

CAMBIO CLIMATICO Y SUSTENTABILIDAD URBANA DE LAS METRÓPOLIS CHILENAS

H. Romero, M. Molina, C. Moscoso, P. Sarricolea y A. Vásquez.

Laboratorio de Medio Ambiente y Territorio

Departamento de Geografía

Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Universidad de Chile

Proyecto FONDECYT N°1080080

1. Introducción

Las ciudades son al mismo tiempo causa y efecto de los cambios climáticos. Los procesos y efectos de los cambios climáticos comprometen especialmente a las ciudades chilenas, donde se concentra la mayoría de la población y de las actividades económicas.

Los cambios en los climas urbanos están asociados principalmente a la generación y desarrollo de las islas de calor y a alteraciones en los ciclos hidrológicos, particularmente en términos de Áreas Totales Impermeables (ATIs) y Coeficientes de Escorrentía, causados por la urbanización de cuencas. Los cambios climáticos en las ciudades son resultantes de los procesos de crecimiento espacial y densificación de las ciudades, lo que se advierte claramente en las áreas metropolitanas de Santiago y Valparaíso. Los cambios en los usos y coberturas de los suelos que se relacionan directamente con la generación de islas de calor y desaparición de islas frías han sido analizados en Santiago a escala de la ciudad en su conjunto y de paisajes urbanos específicos, mediante series temporales de imágenes satelitales LANDSAT, fotografías aéreas, estaciones meteorológicas fijas y campañas de mediciones móviles, realizadas en las estaciones de verano e invierno de los años 2007 y 2008.

Las modificaciones de las ATIs y de los coeficientes de escorrentía se presentan para cuencas seleccionadas de Valparaíso y Viña del Mar (Avenida Francia, Subida Yolanda y Miraflores). Estas modificaciones han sido analizadas a escala de subcuencas, identificando los cambios en las tasas de impermeabilización causados por la sustitución y cambio de los usos y coberturas de los suelos y las alteraciones de las áreas de descarga y recarga de los acuíferos. Los coeficientes de escorrentía han adicionado a las ATIs, las propiedades físicas de los suelos y las pendientes.

Los cambios climáticos al interior de las ciudades son un fenómeno en desarrollo y su acentuación depende de su acoplamiento a los procesos globales o de las acciones de mitigación que se emprendan, especialmente en términos de asignaciones de usos de suelo, reverdecimiento urbano y diseños ambientalmente sustentables. Tratándose de paisajes urbanos, se debe considerar la relación entre sus características biofísicas y socioeconómicas, para lo cual se han empleado métodos estadísticos multivariados. Los climas urbanos y sus posibilidades de cambio dependen más de factores socioeconómicos que naturales.

2. Expansión urbana y cambio climático en Santiago

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 Hás construidas en 1975 a más de 65.000 el año 2005 (Romero et al., 2006). 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, como se observa en la figura 1. 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.

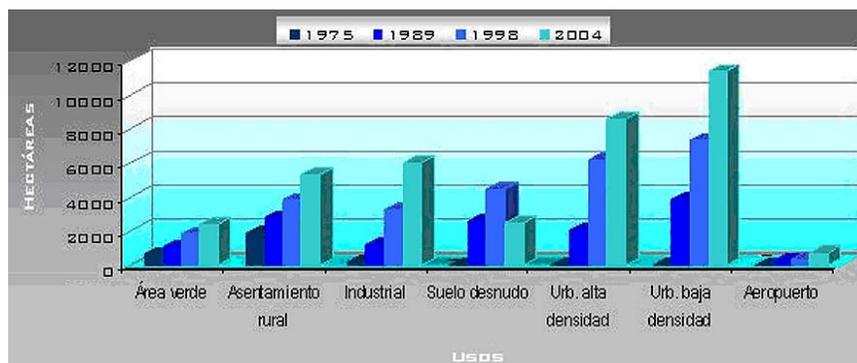


Figura 1: Cambios de usos y coberturas en la ciudad de Santiago entre 1975 y 2004. Fuente: Elaboración propia

La sustitución de áreas agrícolas o naturales por usos urbanos afecta severamente el medio ambiente de la ciudad (Pickett et al., 2001; Whitfold et al., 2001). Una de las modificaciones más relevantes corresponde a las alteraciones climáticas (Peña y Romero, 2006; Romero y Sarricolea, 2006), que son una consecuencia directa del desaparecimiento de los paisajes naturales y las cubiertas vegetales que regulan las temperaturas superficiales y del aire de la ciudad, produciendo un proceso de calentamiento que localiza islas de calor en el borde occidental de Santiago en las primeras horas del día, que migran hacia el centro al mediodía y que se ubican en esa zona durante las noches (figura 2).

Las temperaturas más altas del 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, 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 Cerrillos. El resto de la ciudad y particularmente el centro histórico permanece más frío durante las mañanas, permitiendo, por comparación con los bordes del poniente, el desarrollo de islas de calor no urbanas. Sin embargo, la figura 2 muestra que 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 invierno.

