

El clima urbano del Puerto de Valparaíso: construcción social del espacio en ciudades costeras

Hugo Romero*
Melandra Molina*
Alexis Vásquez*
Pamela Smith*

Resumo – Se analizan los patrones espaciales de las temperaturas del aire, observados en diferentes horas, días y lugares representativos de las estaciones de verano e invierno y de los usos de suelo urbanos al interior de la ciudad portuaria de Valparaíso, Chile, localizada en la costa del Océano Pacífico en latitudes subtropicales del Oeste de Sudamérica, bajo dominio del Anticiclón del Pacífico y de la Corriente de Humboldt. Las condiciones orográficas del sitio de la ciudad, caracterizadas por un estrecho plan y múltiples cerros y quebradas, así como la influencia del mar, los usos y coberturas del suelo y la trama urbana explican la existencia de islas frías y archipiélagos de calor. Las islas de calor urbano sólo se observan en las noches de invierno. Por otro lado, los climas urbanos se asocian significativamente con los niveles de ingreso económico de la población, permitiendo representar la influencia de las condiciones socioeconómicas sobre el clima de los paisajes urbanos en las ciudades latinoamericanas. Palabras claves: Clima Urbano, Islas de Calor, Socioambiente.

Abstract – The spatial distribution of air temperatures recorded along representative different hours and days of summer and winter seasons and at different places in the coastal city of Valparaíso, Chile, is analyzed. This harbor city is located at the Pacific Ocean coast in subtropical latitudes at the Western coast of South America, under dominance of the Pacific Anticyclone and the Humboldt Sea current. The specific orographic conditions of the city site, characterized by a narrow flat area and many hills and streams, as much as the sea influence, land uses and covers and urban design, explain the presence of cold islands and heat archipelagos and a urban heat island development properly only at winter nights. On the other hand, urban climates distribution is meaningfully associated with income levels of the urban population, representing strong influences of socioeconomic drivers on Latin American urban landscapes. Key words: Urban Climates, Heat Islands, Socio-environment.

* Laboratorio de Medio Ambiente y Territorio. Departamento de Geografía. Universidad de Chile, Santiago de Chile. Proyecto Fondecyt 1080080

Introducción

América Latina es una de las regiones mayormente urbanizadas del mundo. En tres décadas la casi totalidad de la población rural ha pasado a vivir en metrópolis, ciudades intermedias y pequeñas, de tal manera que el medio ambiente urbano constituye hoy el principal nicho ecológico para la población del continente. Sin embargo, todas las ciudades americanas exhiben altos niveles de segregación socioambiental de sus habitantes, contaminación de las aguas, aire y suelos y una degradación creciente del medio ambiente de los paisajes en que se insertan y desarrollan (Withford et al. 2001; Tarifa e Armani, 2001; Silva e Ribeiro, 2005; Prashad, 2004; Romero & Vásquez, 2007; Vásquez et al. 2007; Vásquez et al. 2008). Como las ciudades latinoamericanas han adoptado recientemente los mismos modelos de crecimiento de las anglosajonas – una urbanización difusa y extendida, policéntrica y basada especialmente en el uso del automóvil privado como medio de transporte más importante (Borsdorf, 2006)-, han aumentado sus superficies construidas creciente y permanentemente, expandiendo sus efectos ambientales adversos sobre terrenos previamente agrícolas o cubiertos por paisajes naturales (Romero et al. 2007a). Las estructuras y funciones de la ciudad están fuertemente vinculadas a la segregación socioambiental de sus habitantes en función de sus niveles de ingreso.

Dada las grandes diferencias existentes en las condiciones socioeconómicas de la población urbana, densidades de ocupación del suelo, características y calidad medioambiental de los paisajes al interior de las ciudades, el proceso de segregación socioambiental compromete severamente los efectos de las actividades urbanas sobre la salud de los ecosistemas y las poblaciones (Silva e Ribeiro, 2001; Arriagada y Rodríguez, 2003; Vásquez y Romero, 2007; Romero & Vásquez, 2007; Romero et al., 2007b) así como sobre los riesgos naturales, que en consecuencia no pueden ser considerados sólo como amenazas geofísicas sino que requieren incluir la vulnerabilidad social de la población que los enfrenta (Vásquez et al. 2007; Vásquez et al. 2008).

El clima urbano es uno de los componentes más significativos de las diferencias socio ambientales al interior de las ciudades latinoamericanas. Los distintos barrios, cuya localización en áreas de mayor o menor calidad ambiental, depende estrictamente de los ingresos económicos de las familias, presentan diversos mosaicos de usos y coberturas de los suelos, distintas intensidades de ocupación, y diseños urbanos más o menos favorables para la calidad ambiental (Romero et al. 2007c; Molina et al. 2007). Las áreas urbanas ocupadas por la población pobre muchas veces

en forma espontánea, se ubican en sitios generalmente no aptos para la urbanización, tales como lechos inundables de cauces fluviales, laderas de pendientes inclinadas o sitios altamente contaminados, carentes de vegetación y de equipamientos urbanos adecuados. Como consecuencia de ello, sus residentes son afectados en forma desproporcionadamente alta por mayores riesgos naturales o enfermedades de carácter medioambiental, generándose situaciones de injusticia ambiental (Fong, 2005; Romero et al., 2007c).

La presencia y crecimiento de las islas de calor se relacionan directamente con la recepción y absorción de mayores cargas de radiación solar directa (OKE, 1995) -lo que depende de la naturaleza del suelo, de sus usos y coberturas, de la pendiente de los sitios, de la densidad de las superficies construidas por materiales que almacenan el calor y de la ausencia de vegetación (Eliasson, 1999; Honjo et al., 2003). Las islas de calor urbano son responsables de importantes pérdidas de calidad de vida en las ciudades, destacando el aumento del disconfort térmico que compromete la vida y circulación de las poblaciones, especialmente en verano. Por otro lado participan activamente en la generación de enfermedades respiratorias tanto debido al incremento de las oscilaciones térmicas diarias como porque favorecen la concentración de contaminantes atmosféricos, trasladados desde otros sectores de la ciudad (Romero et al., 2007c). Las islas de calor facilitan la formación de contaminante secundarios y fotoquímicos y contribuyen a aumentar la presencia de gases invernadero en la medida que se requiere ventilar artificialmente el interior de las edificaciones.

Las investigaciones más recientes señalan que en Santiago de Chile las islas de calor se pueden localizar en las periferias no urbanas (islas de calor no urbanas; Peña y Romero, (2005) en las primeras horas de la mañana, debido a la altura y posición del sol, sombras proyectadas por las montañas, y color y naturaleza cinerítica de los suelos; para migrar gradualmente hacia el centro histórico o funcional de la ciudad durante el día, hasta ubicarse claramente sobre estas últimas áreas una vez puesto el sol, especialmente en la estación de invierno. También se ha demostrado que son las periferias urbanas, sujetas a una urbanización creciente y descontrolada, las áreas que han perdido más islas frías transformándose gradualmente en áreas cálidas. El control ejercido por las densidades de superficies construidas y por la presencia de vegetación sobre las temperaturas (Eliasson, 1999; Honjo et al., 2003; Romero y Sarricolea, 2006), hace que al interior de un mismo espacio urbano, con usos de suelo y morfología relativamente semejantes, se registren importantes variaciones térmicas (Molina et al. 2007). Por ello, las ciudades latinoamericanas difícilmente van a responder al modelo típico de desarrollo de islas de calor

de las ciudades mediterráneas compactas, con temperaturas que decrecen regular y sistemáticamente desde el centro histórico hacia la periferia. La multiplicidad de microcentros, la distribución homogénea de las construcciones en áreas socioeconómicas diferenciadas, y la escasa presencia de áreas verdes, generan “archipiélagos de calor urbanos” en vez de islas de calor propiamente tales.

