



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA DE POSTGRADO**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN GEOGRAFÍA CON
MENCION EN ORGANIZACIÓN URBANO REGIONAL**

**ANALISIS DE LAS TEMPERATURAS MÍNIMAS DEL ÁREA URBANA Y RURAL
DE SANTIAGO (1911-1982): CARACTERIZACIÓN DE LA INTENSIDAD DE LA
ISLA DE CALOR EN EL CONTEXTO DEL CALENTAMIENTO Y CAMBIO
CLIMÁTICO**

Autor: Osvaldo Adrián Sepúlveda Moreno

Director de Tesis: Dr. Pablo Sarricolea Espinoza

Santiago – Chile

2016

Agradecimientos

Quiero agradecer académicamente a todos los miembros de la Universidad de Chile que fueron parte de este proceso de estudio.

Agradecer a todos los profesores que fueron parte de clases, lecciones e inclusive consejos, un agradecimiento especial a la profesora Carmen Paz Castro.

Debo agradecer a mi profesor guía Pablo Sarricolea, quien siempre me apoyó y fue un excelente guía en este proceso, no sólo académicamente sino por sobre todo humanamente.

También dedico esta tesis a mi familia, a mi amigo Jorge Varela por apoyarme, a Karla por ayudarme, y especialmente a mi esposa Daniela Amochi, y mi hija Eloísa Violeta quienes me incentivaron, apoyaron y acompañaron en todo momento.

Resumen

En Santiago de Chile se ha documentado mucha información en los últimos años sobre la isla de calor. Es la ciudad de mayor tamaño del país, por tanto, concentra problemas socio-ambientales de suma importancia para la sociedad. Entre ellos, los dilemas derivados de la climatología urbana, asociados a rasgos propios de una gran urbe, como expansión espacial, segregación ambiental, además de otros aspectos.

Es en este contexto que nos interesa conocer la evolución histórica de la isla de calor en la ciudad de Santiago. El trabajo reconstruye su intensidad, comparando las temperaturas urbanas y rurales, reflejadas en las estaciones meteorológicas de Quinta Normal, Los Cerrillos, El Bosque y Pudahuel.

La reconstrucción de los datos históricos, es un aporte fundamental de este trabajo, el ordenamiento y la recolección de ellos en diferentes lugares y centros de investigación fue una realización que pudo generar respuestas a la intensidad de la isla de calor entre los años 1956 a 1982.

La investigación analiza por otra parte las diferencias de las temperaturas mínimas anuales del área urbana de Santiago de Chile entre los años 1901-1982 para el caso del observatorio de Quinta Normal y cambio climático.

Palabras clave: Isla da calor, intensidad, estaciones meteorológicas, cambio climático, reconstrucciones históricas.

Índice de Contenidos

Contenido

1. Introducción	9
1.1. Estado del asunto	9
1.2. Problemática	13
1.2 Objetivos.....	22
1.2.1 Objetivo General.....	22
1.2.2 Objetivos Específicos.....	22
1.3 Hipótesis de trabajo	23
2. Materiales y Métodos.....	24
2.1. Definición del área de estudio.....	24
2.2 Metodología general	25
2.3 Reconstrucción de series históricas de las temperaturas mínimas anuales de Santiago en base a estaciones meteorológicas.....	25
2.4 Aproximación al cálculo de la intensidad de isla de calor en las series según la diferencia de las temperaturas mínimas anuales y por estación.....	27
2.5 Relación y análisis de temperaturas mínimas anuales entre la estación de Quinta Normal y cambio climático.....	28
3. Resultados	30

3.1. Antecedentes históricos recopilados de las estaciones meteorológicas utilizadas	30
3.1.1 Estaciones meteorológicas utilizadas y crecimiento de Santiago entre 1911-1982.....	30
3.2. Reconstrucción y análisis de series históricas de las temperaturas mínimas anuales de Santiago en base a estaciones meteorológicas	38
3.3 Análisis y relaciones de presencia de isla de calor en las series según su intensidad en las temperaturas mínimas anuales y por estación	45
3.3.1 Análisis y relaciones de presencia de intensidad de la isla de calor entre las estaciones meteorológicas de Quinta Normal y Los Cerrillos.	45
3.3.2 Análisis y relaciones de presencia de intensidad en la isla de calor entre las estaciones meteorológicas de Quinta Normal y El Bosque.....	47
3.3.3 Análisis y relaciones de presencia de intensidad de la isla de calor entre estaciones meteorológicas de Quinta Normal y Pudahuel.....	51
3.4 Comportamiento de temperaturas mínimas anuales entre la estación de Quinta Normal y cambio climático entre 1911-1982.....	54
4. Discusión.....	54
4.1. Modelo de relaciones de presencia de isla de calor en las series según su intensidad en las temperaturas mínimas anuales y por estación	54
4.2. Modelo de análisis de temperaturas mínimas anuales entre la estación de Quinta Normal y cambio climático.....	58

5. Conclusiones.....	60
6. Bibliografía	63
7. Anexos	71
7.1. Tabla de datos de temperaturas mínimas por estación meteorológica desde 1901 a 1982.....	71
7.2. Tablas de datos anexados de la estación meteorológica de Quinta Normal por mes entre los años 1901 a 1909.....	91

Índice de Figuras

<i>Figura 1. Fotografía de la ubicación de la primera estación meteorológica de El Bosque año 1929, ubicada en un área rural</i>	<i>14</i>
<i>Figura 2. Vista general de la escuela de aviación El Bosque año 1924, al fondo de la imagen se distingue la ubicación de la estación meteorológica. Actualmente Base Aérea de El Bosque de la Fach.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 3. Temperatura mínima (°F) en Londres, 14 mayo 1959.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 4. Variación temporal típica de las temperaturas del aire urbano y rural bajo el cielo despejado y flujo de aire débil.</i>	<i>18</i>
<i>Figura 5. Tendencias de las temperaturas máximas y mínimas de Quinta Normal desde 1950</i>	<i>23</i>
<i>Figura 6. Mapa del crecimiento urbano de Santiago, desde 1541 hasta 1982, indicando expansión de la ciudad y la ubicación de estaciones meteorológicas.</i>	<i>24</i>
<i>Figura 7. Imagen del Observatorio Astronómico Nacional ubicado en la Quinta Normal del año 1904.</i>	<i>26</i>
<i>Figura 8. Cambio observado en la temperatura en superficie, 1901-2012.....</i>	<i>28</i>

**Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982):
caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y
cambio climático**

Figura 9. Anomalía observada en el promedio mundial de temperaturas en superficie, terrestres y oceánicas combinadas, 1850-2012. 29

Figura 10. Plano de Santiago año 1895, la Quinta Normal rodeada de zonas urbanas al oriente, norte y sur..... 30

Figura 11. Imagen del Aeropuerto de Los Cerrillos, ubicación de la estación meteorológica año 1934. Se observa influencia rural en sus cercanías 32

Figura 12. Fotografía de la Base Aérea el Bosque, ubicación de la estación meteorológica del año 1928. Se observa el eje vial Gran Avenida. 33

Figura 13. Fotografía del Aeropuerto de Pudahuel, lugar de la estación meteorológica, se observa su entorno rural año 1967. 34

Figura 14. Fotografía aérea de la ubicación de la Estación Meteorológica de Quinta Normal año 1967 38

Figura 15. Fotografía del Aeropuerto de Los Cerrillos donde se observa su crecimiento urbano en el año 2012..... 40

Figura 16. Comportamiento de las temperaturas mínimas anuales según estación de Los Cerrillos y Quinta Normal para el período 1956-1982..... 38

Figura 17. Fotografía de Base Aérea el Bosque, se observa el crecimiento urbano en sus alrededores en el año 2012..... 39

Figura 18. Comportamiento de las temperaturas mínimas anuales según estación de El Bosque y Quinta Normal para el período 1960-1982..... 41

Figura 19. Fotografía de Aeropuerto de Pudahuel, se observa que mantiene su influencia rural en sus alrededores en el año 2014. 42

Figura 20. Comportamiento de las temperaturas mínimas anuales según estación de Pudahuel y Quinta Normal para el período 1968 a 1982 44

Figura 21. Comportamiento de la intensidad de la isla de calor para el período 1956-1982 entre las estaciones meteorológicas de Quinta Normal y Los Cerrillos, en rojo se indican las intensidades máximas de la isla de calor. 46

Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982): caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y cambio climático

<i>Figura 22. Mapa del crecimiento urbano de Santiago en relación a la estación meteorológica de Los Cerrillos y la intensidad máxima de la isla de calor en el periodo 1956 a 1982</i>	<i>47</i>
<i>Figura 23. Comportamiento de la intensidad de la isla de calor para el período 1960-1982 entre las estaciones meteorológicas de Quinta Normal y El Bosque, en rojo se indican las intensidades máximas de la isla de calor.</i>	<i>49</i>
<i>Figura 24. Mapa de crecimiento urbano de Santiago en relación a la estación meteorológica de El Bosque y la intensidad máxima de la isla de calor en el periodo 1960 a 1982</i>	<i>50</i>
<i>Figura 25. Comportamiento de la intensidad de la isla de calor para el período 1968-1982 entre las estaciones meteorológicas de Quinta Normal y Pudahuel, en rojo se indican las intensidades máximas de la isla de calor.</i>	<i>52</i>
<i>Figura 26. Mapa de crecimiento urbano de Santiago en relación a la estación meteorológica de Pudahuel y la intensidad máxima de la isla de calor en el periodo 1968 a 1982</i>	<i>53</i>
<i>Figura 27. Comportamiento de las temperaturas mínimas anuales de Quinta Normal y de la CRU para Santiago, período 1911-1982</i>	<i>53</i>
<i>Figura 28. Resultado del Test de Mann-Kendall y de la estimación Sen de pendiente para las temperaturas mínimas anuales de Quinta Normal.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 29. Resultado del Test de Mann-Kendall y de la estimación Sen de pendiente para las temperaturas mínimas anuales CRU de Santiago.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 30. Patrones típicos de isla de calor en la ciudad de Santiago</i>	<i>56</i>
<i>Figura 31. Comportamiento anual de funcionamiento de las temperaturas mensuales en comparación de Tokio con un promedio global de tierras para 1900-2010.....</i>	<i>58</i>

Índice de Tablas

<i>Tabla 1. Estaciones meteorológicas utilizadas (y su localización) para el análisis de las temperaturas mínimas anuales (en grados Celsius) recopilados en la Dirección Meteorológica de Chile</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 2. Series de datos meteorológicos y detección de años y rango de meses sin cifras de las temperaturas mínimas desde 1911 a 1982.....</i>	¡Error! Marcador no definido.

Tabla 3. Población total de la ciudad de Santiago según los censos de población del Instituto Nacional de Estadística entre 1907-1982 37

1. Introducción

1.1. Estado del asunto

La climatología urbana tiene una larga historia. En el pasado lejano, se observó como las ciudades aumentaban en superficie y población, y las personas contemplaron que el aire urbano era diferente al rural. Por ejemplo, la representación de la contaminación atmosférica fue documentada para Roma por un escritor hace dos mil años (Landsberg, 1981).

La consolidación de climatología urbana tienen lugar en el siglo XX, entre la década de los años veinte y principios de los treinta, cuando sucede una novedad metodológica fundamental (el automóvil).

Después de la Segunda Guerra Mundial, el crecimiento y expansión de las áreas metropolitanas urbanas, así como los crecientes procesos de industrialización, hacen que las investigaciones sobre el clima urbano, de diversas ciudades, aumenten extraordinariamente, destacando Estados Unidos, Japón y algunos países europeos (Moreno, 2010).

A lo largo del siglo XX, la climatología urbana presentó transformaciones y experimentó un desarrollo vertiginoso. En este sentido, existen importantes recopilaciones bibliográficas ya realizadas, como las de Chandler (1970) y Oke (1974, 1979 y 1990). Autores como Moreno (2010) cifran en unos cinco mil títulos el volumen de publicaciones en temas relacionados con el clima urbano, no obstante, Google Académico (a fecha 20 de septiembre de 2016), permite cifrar en

385.000 títulos la búsqueda del término “urban heat island” (<https://goo.gl/bqtahs>), número que cae a 14.600 antes del año 1980 (<https://goo.gl/3DtuSu>).

El Hombre y las sociedades a lo largo de la historia han impulsado la fundación y expansión de las ciudades, entre otras razones, por el deseo de tener una vida en comunidad. La urbanización se podría definir como un proceso de habilitación de un espacio (transformación), generación de economías y mercado de trabajo, y con ello, atracción de personas que emigran a ella desde áreas rurales. Cabe mencionar, que este proceso ocurre desde los primeros asentamientos humanos, cuando la ciudad se transformó en el lugar de desarrollo social, político y económico.

Por otra parte, es posible atender mejor la salud y disfrutar de mejores instalaciones médicas. La esperanza de vida de los habitantes de las ciudades es notablemente superior a las rurales. En un sentido más amplio, los centros urbanos aumentan la riqueza de los países y los individuos, a través de la atracción de negocios y proporcionando ofertas de empleo (Programa de Asentamientos Humanos de las Naciones Unidas, 2008).

Desde el punto de vista de la teoría y la metodología en el estudio del clima urbano, son importantes las contribuciones de Oke (1973) y Lowry (1977). Oke (1973) señala que la actividad del hombre en la ciudad se manifiesta de manera consciente en el espacio, lo que define la morfología urbana (trazados de calles, edificios, espacio público), y de forma inadvertida, a través de los efectos que se derivan del ambiente construido sobre la ecología de paisajes, hidrología y clima urbano (Romero et al, 2010).

En el presente, el clima urbano es uno de los campos de la climatología más consolidados, y sus resultados pueden ser aplicados en otras áreas y a diferentes escalas. No solo interesa a los habitantes de las ciudades, sino que constituye un claro ejemplo de modificación climática no intencionada, lo que permite a Fernández

(1996) señalar que es uno de los problemas climáticos de mayor relevancia en la actualidad.

El término *isla de calor* se lo debemos al inglés Gordon Manley (1958), que fue quien por primera vez utilizó dicho término, para referirse a una de las modificaciones climáticas más claras que causa la urbanización, como es el incremento térmico en las ciudades en comparación con su periferia (Moreno, 1997). Se puede representar gráficamente mediante la distribución espacial de la temperatura en la ciudad y sus alrededores mediante un mapa de isotermas, y que habitualmente presentan una disposición concéntrica alrededor del núcleo urbano, exhibiendo un máximo, a modo de isla, en el centro, y su disminución progresiva de las temperaturas al alejarse éste y próximo a la periferia (Moreno, 2010). Las islas de calor influyen directamente en la pérdida de calidad ambiental de las ciudades, causan aumento en el *stress* térmico para los habitantes durante el verano, porque generan una circulación local de vientos en superficie que hace converger las masas de aire desde la periferia hacia el centro (Romero, 2002). Según Landsberg (1981) la isla de calor es el reflejo de la totalidad de los cambios micro climáticos producidos por la alteración del espacio urbano debido a la acción antrópica.

Las causas más importantes en la formación de la isla de calor son:

- a) La pequeña porción de energía consumida en la evaporación, al no existir circulación superficial del agua o ser ésta muy escasa
- b) La disminución de las pérdidas de calor por irradiación nocturna debido a la pequeña porción de cielo visible desde la superficie, a consecuencia de las características geométricas de las calles y edificios
- c) La mayor capacidad calorífica de los materiales urbanos, que almacenan gran cantidad de calor
- d) El calor desprendido por las actividades urbanas y los mismos habitantes de la ciudad, que contribuyen al incremento térmico, aunque su disipación es muy rápida y, según numerosos autores, apenas influye en el balance global (Fernández, 1996).

La intensidad o magnitud de la isla de calor se ha estudiado en diversas ciudades del mundo, y se ha evaluado mediante las diferencias máximas observadas, en un instante determinado, entre la temperatura de un punto del centro de la ciudad y otro de la periferia (López Gómez et al, 1993). En los últimos decenios, Se ha dado mayor atención a la carga de calor del verano, que se cree, es reforzada por la isla de calor, y los medios para aliviar desde el punto de vista de la planificación urbana (Fujibe, 2009). Hoy la frase "isla de calor" es bien conocida por la gente, pero varios estudios enfatizan la insignificante contribución urbana en los datos de temperatura recientes (Fujibe, 2009).

Entre las consecuencias inadvertidas del crecimiento de las ciudades se encuentra el aumento de las temperaturas urbanas respecto a su entorno inmediato de carácter rural (Oke, 1987). Considerando la definición y cuantificación de la isla de calor, establecer las diferencias de temperatura del aire entre las zonas urbanas y rurales, sigue siendo problemática. Esto se debe, en gran parte, a la dificultad de operacionalizar los términos "urbano" y "rural" (Siu, 2011).

Oke (1987) diseña los primeros modelos explicativos de la intensidad de la isla de calor basados en tamaños poblacionales. En adición, Lowry (1977, en Sarricolea, 2012) resuelve el problema metodológico de calcular la contribución real de la ciudad en el clima local.

La mayoría de los métodos de estudios están dirigidos al análisis de la isla de calor como elemento más representativo del clima urbano. En el caso de Santiago las primeras investigaciones sobre la isla de calor fueron realizados por Aceituno (1981) elaborando un trabajo llamado: "Efecto de la isla calórica en Santiago" y Salinas (1982) que realizó su tesis que llevó por nombre: "Estudio experimental del efecto de isla calórica en la ciudad de Santiago".

1.2. Problemática

Desde el punto de vista del calentamiento global, el aumento de las temperaturas urbanas es considerado un factor de empuje en el monitoreo del cambio climático, ya que muchos observatorios meteorológicos que tienen largas series se encuentran en las ciudades (Karl et al, 1988; Jones et al, 1990). En el caso de la ciudad de Santiago, la primera estación meteorológica fue instalada en el cerro Santa Lucía en 1851, como parte del Observatorio Nacional creado a la partida de la expedición científica norteamericana a cargo del teniente Gillis. Al poco tiempo fue trasladado a la Quinta Normal, donde actualmente funciona la Escuela Técnica Aeronáutica, y ha funcionado ininterrumpidamente hasta el día de hoy.

A principios del siglo XX, se dio inicio a mediciones de temperatura en las cercanías de la ciudad, como es el caso del aeródromo de Chacra Lo Espejo, luego nombrado Base Aérea El Bosque (1928). Posteriormente otras estaciones meteorológicas se instalan en las periferias del núcleo urbano, en los aeropuertos de Los Cerrillos (1936) y Pudahuel (1968).

La comparación entre los observatorios urbanos y rurales, en los estudios de climatología urbana, permiten establecer los principales rasgos del clima a una escala referida al conjunto de la ciudad. Sus ventajas radican en que las comparaciones se pueden aplicar a la práctica totalidad de las variables climáticas. Los inconvenientes son la escasez de observatorios de este tipo, generalmente uno en el centro urbano y otro en el aeropuerto, y las posibles distorsiones derivadas de su emplazamiento, ya que la mayor parte de ellos se sitúan en parques (Fernández, 1996).

Varios estudios enfatizan la importancia de la contribución urbana en el aumento de las temperaturas. Según el cuarto informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2007, en Sarricolea, 2012) las ciudades han contribuido entre 1905 y 2005 en un 8,1% al calentamiento global (valor

calculado en $0,74^{\circ}\text{C}/100$ años, quedando la contribución urbana en la temperatura global de $0,06^{\circ}\text{C}/100$ años).

A escala local, la temperatura del aire en las ciudades, respecto al entorno rural, puede elevarse en 2°C a 8°C . La intensidad de la isla de calor aumenta en el transcurso del día, partiendo desde la salida del sol hasta un máximo que se registra unas pocas horas después de la puesta del sol y previas a la madrugada (Romero et al, 2010).

Para el caso de Santiago, los primeros treinta años del siglo XX, las mediciones de las temperaturas en la estación meteorológica de Chacra (en Lo Espejo) y posteriormente la correspondiente a El Bosque (revisar Figura 1 y 2) fueron representativas de las áreas rurales próximas a Santiago (Bustos, 1929). No obstante, por problemas de continuidad no se puede analizar en detalle dicho período.

Figura 1. Fotografía de la ubicación de la primera estación meteorológica de El Bosque año 1929, ubicada en un área rural



Fuente: Revista Chile Aéreo, 1929. Recopiladas: por el autor en visita a Museo Aeronáutico Civil y del Espacio.

A El Bosque se sumó en 1936 la estación meteorológica del aeropuerto de Los Cerrillos, con características de observatorio meteorológico rural.

Figura 2. Vista general de la escuela de aviación El Bosque año 1924, al fondo de la imagen se distingue la ubicación de la estación meteorológica. Actualmente Base Aérea de El Bosque de la Fach.

**Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982):
caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y
cambio climático**



Fuente: Archivo visual de la escuela de aviación. Recopiladas por el autor en visita a Museo Aeronáutico Civil y del Espacio.

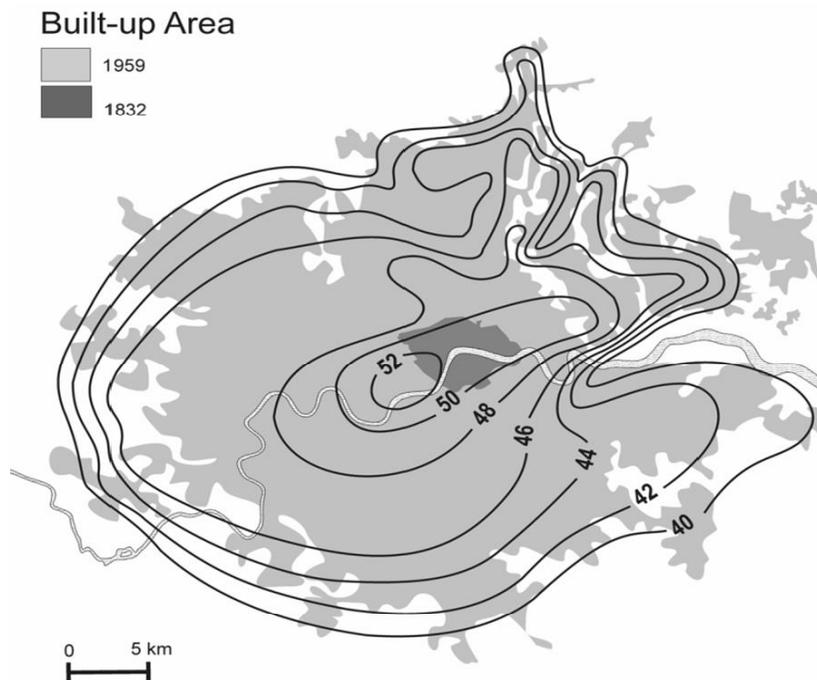
La comparación entre observatorios rurales y urbanos permite apreciar diferencias en las temperaturas medias y, sobre todo, en las extremas en todas las ciudades con independencia de sus envergaduras y localización, aunque la intensidad dependa más del tamaño de la ciudad (Fernández, 1996).

Los observatorios meteorológicos convencionales se han diseñado para registrar el clima regional y, precisamente por ello, se han instalado, en las afueras o en parques evitando el efecto urbano (Fernández, 1996).