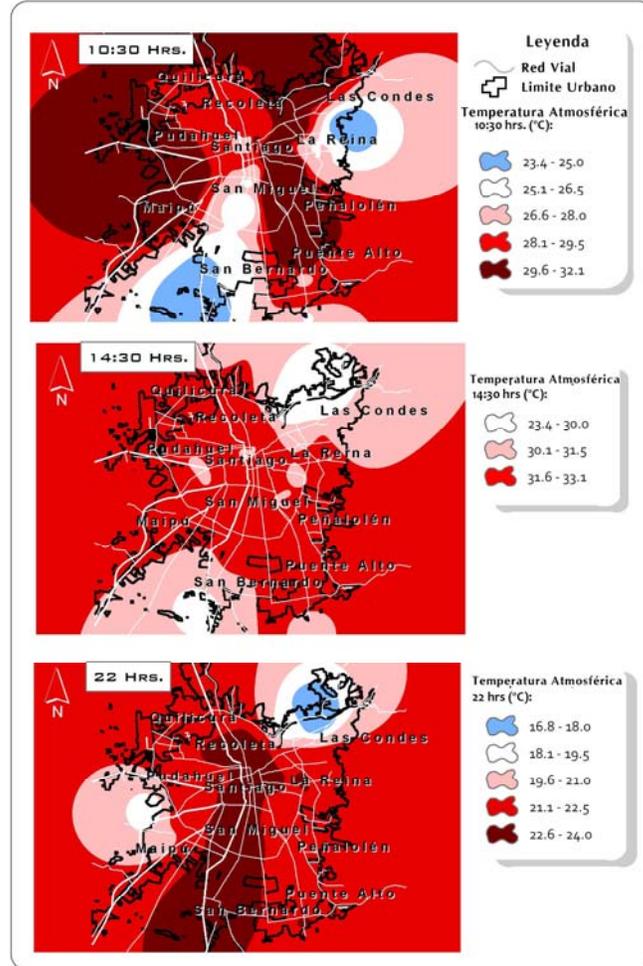


Figura 2: Evolución diaria de las temperaturas atmosféricas en Santiago
Fuente: Elaboración propia

Las relaciones espaciales entre los usos y cubiertas de la tierra y las temperaturas del aire de la ciudad y su evolución diaria se presentan en la figura 3. Tal como se ha indicado, se desarrollan islas de calor no urbanas en las primeras horas del día, que parecen estar más relacionadas con las cargas de insolación y la presencia de suelos oscuros antes que con la naturaleza de los cuerpos urbanos. Sin embargo, al mediodía, se comienzan a desarrollar micro islas de calor urbano sobre las áreas construidas más notables e impermeabilizadas, tales como los aeropuertos y zonas industriales, que alcanzan las temperaturas más elevadas en el verano ($32,5^{\circ}\text{C}$). En la noche estas islas de calor se consolidan espacialmente sobre las zonas industriales, aeropuertos y áreas residenciales de alta densidad. Una diferencia promedio de 2°C se registra entre las temperaturas del aire de las áreas residenciales de alta y baja densidad como consecuencia de los diferentes porcentajes de áreas verdes e impermeabilizadas. Las áreas más cálidas y más frías son resultantes de controles socioeconómicos antes que de factores naturales y dependen mayormente de la planificación urbana y por ende, de decisiones adoptadas por la sociedad.

Honjo et al.(2003) y Elliason (1999) ha enfatizado el rol que la vegetación y la impermeabilización juegan en términos del desempeño climático de las ciudades. Ambos factores no sólo controlan la distribución espacial de las temperaturas sino que también explican las diferencias de micro escala dentro de zonas urbanas de densidad o usos del suelo similares (figura 4). En el caso de Santiago, las coberturas vegetales de hasta 40% explican reducciones relevantes de las temperaturas de los espacios urbanos.

Las islas de calor se pueden considerar una degradación ambiental relevante de la calidad ambiental de las ciudades. No sólo generan el stress térmico que afecta el confort de la población, sino que además facilitan la contaminación fotoquímica de la atmósfera (que afecta a la salud) y la convergencia de las plumas de contaminación hacia las áreas más cálidas de la ciudad. La relación entre el fortalecimiento de las islas de calor urbano y la ocurrencia de ondas de calor en las ciudades es una preocupación creciente (Hoffer et al., 2008).

Los planificadores y los gestores urbanos comparten importantes responsabilidades sobre los cambios climáticos actuales y futuros en las ciudades. Las actuales bajas condiciones de calidad de vida urbana que afectan a la mayor parte de la población de Santiago –disconfort térmico, contaminación atmosférica, enfermedades respiratorias y crónicas relacionadas, riesgos naturales como inundaciones, avalanchas y anegamientos- revelan severas y permanentes fallas en la planificación y gestión de las ciudades chilenas y constituyen un urgente llamado para resolver estos problemas acumulativos.

Las tasas de impermeabilización y las cubiertas vegetales –ambas dependientes de decisiones políticas- deben ser consideradas en la preparación de planes reguladores y adopción de decisiones acerca de las asignaciones de usos de los suelos, densidades urbanas, naturaleza y localización de los parques y áreas verdes urbanos, cinturones verdes y corredores ecológicos, pensando en términos de control climático, mejoramiento de la calidad de vida y mayor equidad social. Como sucede a escala global, los cambios de clima en las ciudades no son un asunto puramente biofísico sino un creciente problema social, cultural y político.

