

CAMBIOS CLIMÁTICOS Y CLIMAS URBANOS: Relaciones entre zonas termales y condiciones socioeconómicas de la población de Santiago de Chile¹

Hugo Romero²
Marcela Salgado ³
Pamela Smith⁴

Resumen

Los climas urbanos son un componente principal de los cambios climáticos y diferentes de los climas de áreas rurales, lo que se manifiesta en la presencia de islas de calor, causadas por la urbanización, y en su vinculación con la composición socioeconómica de los barrios que componen la ciudad. En Chile, los climas urbanos forman parte de diversos mosaicos de paisajes que a su vez, representan profundas desigualdades sociales. Las comunas de Santiago registran zonas climáticas termales, que son producto de sus variados usos y coberturas de suelos, densidades y diseños de las viviendas y coberturas vegetales. Los climas urbanos son, por lo tanto, representaciones de procesos integrados entre la naturaleza y la sociedad. Las áreas más

CLIMATE CHANGE AND URBAN CLIMATE: Relations between thermal zones and the socioeconomic conditions of the population of Santiago de Chile¹

Hugo Romero²
Marcela Salgado ³
Pamela Smith⁴

Abstract

Urban climates are a principal component of climate change and differ from those in rural areas. The presence of heat islands is a demonstration of this kind of climate, which is caused by urbanization and is directly related with socioeconomic composition of the different people living in the different neighborhoods of the city. In the case of Chile, urban climates are a part of diverse landscape mosaics, which represent deeper social inequalities. The districts of Santiago present different thermal climatic zones that result from several land use and coverage, housing densities and designs, and vegetation covers. Therefore, urban climates are a representation of societal and natural integrated processes. The

cálidas se observan en áreas de construcciones de edificios sociales de alta densidad y carentes de vegetación, ubicados en municipios donde predominan los sectores de menores ingresos, mientras que las más frías lo hacen en barrios donde residen los grupos de mayores ingresos, caracterizados por el predominio de áreas verdes y bajas densidades residenciales. La planificación urbana a escala de barrio debería implementar estrategias y acciones explícitas de mitigación y adaptación de los espacios urbanos ante los procesos de cambio climático.

PALABRAS CLAVES: CAMBIO CLIMÁTICO, CLIMAS URBANOS, SANTIAGO.

Fecha de recepción: 02.03.2010.

Fecha de aceptación: 30.09.2010.

- 1 Proyectos Fondecyt 1080080: Sustentabilidad ambiental urbana, justicia socioambiental y escenarios de calidad de vida futura en la metrópolis de Santiago – Valparaíso y en la ciudad intermedia de Chillán y 1100657: “Evidencias del Cambio Climático en Centros Urbanos en Chile: Implicancias sobre los riesgos naturales y la capacidad adaptativa”.
- 2 Chile. Doctor en Geografía. Profesor Asociado. Laboratorio de Medio Ambiente y Territorio. Departamento de Geografía. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile. Correo Electrónico: hromero@uchilefau.cl
- 3 Chile. Socióloga Universidad de Concepción. Magister en Gestión y Planificación Ambiental. Ayudante Laboratorio de Medio Ambiente y Territorio. Departamento de Geografía. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile.
- 4 Chile. Geógrafa Universidad de Chile. Ayudante Laboratorio de Medio Ambiente y Territorio. Departamento de Geografía. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile.

warmest areas are found in neighborhoods with high-density social buildings lacking green areas that are located in those areas of the city where lower income population predominates. The coolest areas are located in those neighborhoods where the most affluent people live; these zones are characterized by the presence of green spaces and lower dwelling densities. Urban planning at neighborhood scale should implement explicit mitigation and adaptation measures to confront climate changes.

KEYWORDS: CLIMATE CHANGE, URBAN CLIMATES, SANTIAGO

Received: 02.03.2010.

Accepted: 30.09.2010.

- 1 Fondecyt Research Projects N° 1080080, “Urban Environmental Sustainability, Social-Environmental Justice and Scenarios of Future Quality of Life in Santiago, Valparaíso and Chillán”, and N° 1100657, “Evidences of Climate Change in Chilean Urban Centers: Implications for Natural Risks and Adaptation Capacity”.
- 2 Chilean, Ph.D. in Geography. Professor, Laboratory of Environment and Territory, Department of Geography, Faculty of Architecture and Urbanism, Universidad de Chile. Email: hromero@uchilefau.cl
- 3 Chilean, Sociologist, Universidad de Concepción. Master in Environmental Planning and Management. Assistant, Laboratory of Environment and Territory, Department of Geography, Faculty of Architecture and Urbanism, Universidad de Chile.
- 4 Chilean, Geographer, Universidad de Chile. Assistant, Laboratory of Environment and Territory, Department of Geography, Faculty of Architecture and Urbanism, Universidad de Chile.

Introducción

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. Sin embargo, cuando se consideran sus causas y consecuencias, se advierte de inmediato que las grandes variaciones de temperaturas, 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 ambiental⁵. El clima urbano resulta de transformaciones inadvertidas e intencionales introducidas sobre los climas regionales y locales⁶, que se relacionan directamente con la construcción social de espacios y lugares.

Dentro del modelo neoliberal que se ha aplicado ininterrumpidamente en Chile por más de 35 años, las características de los climas urbanos han sido evaluadas y *comodificadas*⁷, es decir, convertidas en bienes y servicios transables en el mercado, como ha sucedido con otros componentes del medio ambiente urbano, como el suelo, el agua y la biodiversidad⁸. Como una *comodity*, el clima urba-

no forma parte del precio final que alcanzan, por ejemplo, los proyectos inmobiliarios dependiendo de su localización en áreas más o menos favorables, especialmente cuando las ciudades son altamente contaminadas y la población muestra una mayor disposición a pagar por una mejor calidad del aire.

Escalarmente, los climas urbanos pertenecen a los llamados climas de niveles límites⁹ debido a que las características que adquiere la atmósfera sobre las ciudades, se relacionan directamente con los usos y coberturas de los suelos. Como la urbanización es uno de los fenómenos que dirige el cambio de los usos y coberturas de los suelos, genera variaciones en las condiciones climáticas de alcance local, destacando las islas de calor, humedad y ventilación¹⁰.

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 urbana. Dichos planes deberían, por ejemplo, proponer acciones explícitas para controlar el aumento de las temperaturas y combatir la reducción de la humedad atmosférica y

5 Castree *et al.*, 2009.

6 Oke, 1987.

7 Romero y Vásquez, 2005.

8 Romero, 2009; Prudham, 2009.

9 Oke, 1987, 2004.

10 Oke, 1987; Oke, 1995.

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. Como los usos y coberturas de los suelos al interior de las ciudades se relacionan, especialmente en Latinoamérica, con los procesos de segregación socioespacial de las poblaciones, existen importantes diferencias entre los climas urbanos de las áreas ocupadas por los diferentes grupos socioeconómicos. Los planes urbanos tendrían que indicar localizaciones de nuevas áreas residenciales, densidades, usos y coberturas de suelos, que consideraran específicamente el mejoramiento de las condiciones climáticas al interior de la ciudad y la reducción de las desigualdades socio-ambientales a escala local.

Por lo general, se carece de evaluaciones tanto en lo que respecta a los efectos causados por la urbanización sobre los climas a diversas escalas, como sobre los efectos del proceso de cambio climático global sobre el medio ambiente urbano. En efecto, el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, en su sigla en inglés) en su cuarto reporte del año 2007¹¹ resaltó la necesidad de lograr una transición en la estructura y funcionamiento de los ambientes construidos para mitigar simultáneamente el cambio de clima y adaptarse a los efectos

del calentamiento global. De esta forma, la mitigación y adaptación de los asentamientos humanos para resistir las condiciones extremas que resultarán del calentamiento climático, ha llegado a ser uno de los desafíos más formidables de nuestros tiempos¹².

El IPCC identifica un incremento de eventos extremos en Sudamérica, destacando en el caso de Chile Central, un aumento de los procesos de desertificación y degradación del suelo, modificando con ello el ciclo hidrológico y clima de la región¹³. El informe se refiere a otros factores estresantes derivados del cambio climático, como una mayor presión demográfica sobre áreas urbanas (debido a la inmigración de áreas rurales afectadas), pero, sin embargo, no lo hace respecto a lo que pueda suceder al interior de las ciudades.

