

CALCULO DE LAS EMISIONES DEL TRANSPORTE PARA LA CIUDAD DE BUENOS AIRES USANDO UN SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICO

Federico Perez Gunella¹, Enrique Puliafito^{1,2}, Karina Pirani²

¹Universidad Tecnológica Nacional /CONICET

¹Facultad Regional Buenos Aires, Medrano 951, Buenos Aires

²Facultad Regional Mendoza, Rodríguez 273, 550 Mendoza

Tel.: (0261 5243003) epuliafito@frm.utn.edu.ar

RESUMEN: Se presenta el análisis de la evolución espacial de las emisiones de carbono provenientes de los vehículos que circulan en la Ciudad de Buenos Aires. Para ello se utiliza un Sistema de Información Geográfica basado en una plataforma de código abierto que permite la presentación de la información de la contaminación de manera referenciada. A partir de un análisis de detalle por calle, se presenta una desagregación espacial de los indicadores relevantes del transporte, como flujos de tránsito en avenidas, tipo de vehículo considerado, tamaño y combustible utilizado, composición modal y cercanía a los centros de actividad. Las emisiones calculadas por calles se distribuyen luego en celdas de 300 m de lado. Un análisis comparativo de los resultados muestra que el transporte particular es responsable del 71,5% de las emisiones, el transporte de colectivo emite el 4,5% y el transporte de carga el 20% restante.

Palabras Clave: Emisiones del sector transporte, efecto invernadero, SIG, calidad del aire, Ciudad de Buenos Aires

INTRODUCCIÓN

Las zonas urbanas metropolitanas, viven actualmente una dinámica poblacional (económica, política y social) muy compleja de crecimiento acelerado, incrementando la necesidad de transporte y de abastecimiento, generando una presión ambiental sobre el entorno rural que tiene una repercusión global.

El sector transporte de la ciudad de Buenos Aires cuenta con una red de Subterráneos de más de 105 km y un parque vehicular compuesto por 927000 vehículos particulares, 189000 vehículos de carga y 14000 correspondientes al transporte público de pasajeros [3]. Bordeando la ciudad de Buenos Aires se encuentra el primer y segundo cordón urbano que aporta un flujo de vehículos que diariamente ingresan y se retiran de la ciudad. Estos vehículos también se tomarán en cuenta para el cálculo de las emisiones.

En un trabajo previo los autores analizaron las emisiones totales de carbono para la ciudad de Buenos Aires (Puliafito et al, 2008), desde una perspectiva general (método top-down). Esta metodología calcula las emisiones a partir de datos generales como consumo total de combustible, población, número total de vehículos, producto bruto per cápita, y aplicando factores de emisión específicos para cada actividad (por ejemplo manual AP-42 de US-EPA, 1998). En esta presentación, se realizará un análisis detallado cuantitativo de las emisiones sectoriales del transporte de la ciudad a partir de un análisis bottom-up. En este esquema se parte del conteo de vehículos en numerosas calles, en la determinación de la cantidad y tipo de vehículos que circulan en cada tipo de avenida, distribución espacial de población y actividades que demandan una atracción de transporte, como ser centros industriales, comerciales, educacionales o gubernamentales (Gantuz et al, 2009).

A partir de factores de emisión detallados para cada tipo de vehículo y combustible se calculan las emisiones en cada calle de la ciudad. El cálculo de estos factores de emisión pueden obtenerse por ejemplo del Manual CORINAIR, 2003, o del modelo COPERT III (Ntziachristos, 2000). Esta información se asocia a grillas y su balance total se calibra con el balance top-down. Si bien este estudio requiere de mucho detalle, permite obtener una distribución espacial de las emisiones, facilitando la determinación de zonas críticas y eventualmente sugerir medidas adecuadas para aliviar el problema ambiental específico.