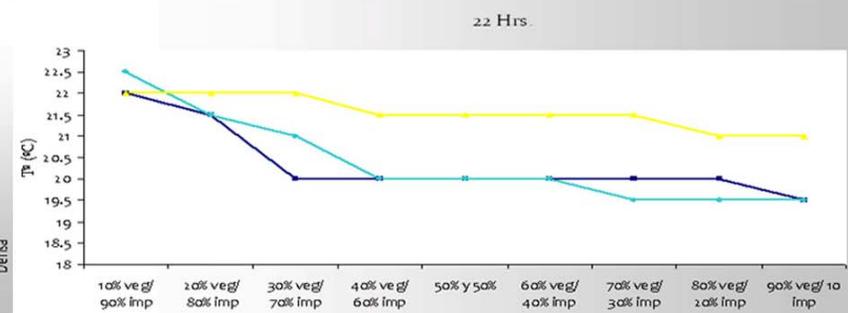
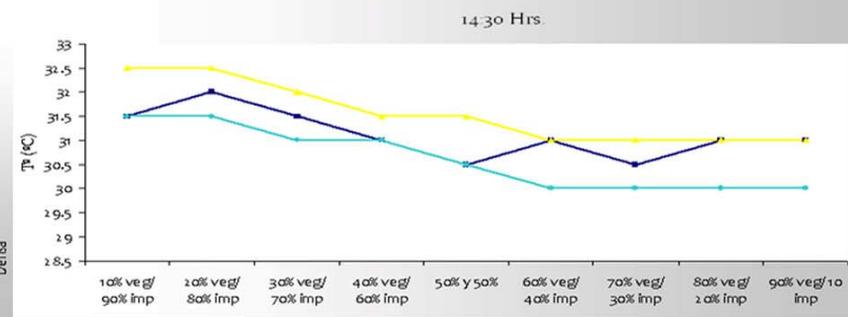
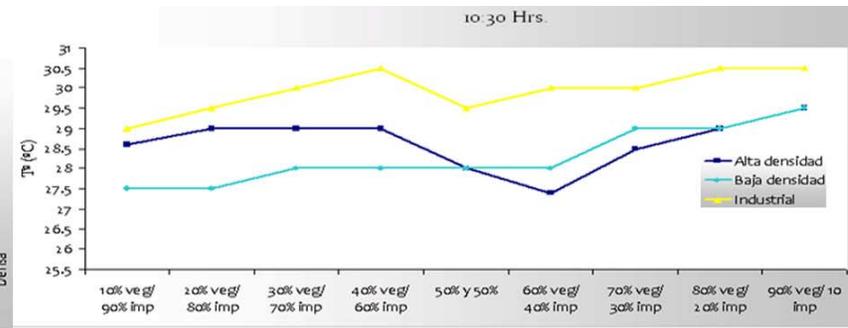
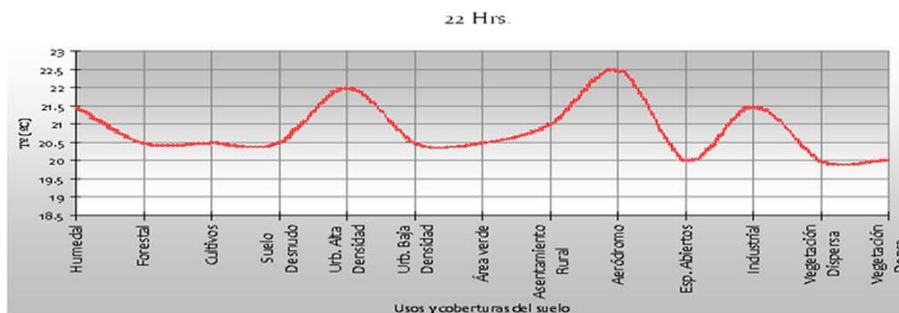
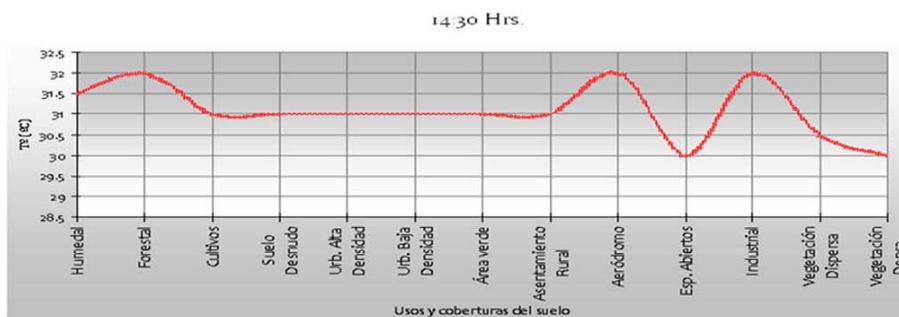
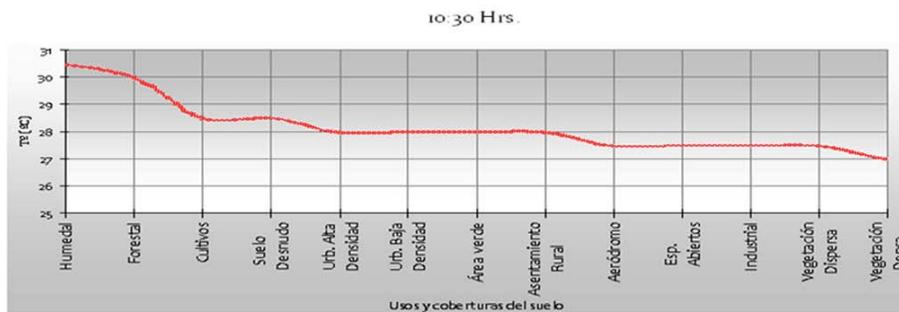


Figura 3: Relación espacial entre usos/coberturas de suelo y temperaturas del aire en Santiago.
Fuente: Elaboración propia

Figura 4: Temperaturas atmosféricas de acuerdo a cobertura vegetal y porcentaje impermeable en Santiago de Chile.
Fuente: Elaboración propia

3. Efectos de la expansión urbana de Valparaíso sobre las tasas de impermeabilización y de escorrentía.

El ciclo hidrológico es uno de los componentes climáticos más relevantes, especialmente en lo que dice relación con la evapotranspiración (traspaso de agua desde las plantas y los suelos hacia la atmósfera que la humidifica y enfría), la infiltración de las aguas de lluvia en los suelos y el escurrimiento de las mismas aguas abajo.

