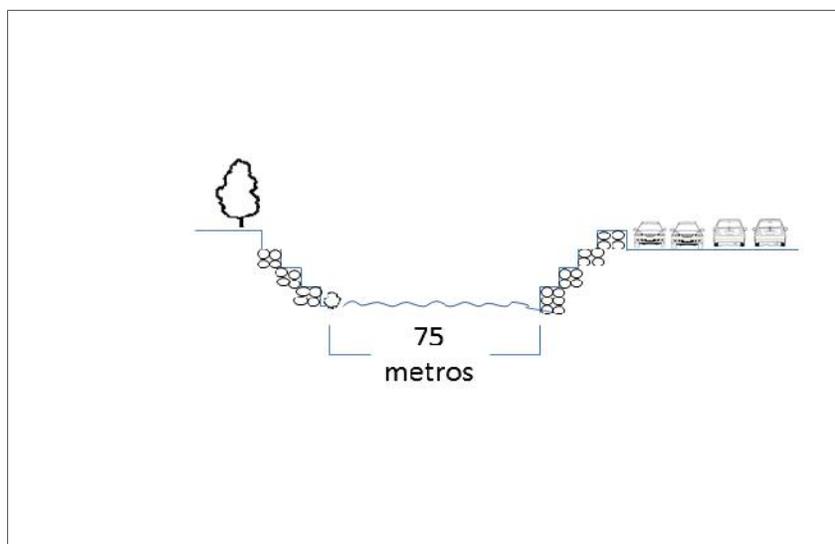
a.-Sector oriente

Corte transeversal río Mapocho, parque Antonio Rabat



Fuente: Elaboración Propia

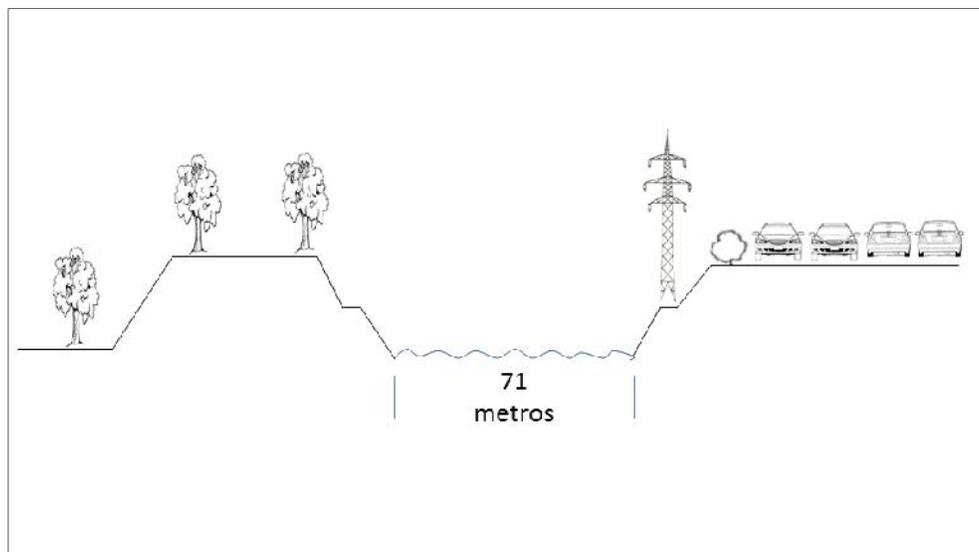
Corte transversal río Mapocho, parque Antonio Rabat



