

Characterization the average daily intensity and the vehicular traffic profiles in Distrito Metropolitano de Quito

Caracterización de la intensidad media diaria y de los perfiles horarios del tráfico vehicular del Distrito Metropolitano de Quito

Dayana Vega¹, René Parra^{1*}

¹Universidad San Francisco de Quito - Instituto de Investigaciones Atmosféricas - Colegio de Ciencias e Ingeniería
Diego de Robles y Vía Interoceánica, Quito - Ecuador.

* Autor principal/Corresponding author, e-mail: rrparr@usfq.edu.ec

Editado por/Edited by: Cesar Zambrano, Ph.D.

Recibido/Received: 29/09/2014. Aceptado/Accepted: 15/10/2014.

Publicado en línea/Published on Web: 19/12/2014. Impreso/Printed: 19/12/2014.

Abstract

On-road traffic is a significant source of air pollutants. The spatial and temporal configuration of on-road emissions should be described with the best available information, to underpin the air quality management, or to undertake studies about the behavior of pollutants in the atmosphere. The emission maps are typically built using intensity maps and hourly traffic profiles. We present an updated map for the year 2013, of the daily intensity of traffic of the Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) and its hourly variation by type of day, based on counting 335 points developed by the Secretary of Mobility from the Municipality of Quito. The roads with most traffic are located mainly in the north of the urban area of Quito and those that connect to the valleys of Los Chillos Cumbayá and Tumbaco. In the north, the traffic flow of working days is over Saturday flows (10 %) and Sundays (60 %). In the south, traffic flow on Saturdays is similar to the values of working days. On Sundays, the traffic intensity is reduced by 26 %. In roads of the urban area of Quito the traffic is reduced during holidays. However, in the ways of the periphery there is an increase (between 11 and 47 %) compared to the flow of the weekdays. In the future this information will be used to generate maps of high spatial and temporal resolution of the emissions of primary air pollutant. These maps will allow the performance of updated studies of air pollutants dispersion in the DMQ.

Keywords. DMQ, emission inventories, top-down approach, traffic profile.

Resumen

El tráfico vehicular es una fuente relevante de contaminantes del aire. La configuración espacial y temporal de las emisiones vehiculares debe caracterizarse con la mejor información disponible, para apuntalar la gestión de calidad del aire, o emprender estudios del comportamiento de los contaminantes en la atmósfera. Los mapas de emisión se estructuran típicamente en base de mapas de la intensidad y de los perfiles horarios de tráfico. Presentamos una caracterización actualizada al año 2013 de la intensidad media diaria del tráfico vehicular del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) y de su variación horaria por tipos de día, en base al conteo en 335 puntos desarrollado por la Secretaria de Movilidad del Municipio de Quito. Las vías con mayor actividad se localizan principalmente al norte de la zona urbana de Quito y en aquellas que conectan con los valles de Los Chillos, Cumbayá y Tumbaco. En la zona norte, el flujo vehicular de días laborables es mayor a los flujos de los sábados (en un 10 %) y domingos (en un 60 %). En la zona sur, el flujo vehicular de los sábados es similar a los valores de días laborables. Los domingos, la intensidad de tráfico se reduce en un 26 %. En la zona urbana de Quito el tráfico se reduce en días feriados. Sin embargo, en las vías de la periferia hay un incremento (entre 11 y 47 %) con respecto al flujo de los días laborables. A futuro esta información será utilizada para generar mapas de alta resolución espacial y temporal de las emisiones de contaminantes primarios del aire. Estos mapas permitirán el desarrollo estudios actualizados de dispersión de contaminantes del aire en el DMQ.

Palabras Clave. DMQ, inventario de emisiones, enfoque top-down, perfil de tráfico.