El uso de sistemas de información geográfico para el análisis de emisiones se ha generalizado últimamente, mostrando un gran potencial para la determinación de la calidad del aire (Puliafito et al, 2003; Puliafito y Allende 2007; Dai y Rocke, 2000, Bachman et al., 1996; Jensen y Sathisan, 1996).

MATERIALES Y METODOS

Metodología Top down

El consumo energético de la Ciudad de Buenos Aires (CBA) se caracteriza por tres sectores bien definidos, el sector de la generación de electricidad, principalmente a través del consumo de gas natural, el sector del transporte mayoritariamente a través del consumo de combustibles líquidos y el sector residencial-comercial con consumos de electricidad y gas natural. En Puliafito et al, 2008, se presentó un detalle de la evolución del consumo energético de cada sector entre los años 1985 y 2005. A fin de establecer un balance general de las emisiones del sector transporte se realizará un cálculo de tipo top down.

¹ Investigador independiente de CONICET

La Tabla 1 muestra la clasificación del parque automotor de la CBA por tipo. La Tabla 2 muestra el mismo parque de vehículos pero clasificado por tipo de combustible. Finalmente la Tabla 3 combina ambas informaciones por tipo y vehículo y combustible utilizado.

Vehículos por categoría	Cantidad	%
Automóviles	855211	77,03
Transporte Liviano	153448	13,82
Transporte de carga	50004	4,50
Colectivos	14398	1,30
Motos	37110	3,34

Tabla 1: Parque automotor por tipo de vehículo, de la Ciudad de Buenos Aires. (ADEFA, 2006)

Combustible	Cantidad de vehículos
Naftas	818.865
Diesel Oil	112.717
GNC	51.220
TOTAL	982.802

Tabla 2: Distribución del parque automotor por tipo de combustible.

Tipo	Nafta [%]	Diesel [%]	GNC [%]
Autos	64,18	8,84	4,01
Transporte liviano	11,52	1,59	0,72
Transporte carga	3,75	0,52	0,23
Colectivos	1,08	0,15	0,07
Motos	3,79		

Tabla 3: Distribución porcentual del parque automotor por tipo de vehículo y tipo de combustible

Combustible	Cantidad vehículos [Unidades]	Consumo específico [l/km]	Recorrido [km/año]	Consumo [Miles m ³]	Poder calorífico [MJ/m ³]	Consumo [TJ]
Naftas	815000	0.09	11000	806850	31.843	25693
Diesel Oil	113000	0.16	32000	578560	36.086	20878
GNC	52000	0.12	18000	112320	34.75	3903
Total	980000			1497730		50474

Tabla 4: Energía consumida por el sector transporte, por tipo de combustible para la CABA

Las emisiones totales se calculan como el producto entre el número de vehículo por categoría multiplicado por la distancia media anual recorrida por el factor de emisión correspondiente para cada categoría y combustible (IPCC, 1996; EPA, 1998) Para cálculos top-down se suelen usar factores de emisión promedio por energía consumida (kg/TJ), es decir masa de contaminante emitido por energía consumida, o por distancia recorrida (g/km). La Tabla 4 muestra la energía consumida por tipo de combustible, y la Tabla 5 muestra los factores de emisión por energía consumida. La Tabla 6 muestra el balance de emisiones de contaminantes del sector de transporte, usando la energía consumida estimada a partir de una estimación de la distancia anual recorrida (Tabla 4). La Tabla 7 muestra el mismo balance de emisiones pero estimado a partir de la venta de combustibles en la CBA, a partir de los datos de la Secretaría de Energía de la Nación. Un detalle de este cálculos e presentó en Puliafito et al. (2008). En este caso sólo se ha tenido en cuenta el consumo del transporte carretero, ya que en el balance citado se incluía aeronavegación y navegación fluvial.

Metodología Bottom up

En un Sistema de Información Geográfico (SIG), la información puede organizarse como elementos geo-referenciados de punto, de línea o de área. Normalmente las calles se representan por segmentos de longitud variable. Cada segmento, punto o área constituye un registro al que se le puede asignar atributos o valores específicos. A cada segmento se le asigna una emisión proveniente de los vehículos que circulan por ese segmento.