Fuente: Elaboración Propia

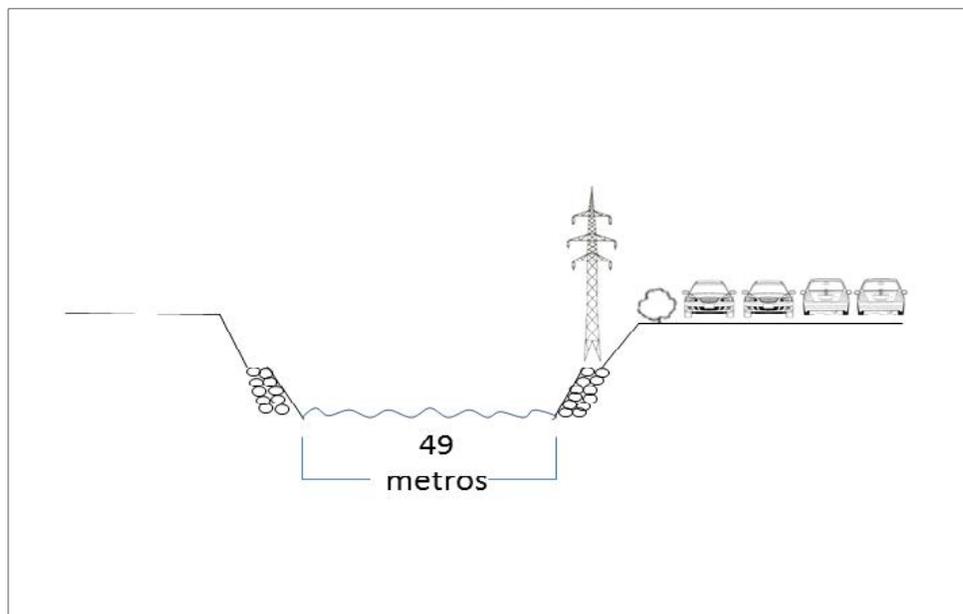
b.- Sector centro

Corte transversal río Mapocho, parque Los Reyes



Fuente. Elaboración Propia

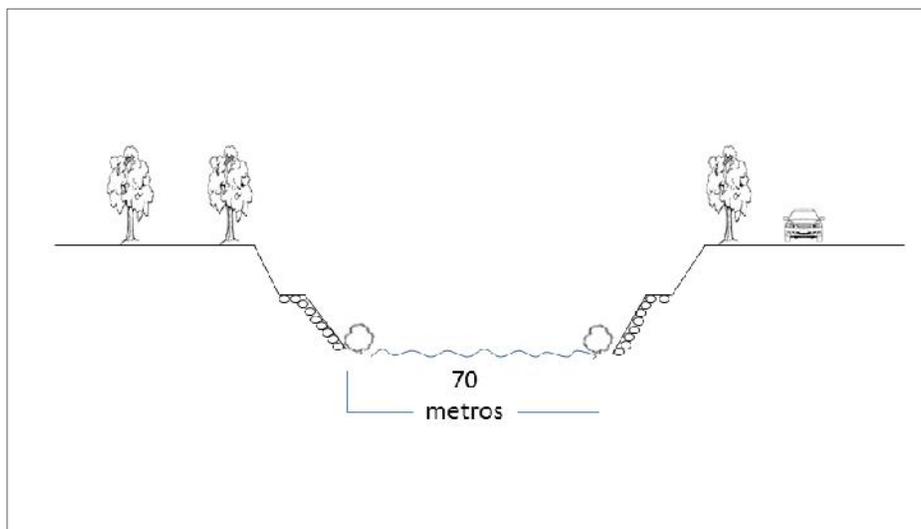
Corte transversal río Mapocho, parque Los Reyes



