



INSTITUTO DE GEOGRAFÍA
FACULTAD DE HISTORIA, GEOGRAFÍA
Y CIENCIA POLÍTICA

El Boletín Electrónico de Geografía (BeGEO) es una publicación que intenta crear un espacio de difusión de los estudios realizados por los estudiantes del Instituto de Geografía de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

BeGEO reúne artículos originales de alta calidad que son elaborados por los estudiantes de pregrado en las distintas actividades curriculares impartidas por docentes del Instituto de Geografía.

ISSN 0719-5028

www.geografia.uc.cl

BeGEO

Boletín electrónico de Geografía

BeGEO, 2014, N°2

Islas frías urbanas en la ciudad de Santiago¹

Sebastián Rodríguez Leiva²

Resumen

El proceso de expansión y crecimiento urbano han generado perturbaciones en las condiciones climáticas de las ciudades, dando lugar al incremento de la temperatura del aire al interior del área urbana, representando un panorama complejo para la habitabilidad en ellas. Al respecto, debido a los beneficios ambientales que poseen las áreas verdes urbanas, se plantea que estas se configuran como verdaderas islas frías en la ciudad, debido a la influencia térmica que estas ejercen en disminuir la temperatura, respecto del entorno urbano inmediato que las rodea. Mediante el uso de imágenes satelitales y el cálculo de la Temperatura de Emisión Superficial, se analizó tres casos de áreas verdes en la ciudad de Santiago, permitiendo conocer el comportamiento térmico que estas poseen y la capacidad que tienen para transformarse en islas frías en la ciudad de Santiago.

Palabras clave: Islas frías, Temperatura de Emisión Superficial, Áreas verdes.

Urban cold islands in Santiago

Abstract

The processes of urban expansion and growth have generated disturbances in climatic conditions of cities, leading to increased air temperatures within urban areas, creating a complex picture in terms of their habitability. In this regard, due to the environmental benefits of urban green spaces, it has been proposed that these areas function as cold islands within the city, due to their thermal influence in lowering temperatures, compared to the urban environment immediately surrounding them. Through the use of satellite images and surface temperature emission calculations, three cases of green spaces in Santiago are discussed here, providing information on the thermal behavior their ability to become cold islands within the city Santiago.

Keywords: Cold islands, Surface Temperature Emission, Green space.

¹ Artículo recibido el 1 de octubre de 2014, aceptado el 20 de noviembre de 2014 y corregido el 5 de diciembre 2014.

² Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile (Chile). E-mail: sirodri1@uc.cl

El proceso de urbanización y expansión de la superficie urbana de las ciudades en Chile, ha significado la modificación y transformación del espacio urbano. Una de las modificaciones más evidentes se ejemplifica en el caso de la ciudad de Santiago, la que ha expandido su superficie urbana aproximadamente en 29.000 ha en el periodo 1975 a 2004 y en forma simultánea, el porcentaje de cobertura de uso vegetal ha disminuido de un 69,3% a un 38,5% en el mismo período de tiempo (Romero *et al.*, 2007). Tal proceso de pérdida y reemplazo de coberturas de suelos naturales y agrícolas por coberturas de suelos urbanos, ha generado diversos impactos negativos sobre el medio ambiente urbano y en los servicios ambientales preexistentes (Romero *et al.*, 2001; Pauleit *et al.*, 2003; Smith, 2007).

Al respecto, entre los efectos medio ambientales que ha provocado dicho proceso, Romero (2004) postula que es posible distinguir una perturbación severa en los flujos naturales de energía, materia y movimiento del área donde se encuentra inserta la ciudad, lo cual se ve reflejado en una creciente contaminación de las aguas, aire, suelo, degradación de los recursos naturales y por último, en una mayor vulnerabilidad ante fenómenos naturales (Romero, 2004). Sumado a esto, otro efecto medio ambiental generado corresponde a la pérdida de vegetación, lo cual se traduce en la disminución de las tasas de evaporación y evapotranspiración del aire al interior de la ciudad, respecto al entorno rural inmediato, lo cual ha repercutido en la disminución de las funciones de reciclaje y limpieza del aire, por lo que las ciudades se encuentran más susceptibles a poseer mayores niveles de contaminación (Romero, 2004).

El fenómeno de la Isla de Calor Urbana

El conjunto de los efectos medio ambientales mencionados anteriormente, ha configurado y provocado desequilibrios sobre el clima urbano presente al interior de la ciudad, dando lugar a la conformación de un clima urbano caracterizado por el aumento de la temperatura del aire en el espacio urbano en relación al entorno rural inmediato, lo que se denomina como la isla de calor urbana (Oke, 1987; Romero *et al.*, 2007).

Tal fenómeno, ha sido estudiado por diferentes autores tales como Oke (1987), Arnfield (2003), Voogt & Oke (2003), Voogt (2004). Al respecto, Oke (1987) plantea que el fenómeno de la isla de calor urbana se define como la diferencia de condiciones climáticas entre un observador situado en la ciudad frente a otro situado en su entorno rural y asimismo, este fenómeno corresponde a la elevación de la temperatura superficial de un área en relación a su entorno. Específicamente, dicho autor evaluó las diferencias de temperatura del aire generadas por la isla de calor urbana, evidenciando diferencias que fluctúan entre los 2°C y 8°C más elevadas para el medio urbano, y Tumini (2012), planteó que en algunos casos se pueden alcanzar diferencias de temperatura del aire hasta en 10°C.