Para su posterior procesamiento y cálculo de un modelo de dispersión, el patrón de contaminantes se lo suele agrupar en celdas, en un esquema grillado. Esto permite reducir en gran medida la cantidad de registros a procesar. Es por ello que la información del segmento (aprox. 41000 segmentos en CBA) se los asocia a una grilla (aprox. 5200 celdas en CBA).

Combustible/ Gas	CO ₂	CH ₄	CO	NO _x	HC
	Mg/TJ	kg/TJ	kg/TJ	kg/TJ	kg/TJ
Gas natural	53.67	620	723	198	1.3
Naftas	69.3	57	7,330	390	1140

Kerosene	73.463	57	296.5	170	44.5
Aeronaftas	71.5	5.2	296.5	716	44.5
Gas Oil	73.3	11	510	716	43.93
Diesel Oil	73.3	4.8	510	790	43.93
Fuel Oil	73.3	4.8	510	790	2.4

Tabla 5: Factores de emisión utilizados (IPCC, 1996).

Combustible	Consumo Energético [TJ]	Emisiones anuales [Tn/año]					
		CO ₂	CH ₄	CO	NO _x	HC	PM10
Naftas	25.693	1.780.492	1.464	188.326	10.020	29.289	33
Gas Oil	20.878	1.530.351	100	10.648	16.494	917	24
GNC	3.903	209.480	2.420	2.822	773	5	0
Total	50.474	3.520.324	3.985	201.796	27.286	30.212	57

Tabla 6: Emisiones GEI proveniente de la transporte carretero, por tipo de combustible expresada en tn/año para la CABA, calculado por la distancia recorrida.

	Energía	CO ₂	CO	NO _x	HC
	TJ	Miles Tn/año	Tn/año	Tn/año	Tn/año
1985-1989	48209	3.397	210	25	31.841
1990-1994	61968	4.270	208	32	30.357
1995-1999	68395	4.696	209	35	30.069
2000-2004	60356	4.118	149	31	20.728

Tabla 7: Emisiones de GEI por tipo de contaminantes para el sector transporte carretero en tn/año, calculada por la venta de combustible.

Éstas celdas deben ser lo suficientemente grandes como para que no haya un número elevado de registros, haciendo de esta manera lento el procesamiento de información, y tampoco es útil hacerlas demasiado grandes ya que la información que se asocia se diluye demasiado. Se utilizó un tamaño de celda de aproximadamente 300 metros de lado como solución de compromiso, logrando así obtener imágenes con información aceptable y que requieren un tiempo de procesamiento manejable por el hardware disponible. La grilla creada para la ciudad de Buenos Aires se muestra en la Figura 1, y un detalle que permite ver el tamaño de la celda se muestra en la Figura 2.

Desde un análisis bottom-up, las emisiones totales de contaminantes o gases de efecto invernadero generados por el tránsito vehicular puede calcularse como:

$$E_c = \sum_k \sum_i \sum_j \sum_s F_{ijc} N_{ijks} L_{ks} \quad (1)$$

Donde, E_c (Tn/año) es la masa total de contaminantes c (p. ej. NO_x, CO, PM10, ...) emitidos en la zona bajo estudio por unidad de tiempo, L (km) es la longitud del segmento de cada calle s de la grilla k , N es la cantidad de vehículos de categoría j y combustible i asignados a un segmento s de la grilla k , y F es el factor de emisión del contaminante c que depende del tipo o categoría de vehículo j y del combustible utilizado i (gas oil, diesel, GNC). Este valor de emisión que se calcula debería coincidir con el valor obtenido por el método Top-down descripto anteriormente. Esta expresión supone un conocimiento de la cantidad de vehículos que circulan por cada segmento de calle, como así también el tipo de emisión que genera cada vehículo dependiendo de su tipo de combustión, tamaño, antigüedad, etc. Para la aplicación de este modelo se considera información disponible sobre el conteo de vehículos, información obtenida de fuentes propias de conteo, encuestas de Origen y Destino y la distribución modal: transporte público y transporte privado, utilizándose como fuentes: PTUBA/INTRUPUBA – Secretaría de Transporte de la Nación², AUSA – Autopistas Urbanas Sociedad Anónima GCBA, SBASE – Subterráneos de Buenos Aires Sociedad del Estado, Dirección de Estadísticas y Censos GCBA, entre otras fuentes.