Desde el punto de vista social, las áreas de las ciudades chilenas ocupadas por los sectores más ricos, se localizan crecientemente en las periferias o en sectores aislados en medio de zonas rurales, registran las menores densidades habitacionales, se sitúan en lugares más ventilados y presentan importantes superficies cubiertas por vegetación, todo lo cual explica sus menores temperaturas. Adicionalmente en el transcurso del tiempo transforman positivamente sus medios ambientes, especialmente mediante la creación, mantenimiento y mejoramiento de plazas, jardines y parques privados y públicos. Por el contrario, los sectores pobres habitan conjuntos de alta densidad, no disponen de espacios verdes y se localizan en áreas orográficamente deprimidas y con poca ventilación, lo que implica el registro de condiciones térmicas más extremas. Al comienzo de su instalación en la periferia urbana, lo hicieron bajo condiciones ambientales relativamente adecuadas, rodeados de terrenos agrícolas, pero experimentan un verdadero proceso de “desertificación” y por ello de pérdida neta de calidad ambiental con el paso de los años debido a la creciente urbanización de los terrenos y a la falta de inversión en áreas verdes (Vásquez y Romero, 2007, Romero et al., 2007b). El hecho de que los espacios pobres de la ciudad -donde vive la mayoría y los segmentos más vulnerables de la sociedad-, empeoren sus condiciones ambientales con el paso del tiempo, mientras que los sectores ricos las mejora, constituye uno de los más significativos desafíos que la climatología geográfica debería contribuir a denunciar y revertir.

En el caso de las islas de calor de las ciudades litoráneas se debe agregar la influencia del calor acumulado por los océanos y que es traspasado al continente siguiendo los flujos regulares de las brisas de mar a continente en las noches y de continente a mar durante los días (Oke, 1995; Mendonça y Romero, 2008). Estas brisas se desplazan a través de corredores y superficies que son favorables para la circulación atmosférica local, tales como terrazas litorales, humedales y cauces fluviales, además de las calles y avenidas orientadas de mar a continente. Por el contrario son obstaculizadas por la presencia de acantilados, laderas inclinadas y construcciones verticales, que lamentablemente tienden a localizarse crecientemente en los bordes litorales, interrumpiendo definitivamente las brisas y aumentando por ello las potencialidades de contaminación atmosférica. El efecto

térmico y dinámico de las masas de agua sobre los climas urbanos puede implicar una significativa contribución al desarrollo y fortalecimiento de las islas de calor durante las noches, como también para su dispersión y aún transformación en islas de frío, especialmente a ciertas horas del día.

Materiales y métodos

Se realizó un análisis de la evolución del comportamiento diario y estacional de la temperatura atmosférica en las ciudades de Valparaíso y Viña del Mar, con datos obtenidos mediante mediciones realizadas con tres estaciones meteorológicas Weather Monitor II calibradas por el Centro Nacional del Medio Ambiente, a través de transectos móviles realizados durante tres días sucesivos en la estación de invierno (Julio) del año 2007 y de verano (enero) del año 2008. Las informaciones analizadas corresponden al promedio de los tres días de las temperaturas registradas a las 10,30; 14,30 y 22 horas mediante recorridos rápidos ejecutados a lo largo y ancho de las ciudades, medidas en puntos seleccionados según sus usos y coberturas de suelos obtenidos de fotografías aéreas e imágenes del satélite LANDSAT. Se seleccionaron 47 puntos al interior de la ciudad, considerando la necesidad de cubrirlos en el menor tiempo posible, manteniendo su equidistancia e intentando atravesar por las más distintas coberturas y usos del suelo característicos del mosaico de paisajes de la ciudad y representativos de las diferentes unidades morfológicas (borde costero, laderas medias y más altas). La transformación de los datos puntuales en areales se efectuó empleando el modelo de interpolación Kriging, proporcionado por el software Arcgis 9.2.

Los niveles socioeconómicos de la población se obtuvieron utilizando la metodología propuesta por ADIMARK, que consiste en extraer del Censo de Población y Vivienda del año 2002 variables que definen dos dimensiones consideradas representativas de los ingresos familiares: nivel de educación del jefe de hogar y tenencia de una batería seleccionada de bienes. Conceptualmente, ambas variables se relacionan con el ingreso, el nivel cultural y el stock de riquezas acumulado por un grupo familiar. La clasificación socioeconómica de la población representada a escala de manzana (área urbana delimitada por cuatro cuadras) incluye grupos sociales de ingresos altos (ABC1), medio altos (C2), medios (C3), medios bajo (D) y bajos (E). Para analizar las relaciones existentes entre los niveles socioeconómicos y las temperaturas de la ciudad, se cruzaron ambos tipos de variables mediante el análisis estadístico incorporado en el módulo Sumarize de Arcgis, obteniéndose las temperaturas promedio

representativas de las áreas de residencia ocupadas por cada estrato socioeconómico.

Resultados

La complejidad del paisaje geográfico de Valparaíso

La ciudad de Valparaíso se encuentra emplazada sobre una sucesión de terrazas de abrasión marina, la más baja de las cuales conforma un área casi plana que se eleva desde el mar al interior. El llamado "Plan" de la ciudad, limita abruptamente con los taludes de una terraza superior que fluctúa entre 120 y 170 m de altura aproximadamente (fig. 1). Esta terraza intermedia varía su ancho y se encuentra limitada por un nuevo talud que aumenta sistemática y rápidamente de altura, hasta alcanzar los 400 m.s.n.m, donde se establece una nueva terraza, generalmente más amplia y plana (fig.1). Las terrazas son drenadas por numerosos arroyos o quebradas, que transportan agua y sedimentos desde los sectores altos, conformando una sucesión de cuencas y subcuencas que fragmentan las superficies, segregando los interfluvios. Cada fragmento de terraza litoral ha sido poblado en forma sistemática desde fines del siglo XIX y constituye un "cerro" o barrio, claramente diferenciado en términos de sus características socioeconómicas y culturales. El poblamiento de los cerros se inició una vez que se ocupó la totalidad del Plan, especialmente por parte de las actividades portuarias, industriales y de servicios. Parte del Plan está constituido por rellenos artificiales, en particular en aquellas áreas en que las terrazas superiores se conectaban directamente con la costa por medio de acantilados. Hacia 1960, las dificultades de habitabilidad, derivadas de las abruptas pendientes y la altura creciente de los emplazamientos sobre los cerros, terminaron por impedir el abastecimiento de agua potable y la accesibilidad, por lo que la expansión urbana se dirigió especialmente hacia las ciudades cercanas: Viña del Mar por la costa y localidades interiores, como Quilpué y Villa Alemana que han capitalizado el crecimiento de las últimas décadas, contribuyendo a generar un área metropolitana conurbada. Aun así, Valparaíso ha continuado escalando las laderas de las montañas, bajo condiciones difíciles de habitabilidad. Los últimos años han manifestado también, como en la totalidad de las ciudades chilenas, el apareamiento de "ciudades islas" o suburbanizaciones como Con Cón por el litoral norte y Placilla de Peñuelas por el interior (fig.2).