Diversas investigaciones se han realizado en las últimas décadas, respecto del fenómeno de la isla de calor urbana en la ciudad de Santiago. En este sentido Molina (2007) demostró que durante el día la ciudad de Santiago se transforma en una verdadera isla de calor urbana, alcanzando en su centro temperaturas promedio de 4°C más elevadas que en su entorno rural inmediato. Asimismo, un estudio realizado por Romero y Molina (2007), da cuenta de la

variación en el comportamiento de las temperaturas del aire en la ciudad de Santiago. Durante la mañana de un día en estación estival, las temperaturas atmosféricas más elevadas (entre 28°C y 33°C) se localizan al exterior del límite urbano, específicamente en la zona norponiente, en las comunas de Quilicura, Colina, Pudahuel y Maipú. Por otro lado, en la zona sur de la ciudad, específicamente en las comunas de San Bernardo y Calera de Tango, se encuentran temperaturas menores (entre los 23°C y 26°C), las cuales se extienden y son transferidas al centro de la ciudad a través de un corredor formado por el Cono de Aproximación del Aeropuerto de Cerrillos. El resto de la ciudad presenta temperaturas moderadas, las cuales se encuentran entre los 25°C y 26° C (Romero y Molina, 2007).

A partir del mediodía, las temperaturas del centro en un primer momento igualan y luego superan a las temperaturas del entorno rural, lo que configura que la isla de calor urbana se localiza en el centro histórico y las áreas comerciales que lo rodean. Finalmente, durante la noche de estación estival, las temperaturas más elevadas se localizan preferentemente en el centro histórico de la ciudad, prolongando este fenómeno hacia el sur, en las comunas de San Miguel, La Cisterna y Pedro Aguirre Cerda; mientras que hacia el norte involucra las comunas de Independencia y Recoleta (Romero y Molina, 2007).

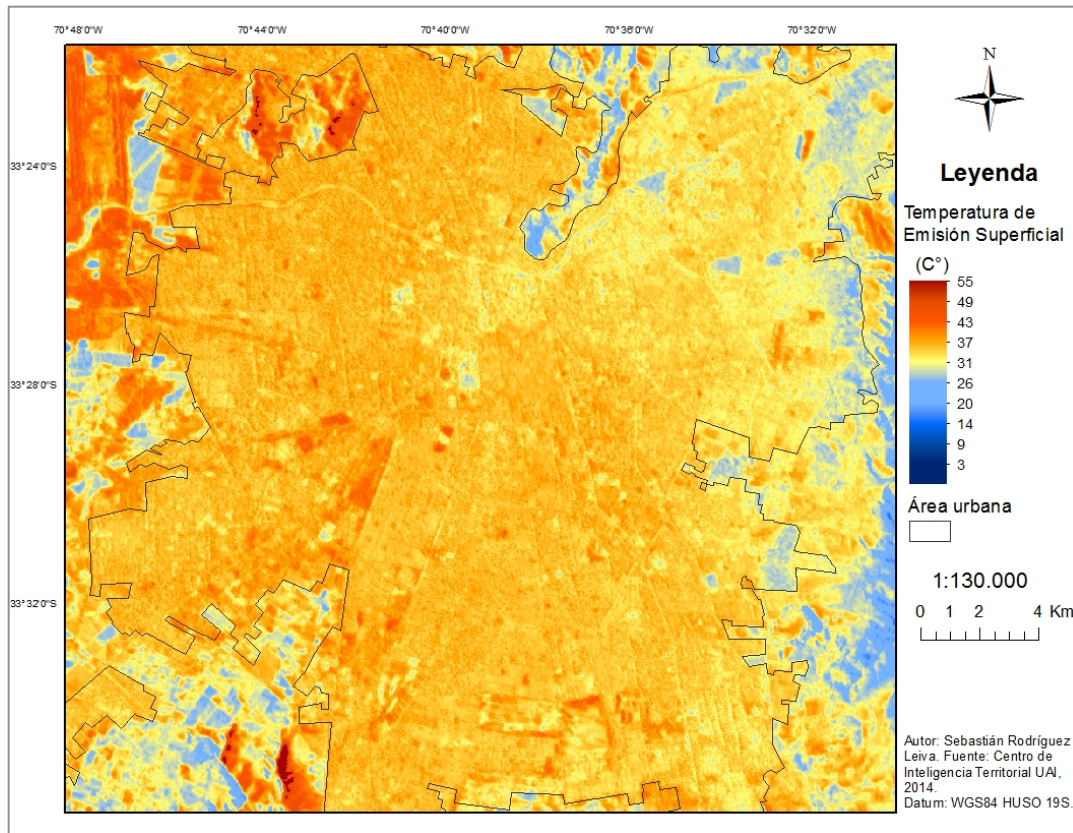
Caracterización de la temperatura de emisión superficial

Las imágenes satelitales poseen gran aceptación en los estudios climáticos urbanos (Cheval, 2007). Esto se debe, a los diferentes componentes o características que hacen posible el estudio, tales como: la buena resolución de sus sensores, el carácter global y periódico de la observación que realizan y por último, por su comercialización (Chuvienco, 2008). Es por ello, que en el presente trabajo se utilizó esta técnica para conocer la temperatura de emisión superficial de la ciudad de Santiago, para así conocer y constatar la existencia de diferencias en la temperatura presente en dicha área urbana.

De esta forma, se obtuvo una imagen satelital que muestra la temperatura de emisión superficial de la ciudad de Santiago, correspondiente a una imagen satelital *Landsat 8* de la ciudad de Santiago de Chile, obtenida de forma gratuita a través del Servicio de Geología de los Estados Unidos (USGS). La imagen fue tomada el día 9 de enero del año 2014, en el horario correspondiente a las 11:34 AM y cuenta con una resolución de 30 metros (USGS, 2014).