Introducción

La gestión del tráfico vehicular y de sus impactos, es uno de los principales retos de la sociedad. En los úl-

timos años hay un incremento notable del parque vehicular de los países en desarrollo, aspecto asociado a un mayor poder adquisitivo, mayor acceso al crédito, y como respuesta a las deficiencias del transporte público

[1]. El incremento del parque vehicular ha generado; especialmente en las zonas urbanas, problemas asociados con la congestión, como mayores tiempos de viaje y de emisión de contaminantes atmosféricos. Se estima que en el año 2013, el parque vehicular del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) fue de 570 282 unidades, y que la tasa de crecimiento anual es del 10 % [2].

La valoración de las emisiones atmosféricas constituye un elemento imprescindible para establecer políticas y acciones de control de la calidad del aire. Esta información se obtiene por medio de los inventarios de emisiones, que se definen como la colección de números que representan las cantidades de uno o más contaminantes emitidos hacia la atmósfera, a causa de las actividades socioeconómicas o naturales, dentro de una zona geográfica determinada y en un período de tiempo establecido (pasado, presente o futuro) [3]. Los inventarios de emisiones pueden ser utilizados con fines de política ambiental o de interés científico. Con fines de política ambiental, los inventarios sirven para conocer, vigilar o comprobar el cumplimiento de políticas ambientales por medio del comportamiento o de las tendencias de las emisiones en el tiempo. Este tipo de inventarios suelen tener las siguientes características: 1) períodos de cálculo anuales, 2) se refieren al territorio limitado por las fronteras nacionales, y 3) suelen requerir el uso de un método de cálculo y formato de presentación definidos. Desde el punto de interés científico, los inventarios de emisiones proporcionan la información requerida por un modelo de transporte químico, para simular el comportamiento de contaminantes en la atmósfera. Estos inventarios tienen las siguientes características: 1) alta resolución espacial y temporal (emisiones horarias para celdas territoriales de tamaño del orden de 1 km de lado), 2) desagregación en altura de las emisiones, 3) el dominio espacial debe tener forma rectangular o cuadrada, dentro del cual se inscribe la zona de interés, y 4) las celdas de emisión deben ser georeferenciadas.

En el Ecuador ya se han desarrollado algunos inventarios de emisiones, que indican el aporte del tráfico vehicular. Para el DMQ (Fig. 1), el último inventario de emisiones oficialmente publicado, corresponde al año 2007 [4]. En este inventario, al tráfico vehicular se le atribuye un total de 101.2 kt de monóxido de carbono (CO) (que representa el 97.3 % de las emisiones totales de CO del DMQ), 18 kt de óxidos de nitrógeno (NOx) (52.3 %), 14.2 kt de compuestos orgánicos volátiles (COV) (39.4 %), 0.86 kt de material particulado con diámetro equivalente menor a 10 micras (PM10) (26.2 %) y 0.63 kt de material particulado fino (PM2.5) (45.6 %) y 1.2 kt de dióxido de azufre (SO2) (11.9 %). Para el Cantón Cuenca, en el inventario de emisiones del año 2009, al tráfico vehicular le corresponde el 97 % de las emisiones de CO, 78 % de NOx, 52 % de COV, 52 % de PM2.5 y 30 % de SO2 [5]. De acuerdo al inventario preliminar de emisiones de contaminantes del aire, de los cantones Esmeraldas, Ibarra, Santo Domingo, Manta, Portoviejo, Milagro, Riobamba, Ambato y Latacunga; con año base

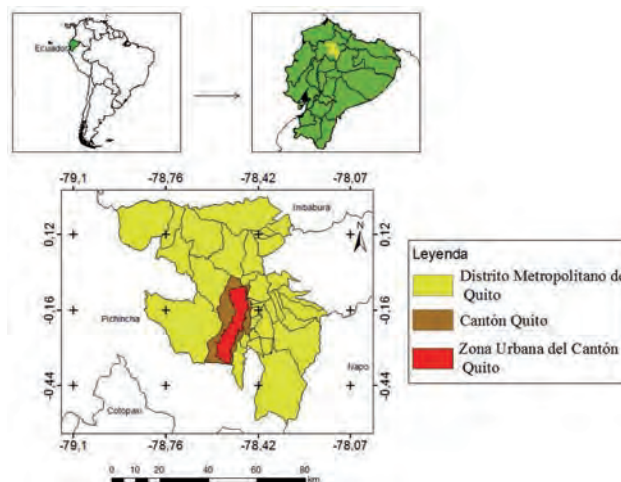


Figura 1: Ubicación del Distrito Metropolitano de Quito.