El clima mediterráneo significa que en Valparaíso cae una precipitación media anual de 450 mm. en un número de días que no supera en

*El clima urbano del Puerto de Valparaíso:
construcción social del espacio en ciudades costeras*

promedio a 30 por año y que en los años Niño pueden duplicarse y en los años Niña reducirse a la mitad. Las lluvias se registran sólo en invierno (Mayo-Agosto) y son de naturaleza torrencial, causando inundaciones, remoción en masa de los sedimentos y por ello, derrumbes y avalanchas de barro. Como la ciudad se ha instalado sobre laderas de cerros, lechos fluviales y conos aluviales, un complejo sistema de cauces subterráneos debe ser mantenido lo más expedito posible pero que resulta imposible de evitar que se obstruya especialmente cuando ocurren varios días seguidos de precipitaciones y debido al depósito en sus lechos de residuos sólidos domiciliarios.

Las lluvias son causadas exclusivamente por el paso del Frente Polar, que se desplaza desde latitudes templadas australes durante la estación de invierno y que nunca sobrepasa los 30°S (Valparaíso está situado a 33°S). En estas latitudes subtropicales predomina el dominio del Anticiclón Semipermanente del Pacífico Sur, asociado a la presencia tanto de la Célula de Hadley como de las aguas frías subantárticas de la Corriente de

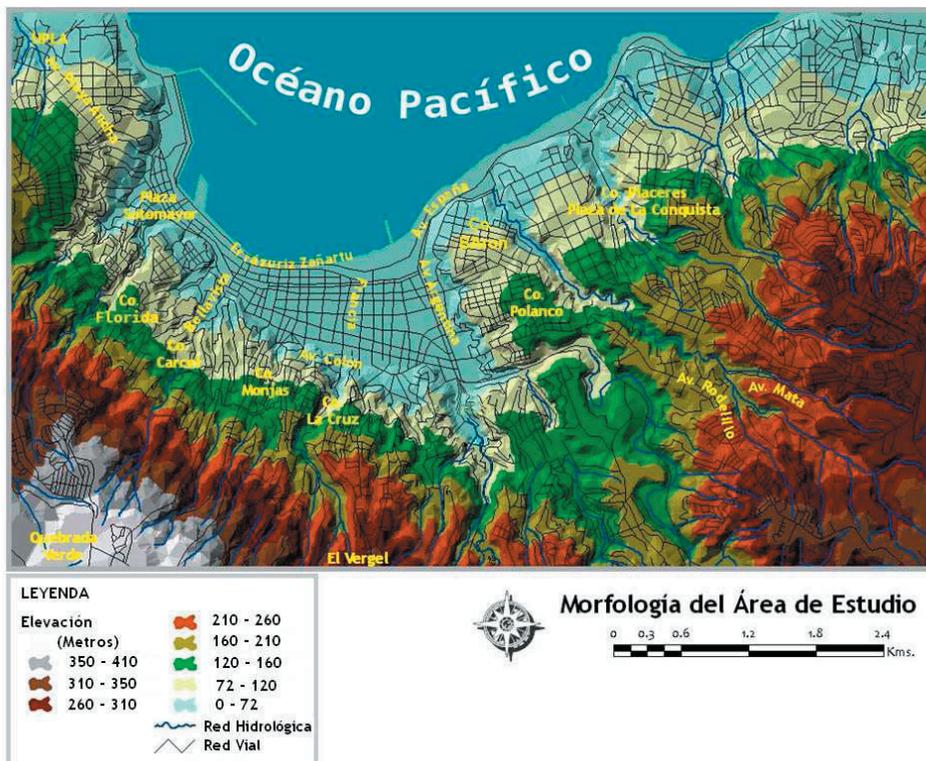


Figura 1. Morfología del Área de Estudio.

Humboldt. Mientras la primera es responsable de la subsidencia atmosférica y por ello de la casi imposibilidad de formar nubes, la segunda se expresa en aguas frías y en importantes niveles de inversión térmica de radiación que brindan gran estabilidad a la tropósfera. Las aguas del mar alcanzan una temperatura media anual de 14°C, fluctuando entre 11°C en invierno y 17°C en verano. Consecuentemente, existe una importante advección de aire hacia el sistema de terrazas litorales, cuando el mar está más frío que el continente, generándose un sistema regular de brisas de mar a continente que se desplazan a través de los cauces fluviales y las laderas de los cerros. Por el contrario las islas de aire frío, localizadas en las áreas más continentales y de mayor altura, drenan sus flujos hacia la línea litoral, impidiendo o interrumpiendo la generación de islas de calor urbanas. Durante las mañanas de invierno el mar tiende a ser un poco más cálido que el continente y por ello se advierten brisas de continente a mar. Los vientos sinópticos son relevantes y soplan del NW acompañando el paso de los frentes polares con carácter de tormentas o “temporales” y del SW cuando se trata del dominio anticiclónico. Cuando se acoplan los vientos sinópticos a las brisas locales, en especial a comienzos de la primavera, soplan fuertes vientos en particular sobre las terrazas superiores y a lo largo de las quebradas fluviales y su continuación en avenidas urbanas. Valparaíso es conocida en Chile como “ciudad de los vientos”.

Crecimiento urbano de Valparaíso

Desde aproximadamente tres décadas, la metrópolis de Valparaíso (la ciudad misma y sus ciudades vecinas conurbadas) ha experimentado un explosivo incremento de su superficie urbana, aumentando su área construida de 5800 a 14100 Hás. entre 1975 y 2004 (Fig 2 y fig. 3). En el caso específico del área urbana de Valparaíso, como se aprecia en la figura 2, la expansión ha implicado ocupar las terrazas litorales más altas y los sitios de mayor inclinación. Los usos urbanos de los suelos han sustituido espacios que anteriormente mantenían coberturas naturales tales como espacios abiertos, vegetación densa y dispersa y aquellos que poseían coberturas seminaturales, como cultivos. El cambio de coberturas naturales por espacios construidos ha generado una serie de impactos sobre el medio ambiente de la ciudad, tales como cambios del clima urbano mediante la generación de islas y micro islas de calor urbano y aumento de las tasas de impermeabilización y de los coeficientes de escorrentía (Moscoso y Romero, 2007; Romero et al., 2008). La pérdida de espacios naturales y particularmente de zonas vegetadas produce una reducción de la capacidad de regulación de la temperatura atmosférica en la ciudad,

*El clima urbano del Puerto de Valparaíso:
construcción social del espacio en ciudades costeras*