Barros¹⁴ establece que el proceso de calentamiento no será geográficamente uniforme, razón por la cual se producirán cambios en los gradientes de temperatura y consiguientes alteraciones en la circulación de los vientos, la distribución de las precipitaciones y las corrientes marinas. Si bien hasta ahora el problema de las emisiones de gases invernadero se ha abordado desde una perspectiva global, es claro que las consecuencias serán sentidas a nivel

11 IPCC, 2007.

12 Pizarro, 2009.

13 Magrin, *et al.*, 2007.

14 Barros, 2006.

local¹⁵, siendo necesarias comparaciones espaciales a niveles urbano-rural e intra e interurbanos. Para realizar dichas comparaciones es fundamental disponer de datos e informaciones que den cuenta de las variaciones espaciales de los climas al interior de las ciudades, algo que no se obtiene a partir de las informaciones proporcionadas por estaciones meteorológicas convencionales, que por lo general se encuentran ubicadas en los aeropuertos (situados fuera de la ciudad) o bien lo hacen sobre paisajes estandarizados que justamente evitan el efecto de los factores urbanos locales. De allí que las investigaciones sobre climatología urbana empleen simultáneamente datos provenientes de estaciones fijas de mediciones instaladas en áreas representativas de ciertas tipologías de edificaciones y paisajes de la ciudad, y transectos móviles que la cruzan a lo largo y ancho, midiendo temperaturas, humedad y vientos en las áreas de cambio de usos y coberturas de los suelos, y, especialmente, utilizando los datos proporcionados por las imágenes satelitales termales, que son adquiridas para una grilla regular (o píxeles) en que se divide la superficie construida.

El cambio de los usos y coberturas de suelos causados por la urbanización, corresponde en términos

generales a la sustitución de áreas naturales y rurales, como vegetación nativa o cultivos, por usos urbanos, industriales y residenciales y además por suelos desnudos o “cafés”, productos de las construcciones y especulación de tierras¹⁶. Oke¹⁷ señala que la actividad del hombre en la ciudad se manifiesta de manera consciente en el espacio, lo que se define como morfología urbana, y de manera inadvertida, a través de los efectos que se derivan del espacio construido sobre la ecología de paisajes, hidrología y clima urbano. El cambio climático experimentado al interior de la ciudad puede provocar como principal consecuencia modificaciones importantes en las temperaturas máximas y mínimas y un cambio en el régimen de precipitaciones, lo que a su vez genera consecuencias sobre la salud pública, seguridad y aumentos de riesgos naturales¹⁸. La manifestación de episodios extremos es un aspecto clave del cambio climático¹⁹. No obstante, el impacto de estos extremos depende también del clima de línea de base del área estudiada²⁰.

En los últimos años se han sucedido eventos de extremo calor en Europa, fenómeno bautizado como “Olas de Calor”. Estos se caracterizan por presentar temperaturas sobre 4°C por encima de

15 Saavedra y Budd, 2009.

16 Pauleit and Duhme, 2000; Pauleit, et al., 2003; Whitford et al., 2001.

17 Oke, 1998.

18 Saavedra and Budd, 2009.

19 Schär, et al., 2004; Brabson and Palutikof, 2002; Meehl, et al., 2000; Katz and Brown, 1992.

20 Beniston and Stephenson, 2004.

las temperaturas máximas normales. La urbanización constituye un factor agravante adicional ya que preserva temperaturas de noche en niveles altos debido al almacenamiento de calor durante el día²¹. Founda y Giannakopoulos²² establecen que las temperaturas máximas registradas en la ciudad de Atenas son semejantes a las temperaturas proyectadas para ocurrir durante la última parte del siglo (2071–2100). Esto puede servir entonces de referente para establecer los posibles efectos que tendrá el calentamiento global en la ciudad, como por ejemplo una mayor vulnerabilidad ante incendios forestales, daños ecológicos de diversa índole ligados a la aparición de vectores y desaparición de flora y fauna nativa, y un incremento de enfermedades e incluso muertes humanas especialmente de la población más vulnerable.

Los estudios realizados en las metrópolis de Santiago y Valparaíso, y en ciudades medias como Chillán, Rancagua, Los Ángeles y Temuco²³, concluyen en que se han desarrollado islas y archipiélago de calor urbano asociados a los cambios de usos y coberturas de los suelos causados por el rápido, continuo y persistente proceso de urbanización. Cada uso urbano del suelo posee un comportamiento térmico distinto, razón por la cual

la ciudad se convierte en un sistema complejo de mosaicos de paisajes diferentes, 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 otros²⁴.

La temperatura del aire en las ciudades, respecto al entorno rural, puede elevarse en 2 a 8°C²⁵. 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 las horas previas a la madrugada. Generalmente durante las primeras horas del día la intensidad del calor urbano es bastante débil, y a veces negativa (*una isla fría o áreas de hundimiento de calor*) en algunas partes de la ciudad, como consecuencia de que los edificios altos proveen de sombras extensas, así como debido a los materiales de construcción²⁶. Según Roth *et al*²⁷ y Voogt *et al*²⁸ la formación de islas de calor es favorecida por materiales de construcción relativamente densos, que son lentos en calentarse y enfriarse, y almacenan una cantidad importante de energía, así como por el reemplazo de las su-

21 Matzarakis and Mayer, 1991.

22 Founda; Giannakopoulos, 2009.

23 Henríquez, et al., 2002; Romero, et al., 1996; Romero, et al., 2001.

24 Eliasson, 1999; Honjo, et al., 2003; Rohinton, 1999.

25 Oke, 1987.

26 Peña, 2008; Voogt y Oke, 2003.

27 Roth et al, 1989.

28 Voogt et al, 2003.

perfiles naturales por superficies impermeables, donde hay menos agua disponible para la evaporación, la cual contrarresta el calentamiento del aire. Por último, las superficies oscuras, tales como las carreteras de asfalto, absorben más radiación solar y adquieren temperaturas mucho más altas que las superficies de color claro.

Honjo *et al*²⁹ señalan que la presencia de superficies vegetadas es decisiva para la mitigación de las islas de calor urbanas, ya que parques y jardines se comportan como “islas de frescor” y generan un fenómeno llamado “brisa de parque” durante la noche, contribuyendo a enfriar los espacios construidos. Rohinton³⁰, sin desconocer la importancia de lo anterior, indica que el factor más significativo en el comportamiento del clima urbano lo constituye el color de las construcciones.

Wihtford *et al*³¹ establecen una diferencia de hasta 7°C en la temperatura de emisión superficial, entre zonas con 15% y 50% de área verde. Por otro lado, Kardinal Jusuf *et al*³² compararon para Singapur los usos y coberturas de suelo con temperaturas de emisión superficial para el mediodía y temperaturas atmosféricas para la noche. Para el análisis de mediodía obtuvo como tendencia promedio una diferencia de 4.21°C entre las estructuras urbanas

y las áreas vegetadas, y en cuanto a las diferencias entre los usos dentro de la ciudad, la temperatura más alta se observó en la zona industrial (39.69°C) y la más baja en los parques urbanos (34.29°C).

Desde hace tres décadas, Santiago ha experimentado un explosivo crecimiento de los usos de suelo urbanos, que ha significado duplicar su superficie, pasando de 43.000 Há. construidas en 1975 a más de 65.000 el año 2005³³. La mayor parte de los suelos de la cuenca del Maipo-Mapocho, ha sido ocupada por urbanizaciones de alta y baja densidad y por instalaciones industriales. Las urbanizaciones de baja densidad han sustituido principalmente paisajes naturales cubiertos con vegetación densa y dispersa, localizados en la sección oriental de la cuenca. Por el contrario, las áreas residenciales de alta densidad han ocupado principalmente tierras previamente agrícolas, ubicadas de preferencia en el sector poniente.

Las ciudades chilenas, al igual que otras ciudades latinoamericanas, presentan como rasgo distintivo, profundos desniveles socioeconómicos y segregación social entre sus habitantes, lo que se expresa también en condiciones ambientales diferentes y consecuentemente, en diversas características climáticas. Las temperaturas urbanas más altas en

29 Honjo et al, 2003.

30 Rohinton, 1999.

31 Wihtford et a, 2001.

32 Kardinal Jusuf et al, 2007.

33 Romero et al., 2006.

el suelo y la atmósfera durante las mañanas, son registradas en las comunas del NW de Santiago (Quilicura, Colina, Pudahuel y Maipú), mientras en la zona SW, las comunas de San Bernardo y Calera de Tango; comunas todas donde residen grupos vulnerables socioeconómicamente, mantienen temperaturas menores que son transferidas al centro de la ciudad a través de un corredor formado por el cono de aproximación del Aeropuerto de Cerillos. El resto de la ciudad y particularmente el centro histórico permanecen más fríos durante las mañanas, permitiendo, por comparación con los bordes del poniente, el desarrollo de islas de calor no urbanas. Sin embargo, la situación comienza a cambiar al mediodía, cuando las temperaturas del centro igualan primero, y luego superan, a las rurales. Las islas de calor se ubican desde esta hora cerca del centro histórico y las áreas comerciales que lo rodean. Finalmente, la forma típica de la isla de calor urbana se localiza sobre el centro histórico y puede ser registrada en las noches de verano e invierno³⁴.