Fuente. Elaboración Propia

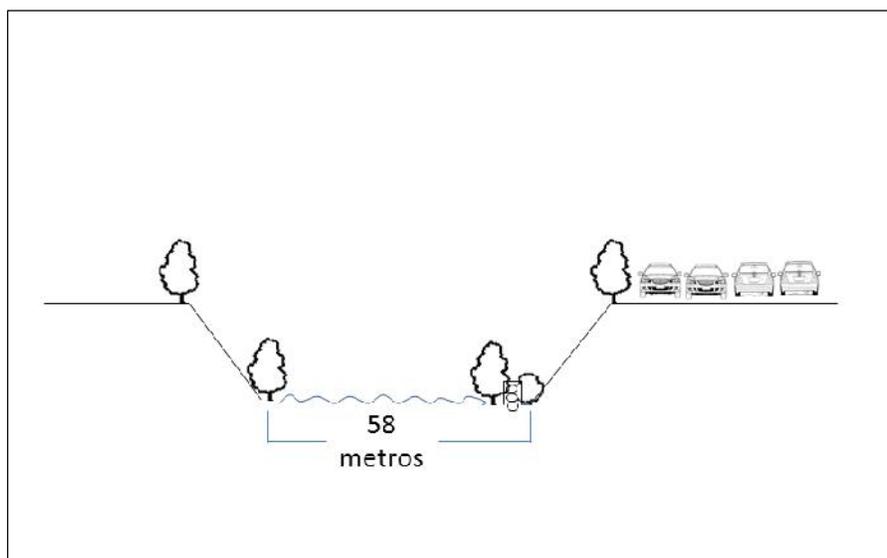
c.- Sector poniente

Corte transversal río Mapocho, parque Mapocho Sur



Fuente. Elaboración Propia

Corte transversal río Mapocho, parque Mapocho Sur

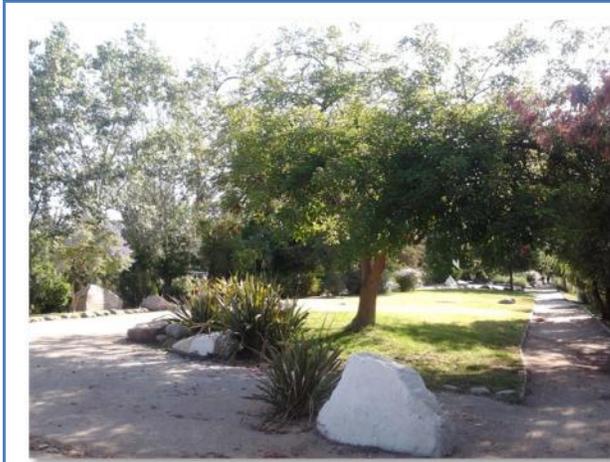


Fuente. Elaboración Propia

Anexo N°5: Anexo fotográfico

- Sector oriente

Imagen	Observaciones
	Vista ribera norte. Gaviones dispuestos formando terrazas.
	Basura dispuesta al interior del río, esta situación aumenta aguas abajo.



Vista desde el interior del parque.

- Sector centro

Imagen	Observaciones
	<p>Vista desde el límite oriente hacia el poniente donde se observa la predominancia de la especie <i>Platanus orientalis</i>, la cual bordea todo el parque.</p>
	<p>Vista desde el interior del parque. La vegetación predominante es de carácter alóctona, observándose dentro de las especies autóctonas <i>Peumus boldus</i>, <i>Acacia caven</i>, <i>Robinia pseudoacacia</i>, <i>Cryptocarya alba</i>, <i>Shinus molle</i> y <i>Quillaja saponaria</i>.</p>



Represa a la altura de Manuel Rodríguez. Posterior a este punto las paredes de la riberas dejan de estar cubiertas de cemento, para dar paso a la presencia intermitente de gaviones.



Laguna artificial presente al interior del parque.



Borde sur del parque, delimitado por *Platanus orientalis*.



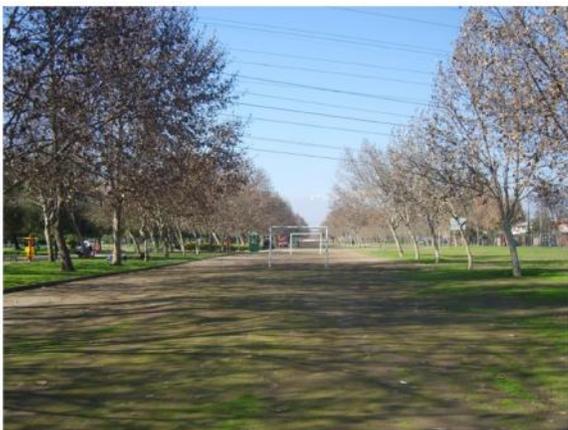
Vista superior hacia skatepark presente al interior del Parque Los Reyes. Este sector es el que presenta un menor porcentaje de cobertura vegetal.

