

DISTRIBUCIÓN TERMAL INTRAURBANA EN LAS CIUDADES DE SANTIAGO Y VALPARAÍSO. ANÁLISIS COMPARATIVO DE SUS FACTORES EXPLICATIVOS.

PAMELA SMITH
Universidad de Chile
pamelasmit@gmail.com

XIMENA ANDRADE
Universidad de Chile

O CLIMA DAS CIDADES

Resumen.

En las últimas tres décadas, las ciudades de Santiago y Valparaíso han experimentado un crecimiento sostenido de su superficie urbanizada, la que ha aumentado en más del doble desde el año 1975. Este proceso ha significado el reemplazo de coberturas naturales y seminaturales, por usos de suelo urbanos, cuyos materiales se caracterizan por un bajo albedo o reflectividad, una baja capacidad de absorción de agua y un comportamiento térmico propicio para el almacenamiento y emisión de calor, contribuyendo entre otros efectos a elevar la temperatura atmosférica (Peña y Romero, 2006). Surge así un clima urbano, como parte del medioambiente de la ciudad, que resulta de la modificación de las condiciones naturales previas y que se define comparando los rasgos climáticos al interior de la ciudad con su entorno rural próximo (Stewart & Oke, 2009).

Los estudios existentes para ambas ciudades indican que se registran diferencias relevantes en los indicadores climáticos entre las distintas áreas de la ciudad, cuyos límites y características varían en el transcurso del día, relacionándose estrechamente con los usos y coberturas de los suelos. Por lo anterior, es indispensable realizar esfuerzos para normalizar espacial y temporalmente los datos meteorológicos obtenidos de estaciones fijas y móviles, y los relacione con aquellos capturados por las imágenes de satélite, que constituyen una importante herramienta disponible en la actualidad, tales como las proporcionadas por LANDSAT y ASTER.

Reconociendo la complejidad del comportamiento de la temperatura atmosférica de la ciudad, esta investigación busca identificar aquellas variables ambientales (altura, orientación, distancia a cursos y cuerpos de agua y cobertura vegetal) y de diseño urbano (superficies impermeables, rugosidad y temperatura de emisión superficial), que se encuentren relacionadas con su distribución para las ciudades de Santiago y Valparaíso, localizadas a una latitud similar, pero en el interior y en la costa respectivamente. Para el caso de Santiago, las relaciones entre variables fueron incorporadas en un modelo de análisis estadístico que, mediante procedimientos automatizados de interpolación y empleando los sistemas de información geográfica como principal instrumento de espacialización, dando como resultado un mapa térmico de verano.

Resumo.

Nas últimas três décadas, as cidades de Santiago e Valparaíso têm experimentado um crescimento sustentado de sua área urbana, o que mais do que duplicou desde 1975. Este processo tem significado a substituição da cobertura natural e semi-parauso do solo, o qual os materiais são caracterizados por um baixo albedo ou reflectividade, baixa capacidade de absorção de água e comportamento térmico adequado para a emissão e armazenamento de calor, contribuindo entre outros efeitos para elevar a temperatura atmosférica (Peña e Romero, 2006). Isto levanta um ambiente de clima urbano como parte da cidade, resultante da modificação de condições naturais anteriores e se comparando as características definidas no clima dentro da cidade com seu entorno rural próxima (Stewart & Oke, 2009).

Estudos existentes indicam que ambas as cidades são reconhecidas diferenças relevantes nos indicadores climáticos entre as diferentes áreas da cidade, cujos limites e características variam ao longo do dia, interagindo de perto com os usos e coberturas dos solos. Portanto, é essencial para os

esforços para normalizaros dados meteorológicos espacialmente e temporalmente obtidos a partir de estações fixas e móveis, e relacionado com os capturados por imagens de satélite, que são uma importante ferramenta disponível hoje, tais como os fornecidos pela LANDSAT e ASTER.