La población de altos ingresos reside mayoritariamente en comunas localizadas al oriente y nor oriente de la ciudad, que poseen temperaturas urbanas menores, debido a que sus sectores residenciales son de densidad más baja y disponen de numerosas áreas verdes en sus alrededores. La cla-

se alta (ABC1) es el único grupo social que puede obtener temperaturas más bajas durante las noches de verano como producto de las amenidades urbanas de sus exclusivos y segregados vecindarios. Las otras clases sociales (C2 y C3) registran temperaturas intermedias y no muestran grandes variaciones en el año³⁵.

Un incremento de las temperaturas urbanas, asociado a valores más elevados de carácter global y a islas de calor más extensas, persistentes o de mayor magnitud, debería acentuar las diferencias entre los diversos sectores sociales de la ciudad, consolidando una auténtica serie de injusticias ambientales, es decir, sobrecarga de efectos negativos sobre los sectores sociales más desfavorecidos y vulnerables. La experiencia internacional, aporta antecedentes en esta línea, demostrando que las mayores tasas de mortalidad y morbilidad asociadas al calor extremo afectan de forma desproporcionadamente alta a los grupos pobres, minorías o ancianos, quienes a su vez cuentan con menores recursos para hacer frente o adaptarse a tal amenaza. Sumada a la alta mortalidad, se encuentran también una serie de enfermedades asociadas al aumento de la temperatura en las ciudades, entre ellas: insolación, agotamiento y problemas cardiovasculares y respiratorios³⁶, efectos adversos cuyos impactos se vuelven aun más negativos si se con-

34 Sarricolea y Romero, 2008; Molina *et al.* 2007.

35 *Ibidem.*

36 Harlan *et al.*, 2006.

sidera que los principales afectados son los grupos de población que presentan menores posibilidades de acceso a servicios de salud de calidad.

Es posible sostener entonces, que las *amenazas* ambientales, tales como los cambios climáticos urbanos, son proporcionales a la vulnerabilidad de las comunidades y sus territorios³⁷, entendida como la propensión interna a sufrir daño ante la presencia de determinada fuerza o energía potencialmente destructiva³⁸.

Desde 1990, no obstante, se ha estado produciendo un creciente proceso de gentrificación y como consecuencia de ello, las grandes diferencias socioambientales que existen entre las comunas de la ciudad de Santiago se complementan con marcadas variaciones observadas al interior de las comunas, lo que complica enormemente los mosaicos paisajísticos y consecuentemente las zonas climáticas y sus relaciones ambientales. Como la densidad de las edificaciones, el tamaño de los terrenos y las características de las construcciones dependen de los niveles socioeconómicos de la población, sería posible otorgar un alto significado social a las “zonas climáticas termales”³⁹, que dividen los terrenos urbanizados en regiones discretas y homogéneas que corresponden a un sistema de clasificación de paisajes basados en rasgos que

influyen la formación de islas de calor urbano tales como geometría superficial, exposición o cubierta de los suelos⁴⁰.

Metodología

La investigación presentada en este artículo se llevó a cabo en las comunas de Santiago Centro, Cerrillos y Peñalolén (ver figura 1), escogidas porque poseen características particulares en su localización y en sus configuraciones espaciales, dinámicas urbanas y condiciones socioeconómicas de la población. La primera se caracteriza por concentrar la actividad comercial y financiera de la ciudad así como incluir instituciones públicas, por lo que sus funciones residenciales se ven reducidas. Por el contrario, la comuna de Peñalolén corresponde a un área netamente residencial, donde se observan fuertes contrastes respecto a los tipos de viviendas y ocupación del espacio. Finalmente, la comuna de Cerrillos, además de un uso residencial, localiza gran cantidad de instalaciones y galpones industriales.

La comuna de Peñalolén se localiza en los faldeos de la pre-cordillera de los Andes, en el extremo oriente de la ciudad de Santiago. Es una de las diez comunas de mayor extensión territorial, con una

37 Cardona, 2001; Vargas, 2002.

38 Vargas, 2002.

39 Stewart and Oke, 2009.

40 Stewart and Oke, 2009.



FIGURA 1. Área de Estudio. Comunas de Cerrillos, Santiago Centro y Peñalolén. Fuente: Elaboración Propia.

superficie de 54,9 Km². Actualmente se caracteriza por ser uno de los sectores con más acelerado crecimiento demográfico. Si bien, desde sus orígenes, ha sido considerada una de las comunas más pobres de la región, en los últimos años ha sido objeto de un acelerado proceso de gentrificación y una fuerte inversión inmobiliaria en viviendas para sectores medios y medios altos, indicio de un proceso de cambio en su estructura socioeconómica hacia una más heterogénea y diversa.

Por su parte, el sector donde se localiza la comuna de Cerrillos era originalmente agrícola, comenzando posteriormente un paulatino proceso de industrialización. Luego, en la década de 1970, se produjo un proceso de urbanización que trajo consigo la actual dicotomía entre asentamientos industriales y poblacionales. El aeropuerto de Cerrillos, localizado en dicha comuna por décadas y destruido recientemente, constituye un hito urbano importante para la ciudad.

La Comuna de Santiago, se caracteriza por el rol central que cumple en el abastecimiento de diversos servicios, comercio, equipamientos, etc., funciones urbanas especializadas que definen la diversidad de sus barrios. En los últimos años, ha experimentado un proceso de renovación urbana subsidiado por el Estado, con el fin de detener la emigración demográfica y revertir los grados de

deterioro, construyéndose espacios residenciales destinados a grupos de ingresos medios y medios-altos que trabajan y/o estudian en la comuna.

En las comunas seleccionadas se realizó, en primer lugar, una identificación de Zonas Climáticas Termales, considerando variables ambientales como cobertura vegetal y temperatura de emisión superficial, y composición socioeconómica de la población.




Las zonas climáticas termales (tabla 1) corresponden a una adaptación de las definidas por Stewart y Oke⁴¹, y se obtuvieron mediante fotointerpretación realizada sobre imágenes QuickBird escala 1:5000 de los años 2008 y 2009, proporcionadas por el software Google Earth, cuya resolución espacial es de 2.44 metros en las bandas multiespectrales (azul, verde, rojo e infrarrojo cercano). Stewart y Oke⁴² clasifican el paisaje en cuatro tipos (urbano, natural, mixto y agrícola), para después subdividirlo en categorías, alcanzando un total de veinte clases. Los criterios para la definición de las categorías incluyen superficie urbana (superficie total impermeabilizada), estructura urbana (factor de visibilidad del cielo, clasificación de rugosidad de Davenport) y temperatura de emisión.


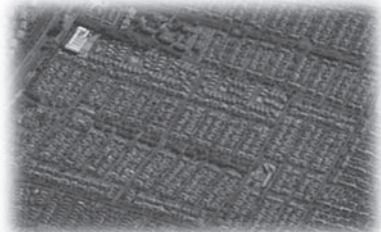


Las variables ambientales analizadas corresponden a Coberturas Vegetales y Temperaturas de

41 Stewart; Oke, 2009.



42 Stewart; Oke, 2009.

TABLA 1. TIPOLOGÍA ZONAS CLIMÁTICAS URBANAS

Tipología Stewart & Oke (2009)	Adaptación	Características	
Compact Lowrise	Urbanización Alta Densidad	Áreas continuas de viviendas, con escasos o nulos espacios entre cada estructura, entre 60 y 80% de superficie impermeabilizada.	
	Urbanización Media Densidad	Viviendas de disposición irregular entre 40% y 60% de superficie impermeable.	
Open Set Lowrise	Urbanización Baja Densidad	Áreas con un porcentaje de impermeabilización que oscila entre 20 y 40%.	

Open Set Midrise – Blocks	Bloques de Viviendas	Edificación de altura baja a media (entre 3 y 7 pisos), con superficies impermeables que oscilan entre 25% y 50%.	
Regular Housing	Viviendas Uniformes o Regulares	Viviendas de disposición regular entre 40% y 60% de superficie impermeable. Asociada a condominios cerrados.	
Lightweight Lowrise	Campamentos	Construcciones de material ligero, asociadas a tomas de terreno.	
Extensive Lowrise	Industrias y Galpones	Grandes construcciones en superficies sin vegetación que ocupan la mayor parte del área (Fábricas, Galpones, Multitiendas y Grandes Supermercados).	