Una de las fuentes usadas en los estudios de la climatología urbana es la comparación entre observatorios urbanos y rurales pertenecientes a la red meteorológica. Ello sirve para establecer el efecto urbano sobre algunos elementos del clima (temperatura, viento, humedad).

El mayor inconveniente, analizando el cálculo de la intensidad de la isla de calor, radica en que generalmente hay escasez de estaciones meteorológicas, e históricamente aquellas consideradas “rurales”, ven modificado su entorno urbano (por avance de la ciudad). En algunos estudios, el observatorio meteorológico aeropuerto es considerado rural (Karl et al 1988; Zuvela-Aloise et al 2014). Otra desventaja deriva en que hay observatorios urbanos que se sitúan en parques (por lo que no reflejan la condición de las temperaturas urbanas en su máxima expresión) (Fernández, 1996). El último problema es que los datos históricos presentan cifras sólo a horas específicas del día, lo cual obliga a trabajar con las temperaturas mínimas. Según Chandler (1965) las temperaturas mínimas son un buen parámetro para establecer la isla de calor (revisar figura 3).

Figura 3. Temperatura mínima (°F) en Londres, 14 mayo 1959

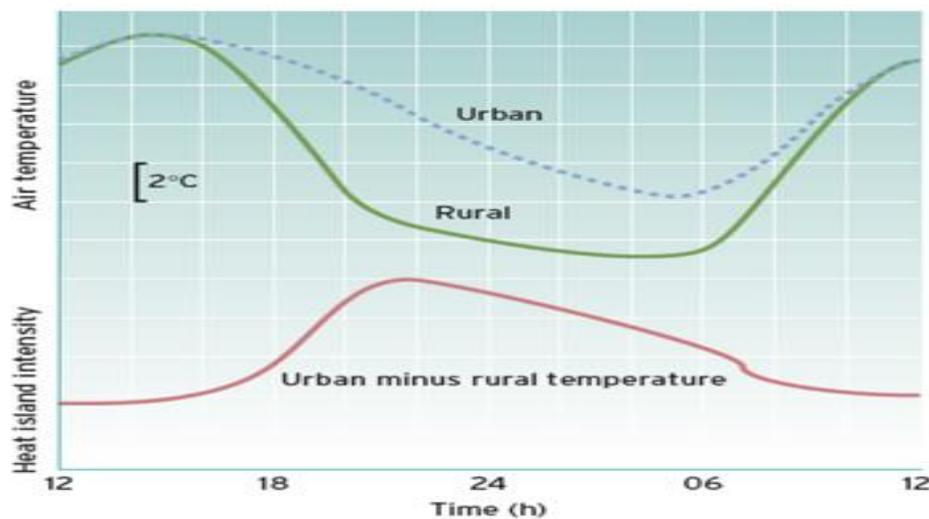


Fuente: Chandler, T. J. (1965). The climate of London.

No obstante, Oke (1987) con datos horarios muestra que la isla de calor se manifiesta un par de horas luego de la puesta de sol, lo cual no coincide con las

mínimas de los anuarios meteorológicos (o ritmo diario de las temperaturas). Pese a ello, y siguiendo a Oke (1987), si se puede observar que las temperaturas mínimas mantienen la condición de isla de calor (revisar figura 4).

Figura 4. Variación temporal típica de las temperaturas del aire urbano y rural bajo el cielo despejado y flujo de aire débil.



Fuente: Oke, 1987

Un ejemplo bien conocido es el de Tokio, donde las temperaturas han aumentado mucho más rápidamente en la ciudad que en las zonas rurales cercanas (Wickham et al, 2013). Actualmente, los procesos de reconstrucción de series climáticas buscan comprobar la calidad en los datos de décadas anteriores al siglo XX, y están mostrando un rápido progreso en Asia (Kataoka, 2009). Ichinose (2003) utiliza la simulación numérica para estimar el calentamiento regional a lo largo de los últimos 135 años para la ciudad de Tokio. Ichinose (2005) ha realizado estudios sobre la evolución de la isla de calor a partir de la Segunda Guerra Mundial en relación con transformaciones urbanas.

También en EE.UU, Karl (1988) reconstruyó las series de estaciones rurales y urbanas, específicamente en la USHCN (*United States Historical Climatology*

Network) y encontró un sesgo de calentamiento que es mayor cuando la población corresponde a una estación urbana. Peterson (2003) comparó estaciones urbanas y rurales de los EE.UU, y encontró falta de homogeneidad según la ubicación de la estación, la hora de observación y tipo de instrumento.

Lo anterior permite afirmar que muchos estudios consideran la diferencia de temperatura entre dos observatorios meteorológicos (urbanas y rural, o suburbano) para el cálculo de la isla de calor (Sakakibara y Owa, 2005). En algunos países, hay muy pocas estaciones en zonas rurales, y por lo tanto, es bastante difícil seleccionar un observatorio adecuado para el análisis de la tendencia a largo plazo en el calentamiento urbano en estas áreas (Kataoka, 2009).

La evaluación de las tendencias de la temperatura por parte de Bohm (1998) mostró que es posible que la isla de calor incremente su efecto debido a los cambios en la morfología de la ciudad. La isla de calor en relación con esta transformación y la expansión urbana presenta problemas específicos para la población, ya que los impacta directamente, al igual que en sus actividades. En efecto, el golpe de calor ocurre a menudo cuando las personas están trabajando o haciendo ejercicio al aire libre (Ichinose et al, 2010). Si la expansión urbana contribuye a las islas de calor, debería tener implicancias en la generación de olas de calor y podría entregar información valiosa para las decisiones sobre los futuros patrones de desarrollo urbano (Stone et al, 2010).

Ichinose (2003) investigó las tendencias de calentamientos regionales en Japón con la utilización de un conjunto de datos de uso del suelo, durante cuatro períodos históricos, anteriores a 1850. A su vez Giovannini et al (2014) realizaron un estudio similar para la ciudad de Trento con cifras históricas (finales del siglo XIX y XX), que sugiere que el campo térmico en el área urbana histórica no ha cambiado significativamente desde el pasado, mientras que la urbanización progresiva podría haber modificado los registros de temperatura en la zona circundante.

Fujibe (2009) mostró las tendencias de temperatura máxima y temperatura mínima para el período 1891-1992 en 60 estaciones meteorológicas de Japón con relación a la población de las ciudades donde se ubican.

Las contribuciones de Siu y Hart (2013) en Hong Kong han sido importantes, pues estos autores desarrollan la idea de la relación de la isla de calor y la expansión urbana, señalando que:

- I. A escala local, la capa natural del suelo y la planta se sustituye por la cubierta urbana de hormigón, ladrillo, asfalto, y el metal a diferentes alturas. Estos materiales transforman el carácter de las superficies reflectantes y radiantes, el intercambio de calor, y la rugosidad de la superficie aerodinámica.
- II. A escala regional, una gran cantidad de calor antropogénico se genera en las ciudades y la emisión de aire y los contaminantes sólidos cambian la composición de la atmósfera.
- III. A escala mundial, es probable que las ciudades desempeñan un papel en el efecto invernadero, el calentamiento global y los cambios del nivel del mar

El desarrollo urbano de Santiago, en los últimos 60 años ha sido bastante significativo. La superficie cubierta casi se multiplicó por seis, desde las 11.017 ha de 1940 hasta las 64.140 ha de 2002. En gran medida, este incremento ha coincidido con el aumento de la cantidad de habitantes y no tiene mucha relación con el límite urbano de los planes reguladores, el cual creció durante períodos que hubo restricción a la expansión (inclusive 1960, y luego entre 1979 y 1985), tal como indica Poduje (2006).

A partir de los años cuarenta del siglo XX comenzó con un proceso de expansión y crecimiento urbano hacia sus periferias (Poduje, 2006), trayendo consigo modificaciones sobre el clima urbano, causando aumento de las temperaturas y

aparición de islas de calor (Romero y Vasquez, 2005). El fenómeno de urbanización altera artificialmente las condiciones climáticas a través del aumento de las temperaturas de superficie y del aire, lo cual favorece la generación y consolidación de islas de calor urbana (Sarricolea, 2008).

El crecimiento urbano no controlado que ha caracterizado a las metrópolis chilenas, ha significado la duplicación de sus espacios edificados y el reemplazo sistemático de cubiertas agrícolas y de vegetación natural por superficies construidas heterogéneas en cuanto a: densidad, diseño y presencia de áreas verdes (Molina et al, 2009). Relacionado con los usos de suelo y las temperaturas urbanas, Lai et al (2001), establecen que estos concentran mayor temperatura, lo cual resulta muy similar en las indagaciones de Sarricolea y Romero (2006) y Molina y Romero (2007) para el caso de Santiago.

Sarricolea (2012) analizó las diferencias térmicas de los observatorios de Talagante y Cerrillos, a partir de los registros de temperatura, la intensidad de la isla de calor correspondiente al año 2010, y a una resolución horaria, mensual y estacional. La evaluación de las tendencias temporales depende de manera crucial de la ubicación de las estaciones de monitoreo. La intensidad de la isla de calor basada en mediciones de punto carece de la información de la estructura espacial, lo que no permite conocer la configuración espacial de las temperaturas (Zuvela-Aloise et al, 2014). Se han hecho pocos intentos para evaluar las tendencias de calentamiento relacionados con los cambios de uso del suelo en escalas temporales centenarias (Zuvela-Aloise et al, 2014). Los estudios de la isla de calor de Santiago revelan su máxima expresión en los meses de verano (Martin-Vide y Sarricolea, 2014), pero poco se sabe de su evolución en el siglo XX; más aún, en un contexto de calentamiento global (IPCC, 2013).

Este trabajo pretende profundizar el análisis del conocimiento de la evolución de la isla de calor durante el siglo XX en Santiago, considerando a las temperaturas

mínimas y con ello, establecer la intensidad de la isla de calor, comparando observatorios meteorológicos según su ubicación urbana o rural, y con ello, contribuir a su entendimiento, conociendo los comportamientos pasados del clima urbano de Santiago.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Analizar las diferencias de las temperaturas mínimas anuales y estacionales tanto del área urbana como rural de Santiago, a través de observatorios meteorológicos, para caracterizar y cuantificar la intensidad de la isla de calor (1956-1982) y la componente de cambio climático entre los años 1911-1982, identificando períodos de mayor y menor intensidad de la isla de calor.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Describir los antecedentes históricos de las estaciones meteorológicas de Santiago urbano y rural.
- b) Reconstruir las series de las temperaturas mínimas anuales de las estaciones meteorológicas de Quinta Normal, Los Cerrillos, El Bosque y Pudahuel.
- c) Calcular las distintas intensidades de la posible isla de calor en función de las series reconstruidas de las estaciones meteorológicas.
- d) Comparar las tendencias de temperaturas mínimas anuales de la estación de Quinta Normal y la reconstrucción de la Climatic Research Unit (CRU).

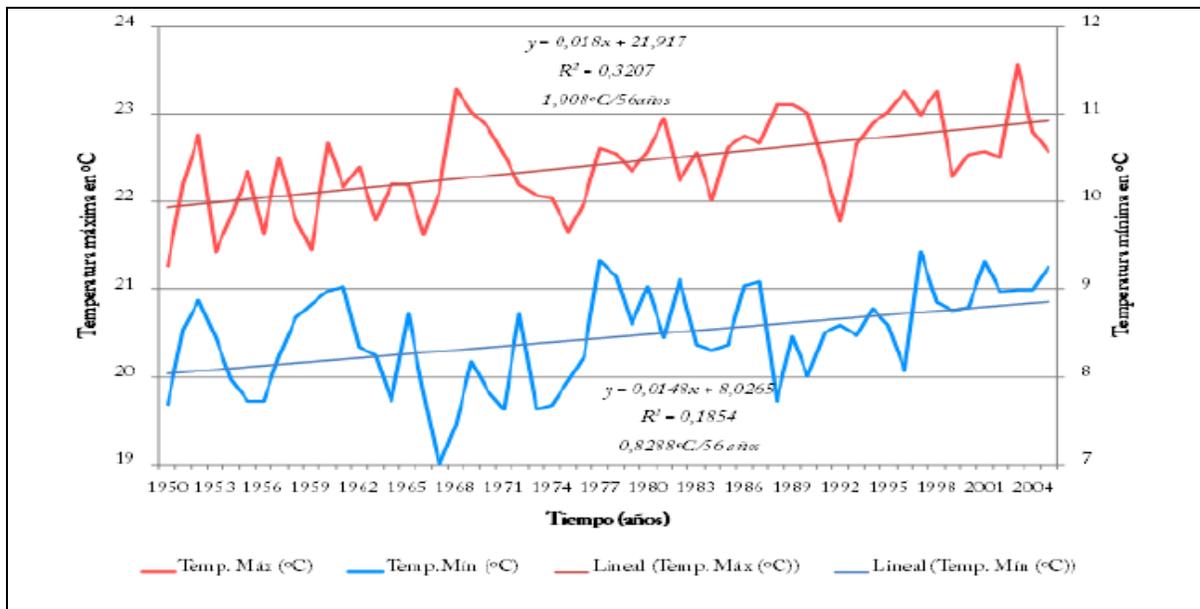
1.3 Hipótesis de trabajo

La isla de calor urbana se ha intensificado producto de la expansión de la ciudad de Santiago, lo cual es registrado por observatorios urbanos y rurales entre 1911 y 1982. Su constatación en un contexto de cambio climático ha significado tendencias positivas en la temperatura, incluso en momentos de pausa del calentamiento global (1940-1970).

Un estudio reciente de Henríquez (entre 2013 y 2015) como parte del Fondecyt N°1130305 indica que desde 1950, la temperatura promedio en Santiago se incrementó en 1°C.

El estudio de Sarricolea (2012) plantea que ha existido un progresivo aumento de las temperaturas máximas y mínimas año tras año. La temperatura media de las máximas ha aumentado más 1°C en los últimos 56 años (1950-2005), muy similar al aumento de la temperatura media de las mínimas, que subieron 0,83°C, tal como se observa en la figura 5.

Figura 5. Tendencias de las temperaturas máximas y mínimas de Quinta Normal desde 1950



Fuente: Sarricolea, 2012

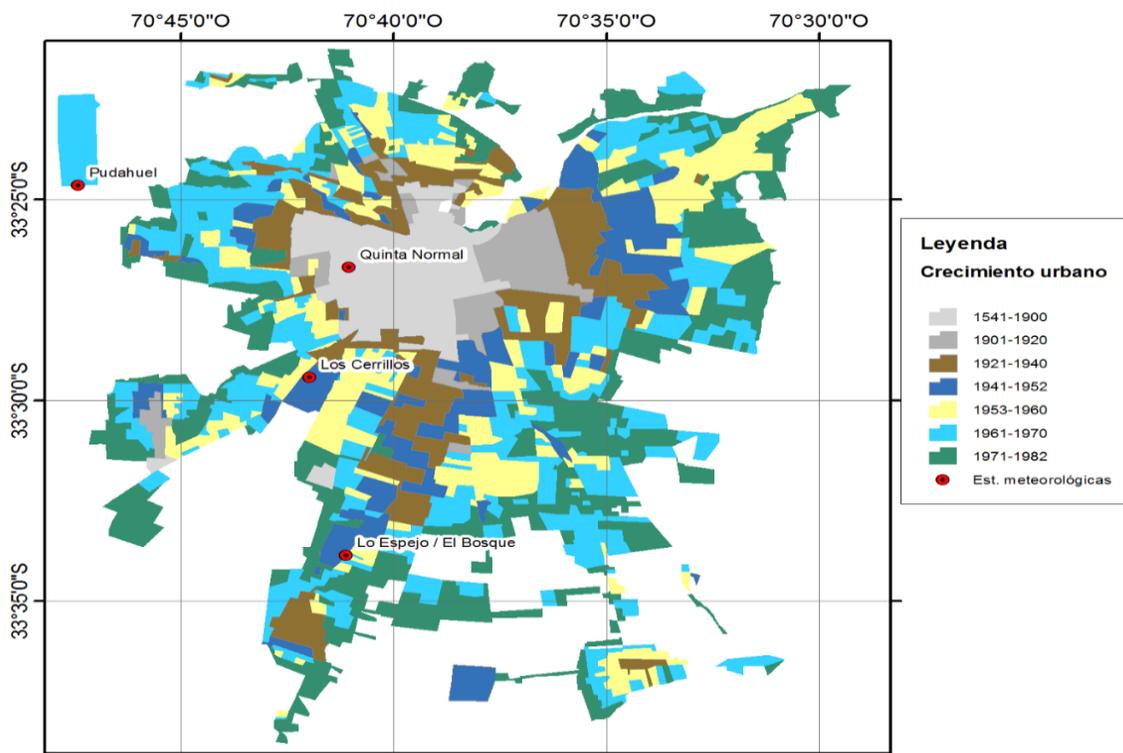
2. Materiales y Métodos

2.1. Definición del área de estudio

Santiago es la principal ciudad de Chile, es capital nacional y de la Región Metropolitana (además, de centro político, económico y financiero). En Santiago se concentra la mayor cantidad de población, aproximadamente superior a los siete millones de personas.

La figura 6 muestra el área de estudio, que corresponde al denominado “Gran Santiago”. En la figura se localizan las cuatro estaciones meteorológicas utilizadas, y los momentos del crecimiento urbano. Estos datos son utilizados para explicar la transformación del entorno de las estaciones desde condiciones rurales a urbanas, además de los planes de desarrollo comunal (Pladecos) de Los Cerrillos, Maipú, El Bosque, San Bernardo, Renca y Pudahuel.

Figura 6. Mapa del crecimiento urbano de Santiago, desde 1541 hasta 1982, indicando expansión de la ciudad y la ubicación de estaciones meteorológicas.



Fuente: Elaboración propia

2.2 Metodología general

2.3 Reconstrucción de series históricas de las temperaturas mínimas anuales de Santiago en base a estaciones meteorológicas

Para la reconstrucción se siguió la siguiente secuencia:

1. **Datos meteorológicos:** Ellos fueron solicitados a la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) (para las estaciones de Quinta Normal, Los Cerrillos, El Bosque y Pudahuel), además, se recurrió de los datos existentes en Club Aéreo de Chile, en el Museo Aeronáutico Civil.
2. **Revisión de datos:** Desde la página web de la DMC y en las visitas a la Biblioteca de la misma institución en los anuarios impresos. Así se contrastaron y revisaron año a año. Las series de datos revisados y confirmados para la investigación se pueden ver en la tabla 1.

Tabla 1. Estaciones meteorológicas utilizadas (y su localización) para el análisis de las temperaturas mínimas anuales (en grados Celsius) recopilados en la Dirección Meteorológica de Chile

Estación Meteorológica	Lat/Long	Altitud (m)	Rangos de años de los datos de temperatura mínima recopilados
Quinta Normal	Lat. 33° 26' S; Long. 70° 40' W	527	1911 a 1982
Los Cerrillos	Lat. 33° 29' S Long. 70° 42' W	519	1956 a 1982
El Bosque	Lat. 33° 33' S Long. 70° 41' W	574	1960 a 1982
Pudahuel	Lat. 33° 26' S Long. 70° 44' W	491	1968 a 1982

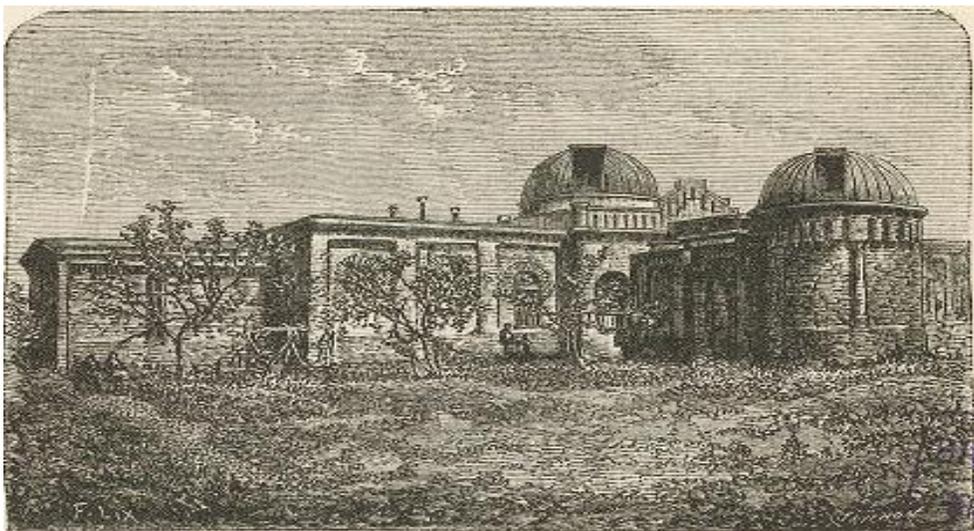
Fuente: Elaboración propia

3. **Búsqueda de datos faltantes:** Ellos se revisaron en otras fuentes, tales como:

- a. Museo Aeronáutico Civil y del Espacio
- b. Biblioteca Nacional: salas de Hemeroteca, Pablo Neruda, Medina, sección periódicos y micro formatos.
- c. Revisión bibliográfica en literatura y prensa de los años de estudio.
- d. Visitas y entrevistas en Base Aérea de Los Cerrillos (Fach), Sección Historia Base Aérea el Bosque (Fach).

No fue posible encontrar en los anuarios meteorológicos el período correspondiente a los años 1900 a 1910 referente a la estación Quinta Normal para las temperaturas mínimas anuales. De todas maneras, tras diversas revisiones bibliográficas se logró pesquisar los datos requeridos para la investigación en los Anuarios del Observatorio Astronómico Nacional de Santiago (revisar figura 7). Correspondientes a los años 1901, 1902, 1903, 1904, 1905, 1906 y 1907 en sección meteorología, esto consta en el anuario de 1904.

Figura 7. Imagen del Observatorio Astronómico Nacional ubicado en la Quinta Normal del año 1904.



Fuente: Observatorio Astronómico Nacional, Santiago, 1904.

Los años 1908 y 1909 fueron encontrados en el Anuario Estadístico de Chile de 1910, el cual trae anexados las cifras de temperaturas mínimas anuales para la estación Quinta Normal en sección meteorología. Debido a no poseer la comprobación de estos datos por parte de la DMC, no se utilizaron en el período de estudio. Esta información recopilada se ha agregado en los anexos y será destinada a la Biblioteca de la DMC para su implementación en los catálogos de temperaturas.

Por último no fue posible encontrar los datos de temperaturas mínimas de las estaciones de El Bosque y Los Cerrillos anteriores a los registros de los anuarios meteorológicos, si bien la estación meteorológica de El Bosque funciona desde 1927, según consta en Bustos (1929), los datos de temperaturas mínimas a los que se pudo acceder están registrados desde 1960. Similar caso para la estación meteorológica de Los Cerrillos, la cual comenzó a funcionar el año 1936, pero sólo se recolectó información a contar de 1956.

