

Efectos topoclimáticos de la Autopista Central Eje General Velásquez en la ciudad de Santiago de Chile durante enero de 2010¹

Cristián Henríquez Ruiz², Sebastián Espinosa Ramírez³

Resumen

Los materiales que componen la ciudad, incluyendo las autopistas urbanas, poseen una gran capacidad de almacenar la radiación solar y liberarla en forma de calor, incidiendo en el fenómeno de isla de calor urbana. En este contexto, el propósito de este trabajo es analizar la Autopista Central, eje General Velásquez, desde el sector rural en la comuna de San Bernardo hasta Renca, para conocer su topoclimatología en relación a los usos de suelo adyacentes y revisar las implicancias medioambientales sobre la ciudad de Santiago.

Palabras clave: Climatología urbana, Isla de Calor Urbana, Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

Abstract

The rough materials of city, even urban freeways, have a great ability to store and release solar radiation as heat, affecting the phenomenon of urban heat island. In this context, the purpose of this paper is to analyze the Central Freeway, General Velásquez Axis, from the rural sector in the municipality of San Bernardo to Renca, to know their local climatology in relation to adjacent land uses and review the environmental implications over the city of Santiago.

Keywords: Urban climatology, Urban Heat Island, Environmental Impact Assessment System.

1 Artículo resultado de proyectos FONDECYT N° 1100657 y N° 1080080. Recibido el 28 de agosto de 2011. Aceptado el 16 de septiembre de 2011.

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

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

Los efectos topoclimáticos de las distintas coberturas de suelo que conforman la ciudad pueden variar significativamente de acuerdo a las características, dimensiones y disposiciones que adoptan en el espacio urbano. De esta forma las infraestructuras urbanas, como por ejemplo las grandes autopistas, podrían afectar notablemente el comportamiento térmico, los patrones de ventilación y otros factores del palio urbano (*urban canopy layer*) (Moreno, 1997; Oke, 2004), así como influir indirectamente en la calidad del aire.

La expansión de la ciudad de Santiago, basada en los principios privatizadores del modelo económico neoliberal imperante, ha generado la necesidad de crear un sistema de conectividad vial adecuado y un sistema de transporte público eficiente, con el fin de disminuir los tiempos de viaje. Esto se ha traducido en la implementación, en las últimas décadas, de políticas públicas que han favorecido la creación de autopistas urbanas privadas, mediante sistemas de concesiones viales de los principales ejes de la capital, lo cual ha impactado fuertemente el paisaje urbano e incentivado el incremento del parque automotriz.

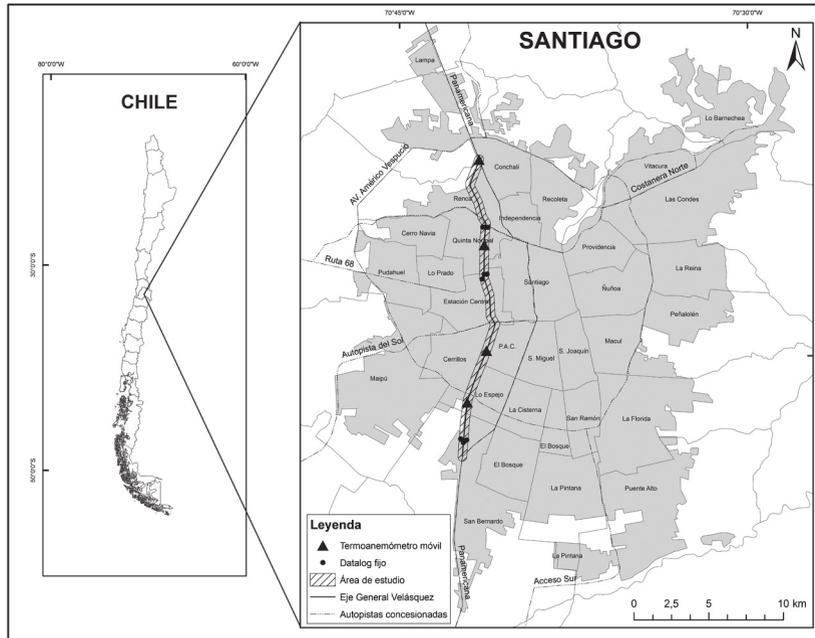
En el caso de las autopistas, los materiales físicos constituyentes poseen una baja reflectividad y una gran capacidad de almacenar la radiación solar durante el día, lo que genera la liberación de calor en forma gradual durante la noche, implicando a nivel local importantes diferencias en las condiciones climáticas en sus distintas secciones y los usos de suelo colindantes.