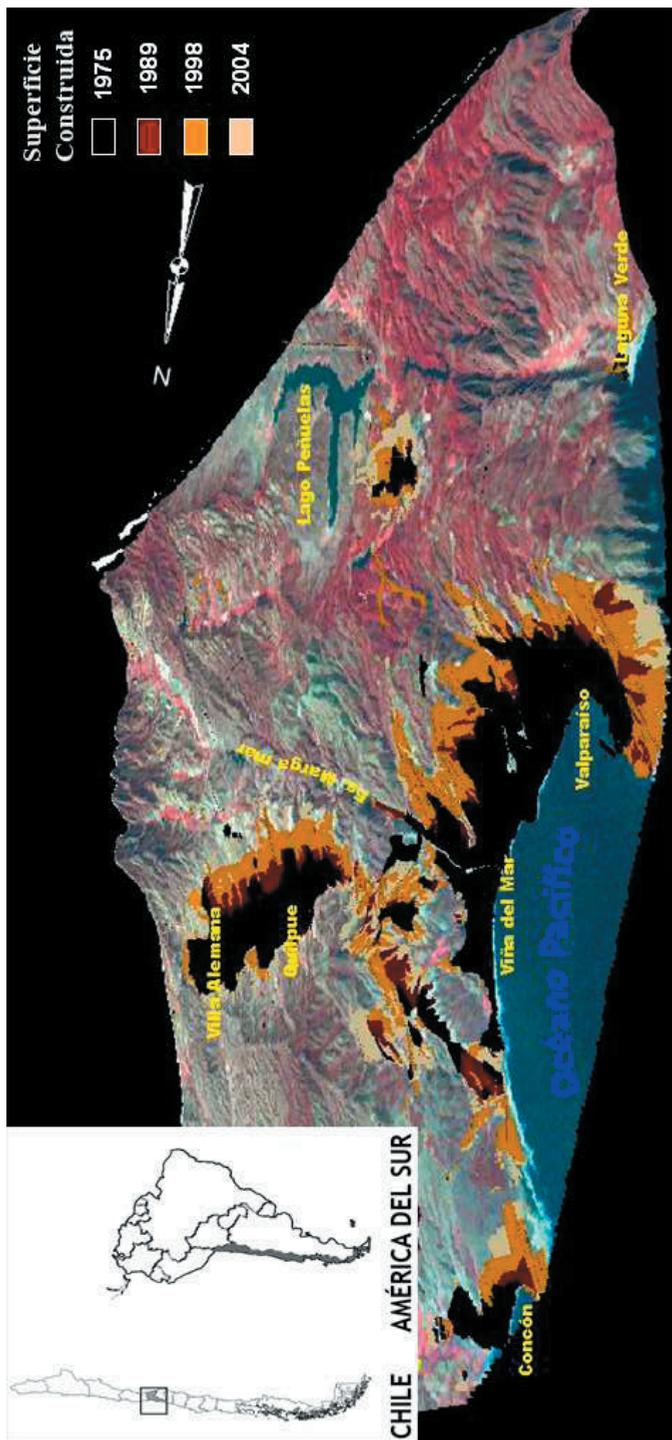


Figura 2. Localización y Crecimiento Urbano del Áreas Metropolitana de Valparaíso.

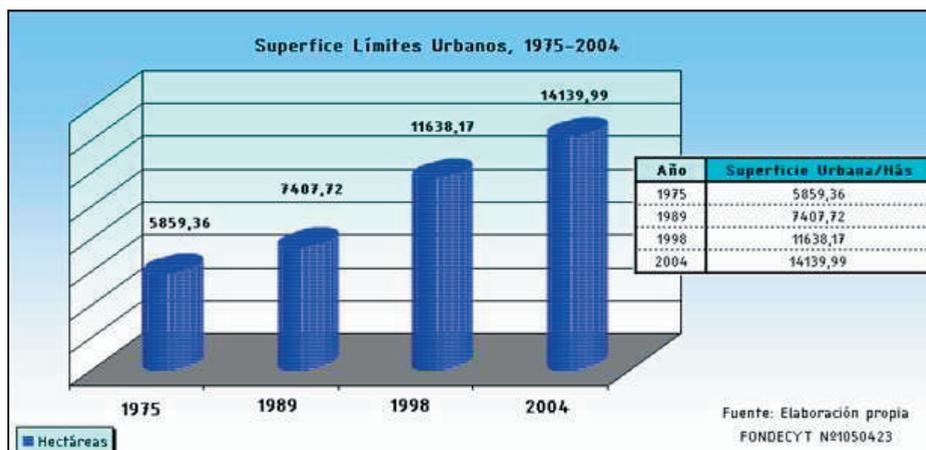


Figura 3. Crecimiento urbano del Área Metropolitana de Valparaíso entre 1975 y 2004

aumentando el calor en su interior a medida que transcurren las horas del día.

Caracterización de las temperaturas urbanas de Valparaíso

La distribución de temperaturas está muy condicionada por tres factores principales: la cercanía al mar, la topografía del anfiteatro porteño y la urbanización. En las mañanas de verano (fig. 4), las temperaturas urbanas varían entre 15°C -registrados en la isla fría de la terraza superior del Oeste de la ciudad-, y aproximadamente 25°C, medidos en algunos puntos calientes sobre terrenos altamente urbanizados (Playa Ancha, Plaza Sotomayor y Centro y Este del Plan). La isla de calor no urbano, observada en la parte más alta del Cerro Placeres se debería a la mayor exposición solar de esa área. Como se trata de registros realizados a las 10:30 hrs. se debe señalar que las temperaturas de las primeras horas del día fueron aún menores y el clima más templado, otorgando una de las características climáticas más específicas a la costa de Chile, es decir, noches frescas todo el año, debido a la influencia de las masas de agua subantárticas.

Al mediodía de verano (fig. 5) se acentúa la influencia de la isla fría del Oeste de la ciudad que avanza hacia el litoral a través de las quebradas de Carampangue, Cordillera, Av. Francia y Argentina, entre otras. El área cálida del sector Este de la ciudad, causada por la exposición solar de la mañana, se transforma en un área templada; aparece una isla de calor en la costa del Oeste de la ciudad, islotes de calor en el centro más urbanizado, en los sectores portuarios de Avenida España y en el área

*El clima urbano del Puerto de Valparaíso:
construcción social del espacio en ciudades costeras*

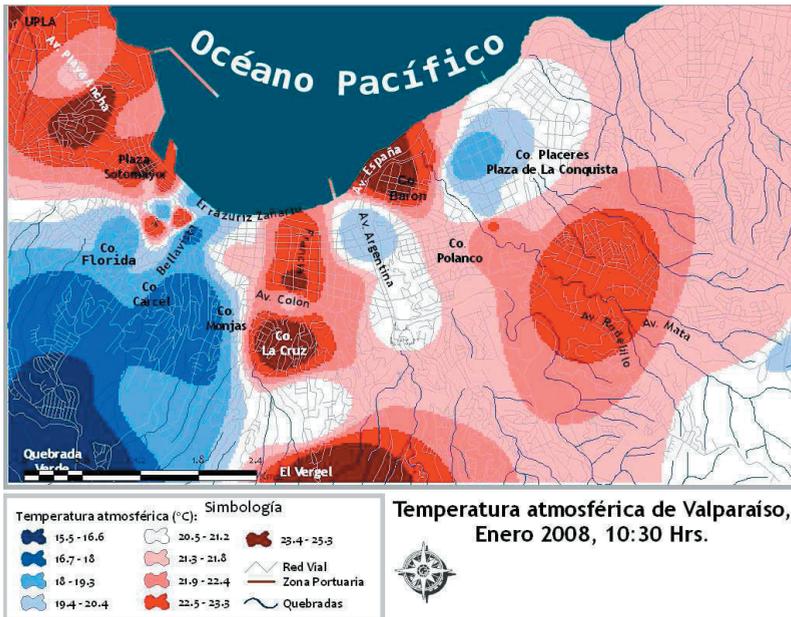


Figura 4. Temperatura Atmosférica de Valparaíso en verano, 10:30 hrs.