2.4 Aproximación al cálculo de la intensidad de isla de calor en las series según la diferencia de las temperaturas mínimas anuales y por estación

Para esta investigación se utilizaron los rangos de la intensidad de la isla de calor, los cuales son definidos por Fernández (1996), quien clasifica en

- **Isla de calor Débil:** cuando las diferencias de las temperaturas urbanas y rurales oscilan entre 0°C y 2°C
- **Isla de calor Moderada:** cuando las diferencias de las temperaturas urbanas y rurales están entre 2°C y 4°C
- **Isla de calor Fuerte:** cuando las diferencias de las temperaturas urbanas y rurales están entre 4°C y 6°C
- **Isla de calor Muy fuerte:** cuando las diferencias de las temperaturas urbanas y rurales superan los 6°C.

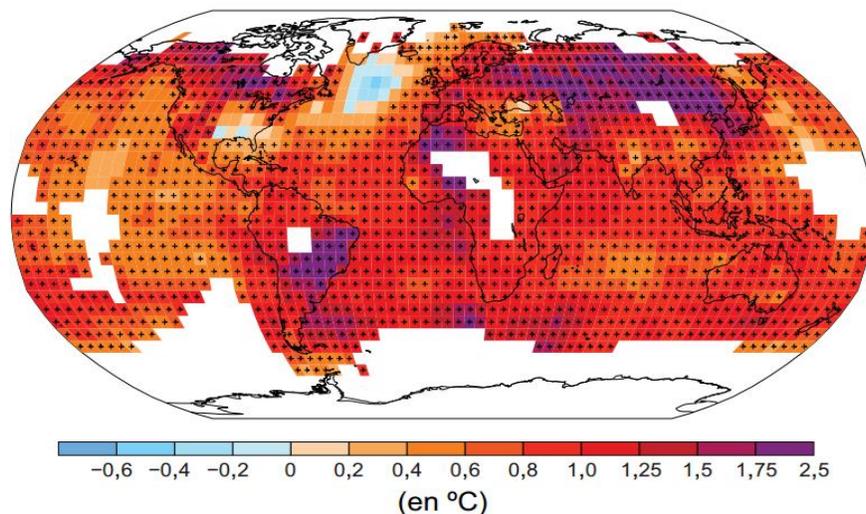
La presencia e intensidad de la isla de calor entre la estación meteorológica de Quinta Normal “urbana” y las estaciones “rurales” de Los Cerrillos, El Bosque y Pudahuel, se realizó según las diferencias (urbano menos rural) de temperaturas mínimas desde 1956 a 1982.

2.5 Relación y análisis de temperaturas mínimas anuales entre la estación de Quinta Normal y cambio climático

El cambio climático global ha significado un aumento de las temperaturas globales de 0,85°C (rango de 0,65 a 1,06°C) durante el período 1880-2012 (IPCC, 2014).

No obstante, dicho calentamiento no es homogéneo (revisar figura 8), y la Climatic Research Unit (CRU) de la University of East Anglia ha provisto de una reconstrucción del siglo XX a resolución 0,5° de latitud y longitud (aproximadamente 50 km) para temperaturas medias y mínimas y máximas mensuales.

Figura 8. Cambio observado en la temperatura en superficie, 1901-2012.



Fuente: IPCC, 2014

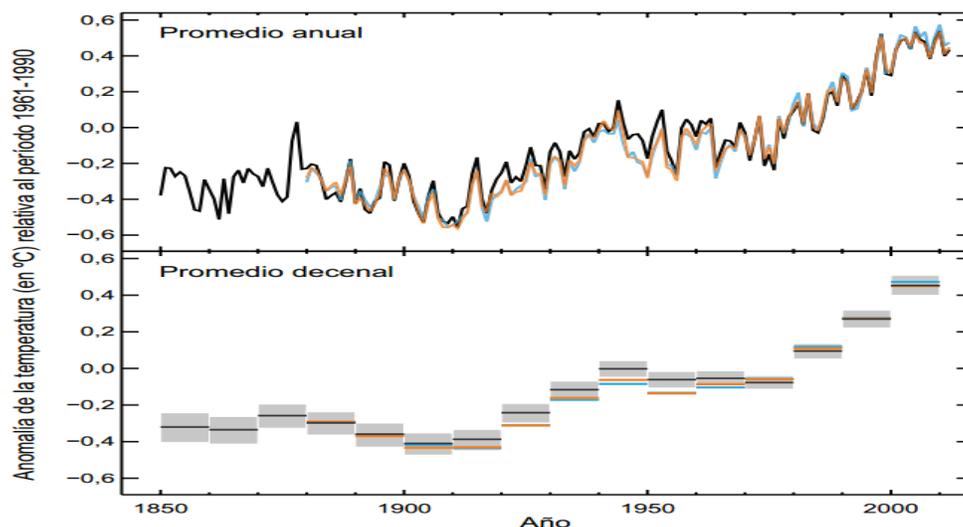
Dichas temperaturas mínimas de la CRU para el pixel de Santiago son confrontadas con las temperaturas medidas por la estación meteorológica de Quinta Normal.

Metodológicamente se calcula para ellas:

1. Tendencias (usando el test de Mann-Kendall) y para el período 1911-1982
2. Comparación de las tendencias, bajo el supuesto que la temperatura mínima de la CRU no posee efecto urbano y Quinta Normal si lo posee
3. Se establecen períodos en que hay pausas de calentamiento/enfriamiento, y desacople de la pendiente de calentamiento urbano (Quinta Normal) y regional (CRU).

Las anomalías de las temperaturas a escala global no se presentan constantes durante el siglo XX (IPCC, 2014). Se aprecia (revisar figura 9) un incremento que comienza en 1900 hasta 1940. Desde 1941 a 1970 se observa una pausa, o un estancamiento del calentamiento. Pero a partir de 1976 se observa nuevamente una elevación de la temperatura de manera significativa a nivel mundial.

Figura 9. Anomalía observada en el promedio mundial de temperaturas en superficie, terrestres y oceánicas combinadas, 1850-2012.



Fuente: IPCC, 2013

3. Resultados

3.1. Antecedentes históricos recopilados de las estaciones meteorológicas utilizadas

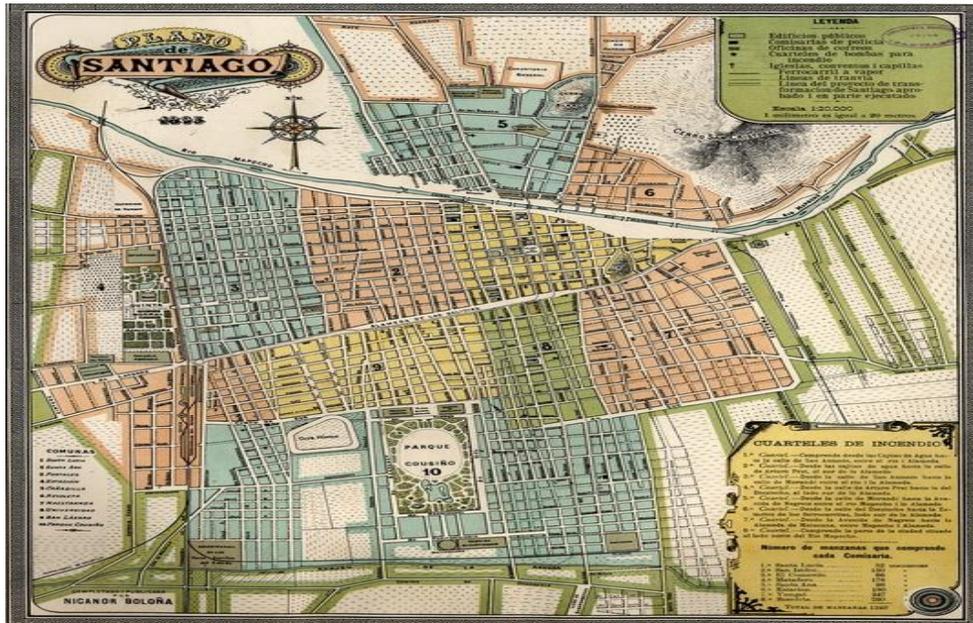
3.1.1 Estaciones meteorológicas utilizadas y crecimiento de Santiago entre 1911-1982

Estación Meteorológica de Quinta Normal

La estación existe desde 1866, y para los efectos de la investigación es analizada y utilizada siempre como un observatorio urbano. Sin embargo, este lugar ha tenido diversas transformaciones a lo largo del período de estudio, si bien al principio de ella se encontraba en los límites de la ciudad, en la figura 10 se observa que a fines del siglo XIX, ya estaba urbanizado su contorno. Así, se inició la expansión hacia el poniente de Santiago, surgiendo nuevos barrios en la zona denominada Quinta Normal, Portales, y sectores como Lourdes y San Pablo, creciendo al sector de Mapocho (De Ramón y Gross, 1985).

Figura 10. Plano de Santiago año 1895, la Quinta Normal rodeada de zonas urbanas al oriente, norte y sur.

Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982): caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y cambio climático



Fuente: Nicanor Boloña: *Álbum de planos de las principales ciudades y puertos de Chile*

Estación Meteorológica Los Cerrillos

En 1928, el filántropo norteamericano Daniel Guggenheim donó a Chile cerca de 500 mil dólares de la época con la estricta condición que fuesen utilizados en el fomento de la Aviación Civil Nacional, que por aquellos años estaba iniciándose en el país. Esta estación meteorológica estuvo siempre ligada a la aeronáutica privada, pero con el tiempo, a través de intervenciones del Estado, el aeropuerto de Los Cerrillos se transformó en un terreno administrado por la Fuerza Aérea de Chile (1930).

El efecto más considerable de este aeropuerto, a nivel local, es que en torno a su existencia se transforma toda una comuna de origen campestre, la cual limitaba con la capital y debido a la ampliación del centro aéreo, creció y se desarrolló.

Hacia las décadas del cuarenta y cincuenta, los modos de ocupación del espacio comunal en Maipú, fue inducido en gran parte por la autoconstrucción de casas (hasta la primera mitad de siglo en casas quinta) y la conformación de cooperativas de vivienda para trabajadores de las industrias establecidas en Maipú-Cerrillos (decenio del sesenta y setenta) (Pladeco Maipú, 2013).

Figura 11. Imagen del Aeropuerto de Los Cerrillos, ubicación de la estación meteorológica año 1934. Se observa influencia rural en sus cercanías



Fuente: Museo Aeronáutico y del Espacio, 1934. Recopiladas por el autor en visita a Museo Aeronáutico Civil y del Espacio.

Estación Meteorológica de El Bosque

La estación meteorológica de El Bosque ubicada a las afueras de la ciudad de Santiago durante las primeras décadas del siglo XX, tenía como finalidad principal entregar datos al Servicio Meteorológico de la Aviación de Chile. Entró en funcionamiento el año 1927 cuando se institucionaliza la aeronáutica, y recibe el nombre de Base Aérea el Bosque (revisar figura 12).

Figura 12. Fotografía de la Base Aérea el Bosque, ubicación de la estación meteorológica del año 1928. Se observa el eje vial Gran Avenida.



Fuente: Base Aérea el Bosque. Recopiladas por el autor en visita a Museo Aeronáutico Civil y del Espacio.

Hasta 1950 el crecimiento tendió espontáneamente hacia el sur. Luego, desde 1960, aproximadamente, el crecimiento se concentró en el área norte, donde los terrenos de la FACH definen un nuevo límite que produce una tendencia de ocupación hacia el sector nororiente de Gran Avenida José Miguel Carrera. A partir de 1970 se ocupa la zona centro-poniente, bordeando la Ruta 5 Sur (Pladeco San Bernardo, 2011).

Estación Meteorológica de Pudahuel

La estación meteorológica de Pudahuel se relaciona con la creación del Aeropuerto del mismo nombre. Los límites administrativos de Pudahuel, han tenido algunas modificaciones de importancia a lo largo de su historia. A fines del siglo XIX poseía una gran extensión territorial, puesto que contenía, además de los territorios de Cerro Navia y Lo Prado, a la actual comuna de Quinta Normal. Un decreto con fuerza de Ley del 17 de marzo de 1981 incorporó a Pudahuel toda el área circundante al Aeropuerto, que anteriormente pertenecía a Renca (Pladeco Pudahuel, 2010).

Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982): caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y cambio climático

La estación meteorológica de Pudahuel mantiene en su entorno el espacio rural, y en esta zona, y durante el período de análisis (que llega a 1982) no se materializa crecimiento urbano en sus alrededores.

Figura 13. Fotografía del Aeropuerto de Pudahuel, lugar de la estación meteorológica, se observa su entorno rural año 1967.



Fuente: Pudahuel: en el camino de la Memoria: de las Barrancas a Pudahuel, 450 años de historia.

Crecimiento de Santiago (1911-1982)

Los cambios en la estructura urbana de Santiago son diversos durante el siglo XX. Para las primeras décadas, la ciudad ya concentraba la mayor parte de la población del país, un segmento considerable de la actividad económica, servicios y la casi totalidad de la vida política y cultural.

Asimismo, ella fue el escenario donde se manifestaron con gran fuerza los problemas derivados del deterioro ambiental, de la segregación espacial y de la incipiente congestión urbana. Esta sería también la primera en implementar ciertos avances tecnológicos que modificarían las características ambientales iniciales (De Ramón y Gross, 1985).

El primer recinto urbano o límite de la ciudad de Santiago, fue establecido por Benjamín Vicuña Mackenna, siendo el siguiente: Camino de cintura oriente, hoy Vicuña Mackenna, por el Camino de Cintura Sur o Camino de los Monos, hoy Avenida Matta, hasta el parque Cousiño; desde ahí doblaba hacia el norte, siguiendo el contorno de ese paseo hasta el camino sur, hoy Avenida Blanco Encalada. Este camino se unía con el Camino de Cintura Poniente, actual Avenida General Velásquez (Carvajal, 1929).

El límite norte de la ciudad fue trazado por calle Yungay inclusive la De los Padres, hoy Cummings, para doblar por el norte hasta la calle Rosario, hoy Avenida Santos Dumont. En el extremo nororiente no figuraba ningún Camino de Cintura, pero suponemos debe haber seguido por calle Recoleta, para doblar en Dominica y seguir hasta el camino de la Chimba hoy Dardignac, incluso unirse frente al río Mapocho con el camino de Cintura Oriente (Carvajal, 1929).

Durante el lapso 1915-1920 los problemas de Santiago fueron los típicos de una urbe que recibe los impactos del acelerado crecimiento poblacional, los cambios tecnológicos y el creciente desarrollo económico favorecido en este caso por el hecho que su riqueza salitrera le significaba buenos ingresos.

Por ser capital, los ingresos de las distintas actividades económicas se concentraron fundamentalmente en ella, intensificando su condición de polo de atracción. Esta razón hizo que la ciudad se extendiera cada vez más, ocupando de preferencia suelos baratos en las afueras. De este modo el casco más antiguo de Santiago se fue desvitalizando con una serie de zonas internas sin edificar (De Ramón y Gross, 1985).

El acelerado proceso de expansión de Santiago, de menos de un millón de habitantes en 1940 a 5,4 millones en 2002, ha significado cambios de morfología

urbana (Greene y Soler, 2004). En la Figura 6 puede observarse el enorme crecimiento de la mancha urbana en estos años.

Según Hurtado (1966) el desarrollo explosivo de Santiago a partir de los años cuarenta, tiene su origen en las migraciones campo-ciudad. El éxodo alcanzó su fase culmine entre los decenios cuarenta y sesenta, lo que llegó a explicar el 42,1% del crecimiento de la capital para el período ínter censal 1940-1952 y del 40,9% durante 1952-1960.

La expansión urbana hasta los años 1970 empieza a generar una mancha de tres ejes, a partir de largas bases de fusión hacia el oriente, poniente y sur. Sin embargo, el cambio más significativo ocurre con el acelerado crecimiento urbano desde 1960, donde el núcleo de integración cambia de orientación, dirigiéndose ahora para el sur, a través de extensos ejes radiales que nacen del centro histórico y llegan a los nuevos distritos pobres de Santiago (Greene y Soler, 2004).

Tabla 2. Población total de la ciudad de Santiago según los censos de población del Instituto Nacional de Estadística entre 1907-1982

Años Censos	Población de Santiago
1907	332.724
1920	507.296
1930	696.231
1940	952.075
1952	1.353.400
1960	1.907.378
1970	2.436.398
1982	3.650.541

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas, elaboración propia

En 1979 se formuló una Política Nacional de Desarrollo Urbano que liberalizó el mercado del suelo, lo que trajo aparejada una serie de problemas que se manifestaron en la forma de crecimiento de las principales ciudades chilenas (Hidalgo, 2004). Se llevó a cabo una activa erradicación de poblaciones marginales es decir, de los campamentos, lo que provocó importantes movimientos de población al interior de la ciudad de Santiago. Paralelamente, con base en criterios económicos y en los que postulaban la necesidad de restituir a sus propietarios originales la propiedad de los sitios que esos asentamientos ocupaban, se comenzó a edificar en aquellos terrenos liberados, importantes proyectos inmobiliarios (Hidalgo, 2004).

3.2. Reconstrucción y análisis de series históricas de las temperaturas mínimas anuales de Santiago en base a estaciones meteorológicas

Entre los principales problemas encontrados se puede mencionar la imposibilidad de conocer el comportamiento de las temperaturas mínimas anuales durante las décadas de 1920, 1930, 1940 y parte de 1950, pues los observatorios rurales no poseen continuidad de datos.

Estación Meteorológica de Quinta Normal

Según el análisis de las Figuras 6 y 10, la estación meteorológica de Quinta Normal el año 1895 era parte del centro urbano de Santiago. Estuvo siempre ubicada en el área de influencia del parque del mismo nombre, y para el examen de este estudio, continuamente ha estado bajo una zona de dominio urbano.

Figura 14. Fotografía aérea de la ubicación de la Estación Meteorológica de Quinta Normal año 1967



Fuente: Higinio González / Piloto Juan Pablo Avendaño, Archivo Visual de Santiago, 1963.

Estación Meteorológica de Los Cerrillos

Según la Figura 6, la estación meteorológica de Los Cerrillos durante los años 1941 a 1952 comenzó a manifestar crecimiento urbano en sus proximidades hacia el poniente. En el sector oriente desde la década de 1953 a 1960 empezó a ser urbanizada en sus alrededores.

La zona cercana a la estación meteorológica en su inauguración (1936) conservaba las características de un área rural, pero desde la década de 1960 queda completamente urbanizada y poblada. Esta franja correspondía a un gran sector dentro de Maipú y San Miguel, con el paso del tiempo quedó entre dos nuevas comunas Los Cerrillos y Pedro Aguirre Cerda (Pladeco Los Cerrillos, 2013).

Por último en la Figura 6 se aprecia que entre 1953 y 1960, el aeropuerto y la estación meteorológica de Los Cerrillos quedan rodeadas de suelo urbanizado tanto al oriente como al poniente, dejando sólo el cono de aproximación al aeródromo sometido a la influencia "rural" (un ejemplo de ello se aprecia en la Figura 15). Este crecimiento comenzó con facilidades tributarias y administrativas de origen municipal que fueron atrayendo la instalación de industrias en el sector de Los Cerrillos, a esto se unió la construcción del aeropuerto el año 1936. Así, el conjunto de acciones preparó el terreno para que la economía local de perfil rural adquiriera también uno industrial (Montalbán, 1996).

Figura 15. Fotografía del Aeropuerto de Los Cerrillos donde se observa su crecimiento urbano en el año 2012.



Fuente: Diario el Mostrador, 2012

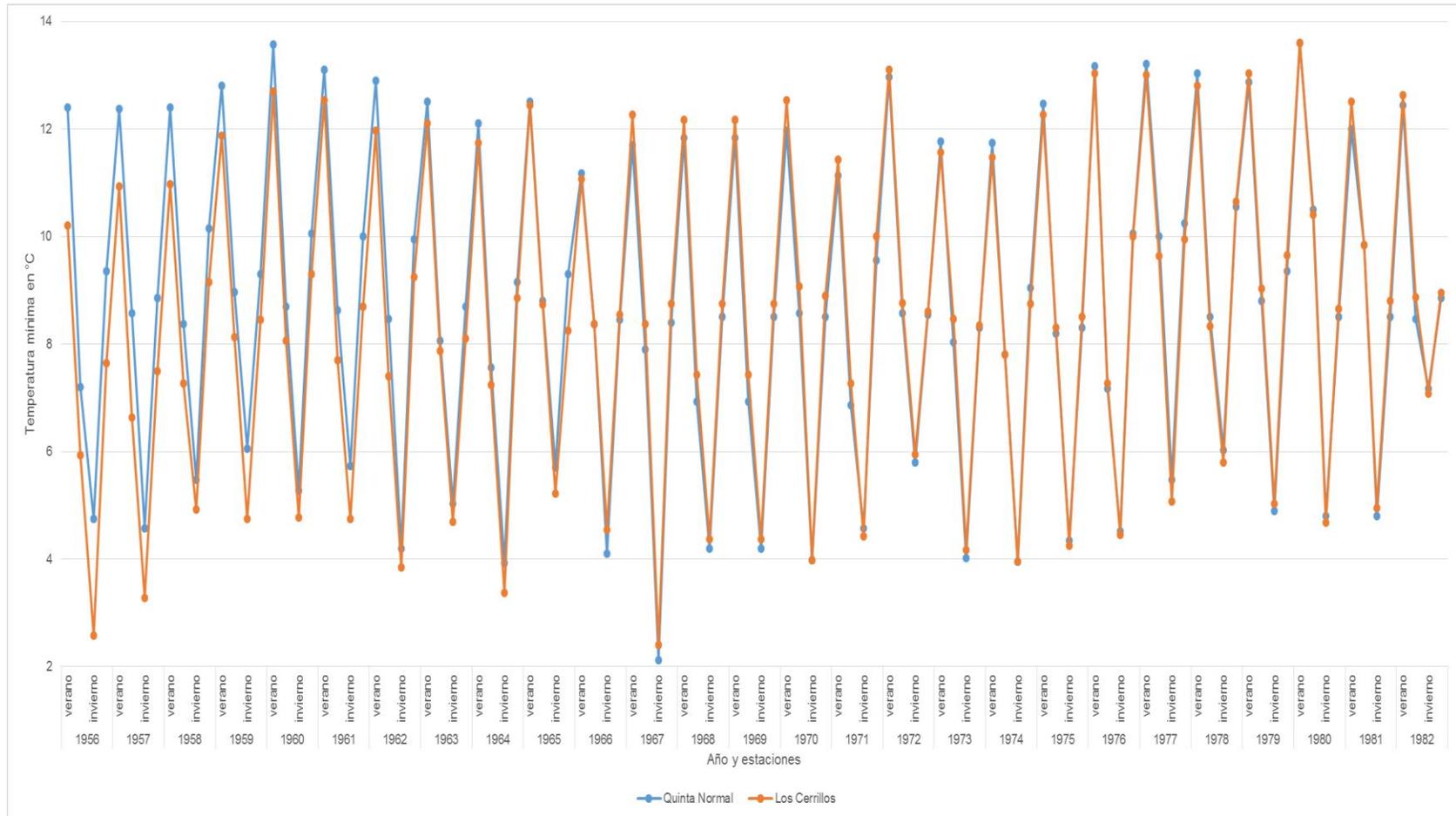
A partir de 1960 comenzó un proceso de crecimiento urbano en las zonas cercanas al aeropuerto de Los Cerrillos, con un aumento industrial en la zona de aproximación, preferentemente ligado al desarrollo del camino que unía Santiago con la costa central.