- Sector poniente:

Imagen	Observaciones
A photograph showing a dirt path that leads from the foreground into a grassy field. In the distance, there is a large, dark building, possibly a stadium or arena. The sky is clear and blue.	<p>Límite oriente del parque donde se observa que éste no ha sido consolidado. En la fotografía una pista para carreras de caballos perteneciente al Club de Huasos de la comuna.</p>



Vegetación introducida que se observa en gran parte del parque



Límite del parque con abundante presencia de *Platanus orientalis*



Microbasural presente en la zona de ribera.

Anexo 6: Coeficiente de Kruskal-Wallis

a.- Coeficiente de Kruskal-Wallis. relación distancia al cauce

Test de Kruskal - Wallis

Sector	Mañana	Media Día	Noche
Oriente	0,001	0,000	0,199
Centro	0,000	0,706	0,498
Poniente	0,000	0,396	0,000

Fuente: Elaboración Propia.

b.- Coeficiente de Kruskal-Wallis . Análisis entre parques

Test de Kruskal - Wallis

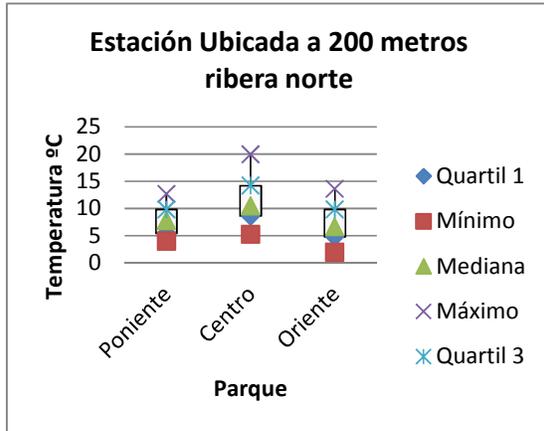
	200 metros	100 metros	100 metros	200 metros
Mañana	0,000*	0,000*	0,886	0,001*
Medio Día	0,693	0,048*	0,419	0,000*
Noche	0,319	0,000*	0,323	0,158

*Correlación significativa al nivel 0,005

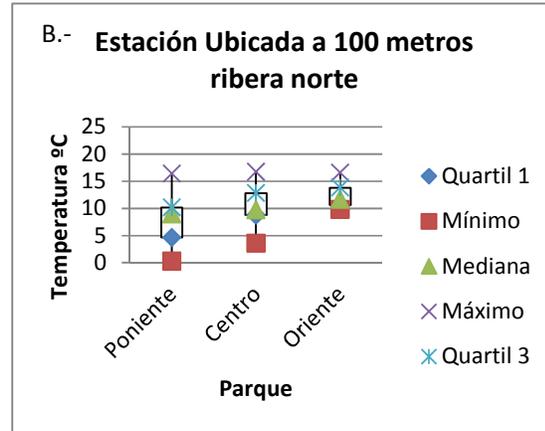
Fuente: Elaboración Propia.

Anexo N°7: Comportamiento térmico parques

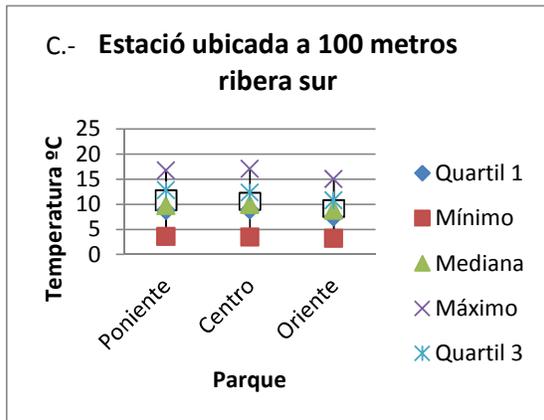
a.- Comportamiento térmico durante la mañana