Reconhecendo a complexidade do comportamento da temperatura atmosférica da cidade, esta pesquisa busca identificar as variáveis ambientais (altura, orientação, cursos à distância e cursos d'água e vegetação) e desenho urbano (rugosidade da superfície impermeável e temperatura de superfície de emissão), que está em sua distribuição para as cidades de Santiago e Valparaíso, localizado a uma latitude similar, mas no interior no litoral, respectivamente. No caso de Santiago, as relações entre as variáveis foram incorporadas a um modelo de análise estatística, por interpolação automática e uso dos sistemas de informação geográfica como o principal instrumento de especialização, resultando em um mapa de calor do verão.

Objetivos del Trabajo.

El presente trabajo, tiene como objetivo principal, contribuir al conocimiento del clima urbano de la ciudad, identificando el comportamiento y distribución de sus temperaturas atmosféricas, e indagando, en torno a la relación de las mismas, con variables explicativas asociadas a factores geográficos y de diseño urbano, que a escala - urbana Valparaíso y Santiago, puedan estar influyendo en la variación de las temperaturas, comparando ambos resultados.

Se analizan y comparan los factores explicativos que influyen en el comportamiento y distribución de las temperaturas, en ambas ciudades

Para el caso de la ciudad de Santiago, se construye un mapa térmico a partir de los resultados del modelo de regresión que incluye los factores explicativos reconocidos para la mañana, tarde y noche en un día de verano.

Marco teórico conceptual

En el proceso de urbanización en Chile, se evidencian ciertas causas y tendencias asociadas al creciente y sostenido aumento de la población que ha migrado desde zonas rurales a zonas urbanas desde la década de 1940 en adelante (INE, 2008) y a las modalidades de regulación dadas por los instrumentos de planificación, que han respondido muy ceñidamente a pautas económicas globales y locales referidas al proceso de globalización. La expansión de la superficie construida, ha tenido fuertes impactos en el territorio y ha incrementado los niveles de recursos necesarios para dar sustento a las rutinas propias de los habitantes urbanos.

La climatología urbana, asumiendo parte de dicha problemática, ha intentado dar respuestas y soluciones respecto a la presión que se ejerce sobre la capacidad de soporte del medio ambiente urbano, poniendo de manifiesto, los costos ambientales que pueden llegar a tener las modificaciones

en el campo térmico especialmente sobre la calidad de vida de los habitantes de las ciudades. Al respecto, se considera una prioridad, el análisis de las modificaciones de las temperaturas a escala local, las cuales dependen directamente de la estructura urbana, características geográficas, condiciones meteorológicas y climáticas propias del entorno inmediato (Oke, 1987; 2010; Salamanca, 2010). Lo anterior presume poder identificar de manera más precisa, lineamientos posibles de ser incorporados en las herramientas de planificación existentes.

El clima es definido como el estado medio de la atmósfera, registrado sobre áreas geográficas representativas y que reproducen el comportamiento cíclico de - parámetros tales como – temperatura-, humedad relativa, vientos y presión atmosférica. En general se estima que un período de treinta años reproduce condiciones de normalidad estadística- (IPCC, 1995) y está condicionado, tanto a escala global como regional, por diversos factores, principalmente naturales, como por ejemplo, la altura, latitud, orografía, etc.

En un entorno urbano se van agregando nuevos factores o elementos que influyen en la formación de un clima diferente. Cada uso urbano del suelo posee un comportamiento térmico diferencial al interior de la ciudad, razón por la cual ésta se convierte en un sistema complejo de mosaicos de paisajes, cada uno de los cuales presenta sus particulares coeficientes de absorción, almacenaje y emisión de calor. Esta complejidad aumenta si se consideran, además, ciertos elementos que configuran las distintas tipologías urbanas, tales como la vegetación y la altura de las construcciones, entre otros (Eliasson, 1999; Rohinton, 1999 y Honjo, 2003).

La temperatura del aire en las ciudades puede elevarse entre 2 y 8 °C respecto al entorno rural, (Oke, 1987), dibujando un gradiente típico que encuentra su máximo en las áreas centrales de la ciudad. Se estima que para una tarde de verano, la temperatura del aire de una ciudad tipo puede estar hasta 2,5°C por sobre las áreas rurales circundantes (Akbari et al, 2001). Se ha determinado que la diferencia máxima de las temperaturas entre un área verde densa y las construcciones en un estudio realizado en la Universidad de Singapur, a las 13:00 hrs. alcanza alrededor de 4°C (Nyuk&Kardinal, 2008).