En este contexto, el propósito de este trabajo es analizar la Autopista Central, eje General Velásquez, desde el sector rural de la comuna de San Bernardo en el límite sur, kilómetro 12, hasta el cerro Renca en el límite norte, kilómetro 8, para conocer su topoclimatología en relación al comportamiento térmico, de humedad y vientos en distintos puntos de medición, incluyendo los usos de suelo adyacentes e identificar las implicancias medioambientales sobre la ciudad.

Área de Estudio

La ciudad de Santiago se ubica en la Región Metropolitana de Santiago, a una altitud media de 580 m.s.n.m. y posee una superficie urbana sobre las 65.000 hectáreas. La Autopista Central, eje General Velásquez, atraviesa de norte a sur la sección oeste del área urbana consolidada, desde la intersección con la Panamericana en la comuna de San Bernardo hasta la comuna de Renca, lugar donde se conecta nuevamente con la Ruta 5 (Figura 1).

Figura 1. Autopista Central Eje General Velásquez y puntos de medición



Fuente: Elaboración propia. En base a OTAS, 2003.

El clima de la ciudad de Santiago corresponde a Mediterráneo, también conocido como Templado Cálido (Csa, según clasificación de Köppen), caracterizado por presentar veranos cálidos y secos e inviernos fríos y húmedos. Durante el mes de enero del año 2010, mes de la recolección de los datos, la ciudad presentó una temperatura promedio de 21,8 °C y una humedad relativa del aire de un 41,6% (Dirección Meteorológica de Chile, 2011).

En la ciudad de Santiago se identifican tres tipos de vientos (Romero & Vásquez, 2005):

1. Vientos con predominio SW, asociados a las posiciones del Centro de Altas Presiones Regionales o Anticiclón del Pacífico Sur, que sólo son interrumpidos en invierno por el paso de las Depresiones Frontales que causan lluvias y se hacen acompañar de vientos del Norte y NW.
2. Vientos locales, asociados al desarrollo de las brisas provenientes del mar hacia el continente y del valle a la montaña, que presentan el predominio de vientos del Oeste durante el día y del Este durante la noche y madrugada, especialmente canalizados por los lechos de quebradas, esteros y ríos. Estos vientos se acoplan a los regionales para soplar especialmente del SW a NE durante el día y del NE al SW

durante la noche y madrugada, transportando, en ambos casos, la contaminación ambiental a través de la cuenca aérea del Mapocho-Maipo y pasando a través de portezuelos como el que se desarrolla al Norte del Cerro Chena, es decir en el Corredor de Cerrillos.

3. Circulación termal inducida por la isla de calor urbana, determinada por los flujos y brisas desde las periferias rurales más frías hacia los sectores céntricos más cálidos.

El área de estudio se definió en función de un área de influencia de 250 metros a cada lado de la autopista. A continuación, mediante la interpretación de un mosaico de imágenes satelitales del programa *Google Earth*, se identificaron los usos de suelo adyacentes. Las imágenes fueron trabajadas a una escala de 1:30.000, gracias a la ayuda del programa SIG ArcGIS 9.3. Los usos de suelo urbanos y periurbanos se basaron en la clasificación de Anderson (1976), mientras que los rurales en la propuesta de Henríquez (1988).

Los usos de suelo predominantes corresponden al residencial, que alcanza el 50%; seguido por el industrial con 22%; luego el comercial con un 11%; el suelo utilizado por el ex-Aeropuerto Cerrillos representa un 7%; el agrícola cubre un 6%; los destinados a equipamientos (áreas verdes) un 3% y, finalmente, los sitios eriazos representan sólo un 1%, de las 3.762 hectáreas que corresponden a la superficie total del área de estudio.