2010, el tráfico vehicular, con respecto al total cantonal, emite entre un 99.1 - 99.9 % de las emisiones de CO, 48.1 - 99 % de NOx, 24 - 53.3 % de COV, 3.6 - 95.3 % de PM10, 4.9 - 97.6 % de PM2.5 y 1.2 - 99.6 % de SO2 [6].

Al ser el tráfico vehicular una fuente relevante de contaminantes del aire en el Ecuador, es necesario caracterizar de la mejor manera su comportamiento emisor. Los mapas de emisión del tráfico, se estructuran típicamente en base de mapas de intensidad de tráfico. Las emisiones totales en la zona de estudio, se reparten espacialmente, en función de la longitud de la vía, y de la cantidad de vehículos que circulan por esta vía. Esta práctica se conoce en la literatura como enfoque *top-down* [3].

El desarrollo de inventarios de emisiones en el Ecuador, y su posterior uso en modelos de transporte químico, es un objetivo prioritario del Instituto de Investigaciones Atmosféricas de la Universidad San Francisco de Quito. A fin de obtener mapas actualizados de las emisiones de tráfico vehicular, presentamos, una caracterización actualizada de la intensidad media diaria del tráfico vehicular del DMQ para el año 2013, y de información para describir la variación horaria del tráfico por tipos de día.

Método

Área de Estudio

El DMQ se localiza en la zona de la sierra, al norte del Ecuador (Fig. 1). Cuenta con una superficie de 423 000 ha. Comprende 55 parroquias (33 rurales y 32 urbanas) [7]. Su población al año 2013 asciende a 2 458 900 habitantes [8]. Su topografía es compleja. La altura media de la zona urbana de Quito es de 2800 msnm, lo que incide directamente en los procesos de combustión, ya que al haber menor disponibilidad de oxígeno en relación al nivel del mar, hay una mayor emisión de contaminantes primarios del aire. Se conforma de 8 administraciones zonales: La Delicia, Calderón, Norte - Eugenio Espejo, Centro - Manuela Saenz, Sur - Eloy Alfaro, Quitumbe, Tumbaco y Los Chillos.

Información base

Conformamos un mapa actualizado de los ejes viales del DMQ, en base de la información georeferenciada de la Secretaría de Movilidad del Municipio de Quito [9] y del “Catálogo Ecuador” de la Universidad San Francisco de Quito [10]. Recopilamos y organizamos la información de conteos de tráfico, efectuados por la Secretaría de Movilidad, entre enero de 2009 y marzo de 2014. Los conteos corresponden a 335 puntos distribuidos en el DMQ, principalmente en la zona urbana de Quito (Fig. 2). Las vías con registros de conteo corresponden al 7 % del total de la red vial del DMQ. Los puntos de conteo para las zonas norte, centro y sur de Quito, fueron 136, 33 y 105; respectivamente.

Según lo indicado por la Secretaría de Movilidad, los conteos de tráfico corresponden al levantamiento de información base para el diseño de pavimentos, la sincronización de semáforos, ampliación y apertura de vías, construcción de pasos peatonales y ciclo vías, rediseño geométrico de vías y gestión del tráfico en feriados; entre otras aplicaciones. Para ello se utilizan contadores automáticos que registran la información cada 15 min. Estos contadores asumen que un vehículo produce el registro de dos ejes. Por una parte, la circulación de vehículos con más de dos ejes produce un registro mayor de automotores. También puede haber una subestimación cuando hay rotura o vandalismo de mangueras y/o cables que forman parte del contador. En este último caso y de ser factible, la Secretaría de Movilidad realiza una corrección en base de su experiencia. La entidad municipal estima que el método de medida presenta un margen de error del 0.7 %.