Métodos utilizados

En ambas ciudades, se consideró la utilización de los datos de temperatura atmosférica horarios, obtenidos de las estaciones meteorológicas fijas, que contaban con acceso público y gratuito. Para la Ciudad de Santiago se -trabajó con 29 estaciones ubicadas a nivel de superficie, Torre Entel y Lo Prado se descartaron por estar localizadas en altura, mientras que -en - Valparaíso, se utilizaron los datos de 13 estaciones. La información obtenida fue previamente estandarizada, evaluando su consistencia.

Los días escogidos para el análisis, corresponden al período estival de los años 2009 y 2011, para Santiago y Valparaíso respectivamente. Se escogen estos años por la disponibilidad de datos y por la fecha en que fueron llevados a cabo los estudios, en el caso de la ciudad de Santiago, se cuenta para el año 2009 con transectos móviles que permiten, una vez obtenido el mapa de temperaturas, hacer un diagnóstico del modelo. Los días escogidos, como representativos del clima urbano durante la estación de verano, fueron - el 21 de enero en Santiago y el 01 de febrero en Valparaíso. La- caracterización sinóptica para ambas fechas, no registró fenómenos meteorológicos significativos que pudiesen corresponder a una situación anómala.

Las variables consideradas para evaluar su relación fueron seleccionadas a partir de la revisión bibliográfica (tabla 1), considerando la opinión de diferentes autores, que las identifican como elementos que poseen relación con el comportamiento de la temperatura atmosférica en la ciudad. Estas variables se obtuvieron a partir de coberturas digitales preexistentes e imágenes satelitales estivales, captadas el 04 (ASTER) y 12 (LANDSAT) de febrero del 2009 en Santiago y el 06 de Febrero del 2010, para Valparaíso.

Tabla 1. Variables que tienen efecto en la temperatura atmosférica en la ciudad, según sus autores.

VARIABLE	AUTOR
Cobertura Vegetal	Oke, 1987; Honjo <i>et al.</i> , 2003, Yuan & Bauer, 2007; Nyuk & Kardinal, 2008, Salah, 2011;
Superficies Impermeables	Arnold & Gibbons, 1996; Yuan & Bauer, 2007; Zhang <i>et al</i> , 2008; Stewart & Oke, 2009.
Altura o elevación topográfica	Cuadrat <i>et al.</i> 2003 y Jo <i>et al.</i> ,2001, Erazo, 2006; Sarricolea <i>et al</i> , 2008.
Orientación	
Rugosidad	Oke, 1987; Eliasson, 1999y Honjo, 2003.
Distancia a cursos de agua / Distancia al mar	Molina, 2007. Sarricolea, 2008
T° emisión superficial	Arnfield, 2003 y Prashad, 2004
Densidad de Población	Sarricolea <i>et al</i> , 2008.
Distancia a formaciones de vegetación densa.	Nowak & McPherson, 1993; Zhang <i>et al</i> , 2008.

Fuente: Elaboración Propia.

Para determinar la correlación bivariada entre pares de variables, se utilizó la correlación de Pearson y Spearman, aplicando posteriormente una regresión por mínimos cuadrados ordinarios, para determinar el grado de dependencia simultánea de la temperatura con las variables explicativas. La ecuación de regresión múltiple se obtuvo en el Programa de Estadísticas SPSS Versión 18, e incluyó aquellos factores que estuviesen correlacionados significativamente con la temperatura atmosférica. En la ecuación de regresión múltiple llevada a cabo en la ciudad de Santiago se agrega un octavo factor, que corresponde a la interpolación de temperatura atmosférica, que permite dar cuenta de la variabilidad diaria existente. Se llevaron a cabo tres modelos de regresión múltiple, para la mañana, tarde y noche,

debido el hecho de durante el día varía la influencia de los distintos factores sobre el comportamiento de la temperatura.