Debido a su compleja orografía, Valparaíso alcanza extremos niveles de heterogeneidad ambiental, conformando un complejo mosaico de paisajes naturales y culturales, que se explica también por la continua ocupación humana de una serie de cuencas que están formadas por cerros y laderas de mucha pendiente y numerosas quebradas que drenan sucesivos niveles de terrazas de abrasión marina, que pueden alcanzar gran altura, hacia el plan, una terraza inferior plana y angosta donde se ubican las principales funciones y servicios urbanos.

La urbanización de cuencas modifica las Áreas Totales de Impermeabilización (ATIs) o los porcentajes de las superficies de las cuencas que han sido efectivamente sellados por los usos urbanos de los suelos y que finalmente determinan la proporción de las aguas de lluvia que se infiltran en el sitio o que escurren aguas abajo. Las tasas de impermeabilización varían substancialmente entre aquellas superficies que están completamente cubiertas por vegetación, que infiltran cerca del 100% de las aguas de lluvia, y aquellas áreas ocupadas por zonas comerciales o cubiertas por edificios y áreas residenciales de alta densidad, dónde la infiltración es casi nula y el agua debe drenar la zona completamente.

Las tasas de impermeabilización de los diferentes usos y cubiertas de suelos determinan los Coeficientes de Escorrentía (CE), o la cantidad de aguas lluvia que desciende por las laderas de los cerros. El incremento de las TIAs y los CE tiene efectos relevantes en el clima de las ciudades. Bajo los escenarios de ocurrencia de lluvias más concentradas y estacionalmente irregulares, deberían aumentar los riesgos naturales en términos de inundaciones, flujos de sedimentos y remoción en masa, disminuir la recarga de los acuíferos y aumentar el calor disponible debido a la reducción de la evaporación. Adicionalmente y debido a que la urbanización consiste en la sustitución de cubiertas vegetales por áreas pavimentadas y techos y paredes de edificaciones, desaparecen muchos servicios ambientales que controlan el desarrollo de las islas de calor urbano, filtran la contaminación del aire y ofrecen hábitats para las especies silvestres y sitios de recreación a la sociedad urbana.

Las cuencas urbanizadas son un mosaico complejo de mezclas de diferentes usos y coberturas de la tierra. Aunque la urbanización requeriría ser cuidadosamente planeada, la ocupación de cuencas en Valparaíso, y en todas las ciudades chilenas, ha sido por el contrario, esencialmente espontánea, especialmente por parte de grupos sociales más pobres y vulnerables. Algunos indicadores cuantitativos son requeridos para facilitar la toma de decisiones y para monitorear el desempeño de estos espacios urbanos, particularmente bajo escenarios climáticos de elevada incertidumbre. Las TIAs favorecen la consideración de diferentes tipos de manejo de los usos del suelo debido a que pesan la incidencia de las tasas de impermeabilización de las casas, calles, parques y otros usos urbanos, de acuerdo a

la superficie que ocupan al interior de una misma cuenca. Una intensificación de la impermeabilización causada por la construcción de viviendas sociales aguas arriba puede ser compensada por la mayor infiltración que ocurrirá en áreas verdes localizadas aguas abajo.

En Valparaíso existen aún grandes cubiertas de vegetación natural en las cuencas. Sin embargo, la continua expansión urbana está progresando ladera arriba, incrementando las TIAs y los CE (Dietz & Clausen, 2007), como se puede observar en la figura 5, que corresponde a la evolución de Subida de Yolanda, una cuenca urbanizada que se superpone a la anterior cuenca natural.

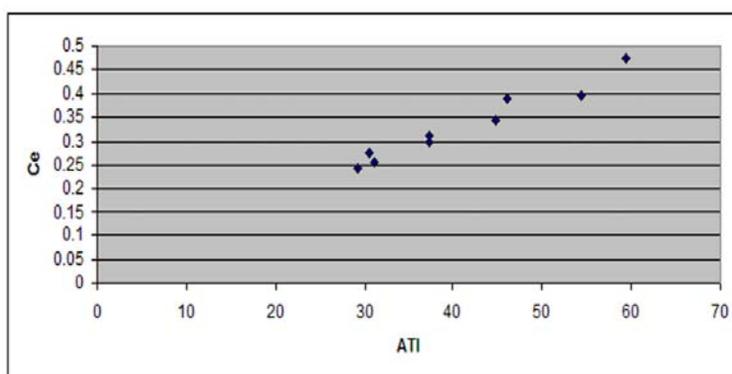


Figura 5: Correlación entre Áreas Totales Impermeables y Coeficientes de Escorrentía en la cuenca de Subida Yolanda, Valparaíso 2005. Fuente: Elaboración propia

El cuadro 1 presenta las tasas de impermeabilización de cada uno de los usos y coberturas de tierra que conformaban la cuenca urbanizada de Subida Yolanda, siguiendo el modelo propuesto por Stanuikynas & Van Abs (2000). La figura 6 ilustra los cambios en los usos y coberturas de suelos que han tenido lugar en esta cuenca de Valparaíso entre los años de 1980 y 2005 y el Estado de Salud de las Cuencas Urbanizadas, de acuerdo a Arnold & Gibson (1996).