El comportamiento de las temperaturas mínimas durante el periodo de análisis desde 1956 a 1982 expresadas en la Figura 16 da como resultado que las temperaturas mínimas de la estación de invierno son más bajas en la estación meteorológica de Los Cerrillos con excepción de algunos años. Las temperaturas mínimas de la estación de verano hasta el año 1966 son más altas en Quinta Normal. A través de 1956 y 1964 se observan las mayores diferencias de más de 2°C en las temperaturas mínimas de las estaciones de invierno y verano, disminuyendo a medida que se acercan al año 1965.

Entre los años 1967 y 1972 las temperaturas mínimas de la estación de verano son mayores en Los Cerrillos, situación que cambia en medio de 1973 y 1977.

Hacia el final del período las temperaturas mínimas en todas las estaciones de Quinta Normal y Los Cerrillos mantienen prácticamente los mismos grados.

Figura 16. Comportamiento de las temperaturas mínimas anuales según estación de Los Cerrillos y Quinta Normal para el período 1956-1982



Fuente: Elaboración propia. El orden es verano, otoño, invierno y primavera en la figura.

Estación Meteorológica de El Bosque

Según el análisis de la Figura 6, la estación meteorológica de El Bosque durante el período de 1941 a 1952 comenzó su proceso de urbanización en su cercanía hacia el poniente. En relación con el sector oriente, a través de 1953 a 1960 empezó el desarrollo urbano en sus proximidades, por último se observa alrededor del sur crecimiento entre los años 1971 a 1982, señalando la expansión en torno a dicha zona de la ciudad, particularmente con destino a la actual comuna de San Bernardo (un ejemplo de ello se ve en la Figura 17).

Figura 17. Fotografía de Base Aérea el Bosque, se observa el crecimiento urbano en sus alrededores en el año 2012



Fuente: Pablo Cm. Banco imágenes .cl, 2012.

Según el Pladeco (2013) de la comuna de San Bernardo esta zona fue urbanizada desde los años 1960 en adelante, utilizando un eje vial como Gran Avenida en el empuje de nuevas edificaciones. Bajo la condición de Aeropuerto o Base Aérea sigue manteniendo hasta el año 1982 un área de influencia rural en su entorno.

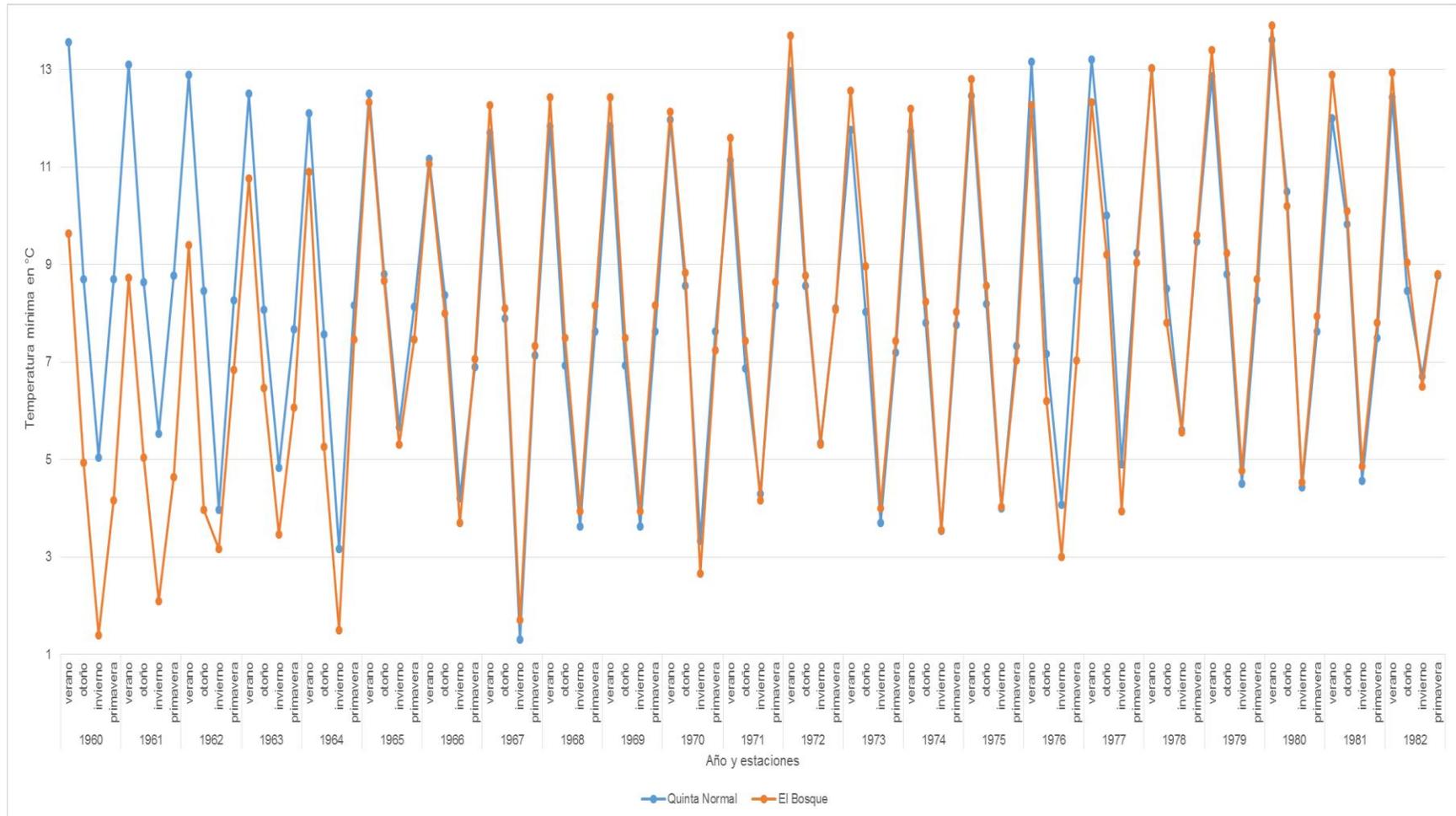
El comportamiento de las temperaturas mínimas durante el periodo de análisis desde 1960 a 1982 expresadas en la Figura 18, da como resultado que las

temperaturas mínimas en la estación de invierno son más bajas en El Bosque con excepción de algunos años (1967, 1968, 1969, 1973, 1979, 1980 y 1981). Las series de temperaturas mínimas en los veranos hasta el año 1965 aumentan en la estación meteorológica de Quinta Normal. A través de 1960 y 1964 se observan las mayores diferencias en las temperaturas mínimas de más de 4°C en las estaciones de invierno y verano, disminuyendo a medida que se acercan al año 1967 en adelante, manteniéndose preferentemente en la estación de invierno las diferencias entre las estaciones meteorológicas de Quinta Normal y El Bosque.

Entre 1966 y 1982 las temperaturas mínimas de la estación de verano son superiores en la estación meteorológica de El Bosque, situación que cambia entre los años 1976 y 1977.

Hacia el final del período las temperaturas mínimas en todas las estaciones de Quinta Normal y El Bosque mantienen prácticamente los mismos grados.

Figura 18. Comportamiento de las temperaturas mínimas anuales según estación de El Bosque y Quinta Normal para el período 1960-1982



Fuente: Elaboración propia. El orden es verano, otoño, invierno y primavera en la figura.

Estación Meteorológica de Pudahuel

Según el análisis de la Figura 6, la estación de Pudahuel mantiene en sus alrededores la condición de ruralidad. La estación meteorológica en su entorno no ha sido densificada ni la ciudad ha manifestado crecimiento urbano.

Figura 19. Fotografía de Aeropuerto de Pudahuel, se observa que mantiene su influencia rural en sus alrededores en el año 2014.



Fuente: Héctor Aravena, Archivo, El Mercurio, 2014

En los años que se inicia la construcción e inauguración del aeropuerto la zona cercana aún respondía a las particularidades de una aldea campesina, pero la expansión del área urbana no mejoró el diseño arquitectónico de las viviendas y, menos, el aspecto funcional de la comuna.

En el proceso de desarrollo urbano, las características de ruralidad no son revertidas íntegramente y éstas coexisten con las nuevas formas de asentamiento humano (Pladeco Pudahuel, 2010).

Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982): caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y cambio climático

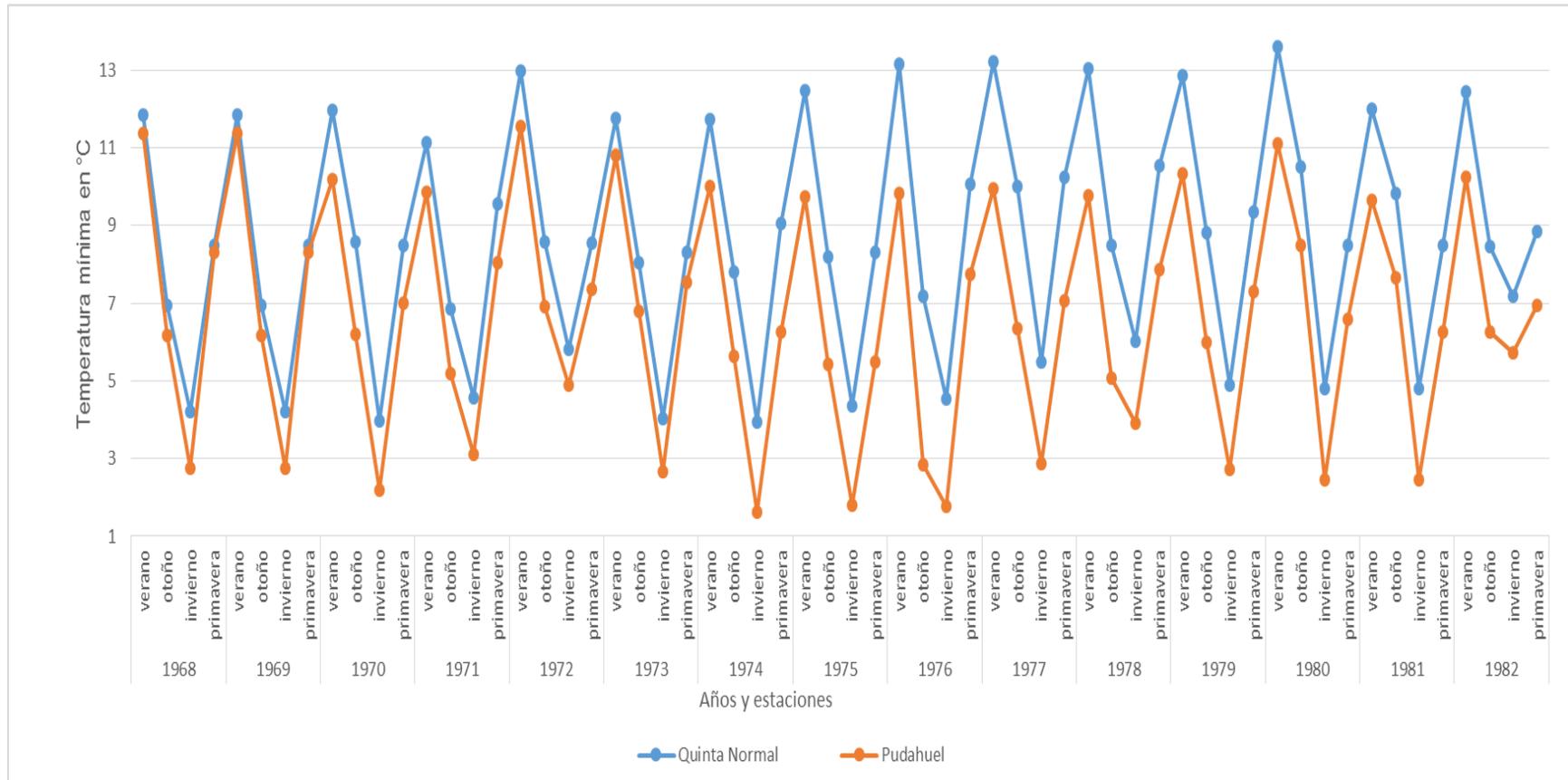
El comportamiento de las temperaturas mínimas en la etapa de análisis entre 1968 a 1982 expresadas en la Figura 20 da como resultado que las temperaturas mínimas en la estación de invierno son más bajas en Pudahuel durante todos los años. Las temperaturas mínimas de la estación de verano se observan superiores en Quinta Normal en todo el período.

Entre los años 1968 y 1969 las temperaturas mínimas de las estaciones de otoño y primavera se presentan bastante similares con diferencias de solo 1°C aproximadamente.

Entre los años 1974 y 1982 se observan las mayores diferencias de más de 4°C en las temperaturas mínimas en las estaciones de invierno y verano.

Hacia el final del período las temperaturas mínimas en todas las estaciones de Quinta Normal y Pudahuel mantienen sus diferencias entre los 1°C y 4°C.

Figura 20. Comportamiento de las temperaturas mínimas anuales según estación de Pudahuel y Quinta Normal para el período 1968 a 1982



Fuente: Elaboración propia. El orden es verano, otoño, invierno y primavera en la figura.

3.3 Análisis y relaciones de presencia de isla de calor en las series según su intensidad en las temperaturas mínimas anuales y por estación

3.3.1 Análisis y relaciones de presencia de intensidad de la isla de calor entre las estaciones meteorológicas de Quinta Normal y Los Cerrillos.

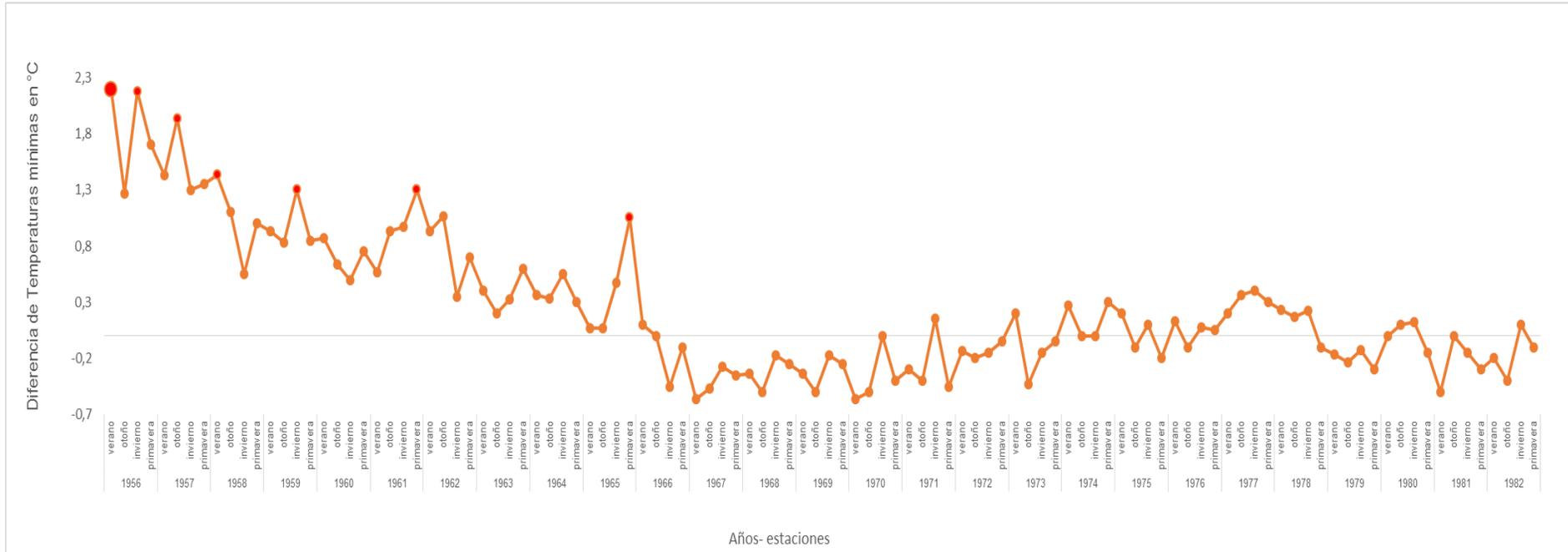
Se analiza la serie reconstruida del período 1956 hasta 1982. El comportamiento de la intensidad de la isla de calor entre las estaciones meteorológicas de Quinta Normal y de Los Cerrillos, según la clasificación de Fernández (1996), se presenta de la siguiente forma:

- En las estaciones de invierno y verano del año 1956 se observa una intensidad de isla de calor moderada, siendo la máxima intensidad en la estación de verano con 2,2°C.
- Posterior a este año, desde 1957 hasta la estación de primavera de 1965, se observa una intensidad de la isla de calor débil, con fluctuaciones durante las estaciones. Consecutivo a esta fecha nunca supera 1°C de intensidad.
- Desde las estaciones de los veranos de 1966 a 1982 la intensidad de la isla de calor se presenta en algunos años débil y en otros no se distingue. Las temperaturas en bastantes estaciones del período ni siquiera superan los 0°C de intensidad.

En todo el periodo de análisis no es posible identificar la estación donde se concentra mayor presencia de intensidad de isla de calor, estas se presentan de forma uniforme en invierno, otoño y verano.

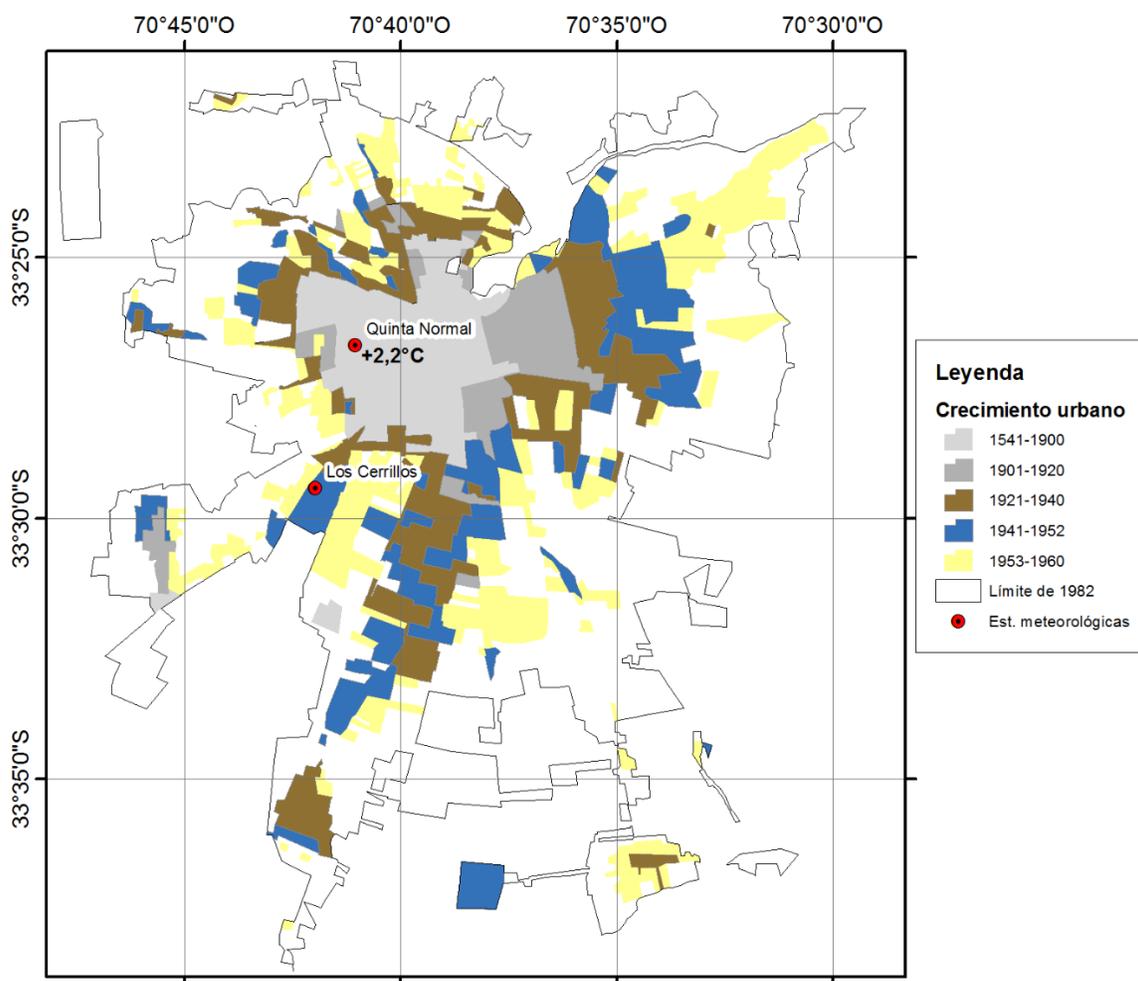
En relación con el crecimiento urbano cercano a la estación meteorológica se puede identificar que desde 1965 la zona cercana al aeropuerto está bajo la influencia urbana, y no es posible distinguir entre las estaciones meteorológicas características de una urbana y otra rural. Si analizamos con la Figura 22, es a partir de la década de 1960 que Los Cerrillos se mantiene bajo la influencia urbana.

Figura 21. Comportamiento de la intensidad de la isla de calor para el período 1956-1982 entre las estaciones meteorológicas de Quinta Normal y Los Cerrillos, en rojo se indican las intensidades máximas de la isla de calor.



Fuente: Elaboración propia

Figura 22. Mapa del crecimiento urbano de Santiago en relación a la estación meteorológica de Los Cerrillos y la intensidad máxima de la isla de calor en el periodo 1956 a 1982



Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Análisis y relaciones de presencia de intensidad en la isla de calor entre las estaciones meteorológicas de Quinta Normal y El Bosque.