Open Ground	Espacios Abiertos	Superficies con bajo porcentaje construido. Parques urbanos, universidades, colegios.	
Bare Ground	Urbano en desuso	Sitios eriazos y suelos desnudos, sin presencia de vegetación.	
Modern Core	Centro Nuevo	Espacios de alta densidad de construcción con edificios en altura (sobre 8 pisos), asociados a procesos de renovación urbana.	
Old Core	Centro Antiguo	Espacios de alta densidad de construcción con edificios de mediana altura (4 a 7 pisos).	

	Mixto (Centro antiguo y nuevo)	Coexisten espacios de alta densidad con construcciones de baja (1 a 3 pisos), media y gran altura.	
Sparcely Developed	Asentamiento Disperso	Áreas residenciales Suburbanas, grandes predios con muy bajas tasas de construcción y alto porcentaje de cobertura vegetal (sobre 75%).	

Fuente: Elaboración propia.

Emisión Superficial, obtenidas a partir del procesamiento digital de la imagen satelital ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) de fecha 2 de diciembre del año 2008, captada a las 14:51 hrs. Los procesamientos digitales de las imágenes fueron desarrollados en los sistemas de información geográfica Envi 4.5 e Idrisi Andes, que permiten el manejo de información en formato *raster*, conformado por píxeles o cuadrículas.

Las coberturas vegetales fueron obtenidas mediante una Clasificación Supervisada de sus firmas espectrales a escala de subpíxeles, empleando el

programa Idrisi Andes. Este tipo de clasificación consiste en la selección de sitios de entrenamiento (*verdad de terreno*), cuyos usos o coberturas de suelo sean los más claros y singulares posibles y reconocidos en visitas a terreno, fotografías aéreas o experiencia del investigador. Las clases de cobertura vegetal corresponden a: 0 – 25%; 25 – 50%; 50 – 75% y 75 – 100%.

Las temperaturas de emisión superficial provienen del empleo del módulo EMISSIVITY NORMALIZATION del SIG Envi 4.5, que contiene los algoritmos del Método de la Emisividad Normalizada (NEM) elaborado por Gillespie en el año 1985.

Este método estima la temperatura de la superficie terrestre asumiendo un determinado valor de emisividad para cada píxel, en todas las bandas térmicas de la imagen ASTER. La temperatura máxima estimada de la radiancia es considerada como la temperatura de emisión superficial.

Respecto a las informaciones socioeconómicas, en Chile el conocimiento del ingreso real de los individuos y hogares es materia de secreto estadístico. Dada esta limitación, para determinar la composición socioeconómica del área de estudio, se utilizó la clasificación propuesta por Adimark⁴³, que considera una estimación a escala de hogares, considerando simultáneamente el *nivel de educación del jefe de hogar* (sin estudios, básica incompleta, básica completa, media incompleta, media completa, técnico incompleta, universitaria incompleta o técnico completa, universitaria completa o más) y la *tenencia de un conjunto de bienes* (ducha, TV, Color, refrigerador, lavadora, calentador de agua, horno microondas, automóvil, TV por cable o satelital, Computador Personal e Internet). De acuerdo al modelo, estas variables se relacionan con el nivel cultural y con el stock de riquezas acumulado por un grupo familiar, correspondiendo al concepto tradicional de nivel socioeconómico. La información utilizada es obtenida del Censo de Población

y Vivienda del año 2002 y ha sido procesada a través del sistema computacional REDATAM + G4. La unidad de análisis corresponde a las manzanas censales (unidad menor de la división político-administrativa, formadas por una cuadra por lado). Destinada a estudios de mercado, esta clasificación ha comenzado a ser considerada en evaluaciones de segregación socioeconómica⁴⁴ y en investigaciones que la relacionan con características ambientales, incluyendo informaciones climáticas⁴⁵.

Resultados

La distribución de la temperatura de emisión superficial al interior de las tres comunas estudiadas indica que predominan los valores elevados (entre 37,9 y 40,8°C), debido a que se trata de las horas de mayor calor registradas en el corazón de la estación de verano. Las altas temperaturas se concentran en Santiago Centro y son algo menores en Cerrillos y Peñalolén (gráfico 1a). Áreas urbanas que registren temperaturas en el suelo por debajo de 32°C son escasas. También son excepcionales las temperaturas superiores a 40,8°C, que sólo son significativas en la comuna de Cerrillos.

El porcentaje de cobertura vegetal (gráfico 1b) tiene un comportamiento distinto entre las comunas

43 Adimark, 2004.

44 Sabatini *et al.*, 2007 y Sierralta, 2008.

45 De la Maza *et al.*, 2002; Escobedo *et al.*, 2006; Molina *et al.*, 2007; Vásquez y Salgado, 2009; Vásquez, 2008 y Salgado, 2010.

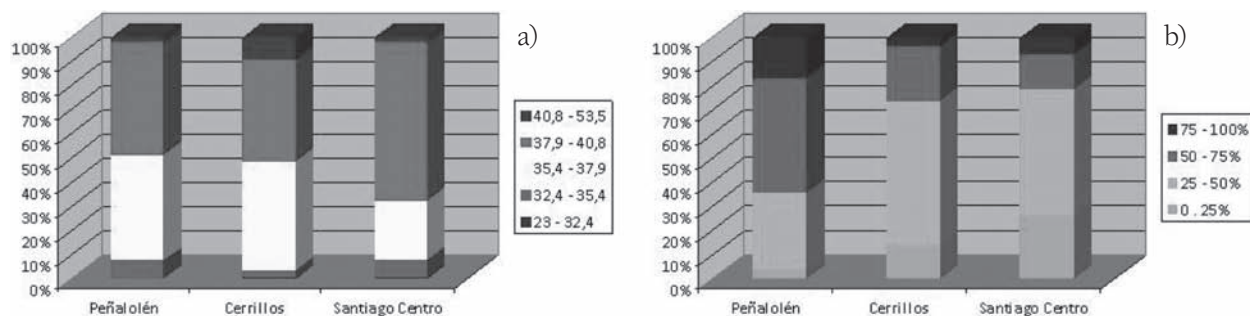


GRÁFICO 1. Temperatura de emisión superficial (a) y cobertura vegetal (b) en Peñalolén, Cerrillos y Santiago Centro. Fuente: Elaboración propia.

seleccionadas. Peñalolén registra un predominio de áreas con sobre 50% de cobertura vegetal y aproximadamente un 10% con porcentajes mayores al 75%. Las comunas de Cerrillos y Santiago Centro, muestran una distribución parecida entre ellas, predominando las áreas con coberturas entre 25 y 50%, alcanzando una mayor frecuencia los porcentajes menores a 25%, en especial en esta última.

Respecto a la distribución de los usos y coberturas de suelos, la figura 2a muestra, en primer lugar, las grandes diferencias entre las comunas analizadas. La comuna de Cerrillos posee una importante superficie ocupada aún por una pista de aeropuerto y por industrias y galpones; en Santiago Centro dominan los barrios con edificios antiguos y nuevos, donde se ubican actividades financieras, comercia-

les y departamentos residenciales. En la comuna de Peñalolén, se observa una alta diversidad de usos y coberturas de los suelos, pero predominan las tipologías asociadas a uso residencial de diversas densidades y aún se aprecian remanentes de usos agrícolas (especialmente viñas) que caracterizaban el paisaje precordillerano hasta hace pocas décadas.

La temperatura de emisión (Figura 2b) también permite identificar diferencias entre las comunas seleccionadas. En Peñalolén se reconoce un archipiélago térmico compuesto predominantemente por islas e islotes comparativamente menos cálidos. Se puede afirmar que se trata de una matriz urbana fresca, interrumpida por islas de calor urbano. En Santiago Centro, por el contrario, predomina una matriz urbana que genera islas de calor,

interrumpida nítidamente por la presencia de parques, que se constituyen en fuentes exclusivas de aire más frío. Finalmente, en la comuna de Cerrillos existe una división clara entre su sector oriente, más cálido, y el poniente más frío. Ello se debe a una matriz urbana diferente, donde el primer sector está conformado por la pista de aterrizaje de un aeropuerto actualmente abandonado, que registra temperaturas sobre 40°C, así como por construcciones industriales que generan igualmente importantes acumulaciones de calor. En el sector poniente, en cambio, la mezcla de usos urbanos residenciales registra temperaturas más frescas.

La distribución espacial de las temperaturas superficiales se explica en gran medida por la distribución de las coberturas vegetales (Figura 2c). Nuevamente, en Peñalolén predominan las altas coberturas, excepción hecha del sector norte y una sección del sur. En Santiago Centro, la vegetación se observa sólo en el Parque O'Higgins y en pequeños paños entre las edificaciones. En Cerrillos, se advierte también en el caso de las temperaturas, una gran diferencia entre los sectores oriente y poniente.