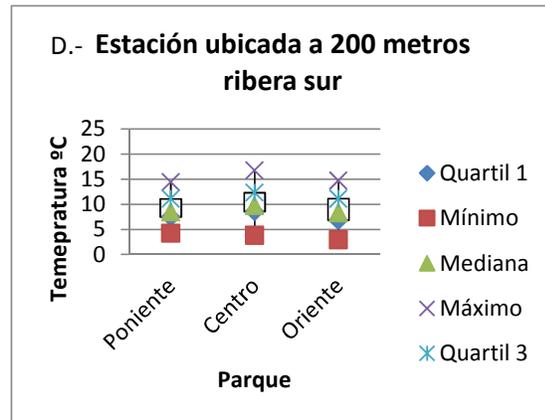
Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

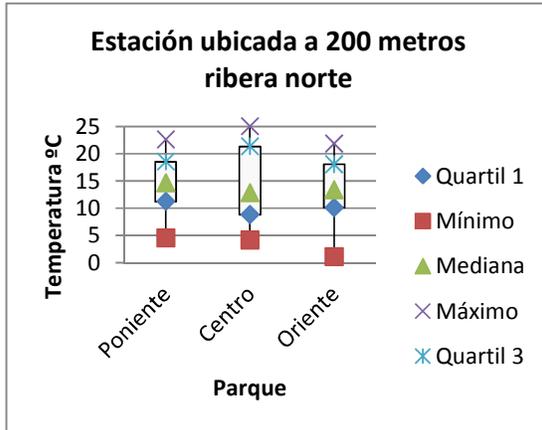


Fuente: Elaboración Propia

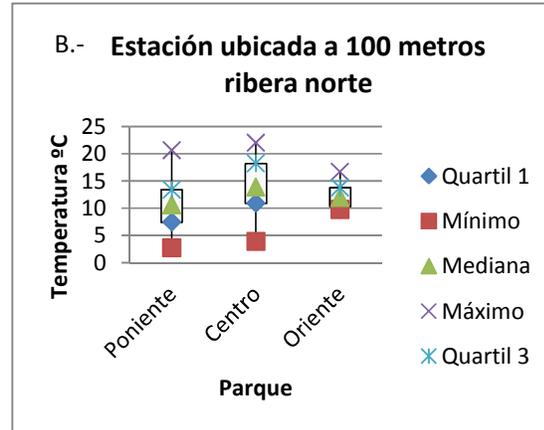


Fuente: Elaboración Propia

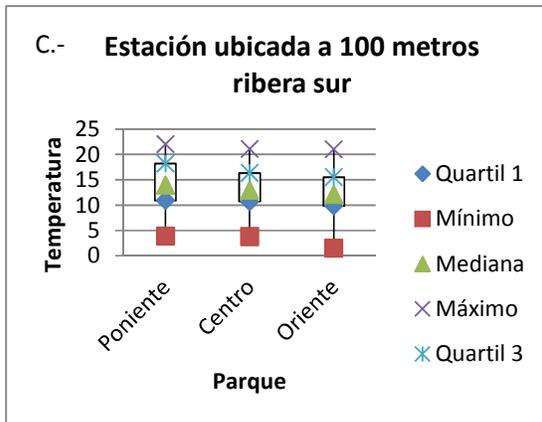
b.- Comportamiento térmico durante el medio día