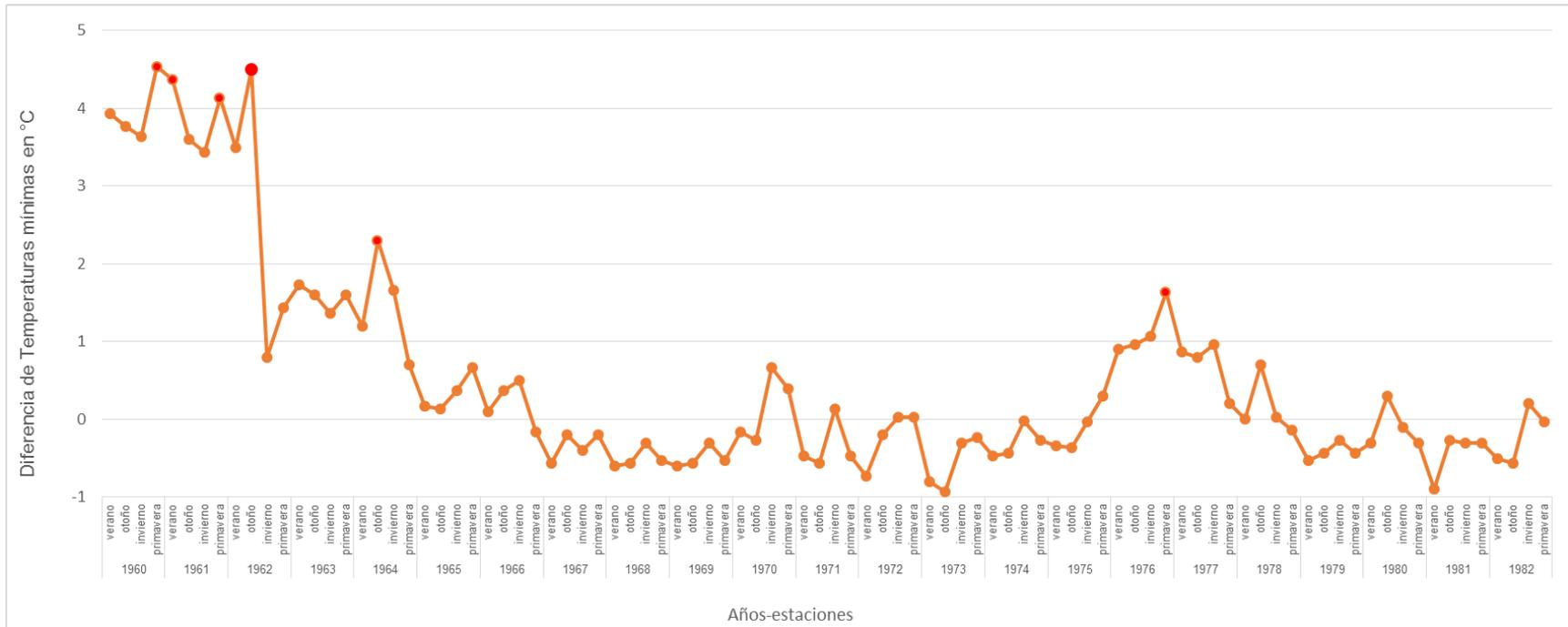
El comportamiento de la intensidad de la isla de calor entre las estaciones de Quinta Normal y El Bosque para el período de los años 1960 a 1982, según la clasificación de Fernández se presenta de la siguiente forma:

Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982): caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y cambio climático

- La estación de primavera de 1960 y la estación de otoño de 1962 presentan una intensidad de isla de calor fuerte, con una máxima de 4,5°C.
- En la estación de invierno de 1962 la intensidad de la isla de calor se observa débil, con excepción del otoño de 1964 que se presenta una intensidad de isla de calor moderada.
- Desde las estaciones de invierno entre los años 1964 a 1966 la intensidad de la isla de calor se presenta débil.
- Posteriormente durante las estaciones de primavera y verano de 1970 se observa una intensidad de la isla de calor débil. Para proseguir entre la estación de verano de 1971 al invierno de 1975 con una intensidad de isla de calor negativa bajo los 0°C. Desde la estación de primavera de 1975 al invierno de 1978 la intensidad de la isla de calor es débil.
- Desde las estaciones de primavera de 1978 a otoño de 1982 la intensidad de la isla de calor es negativa bajo los 0°C, excepto el otoño de 1980 e invierno de 1982 que la intensidad de la isla de calor se observa débil.

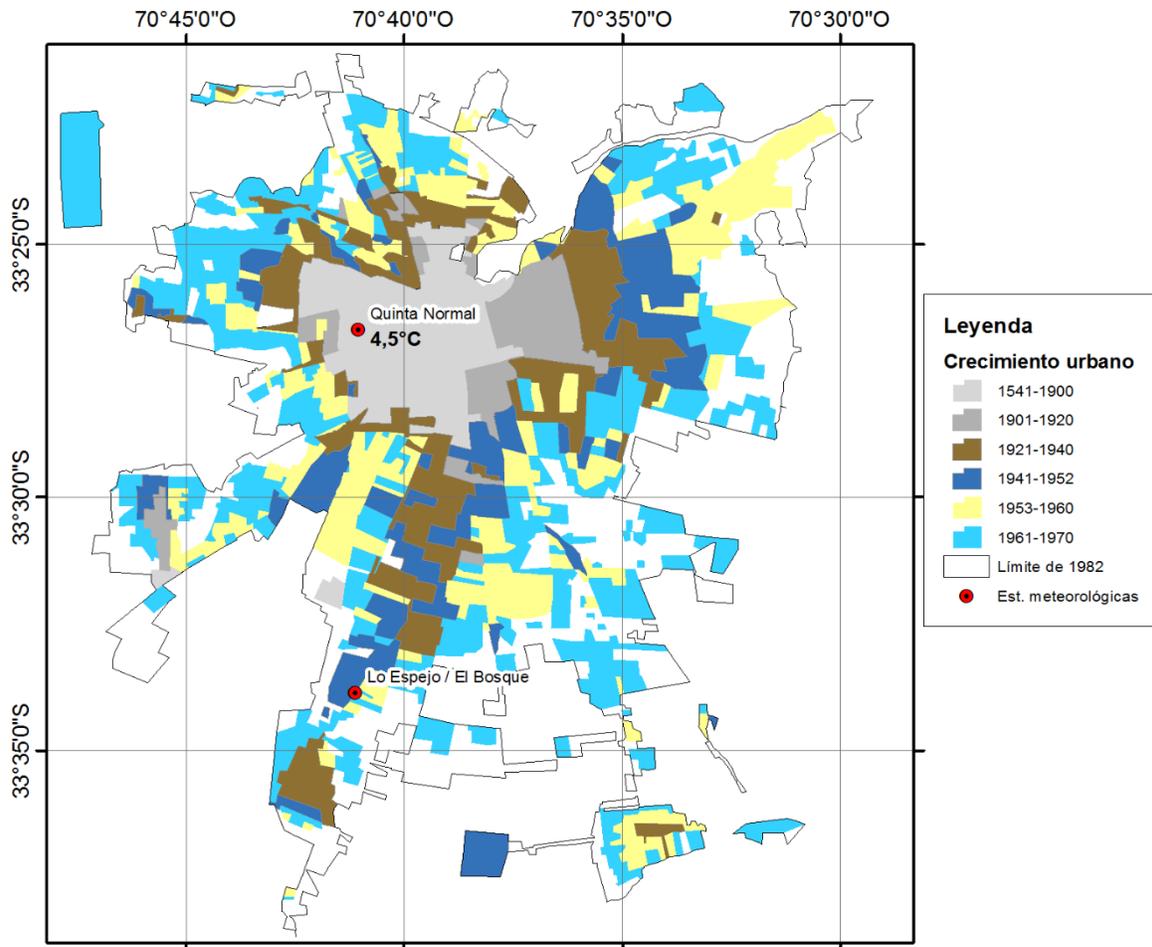
En todo el periodo de análisis es posible identificar la estación de primavera que concentra la mayor presencia de intensidad de isla de calor. En relación con el crecimiento urbano, cercano a la estación meteorológica desde 1966 la zona cercana a la Base Aérea el Bosque está sometida a la influencia urbana, y no es posible distinguir entre las estaciones características de una estación urbana y rural. Si analizamos la Figura 24, es a partir de la década de 1960 que El Bosque se aprecia bajo la influencia urbana.

Figura 23. Comportamiento de la intensidad de la isla de calor para el período 1960-1982 entre las estaciones meteorológicas de Quinta Normal y El Bosque, en rojo se indican las intensidades máximas de la isla de calor.



Fuente: Elaboración propia

Figura 24. Mapa de crecimiento urbano de Santiago en relación a la estación meteorológica de El Bosque y la intensidad máxima de la isla de calor en el periodo 1960 a 1982



Fuente: Elaboración propia

3.3.3 Análisis y relaciones de presencia de intensidad de la isla de calor entre estaciones meteorológicas de Quinta Normal y Pudahuel

Se analiza el período 1968 hasta 1982. El comportamiento de la intensidad de la isla de calor entre las estaciones de Quinta Normal y Pudahuel para el período de los años 1968 a 1982, según la clasificación de Fernández se presenta de la siguiente forma:

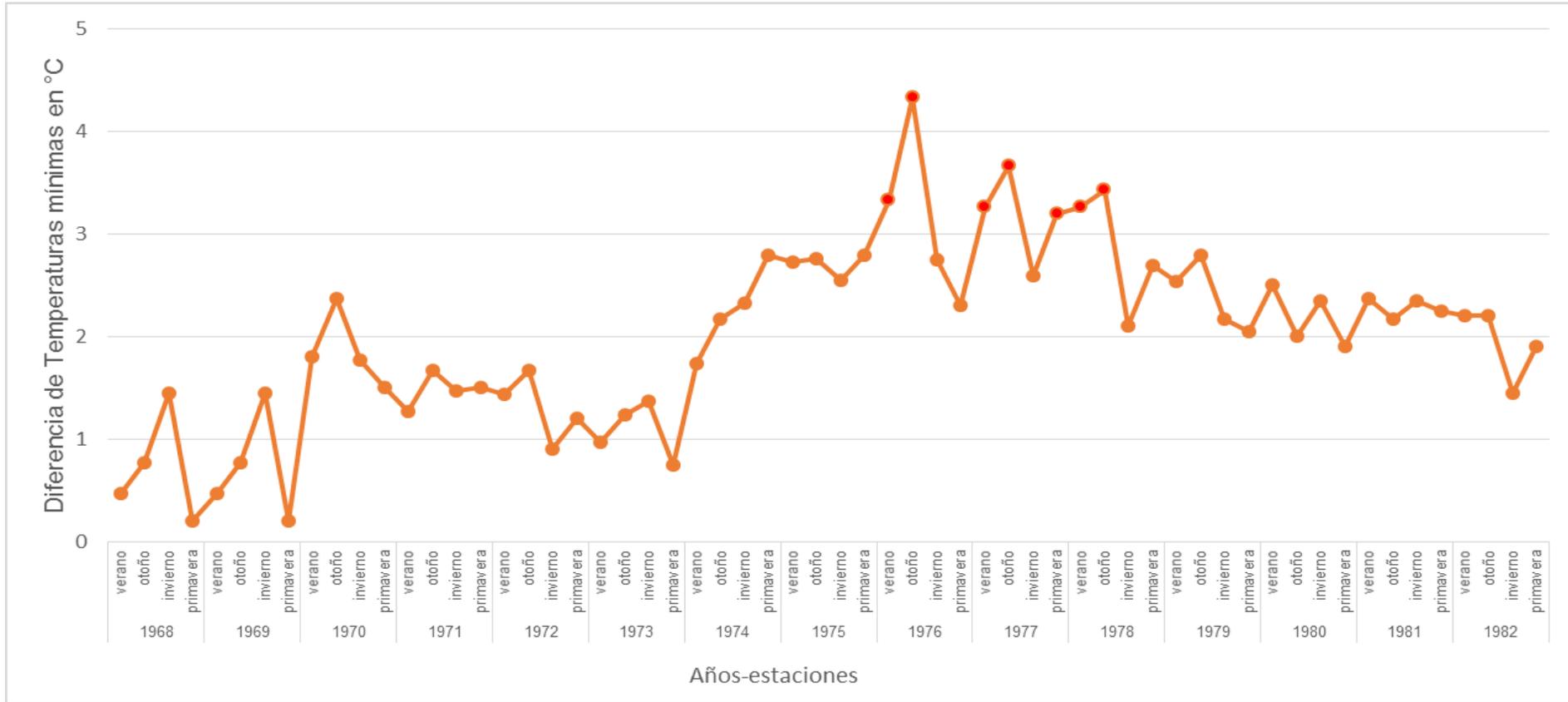
- Entre las estaciones de verano de 1968 a 1970 la intensidad de la isla de calor se presenta débil, con excepción de la estación de otoño de 1970 que se observa una intensidad de isla calor moderada.
- Desde la estación de invierno de 1970 a la estación de primavera de 1975 se aprecia nuevamente una intensidad de isla calor débil.
- Durante las estaciones de verano y otoño de 1976 se aprecia una intensidad de isla de calor fuerte con 4,3°C, a continuación y desde la estación de invierno de 1976 hasta la estación de primavera de 1982 la intensidad de la isla de calor es moderada, con excepción de la estación de invierno de 1982 que se presenta una intensidad de isla calor débil.

En todo el periodo de análisis es posible identificar la estación de otoño que concentra mayor presencia de intensidad de isla de calor, estas se presentan los años 1970, 1976, 1977 y 1978.

Como se observa en la Figura 26 la estación meteorológica de Pudahuel está bajo influencia del desarrollo urbano sólo en los años sesenta, situación dada por las construcciones aledañas y de utilidad para el mismo aeropuerto.

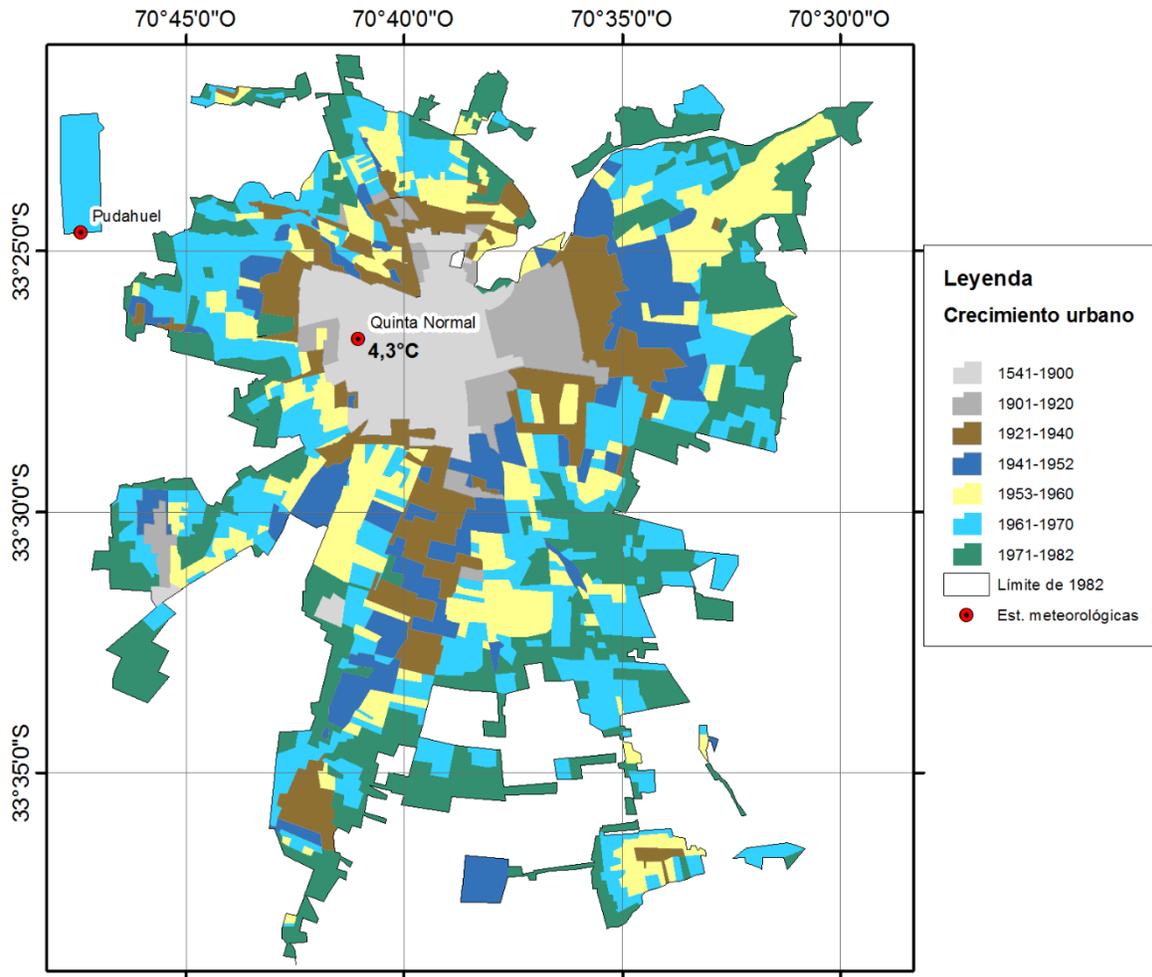
En la última década de la investigación no presenta crecimiento, de esta manera Pudahuel mantiene su entorno rural y condición de aeropuerto durante todo el período de estudio.

Figura 25. Comportamiento de la intensidad de la isla de calor para el período 1968-1982 entre las estaciones meteorológicas de Quinta Normal y Pudahuel, en rojo se indican las intensidades máximas de la isla de calor.



Fuente: Elaboración propia

Figura 26. Mapa de crecimiento urbano de Santiago en relación a la estación meteorológica de Pudahuel y la intensidad máxima de la isla de calor en el periodo 1968 a 1982



Fuente: Elaboración propia

3.4 Comportamiento de temperaturas mínimas anuales entre la estación de Quinta Normal y cambio climático entre 1911-1982

Los resultados obtenidos de los datos de temperaturas mínimas de Quinta Normal y las temperaturas mínimas de la CRU para Santiago confrontadas para el período 1911-1982 se observan en la Figura 27.

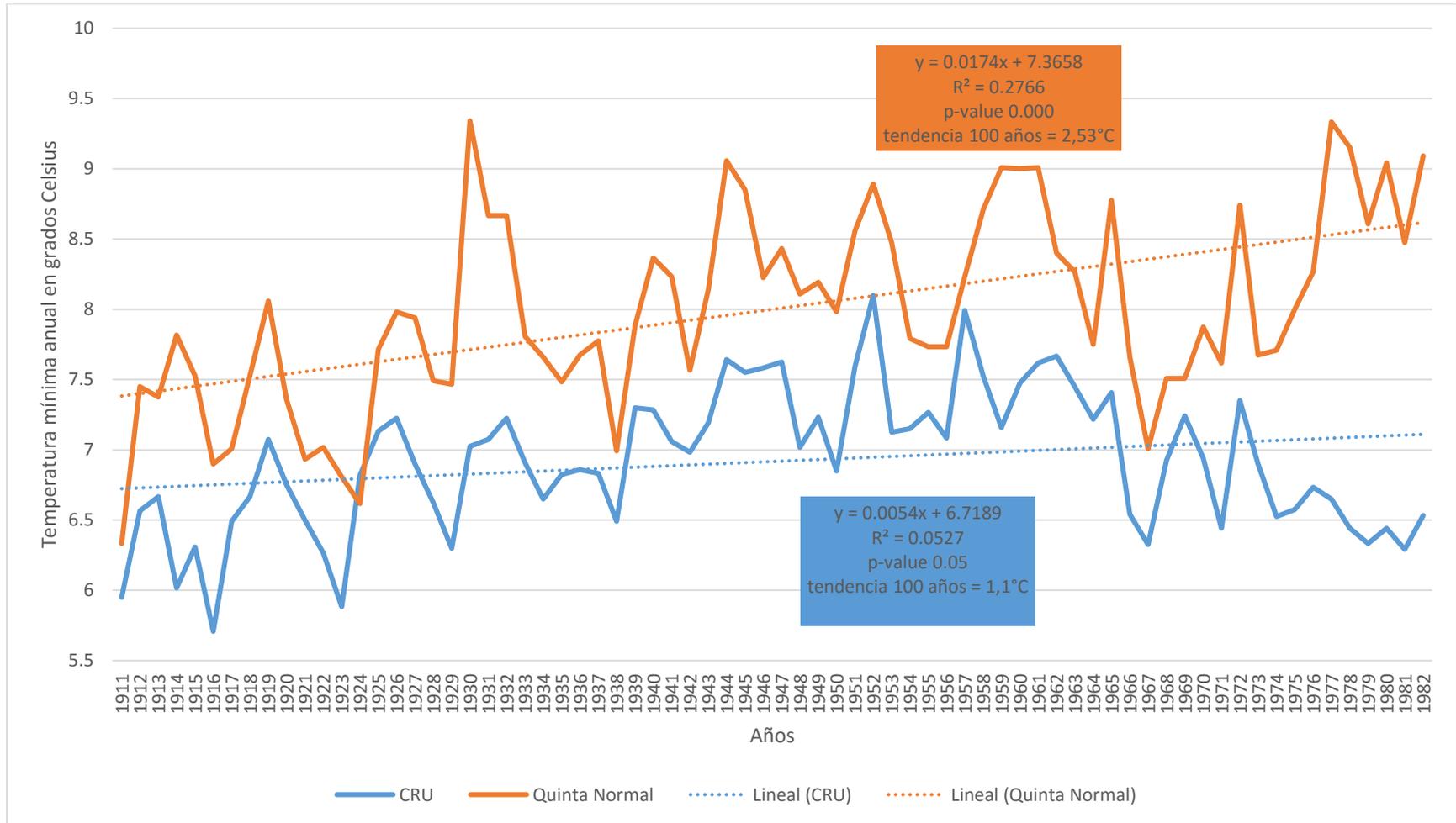
El comportamiento de las temperaturas en la Figura 27 muestra el calentamiento experimentado en Quinta Normal y la reconstrucción de la CRU para el caso de Santiago. No existe una tendencia lineal entre la temperatura y el tiempo, sino más bien ciclos de aumento y disminución de las temperaturas mínimas que se puede describir como:

1. Tendencia al aumento entre 1911 y 1930, con ciclos de 5 años de aumento y disminución.
2. Tendencia negativa desde 1930- 1938, manteniendo los ciclos de 5 años.
3. Tendencia positiva entre 1940 y 1952, con ciclos de 5-7 años de aumento y disminución. No obstante se aprecia que Quinta Normal difiere de la reconstrucción de la CRU para Santiago.
4. Tendencia hacia la disminución hasta 1971-1972, y luego comportamiento inverso entre la reconstrucción CRU y Quinta Normal.

A modo general, la tendencia lineal muestra aumento para todo el período para Quinta Normal y la reconstrucción CRU de las temperaturas mínimas. La máxima diferencia de ambas temperaturas se presenta en 1974, y desde 1976 se desacoplan, en este caso Quinta Normal sube y el calentamiento regional baja.

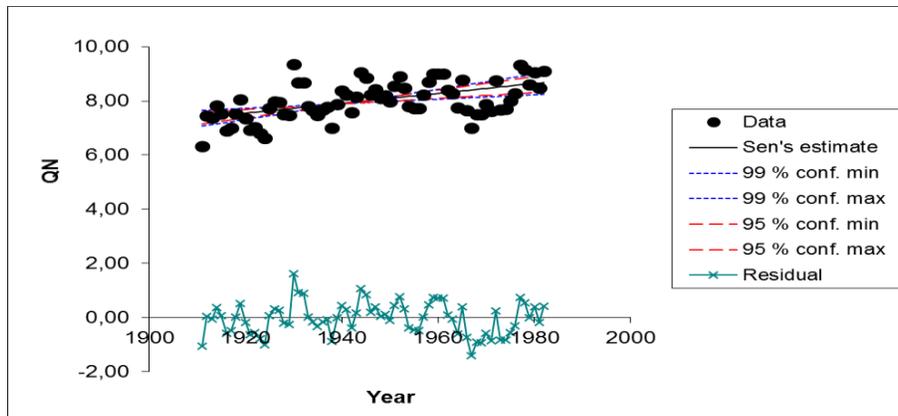
El test de Mann-Kendall nos indica que la tendencia de las temperaturas mínimas tiene una significancia estadística de un 99,9%, siendo muy buena. La estimación de la pendiente Sen indica un $0,0182^{\circ}\text{C}$ de aumento anual, lo cual corresponde a $1,82^{\circ}\text{C}/100$ años, un grado menos que la tendencia lineal. Este valor es más real, pues es menos sensible a los valores extremos (como el caso de la recta de los mínimos cuadráticos).