La contrastada distribución espacial de la vegetación intraurbana es consistente con la densidad de ocupación de cada una de las zonas termales (gráfico 2). En los extremos, en las áreas ocupadas por bloques de edificios, asociados principalmente a viviendas sociales y zonas residenciales de alta

densidad, predominan las coberturas vegetales menores de 50%. Por el contrario, las viviendas dispersas en áreas rurales, que en el caso chileno se denominan "parcelas de agrado", poseen casi el 40% de su superficie con rangos de cubiertas de vegetación que varían entre 75 y 100%.

Existen algunas diferencias entre las distintas tipologías de zonas termales y el porcentaje de vegetación según la comuna de la cual se trate, encontrándose mayores superficies vegetadas y viviendas de menor densidad en la comuna de Peñalolén. En Santiago Centro no existe la tipología de viviendas de alta densidad, ya que por sus características funcionales, está especialmente ocupada por edificios de altura que conforman el llamado Centro Viejo cuando se trata de un predominio de construcciones antiguas espacialmente localizadas en el espacio fundacional de la ciudad, o Centro Nuevo, cuando construcciones de edificios modernos han ampliado las funciones centrales hacia espacios adicionales. La coexistencia de ambos se ha denominado Centro Mixto. Todas estas zonas termales poseen muy poca presencia de vegetación, con porcentajes de coberturas inferiores al 25%.

La tipología de campamentos (que corresponde a viviendas de ocupación ilegal, de construcción precaria y donde habitan grupos de bajos ingresos), presenta cubiertas vegetales similares a las viviendas regulares presentes en la comuna de Pe-

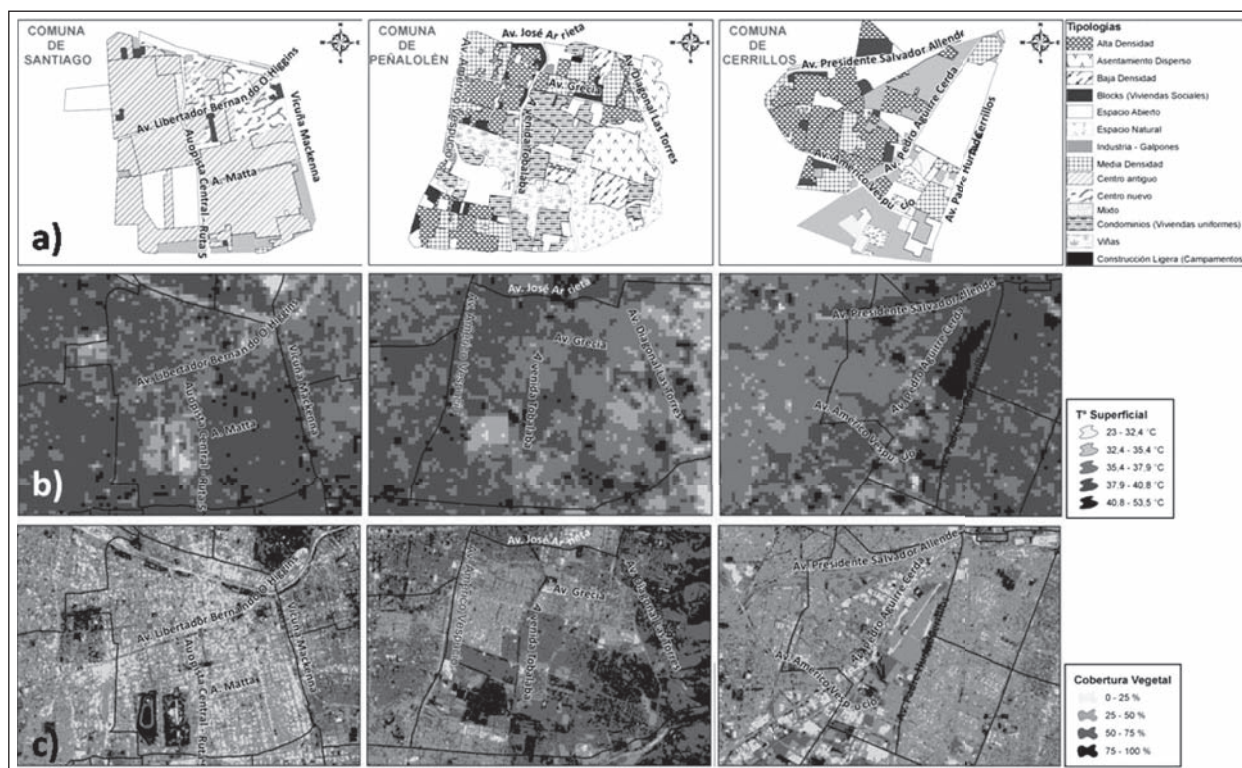


FIGURA 2. Zonas Climáticas(a), Distribución de Temperatura de Emisión Superficial (b) y Cobertura Vegetal (c) en las comunas de Santiago, Peñalolén y Cerrillos. Fuente: Elaboración propia.

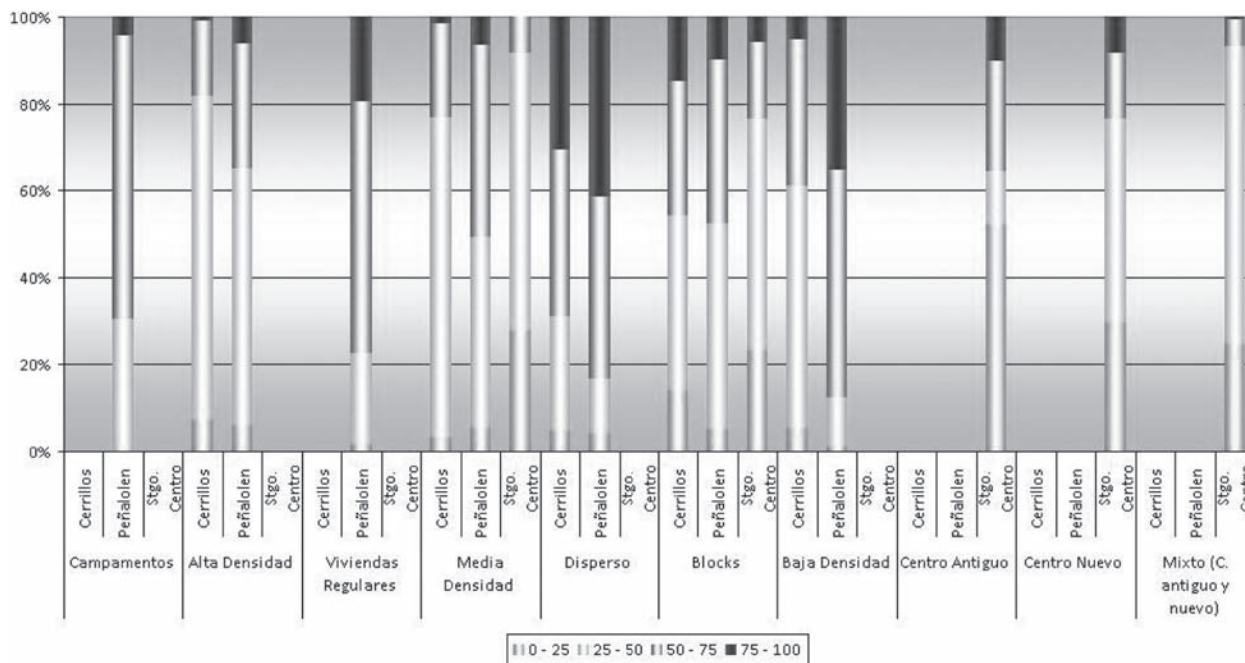


GRÁFICO 2. Porcentaje Cobertura Vegetal por tipología climática. Fuente: Elaboración propia.

ñalolén y un comportamiento térmico casi idéntico al que poseen las áreas residenciales de baja densidad (Gráfico 3). La causa probable es que aun cuando la materialidad de la vivienda sea precaria, sus suelos registran muy bajos porcentajes de impermeabilización, manteniendo la humedad y permitiendo el desarrollo espontáneo de la vegetación.