La urbanización de la cuenca de Subida Yolanda ha aumentado sistemáticamente las áreas totales impermeabilizadas- En 1980 ellas cubrían 22,7% de la superficie de la cuenca. En 1994 había aumentado a 31,1% y en el año 2005, a 45,2%, tornando muy difícil conseguir un verdadero desarrollo urbano sostenible en este paisaje emblemático y típico de Valparaíso y de muchas otras ciudades costeras (Mendonza e Lombardo, 2008; Mendonza y Romero, 2008). Algunas urbanizaciones se han construido en pendientes mayores que 60°, significando un importante riesgo social, especialmente respecto a avalanchas y remoción en masa que han ocurrido siempre, matando personas y destruyendo viviendas e infraestructuras. Es importante tener en cuenta que los modelos de escenarios de cambio climático predicen una mayor concentración de las lluvias en esta parte del país. En Valparaíso, bajo condiciones climáticas de tipo mediterráneas, el promedio anual de lluvias es de alrededor de 400 mm que precipitan en 30 días, registrados solamente entre mayo y septiembre.

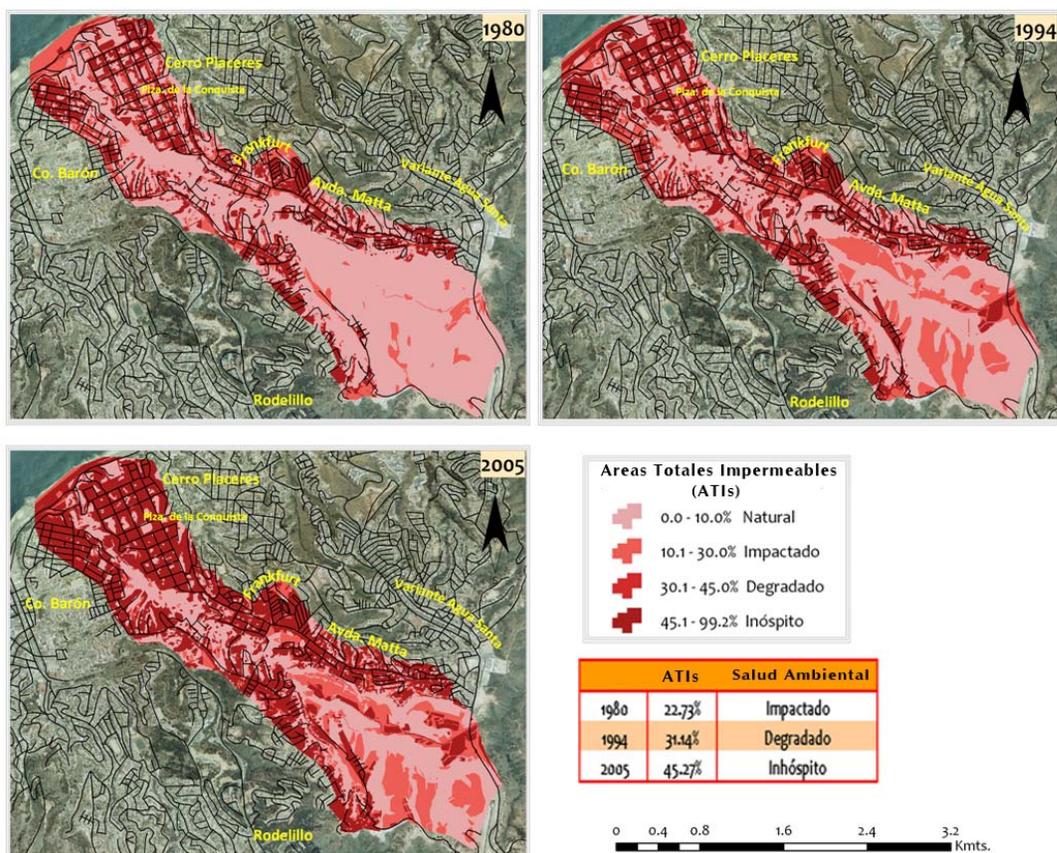


Figure 6: Cambios en la salud ambiental de la cuenca de Subida Yolanda entre 1980 y 2005. Fuente: Elaboración propia

Cuadro 1.

Tasas de impermeabilización según usos y coberturas del suelo en cuenca de Subida Yolanda. Fuente: Elaboración propia

<i>Usos y coberturas de los suelos</i>	<i>Tasa de impermeabilización (%)</i>
<i>Área Verde Artificial</i>	4.6
<i>Suelo Desnudo</i>	19.8
<i>Residencial de Alta Densidad</i>	89.2
<i>Residencial de Baja Densidad</i>	66.4
<i>Comercial</i>	81.1
<i>Industrial</i>	80.8
<i>Red vial Primaria</i>	99.2
<i>Red vial Secundaria</i>	85.6
<i>Área Verde Remanente Densa</i>	0.7
<i>Área Verde Remanente Dispersa</i>	4.1
<i>Espacios Abiertos</i>	17.1
<i>Cauce</i>	0.0

Las lluvias de mayor concentración deben ser consideradas en la estimación de los Coeficientes de Escorrentía, siguiendo el Método de Curva Número propuesto por Torres

(2004). La precipitación media máxima en Valparaíso para 24 horas se estima en 82,7 mm. El cuadro 2 muestra los coeficientes de escorrentía para cada uno de los usos y coberturas principales del suelo en una cuenca urbanizada representativa de las de Valparaíso.

Cuadro 2.