En cuanto al proceso de cálculo de la Temperatura de Emisión Superficial, este constó de tres fases correspondientes en primer lugar, a la conversión de los niveles digitales (DN) a radiancia, etapa en la cual se realizó calibraciones radiométricas de la imagen obtenida, en segundo lugar la realización del cálculo de la emisividad y de la temperatura de brillo de las diferentes coberturas presentes en el contexto de la imagen, en tercer y último lugar la realización del cálculo de la temperatura de emisión superficial (Treimun *et al.*, 2013). Como resultado final, se obtuvo la Figura N°1 que muestra la Temperatura de Emisión Superficial para la ciudad de Santiago.

Figura N° 1
Temperatura de Emisión Superficial de Santiago, enero de 2014.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N° 1, se constata que la temperatura de emisión superficial se comporta y manifiesta de manera diferente según la localización en la ciudad de Santiago. En este contexto, a modo general se visualizan menores temperaturas en aquellas zonas correspondientes a las áreas verdes presentes en la ciudad, como también en aquellas zonas fuera de los límites del área urbana, correspondientes principalmente a coberturas de suelo vegetal y natural. Por su parte, es posible visualizar altas temperaturas en los sectores norponiente y sur poniente de la imagen, correspondiente a zonas que se encuentran fuera de los límites del área urbana de la ciudad de Santiago.

Las áreas verdes urbanas como islas frías

Las áreas verdes urbanas debido al comportamiento físico y térmico que poseen, pueden influenciar el clima a diferentes escalas. Es así como el conjunto de árboles que configuran un área verde, pueden presentar un grado mayor de influencia sobre las condiciones climáticas de un lugar, reduciendo la temperatura del aire, controlando el *smog* generado al interior de las ciudades, alterando la velocidad del viento, sombreando superficies, entre otros beneficios. (Abkari & Konopacki, 2005).

Al respecto, diferentes autores han estudiado acerca de los beneficios ambientales que las áreas verdes urbanas poseen, entre los que se encuentran Heisler *et al.* (1995), quien plantea que estas son fundamentales para mitigar los efectos de las islas de calor urbanas, ya que estas se configuran como verdaderas islas frías, generando al interior de ellas el fenómeno denominado como brisas de parque durante la noche. Sumado a esto, se plantea que los árboles influyen las corrientes de viento, alterando su dirección y velocidad, más aún cuando los árboles poseen copas densas, las cuales generan un impacto significativo sobre el viento, el cual prácticamente desaparece dentro de ellas. En este mismo sentido, Abkari & Konopacki (2005) plantean que las áreas verdes insertas en el espacio urbano mejoran la calidad del ambiente urbano, ya que aminoran los efectos generados por las Islas de Calor Urbanas, retienen CO₂, reducen la contaminación del aire, entre otros efectos.

Específicamente, las áreas verdes urbanas poseen un comportamiento de gran importancia relacionado con la variación en la temperatura y humedad de aire. Al respecto, Heisler *et al.* (1995) plantea que la temperatura del aire puede disminuir y la humedad del aire aumentar en presencia de un área verde, debido principalmente al fenómeno de evapotranspiración generado al interior de estas, el cual corresponde al efecto generado cuando la radiación solar es absorbida por la cubierta arbórea, lo cual lleva a la evaporación y transpiración de agua en las hojas, traduciéndose en que esta evapotranspiración baja la temperatura de las hojas, de la vegetación y del aire en su conjunto. Otros factores que influyen, pero que son de menor contribución, corresponden al efecto de sombra proyectada sobre las diferentes coberturas de suelo y a la humedad presente en el suelo. En este mismo sentido, tales autores plantean que los árboles de forma individual hasta un bosque entero en el espacio urbano, pueden modificar el almacenamiento e intercambio de calor entre superficies urbanas.