A fin de caracterizar los conteos al año 2013, ajustamos los registros de otros años, considerando el cambio del parque vehicular. Para ello analizamos la información de la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador [11, 12], y determinamos los porcentajes y factores de la Tabla 1. Al momento de esta actividad, no se dispone del valor del parque del año 2014. Para este caso

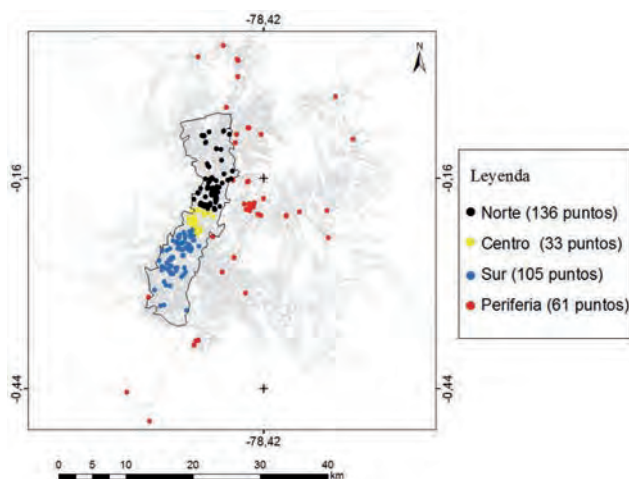


Figura 2: Zonas y puntos de conteo de la intensidad de tráfico vehicular en el Distrito Metropolitano de Quito.

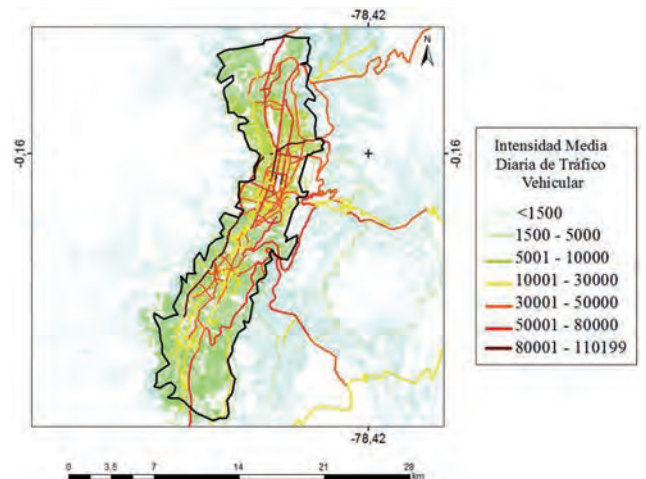


Figura 3: Mapa de la intensidad media diaria de tráfico vehicular del Distrito Metropolitano de Quito. Año 2013.

estimamos el parque vehicular en base a los porcentajes de crecimiento históricos.

A los 335 segmentos de vía asociados con cada punto de conteo, asignamos el correspondiente valor de la intensidad de tráfico. Para las vías sin conteo, según el caso, aplicamos uno de los siguientes criterios:

- a) Balance de flujo vehicular para las vías que forman parte de la red principal y que no disponen de registros de tráfico. Estas vías representan solamente el 15 % de la red principal, de acuerdo al procesamiento geográfico que elaboramos.
- b) Correlación con la cantidad de vehículos por Administración Zonal, para las vías secundarias que pertenecen a las zonas con población consolidada.