La presión del parque automotriz en la Región Metropolitana de Santiago

Según InfoCAVEM (Cámara Nacional de Comercio Automotriz de Chile, 2010), el parque automotriz de Santiago ha tenido un aumento del 25% en los últimos 5 años. Esto genera una gran presión sobre el sistema vial para satisfacer las demandas de transporte, especialmente del sector privado. En la actualidad, la Región Metropolitana concentra el 42% de los vehículos presentes en el país, lo cual representa un total de 1.325.000 vehículos circulando por las calles.

La estructura urbana de la ciudad de Santiago se ha transformando radicalmente debido a la nueva localización de viviendas en sectores periurbanos, y, al ya señalado exponencial crecimiento del parque automotriz, generando fuertes implicancias sobre el nivel de sustentabilidad de la ciudad difusa. En palabras de Estevan y Sanz (1994):

“Se han comparado las consecuencias del automóvil en la ciudad a los de una bomba lenta, una bomba cuya onda expansiva tuviera la virtud de trasladar edificios y actividades, aparentemente

intactos, a muchos kilómetros a la redonda, y cuyo principal efecto en el interior fuera el de destruir la propia esencia de las urbes: la convivencia y la comunicación entre los seres humanos” (citado en Naredo, 1996: 26).

Para solucionar los problemas derivados de esta transformación, en el año 1994 se crea el Plan de Desarrollo del Sistema de Transporte Urbano de Santiago, iniciativa público-privada para el período 1995–2010. Este Plan contemplaba, por un lado, el mejoramiento del transporte público a través de un nuevo e incipiente “Transantiago” y un aporte fiscal de \$2.400 millones de dólares. Por otro lado, se impulsó un programa enfocado a la creación de autopistas concesionadas, con aporte de capital estatal, por un total de \$1.800 millones de dólares (Greene y Mora, 2005).

En este contexto, surge el proyecto Autopista Central Sistema Norte-Sur que se divide en dos tramos: el primero correspondiente al eje Norte-Sur, Panamericana, con una extensión de 39,9 km, que comienza en la comuna de Buin y se extiende hasta la comuna de Quilicura, y el segundo, correspondiente al eje General Velásquez, con una extensión de 20,9 km, desde la comuna de San Bernardo hasta la comuna de Renca.

Evaluación Ambiental del Proyecto Sistema Norte-Sur

El proyecto denominado Sistema Norte-Sur, cuyo titular corresponde al Ministerio de Obras Públicas, ingresó al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental el 29 de noviembre de 1999, mediante la forma de Estudio de Impacto Ambiental (EslA). El proyecto está conformado por los ejes viales existentes “Presidente Jorge Alessandri Rodríguez y Presidente Eduardo Frei Montalva, que juntos conforman el eje Norte Sur, más los ejes Cerrillos, General Velásquez, Coronel Robles, Joaquín Walker Martínez y Apóstol Santiago, que juntos dan origen al eje General Velásquez. El proyecto involucra a las Comunas de San Bernardo, Lo Espejo, Cerrillos, Pedro Aguirre Cerda, La Cisterna, San Miguel, Santiago, Independencia, Conchalí, Quilicura, Renca, Quinta Normal y Estación Central” (RCA, 2000). Este último eje corresponde al área de estudio y se puede apreciar en la Figura 1.

El eje General Velásquez, de una extensión de 20,66 km, a su vez se dividió en tres tramos:

- Tramo Sur: comprende desde su intersección con el eje Norte-Sur por el Sur (sector Las Acacias), hasta su cruce con Carlos Valdovinos por el Norte, con una longitud de 8,9 km.
- Tramo Central: comprende desde su intersección con Carlos Valdovinos por el Sur, hasta el Río Mapocho por el Norte, con una longitud de 6,83 km.

- Tramo Norte: comprende desde el Río Mapocho por el Sur hasta su intersección con el eje Norte-Sur por el Norte (1,7 km al sur del nudo Quilicura), con una longitud de 7,93 km (RCA, 2000).