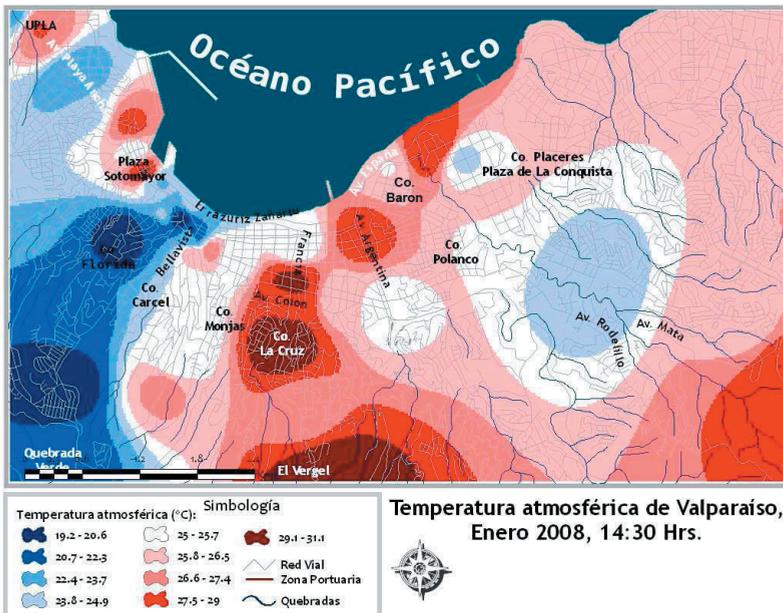


Figura 5. Temperatura Atmosférica de Valparaíso en verano, 14:30 hrs.

de urbanización de alta densidad de El Vergel en la terraza superior. Las quebradas de Yolanda y Avenida Argentina continúan expandiendo las bajas temperaturas desde el continente al mar.

A las 20 horas (fig. 6), se puede advertir el diseño típico de la isla de calor urbana en los sectores más extensos y urbanizados del Plan de la ciudad y de sus cerros circundantes. La diferencia de temperaturas entre el centro de la isla de calor y las áreas más frías de la periferia urbana alcanza a los 7°C. La Plaza Sotomayor se mantiene como un área cálida, junto con el sector de Bellavista y separada de la isla de calor urbana principal por las temperaturas menores que descienden de los cerros Florida, Cárcel y Monjas.

En el caso de la estación de invierno, la mañana (fig. 7) está caracterizada por el mayor desarrollo de la isla fría localizada en la terraza superior del Oeste de la ciudad, y particularmente por la presencia de una gran área fría en las terrazas más altas ubicadas al Este de Valparaíso. Ambas áreas frías alcanzan la línea litoral, debiendo favorecer la interacción entre las masas de aire continentales y marítimas y la generación de neblinas de advección, que son típicas en la ciudad. Los flujos descendentes de aire frío impedirían la existencia de una isla de calor urbana propiamente tal, permitiendo sólo la generación de un par de archipiélagos de calor sobre los cerros Barón y La Cruz. La diferencia de temperatura entre los puntos más fríos y más calientes de la ciudad alcanza a 8°C lo que duplica las diferencias registradas en la ciudad de Santiago a esa misma hora. Sin embargo, para Valparaíso, la topografía e influencia marina lograrían impedir la homogeneidad de las temperaturas al interior de la ciudad.

A las 14,30 hrs. del invierno (fig. 8), se observa la generalización de las temperaturas inferiores sobre los sectores más altos del anfiteatro de la ciudad y su avance a través de los sistemas de quebradas del centro y Oeste del área más urbanizada de Valparaíso. Por el contrario, el calor tiende a concentrarse en el Plan y en las cercanías de la línea litoral, aunque sin generar una isla de calor urbano propiamente tal. Uno de los rasgos distintivos a esta hora del día, lo constituye un foco de calor localizado en el sector superior de los cerros Monjas y Cárcel, el que eleva a 11°C la diferencia entre los puntos más cálidos y más fríos de la ciudad.

El dominio de la isla de calor como rasgo distintivo del clima urbano de Valparaíso en el invierno se percibe nuevamente en forma clara a las 20 hrs. (fig. 9) cuando las temperaturas máximas se ubican sobre el Plan tradicional del área más urbanizada de la ciudad y se extienden en forma de cinturón térmico (siguiendo aproximadamente las curvas de nivel), hasta las terrazas medianas, registrando diferencias con el área periférica más fría de aproximadamente 5°C, las menores del día.

*El clima urbano del Puerto de Valparaíso:
construcción social del espacio en ciudades costeras*

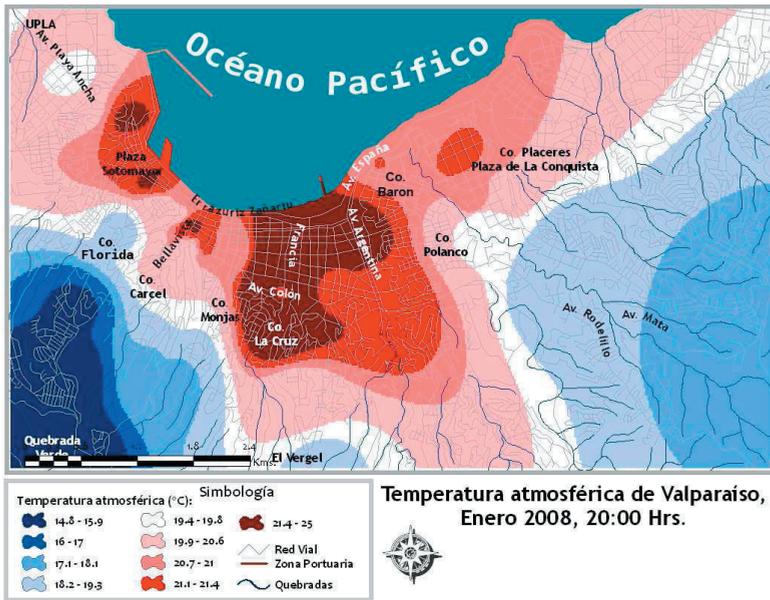


Figura 6. Temperatura Atmosférica de Valparaíso en verano, 20:00 hrs.