Finalmente, respecto a la distribución espacial de las temperaturas de emisión superficial en relación a las zonas termales, los bloques edificados de vivienda social y las áreas residenciales de densidad media se observan como los espacios que concentran los valores más elevados, en especial en la comuna de Cerrillos. Por el contrario, el hábitat disperso y las viviendas de baja densidad de la co-

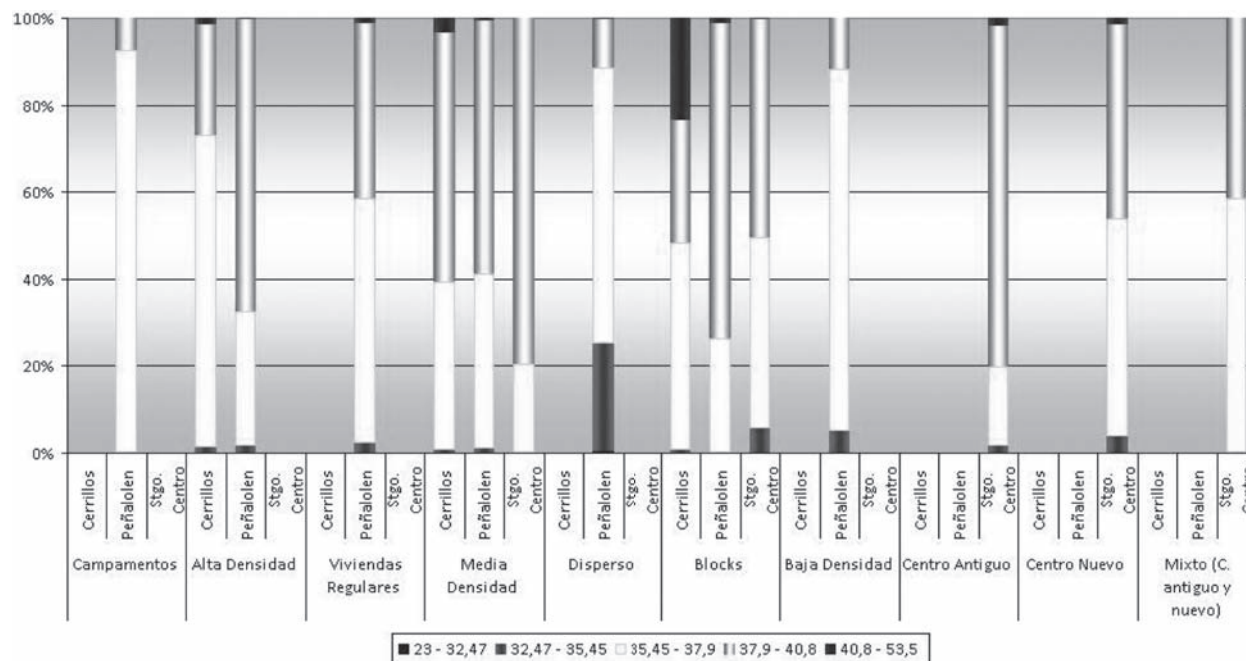


GRÁFICO 3. Temperatura de Emisión Superficial por tipología climática. Fuente: Elaboración propia.

muna de Peñalolén registran las áreas más frescas. Las diversas zonas termales del centro de Santiago, tales como el centro antiguo y el nuevo, alcanzan también elevadas temperaturas.

Respecto a las tipologías no residenciales, registran particulares características ambientales que deberían afectar a las zonas residenciales adyacentes. Espacialmente, como se observa en la figura 2,

esto es sobre todo evidente en la comuna de Cerrillos, donde las industrias y galpones ocupan una superficie considerable, registrando temperaturas superiores a los 37°C y porcentajes de cobertura vegetal que oscilan entre 0 y 25% y 25% y 50%, siendo el primero el más frecuente.

En el gráfico 4 se observa la composición socioeconómica heterogénea que caracteriza el espacio

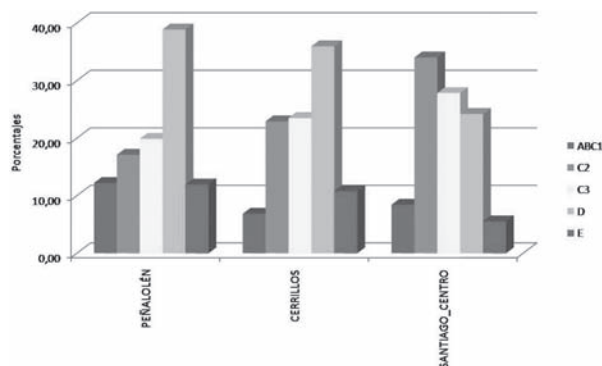


GRÁFICO 4. Composición socioeconómica del área de estudio.
Fuente: Elaboración propia.

social de las comunas seleccionadas. Destaca el alto porcentaje de población de ingresos medios-bajos (D) que se localiza en las comunas de Cerrillos y Peñalolén y de clase media alta (C2) en Santiago Centro, mientras los grupos de ingresos altos (ABC1) y bajos (E) constituyen una minoría, tendencia que se corresponde con la composición socioeconómica general de la ciudad de Santiago. La diversidad socioeconómica que se observa al interior de las comunas es, en gran medida, manifestación del proceso de transición producido por una incipiente situación de gentrificación⁴⁶, por la cual los grupos de más altos ingresos comienzan a instalarse en condominios y ciudadelas localizadas

en comunas tradicionalmente ocupadas en forma exclusiva por población de menores ingresos. Por otro lado, debe destacarse el proceso vertiginoso de construcción de edificios de altura en la comuna de Santiago Centro que se ha concretado los años recientes, contando con subsidios del Estado para conseguir el repoblamiento de áreas de alta accesibilidad que se encontraban escasamente habitadas.

En el gráfico 5 es posible apreciar la composición socioeconómica al interior de las *zonas climáticas termales*. Los grupos de ingresos medios-bajos (D) y bajos (E) tienden a concentrar a los valores más altos de temperatura y bajos porcentajes de cobertura vegetal. Al respecto, Vásquez⁴⁷ y Salgado⁴⁸ identifican, para la comuna de Peñalolén, una clara relación entre las altas densidades residenciales y la carencia de cobertura vegetal que constituye un patrón típico de ocupación del espacio con escasa calidad ambiental asignado a los sectores sociales de menores ingresos. Por el contrario, *los campamentos o viviendas de construcción ligera* pueden presentar mayores porcentajes de cobertura vegetal y registrar menores temperaturas.

Las zonas de *viviendas regulares* o condominios cerrados que se encuentran exclusivamente en la

46 Sierralta, 2008 y Sabatini *et al.*, 2007

47 Vásquez, 2008.

48 Salgado, 2010.

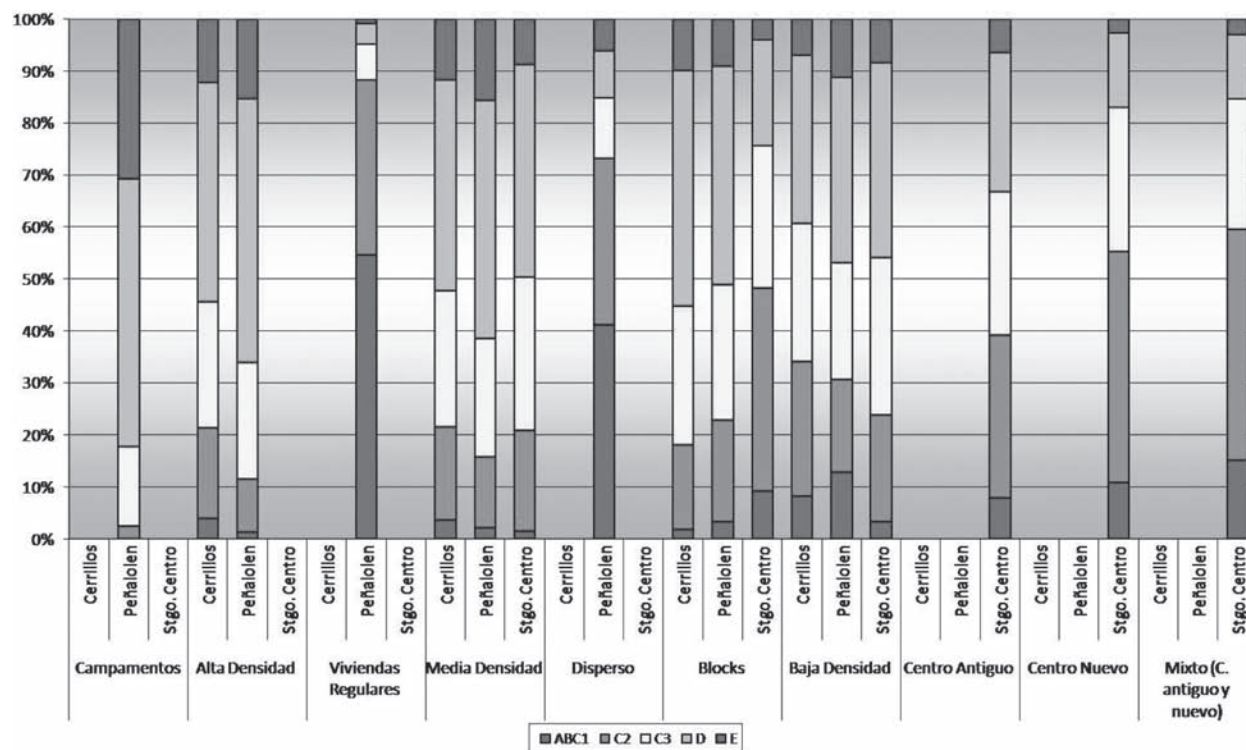


GRÁFICO 5. Composición socioeconómica de las zonas climáticas termales. Fuente: Elaboración propia.

comuna de Peñalolén, están habitadas mayoritariamente por grupos de ingresos altos (ABC1) y medios-altos (C2), al interior de cuyas zonas termales se presentan porcentajes de cobertura vegetal mayores, y, consecuentemente, registran temperaturas más bajas.