Otro elemento importante en el modelo, es la asignación de jerarquías viarias a las calles de la ciudad, de acuerdo al tipo de conectividad y uso de cada calle. Cada segmento de calle fue jerarquizado de acuerdo con la definición dada en la primera columna de la Tabla 8.

² <http://www.transporte.gov.ar/html/estad-auto.htm>, <http://www.transporte.gov.ar/intrupuba/>

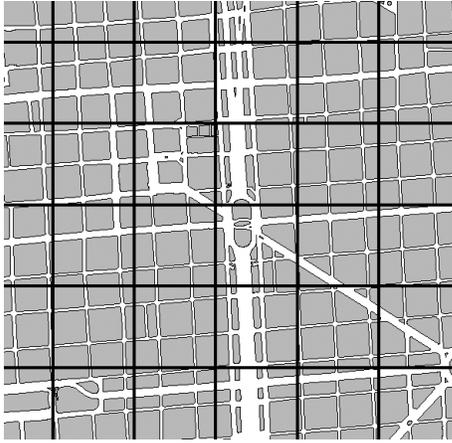


Figura 1: Ciudad de Buenos Aires con su grilla

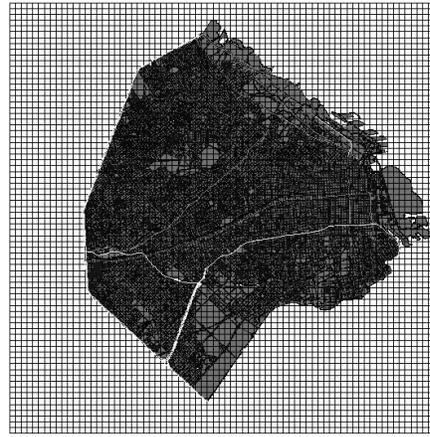


Figura 2: Detalle del tamaño de la celda

Los factores de emisión usados en la Ecuación (1) se tomaron del modelo COPERT III (Ntziachristos, 2000) y de información obtenida de estudios propios realizados (Gantuz et al, 2009) y locales (Gagioli y Tarela, 2005). Los factores de emisión son dependientes de la velocidad del vehículo y se calcularon únicamente las emisiones en caliente E_{hot} generadas por los vehículos, no considerándose en esta instancia del análisis las emisiones que generan los vehículos cuando están en frío. Para calcular la cantidad de vehículos medios diarios N y las velocidades promedio V en cada segmento del mapa se aplicó las siguientes ecuaciones logísticas:

$$N = \frac{K}{1 + \exp(-b(d - a))} + N_{\min} \quad (2)$$

$$V = \frac{Q}{1 + \exp(-b(d - a))} + V_{\min} \quad (3)$$

En donde a , b , K , Q , N_{\min} son constantes de ajuste de la ecuación que se calibran a partir de las mediciones de flujo y velocidad disponible. Estos valores dependen de la jerarquía de calle considerada. A fin de estimar la variación del flujo o saturación en zonas céntricas, se determinó una variable d que determina la distancia hasta el centro atractor considerado. Esta distancia d se generó considerando los centros atractores de vehículos con un valor máximo relativo normalizado de 1 para zonas altamente congestionadas y un mínimo de 0 en los límites exteriores del CBA o zonas de flujo vehicular mínimo. La distribución espacial de este índice se muestra en la Figura 3. Los cálculos de la velocidad y flujos, se hace en función de la jerarquía. Esta jerarquía también permite distribuir la asignación de cada tipo de vehículos (Tabla 8).