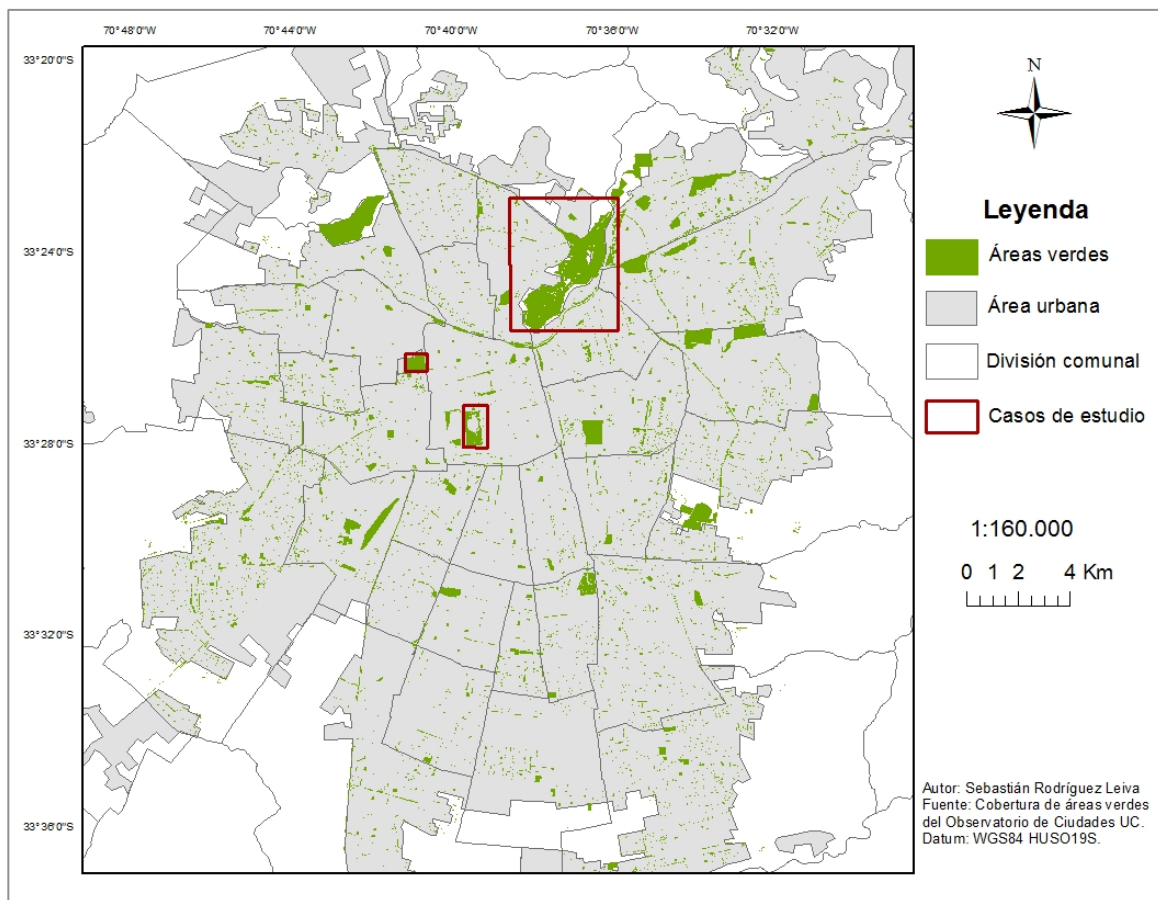
De esta forma, las áreas verdes urbanas debido a los múltiples beneficios descritos anteriormente, se constituyen como un elemento de gran importancia al momento de disminuir la temperatura del aire y la del entorno urbano que las rodea. Al respecto, diversos autores han monitoreado el enfriamiento provocado por las áreas verdes, entre los que se encuentran Abkari *et al.* (1992) quien plantea que la temperatura del aire puede disminuir hasta en 5°C, Withford *et al.* (2001) establecieron que la temperatura del aire presenta diferencias de hasta 7°C entre zonas con un 15% y un 50% de cobertura vegetal, Mascaró (1996) reportó variaciones de entre 3°C y 8°C para diferentes conformaciones y presencias de árboles. Saito (1990), midió la temperatura del aire al interior de un área verde en Japón, en donde encontró diferencias de hasta 3°C en relación con el exterior urbano y en este mismo sentido, Oliveira (2011) observó la diferencia de temperatura del aire al interior de un área verde en Lisboa, alcanzando diferencias de hasta 6,9°C menos que el exterior urbano.

En cuanto a la influencia térmica de disminuir la temperatura del aire en el entorno urbano de las áreas verdes, autores tales como Qiu *et al.* (2013) han monitoreado el enfriamiento térmico provocado, demostrando que aquellos alrededores que se encuentran a favor del viento desde el término del área verde, se encuentran más propensos a ser influenciados por los efectos de la misma. En este mismo sentido, Honjo & Takakura (1991) estudiaron que en áreas verdes con un tamaño de entre los 300 y 700 metros² de superficie, ubicadas en la ciudad de Tokyo en Japón,

podrían generar una influencia térmica hasta 200 metros desde el borde de dichas áreas verdes. Por último, autores tales como Abkari *et al.* (1992) y Fryd *et al.* (2011) evidenciaron que tal influencia desde la frontera límite del área verde, hasta una distancia de 200 metros, podría reducir la temperatura del aire hasta en 2°C, en relación a la temperatura del aire original presente para el lugar estudiado.

En este contexto, en el presente trabajo se da a conocer el panorama de la situación actual de las áreas verdes urbanas presentes en la ciudad de Santiago, tal como se muestra en la Figura N° 2.

Figura N° 2
Distribución de las áreas verdes urbanas en la ciudad de Santiago



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura N° 2, se constata que las áreas verdes urbanas presentes en la ciudad de Santiago, se encuentran localizadas preferentemente en el sector nororiente del área urbana. Asimismo, en este sector es posible visualizar que se encuentran las áreas verdes de mayor tamaño, en contraste con el sector sur poniente, en donde se encuentran áreas verdes de menor tamaño y cantidad.