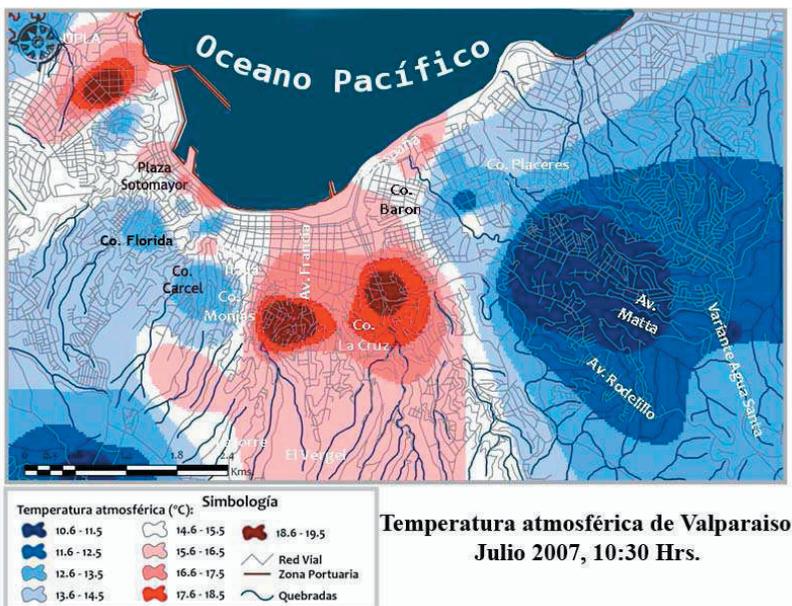


Figura 7. Temperatura Atmosférica de Valparaíso en invierno, 10:30 hrs.

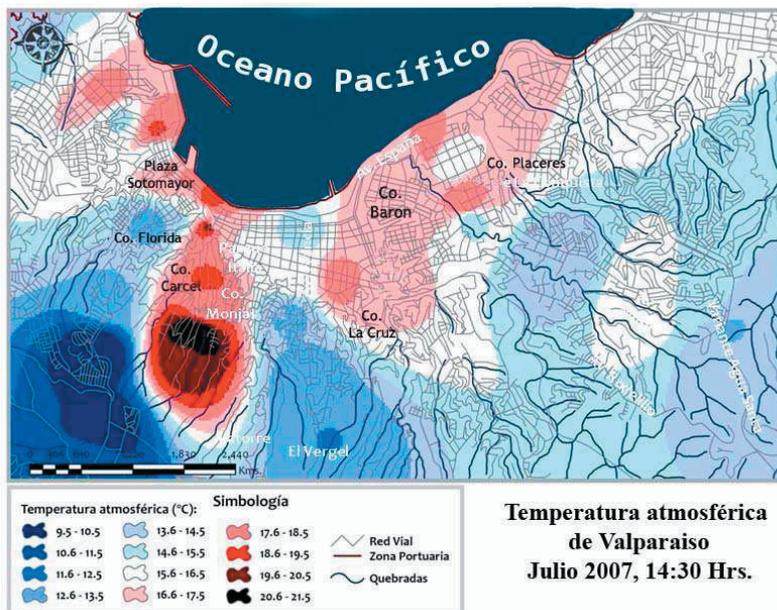


Figura 8. Temperatura Atmosférica de Valparaíso en invierno, 14:30 hrs.

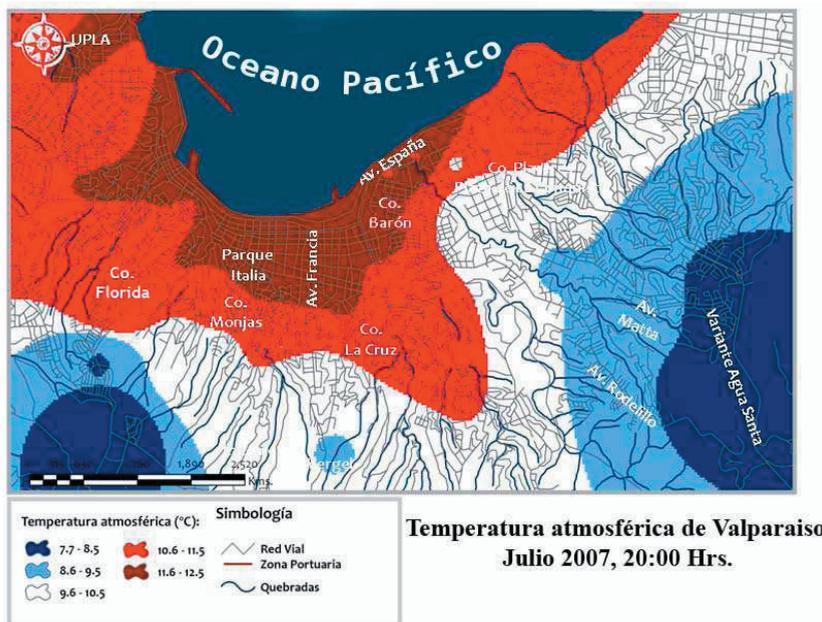


Figura 9. Temperatura Atmosférica de Valparaíso en invierno, 20:00 hrs.

*El clima urbano del Puerto de Valparaíso:
construcción social del espacio en ciudades costeras*

La forma típica de la isla de calor presenta su centro sobre las áreas de mayor densidad del “plan” de la ciudad, extendiéndose hacia las terrazas litorales de altura media, aunque con valores menores, que, sin embargo, no logran alterar la presencia de las islas de aire frío de los sectores más altos localizados en las terrazas superiores del Este y Oeste de Valparaíso.

Caracterización del clima urbano de Valparaíso y su relación con los niveles socioeconómicos de la población

La distribución de los niveles socioeconómicos de los habitantes de la metrópolis de Valparaíso (fig. 10) muestra que en el área de estudio (ciudad de Valparaíso y parte de Viña del Mar), sólo es posible encontrar población de altos ingresos residiendo en las zonas más bajas del anfiteatro o Plan de la ciudad, aunque en escasa proporción. En Valparaíso, predomina espacialmente la población de estrato D, es decir de clase media baja, localizada en las terrazas litorales de alturas inferiores y medias que conforman el anfiteatro de cerros en que se asienta la ciudad, y del estrato E (con niveles de pobreza), principalmente ubicada en las zonas más altas