Las secciones se diferencian tanto por las características que presenta la autopista como por la composición de los usos adyacentes. El monto de inversión total del proyecto asciende a los 7,3 millones de Unidades de Fomento (UF); de los tres tramos presentes de la autopista, el tramo dos es el que presenta una mayor inversión, con 4,5 millones de UF.

El diseño de la Autopista Central, eje General Velásquez, presenta un ancho promedio de 35 metros con un máximo de 60 metros en el sector céntrico de la ciudad. La materialidad que compone a la autopista es predominantemente de hormigón, pavimento y asfalto. Al respecto, Garlandt (2008) plantea que estos materiales son los principales componentes de las autopistas tradicionales y también los principales generadores de islas de calor urbana, ya que poseen una gran absorción de calor durante el día y en la noche, éste se libera de forma gradual, alterando el medio.

En términos generales, el EslA considera los siguientes impactos ambientales: aire, ruido y vibraciones, medio socioeconómico (interrelaciones y flujos, expropiaciones, aspectos territoriales y de uso del suelo), edafología y arqueología. Respecto a los impactos relativos al componente aire, la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) plantea:

“El titular deberá presentar a la COREMA RM, para su aprobación, un Plan de Monitoreo de Aire Local en relación al NO_x, CO y PM₁₀, el que deberá encontrarse aprobado antes del inicio de la etapa de explotación del proyecto. El Plan mencionado permitirá asegurar que los niveles de impacto del proyecto en su área de influencia, no se incrementarán en el tiempo. Al respecto, ante un aumento de emisiones deberá presentar las correspondientes medidas de mitigación” (RCA, 2000).

Cabe señalar que no se consideran, explícitamente, los impactos de la autopista en la temperatura del aire superficial y otros elementos de alcance topoclimático relacionados con la contaminación atmosférica. Al respecto, Molina *et al.* (2009) describen una clara correlación entre áreas donde se presentan altas temperaturas y la presencia de concentración de material particulado (MP₁₀ y MP_{2,5}).

Las estructuras que presenta la autopista, están dadas principalmente por los pasos sobre nivel, pasos bajo nivel, rotondas y puentes. Estas estructuras corresponden a soluciones viales para intersecciones y lugares de importancia de la ciudad, no obstante el nivel de fragmentación urbana o

efecto “cicatriz” de esta vía sobre la trama urbana no es abordada de una manera integral en el EslA.

Una vez calificado favorablemente el proyecto, el 7 de septiembre de 2000, comenzó su construcción el año 2001 y su operación el 2004, bajo la administración de la Sociedad Concesionaria Autopista Central S.A. En el año 2007, se cursó una sanción al Ministerio de Obras Públicas por superación de los parámetros de ruido, estimados para la situación sin proyecto al año 2005, a petición de la SEREMI (Secretaría Regional Ministerial) de Salud Región Metropolitana, cursándose una multa de 100 Unidades Tributarias Mensuales por incumplimiento de normas y condiciones estipuladas en la RCA.

Es interesante destacar que a pesar que la concesión de la autopista está a cargo de una empresa privada, las multas son cursadas al Estado por ser el titular del proyecto. Al respecto cabe preguntarse: ¿es aceptable que las ganancias del proyecto sean capitalizadas por el sector privado mientras que las externalidades negativas sean cubiertas por el sector público?

Comportamiento térmico de la Autopista Central

Para la medición de las condiciones topoclimáticas presentes en la Autopista Central, eje General Velásquez, así como en los usos de suelo aledaños, se utilizaron dos tipos de instrumentos y aproximaciones. El primero, correspondiente a la medición de nueve puntos fijos a través de termohigrómetros Datalog, programados a intervalos de 10 minutos e instalados en tres lugares diferentes de la autopista; uno en la autopista propiamente tal, otro de forma paralela a la izquierda de ésta y otro a la derecha, a 250 metros del eje de la vía respectivamente, representando de esta forma distintos usos de suelo del área de estudio (ver Figura 2 y 3).

En segundo lugar, se realizaron transectos móviles, donde se midieron puntos de forma simultánea a lo largo de la vía, mediante termoanemómetros BTU Psychrometer, de las siguientes variables: temperatura del aire, humedad del aire, velocidad y dirección del viento y nivel de tráfico a distintas horas: 10:30, 15:00 y 23:00 hora local. Los cuatro puntos seleccionados se aprecian en la Figura 1.