Figura 27. Comportamiento de las temperaturas mínimas anuales de Quinta Normal y de la CRU para Santiago, período 1911-1982



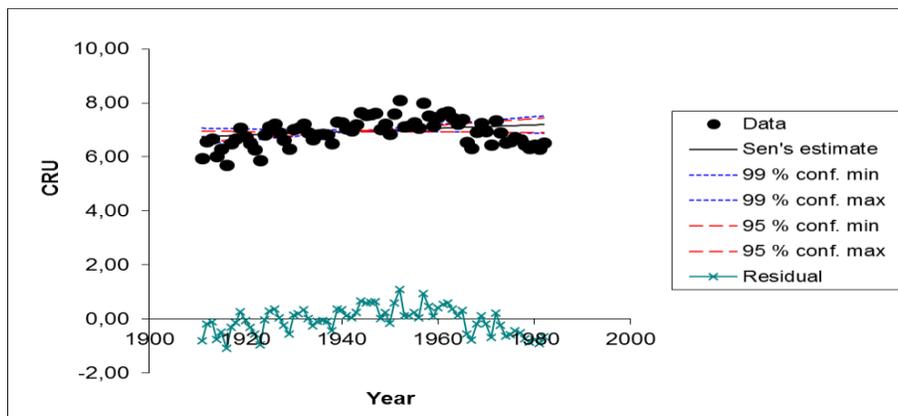
Fuente: Elaboración propia

Figura 28. Resultado del Test de Mann-Kendall y de la estimación Sen de pendiente para las temperaturas mínimas anuales de Quinta Normal



Fuente: Elaboración propia

Figura 29. Resultado del Test de Mann-Kendall y de la estimación Sen de pendiente para las temperaturas mínimas anuales CRU de Santiago



Fuente: Elaboración propia

4. Discusión

4.1. Modelo de relaciones de presencia de isla de calor en las series según su intensidad en las temperaturas mínimas anuales y por estación

La medición rutinaria de la temperatura atmosférica en estaciones meteorológicas ha permitido el monitoreo de esta variable en diversas regiones del planeta desde finales del siglo XIX (Caballero et al, 2007).

El análisis del aspecto climatológico urbano y rural respecto al cambio climático, posee respuestas a preguntas que no pudimos responder en esta investigación. ¿Qué sector de una zona urbana representa una temperatura urbana? ¿Qué parte de un área rural simboliza una temperatura rural? ¿Cuáles son los sectores urbanos? ¿Cuáles son los territorios rurales? (Siu, 2011).

No se responderán las preguntas anteriores en esta investigación, debido a que aún con una reconstrucción histórica se torna difícil ir entendiendo y descifrando la localización de las zonas urbanas y rurales de la ciudad, en el caso de este trabajo se extendió el análisis a tres observatorios meteorológicos como rurales, pero a lo largo del período de estudio, se determinó que dos de estos pasaron a transformarse en estaciones urbanas por motivo de la expansión y crecimiento urbano.

La isla de calor se ha estudiado en Chile por muchos años, si bien se ha buscado bibliografía sobre el tema, no se han encontrado intentos por realizar una reconstrucción histórica para explicar su evolución en Santiago. Hay que señalar que el clima urbano ha sido considerado tradicionalmente como un componente de la naturaleza, que es tratado, por lo tanto, por las ciencias físicas, tales como la meteorología y la climatología (Romero et al, 2010). Sin embargo, cuando se consideran sus causas y consecuencias, se advierte de inmediato que las grandes variaciones de temperatura, humedad, ventilación o calidad del aire que se

observan al interior de las ciudades, se relacionan espacial y temporalmente con los procesos y características socioeconómicas de sus barrios, por lo que se trata de un problema de geografía ambiental (Castree et al, 2009).

Las mediciones tradicionales de la isla de calor han sido mediante pares de estaciones meteorológicas que representan lugares urbanos y rurales. No obstante, existe escasa información de la configuración territorial de las temperaturas en las ciudades, lo cual implica un desafío en cuanto a poseer una mayor cobertura y determinación de las temperaturas urbanas. Es por ello que los estudios de climatología urbana a alta resolución (espacial) son escasos, y referidos casi en exclusiva a las temperaturas superficiales, es decir, a las islas de calor (Sarricolea y Martin-Vide, 2014).

Este trabajo no se ocupó de las implicancias humanas en términos de salud que puede provocar la isla de calor, no sólo hacen la vida incómoda para los residentes urbanos por el aumento de las temperaturas, sino también afectan negativamente a la salud de las personas, problema de aire (por ejemplo, la contaminación acelerada por menor ventilación) y de los ecosistemas naturales (por ejemplo, la flora y la fauna cambiantes) en las ciudades (Ichinose , 2005).

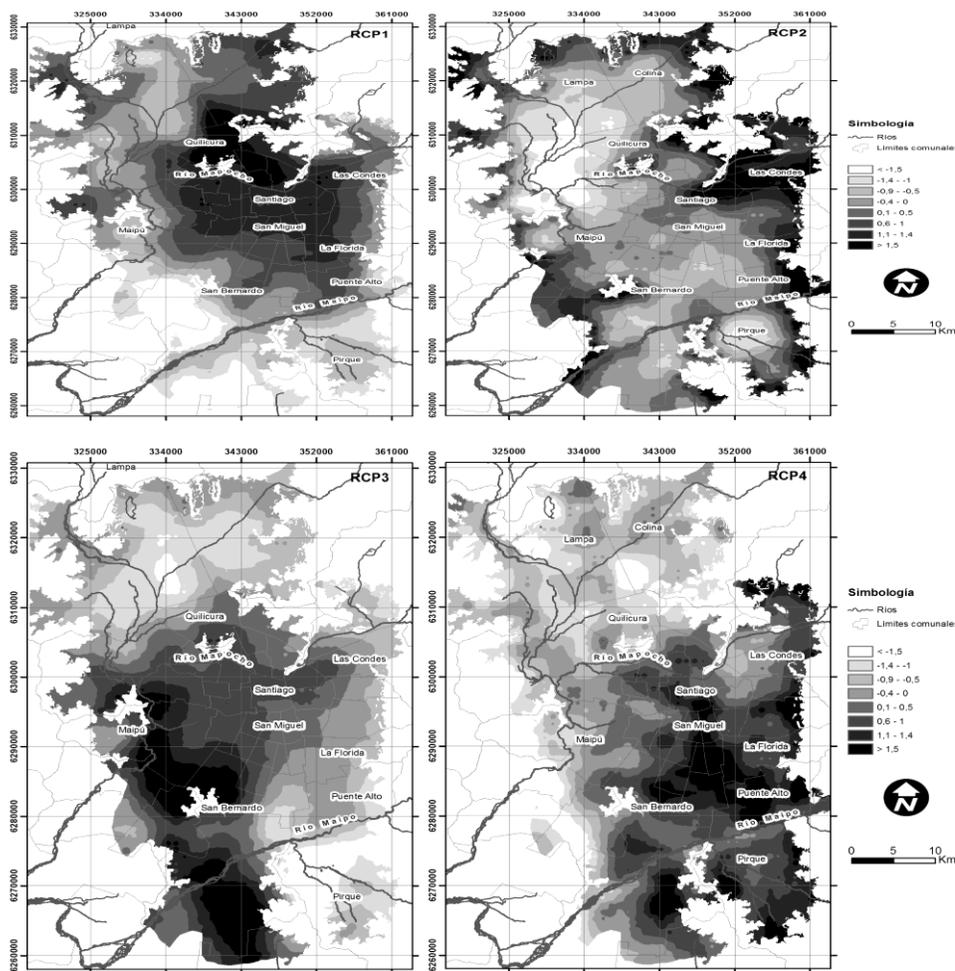
Las medidas que se adopten para mitigar y adaptarse a tales variaciones climáticas deberían formar parte de la planificación urbana y ecológica de las ciudades, así como del diseño de las construcciones y la infraestructura. Dichos planes deberían, por ejemplo, proponer acciones explícitas para controlar el aumento de las temperaturas y combatir la reducción de la humedad atmosférica y de la ventilación, especialmente cuando se espera un acoplamiento de estos cambios ambientales con los que predicen los procesos de cambio climático a escala global (Romero et al, 2010).

Hasta ahora, el conocimiento de la configuración y la conformación de islas de calor en el área metropolitana de Santiago es un problema aún no resuelto. Por ejemplo,

Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982): caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y cambio climático

no se conocían los patrones espaciales típicos de islas de calor, muy importantes para proponer medidas de mitigación, o las intensidades más habituales de ella. Después de una investigación en la ciudad de Santiago, Sarricolea y Martín-Vide (2014) plantean que el análisis de componentes principales revela cuatro patrones típicos de ICUs que explican el 90,6% de las situaciones, a saber: ICUs consolidada (44,5%), ICUs del piedmont y cuña de altos ingresos (22,3%), un tipo sin isla de calor urbana (20,2%) e ICUs más intensa al sur (3,6%) (Sarricolea y Martín-Vide, 2014) (Revisar Figura 30).

Figura 30. Patrones típicos de isla de calor en la ciudad de Santiago



Fuente: Sarricolea y Martín-Vide, 2014.

En este trabajo siempre se generó una incertidumbre en las fuentes recolectadas, el sesgo de la hora en la medición de la temperatura mínima, como también no identificar características de tiempo atmosférico diarias en cada estación que puede producir transformaciones climatológicas que no hemos analizado ni cuantificado para esta investigación, incluso si los datos tanto de observación y modelación indican aumento de la carga térmica de magnitud similar, es preciso señalar que la comparación exacta y la validación cuantitativa de la transformación de estación urbana a rural es extremadamente difícil (Zuvela-Aloise et al, 2014).

En los resultados del comportamiento de las temperaturas mínimas anuales, así como la intensidad de la isla de calor para cada una de las estaciones meteorológicas estudiadas, no podemos afirmar que los cambios o transformaciones de las estaciones de urbana a rural se deben únicamente a la modificación del uso del suelo. Mientras que por otro lado los datos de observación y sus comportamientos pueden ser posibles por efectos de cambios climáticos locales, regionales o globales.

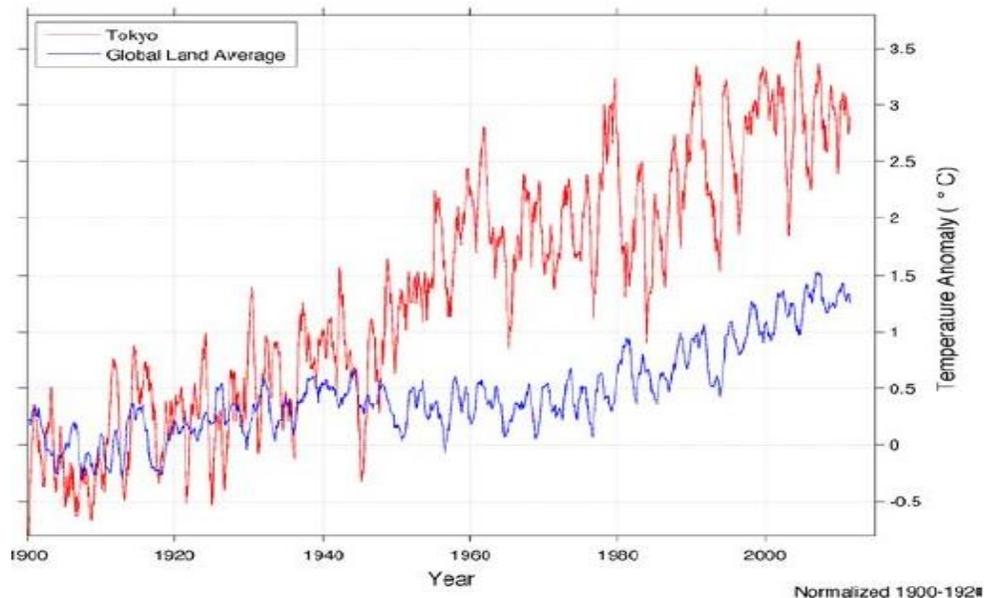
En relación con el período de observación y su serie de tiempo se pueden heredar muchas inquietudes, varios factores podrían permitir la discrepancia en los resultados obtenidos. Entre las incertidumbres relacionadas lograrían figurar el método de reconstrucción, uso de temperaturas mínimas, hora de medición, la evaluación del sesgo instrumental y su aplicación en la homogeneización de las temperaturas. En este sentido, las tendencias recientes en el efecto isla de calor y su corrección en las mediciones a largo plazo, así como la precisión de la derivación de los índices climáticos y sus relaciones no están presentes en el estudio.

Por último un análisis más detallado de los registros meteorológicos históricos sobre una base diaria podría ayudar a reducir las incertidumbres en las fuentes de observación.

4.2. Modelo de análisis de temperaturas mínimas anuales entre la estación de Quinta Normal y cambio climático

En otras ciudades del mundo, existen ejemplos bien conocidos como Tokio, donde las temperaturas han aumentado significativamente en la ciudad más que en las zonas rurales cercanas, Fujibe (2011) calculó el incremento de calentamiento en casi 2°C/100 años en comparación con el resto de Japón. El calentamiento de Tokio es dramático en comparación con un promedio global, como se revisa en la Figura 31.

Figura 31. Comportamiento anual de funcionamiento de las temperaturas mensuales en comparación de Tokio con un promedio global de tierras para 1900-2010



Fuente: Wickham et al (2011).

El año 2009 marca un hito en la consecuencia de la historia de la humanidad. A mediados del mismo año, la cifra de residentes de las áreas urbanas superó el número de habitantes de las zonas rurales, en otras palabras, nuestro mundo llegó a ser más urbano que rural (Naciones Unidas, 2010).

En el caso de las temperaturas mínimas anuales de Quinta Normal y CRU para el pixel de Santiago este trabajo deja abierta la posibilidad de ajustar el cálculo de la diferencia entre ambas. Todos son datos mínimos en la escala mundial del calentamiento. Los enormes resultados observados en varias ciudades generan preocupaciones respecto al uso de temperaturas mínimas, máximas o promedios, ya que éstas al ser clasificadas y posteriormente utilizadas para investigaciones logran ser afectadas por consecuencias del calor urbano (Wickham et al, 2013). Si esto fuese de este modo, no tuvo efecto en estas estimaciones sobre el uso de las temperaturas mínimas el espacio total del área urbana de Santiago. Por demás, el análisis del observatorio muestra que existen puntos con tendencias negativas, y las causas de estos efectos de enfriamiento pueden deberse a cambios antropogénicos en el paisaje. Por modelo, reemplazar ambientes urbanos de asfalto por hormigón, lo cual podría efectuar absorción solar y generar una disminución. Por otra parte, la zona de influencia rural de la estación puede mostrar o poseer diferencias debido a otros motivos antrópicos, por ejemplo la vegetación abundante y riego del lugar.

Romero (2010) señala que los cambios climáticos que afectan a las ciudades se deben tanto a la acción de las transformaciones globales como a su propia construcción. En el análisis de la estación Quinta Normal con el cambio climático no fueron anexadas otras variables de tipo naturales ni sociales. Es fundamental señalar que los cambios climáticos afectarán el comportamiento de los climas de las ciudades, los niveles de contaminación atmosférica, la calidad del aire y la ocurrencia de riesgos, pero ello no dependerá sólo de las modificaciones naturales sino que también del acoplamiento de éstas con las acciones sociales (Romero, 2012).

Este trabajo además no logra estudiar las relaciones entre la ciudad y clima, por tanto, sólo analiza dos fenómenos similares, como son el clima urbano y el cambio climático, pero a diferentes escalas; una estación meteorológica y los datos de

temperaturas del cambio climático a escala secular, por su parte, los potenciales impactos del cambio climático sobre las ciudades no pueden separarse de los que la propia ciudad ya ha creado en su entorno inmediato (Fernández, 2009).

Por último los resultados no entregan respuesta a la problemática actual sobre el cambio climático. Uno de los aspectos más interesantes del calentamiento actual del clima es el papel de la acción del hombre sobre el mismo. Para Fernández (2009) dos son las actuaciones más importantes que han contribuido al calentamiento: la primera, se relaciona con los cambios de uso del suelo, que han modificado los balances de radiación entre la superficie y la atmósfera; la segunda, las emisiones derivadas de combustibles fósiles, que han aumentado de las concentraciones de los gases de efecto invernadero.

5. Conclusiones

Referente al estudio del comportamiento de las temperaturas mínimas históricas y la presencia de intensidad de la isla de calor entre los observatorios meteorológicos de Quinta Normal, Los Cerrillos, El Bosque, y Pudahuel, fue entregando una progresión de resultados que respondieron a características espaciales de la ciudad de Santiago, determinantes para la relación y el análisis de las diferencias de temperaturas correspondientes a las estaciones urbanas y rurales, identificando presencia de intensidad de islas de calor en la serie de los años 1956 a 1982.

De esta forma establecemos las conclusiones de la siguiente manera:

1. La reconstrucción de las fuentes históricas, es una contribución fundamental de esta tesis, el ordenamiento de datos, la recolección en diferentes lugares y centros de investigación, fue una labor que pudo lograr generar antecedentes específicos de cuatro estaciones meteorológicas que fueron

mutando y cambiando, la restauración ha sido un aporte al conocimiento y descubrimiento de la climatología urbana local.

2. Reconstruir fuentes de clima urbano, y relacionar con hechos históricos, fue un proceso novedoso y de gran relevancia, por ejemplo la Base el Bosque y la creación de la FACH, el aeropuerto de Los Cerrillos con las donaciones extranjeras en su construcción, la participación en el golpe de Estado de 1973, descubrir a meteorólogos apasionados por la geografía y la climatología urbana como Julio Bustos y diversos aportes en la Revista Club Aéreo de Chile, son muchos datos que surgieron en la investigación que se fueron descartando, y que impulsan a mantener la convicción de realizar reconstrucciones de series climatológicas donde se construye el pasado y se logran explicar fenómenos actuales.
3. Los límites de Santiago cada década del siglo XX se expandieron (revisar Figura 6) y, el crecimiento fue dándose al sur y hacia el poniente de la ciudad preferentemente, fueron parte del proceso las estaciones meteorológicas de Lo Espejo-El Bosque, y de Los Cerrillos, las cuales durante la segunda mitad del siglo pasaron de ser zonas rurales, asociadas a chacras y aeropuertos por sus lejanías del centro urbano, a ser sectores altamente poblados y urbanizados.
4. Los períodos de mayor diferencias en el comportamiento de las temperaturas mínimas en las estaciones meteorológicas van de la mano del desarrollo urbano desde los años cuarenta, cincuenta y sesenta (revisar Figura 6), de esta fecha en adelante se produce en las temperaturas de la urbe una homogenización y no es posible distinguir si corresponde a una estación urbana o rural, sobre todo en El Bosque (fruto de la expansión urbana hacia el sur de la capital, mucha de la migración a la ciudad acabó instalándose en la zona sur) y Los Cerrillos (crecimiento un poco más ordenado en torno al

polo del mismo aeropuerto), Pudahuel mantiene características de observatorio rural por su ubicación geográfica.

5. La estimación de la intensidad de la isla de calor durante el período de estudio en las estaciones de Los Cerrillos y EL Bosque comienza alta en los años sesenta y finaliza la década disminuyendo. Se observan fluctuaciones en los años setentas que no superan los 2°C de intensidad. La estación de Pudahuel por su parte siempre conserva una intensidad de isla de calor se constante por sobre los 2°C en todo el curso de la etapa investigada.
6. Las estaciones donde se observa mayor presencia en intensidad de la isla de calor es preferentemente las estaciones de primavera en El Bosque y otoño para Pudahuel, en el caso de Los Cerrillos no se logra apreciar una estación con superiores intensidades de calor durante el periodo. Estando siempre presenta según la clasificación de Fernández (1996), una intensidad de isla de calor, débil, moderada y fuerte.
7. En la comparación de las temperaturas mínimas anuales de la estación Quinta Normal con el cambio climático de las temperaturas CRU de Santiago durante el período 1911-1981, es posible señalar que las temperaturas mínimas anuales en Quinta Normal por momentos superaron al cambio climático, mantuvieron un momento de pausa entre los años cuarenta y setenta, pero a partir de la década de los años setenta estas se separan y aumenta su diferencia casi en 2°C.
8. Las limitaciones de la tesis estuvieron preferentemente dadas por la falta de fuentes encontradas, y como ocurre en la coyuntura de muchas investigaciones no es posible encontrar en un solo lugar toda la información requerida, si bien es cierto la Dirección Meteorológica, a través, de los

Anuarios posee cifras útiles para cualquier trabajo de investigación sobre climatología urbana, muchos de estos están inconclusos, incompletos o no existen, no tan sólo de Santiago, sino en datos de todo el país.

6. Bibliografía

ACEITUNO, P., & ULRÍKSEN, P. (1981). Efecto de isla calórica en Santiago. Resultados Preliminares.

ARNFIELD, A. J. (2003). Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *International journal of climatology*, 23(1), 1-26.

AEROPUERTOS, D. D. (2016). Dirección de Aeropuerto. Santiago: Ministerio de Obras Públicas.

BUSTOS, J. (1929). La organización del servicio meteorológico de aviación en Chile. *Chile Aéreo*, 28-29.

BÖHM, R. (1998). Urban bias in temperature time series—A case study for the city of Vienna, Austria. *Climatic Change*, 38(1), 113-128.

CABALLERO, M., LOZANO, S., & ORTEGA, B. (2007). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra. *Volumen 8*.

CARVAJAL, C. (1929). La transformación de Santiago. *Revista de Arquitectura y Arte Decorativo*, 6 y 7.

CASTREE, N., DEMERITT, D., LIVERMAN, D., & RHOADS, B. (Eds.). (2009). *A companion to environmental geography*. John Wiley & Sons.

CERRILLOS, M. D. (2016). Pladeco. Santiago. <http://www.mcerrillos.cl/pladeco.html>

CHANDLER, T. J. (1965). The climate of London.

DEL MILENIO, O. D. D. (2008). Informe Naciones Unidas. Nueva York.

DE RAMÓN, A., & GROSS, P. (1985). Santiago de Chile: características históricas ambientales, 1891-1924. Londres: Monografías de Nueva Historia.

FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (1996). Manual de climatología aplicada: clima, medio ambiente y planificación. Síntesis.