Análisis de casos

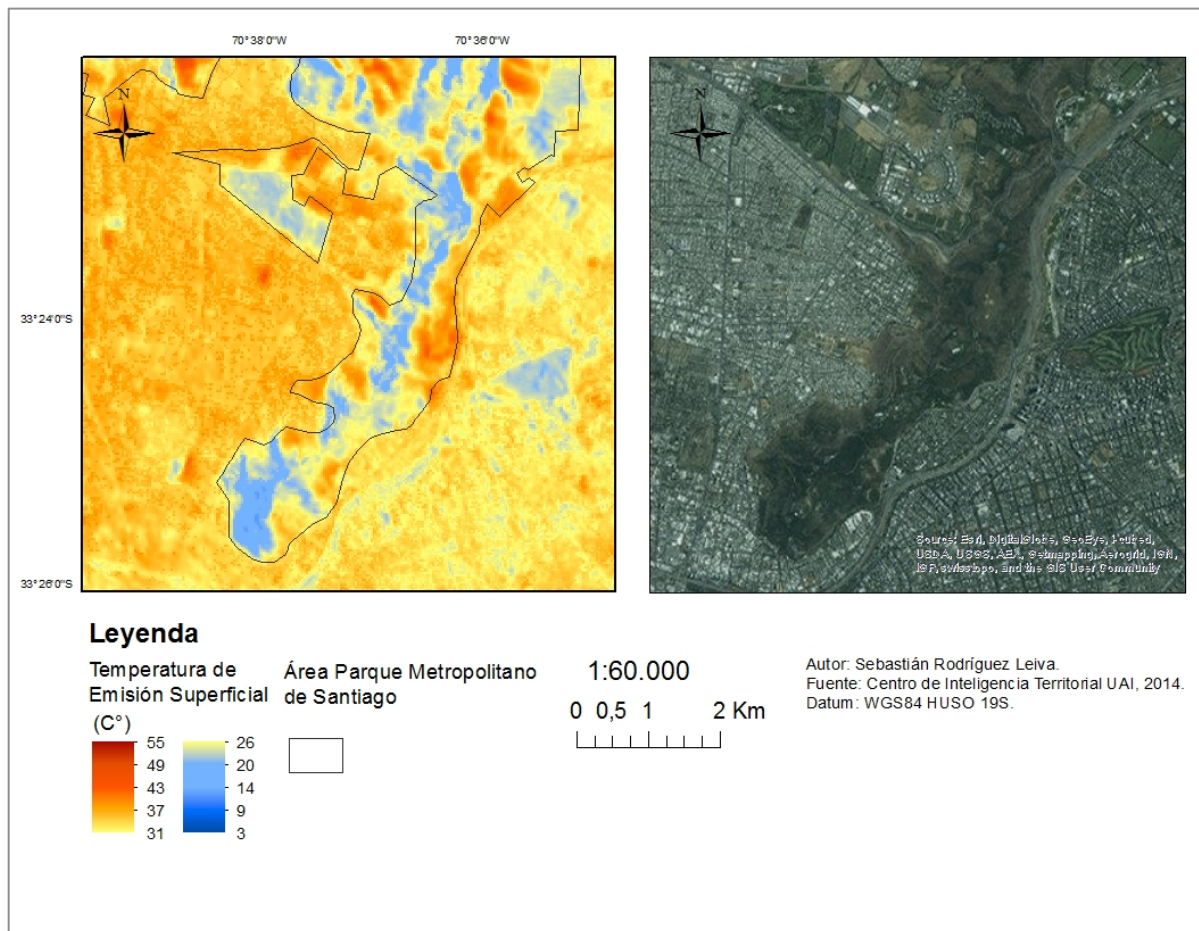
Una vez visualizada la temperatura de emisión superficial en la ciudad de Santiago, como también la distribución de las áreas verdes urbanas presentes en esta ciudad, se plantea llevar a cabo un análisis del comportamiento térmico de tres casos de estudio, en el período correspondiente a la estación estival, ya que es el periodo en el cual se registran las mayores temperaturas promedio al año. Estos casos de estudio, corresponden a los espacios en los que se encuentran: el Parque Metropolitano de Santiago, el Parque Quinta Normal y el Parque O'Higgins. Cabe decir, que los casos de análisis fueron seleccionados en base a que estos se configuran como extensas áreas verdes en el contexto de la ciudad de Santiago.

El Parque Metropolitano de Santiago

A modo de contexto, el Parque Metropolitano de Santiago se localiza espacialmente en cuatro comunas, correspondientes a Huechuraba, Recoleta, Providencia y Vitacura, y corresponde actualmente al área verde más grande de Santiago con aproximadamente 737 ha de extensión. En cuanto al comportamiento térmico que posee el Parque Metropolitano de Santiago (ver Figura N° 3), se constata que esta área verde efectivamente posee una temperatura de emisión superficial menor al contexto de su entorno urbano inmediato. Específicamente, se constata la existencia de una franja de bajas temperaturas que recorren a lo largo del área, en donde la temperatura de aire fluctúa entre los 19°C y los 24°C, dependiendo de la mayor o menor cobertura de individuos arbóreos presentes en el lugar. Sumado a esto, es posible constatar que el menor registro de temperatura corresponde a 18,6°C, el cual se encuentra en el sector sur del parque.

Asimismo, es posible constatar la existencia de un sector que posee altas temperaturas, el cual se localiza en la parte suroriente del parque, en donde las temperaturas fluctúan entre los 33°C y los 38°C, alcanzando un valor máximo de 43°C. Esto se debe, a la existencia de sectores del parque que no cuentan con una cobertura del suelo de césped y presencia de individuos arbóreos de gran tamaño, que permitan generar un proceso de enfriamiento del lugar. Sumado a esto, la presencia de una avenida de circulación de automóviles, compuesta por una cobertura del suelo de asfalto, podría representar un factor en el aumento de la temperatura de emisión superficial del sector.