Resultados

1.1 Análisis de la relación entre temperaturas atmosféricas y variables geográficas y urbanas:

A partir de las correlaciones bivariadas, obtenidas entre las variables, se determino para cada una de las ciudades aquellas que finalmente fueron incluidas en los modelos de regresión, considerando que existiera entre ambas una relación estadística significativa

Para el caso de Santiago, las variables que poseen una relación estadística significativa con la temperatura atmosférica corresponden a Altura, Temperatura de emisión superficial, Superficie impermeable, Cobertura vegetal, y la Interpolación de temperatura atmosférica. A las 22 hrs. la altura queda excluida, al igual que la temperatura de emisión superficial, por corresponder a un valor que el satélite capta durante la mañana.

Por su parte, en la ciudad de Valparaíso las correlaciones más significativas se dan principalmente con variables asociadas a la urbanización, como son la densidad de población por hectárea, a las 9:00 hrs., porcentaje de superficie construida y altura media de las edificaciones, durante la tarde y en el caso de la noche (21:00hrs.), exposición de laderas, - única variable que mostró explicar estadísticamente el comportamiento de las temperaturas, - en éste horario.

En función de las ecuaciones que representan a los modelos de regresión múltiple (tabla N°2), es posible establecer relaciones lineales de pendiente positiva que asocian el comportamiento y distribución de las temperaturas con: el porcentaje de superficie construida, impermeabilización y exposición de las laderas en la tarde, lo que significa por ejemplo, que la temperatura aumente, conforme aumenta la tasa de impermeabilización. Las relaciones lineales son de pendiente negativa en tanto, con la vegetación, la densidad de población por hectárea, la altura (elevación topográfica), la rugosidad (altura media de las edificaciones), la exposición de laderas en el caso de la noche (21:00 hrs) y la temperatura de emisión superficial. Destacan, los coeficientes beta asociados al índice de diferencia vegetal normalizada, los cuales auspician una disminución considerable de las temperaturas atmosféricas, en función de la presencia y estado de la vegetación en ambas ciudades, tal como

señalan algunos autores (Myung – Heeet al. 2001; Yuan & Bauer, 2007; Zhang, et al, 2008; Salah, 2011).

Tabla2. Ecuaciones de regresión múltiple que explican y predicen el comportamiento y distribución de las temperaturas, en las ciudades de Santiago y Valparaíso.

HORA	CIUDAD	MODELO DE REGRESIÓN	R2
Mañana	Santiago	Temperatura del aire (°C)= - (Altura * 0,001) - (Vegetación * 0,005) + (Impermeabilización * 0,006) + (Interpolación * 1,424) - (Temperatura Superficial * 0,077) - 9,923	0,873
	Valparaíso	Temperatura del aire (°C)= - (NDVI * 14,777) - (Densidad * 0,016) + 20,282	0,729
Tarde	Santiago	Temperatura del aire (°C)= - (Altura * 0,001) - (Vegetación * 0,015) + (Impermeabilización * 0,004) + (Interpolación * 1,272) - (Temperatura Superficial * 0,006) - 8,269	0,969
	Valparaíso	Temperatura del aire (°C)= - (Altura * 0,025)+(Exposición*0,012) - (NDVI*24,659) - (Rugosidad *0,267)+ 29,341	0,914
Noche	Santiago	Temperatura del aire (°C)= - (Vegetación * 0,0058) + (Impermeabilización * 0,0064) + (Interpolación * 1,019) - 0,435	0,997
	Valparaíso	Temperatura del aire (°C)= - (Exposición *0,007) + 21,212	0,661

Fuente: Elaboración propia.

A partir de lo anterior es posible estimar cuantitativamente el efecto de los factores sobre la distribución de la temperatura atmosférica. Se observan algunas similitudes durante el día y en ambas ciudades, la vegetación actúa disminuyendo la temperatura, con máximos que oscilan durante el día entre 0,5 y 1,5°C en Santiago y entre 1,4 y 2,4 en Valparaíso. Igualmente, la altura –disminuye el calor registrado. Por el contrario, las superficies impermeables aumentan la temperatura, aunque existen diferencias durante el día respecto a su efecto. Durante la tarde la diferencia máxima de temperatura entre un sector completamente cubierto de vegetación, respecto a un terreno 100% impermeabilizado, puede alcanzar -casi los dos grados en la ciudad de Santiago y hasta 5 grados en Valparaíso.