Coefficientes de escorrentía según usos y coberturas de suelos en la cuenca de Subida Yolanda

Uso de suelo	Ce
Área Verde Artificial	0.143
Suelo Desnudo	0.249
Residencial de Alta Densidad	0.738
Residencial de Baja Densidad	0.554
Comercial	0.738
Industrial	0.628
Red vial Primaria	0.928
Red vial Secundaria	0.738
Área Verde Remanente Densa	0.082
Área Verde Remanente Dispersa	0.110
Espacios Abiertos	0.206
Cauce	1.000

Fuente: Elaboración propia

Nuevamente, la urbanización no planeada y no gestionada adecuadamente ha causado un aumento relevante en el escurrimiento, pasando de 0,23% en 1980 a 0,29% en 1994 y 0,38% en el año 2005 (figura 7). Las razones para comprender porqué Valparaíso sufre más frecuentes y rápidas inundaciones podrían estar relacionadas con el incremento en los coeficientes de escorrentía causados por la urbanización incontrolada de sus cuencas.

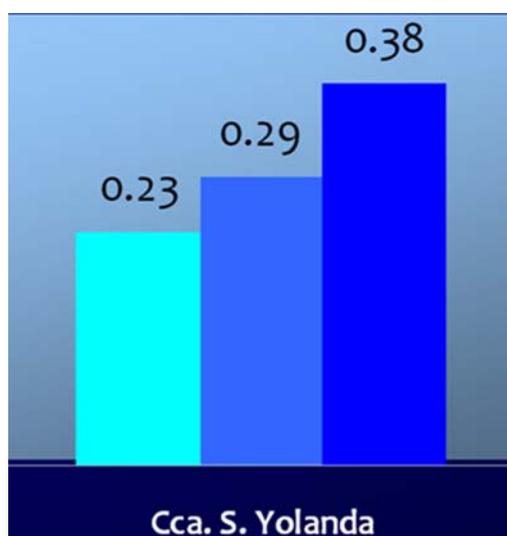


Figura 7: Cambios del Coeficiente de Escorrentía en la cuenca de Subida Yolanda entre 1980 y 2005. Fuente: Elaboración propia

4. Relaciones espaciales entre las temperaturas urbanas, la contaminación del aire y los niveles socioeconómicos de la población urbana

Se ha mencionado en párrafos anteriores que las islas de calor y las temperaturas de la ciudad de Santiago varían temporal y espacialmente. Las temperaturas son más altas en el borde occidental de la ciudad durante el inicio de la mañana y más frías en las noches. Contrariamente, el centro de la ciudad es más fresco en las mañanas y más cálido en las noches. Comparando ambos sectores de la ciudad, las oscilaciones diarias de temperaturas son mayores en las áreas del Poniente. La distribución de las temperaturas del aire se relaciona también con la de la contaminación atmosférica, tomando como ejemplo lo que sucede con el Material Particulado MP10 (aerosoles contenidos en la atmósfera de tamaño menor a 10 micras que son totalmente respirables y dañinos para la salud). La figura 8a muestra que existe una relación logarítmica entre las temperaturas del aire y las concentraciones de MP10 que explica el 86% de la varianza. Las concentraciones nocturnas de MP10 aumentan con las temperaturas, particularmente entre los 19 y 22°C. Eso significa que la contaminación atmosférica se concentra en el centro de la ciudad durante las noches y sobre el borde poniente durante las mañanas.

La figura 8b relaciona las temperaturas urbanas con la distribución de la población según sus condiciones socioeconómicas. Un $R^2=0,819$ indica que ambas variables se correlacionan fuertemente. La población de altos ingresos reside en áreas de temperaturas urbanas menores debido a que sus casas son de densidad más baja y tienen numerosas áreas verdes en sus alrededores. La clase alta (ABC1) es el único grupo social que puede obtener temperaturas moderadas 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. El modelo de correlación logarítmica ha sobrestimado las temperaturas registradas en áreas ocupadas por las clases sociales más bajas.

La calidad del aire, representada por la distribución del material particulado, se relaciona también en forma significativa con las áreas socioeconómicas de la ciudad, tanto en las noches de invierno como de verano ($R^2=0,84$ y $R^2=0,79$, respectivamente). En las noches de verano (figura 8c), cuando la calidad del aire es buena en la ciudad entera, las micropartículas son aun menores en las áreas donde vive la gente rica. Tales condiciones ambientales de las áreas donde reside la gente más afluyente de la ciudad, se corroboran en la estación de invierno, cuando la contaminación del aire es el problema ambiental más relevante en Santiago (figura 8d). Durante las noches de invierno, sólo las áreas urbanas donde reside la población de más altos ingresos puede tener una buena calidad del aire. El resto de la ciudad presenta una calidad del aire regular, donde vive la clase media, o definitivamente mala, donde residen las personas de los grupos medios de ingresos bajos y pobres.

Un incremento de las temperaturas urbanas, asociado a valores más elevados de carácter global, por lo tanto, debería acentuar las diferencias entre los diversos sectores sociales de las ciudades, consolidando una auténtica serie de injusticias ambientales, es decir, la sobrecarga de efectos negativos sobre los sectores más desfavorecidos y vulnerables. Entre esas sobrecargas se encuentra la contaminación atmosférica, que ya presenta una

distribución espacial totalmente injusta, que se debería agravar en el futuro, afectando en forma desproporcionadamente negativa la salud y calidad de vida de la mayoría de la población de Santiago.