En las zonas climáticas termales identificadas en la comuna de Santiago-centro (*centro nuevo, centro antiguo y mixto*), se observa una importante presencia de población del grupo de ingresos medios-altos (C2) que convive con grupos de ingresos medios (C3) y medios-bajos (D). Respecto a la cober-

tura vegetal al interior de estas zonas, es el centro antiguo el que presenta los menores porcentajes, que aumentan en el centro nuevo y en el centro mixto, aunque sin llegar a superar otras tipologías. De este modo, las mayores temperaturas se observan en el centro antiguo y las menores en el centro mixto, siendo este último, al mismo tiempo, el que presenta los mayores porcentajes de población de los grupos de mayores ingresos (ABC1 y C2).

Respecto a los bloques de edificios sociales, ubicados en las comunas de Cerrillos y Peñalolén, se observa una composición socioeconómica similar, caracterizada por la mayor presencia de grupos de ingresos medios y medios-bajos. Sus temperaturas son las más elevadas del total considerado, en particular en la comuna de Cerrillos.

En cuanto a las zonas residenciales de *media densidad*, en las tres comunas presentan una composición social semejante, localizando una mayor cantidad de población perteneciente a los grupos de ingresos medios y medios-bajos (C3 y D respectivamente) y una menor de los grupos de ingresos bajos (E) y altos (ABC1), pero es en la comuna de Santiago Centro donde se observan las mayores temperaturas y, al mismo tiempo, los menores porcentajes de cobertura vegetal en relación a las otras dos comunas estudiadas.

De este modo, los climas urbanos, caracterizados por la distribución de las temperaturas superficiales de verano, se correlacionan directamente con

la composición social de espacios, de tal manera que cada una de las zonas termales identificadas posee una estructura socioeconómica que le es propia, confirmando la asociación espacial entre las variables sociales y naturales que caracterizan los climas urbanos.

El artículo muestra el estado actual de las variables ambientales, temperatura de emisión superficial y cobertura vegetal, de aquellas áreas al interior de las comunas estudiadas que no han sufrido modificación respecto al GSE obtenido con datos del último Censo de Población y Vivienda practicado en Chile el año 2002, sin embargo estos datos no han sido actualizados y no fue posible dar cuenta de procesos de urbanización más recientes acontecidos en las áreas estudiadas, así como la imposibilidad de abordar iniciativas públicas y probadas que pueden haber alterado el medioambiente en los últimos años. La actualización de estos datos permitirá en investigaciones futuras la verificación de los patrones observados en la relación entre las variables ambientales y los grupos socioeconómicos.

Conclusiones

La diversidad y complejidad de los climas urbanos es una característica específica del medio ambiente de las ciudades, que puede ser observada a diferentes escalas de análisis y que impide cualquier generalización espacial o suposición de homogeneidad,

que parece desprenderse de su no consideración en los ejercicios de planificación, diseño y construcción de sus componentes. Mientras los resultados de múltiples modelos científicos confirman los procesos de calentamiento asociados a los cambios climáticos globales, no se han proporcionado datos e informaciones sobre lo que sucederá al interior de las ciudades, tanto debido al registro de temperaturas medias y extremas más altas como debido a la ocurrencia más frecuente de ondas de calor, como las que han afectado a Europa en los últimos años. Se debería esperar un acoplamiento entre las temperaturas más altas que se registren como consecuencia de los cambios climáticos globales y del desarrollo de islas de calor urbano cada vez más extensas y más cálidas como consecuencia de la expansión e intensificación del proceso de urbanización. Por esta razón, es necesario diseñar e implementar medidas de mitigación y de adaptación que aseguren la salud y bienestar de la población, y que requieren que en las decisiones sobre localización de nuevas áreas urbanas se consideren, por ejemplo, asignaciones de distintos usos de los suelos; generación, protección y restauración de áreas verdes, diseños de calles, localización de estacionamientos y construcciones de autopistas. Los impactos de y sobre los cambios climáticos no pueden seguir siendo ignorados por la sociedad.

Los distintos mosaicos de los paisajes ambientales urbanos, representados por diversas combinaciones de morfologías, construcciones y usos del

suelo, reflejan la segregación espacial socioeconómica que caracteriza tanto a las comunas en que se divide la ciudad de Santiago como a los tipos de barrios que se ubican en el interior de éstas, lo que se puede observar en la distribución de las temperaturas de emisión y coberturas vegetales, que originan zonas termales urbanas, cada una de las cuales registra actualmente significativas diferencias que deberían acentuarse en la medida que se produzcan los anunciados cambios globales.

Los climas urbanos se corresponden, en general, con los rasgos del paisaje que caracterizan una estructura social heterogénea y segregada. Los esfuerzos que se puedan emprender para enfrentar los cambios climáticos en las ciudades implican necesariamente intervenciones destinadas a mejorar la equidad social entre sus habitantes, que no pueden seguir estando ausentes de los procesos de planificación y adopción de decisiones bajo los conceptos de sustentabilidad ambiental que hoy son reclamados con insistencia.

Desde luego que se requieren mediciones e investigaciones de largo plazo y de suficiente resolución espacial y temporal, además de integrar las informaciones proporcionadas por los sensores remotos con los datos registrados por estaciones fijas y transectos móviles, que cubran la totalidad de la ciudad, tarea en que se encuentra empeñado actualmente el laboratorio que reúne a los participantes en este trabajo.

Bibliografía

- ADIMARK.** Mapa socioeconómico de Chile. Nivel socioeconómico de los hogares del país basados en datos del censo. Chile. 2004.
- BARROS, V. R.** El cambio climático global. ¿Cuántas catástrofes antes de actuar? Buenos Aires, Libros del Zorzal. 2005. 174 p.
- BENISTON, M. AND STEPHENSON, D.** Extrem climatic events and their evolution under changing climatic conditions. *Global and Planetary Change*, (44): 1-9. 2004
- BRABSON, B. B. AND PALUTIKOF, J. P.** The evolution of extreme temperatures in the Central England temperature record. *Geophysical Research Letters* 29(24): 2163. 2002.
- CARDONA, O.** 2001. La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. Una crítica y una revisión necesaria para la gestión, 2001. 18p. [en línea]. Disponible en: <http://www.desenredando.org/public/articulos/2001/repvuln/index.html>
- CASTREE, N.; DEMERITT, D.; LIVERMAN, D.; RHOADS, B.** 2009. *A Companion to Environmental Geography*. Wiley-Blackwell, West Sussex, United Kingdom, 587 p.
- DE LA MAZA, C., HERNÁNDEZ, J., BOWN, H., RODRIGUEZ, M., ESCOBEDO, F.** Vegetation diversity in the Santiago de Chile urban ecosystem. *Arboreal Journal* (26): 347-357p. 2002.
- ELIASSON, I.** The use of climate knowledge in urban planning. *Landscape and Urban Planning* (48): 31 – 44. 1999.
- ESCOBEDO, F., NOWAK, D., WAGNER, J., DE LA MAZA, C., RODRIGUEZ, M., CRANE, D. AND HERNANDEZ, J.** The socioeconomics and management of Santiago de Chile's public urban forests. *Urban Forestry & Urban Greening* (4): 105-114. 2006.
- FOUNDA, D. AND GIANNAKOPOULOS, C.** The exceptionally hot summer of 2007 in Athens, Greece - A typical summer in the future climate? *Global and planetary change*, (67): 227- 236. 2009.
- HARLAN, S., BRAZEL, A., PRASHAD, L., STEFANOV, W. AND LARSEN, L.** Neighborhood microclimates and vulnerability to heat stress. *Social Science & Medicine*. 63(11): 2847-2863. 2006.
- HENRÍQUEZ, C., AZÓCAR, G. Y SANHUEZA, R.** Determinación de la Isla de Calor en la Ciudad de Chillán y Chillán Viejo. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis*, (47): 65- 73. 2002.
- HONJO, T.; NARITA, K.I.; SUGAWARA, H.; MIKAMI, T.; KIMURA, K. AND KUWATA, N.** 2003. Observation of cool island effects in urban park (Shinjuku Gyoen). XV International Conference on Urban Climates, Warsaw, Sept. 1- 5. Poland.
- IPCC** (2007) Cambio climático 2007: La base científica física. Contribución del Grupo de Trabajo I del Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Inter-

gubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Ed Salomón S, et al. Cambridge, Reino Unido, Cambridge Univ. Press.