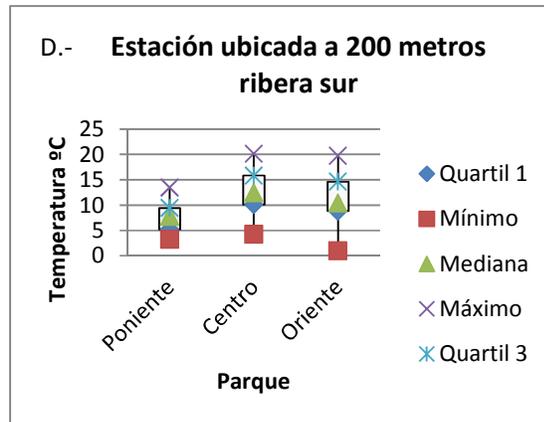
Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

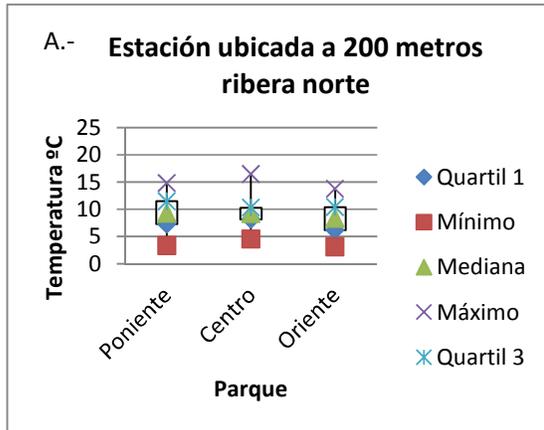


Fuente: Elaboración Propia

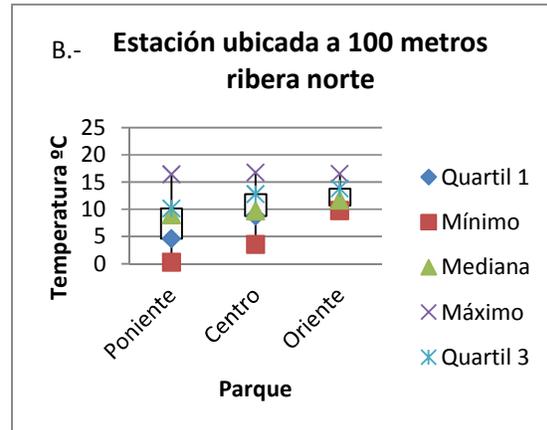


Fuente: Elaboración Propia

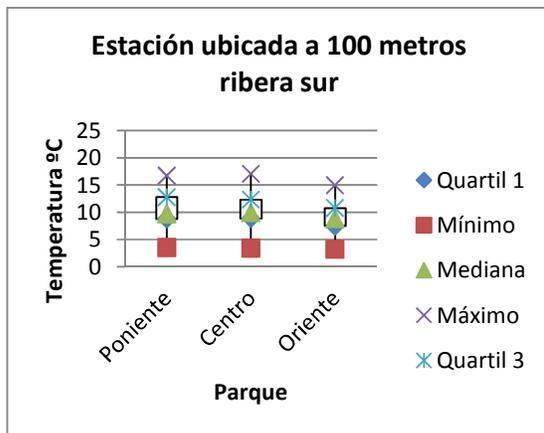
c.- Comportamiento térmico durante la noche



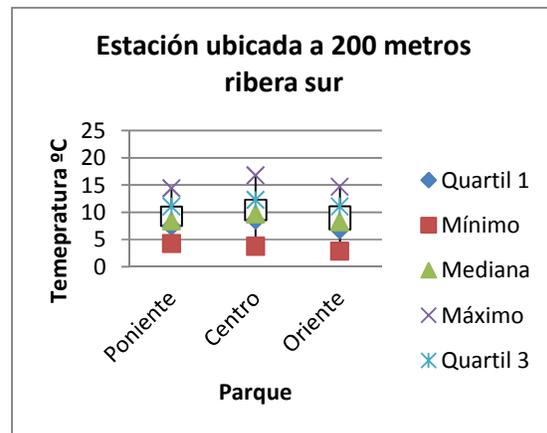
Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