Para las vías secundarias, distribuimos el total de vehículos del año 2013 (570 282) por Administración Zonal, en función de la tasa de motorización (número de vehículos por cada 100 habitantes) y de la población. Asumimos una intensidad media diaria de 6000 vehículos como valor representativo para la Administración Norte -

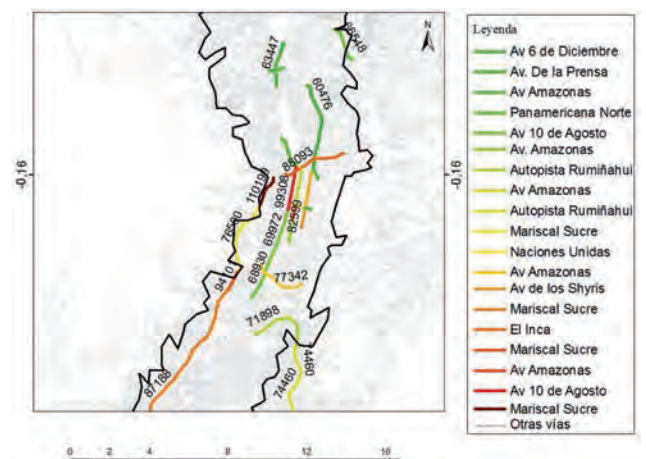


Figura 4: Vías con intensidad media diaria mayor a 60 000 vehículos.

Porcentaje de variación del parque vehicular en la Provincia de Pichincha		Factores para el ajuste de la intensidad media de tráfico al año 2013	
10.02	2009 respecto a 2008	1.47	de 2009 a 2013
12.34	2010 respecto a 2009	1.31	de 2010 al 2013
11.30	2011 respecto a 2010	1.18	de 2011 a 2013
9.01	2012 respecto a 2011	1.08	de 2012 a 2013
7.88	2013 respecto a 2012	0.93	del 2014 a 2013

Tabla 1: Factores para el ajuste de la intensidad media de tráfico al año 2013.

Administración Zonal	Tasa Motorización (vehículos por 100 habitantes)*	Habitantes (2010)**	Vehículos por Administración Zonal	Intensidad media diaria
La Delicia	14	351 963	83 913	2917
Calderón	15	162 915	41 615	1447
Norte - Eugenio Espejo	24	422 242	172 573	6000
Centro - Manuela Saenz	12	217 509	44 449	1545
Sur - Eloy Alfaro	12	429 112	87 690	3049
Quitumbe	11	319 857	59 916	2083
Tumbaco	14	157 358	37 516	1304
Los Chillos	15	166 812	42 611	1481
Total		2 227 768	570 282	

*[13], **[14]

Tabla 2: Intensidad media diaria de vehículos para vías secundarias por Administración Zonal.