La Figura 4 muestra la distribución de flujo diario de vehículos por tipo de jerarquía y según la distancia normalizada. La Figura 5 muestra la distribución de velocidades de acuerdo al tipo de jerarquía y distancia normalizada. La información por celda se obtuvo sumando los flujos de los segmentos pertenecientes a cada celda. La Figura 6, muestra la distribución de vehículos obtenida para la Ciudad de Buenos Aires, de acuerdo a la Ecuación (2) y ajustada con las mediciones de tránsito existentes.

Tipos	Jerarquías	Q	Vmin	b	a	Nmin	K
Autopistas	110	60	40	80	0.04	60000	85000
Avenidas interjurisdiccionales	120	45	20	80	0.04	20000	65000
Avenidas Principales	130	30	15	80	0.04	10000	45000
Calles tramos largos	210	30	10	80	0.04	8000	12000
Calles tramos cortos	220	25	10	80	0.04	6000	6000
Calles residenciales	310	25	10	80	0.04	2500	3000
Pasajes	320	20	10	80	0.04	2000	2000

Tabla 8: Coeficientes usados para estimar las velocidades y flujos en función de la jerarquía y distancia normalizada.

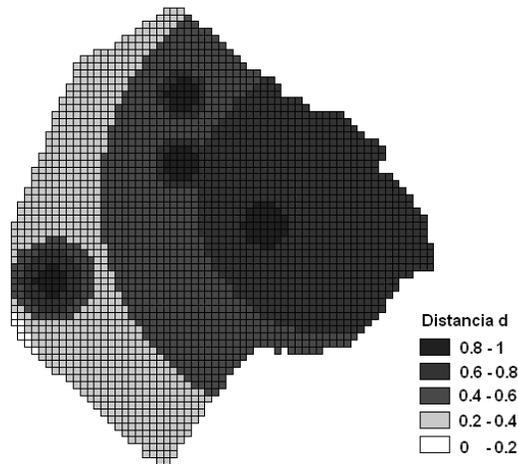


Figura 3: Distancia normalizada d

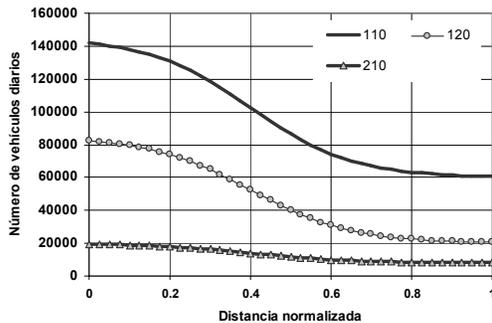


Figura 4: Vehículos diarios por jerarquía y distancia d.

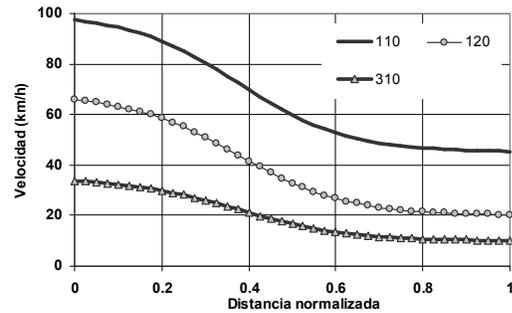


Figura 5: Velocidades por jerarquía y distancia d.

RESULTADOS

Cálculo de las emisiones de contaminantes

Una vez determinada las cantidades de vehículos por categoría y por segmento, la emisión producida por tipo de contaminante se realiza a través de la Ecuación (1). Las emisiones de cada contaminante por grilla se determinan sumando los aportes de todos los segmentos incluidos en cada celda. La Figura 6 muestra, por ejemplo la distribución obtenida para las emisiones de monóxido de carbono, emitidas por el transporte carretero. Se detecta así las zonas más críticas, asociadas a las principales carreteras y centros de congestión de tránsito.