Figura 2: Autopista a la altura de Av. Ecuador (Villa Portales al fondo).



Fuente: Sebastián Espinosa, 2010.

Figura 3. Comuna de Quinta Normal (Consultorio Los Andes al fondo)



Fuente: Sebastián Espinosa, 2010.

Las mediciones de las condiciones ambientales se realizaron durante el periodo de verano de 2010, debido a que el ángulo de incidencia del sol sobre la ciudad de Santiago se presenta más perpendicular que el resto del

año, lo cual se traduce en un incremento de la radiación solar sobre las superficies; así como también, una mayor acentuación del fenómeno de isla de calor urbana (Oke, 1987; Gartland, 2008; Gío-Argáez, 1989). Para ambas aproximaciones se midió aproximadamente a 1,5 metros de la superficie, protegiendo el instrumento de la radiación directa del sol (Rosenfeld *et al.*, 2001; Amorim *et al.*, 2009). Las mediciones se tomaron durante tres días consecutivos, desde el 31 de enero al 2 de febrero de 2010.

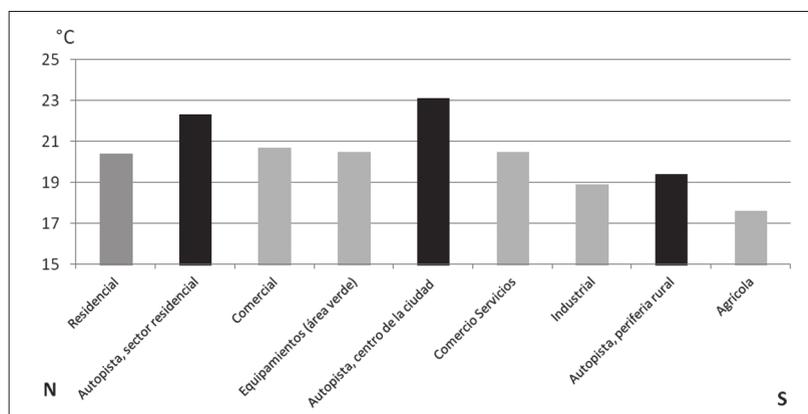
Los análisis de los datos meteorológicos se realizaron en horas significativas del día, especialmente donde se produce la máxima intensidad de la isla de calor (Pickett & Pauliet, en Molina, 2007). Se analizaron los datos de las 10:00 horas, pues a esta hora se registra el fenómeno de isla de frío, que está dado por el calentamiento más lento de la ciudad en relación a su entorno rural, principalmente por la absorción energética que presentan los materiales. Otra hora significativa dentro del día, para el estudio de fenómenos urbanos, es la hora de máxima temperatura, que corresponde a las 15:00 horas. Y por último, se tomaron datos a las 23:00 horas, ya que tres horas después de la puesta de sol, en la ciudad se aprecia el fenómeno de isla de calor en su máxima intensidad y la temperatura presenta importantes variaciones con respecto al entorno rural (Capelli *et al.*, 2001; Cuadrat, 2005; Amorim *et al.*, 2009) o para el caso de la investigación con los usos de suelo adyacentes.

Para reconocer las condiciones generales de temperatura de la ciudad y del área de estudio en particular, se procesó la banda térmica 6 del satélite *Landsat 5*, que posee una resolución espacial de 120 metros, captada el 29 de enero del año 2010. La imagen fue coincidente con la semana en que se efectuó el trabajo de medición de las condiciones topoclimáticas. En términos generales, el procesamiento de la imagen demostró que la ciudad de Santiago registró 32°C de temperatura del suelo en promedio, mientras que el área de estudio alcanzó los 35°C.

Los datos de temperatura recolectados, mostraron una distribución de temperaturas que delinear el fenómeno de isla de frío (Moreno, 1997) e isla y archipiélagos de calor urbano, donde se registraron importantes variaciones de temperatura y humedad entre la Autopista Central y los usos de suelo adyacentes. A saber: en promedio, la Autopista Central tiene una temperatura 1,9° C mayor que el uso de suelo residencial y 1,5° C superior al uso de suelo comercial. La máxima variación se presenta entre el uso de suelo recreacional, con 2,6° C bajo el nivel registrado en la Autopista Central, mientras que la diferencia de la vía con el ambiente rural es de 1,8° C.