Es posible advertir, además, que a lo largo del día, las temperaturas en la ciudad de Valparaíso disminuyen en 1.1°C; cuando la densidad de habitantes por hectárea, aumenta en 50 habitantes; en 2°C cuando la distancia a formaciones de vegetación densa, aumenta en 500 metros; y en 2.7°C cuando la altura promedio de los edificios aumenta en 10 metros. Finalmente, para el caso de la variables exposición de laderas, que la temperatura aumente o disminuya depende de la hora del día, pudiendo observarse que cuando la exposición es Norte, la temperatura aumenta en un promedio de 1.6°C y que cuando es de exposición Sur, disminuye en 0.5°C.

Distribución Espacial de las temperaturas atmosféricas de verano: El caso de la ciudad de Santiago.

Los modelos de regresión construidos han sido probados en la ciudad de Santiago obteniendo como resultado, el mapa térmico para la mañana, tarde y noche de un día de verano. El diagnóstico del modelo, ha dado cuenta de diferencias que durante el día sólo superan en 5 puntos de la ciudad, los 2°C, al comparar los resultados modelados versus los datos reales de alrededor de 50 puntos, los cuales

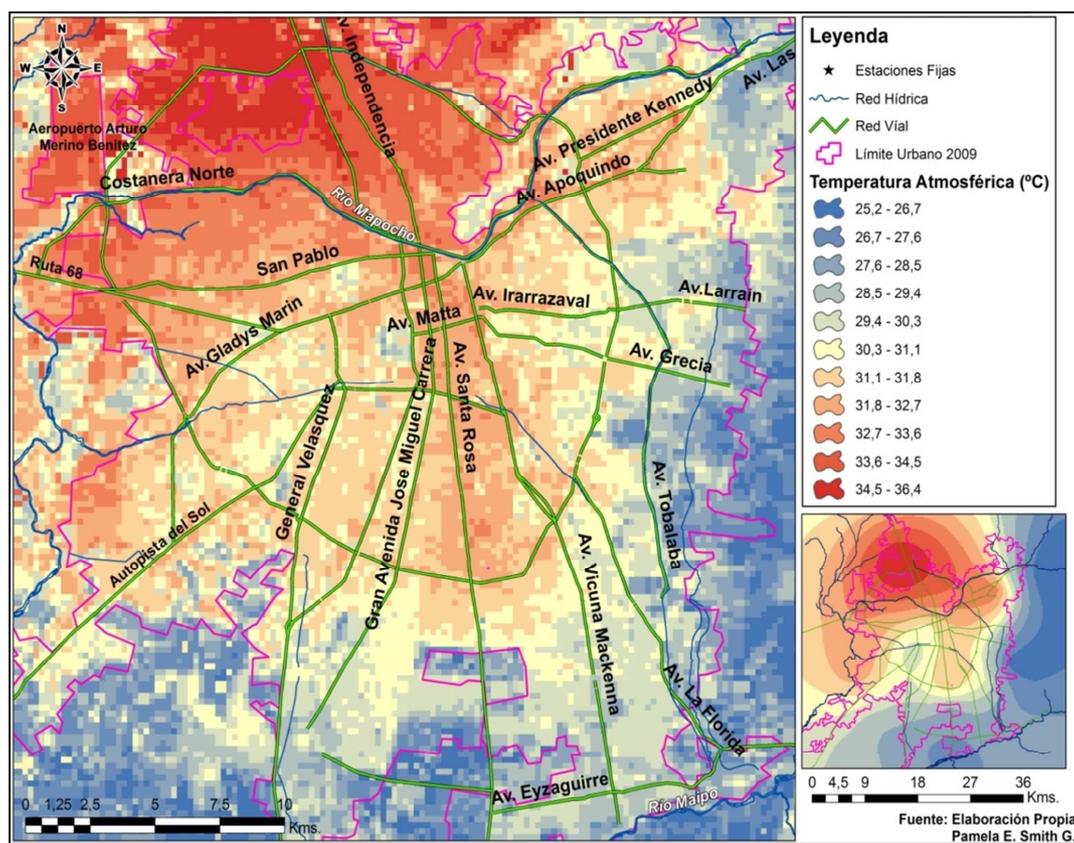
fueron obtenidos - mediante transectos móviles. Sin embargo, durante la noche, se acentúan las diferencias en el sector Sur Oriente de la ciudad, específicamente en la ribera del río Mapocho, en la comuna de Puente Alto. lo que puede ser explicado por los vientos de montaña a valle que no se encuentran representados en la construcción del modelo y que actúan enfriando las temperaturas.