- KARDINAL JUSUF. S, WONG. N, HAGEN. E, ANGGORO. R Y HONG. Y.** The influence of land use on the urban heat island in Singapore. *Habitat International* 31(2): 232-242. 2007
- KATZ, R. W. AND BROWN, B. G.** Extreme events in a changing climate: variability is more important than averages. *Climatic Change*, (21): 289-302. 1992.
- MAGRIN, G., GARCÍA, C. G., CHOQUE, D. C., GIMÉNEZ, J. C., MORENO, A. R., NAGY, G. J., NOBRE, C. AND VILLAMIZAR, A.** Latin America. En: PARRY, M. L., O. F. CANZIANI, J. P. PALUTIKOF, P. J. V. D. LINDEN & C. E. HANSON (Eds.), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK, Cambridge University Press. 2007. p. 581-615
- MATZARAKIS, A. AND MAYER, H.** The extreme heat wave in Athens in July 1987 from the point of view of human biometeorology. *Atmospheric Environment Part B*, (25): 203-211. 1991.
- MEEHL, G. A., ZWIERS, F., EVANS, J., KNUTSON, T., MEARNS, L. Y WHETTON, P.** Trends in extreme weather and climate events: issues related to modelling extremes in projection of future climate change. *Bulletin of the American Meteorological Society*, (81): 427-436. 2000.
- MOLINA, M., ROMERO. H. Y SARRICOLEA, P.** 2007. Características socio ambientales de la expansión urbana de las Áreas metropolitanas de Santiago y Valparaíso. CD de resúmenes Coloquio Del País Urbano a País Metropolitano. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- OKE, T. R.** *Boundary Layer Climates* (2a. ed.). London: Routledge. 1987.
- OKE, T. R.** Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites. *Instruments and observing methods Report* (81). 2004. WMO. Disponible en <http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/IOM-81/IOM-81-UrbanMetObs.pdf>
- OKE, T. R.** The heat island of the urban boundary layer: characteristics, causes and effects. En: CERMARK, J., A; DAVENPOR; E. PLATE & D. VIEGAS (Eds.), *Wind Climates in Cities*. Waldbronn: Kluwer Academic Publishers. 1995. p. 81-107
- OKE, T. R.** The thermal regime of urban parks in two cities with different summer climates. *International Journal of Remote Sensing*, 19(11): 2085-2104. 1998.
- PAULEIT, S. AND DUHME, F.** Assessing the environmental performance of land cover types for urban planning. *Landscape and Urban Planning*. (52): 1-20. 2000.
- PAULEIT, S., GOLDING, Y. AND 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, 16-18 April.
- PEÑA, M.** Relationships between remotely sensed surface parameters associated with the urban heat sink formation in Santiago, Chile. *International Journal of Remote Sensing*, 29(15): 4385-4404. 2008.
- PIZARRO, R.** The mitigation/adaptation conundrum in Planning for climate change and human settlements: Introduction. *Habitat International*.33(3): 227-229. 2009.
- PRUDHAM, S.** Commodification. En: Castree, N.; Demeritt, D.; Liverman, D. and Rhoads, B. *A Companion to Environmental Geography*. West Sussex, United Kingdom, Wiley-Blackwell. 2009. p. 123-142.
- ROHINTON, E.** Urban Heat Island & Cooling Load: The case of an Equatorial City. *Architecture, Energy & Environment*, 16(8): 1-16. 1999.
- ROMERO, H.; MOLINA, M.; MOSCOSO, C. Y SMITH, P.** Cambios de usos y coberturas de los suelos asociados a la urbanización de las metrópolis chilenas. *Anales de la Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas*: 194-198. 2006.
- ROMERO, H.** Comodificación, exclusión y falta de justicia ambiental. En: *Globalización y territorio en América Latina*. Ovidio Delgado Mahecha y Hellen Cristancho Garrido, editores. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Humanas, Departamento de Geografía. 2009. p. 243-291. Biblioteca Abierta, Colección General, Serie Geografía..
- ROMERO, H. Y VÁSQUEZ, A.** La comodificación de los espacios urbanizables y la degradación ambiental en Chile. *Scripta Nova, Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*. 9(194), agosto 2005. Universidad de Barcelona.
- ROMERO, H., RIVERA, A., SALAZAR, P., IHL, M. Y AZOCAR, P.** Topoclimatología de cuencas, Urbanización y Contaminación Atmosférica de Santiago. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis*, (41): 69-110. 1996.
- ROMERO, H., TOLEDO, X., ORDENES, F. Y VÁSQUEZ, A.** Ecología urbana y gestión sustentable de las ciudades intermedias chilenas. *Ambiente y Desarrollo*, 17(4): 45-51. 2001.
- ROTH, M., OKE, T. R. AND EMERY, W. J.** Satellite-derived urban heat islands from three coastal cities and the utilization of such data in urban climatology. *International Journal of Remote Sensing*, (10): 1699-1720. 1989.
- SAAVEDRA, C. AND BUDD, W.** Climate change and environmental planning: Working to build community resilience and adaptive capacity in Washington State, USA. *Habitat International*. 33(3): 246-252. 2009.
- SABATINI, F., WORMALD, G., SIERRALTA, C. Y PETER, P.** Segregación residencial en Santiago: tendencias 1992-2002 y efectos vinculados con su escala geográfica. Documento de trabajo n° 37, Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales. Santiago, Chile. 2007.

- SALGADO.** 2010. Segregación socioambiental en la comuna de Peñalolén, Santiago de Chile. Tesis presentada al Departamento de Posgrado y Postítulo, Programa Interfacultades de la Universidad de Chile para optar al título de Magíster en Planificación y Gestión Ambiental. Santiago, Chile.
- SARRICOLEA P. Y ROMERO H.** (2008). Justicia ambiental, islas de calor urbano y contaminación ambiental por material particulado en la ciudad de Santiago. ". XXIX Congreso Nacional y XIV Internacional de Geografía de la Sociedad Chilena de las Ciencias Geográficas, Chile, Ciudad de Temuco.
- SCHÄR, C., VIDALE, P., LÜTHI, D., FREI, C., HABERLI, C., LINIGER, M. A. AND APPENZELLER, C.** The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. *Nature* (427): 332-336.2004.
- SIERRALTA, C.** 2008. Efectos de la segregación residencial socioeconómica en los jóvenes de extracción popular en Santiago de Chile (1992-2002). Tesis presentada al Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales de la Pontificia Universidad Católica de Chile para optar al Grado Académico de Magíster en Desarrollo Urbano. Santiago, Chile.
- STEWART, I.D. AND OKE, T.** Classifying urban climate field sites by "local climate zones": The case of Nagano, Japan. IN: Seventh International Conference on Urban Climate, 29 June -3 July, Yokohama (Preprint). 2009.
- VARGAS, J.** Políticas públicas para la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres naturales y socio naturales. *Revista CEPAL*, N° 50. Santiago, Chile. 2002.
- VÁSQUEZ, A. Y SALGADO, M.** Desigualdades socioeconómicas y distribución inequitativa de los riesgos ambientales en las comunas de Peñalolén y San Pedro de la Paz. Una perspectiva de justicia ambiental. *Revista Norte Grande*, (43): 95-110. 2009.
- VÁSQUEZ.** 2008. Vegetación urbana y desigualdades socioeconómicas en la comuna de Peñalolén, Santiago de Chile. Una perspectiva de justicia ambiental. Tesis presentada al Departamento de Posgrado y Postítulo, Programa Interfacultades de la Universidad de Chile para optar al grado de Magíster en Gestión y Planificación Ambiental. Santiago, Chile.
- VOOGT, J. A. AND OKE, T. R.** Thermal remote sensing of urban climates. *Remote Sensing of Environment*, (86): 370-384. 2003.
- WITHFORD W., ENNOS A. AND HANDLEY J.** City form and natural process: Indicators for the ecological performance of urban areas and their application to Merseyside, UK. *Landscape and Urban Planning*. (57): 91-103. 2001.