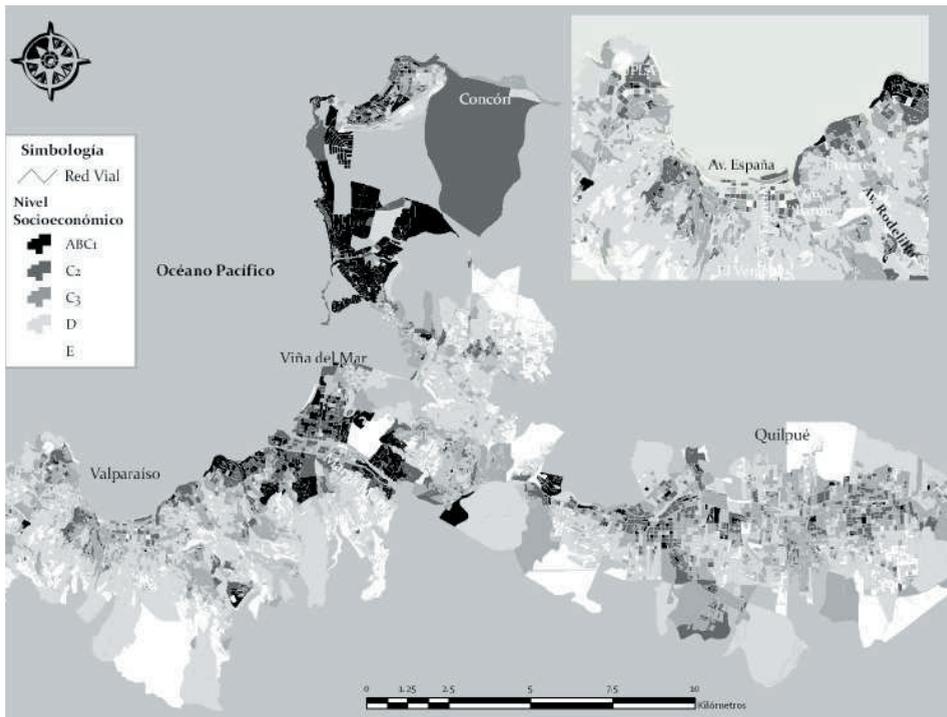
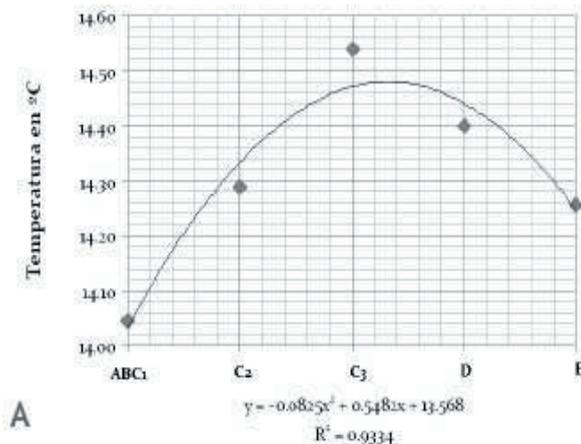


Figura 10. Distribución niveles socioeconómicos en Valparaíso.

Relación de las temperaturas atmosféricas de invierno y los niveles socioeconómicos de la población. 10:30 a.m. Valparaíso



Relación de las temperaturas atmosféricas de invierno y los niveles socioeconómicos de la población. 20:00 p.m. Valparaíso

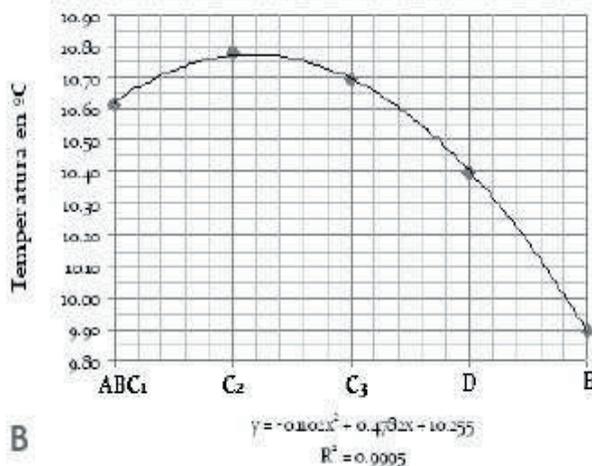


Figura 11. Relación de las temperaturas atmosféricas de invierno y los niveles socioeconómicos de la población. 10:30 y 20:00 hrs. Valparaíso.

de las laderas de los cerros. La población de altos ingresos (ABC1 y C2) se sitúa principalmente en las comunas de Concón y Viña del Mar, es decir en otras ciudades, de la conurbación. Estas características de ciudad que se hunde socialmente (*shrinkage city*) se han establecido desde mediados de 1970 y se deben a la emigración de las clases altas, que se han concentrado en ciudades vecinas, configurando un patrón de segregación social que afecta a la mayor parte de Valparaíso.

La relación estadística entre la distribución espacial de las temperaturas de las áreas urbanas y de la población según estratos socioeconómicos, para la estación de invierno y para la totalidad del área conurbada del Gran Valparaíso (figuras 11 a y b), indica que las áreas más frías al interior de la ciudad se asocian espacialmente con los espacios ocupados por los estratos sociales de mayor riqueza en las mañanas y de menores ingresos en las noches. Esto se diferencia de los patrones estudiados en otras ciudades chilenas, como Santiago, donde la población de mayores ingresos se localiza principalmente en la periferia urbana, más específicamente en la zona oriental de la ciudad, en donde predominan usos residenciales de baja densidad y espacios de alto contenido vegetal, variables claves en el desarrollo de temperaturas atmosféricas comparativamente más bajas. Las zonas urbanas de Santiago donde se localiza este tipo de población mantienen permanentemente un comportamiento de islas frías durante las noches de invierno y verano. Sin embargo, en Valparaíso y Viña del Mar, las diferencias térmicas entre las áreas donde residen los distintos estratos socioeconómicos de la población, son muy pequeñas en las mañanas y aumentan significativamente en las noches, cuando los valores más bajos se registran especialmente en las zonas donde viven los sectores poblacionales de menores ingresos. La población de más bajos ingresos (estrato D) se tiende a ubicar al interior de quebradas y zonas altas del sistema de laderas –por el menor costo del suelo o en forma ilegal–, las cuales aún mantienen vegetación natural remanente, además de una urbanización precaria debido a la elevada inclinación de las pendientes. Tanto como consecuencia del bajo porcentaje de impermeabilización de los suelos, como por las coberturas vegetales más densas, formadas por matorrales, bosques nativos y buffers riparianos en los bordes de los cauces fluviales, en estas zonas la temperatura es menor que en las áreas residenciales de los estratos más ricos.

Conclusiones

El modelo típico de isla de calor se observa en el caso de Valparaíso solamente en las noches de invierno y cubriendo la mayor parte de la

ciudad, seguramente indicando la acción conjunta del calor irradiado por las superficies cubiertas por construcciones y los aportes provenientes de la advección de aire marino, en momentos que el continente registra los mínimos valores de temperatura. En el resto de los períodos de mediciones, sólo se registraron puntos de calor, que configurarían archipiélagos controlados tanto por los usos y coberturas de los suelos, como por la influencia de los flujos de aire frío que descienden desde las terrazas más elevadas, donde se ubican las fuentes del aire con temperaturas más bajas.

Las grandes quebradas que descienden desde las terrazas litorales superiores (tales como Yolanda, Avenida Argentina, Avenida Francia, Bellavista, Cordillera y Carampangue), actúan como corredores de aire frío que impiden la formación de la isla de calor urbano propiamente tal sobre el Plan de la ciudad.

El desarrollo de flujos térmicos entre las áreas del "Plan" y las planicies litorales más altas, debiera ser mayor en las horas de la mañana y el mediodía, cuando las diferencias de temperaturas entre las distintas áreas de la ciudad son mayores. Por el contrario, las noches de invierno manifiestan una mayor estabilidad atmosférica. La ventilación es una de las características que define el clima urbano de Valparaíso y por ello, una de las características climáticas urbana que debe ser conservada en momentos que se produce un proceso intenso de verticalización de las construcciones ubicadas en el bordemar y en las terrazas litorales.

La calidad del clima y del aire de Valparaíso constituye una de las mayores ventajas comparativas de esta ciudad, especialmente en comparación con la vecina ciudad de Santiago, la capital del país, ubicada a una distancia de sólo 100 Km y donde residen seis millones de habitantes, bajo condiciones permanentes de smog y escasa calidad ambiental). La competitividad futura de la ciudad de Valparaíso depende en parte de su capacidad de mantener el aire limpio, para lo cual tanto la mantención del clima urbano como la evaluación ambiental de los planes y programas de urbanización, deben jugar un rol preponderante.