El mapa térmico de la ciudad (figura 1) da cuenta de importantes y significativas diferencias-al interior de la mancha urbana y en -zonas rurales, que permiten caracterizar islas de calor y frío, que conforman verdaderos archipiélagos térmicos, expresados -por gradientes - continuos y discretos con una alta variabilidad espacial.

Durante el día, las temperaturas en el área urbana, son muy heterogéneas -. Las áreas más frías se encuentran localizadas principalmente en el sector oriente de la ciudad y el sector más cálido se concentra en el sector sur. El área urbanizada del sector oriente de la ciudad, posee temperaturas similares al área rural, -. En términos generales la temperatura decrece -desde el centro a la periferia,- a partir de la circunvalación Américo Vespucio. Es posible identificar con temperaturas comparativamente más bajas, el cono de aproximación del ex aeropuerto de cerrillos y la existencia de algunos parches de características agrícolas hacia el sur de la ciudad; sin embargo, las temperaturas en Pudahuel, cercanas al aeropuerto internacional, localizadas fuera del límite urbano, describen islas de calor, que aumentan su superficie de la mañana a la tarde. Es posible identificar el Parque O'Higgins y la Quinta Normal como áreas de menor temperatura. La Quinta Normal alcanza hasta 3°C de diferencia con la matriz urbana circundante y el Parque O'Higgins es 2°C más frío.

En la noche, Santiago se ha convertido en un archipiélago de calor, o bien una gran y única isla de calor urbana, que incluye casi por completo la superficie de la ciudad, existiendo zonas cálidas también en las áreas rurales ubicadas al norte. La isla de calor más intensa, se ubica en el centro y se propaga sutilmente hacia el oriente, aledaña al cerro San Cristóbal. La distribución térmica es a esta hora altamente homogénea, ya no existe la distinción oriente - poniente, ni se perciben las diferencias entre las áreas vegetadas y las construidas. La vegetación no logra tener un efecto significativo a esta escala.

Figura 1. Mapa Térmico 16:00 hrs.



Conclusiones

Esta investigación reconoce aquellos factores que influyen en la formación del clima urbano, de los factores considerados a partir de la literatura, sólo cinco son finalmente aquellos que se relacionan con el comportamiento de la temperatura atmosférica. Las variables que se seleccionaron para ser introducidas en el modelo de regresión varían para cada ciudad y en cada una de ellas también varían durante el día, y por tanto el comportamiento de la temperatura permite ser explicado por diferentes factores locales en la mañana, tarde y noche. Los factores que coinciden en ambas ciudades son la vegetación, la impermeabilización y la altura, sin embargo sólo la vegetación y la altura presentan una influencia similar, disminuyendo el calor y ajustándose a lo que la literatura plantea. La impermeabilización por su parte, actúa aumentando los grados de calor en la ciudad de Santiago, tal como lo plantean los autores considerados. Existen factores que sólo resultan significativos para la ciudad de Valparaíso, como son la rugosidad de las edificaciones y la exposición, ambos fueron también evaluados para la ciudad de Santiago, sin embargo no se encontraron relaciones.

El reconocimiento de que existen factores ambientales y urbanos que están influenciando en dicho comportamiento, constituye un antecedente valioso de considerar en la gestión ambiental de la ciudad, que permitan definir acuerdos y construir políticas que propendan al mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes. Lo anterior requiere de la incorporación del concepto de red de monitoreo, que

sirva a la articulación de las diferentes fuentes de datos meteorológicos actualmente disponibles para las distintas ciudades del país. Si bien es cierto, que se cuenta con datos de 13 estaciones en Valparaíso y 30 estaciones meteorológicas en Santiago, el que pertenezcan a instituciones distintas, con objetivos diversos, constituye una importante limitación, ya que aumenta el nivel de incertidumbre respecto a la utilización de las series de datos de manera conjunta, aun más considerando que no existe información respecto al estado de los instrumentos y la calidad de los datos registrados.