Figura N° 3
Caso de estudio Parque Metropolitano de Santiago



Fuente: Elaboración propia

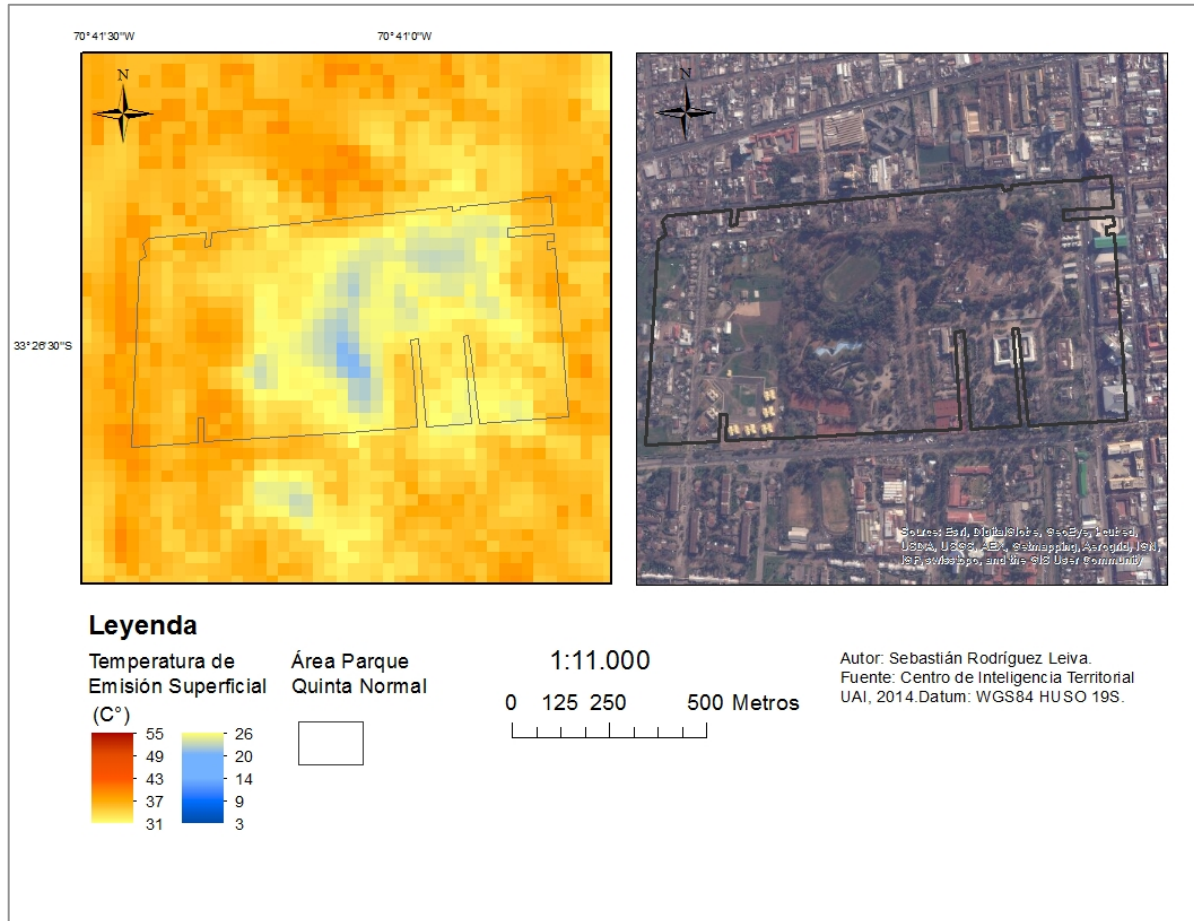
El Parque Quinta Normal

A modo de contexto, el Parque Quinta Normal se localiza en la comuna que lleva el mismo nombre y posee una superficie aproximada de 36 ha. Este parque fue fundado en el año 1842 y su importancia radica en que es el primer parque público del país, y que actualmente se configura como el parque urbano de mayor extensión e importancia del sector norponiente de la ciudad de Santiago (Codoceo, 2012).

En cuanto al comportamiento térmico que posee el Parque Quinta Normal (ver Figura N° 4), es posible constatar que el sector central de este parque, posee una temperatura de emisión superficial menor a los sectores laterales, registrando un valor mínimo de 26,7°C. Esto, se debe a que en este sector central se encuentran en mayor medida árboles, que ejercen una influencia en disminuir la temperatura en el parque. Asimismo, el sector ubicado a la izquierda del área verde presenta las temperaturas más altas, registrando valores que fluctúan entre los 34°C y

37°C, alcanzando un valor máximo de 38,5°C. Tal situación, se debe principalmente a la existencia de una menor cantidad de árboles, sumado a la presencia principalmente de cobertura de suelo de arena y edificaciones de menor tamaño.

Figura N° 4
Caso de estudio Parque Quinta Normal



Fuente: Elaboración propia.