FERNÁNDEZ GARCÍA, F. (2009). Ciudad y cambio climático: aspectos generales y aplicación al área metropolitana de Madrid.

FUJIBE, F. (2009). Urban warming in Japanese cities and its relation to climate change monitoring. The seventh International Conference on Urban Climate, Yokohama, Japan: Meteorological Research Institute.

GIOVANNINI, L., ZARDI, D., & DE FRANCESCHI, M. (2014). Effects of changes in observational sites position and surrounding urbanisation on the temperature time series of the city of Trento Urban Climate.

GREENE, M. & SOLER, F. (2004). Santiago: de un proceso acelerado de crecimiento a uno de transformaciones. Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos, Pontificia Universidad Católica de Chile.

HIDALGO, R. D. (2004). La vivienda social en Santiago de Chile en la segunda mitad del siglo XX: Actores relevantes y tendencias espaciales. ¿Una nueva ciudad?

HOWARD, L. (1818). The climate of London. (Reimpreso: A.Arch. Cornhill, Longman and Co. 1833.

HURTADO, C. (1966). Concentración de Población y desarrollo económico: El caso chileno. Santiago: Universidad de Chile, Facultad de Economía.

ICHINOSE, T. (2003). Regional warming related to land use change during recent 135 years in Japan. *J. Global Environ. Eng. (JSCE)* 9, 19–39.

ICHINOSE, T. (2005). Recent counteractions for urban heat island in regional autonomies in Japan. *Urban Dimensions of Environmental Change: Science, Exposures, Policies and Technologies*. 161-167.

ICHINOSE, T., MATSUMOTO, F. & KATAOKA, K. (2008). Counteracting urban heat islands in Japan (pp. 365-380). Elsevier: Amsterdam, the Netherlands.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2014). *Climate Change 2014–Impacts, Adaptation and Vulnerability: Regional Aspects*. Cambridge University Press.

JONES, P. D., LISTER, D. H., & LI, Q. (2008). Urbanization effects in large-scale temperature records, with an emphasis on China. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 113(D16).

JONES, P. D., GROISMAN, P. Y., COUGHLAN, M., PLUMMER, N., WANG, W. C., & KARL, T. R. (1990) Assessment of urbanization effects in time series of surface air temperature over land. *Nature*, 347(6289), 169-172.

KARL, T. R., DIAZ, H. F., & KUKLA, G. (1988) Urbanization: Its detection and effect in the United States climate record. *Journal of climate*, 1(11), 1099-1123.

KATAOKA, K., MATSUMOTO, F., ICHINOSE, T., & TANIGUCHI, M. (2009). Urban warming trends in several large Asian cities over the last 100 years. *Science of the total environment*, 407(9), 3112-3119.

KRAHNASS, A. (1904). *Anuario del Observatorio Astronómico de Santiago*. Santiago: Observatorio Nacional.

LAI, W.-L., & CHENG, W.-L. (2010). Air temperature change due to human activities in Taiwan for the past century. *Int. J. Climatol.* 432-444.

LANDSBERG, H. (1981). *The Urban Climate* (First ed). New York: Academic Press.

LÓPEZ GÓMEZ, A., ANTONIO, FERNANDEZ GARCÍA, F., ARROYO, F., VIDE, J. M., & CUADRA, J. M. (1993). *El clima de las ciudades españolas*. Madrid: Cátedra.

LOWRY, W. (1977). Empirical estimation of urban effects on climate: a problem analysis. *Journal of Applied Meteorology* (36), 1377-1391.

MARTIN-VIDE, J., & SARRICOLEA, P. (2014). El estudio de la Isla de Calor Urbana de Superficie del Área Metropolitana de Santiago de Chile con imágenes Terra-MODIS y Análisis de Componentes Principales. *Revista de Geografía Norte Grande*, 57, 123-151.

MOLINA, M., ROMERO ARAVENA, H., & SARRICOLEA ESPINOZA, P. A. (2009). Características socio ambientales de la expansión urbana de las Áreas metropolitanas de Santiago y Valparaíso.

MORENO GARCÍA, M. C. (2010). *Climatología Urbana*. Barcelona: Publicacions i edicions de la Universitat de Barcelona.

MULLER, R. A. (2013). Influence of urban heating on the global temperature land average using rural sites identified from MODIS classifications. *Geoinformatics & Geostatistics: An Overview*.

QUINTA NORMAL, P. D. (2012-2016). Pladeco. Santiago. www.quintanormal.cl/wp-content/uploads/2014/11/TomolFinal.pdf

OKE, T. (1973). City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment*, 769-779.

OKE, T. R., & CLEUGH, H. A. (1987). Urban heat storage derived as energy balance residuals. *Boundary-Layer Meteorology*, 39(3), 233-245.

OKE, T. (2004). Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites. Genova: WMO: World Meteorological Organization.

PEÑA, M., & ROMERO, H. (2006). Relación espacial y estadística entre las islas de calor de superficie, las coberturas vegetales, la reflectividad, y el contenido de la humedad del suelo en la ciudad de Santiago. Santiago: Anales de la Sociedad de Ciencias Geográficas de Chile.

PETERSON, T. C. (2003). Assessment of urban versus rural in situ surface temperatures in the contiguous United States: *Journal of Climate*, 16(18), 2941-2959.

PIELKE, R. A., DAVEY, C. A., NIYOGI, D., FALL, S., STEINWEG-WOODS, J., HUBBARD, K., & NIELSEN-GAMMON, J. (2007). Unresolved issues with the assessment of multidecadal global land surface temperature trends. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 112(D24).

PODUJE, I. (2006). "El Globo y el acordeón Planificación urbana en Santiago 1960-2004"- Cap 9. Santiago: Centro de Estudios Públicos.

ROMERO, H. (2012). Ecología política del cambio climático en ciudades chilenas: Características y vulnerabilidades sociales.

ROMERO, H. (2010). Ecología Política del Cambio Climático en Ciudades Chilenas: Características y Vulnerabilidades Sociales. Seminario Internacional Impactos Sociales del Cambio Climático a Nivel Internacional.

ROMERO, & ORDENES. (2002). Pérdida de servicios ambientales y crecimiento de la ciudad de santiago: criterios para la evaluación ambiental estratégica. Departamento de Geografía de la Universidad de Chile y Centro Eula de Ciencias Ambientales de la universidad de Concepción. Concepción.

ROMERO, H., SALGADO, M., & SMITH, P. (2010). Cambios climáticos y climas urbanos: Relaciones entre zonas termales y condiciones socioeconómicas de la población de Santiago de Chile. Revista Invi, 25(70), 151-179.

ROMERO, H., & VASQUEZ, A. (2005). La comodificación de los territorios urbanizables y la degradación ambiental en Santiago de chile. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales, 194.

RUNNALLS, K., & OKE, T. (2006). A technique to detect microclimatic inhomogeneities in historical records of screen-level air temperature,. J. Climate, 19,, 959-978.

SAKAKIBARA, Y., & OWA, K. (2005). Urban–rural temperature differences in coastal cities: Influence of rural sites. *International journal of climatology*, 25(6), 811-820.

SALINAS, F. (1982). Estudio experimental del efecto de isla calórica en la ciudad de Santiago. Memoria para optar título Ing. Civil, Universidad de Chile, Santiago, Chile, 254.

SARRICOLEA, P. (2008). Análisis de la sustentabilidad del crecimiento urbano de la ciudad de Santiago y sus efectos sobre la configuración de las temperaturas superficiales. Santiago: Universidad de Chile.

SARRICOLEA, P. (2012). La isla de calor urbana de superficie y sus factores condicionantes: El caso del área metropolitana de Santiago. Barcelona: Universidad de Barcelona, Tesis Doctoral.

SARRICOLEA, P., & MARTIN-VIDE, J. (2014). El estudio de la Isla de Calor Urbana de Superficie del Área Metropolitana de Santiago de Chile con imágenes Terra-MODIS y Análisis de Componentes Principales. *Norte Grande*, 123-141.

SEPÚLVEDA, O. (2006). Problemas ambientales de Santiago: Islas de calor y edificios de vidrios. *Boletín de Geografía, UMCE*, 45-55.

SIU, L.-W. (2011). Quantifying the urban heat island (UHI) intensity in Hong Kong. Hong-Kong: The University of Hong Kong.

SMITH, P. (2011). Distribución Termal Intraurbana en Santiago de Chile. Santiago: Universidad de Chile.

STONE, B., HESS, J. J., & FRUMKIN, H. (2010). Urban form and extreme heat events: are sprawling cities more vulnerable to climate change than compact cities. *Environmental health perspectives*, 118(10), 1425-1428.

UNIDAS, N. (2015). Convención Marco sobre el Cambio Climático. Conferencia de Paris, (pág. 40). Paris.

WAI SIU, L., & HART, M. (2013). Quantifying urban heat island intensity in Hong Kong, SAR, China. *Environ Monit Assess*, 4383–4398.

WICKHAM, C., CURRY, J., GROOM, D., JACOBSEN, R., MULLER, R., PERLMUTTER, S. & WURTELE, J. (2011). Influence of Urban Heating on the Global Temperature Land Average Using Rural Sites Identified from MODIS.

WILBY, R. (2003). Past and projected trends in London's urban heat island. *Weather*, 58, 251-260.

ŽUVELA-ALOISE, M., KOCH, R., NEUREITER, A., BÖHM, R., & BUCHHOLZ, S. (2014). Reconstructing urban climate of Vienna based on historical maps dating to the early instrumental period. *Urban Climate*, 10, 490-508

**Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982):
caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y
cambio climático**

7. Anexos

7.1. Tabla de datos de temperaturas mínimas por estación meteorológica desde 1901 a 1982.

		El Bosque	Cerrillos	Pudahuel	Quinta Normal
Años	Meses	Min	Min	Min	Min
1911	Enero				9,9
1911	Febrero				9,6
1911	Marzo				8,1
1911	Abril				6,3
1911	Mayo				5,6
1911	Junio				1,9
1911	Julio				3,0
1911	Agosto				2,4
1911	Septiembre				4,6
1911	Octubre				5,8
1911	Noviembre				8,8
1911	Diciembre				10,0
1912	Enero				11,5
1912	Febrero				10,7
1912	Marzo				10,1
1912	Abril				10,1
1912	Mayo				5,2
1912	Junio				3,8
1912	Julio				1,6
1912	Agosto				4,5
1912	Septiembre				6,0
1912	Octubre				8,0
1912	Noviembre				7,8
1912	Diciembre				10,1
1913	Enero				11,1
1913	Febrero				12,1
1913	Marzo				8,5
1913	Abril				7,2
1913	Mayo				5,4
1913	Junio				3,5
1913	Julio				4,3
1913	Agosto				4,4
1913	Septiembre				5,8
1913	Octubre				6,8
1913	Noviembre				9,6

**Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982):
caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y
cambio climático**

1913	Diciembre				9,8
1914	Enero				11,6
1914	Febrero				11,5
1914	Marzo				8,9
1914	Abril				6,0
1914	Mayo				5,0
1914	Junio				4,3
1914	Julio				6,6
1914	Agosto				5,4
1914	Septiembre				6,1
1914	Octubre				8,4
1914	Noviembre				9,1
1914	Diciembre				10,9
1915	Enero				11,2
1915	Febrero				11,3
1915	Marzo				9,9
1915	Abril				9,0
1915	Mayo				5,5
1915	Junio				3,2
1915	Julio				3,6
1915	Agosto				3,6
1915	Septiembre				5,2
1915	Octubre				7,1
1915	Noviembre				9,8
1915	Diciembre				10,9
1916	Enero				12,1
1916	Febrero				10,8
1916	Marzo				9,5
1916	Abril				7,9
1916	Mayo				4,9
1916	Junio				0,1
1916	Julio				1,8
1916	Agosto				3,6
1916	Septiembre				4,3
1916	Octubre				7,3
1916	Noviembre				9,7
1916	Diciembre				10,8
1917	Enero				12,1
1917	Febrero				11,0
1917	Marzo				8,8
1917	Abril				7,1
1917	Mayo				4,6
1917	Junio				3,6

**Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982):
caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y
cambio climático**

1917	Julio				2,1
1917	Agosto				3,4
1917	Septiembre				5,2
1917	Octubre				7,3
1917	Noviembre				8,4
1917	Diciembre				10,5
1918	Enero				10,8
1918	Febrero				11,3
1918	Marzo				10,2
1918	Abril				7,6
1918	Mayo				5,0
1918	Junio				3,9
1918	Julio				2,5
1918	Agosto				5,5
1918	Septiembre				5,2
1918	Octubre				7,3
1918	Noviembre				9,2
1918	Diciembre				11,8
1919	Enero				13,5
1919	Febrero				11,0
1919	Marzo				9,6
1919	Abril				9,0
1919	Mayo				9,3
1919	Junio				3,0
1919	Julio				4,5
1919	Agosto				4,2
1919	Septiembre				5,4
1919	Octubre				7,5
1919	Noviembre				8,3
1919	Diciembre				11,4
1920	Enero				12,2
1920	Febrero				11,2
1920	Marzo				10,0
1920	Abril				6,9
1920	Mayo				5,8
1920	Junio				3,8
1920	Julio				1,6
1920	Agosto				3,7
1920	Septiembre				5,7
1920	Octubre				6,4
1920	Noviembre				9,6
1920	Diciembre				11,4
1921	Enero				11,6

**Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982):
caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y
cambio climático**

1921	Febrero				10,5
1921	Marzo				9,0
1921	Abril				6,4
1921	Mayo				7,5
1921	Junio				0,4
1921	Julio				1,1
1921	Agosto				3,6
1921	Septiembre				4,8
1921	Octubre				7,8
1921	Noviembre				10,1
1921	Diciembre				10,4
1922	Enero				11,5
1922	Febrero				10,6
1922	Marzo				9,3
1922	Abril				5,2
1922	Mayo				4,1
1922	Junio				2,9
1922	Julio				3,8
1922	Agosto				3,3
1922	Septiembre				6,3
1922	Octubre				7,2
1922	Noviembre				9,0
1922	Diciembre				11,0
1923	Enero				12,4
1923	Febrero				10,7
1923	Marzo				9,2
1923	Abril				6,4
1923	Mayo				2,1
1923	Junio				3,1
1923	Julio				1,9
1923	Agosto				4,0
1923	Septiembre				5,7
1923	Octubre				6,8
1923	Noviembre				9,8
1923	Diciembre				9,6
1924	Enero				11,7
1924	Febrero				10,9
1924	Marzo				9,8
1924	Abril				6,1
1924	Mayo				2,7
1924	Junio				2,1
1924	Julio				1,9
1924	Agosto				2,1

**Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982):
caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y
cambio climático**

1924	Septiembre				4,8
1924	Octubre				7,9
1924	Noviembre				8,4
1924	Diciembre				11,0
1925	Enero				12,1
1925	Febrero				10,8
1925	Marzo				9,8
1925	Abril				6,7
1925	Mayo				4,2
1925	Junio				3,4
1925	Julio				4,3
1925	Agosto				4,7
1925	Septiembre				7,5
1925	Octubre				7,5
1925	Noviembre				10,1
1925	Diciembre				11,5
1926	Enero				13,0
1926	Febrero				12,7
1926	Marzo				11,7
1926	Abril				8,3
1926	Mayo				5,3
1926	Junio				5,2
1926	Julio				3,8
1926	Agosto				4,2
1926	Septiembre				5,8
1926	Octubre				9,1
1926	Noviembre				8,7
1927	Diciembre				11,2
1927	enero				12,2
1927	febrero				13,2
1927	marzo				10,9
1927	abril				7,0
1927	mayo				3,6
1927	junio				4,8
1927	julio				3,1
1927	agosto				4,3
1927	septiembre				5,3
1927	octubre				7,9
1927	noviembre				9,3
1927	diciembre				10,4
1928	enero				11,4
1928	febrero				11,6
1928	marzo				9,9

**Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982):
caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y
cambio climático**

1928	abril				7,0
1928	mayo				5,6
1928	junio				4,0
1928	julio				3,7
1928	agosto				4,0
1928	septiembre				5,4
1928	octubre				7,1
1928	noviembre				9,7
1928	diciembre				10,5
1929	enero				11,6
1929	febrero				11,5
1929	marzo				8,7
1929	abril				7,9
1929	mayo				4,6
1929	junio				4,6
1929	julio				2,9
1929	agosto				3,9
1929	septiembre				5,9
1929	octubre				6,7
1929	noviembre				9,9
1929	diciembre				11,4
1930	enero				12,6
1930	febrero				12,5
1930	marzo				11,4
1930	abril				9,3
1930	mayo				6,9
1930	junio				6,3
1930	julio				5,4
1930	agosto				6,2
1930	septiembre				9,5
1930	octubre				8,6
1930	noviembre				11,5
1930	diciembre				11,9
1931	enero				13,6
1931	febrero				14,3
1931	marzo				11,5
1931	abril				8,9
1931	mayo				4,8
1931	junio				5,0
1931	julio				3,5
1931	agosto				4,9
1931	septiembre				6,2
1931	octubre				9,0

**Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982):
caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y
cambio climático**

1931	noviembre				9,2
1931	diciembre				13,1
1932	enero				13,6
1932	febrero				14,3
1932	marzo				11,5
1932	abril				8,9
1932	mayo				4,8
1932	junio				5,0
1932	julio				3,5
1932	agosto				4,9
1932	septiembre				6,2
1932	octubre				9,0
1932	noviembre				9,2
1932	diciembre				13,1
1933	enero				13,2
1933	febrero				12,7
1933	marzo				9,8
1933	abril				7,3
1933	mayo				6,8
1933	junio				3,6
1933	julio				1,3
1933	agosto				5,3
1933	septiembre				5,7
1933	octubre				7,7
1933	noviembre				9,5
1933	diciembre				10,8
1934	enero				12,5
1934	febrero				11,3
1934	marzo				9,9
1934	abril				6,5
1934	mayo				6,3
1934	junio				5,4
1934	julio				3,0
1934	agosto				4,7
1934	septiembre				6,2
1934	octubre				6,4
1934	noviembre				9,2
1934	diciembre				10,5
1935	enero				12,5
1935	febrero				11,8
1935	marzo				10,4
1935	abril				7,5
1935	mayo				6,8

**Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982):
caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y
cambio climático**

1935	junio				3,2
1935	julio				1,3
1935	agosto				5,1
1935	septiembre				4,9
1935	octubre				5,7
1935	noviembre				10,1
1935	diciembre				10,5
1936	enero				11,8
1936	febrero				11,7
1936	marzo				9,9
1936	abril				9,2
1936	mayo				6,7
1936	junio				3,8
1936	julio				3,0
1936	agosto				3,4
1936	septiembre				5,6
1936	octubre				7,0
1936	noviembre				9,3
1936	diciembre				10,7
1937	enero				12,6
1937	febrero				12,3
1937	marzo				9,7
1937	abril				6,9
1937	mayo				6,8
1937	junio				3,4
1937	julio				2,7
1937	agosto				5,8
1937	septiembre				5,9
1937	octubre				7,9
1937	noviembre				8,3
1937	diciembre				11,0
1938	enero				10,3
1938	febrero				11,6
1938	marzo				9,8
1938	abril				6,0
1938	mayo				4,7
1938	junio				3,7
1938	julio				3,0
1938	agosto				2,1
1938	septiembre				5,2
1938	octubre				6,8
1938	noviembre				9,6
1938	diciembre				11,1

**Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982):
caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y
cambio climático**

1939	enero				12,2
1939	febrero				10,7
1939	marzo				10,1
1939	abril				6,0
1939	mayo				5,5
1939	junio				4,4
1939	julio				2,9
1939	agosto				6,1
1939	septiembre				7,3
1939	octubre				8,6
1939	noviembre				8,9
1939	diciembre				11,9
1940	enero				12,1
1940	febrero				11,9
1940	marzo				9,6
1940	abril				8,1
1940	mayo				7,3
1940	junio				5,5
1940	julio				5,7
1940	agosto				4,6
1940	septiembre				6,3
1940	octubre				9,0
1940	noviembre				9,2
1940	diciembre				11,1
1941	enero				13,2
1941	febrero				11,8
1941	marzo				11,3
1941	abril				8,2
1941	mayo				6,3
1941	junio				3,7
1941	julio				5,0
1941	agosto				4,6
1941	septiembre				5,5
1941	octubre				9,4
1941	noviembre				8,9
1941	diciembre				10,9
1942	enero				13,3
1942	febrero				11,6
1942	marzo				9,8
1942	abril				7,3
1942	mayo				6,4
1942	junio				1,3
1942	julio				2,4

**Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982):
caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y
cambio climático**

1942	agosto				3,7
1942	septiembre				5,8
1942	octubre				7,9
1942	noviembre				9,6
1942	diciembre				11,7
1943	enero				12,7
1943	febrero				12,3
1943	marzo				9,2
1943	abril				8,2
1943	mayo				6,9
1943	junio				4,7
1943	julio				3,7
1943	agosto				3,3
1943	septiembre				5,8
1943	octubre				8,9
1943	noviembre				9,6
1943	diciembre				12,4
1944	enero				13,3
1944	febrero				13,8
1944	marzo				11,2
1944	abril				9,1
1944	mayo				5,6
1944	junio				5,3
1944	julio				5,6
1944	agosto				4,5
1944	septiembre				7,2
1944	octubre				8,8
1944	noviembre				11,5
1944	diciembre				12,8
1945	enero				13,0
1945	febrero				13,1
1945	marzo				11,7
1945	abril				9,4
1945	mayo				7,7
1945	junio				3,8
1945	julio				3,6
1945	agosto				5,0
1945	septiembre				8,1
1945	octubre				9,9
1945	noviembre				9,9
1945	diciembre				11,0
1946	enero				11,6
1946	febrero				11,9

**Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982):
caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y
cambio climático**

1946	marzo				10,9
1946	abril				7,7
1946	mayo				6,7
1946	junio				4,4
1946	julio				4,3
1946	agosto				4,5
1946	septiembre				7,8
1946	octubre				7,2
1946	noviembre				10,2
1946	diciembre				11,5
1947	enero				13,5
1947	febrero				12,0
1947	marzo				11,1
1947	abril				8,6
1947	mayo				6,6
1947	junio				6,0
1947	julio				3,6
1947	agosto				4,2
1947	septiembre				6,3
1947	octubre				7,9
1947	noviembre				10,2
1947	diciembre				11,2
1948	enero				12,6
1948	febrero				12,0
1948	marzo				10,3
1948	abril				7,7
1948	mayo				5,7
1948	junio				4,8
1948	julio				3,4
1948	agosto				4,0
1948	septiembre				6,9
1948	octubre				7,9
1948	noviembre				9,9
1948	diciembre				12,1
1949	enero				13,3
1949	febrero				12,3
1949	marzo				10,0
1949	abril				8,7
1949	mayo				8,5
1949	junio				3,6
1949	julio				2,9
1949	agosto				4,1
1949	septiembre				5,1

**Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982):
caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y
cambio climático**