Bibliografía

ARNFIELD, 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 - 26.

ARNOLD, C. AND J. GIBBONS. 1996. *Impervious Surface Coverage: The Emergence of a Key Environmental Indicator*. *Journal of the American Planning Association* 62(2):243-258.

CUADRAT, J., M. SAZ, S. VICENTE-SERRANO, 2003. Surface wind direction influence on spatial patterns of urban heat island in Zaragoza (Spain). *Geophysical Research Abstracts*, 5: 02592. European Geophysical Society.

ELIASSON I., 1999. The use of climate knowledge in urban planning. Elsevier, *Landscape and urban planning* N° 48, pág. 31 – 44.

Erazo, S. 2006. “Análisis y características de la temperatura atmosférica del territorio continental e insular de la V región de Chile. *Revista Geográfica de Valparaíso*. N°37. Pp. 7 – 15.

JO, M., K. LEE, B. JUN, B. KWON and Y. JO. 2001. The spatial topographic of urban surface temperature using remotely sensed data and GIS. 22nd Asian conference on remote sensing. Singapore. 5 pp.

HONJO T, NARITA K-I, SUGAWARA H, MIKAMI T, KIMURA K & KUWATA N, 2003. Observation of cool island effect in urban park (Shinjuku Gyoen). 15ª Conferencia Internacional de Clima Urbano, Sept. 1- 5. Polonia.

IPCC. 1995. *The regional impacts of Climate Change An assessment of Vulnerability*. IPCC WMO, UNEP. Cambridge University Press 1. Pp. 1001.

Myung – Hee, J; Kwang – Jae, L; Byong – Woon, J; Bong – Kyum, K; Yun – Wong, J. 2001. “The spatial topographic analysis of urban surface temperature using remotely sensed data and GIS”. Paper presented at the 22nd Asian Conference on Remote Sensing. 5 – 9 November, Singapore.

MOLINA, M. 2007. Efectos de los tipos de urbanización asociados al crecimiento urbano del área Metropolitana del Gran Santiago sobre la generación y comportamiento de micro islas de calor. Memoria para optar al Título Profesional de Geógrafo. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile. p. 118.

Nowak, D; Mcpherson, E. 1993. “Cuantificación del impacto ambiental de los árboles en Chicago”. Depósito de documentos de la FAO.

NYUK, W. & KARDINAL, S. 2008. *GIS-based greenery evaluation on campus master plan*. *Journal Landscape and Urban Planning* 84: 166 – 182.

OKE, 1987. The thermal regime of urban parks in two cities with different summer climates, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 19, N°. 11, 2085 - 2104.

PRASHAD, L, 2004. *Urban Materials and Temperature in Phoenix: Connecting Land Use, Socioeconomics, and Vegetation and Relating Ground and Air Variables*. M.S. Thesis Defense, Arizona State University, May 14, 2004.

Salah, A. 2011. “Impacts of urban expansion on surface temperature in Baghdad, Iraq, using remote sensing and GIS techniques”. *Canadian Journal on Environmental Construction and Civil Engineering*. Vol. N°8. Pp. 193 – 202.

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. Tesis para optar al grado de Magíster en Geografía con mención en Recursos Territoriales. Universidad de Chile.

STEWART, I.D. AND OKE, T. 2009. *Classifying urban climate field sites by “local climate zones”:* The case of Nagano, Japan. IN: *Preprint, Seventh International Conference on Urban Climate, 29 June -3 July, Yokohama.*

Yuan, F; Bauer, M. 2007. “Comparison off impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat Imagery”. *Remote Sensing of Environment.*Nº 106. Pp. 375 – 386.

Zhang, Z; Ji, M; Shu, J; Deng, Z; Wu, Y. 2008. “Surface urban heat island in Shanghai, China: Examining the relationship between land surface temperature and impervious surface fraction derived from Landsat ETM+ Imagery”. *The international Achieves of Photogrammetric, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.*Vol. 37. Pp. 601 – 606.