Estas diferencias térmicas son más acusadas si se analizan las temperaturas de las 23:00 horas del día 29 de enero del 2010, momento en el que se produjeron las mayores diferencias campo-ciudad. Los resultados, de norte a sur, se muestran en la Figura 4:

Figura 4. Temperatura del aire en el eje General Velásquez de la Autopista Central y usos de suelos adyacentes, medidas a las 23:00 horas, el día 29 de enero del 2010



Fuente: Elaboración propia.

Condiciones similares se observan al analizar los datos arrojados por las mediciones móviles con los termoanemómetros, el día 2 de febrero de 2010 a las 10:30, 15:00 y 23:00 horas (Cuadro 1).

La rugosidad fue determinada mediante el método propuesto por Roulet (2005), el cual define zonas según la altura promedio de las edificaciones. De los cuatros puntos registrados, dos se clasificaron como "Ciudad", uno como "Centro de la ciudad" y el extremo sur como "Zona Urbano-Periferia". Se aprecia que a lo largo de la Autopista Central existe una importante variación de las variables observadas, como es el aumento de la temperatura del aire, desde la periferia sur (Américo Vespucio Sur) hacia el centro de la ciudad (Av. Mapocho), con una diferencia de 5,6° C medida a las 23:00 horas.

Cuadro 1. Mediciones móviles a lo largo de la Autopista Central Eje General Velásquez.

Intersección y Tipo de rugosidad	Hora	Temperatura del aire (°C)	Humedad del aire (%)	Velocidad del viento (m/s)	Tráfico vehicular
Autopista / Ruta 5 "Ciudad"	10:30	24,1	31,0	1,6	Bajo
	15:00	29,5	25,2	4,5	Bajo
	23:00	19,9	49,7	3,2	Bajo
Autopista / Av. Mapocho "Centro de la ciudad"	10:30	26,5	45,4	2,4	Alto
	15:00	28,3	43,1	3,4	Medio
	23:00	21,6	60,6	1,8	Bajo
Autopista / Ex-Aeropuerto Cerrillos "Ciudad"	10:30	21,5	33,7	1,5	Alto
	15:00	27,5	26,5	4,0	Alto
	23:00	15,6	78,1	1,8	Bajo

Autopista / Américo Vespucio Sur	10:30	21,5	39,0	2,0	Alto
	15:00	25,3	31,6	5,0	Alto
"Zona Urbano Periferia"	23:00	16,0	62,6	1,7	Bajo

Fuente: Elaboración propia.

La humedad relativa del aire no presenta contrastes tan significativos como la temperatura del aire, pero destaca el alto valor registrado en el sector del Ex-Aeropuerto Cerrillos.

En lo que respecta a la velocidad del viento, las máximas velocidades se encuentran a comienzos de la tarde (15:00 horas), con dirección predominante SW. Además, se aprecia una disminución de la velocidad en la medida que existe una mayor rugosidad o resistencia al viento por las edificaciones del centro de la ciudad.

Por otro lado, se puede decir que la Autopista Central no actuaría como un cañón urbano, pues, al utilizar la caracterización y metodología propuesta por Georgakis & Santamouris (2005), que consiste en realizar una relación entre ancho y altura de la vía, ésta arrojó un cociente de 0,08 en promedio en todo el largo de la autopista, mientras que los autores antes mencionados señalan que un cañón urbano tiene que tener valores de 0,7.

Conclusiones

De acuerdo a las mediciones estivales realizadas, la Autopista Central eje General Velásquez registra importantes variaciones topoclimáticas en relación al medio que la circunda y a la sección más periférica de ésta en función de la mayor temperatura del aire y a la baja intensidad del viento que se presenta en la sección más céntrica. El patrón de distribución espacial térmica que genera la autopista, asociado a su materialidad, estructura y nivel de tráfico, se podría catalogar como patrón de "río" o "vector" de calor urbano, ya que actúa como un eje cálido que conecta la periferia con las islas de calor urbanas presentes al interior de la metrópoli. Esta configuración se podría relacionar con las condiciones de ventilación de la cuenca, con la distribución y concentración de contaminantes y con el empeoramiento de la calidad del aire, sin embargo se requieren mayores estudios para demostrar estas causalidades y relaciones.