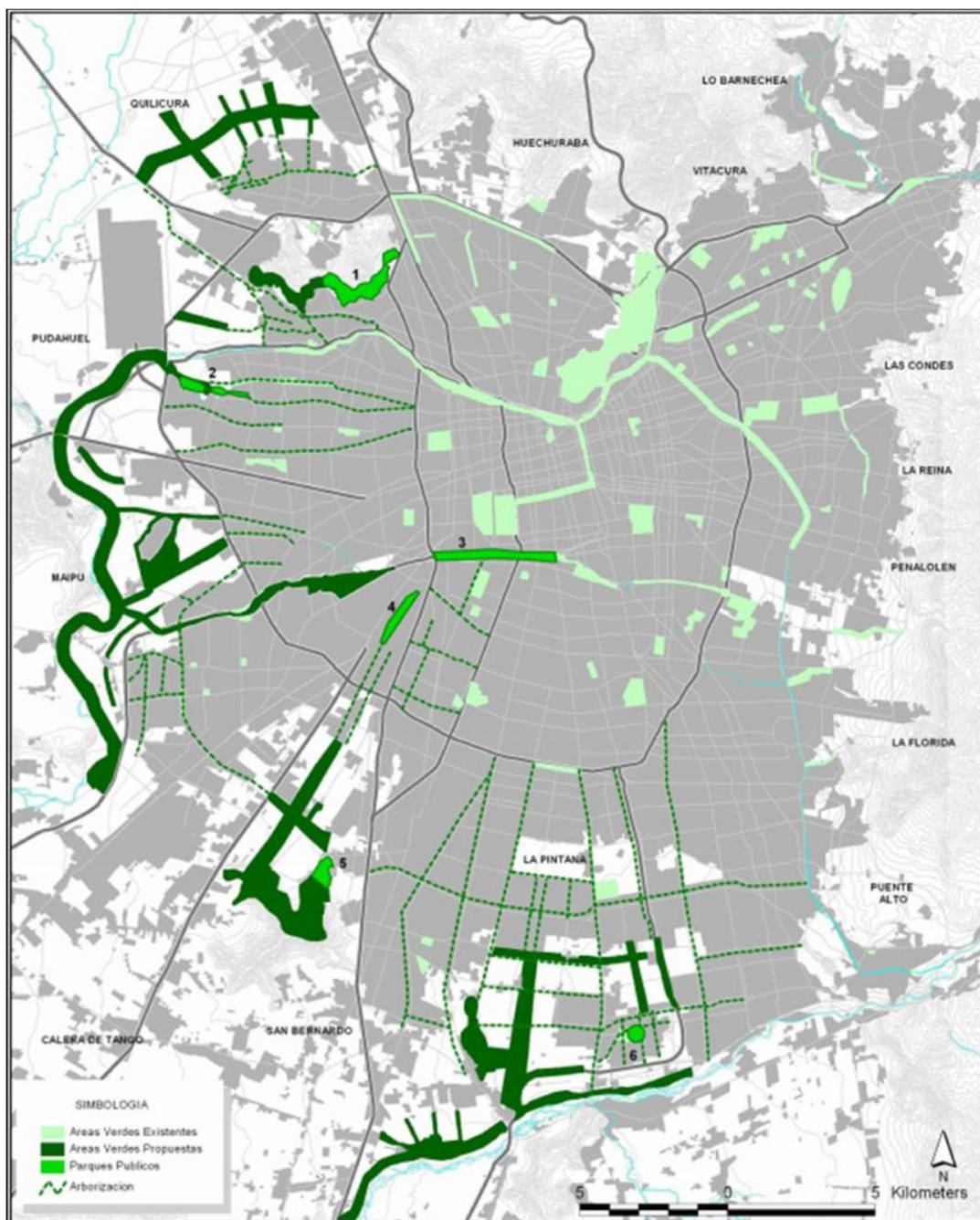


Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Anexo N°8: Propuesta de áreas verdes PRMS 100



Fuente: Memoria Explicativa PRMS 100, (MINVU, 2008)