Por otra parte la Tabla 9 nos muestra la distribución modal calculada de las emisiones de monóxido de carbono. El transporte particular es quien tiene una mayor incidencia con 390 Tn por día de emisiones, lo que representa el 71,5% de dichas emisiones. El transporte de colectivo alcanza las 20 Tn por día lo que equivale al 4,5%. El transporte de carga compone el 20% restante. Desde el punto de vista del combustible, las emisiones de CO provienen en un 93% de las naftas, 6 % de gas-oil y el 1% del GNC. La Tabla 10 presenta el balance anual para otros gases, incluyendo los óxidos de nitrógeno y el dióxido de carbono, como principal gas de efecto invernadero.

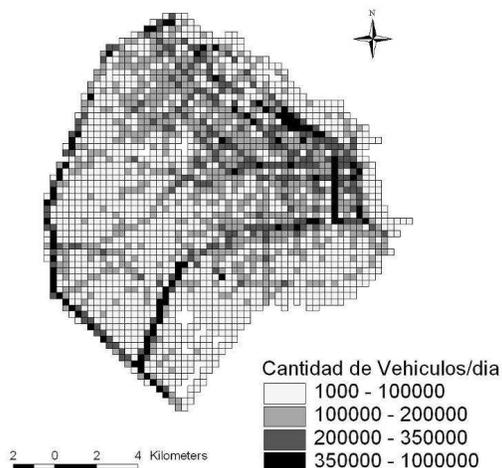


Figura 5: Cantidad de vehículos por celda (Veh/día)

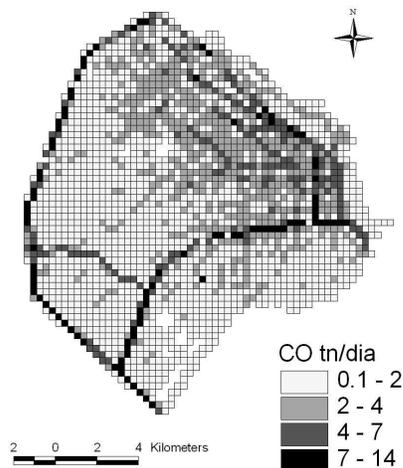


Figura 6: Emisiones de Monóxido de carbono en Tn/día.

a) Tn/día CO	Nafta	Gas-Oil	GNC	Total
Autos	384,90	1,27	3,94	390,11
Carga Liviana	41,62	0,46	1,56	43,64
Camiones	66,13	4,81		70,94
Colectivos	19,04	19,58	0,14	38,76
Motos	2,72			2,72
Total	514,41	26,11	5,64	546,16

b) % / día de CO	Nafta	Gas-Oil	GNC	Total
Autos	70.5%	0.2%	0.7%	71.4%
Carga Liviana	7.6%	0.1%	0.3%	8.0%
Camiones	12.1%	0.9%	0.0%	13.0%
Colectivos	3.5%	3.6%	0.0%	7.1%
Motos	0.5%	0.0%	0.0%	0.5%
Total	94.2%	4.8%	1.0%	100.0%

Tabla 9. a) Distribución modal de las emisiones diarias de CO (tn/día). b) Distribución porcentual modal.

	CO	NOx	CO ₂	Total
Naftas	188.326	9.938	1.585.507	1.783.208
Gas Oil	10.648	20.477	1.839.914	1.872.587
GNC	2.822	1.109	137.264	140.432
Total	201.796	31.524	3.562.685	3.796.227

Tabla 10) Balance anual de emisiones (tn/año) de contaminantes calculados por el método bottom-up.