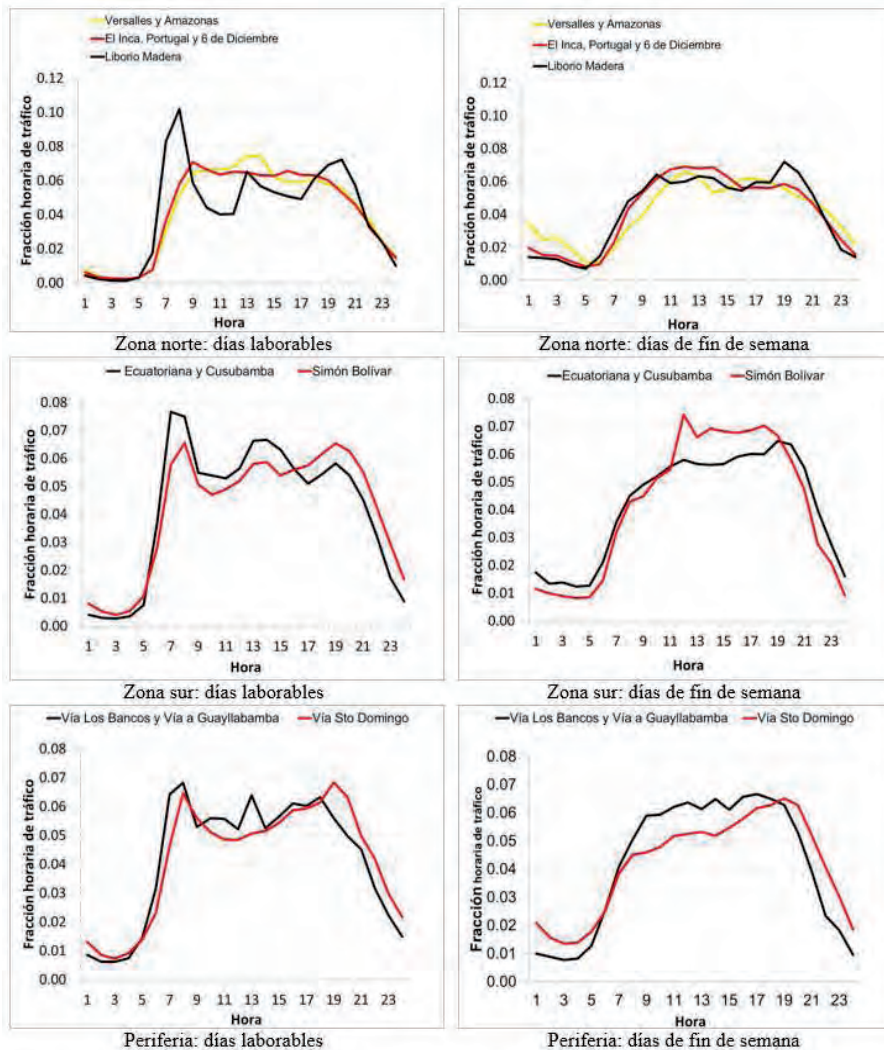


Figura 6: Perfiles horarios de tráfico de días laborables y de fin de semana para vías específicas.

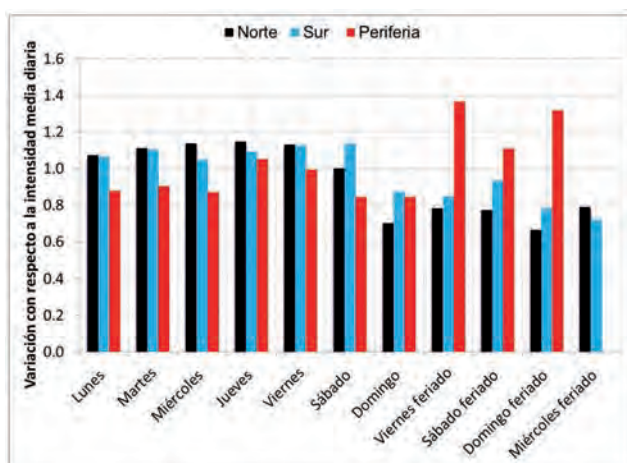


Figura 5: Variación de la intensidad de tráfico con respecto a la intensidad media diaria.

Eugenio Espejo; y en base a este valor, obtuvimos los niveles de tráfico para las demás administraciones zonales (Tabla 2).

Adicionalmente, con la información de 26 puntos de conteos del año 2013, obtuvimos las fracciones de tráfico horario con respecto al total diario, a fin de caracterizar por zonas los perfiles de tráfico en días laborables, de fin de semana y feriados.

Resultados y Discusión

Mapa de intensidad de tráfico

La Figura 3 indica el mapa obtenido de la intensidad media diaria de tráfico vehicular para el año 2013. Las vías con mayor actividad se localizan principalmente al norte de la zona urbana de Quito. También presentan altos niveles de tráfico vías periféricas y aquellas que conectan con los valles de Los Chillos, Cumbayá y Tumbaco. Específicamente se destacan: un tramo de Av. Mariscal Sucre (Fig. 4) con una intensidad de 110 119 vehículos/día, Av. 10 de Agosto (entre Ascaray y Río Coca, 99 308 vehículos/día), Av. Amazonas (entre Naciones Unidas y Atahualpa, 94 115 vehículos/día), Av. Simón Bolívar (88 093 vehículos/día), Av. de los Shyris (entre Portugal y Naciones Unidas, 82 599 vehículos/día), Av. 6 de Diciembre (sector del túnel Guayasamín 80 032 vehículos/día), Av. Patria (entre Amazonas y 9 de octubre, 77 342 vehículos/día), Av. Naciones Unidas (entre Amazonas y Nuñez de Vela, 77 105 vehículos/día), Autopista General Rumiñahui (74 460 vehículos/día) y Panamericana Norte (66 548 vehículos/día).