Siendo la vegetación una de las variables claves para asegurar la calidad del clima urbano y del aire de la ciudad, es muy relevante generar planes para su conservación y recuperación, especialmente en las terrazas superiores, las quebradas y al interior de la ciudad, generalizadamente carente de áreas verdes. Por otro lado, un plan de reverdecimiento de la ciudad debería contribuir a elevar la calidad ambiental de sus espacios y medio ambientes sociales, obteniendo provecho de su mayor equidad socioambiental.

Bibliografía

- Arriagada, C. y Rodríguez, J. (2003). *Segregación residencial en áreas metropolitanas de América Latina: magnitud, características, evolución e implicaciones de política*. CEPAL-SERIE población y desarrollo N°47. 73p.
- Borsdorf, A., Hidalgo, R. y Sanchez, r. (2006). 'Los megos diseños residenciales vallados en las periferias de las metrópolis latinoamericanas y el advenimiento de un nuevo concepto de ciudad'. Alcances en base al caso de Santiago de Chile. In H. Capel y R. Hidalgo, *Construyendo la ciudad del siglo XXI. Retos y perspectivas urbanas en España y Chile*, p. 323-335. Santiago: Serie GEOLibros N°6.
- Eliasson, I. (1999). 'The use of climate knowledge in urban planning'. Elsevier, *Landscape and Urban Planning* 48, p. 31 - 44.
- Fong, K. (2005). *Estudio ambiental comparativo del reemplazo de combustibles fósiles por hidrógeno (parque vehicular)*. Tesis para optar a los títulos de Ingeniero Civil Químico e Ingeniero Civil en Biotecnología. Universidad de Chile. 154 p.
- Honjo, T., Narita, K. I., Sugawara, H., Mikami, T., Kimura, K. & Kuwata, N. (2003). 'Observation of cool island effect in urban park (Shinjuku Gyoen)'. XV *Internacional Conference on Urban Climates*, Varsow, Poland, Sept. 1- 5. Polonia.
- Mendonça, M. e Romero, H. (2008). 'Análise e comparação entre os climas das regiões costeiras de Florianópolis-Brasil e Valparaíso-Chile'. Presentado al *Octavo Simpósio Brasileiro de Climatología Geográfica*.
- Molina, M., Romero, H. y Sarricolea, P. (2007). 'Climas urbanos, contaminación atmosférica y desigualdades socioeconómicas de las áreas metropolitanas de Santiago y Valparaíso'. *Revista de Geografía Norte Grande*, Instituto de Geografía de la Pontificia Universidad Católica de Chile. (Enviada).
- Moscoso, C. y Romero, H. (2007). 'Impermeabilización del suelo como indicador de la salud de la cuenca: influencia sobre la escorrentía y relación con riesgos naturales: Viña del Mar y Valparaíso (1980-2005)'. *Coloquio Internacional "Construir la resiliencia de los territorios de riesgos y seguridad del desarrollo"*. Instituto de Geografía de la Universidad Católica de Valparaíso, octubre 2007. (Enviada).
- Peña, M. y Romero, H. (2005). 'Relación espacial y estadística entre isles de calor de superficie, coberturas vegetales, reflectividad y contenido de humedad del suelo en la ciudad de Santiago y su entorno rural'. *Anales de la Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas*. Año 2006: p. 24-28.
- 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.
- Oke, T. (1995). *Boundary Layer Climates*. Routledge, London & New York, Second Edition, 435 p.
- Romero, H. y Sarricolea, P. (2006). 'Patrones y factores de crecimiento espacial de la ciudad de Santiago de Chile y sus efectos en la generación de islas de calor urbanas de superficie'. In J.M. Cuadrats; M.A. Saz Sánchez; S.M Vicente Serrano; S. Lanjeri; M. de Luis Arrillaga y J.C. González Hidalgo (editores),

- Clima, Sociedad y Medio Ambiente*, p. 827-837. Publicaciones de la Asociación Española de Climatología, Serie A, n.º 5.
- Romero, H. and Vásquez, A. (2007). 'Geography for urban sustainable development: Student's proposals to deal with Santiago de Chile urban sprawl'. In Margaret Robertson, *Sustainable Futures*, p. 125-151. ACER Press, Australia.
- Romero, H., Molina, M., Moscoso, C. y Smith, P. (2007a). 'Cambios de usos y coberturas de los suelos asociados a la urbanización de las metrópolis chilenas'. *Anales de la Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas*, Año 2006: 194-198.
- Romero, H., Moscoso, C., Smith, P. (2007b). 'Lecciones y conclusiones sobre la falta de sustentabilidad ambiental del crecimiento espacial de las ciudades chilenas'. *CD de resúmenes del Coloquio Del País Urbano a País Metropolitano*. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Romero, H., Molina, M. Y Sarricolea, M. (2007c). Justicia ambiental y la relación espacial entre la concentración de contaminantes atmosféricos y la condición socioeconómica de los habitantes de la ciudad de Santiago. Libro de resúmenes V Congreso interamericano de calidad del aire AIDIS, Santiago, julio 2007.
- Romero, H., Moscoso, C., Smith, P., Fuentes, C. y Vasquez, A. E. (2008). 'Efectos ambientales de la urbanización de cuencas en las metrópolis chilenas'. *Revista de Geografía Norte Grande*. (Enviada).
- Silva, E. N. e Ribeiro, H. (2005). 'Alterações Microclimáticas em Ambientes de Favela: Metodologia de Avaliação Empregada na Favela de Paraisópolis - São Paulo, Brasil, 2003'. *GEIOUSP - Espaço e Tempo*, São Paulo, n. 18, 2005
- Tarifa, J. R. e Armani, G. (2001) 'Os climas urbanos'. In J. R. Tarifa & T. R. de Azevedo (orgs.), *Os climas na cidade de São Paulo: teoria e prática*, p. 47-69. São Paulo: Pró-Reitoria de Cultura e Extensão. Universidade de São Paulo: Laboratório de Climatologia. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo.
- Vásquez, A., Salgado, M. y Romero, H. (2007). 'Desigualdades socioeconómicas y distribución inequitativa de los peligros ambientales en las comunas de Peñalolen y San Pedro de la Paz'. *CD de resúmenes del Coloquio Del País Urbano a País Metropolitano*. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Vasquez, A. E., Salgado, M., Romero, H. y Smith, P. (2008). 'Desigualdades socioeconómicas y distribución inequitativa de los riesgos ambientales en las comunas de Peñalolen y San Pedro de la Paz. Una Perspectiva de Justicia Ambiental'. *Revista de Geografía Norte Grande*. Instituto de Geografía de la Pontificia Universidad Católica de Chile (Enviada)
- Vásquez, A. y Romero, H. (2007). 'El libremercado de las áreas urbanas y la falta de justicia ambiental en la disponibilidad de áreas verdes en Santiago de Chile'. *Scripta Nova*, Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, Universidad de Barcelona, (En Prensas).
- Withford W., Ennos, A. and Handley, J. (2001). 'City form and natural process: Indicators for the ecological performance of urban areas and their application to Merseyside, UK'. *Landscape and Urban Planning* 57, p. 91-103.