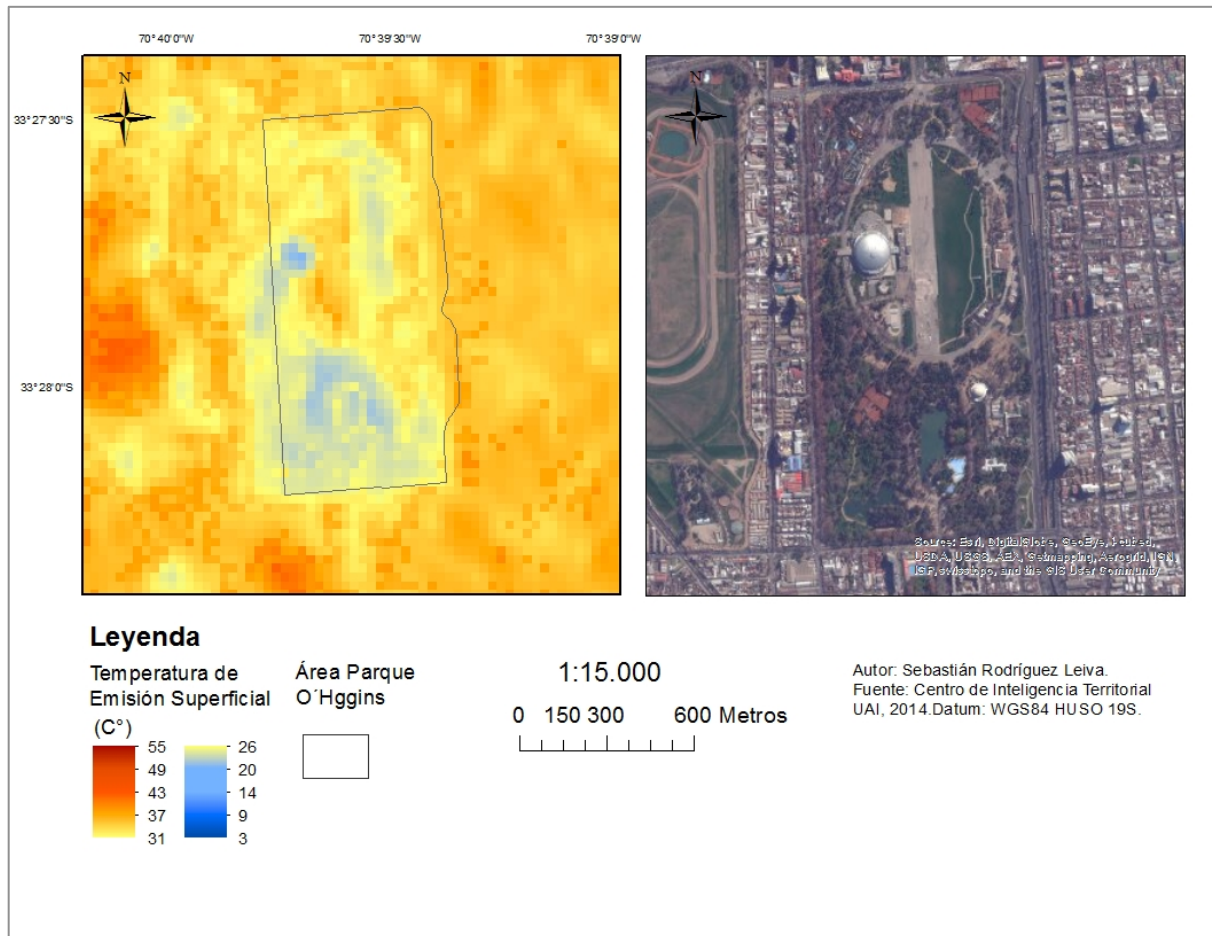
El Parque O'Higgins de Santiago

A modo de contexto, el Parque O'Higgins de Santiago se localiza en la comuna de Santiago, fue creado en el año 1873 y posee una superficie aproximada de 76,3 ha. Actualmente, esta área verde se configura como uno de los lugares más concurridos de la ciudad, como también uno de los que ofrece mayor diversidad de actividades en su interior, contemplando museos, un acuario, un restaurante, una laguna, un complejo deportivo y jardines (Codoceo, 2012).

En cuanto al comportamiento térmico que posee el Parque O'Higgins de Santiago (ver Figura N° 5), es posible constatar que existe una distribución heterogénea de la temperatura de emisión superficial al interior de esta área verde, siendo posible plantear que en el sector sur se

concentran las temperaturas más bajas, las que fluctúan entre los 27°C y los 28°C. Esto guarda estrecha relación con la existencia de árboles de gran tamaño y cercanos entre sí, generando que la temperatura disminuya en este sector. Asimismo, en el sector central izquierdo del área verde donde se encuentra la cúpula del parque, se concentran las temperaturas más bajas, registrando un valor mínimo de 26,7°C. Por último, en el sector central y norte del área se concentran temperaturas más altas que en el resto, las que llegan a alcanzar los 42°C. Esto se debe principalmente a la existencia de coberturas de suelo como asfalto y la menor presencia de árboles.

Figura N° 5: Caso de estudio Parque O´Higgins



Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Mediante los tres casos analizados en el presente trabajo, se pudo constatar que la temperatura de emisión superficial se comporta de manera diferente, dependiendo de la morfología de cada área verde analizada. Dicho comportamiento es evidenciado en la capacidad que poseen las áreas verdes urbanas para regular la temperatura, como también en la disposición de estas en base a la cantidad de árboles y en el grado de concentración que estos presenten. En este mismo sentido, parece ser que la altura de los árboles correspondería al factor de mayor relevancia en la disminución de la temperatura, sumado a la concentración y gran presencia de árboles, lo que en conjunto conformarían un proceso de evapotranspiración generado al interior del área verde, el que actuaría de forma más importante en cuanto a la influencia térmica de disminuir la temperatura en su interior.

Debido a que se constató que los factores de mayor relevancia en la disminución de la temperatura, correspondientes a árboles de gran tamaño, que estos se encuentren cercanos entre sí y que la cobertura del suelo este dada por la presencia de césped, se recomienda que la ejecución de políticas y programas públicos enfocados en la creación, implementación y mantención de los actuales y futuros proyectos de parques urbanos, sean diseñados con un alto porcentaje de cobertura de individuos arbóreos y césped, que estas especies arbóreas sean de una altura superior a los 15 metros en su adultez y que sean del tipo perenne, para que de esta forma, los parques urbanos se constituyan como una acción viable para generar una influencia térmica relevante en las áreas donde se propone su construcción.

Se evidenció que la capacidad de las áreas verdes urbanas en cuanto a la disminución de la temperatura y en específico, los tres casos analizados en el presente trabajo correspondientes al Parque Metropolitano de Santiago, al Parque Quinta Normal y al Parque O'Higgins, dan cuenta de la capacidad que estas poseen para transformarse en lo que se denomina como islas frías de temperatura al interior de la ciudad de Santiago.

Referencias bibliográficas

ABKARI, H.; DAVIS, S.; DORSANO, S.; HUANG, J. & WINNETT, S. *Cooling our communities: A guidebook on tree planting and light-colored surfacing*. Washington, DC: U.S.E.P.A., 1992.