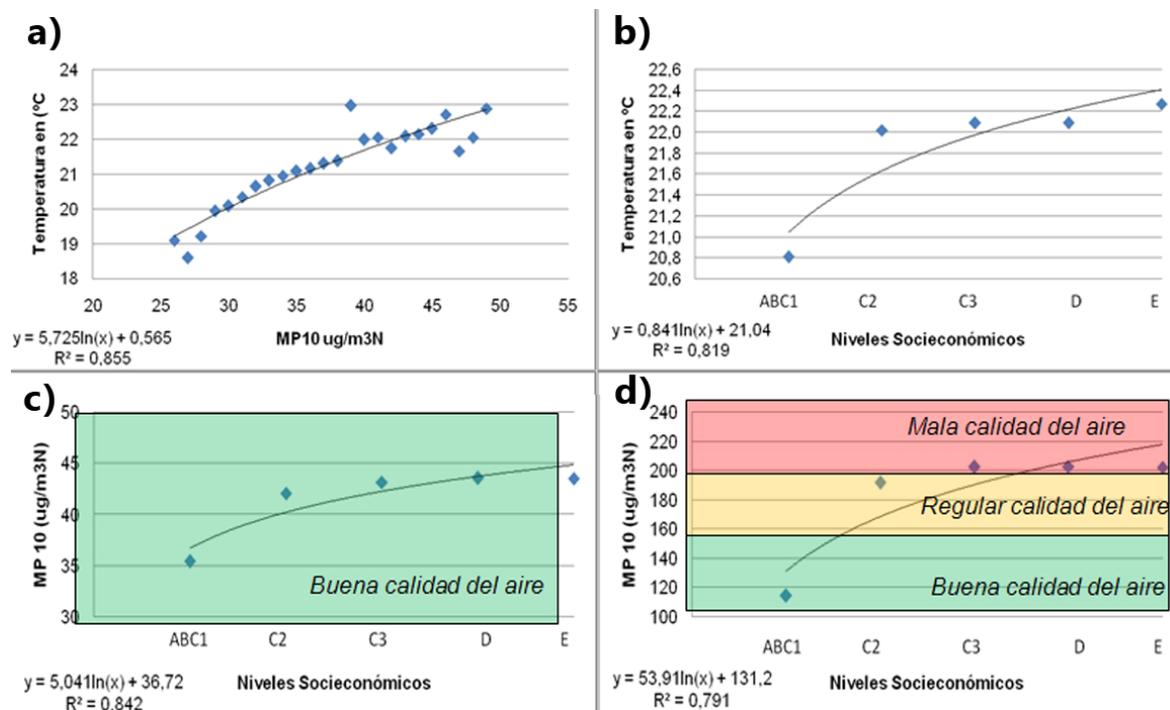


Figura 8: Relación entre temperaturas del aire, material particulado y nivel socioeconómico en Santiago. Fuente: Elaboración propia

Como la figura 9a lo representa, Santiago es una ciudad muy segregada socioeconómicamente y los diferentes grupos sociales han tendido a instalarse en áreas urbanas muy específicas y excluyentes. La población más rica (grupo ABC1) se concentra espacialmente en las áreas del Este y Noreste, mientras que los sectores más pobres lo hacen en las áreas del W. La clase media se extiende entre ambas áreas, pero desde 1990 se observa un desplazamiento del sector más rico de la clase media hacia áreas tradicionalmente pobres, como consecuencia de la escasez y altos precios de los terrenos del sector oriental.

La figura 9b muestra la distribución del Índice de Contaminación por Partículas (ICAP) y su alta correlación espacial con la distribución socioeconómica de la población. Las concentraciones de MP10 son significativamente más bajas en las áreas donde residen los grupos de mayores ingresos, en el Este de la ciudad, y mucho más altas en los sectores del Oeste, donde los hace la mayoría de la población, perteneciente a los estratos de más bajos ingresos.