1949	octubre				8,3
1949	noviembre				9,7
1949	diciembre				11,8
1950	enero				12,8
1950	febrero				12,5
1950	marzo				10,4
1950	abril				7,3
1950	mayo				7,0
1950	junio				3,3
1950	julio				2,5
1950	agosto				4,7
1950	septiembre				7,1
1950	octubre				7,6
1950	noviembre				9,0
1950	diciembre				11,6
1951	enero				11,3
1951	febrero				11,2
1951	marzo				10,6
1951	abril				7,6
1951	mayo				8,2
1951	junio				5,2
1951	julio				6,2
1951	agosto				6,1
1951	septiembre				6,7
1951	octubre				8,6
1951	noviembre				9,6
1951	diciembre				11,4
1952	enero				14,2
1952	febrero				13,4
1952	marzo				11,5
1952	abril				8,8
1952	mayo				7,6
1952	junio				3,4
1952	julio				4,9
1952	agosto				5,1
1952	septiembre				8,4
1952	octubre				8,0
1952	noviembre				9,2
1952	diciembre				12,2
1953	enero				13,1
1953	febrero				12,8
1953	marzo				10,4
1953	abril				8,3

**Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982):
caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y
cambio climático**

1953	mayo				7,0
1953	junio				4,7
1953	julio				3,3
1953	agosto				6,3
1953	septiembre				7,8
1953	octubre				6,6
1953	noviembre				10
1953	diciembre				11,4
1954	enero				11,5
1954	febrero				12,7
1954	marzo				11,6
1954	abril				6,4
1954	mayo				5,0
1954	junio				4,8
1954	julio				3,0
1954	agosto				4,8
1954	septiembre				5,2
1954	octubre				6,8
1954	noviembre				9,9
1954	diciembre				11,8
1955	enero				13,9
1955	febrero				11,6
1955	marzo				9,7
1955	abril				6,9
1955	mayo				5,0
1955	junio				5,4
1955	julio				0,2
1955	agosto				4,1
1955	septiembre				5,6
1955	octubre				8,1
1955	noviembre				10,6
1955	diciembre				11,7
1956	enero		9,9		13,9
1956	febrero		9,8		11,6
1956	marzo		8,3		9,7
1956	abril		4,9		6,9
1956	mayo		4,6		5,0
1956	junio		1,0		5,4
1956	julio		2,5		0,2
1956	agosto		3,4		4,1
1956	septiembre		3,4		5,6
1956	octubre		6,4		8,1
1956	noviembre		8,9		10,6

**Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982):
caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y
cambio climático**

1956	diciembre		10,9		11,7
1957	enero		10,9		12,3
1957	febrero		10,8		12,5
1957	marzo		9,5		11,3
1957	abril		5,6		7,6
1957	mayo		4,8		6,8
1957	junio		2,5		4,3
1957	julio		1,9		3,3
1957	agosto		4,1		4,7
1957	septiembre		4,6		6,0
1957	octubre		6,5		7,8
1957	noviembre		8,5		9,9
1957	diciembre		11,1		12,3
1958	enero		11,7		13,2
1958	febrero		11,0		12,6
1958	marzo		10,2		11,5
1958	abril		7,0		8,8
1958	mayo		4,6		4,8
1958	junio		5,5		5,8
1958	julio		5,1		5,3
1958	agosto		3,5		4,3
1958	septiembre		5,6		6,5
1958	octubre		7,9		9,1
1958	noviembre		10,4		11,2
1958	diciembre		10,2		11,4
1959	enero		11,6		12,3
1959	febrero		12,7		13,6
1959	marzo		10,7		11,6
1959	abril		8,0		8,8
1959	mayo		5,7		6,5
1959	junio		3,4		6,2
1959	julio		4,9		5,6
1959	agosto		4,2		4,9
1959	septiembre		6,5		7,5
1959	octubre		7,3		8,2
1959	noviembre		9,6		10,4
1959	diciembre		11,3		12,5
1960	enero	10,2	13,2		14,1
1960	febrero	9,6	12,5		13,4
1960	marzo	7,9	11		11,8
1960	abril	5,2	8,4		9,1
1960	mayo	1,7	4,8		5,2
1960	junio	3,1	6,2		6,7

**Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982):
caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y
cambio climático**

1960	julio	0,1	3,4	3,7
1960	agosto	1,0	4,4	4,7
1960	septiembre	1,2	5,1	6,0
1960	octubre	4,1	7,8	8,5
1960	noviembre	7,2	10,8	11,6
1960	diciembre	9,1	12,4	13,2
1961	enero	9,6	13,3	13,5
1961	febrero	8,6	12,4	13,2
1961	marzo	7,7	10,6	11,3
1961	abril	4,2	7,2	8,1
1961	mayo	3,2	5,3	6,5
1961	junio	1,4	3,6	4,6
1961	julio	2,1	4,5	5,4
1961	agosto	2,8	5,7	6,6
1961	septiembre	2,7	5,2	6,3
1961	octubre	4,6	8,0	9,2
1961	noviembre	6,6	9,4	10,8
1961	diciembre	8,0	11,9	12,6
1962	enero	8,8	11,8	12,9
1962	febrero	8,0	11,7	12,9
1962	marzo	7,3	10,2	11,6
1962	abril	3,4	6,9	7,7
1962	mayo	1,2	5,1	6,1
1962	junio	2,7	3,1	3,9
1962	julio	2,2	2,4	2,9
1962	agosto	4,6	5,2	5,1
1962	septiembre	3,6	4,7	4,9
1962	octubre	7,7	8,5	9,0
1962	noviembre	9,2	10,0	10,9
1962	diciembre	11,4	12,4	12,9
1963	enero	10,4	11,9	12,0
1963	febrero	11,4	12,8	13,3
1963	marzo	8,4	10,0	9,9
1963	abril	6,8	8,3	8,5
1963	mayo	4,2	5,3	5,8
1963	junio	2,5	3,3	3,9
1963	julio	3,8	4,8	5,2
1963	agosto	4,1	5,3	5,4
1963	septiembre	4,0	5,4	5,6
1963	octubre	6,5	7,6	8,1
1963	noviembre	7,7	8,6	9,3
1963	diciembre	10,5	11,6	12,2
1964	enero	11,6	12,6	13,2

**Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982):
caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y
cambio climático**

1964	febrero	9,8	11,2	11,6
1964	marzo	8,2	10,1	10,2
1964	abril	4,2	6,3	6,7
1964	mayo	3,4	5,3	5,8
1964	junio	0,9	2,4	2,9
1964	julio	0,9	2,3	2,9
1964	agosto	2,7	3,1	3,7
1964	septiembre	5,4	5,7	6,2
1964	octubre	7,2	7,7	8,2
1964	noviembre	9,8	10,0	10,1
1964	diciembre	11,3	11,4	11,5
1965	enero	13,1	13,1	13,5
1965	febrero	12,6	12,8	12,5
1965	marzo	11,6	11,6	11,6
1965	abril	8,8	8,8	9,0
1965	mayo	5,6	5,8	5,8
1965	junio	7,4	7,3	7,6
1965	julio	4,4	4,4	4,7
1965	agosto	4,1	4,4	4,7
1965	septiembre	4,5	4,8	5,8
1965	octubre	7,6	7,5	8,2
1965	noviembre	10,3	9,0	10,4
1965	diciembre	11,3	11,4	11,5
1966	enero	12,4	12,0	12,5
1966	febrero	10,4	10,6	10,3
1966	marzo	9,4	9,6	9,6
1966	abril	8,5	8,9	8,9
1966	mayo	6,1	6,6	6,6
1966	junio	4,2	4,7	4,8
1966	julio	4,1	4,7	4,7
1966	agosto	2,8	3,2	3,1
1966	septiembre	4,9	5,6	3,8
1966	octubre	6,7	7,3	7,1
1966	noviembre	9,6	9,8	9,8
1966	diciembre	10,4	10,6	10,7
1967	enero	12,3	12,3	12,0
1967	febrero	12,3	12,4	11,7
1967	marzo	10,2	10,2	9,8
1967	abril	7,6	8,2	7,6
1967	mayo	6,5	6,7	6,3
1967	junio	0,6	0,4	0,1
1967	julio	1,5	1,1	1,1
1967	agosto	3,0	3,2	2,7

**Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982):
caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y
cambio climático**

1967	septiembre	4,5	4,9		4,6
1967	octubre	7,8	7,6		7,4
1967	noviembre	9,7	9,9		9,4
1967	diciembre	12,2	12,1		11,4
1968	enero	13,1	12,8	15,6	12,2
1968	febrero	12,6	12,2	11,7	11,9
1968	marzo	10,1	9,9	9,3	9,1
1968	abril	7,5	7,5	6,4	7,1
1968	mayo	4,9	4,9	3,7	4,6
1968	junio	3,6	3,3	2,1	3,3
1968	julio	3,4	3,1	1,6	3,0
1968	agosto	4,8	4,9	3,3	4,6
1968	septiembre	6,3	6,2	5,2	5,9
1968	octubre	7,8	7,5	7,4	7,3
1968	noviembre	10,4	10	9,8	9,7
1968	diciembre	11,6	11,5	10,7	11,4
1969	enero	13,1	12,8	15,6	12,2
1969	febrero	12,6	12,2	11,7	11,9
1969	marzo	10,1	9,9	9,3	9,1
1969	abril	7,5	7,5	6,4	7,1
1969	mayo	4,9	4,9	3,7	4,6
1969	junio	3,6	3,3	2,1	3,3
1969	julio	3,4	3,1	1,6	3,0
1969	agosto	4,8	4,9	3,3	4,6
1969	septiembre	6,3	6,2	5,2	5,9
1969	octubre	7,8	7,5	7,4	7,3
1969	noviembre	10,4	10,0	9,8	9,7
1969	diciembre	11,6	11,5	10,7	11,4
1970	enero	12,5	12,5	11,0	12,0
1970	febrero	13,1	13,9	11,3	12,8
1970	marzo	11,6	11,7	9,2	11,3
1970	abril	8,8	9,2	6,0	8,4
1970	mayo	6,1	6,3	4,3	6,0
1970	junio	2,3	2,3	0,8	2,3
1970	julio	3,2	3,2	2,1	3,7
1970	agosto	2,5	4,2	3,0	4,0
1970	septiembre	5,1	6,2	4,1	5,9
1970	octubre	7,8	8,1	6,5	7,9
1970	noviembre	8,8	9,7	8,1	9,1
1970	diciembre	10,8	11,2	9,1	11,1
1971	enero	11,6	11,6		11,4
1971	febrero	11,4	10,9		10,8
1971	marzo	10,2	9,7		9,2

**Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982):
caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y
cambio climático**

1971	abril	6,1	6,3		5,5
1971	mayo	6,0	5,8		5,9
1971	junio	3,6	3,4		3,8
1971	julio	5,1	5,2		5,3
1971	agosto	3,8	3,7		3,8
1971	septiembre	5,8	5,4		5,4
1971	octubre	8,5	8,5		8,3
1971	noviembre	11,6	11,5		10,8
1971	diciembre	11,8	11,8		11,2
1972	enero	15,5	13,5	12,4	13,9
1972	febrero	12,4	13,9	11,5	12,6
1972	marzo	11,0	11,2	9,3	10,5
1972	abril	7,6	7,5	5,4	7,5
1972	mayo	7,7	7,6	6,9	7,7
1972	junio	7,0	7,5	7,0	7,5
1972	julio	2,9	2,5	1,1	2,3
1972	agosto	6,0	6,3	5,6	6,2
1972	septiembre	7,4	7,5	7,1	7,2
1972	octubre	7,3	7,7	6,3	7,6
1972	noviembre	9,5	9,5	9,0	9,5
1972	diciembre	13,2	11,9	11,6	12,4
1973	enero	14,3	13,2	12,6	13,3
1973	febrero	12,4	11,4	10,9	11,4
1973	marzo	11,1	10,7	9,2	10,2
1973	abril	8,6	7,9	6,4	7,6
1973	mayo	7,2	6,8	5,7	6,3
1973	junio	4,4	4,3	2,7	4,0
1973	julio	4,5	4,1	3,5	4,0
1973	agosto	3,1	3,3	1,9	3,1
1973	septiembre	5,0	5,0	3,7	5,0
1973	octubre	7,4	7,5	6,8	7,1
1973	noviembre	9,9	9,2	8,9	9,5
1973	diciembre	11,0	10,1	9,8	10,6
1974	enero	13,5	12,7	11,9	12,6
1974	febrero	11,8	11,2	10,3	11,4
1974	marzo	10,2	9,9	8,6	9,7
1974	abril	7,4	6,8	4	6,8
1974	mayo	7,1	6,7	5,2	6,9
1974	junio	4,3	4,0	2,8	3,8
1974	julio	2,8	2,3	0,7	2,5
1974	agosto		4,1	1,5	4,3
1974	septiembre	5,6	5,4	2,7	5,2
1974	octubre	8,7	8,4	6,1	8,7

**Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982):
caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y
cambio climático**

1974	noviembre	9,8	9,1	7,0	9,4
1974	diciembre	11,3	10,5	8,7	11,2
1975	enero	13,3	12,4	10,5	13,0
1975	febrero	12,8	12,4	10,4	12,3
1975	marzo	10,6	10,3	7,8	10,4
1975	abril	8,9	8,5	6,1	8,3
1975	mayo	6,2	6,1	3,3	5,9
1975	junio	4,4	4,3	1,6	4,4
1975	julio	3,6	3,3	1,7	3,4
1975	agosto	4,1	3,9	2,3	4,2
1975	septiembre	5,1	5,5	2,8	5,4
1975	octubre	6,9	7,5	4,7	7,3
1975	noviembre	9,1	9,5	6,9	9,3
1975	diciembre	12,3	12,0	9,2	12,1
1976	enero	12,7	13,6	10,6	13,7
1976	febrero	11,8	12,4	9,6	12,5
1976	marzo	8,5	9,7	6,3	9,4
1976	abril	6,0	6,9	2,0	6,9
1976	mayo	4,1	5,2	1,1	5,2
1976	junio	3,1	4,0	1,5	4,0
1976	julio	2,6	3,4	0,6	3,6
1976	agosto	3,3	4,6	2,6	4,6
1976	septiembre	4,3	5,8	3,6	5,9
1976	octubre	7,3	8,8	7,2	8,9
1976	noviembre	9,5	11,2	8,9	11,2
1976	diciembre	12,3	13,1	10,2	13,3
1977	enero	13,0	14,2	11,1	14,2
1977	febrero	11,8	12,9	9,4	12,6
1977	marzo	11,4	11,7	8,3	12,0
1977	abril	9,0	9,6	6,7	10,0
1977	mayo	7,2	7,6	4,9	8,0
1977	junio	4,5	4,8	2,9	5,3
1977	julio	3,1	3,8	3,0	4,3
1977	agosto	4,2	4,8	2,9	5,1
1977	septiembre	7,3	6,9	3,9	7,2
1977	octubre	8,7	8,6	6,3	9,2
1977	noviembre	11,1	11,3	8,4	11,3
1977	diciembre	12,2	11,9	10,2	12,8
1978	enero	13,0	12,9	9,5	13,4
1978	febrero	12,1	12,3	9,7	12,6
1978	marzo	9,4	10,2	7,1	10,4
1978	abril	7,3	7,8	5,1	8,0
1978	mayo	6,7	7,0	3,9	7,1

**Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982):
caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y
cambio climático**

1978	junio	5,4	5,1	3,1	5,4
1978	julio	7,3	7,2	6,5	7,5
1978	agosto	4,0	3,9	2,1	3,9
1978	septiembre	7,2	7,0	5,2	7,3
1978	octubre	9,8	9,6	7,1	9,8
1978	noviembre	11,8	11,7	9,2	11,3
1978	diciembre	14,0	13,2	11,0	13,1
1979	enero	13,8	13,3	10,9	13,1
1979	febrero	12,8	12,5	9,2	12,1
1979	marzo	11,5	11,3	8,4	10,9
1979	abril	8,5	8,3	5,5	8,1
1979	mayo	7,7	7,5	5,0	7,4
1979	junio	2,4	1,9	-1,2	1,7
1979	julio	5,0	4,9	2,4	4,7
1979	agosto	6,9	7,2	6,0	7,1
1979	septiembre	6,3	6,1	4,9	6,1
1979	octubre	8,5	8,2	5,8	7,8
1979	noviembre	11,3	11,1	9,4	10,9
1979	diciembre	13,6	13,3	11,8	13,4
1980	enero	14,6	14,3	11,7	14,3
1980	febrero	14,3	14,3	12,4	14,3
1980	marzo	13,5	13,5	10,8	13,2
1980	abril	9,4	9,9	8,7	10,1
1980	mayo	7,7	7,8	6,9	8,2
1980	junio	5,2	5,2	3,4	5,2
1980	julio	3,6	3,4	1,9	3,6
1980	agosto	4,8	4,4	2,2	4,5
1980	septiembre	5,8	5,7	3,5	5,9
1980	octubre	8,1	7,9	6,2	7,6
1980	noviembre	9,9	9,4	7,6	9,4
1980	diciembre	12,8	12,2	10,1	12,2
1981	enero	13,3	12,9	10,8	12,6
1981	febrero	13,4	13,2	10,6	12,7
1981	marzo	11,7	11,1	9,2	11,2
1981	abril	9,6	9,4	7,0	9,2
1981	mayo	9,0	9,0	7,7	9,1
1981	junio	4,5	4,2	2,5	4,0
1981	julio	4,3	3,7	1,8	3,8
1981	agosto	5,8	5,9	3,6	5,9
1981	septiembre	5,6	6,0	3,1	5,5
1981	octubre	7,5	7,6	5,6	7,5
1981	noviembre	10,3	10,0	7,5	9,5
1981	diciembre	12,0	11,4	8,4	10,7

Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982): caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y cambio climático

1982	enero	13,1	12,6	10,3	12,4
1982	febrero	12,7	12,3	9,9	11,7
1982	marzo	11,6	11,3	8,6	10,8
1982	abril	8,8	8,8	6,8	8,5
1982	mayo	6,7	6,5	4,3	6,1
1982	junio	6,7	7,0	6,1	7,1
1982	julio	6,6	6,6	5,5	6,7
1982	agosto	6,2	6,1	4,9	6,3
1982	septiembre	8,3	8,6	7,6	8,6
1982	octubre	8,2	8,2	6,5	8,1
1982	noviembre	9,9	9,7	8,0	9,6
1982	diciembre	13,0	13,0	11,4	13,2

Fuente: Elaboración propia

7.2. Tablas de datos anexados de la estación meteorológica de Quinta Normal por mes entre los años 1901 a 1909

Meses	1901	
	Termómetro Abridado	
	mínima	máxima
	o	o
Enero	9,4	33,9
Febrero	7,1	31,4
Marzo	7,5	29,8
Abril	0,4	30,4
Mayo	-0,9	25,5
Junio	1,1	23,5
Julio	-0,2	21,7
Agosto	-1,6	25,2
Septiembre	3,6	27,2
Octubre	3,6	28,6
Noviembre	3,0	29,6
Diciembre	8,7	32,8

Fuente: Anuario del Observatorio Astronómico Nacional

**Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982):
caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y
cambio climático**

Meses	1902	
	Termómetro Abridado	
	mínima	máxima
	0	0
Enero	10,2	34,2
Febrero	8,4	33,4
Marzo	8,0	32,7
Abril	5,4	28,2
Mayo	1,0	24,7
Junio	0,0	23,9
Julio	-2,2	21,2
Agosto	-2,4	25,2
Septiembre	1,8	24,8
Octubre	2,3	29,8
Noviembre	0,9	29,1
Diciembre	6,6	32,4

Fuente: Anuario del Observatorio Astronómico Nacional

Meses	1903	
	Termómetro Abridado	
	mínima	máxima
	0	0
Enero	5,9	33,2
Febrero	7,6	33,6
Marzo	7,9	31,3
Abril	3,2	28,5
Mayo	0,4	26,3
Junio	-0,6	22,0
Julio	-2,0	21,6
Agosto	-0,1	23,3
Septiembre	3,2	27,9
Octubre	1,7	28,0
Noviembre	6,6	29,8
Diciembre	7,6	31,7

**Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982):
caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y
cambio climático**

Fuente: Anuario del Observatorio Astronómico Nacional

Meses	1904	
	Termómetro Abridado	
	mínima	máxima
	0	0
Enero	9,2	35,4
Febrero	7,0	33,3
Marzo	4,0	31,5
Abril	4,2	27,3
Mayo	3,0	24,5
Junio	0,2	23,1
Julio	1,7	20,0
Agosto	0,7	23,6
Septiembre	3,1	30,2
Octubre	2,6	28,4
Noviembre	4,3	31,2
Diciembre	8,2	33,2

Fuente: Anuario del Observatorio Astronómico Nacional

Meses	1905	
	Termómetro Abridado	
	mínima	máxima
	0	0
Enero	6,0	34,0
Febrero	9,1	33,5
Marzo	7,2	30,1
Abril	1,3	30,1
Mayo	0,4	25,5
Junio	0,7	22,2
Julio	0,6	23,2
Agosto	-0,7	27,2
Septiembre	2,6	25,9
Octubre	2,8	27,6
Noviembre	4,6	33,1

**Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982):
caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y
cambio climático**

Diciembre	2,2	31,4
-----------	-----	------

Fuente: Anuario del Observatorio Astronómico Nacional

Meses	1906	
	Termómetro Abridado	
	mínima	máxima
	0	0
Enero	9,5	35,6
Febrero	9,8	33,6
Marzo	8,1	32,0
Abril	3,8	29,8
Mayo	1,8	28,3
Junio	-1,1	18,2
Julio	-2,1	21,5
Agosto	0,1	24,6
Septiembre	1,3	27,7
Octubre	3,3	26,6
Noviembre	5,2	32,4
Diciembre	6,4	33,5

Fuente: Anuario del Observatorio Astronómico Nacional

Meses	1908	
	Termómetro Abridado	
	mínima	máxima
	0	0
Enero	7,7	33,2
Febrero	8,4	33,0
Marzo	9,1	31,7
Abril	2,3	30,4
Mayo	1,1	24,6
Junio	0,3	22,3
Julio	-0,6	24,8
Agosto	-1,7	22,6
Septiembre	0,6	25,6
Octubre	2,3	30,1

**Análisis de las temperaturas mínimas del área urbana y rural de Santiago (1911-1982):
caracterización de la intensidad de la isla de calor en el contexto del calentamiento y
cambio climático**

Noviembre	4,3	33,4
Diciembre	5,3	33,8

Fuente: Anuario Estadístico de Chile, 1910.

Meses	1909	
	Termómetro Abridado	
	mínima	máxima
	o	o
Enero	7,1	33,9
Febrero	5,9	35,2
Marzo	6,6	31,8
Abril	4,3	29,0
Mayo	-0,7	24,8
Junio	-1,4	24,0
Julio	-2,1	21,4
Agosto	-1,1	22,9
Septiembre	-0,3	25,6
Octubre	1,4	31,3
Noviembre	3,3	33,5
Diciembre	4,0	35,2

Fuente: Anuario Estadístico de Chile, 1910.