Si bien las autopistas surgen por la idea de descongestionar, descontaminar y modernizar las ciudades, éstas en la práctica pueden generar efectos y/o impactos adversos sobre el medio, especialmente por la acentuación del fenómeno de isla de calor urbana y emisión de gases de efecto invernadero, y su relación con la contaminación atmosférica que afecta a la población y equipamientos más vulnerables como hospitales, escuelas, jardines infantiles,

hogares de ancianos, entre otros. Además, fragmentan el paisaje urbano actuando como barreras que dificultan la conectividad y contacto entre personas y, por otro lado, generan un importante impacto en el nivel de ruido, vibraciones y confort climático. Experiencias internacionales en países desarrollados, demuestran que grandes autopistas que atraviesan la ciudad, como por ejemplo Nueva York, se encuentran en proceso de reconversión mediante iniciativas de soterramiento y de generación de nuevos espacios urbanos que inciden en el mejoramiento de calidad de vida y nivel de sustentabilidad de la ciudad.

Se recomienda que las políticas de transporte a nivel general y los planes o programas de concesiones viales a nivel específico, se sometan a una Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) de modo que se evalúen de manera integrada los impactos globales sobre el medio ambiente. Si bien las autopistas concesionadas son inversiones del sector privado, éstas nacen a partir de decisiones tomadas por el sector público debido a las necesidades y demandas sobre la infraestructura vial, por lo tanto, dentro de la planificación de las ciudades se debe tener en consideración los reales impactos que tienen las autopistas sobre el medio urbano, y de esta forma tomar medidas de mitigación que aminoren los impactos sobre la población y el medio.

Es de importancia que los instrumentos de planificación urbana, en este caso el Plan Regulador Metropolitano de Santiago y Planes Reguladores Comunes, se coordinen con los sistemas de concesiones viales para que sean evaluados a través de la nueva modalidad de EAE, y de esta forma valorar los impactos acumulativos y sinérgicos asociados al cambio de uso de suelo, franjas de expropiación y funcionamiento de las autopistas. En el caso de evaluar proyectos específicos de autopistas, a través de Estudios de Impacto Ambiental, es importante considerar el impacto sobre el clima local y los efectos de éste sobre la salud de las personas. Del mismo modo, es importante fortalecer los procesos de seguimiento y fiscalización ambiental de este tipo de proyectos, especialmente desde una óptica ciudadana.

Finalmente, se puede establecer la necesidad de seguir estudiando los efectos ambientales de otras autopistas y cañones urbanos en la metrópoli de Santiago, así como en otras ciudades de nuestro país.

Referencias bibliográficas

AMORIM, M.; NETO, J.L. & DUBREUIL, V. (2009). Estrutura térmica identificada por transectos móveis e canal termal do Landsat 7 EM cidade tropical. *Revista de Geografia Norte Grande*, Nº 43, pp. 65-80.

ANDERSON, J. (1976). *A land use and land cover classification system for use with remote sensor data*. Washington D.C.: United State Government Printing Office, Geological Survey Professional.

CÁMARA NACIONAL DE COMERCIO AUTOMOTRIZ DE CHILE (2010). *Balance Año 2009*. Año 5, N° 79, 9 de febrero de 2010. Santiago de Chile: InfoCavem Cifras del Mercado. Disponible y visitado en Internet: 28 de Mayo de 2010, [http://www.cavem.cl/sitio_socios/infocavem/Info-cavem-79.pdf].

CAPELLI, A.; PÍCCOLO, M.; HERNÁNDEZ, G. & NAVARRETE, G. (2001). La isla de calor estival en Temuco, Chile. *Papeles de Geografía*, pp. 49-60.