ABKARI, H. & KONOPACKI, S. *Calculating energy – saving potentials of heat – island reduction strategies*. *Energy Policy*, 2005, Vol. 33, p. 721-756.

ARNFIELD, J. Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *International Journal of Climatology*, 2003, N° 23, p. 1 - 26.

CHEVAL, S. The July urban heat island of Bucharest as derived from MODIS images. *Theoretical and Applied Climatology*, 2007, N° 96, p. 391-401.

CHUVIECO, E. *Teledetección ambiental*. Barcelona: Editorial Ariel, 2008.

CODOCEO, X. *La Guía urbana de Santiago: Parque Quinta Normal*, 2012. Disponible en Internet: <http://www.plataformaurbana.cl/archive/2012/12/11/guia-urbana-de-santiago-parque-quinta-normal/>.

FRYD, O.; PAULEIT, S. & BUHLER, O. The role of urban green space and trees in relation to climate change. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 2011, Vol. 6, N° 53, p. 1-18.

HEISLER, GM.; GRANT, RH.; GRIMMOND, S. & SOUCH, C. Urban forests cooling our communities? In: KOLIN, C. & BARRATT, M. (editors). *Proc 7th National Urban Forest Conference*, 1995, p. 31-34.

HONJO, T. & TAKAKURA, T. Simulation of thermal effects of urban green areas on their surrounding areas. *Energy and Building*, 1991, Vol. 15, p. 443-446.

MASCARO, L. *Ambiencia urbana = Urbanenvironment*. Porto Alegre: Sagra-D.C. Luzzatto, 1996.

MOLINA, M. *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*. Santiago de Chile: Memoria para optar al Título de Geógrafo, Universidad de Chile, 2007.

OKE, T. *Boundary Layer Climates*. New York: Routledge, 1987.

OLIVEIRA, S.; ANDRADE, H. & VAZ, T. The cooling effect of green spaces as a contribute to the mitigation of urban heat: a case study in Lisbon. *Building and environment*, 2011, N° 46, p. 2186-2194.

PAULEIT, S.; GOLDING, Y. & HANDLEY, J. Methods and models to predict the environmental consequences of urban land use and land cover dynamics a study in Merseyside, UK. Paper presented at the *International Conference "Framing Land Use Dynamics"*, 2003.

QIU, G.; LI H.; ZHANG, Q.; CHEN, W.; LIANG, X. & XIANG. Effects of evapotranspiration on mitigation of urban temperature by vegetation and urban agriculture. *Journal of Integrative Agriculture*, 2013, Vol. 12, p. 1307-1315.

ROMERO, H.; TOLEDO, X.; ÓRDENES, F. & VÁSQUEZ, A. Ecología urbana y gestión ambiental sustentable de las ciudades intermedias chilenas. *Ambiente y Desarrollo*, 2001, Vol XVII, N°4, p. 45-51.

ROMERO, H. Crecimiento Espacial de Santiago entre 1989 y 2003 y la Pérdida de Servicios Ambientales. Tupper, P. (editor). *Hacer Ciudad*. Santiago de Chile: Centro Chileno de Urbanismo, 2004, p. 179-201.

ROMERO, H. & MOLINA, M. Relación espacial entre tipos de usos y coberturas de suelos e islas de calor en Santiago de Chile. *Anales de la Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas*, 2007.

ROMERO, H.; MOLINA, M.; MOSCOSO, C.; SARRICOLEA, P.; SMITH, P. & VÁSQUEZ, A. Caracterización de los cambios de usos y coberturas de suelo causados por la expansión urbana de Santiago, análisis de sus factores explicativos e inferencias ambientales. En: DE MATTOS, C. e HIDALGO, R. (editores). *Movilidad espacial y reconfiguración Metropolitana*. Santiago de Chile: Colección EURE Libros, Serie GEOlibros N° 8, Pontificia Universidad Católica de Chile, 2007, p. 251-269.

SAITO, I. Study of the effect of Green areas on the thermal environment in an urban area. *Energy and Building*, 1990, N° 15-16, p. 493-8.

SMITH, P. *Evolución Espacial y Temporal de la calidad ambiental del paisaje de los Humedales de Concepción entre 1975 y 2004: Efectos ambientales provocados por la urbanización*. Santiago de Chile: Memoria para optar al título de Geógrafo, Universidad de Chile, 2007.

TREIMUN, J.; HENRÍQUEZ, C. & QUENSE, J. Adaptación multiespectral del algoritmo monocanal para la estimación de la temperatura superficial terrestre (TST) mediante el uso de imágenes satelitales ASTER y MODIS. En: *XXXI Congreso de la Asociación de Estudios Latinoamericanos LASA*, 2013.

TUMINI, I. *El microclima urbano en los espacios abiertos. Caso de estudio Madrid*. 2012. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid: Disponible en Internet: <http://www2.aq.upm.es/Departamentos/Urbanismo/institucional/tesis-leida/el-microclima-urbano-en-los-espacios-abiertos-estudio-de-casos-en-madrid/>

U.S. GEOLOGICAL SURVEY. *Maps, Imagery, and Publications*, 2014. Disponible en Internet: <http://www.usgs.gov/pubprod/>.

VOOGT, J. & OKE, T. Thermal Remote Sensing of Urban Climates. *Remote Sensing of Environment*, 2003, N° 86, p. 370 - 384.

VOOGT, J. *Urban Heat Islands: Hotter Cities*. Washington D.C.: American Institute of Biological Sciences, 2004, p. 7.

WITHFORD, W. & HANDLEY, J. City form and natural process: Indicators for the ecological performance of urban areas their application to Merseyside, UK. *Landscape and Urban Planning*, 2001, N° 57, p. 91-103.