El mapa de intensidad de tráfico es coherente y representa una aproximación al flujo vehicular real en el DMQ. Paralelamente estamos desarrollando el inventario de emisiones del tráfico vehicular. Los valores totales de este inventario se repartirán espacialmente, por medio de este mapa de tráfico.

Perfiles de tráfico diarios

La Figura 5 indica la variación de la intensidad de tráfico de diferentes tipos de día con respecto a la intensidad

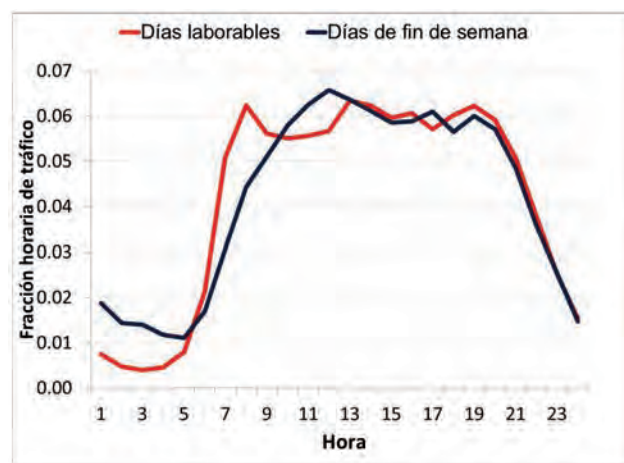


Figura 7: Perfiles horarios promedio de tráfico de días laborables y de fin de semana.

media diaria, en grupos de vías según su ubicación en las zonas norte, sur y periferia (Fig. 2).

En la zona norte, el flujo vehicular de días laborables es mayor a los flujos de los sábados (en un 10 %) y domingos (en un 60 %). En la zona sur, el flujo vehicular de los sábados es similar a los valores de días laborables. Los domingos, la intensidad de tráfico se reduce en un 26 %. En las vías de las zonas norte y sur, el tráfico se reduce en días feriados. Sin embargo, en las vías de la periferia hay un incremento (entre 11 y 47 %) con respecto al flujo de los días laborables. Este cambio se explica por la mayor cantidad de vehículos que salen y llegan al DMQ, en días feriados.

Perfiles horarios de tráfico vehicular

La Figura 6 presenta los perfiles horarios de tráfico para días laborables (lunes a viernes) y de fin de semana (sábado y domingo), para vías seleccionadas de las zonas norte, sur y periferia. El eje vertical indica la fracción de tráfico que corresponde a cada hora, en relación a la intensidad total diaria. La suma de todas las fracciones horarios es uno. En días laborables la configuración que predomina es el perfil con tres máximos: el primero entre las 07h00 y 09h00 (corresponde al tráfico de la mañana, cuando es generalizado el traslado hasta los lugares de trabajos y centros educativos), el segundo hacia las 13h00 (tráfico del mediodía); y el tercero, entre las 18h00 y 20h00 (retorno hacia domicilios). En los perfiles de fin de semana el primer máximo se desplaza a la derecha, en relación a los días laborables. Las actividades se desarrollan más tarde, en comparación con los días laborables. Para las vías que no disponen de conteos propios, asignamos los perfiles de la Figura 7, que corresponden a los perfiles promedios de días laborables y de fines de semana, obtenidos de todos los registros de tráfico horario que colectamos.

Los inventarios de emisiones actualmente presentan altos niveles de incertidumbre. La información utilizada para su distribución espacial y temporal (mapa de intensidad de tráfico, variaciones de tráfico por tipo de día,

fracciones horarias de tráfico con respecto al total diario) contribuye en parte con el nivel de incertidumbre de los inventarios de emisiones. La validez de los mapas de intensidad de tráfico se evaluará en parte, cuando las emisiones sean utilizadas en la simulación de la calidad del aire. Si los resultados simulados son coherentes con los registros de la calidad del aire, se puede afirmar que el inventario de emisiones (y toda la información utilizada en su elaboración, como la caracterización del tráfico), también es coherente.