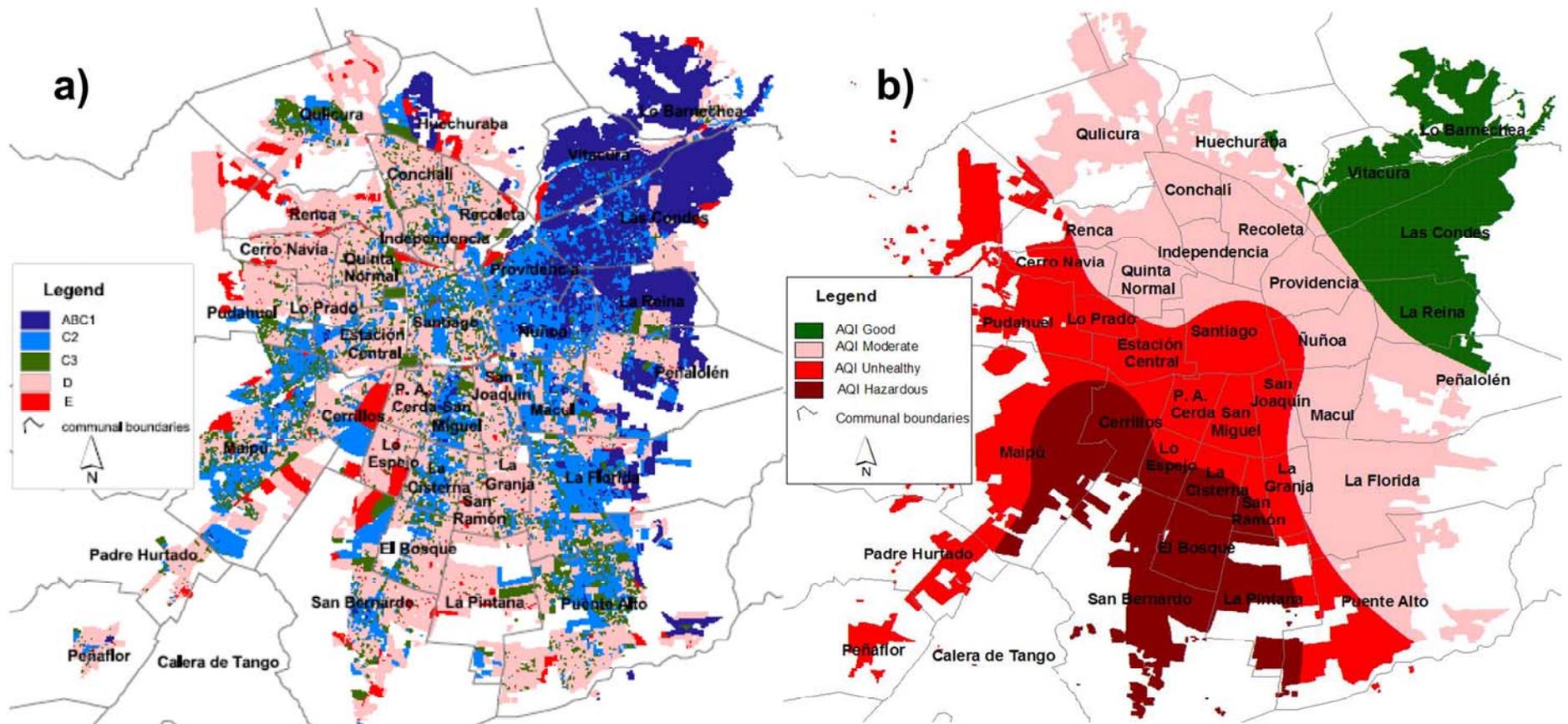


Figura 9: Distribución de los a) Niveles socioeconómicos y b) Material Particulado en Santiago a las 21:00 hrs. en invierno.

5. Conclusiones

Los cambios climáticos son un proceso constante al interior de las ciudades, como consecuencia de la generación de islas de calor, humedad y ventilación (aunque estos últimos no se han analizado en este trabajo). Estos cambios se pueden ver acentuados como consecuencia del calentamiento global, de tal forma que los aumentos de temperatura que se han predicho para las próximas décadas, inferiores a 1°C, podrían magnificarse sustancialmente al interior de las ciudades y metrópolis chilenas, no siendo raro que se registraran ondas de calor, como las que han afectado a ciudades europeas y norteamericanas.

Como los cambios climáticos de las ciudades se relacionan estrechamente con las formas y naturaleza de los espacios naturales y socioeconómicos, el peso de las decisiones que adoptan o dejan de adoptar los planificadores y gestores urbanos tienen severas consecuencias, que se traducen en riesgos naturales, contaminación ambiental y dañinos efectos sobre la seguridad y calidad de vida de las personas. Es importante que este tipo de asuntos ambientales sea incluido en los instrumentos y prácticas de localización, diseño y desarrollo estratégico y operacional de las ciudades chilenas.

Las evidencias indican, que como sucede a escala global, los efectos de los cambios climáticos al interior de las ciudades afectarán de manera discriminatoria a sus habitantes, concentrando sus rasgos negativos (mayores temperaturas, menor humedad, mayores inundaciones, avalanchas y remoción en masa, más altas concentraciones de contaminantes y tasas de enfermedades y mortalidad asociadas) sobre los sectores más numerosos y vulnerables de la sociedad. Ello implica que los procesos de cambio climático deben ser incluidos entre los problemas de injusticia ambiental que se aprecian nítidamente en las ciudades chilenas. Bajo tales injusticias, la sociedad nacional deberá adoptar medidas especiales de prevención y, esencialmente, de compensación, sobre las áreas y grupos sociales mayormente afectados. Entre esas medidas se encuentran el aumento significativo de las áreas verdes y los espacios públicos, el control de la ocupación de las tierras agrícolas y superficies naturales, especiales medidas de control de fuentes de emisión, mayor dotación de centros de salud y equipamientos urbanos, etc.

Bibliografía

ARNOLD J. and GIBBONS C.J. (1996). Impervious surface coverage: the emergence of a key environmental indicator. *Journal of the American Planning Association* 62 (2), 243-258.

DIETZ M. and CLAUSEN J. (2007). Stormwater runoff and export changes with development in a traditional and low impact subdivision; *Journal of Environmental Management* (2007), doi:10.1016/j.jenvman.2007.03.026.

ELIASSON I. (1999). The use of climate knowledge in urban planning. *Landscape and Urban Planning* 48, 31 – 44.

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, Varsaw, Sept. 1- 5. Poland.

MENDOÇA Y LOMBARDO. (2008). El clima urbano de ciudades subtropicales costeras atlánticas: el caso de la conurbación de Florianópolis. Revista de Geografía Norte Grande (Enviada).

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). 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.

PEÑA, M. Y ROMERO, H. (2006). Relación espacial y estadística entre las islas de calor de superficie, coberturas vegetales, reflectividad y contenido de humedad en el suelo en la ciudad de Santiago y su entorno rural. Ponencia presentada en el XXVI Congreso Nacional y XVI Congreso Internacional de Geografía, Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas. Octubre 2005, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.

PICKETT S., CADENASSO M., and GROVE J. (2001). Urban Ecological Systems: Linking terrestrial ecological, physical, and socioeconomic components of Metropolitan Areas. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 32, 127–157.

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. *Clima, Sociedad y Medio Ambiente: V Congreso de la Asociación Española de Climatología*, Sept. 18 – 21, 2006, Zaragoza, España.

ROMERO H., MOLINA M., MOSCOSO C., SMITH P. (2006). Cambios de usos y coberturas de los suelos asociados a la urbanización de las metrópolis chilenas. *Anales de la Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas*, en prensa.

STANUIKYNAS and VAN ABS (2000). Impervious Surface Methodology. A Methodology for Defining and Assessing Impervious Surfaces in the Raritan River Basin. New Jersey Water Supply Authority, for the Raritan Basin Watershed Management Project, May 2000.

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, 91-103.