CUADRAT, J. (2005). Los efectos de la urbanización en el clima de Zaragoza (España): La isla de calor y sus factores condicionantes. *Boletín de la A.G.E.* N° 40, pp. 311-327.

DIRECCIÓN METEOROLÓGICA DE CHILE (2011). *Anuario Climatológico 2010*. Santiago de Chile: Dirección Meteorológica de Chile.

GARTLAND, L. (2008). *Heat Islands, understanding and mitigating heat in urban areas*. London: Earthscan London.

GEORGAKIS, C. & SANTAMOURIS, M. (2005). Wind and Temperature in the Urban Environment. En: Ghiaus, C. & Allard, F. (Ed.). *Natural ventilation in the urban environment*. London: Earthscan London, pp. 81-102.

GIO-ARGÁEZ, R. (1989). *Ecología urbana*. Ciudad de México: Sociedad Mexicana de Historia Natural.

GREENE, M. & MORA, R. (2005). *Las autopistas urbanas concesionadas: Una nueva forma de segregación*. Disponible y visitado en Internet: 28 de noviembre de 2009, [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-69962005006000009&lng=es&nrm=iso&tlng=es].

HENRÍQUEZ, M. (1988). *La fotointerpretación en la geografía rural*. Santiago de Chile: Servicio Aéreo Fotogramétrico.

MOLINA, M. (2007). *Efectos de los tipos de urbanización sobre la generación y comportamiento de las microislas de calor urbanas*. Santiago de Chile: Memoria para optar al Título Profesional de Geógrafo, Universidad de Chile.

MOLINA, M.; ROMERO, H. & SARRICOLEA, P. (2009). Características socioambientales de la expansión urbana de las áreas metropolitanas de Santiago y Valparaíso. En: Hidalgo, R.; De Mattos, C. & Arenas, F. (Eds.) *Chile: del país urbano al país metropolitano*. Santiago de Chile: Instituto de Geografía, Facultad de Historia, Geografía y Ciencia Política-Instituto de Estudios Urbanos, Pontificia Universidad Católica de Chile.

MORENO, M. (1997). Una propuesta de terminología castellana en climatología. *Investigaciones Geográficas*, N° 7, pp. 89-98.

NAREDO, J. M. (1996). Sobre la insostenibilidad de las actuales conurbaciones y el modo de paliarla. *Gaceta Ecológica*, N° 55, pp. 21-40.

OKE, T. (1987). *Boundary layer climates*. London: Routledge.

OKE, T. (2004). *Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observations at Urban Sites*. Geneva: World Meteorological Organization, Instruments and Observing Methods: Report N° 81. WMO/TD N° 1.250.

RESOLUCIÓN DE CALIFICACIÓN AMBIENTAL (RCA) (2000). *Resolución de Calificación Ambiental*. Santiago de Chile: Comisión Nacional del Medio Ambiente, Región Metropolitana de Santiago. Resolución Exenta N° 376/2.000.

ROSENFELD, E.; DISCOLI, C.; FERREYRO, C.; SAN JUAN, G.; MARTINI, I.; BARBERO, D.; DOMÍNGUEZ, C.; BREA, B.; MELCHIORI, M. & DICROCE, L. (2001). *Atlas energético-ambiental para la región del Gran La Plata. Desarrollo de metodología y aplicación*. Disponible y visitado en Internet: 2 de julio de 2010, [http://www.fau.unlp.edu.ar/descargas/investigacion/UI_2/publicaciones/atlas_energetico_ambiental.doc].

ROMERO, H. & VÁSQUEZ, A. (2005). La comodificación de los territorios urbanizables y la degradación ambiental en Santiago de Chile. *Scripta Nova, Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, Vol. 9, N° 194. Disponible y visitado en internet: 30 de mayo de 2010, [<http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-194-68.htm>]

ROULET, C. (2005). The Role of Ventilation. En: Ghiaus, C. & Allard, F. (Ed.). *Natural ventilation in the urban environment*. London: Earthscan London, pp. 20-35.

SGA IBERESIS (1999). *Estudio de Impacto Ambiental "Sistema Norte-Sur"*. Santiago de Chile: Comisión Nacional del Medio Ambiente Región Metropolitana.