Se aprecia además que las emisiones calculadas a través del método top-down (Tabla 6 o 7) son muy similares a las del método bottom-up, dentro de las incertidumbres propias de cada método. Por lo tanto a través de este estudio se permite establecer una distribución espacial aproximada de las emisiones calculadas. Esta distribución se utilizará en un posterior estudio para calcular la dispersión de contaminantes y concentraciones de contaminantes en la ciudad.

Finalmente la Tabla 11 muestra algunos indicadores de rendimiento ambiental. En esta tabla se comparan las emisiones de los vehículos particulares comparadas con las emisiones del transporte público terrestre. (No se incluyen el transporte de pasajeros por la red de subterráneos).

Si se compara el transporte privado con el público, cada pasajero movilizado con su vehículo particular emite 16 veces más monóxido de carbono, 3,5 veces más óxidos de nitrógenos y casi cinco veces más dióxido de carbono. Este resultado, aunque esperado, indica la necesidad de incrementar los esfuerzos en mejorar el transporte público, mejorando su prestación y comodidad a fin de reducir el transporte privado.

Sin embargo el tema de la movilidad es un tema más complejo, ya que está ligado a opciones culturales y sociales y a políticas de desarrollo urbano y uso del suelo. Así una mejora en el tiempo de traslado a través de ferrocarriles, reduce temporariamente el uso del vehículo particular, pero a su vez tiende a desarrollar nuevos centros y aglomeraciones urbanas a distancias un poco mayores, aprovechando los menores tiempo de traslado. Este proceso de ramificación y conectividad de centros periféricos, se los conoce como “urban sprawl”. Pero su discusión, si bien interesante, escapa al alcance de este estudio.

	Autos	Colectivos	Autos/Colectivos
Tasa de ocupación	1,2	14,4	0,08
Pasajeros transportados	1020000	1100000	0,93
Emisiones CO (Tn/día)	390,11	38,76	10,07
Emisiones NOx (Tn/día)	35,59	10,16	3,50
Emisiones CO2 (Tn/día)	3781,83	864,6	4,37
Emisiones CO por pasajero g/viaje	382,46	35,23	10,85
Emisiones NOx por pasajero g/viaje	34,9	9,2	3,79
Emisiones CO2 por pasajero g/viaje	3707,7	786	4,72

Tabla 11) Indicadores ambientales del transporte de pasajeros.

CONCLUSIONES

Se presentó el análisis de la evolución espacial de las emisiones de carbono provenientes de los vehículos que circulan en la Ciudad de Buenos Aires. Para ello se utilizó un Sistema de Información Geográfico basado en una plataforma de código abierto que permite la presentación de la información de la contaminación de manera referenciada. En una primera etapa se calcularon las emisiones de gases efecto invernadero para el sector transporte terrestre de la Ciudad de Buenos Aires, a partir del consumo de combustible y estadísticas anuales, desde una óptica de tipo “top-down”. Luego a partir de un análisis de detalle por calle, usando una metodología tipo “bottom-up” se realizó una desagregación espacial de los indicadores relevantes del transporte, como flujos de tránsito en avenidas, tipo de vehículo considerado, tamaño y combustible utilizado, composición modal y cercanía a los centros de actividad. Las emisiones calculadas por calles se distribuyeron luego en celdas de 300 m de lado.

El resultado principal de este trabajo es la identificación de las zonas con mayores emisiones del transporte, localizada en la zona central administrativa de la ciudad llegando a totalizar entre 4 y 8 Tn/día de CO, mientras que las cercanías de los principales accesos y avenidas pueden llegar hasta 14 Tn/día de CO. Las emisiones en las zonas residenciales del oeste de la ciudad llegan a 2 Tn/día de CO. Un análisis comparativo de los resultados muestra que el transporte particular es quien tiene una mayor incidencia con 390 Tn por día de CO, lo que representa el 71,5% de dichas emisiones. El transporte de colectivo alcanza las 38 Tn por día lo que equivale al 7 %. El transporte de carga compone el 13 % restante. Desde el punto de vista del combustible, las emisiones de CO provienen en un 94% de las naftas, 5 % de gas-oil y el 1% del GNC. Si se compara el transporte privado con el público, cada pasajero movilizadado con su vehículo particular emite 10 veces más monóxido de carbono, 3,5 veces más óxidos de nitrógenos y cuatro veces más dióxido de carbono.