Conclusiones

Disponemos de información actualizada sobre: 1) el mapa de la intensidad media diaria de tráfico, 2) la caracterización de los cambios de las intensidades de tráfico por tipo de día (laborable, de fin de semana o feriado, y 3) el comportamiento horario de tráfico para la red vial del DMQ, asimismo por tipo de día.

Esta información se usará para obtener mapas de alta resolución espacial (celdas de 1 km de lado) y temporal (1 hora) de las emisiones de contaminantes primarios del aire generados por el tráfico vehicular, diferenciando el comportamiento para días laborables, de fin de semana y festivos. Estos mapas nos permitirán simular el transporte de contaminantes del aire para eventos recientes de contaminación, mediante la aplicación de un modelo de transporte químico. Con ello buscamos entender mejor el comportamiento de los contaminantes atmosféricos en Quito, como elemento clave dentro de los objetivos del Instituto de Investigaciones Atmosféricas de la Universidad San Francisco de Quito.

Agradecimientos

A los ingenieros Henry Vilatuña y Wladimir Aguirre, de la Secretaria de Movilidad del Municipio de Quito, por la entrega de la información sobre los ejes viales y conteos de tráfico, respectivamente.

Referencias

- [1] Thomson, I.; Bull, A. 2002. "La congestión de tránsito. El problema y como enfrentarlo". *Revista CEPAL*, 36: 110-115.
- [2] AEADE. 2013. "Anuario 2013". *Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, Quito*.
- [3] Van Aardenne, J. 2002. "Uncertainty in emission inventories". *PhD thesis. Wageningen University*: 143.
- [4] Corpaire. 2009. "Inventario de Emisiones del DMQ del año 2007". *Municipio del Distrito Metropolitano de Quito*: 100.
- [5] Parra, R. 2011. "Inventario de Emisiones Atmosféricas del Cantón. Año 2009". *Elaborado para el EMOV-EP del Ilustre Municipio de Cuenca*.
- [6] MAE. 2013. "Inventario preliminar de las emisiones de contaminantes del aire, de los cantones Ambato, Riobamba, Santo Domingo de los Colorados, Latacunga, Ibarra, Manta, Portoviejo, Esmeraldas y Milagro. Proyecto Calidad del Aire III. Año base 2010". *Ministerio del Ambiente*: 120.
- [7] STHV. 2012. "Plan metropolitano de ordenamiento territorial 2012-2022". *Secretaria de Territorio. Hábitat y Vivienda del Distrito Metropolitano de Quito, Quito*.
- [8] INEC. 2013. "Proyección de la población Ecuatoriana, por años calendario, según cantones (año 2013)". (<http://inec.gob.ec/estadisticas/index/>). *Instituto Nacional de Estadística y Censos. Ecuador*.
- [9] SMD. 2013. "Red vial del Distrito Metropolitano de Quito y vías". *Secretaria de Movilidad del Distrito Metropolitano de Quito, Quito*.
- [10] Catálogo Ecuador. "Base de datos del Ecuador". *Universidad San Francisco de Quito*.
- [11] AEADE. 2012. "Anuario 2012". *Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, Quito*.
- [12] AEADE. 2013. "Anuario 2013". *Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, Quito*.
- [13] Instituto de la Ciudad. 2013. "La Movilidad en Quito: un proyecto transformador". *Boletín Estadístico Mensual ICQ. Municipio del Distrito Metropolitano de Quito*, 21: 1.
- [14] Instituto de la Ciudad. 2012. "Tabulados Censo de Población y Vivienda. Población por administración zonal, año 2010". (<http://www.institutodelaciudad.com.ec/index>). *Municipio del Distrito Metropolitano de Quito*.