En futuros estudios se realizará una ampliación del área de estudio para abarcar el área metropolitana, y se realizará un cálculo de la concentración ambiental de contaminantes usando modelos de dispersión.

REFERENCIAS

- ADEFA (2006): Asociación de Fábricas de Automotores www.adefa.com.ar Anuario 2006
- Bachman, W., Sarasua, W., Guensler, R., (1996). A GIS Framework for Mobile Emissions Modeling. Transportation Research Board, Washington DC.
- CORINAIR (2003): Atmospheric Emission Inventory Guidebook, 3rd Edition, September 2003 Update, Mike Woodfield and Kristin Rypdal (Editors), EMEP, Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long Range Transmission of Air Pollutants in Europe, The Core Inventory of Air Emissions in Europe, European Environment Agency
- Dai J., Rocke D.M., (2000). A GIS-based approach to spatial allocation of area source solvent emissions, *Environmental Modeling & Software*, 15:293-302.
- Gaglioli, F, Tarela P, 2005: El cambio climático y la Polución Urbana. Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental. www.estrucplan.com.ar
- Gantuz, M., Puliafito, E., Puliafito, J.L., (2009): Modeling mobile source emissions by on-board characterization of roadways, in *Urban Transport 2009*. Editorial WIT Press, Southampton, Boston, Computational Mechanics Publications.
- INDEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Argentina. www.indec.mecon.ar/
- (IPCC, 1996) Watson, R., M.C. Zinyowera, and R. Moss (eds.), (1996): Climate Change 1995. Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific Analyses. *Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, 861 pp.
- Jensen, J.J., Sathisan, S.K., 1996. GIS applications for linking travel demand modeling and air quality analysis. In: *Geographic Information Systems for Transportation (GIS-T) Symposium. Proceedings of the 1996 Geographic Information Systems for Transportation (GIS-T) Symposium*. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC
- Ntziachristos, L., Samaras, Z., (2000): COPERT III Computer programme to calculate emissions from road transport Methodology and emission factors (Version 2.1), Technical Report No 49, EEA, Copenhagen.

- Puliafito E, Rojic, G. Perez Gunella, F., (2008): Emisiones de carbono para la ciudad de Buenos Aires, *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 2008, pp. 07.01- 07.08 ISSN 0329-5184.
- Puliafito, E., Allende, D., (2007): Emission patterns of urban air pollution. *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia*, Colombia, N. 42. pp. 38-56.
- Puliafito, E.; M. Guevara; C. Puliafito, (2003): Characterization of urban air quality using GIS as management system. *Environmental Pollution*. Vol. 122, pp. 105-117.
- U.S. EPA. Environmental Protection Agency (1998). "Compilation of Air Pollution Emission Factors, AP-42." Volume 1, Ch 13, Unpaved Roads. Office of Air Quality, Planning and Standards, Research Triangle Park, NC 27711,

ABSTRACT:

The analysis of the space evolution of carbon emissions of the transport sector for the City of Buenos Aires is here presented. The study is performed on an open-code GIS platform, which allows handling information of the contamination in a spatial geo-referenced mode. Using a bottom-up approach the relevant transport information is disaggregated on the street level. This information includes traffic flows in avenues, vehicle type, used fuel and proximity to the activity centers. The emissions calculated from each street is aggregated in cells of 300 m side. A comparative analysis of the results shows that the private transport is responsible for 71.5% of the emission; the public transport emits 4.5% and the freight transport the remaining 20%.

Keywords: Emissions from the transport sector, greenhouse gases, GIS, Air quality, City of Buenos Aires.