

MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO EN SISTEMAS DE TRANSPORTE TERRESTRE EN ARGENTINA

(\*) Frediani J, Aón L, Giacobbe N, Ravella O, Matti C.

(\*) Instituto de Investigación y Políticas del Ambiente Construido (IIPAC), Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata, Argentina,

Tel.: 54-221-4740066. Fax: 54 221 4236587/90. Int.: 261

[jfrediani@yahoo.com](mailto:jfrediani@yahoo.com), [laura.aon@gmail.com](mailto:laura.aon@gmail.com), [ngiacobbe@yahoo.com](mailto:ngiacobbe@yahoo.com), [ororavella@yahoo.com.ar](mailto:ororavella@yahoo.com.ar),  
[cmatti@gmail.com](mailto:cmatti@gmail.com)

En este trabajo se presentan las medidas de mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para el transporte terrestre en Argentina, seleccionadas a partir del análisis de diferentes modos de transporte, mediante la aplicación de un análisis *bottom-up* a partir de un estudio detallado del sistema de transporte en corredores interurbanos y en áreas urbanas. La metodología utilizada, que es el primer intento de este tipo en el país, consiste en: 1) la construcción de indicadores de transporte, energía y emisiones, y 2) la formulación de escenarios para analizar el impacto potencial de medidas de mitigación de GEI. Los indicadores construidos para las rutas y ciudades analizadas, fueron extrapolados con diversos criterios y estrategias, al resto de rutas y ciudades del país. Estos resultados fueron contrastados con el Balance Energético Nacional (BEN). Se analizaron cuatro medidas de mitigación: Transferencia modal, reducción de velocidades, cambio en el horario de transporte de carga y buenas prácticas de manejo. Se presentan conclusiones y recomendaciones relacionadas con el estudio y la aplicación de las medidas analizadas.

**Palabras Clave:** Transporte - Energía - Emisiones GEI - Medidas de Mitigación - Corredores Interurbanos Áreas Urbanas.

## 1. Introducción

Uno de los factores principales en la producción del efecto invernadero es el transporte urbano e interurbano. En nuestro país las ciudades producen el 54% del total de emisiones del sector transporte y los corredores interurbanos producen el 46% restante, resultando así fundamental el estudio del comportamiento del sistema en su totalidad como base para la planificación de la disminución de Gases de Efecto Invernadero por transporte. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en el Estudio "Mitigación de Emisiones para el Sector Transporte" en el marco de las Actividades Habilitantes para la 2da. Comunicación Nacional del Gobierno de la República Argentina a las partes de la convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático de 2005 (Ravella *et al*, 2005)<sup>9</sup>. En este estudio se aplicó la metodología desarrollada por el equipo de investigación Transporte-Ambiente-Energía del Instituto de Investigación y Políticas del Ambiente Construido (IIPAC) de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de La Plata. En base a las conclusiones del mencionado trabajo, en la actualidad se está desarrollando un proyecto de investigación que incluye estudios particularizados en diversas ciudades, construcción de indicadores y evaluación de medidas de mitigación propuestas según las diversas situaciones urbanas, con el propósito de ajustar y delimitar los resultados generalizables del estudio<sup>10</sup>. El presente trabajo incluye la construcción de indicadores de comportamiento de transporte y de eficiencia energético ambiental para la evaluación de medidas de mitigación de los gases de efecto invernadero (GEI). Los indicadores de eficiencia energética incluyen desagregación de modos por tipo de combustible y por tipo de vehículos. El análisis de impacto de las medidas de mitigación seleccionadas, se aplica en tres escenarios futuros. En este trabajo se presentan: 1. La metodología de construcción de indicadores de transporte y emisiones y de formulación de escenarios de medidas de mitigación; 2. Los escenarios de mitigación y la evaluación de las medidas de mitigación seleccionadas; 3. Conclusiones y recomendaciones para futuras investigaciones.

## 2. Aproximación Metodológica

Para determinar el consumo de energía y los GEI del sector transporte, se construyó información desagregada por tipo y modo de transporte, tanto para rutas como para ciudades. Para la cuantificación del trans-

9 En el presente trabajo se exponen algunos de los resultados alcanzados en el Estudio Mitigación de Emisiones en el Sector Transporte para el Plan Nacional de Mitigación. Proyecto TF 51287/AR. Instituto de Estudios del Hábitat, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata, 2005-2006. Dicho trabajo fue realizado por un equipo interdisciplinario de profesionales conformado por: Ravella, O.; Giacobbe, N.; Frediani, F.; Aón, L.; Frediani, J.; Rosenfeld, M.; Domnanovich, R.; Matti, C.; Fernández, N.; Chávez, D.; Moro, S.; Álvarez, A.; Quinteros, J.; Villegas, R.; Di Paolo, D.; Pistola, J.

<sup>10</sup> Este estudio es un proyecto PICT financiado por Agencia Nacional de Promoción de la Investigación Científica de Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Nación.

porte urbano se partió de estudios detallados de los grandes aglomerados del país: AMBA, Gran La Plata, Gran Mendoza, Gran Córdoba y Gran Rosario mientras que se recurrió a diversidad de fuentes para la construcción de información del resto de las ciudades argentinas. La cuantificación del transporte interurbano se elaboró a partir de información obtenida de las Direcciones de Vialidad Nacional y Direcciones de Vialidad Provinciales. La base de datos se construyó a partir de la actualización, y sistematización de datos actualizados a 2003, como escenario base del estudio. A partir de esa información se calcularon consumo energético y emisiones por modo de transporte y se elaboraron indicadores de transporte, energía y emisiones en rutas y ciudades, que fueron posteriormente extrapolados para el completamiento de la información de transporte total del país.

#### **2.1. Indicadores de Consumo Energético y Emisiones de GEI**

Los indicadores energético-ambientales fueron construidos a partir de la base de datos elaborada para rutas y ciudades. La información urbana que constituyó insumo de dicha base de datos, debió ser contrastada y completada con diversas fuentes de información, con el propósito de ganar confiabilidad, mientras que la información interurbana presentaba aceptable confiabilidad en virtud de la existencia de registros históricos y sistemáticos respecto del comportamiento de los corredores interurbanos, que no obstante requirieron ciertos procesos de compatibilización y ajuste. Los indicadores construidos se utilizaron posteriormente, en un cuidadoso proceso de extrapolación, para estimar el comportamiento de transporte agregado a nivel regional y nacional. Los indicadores energético-ambientales fueron utilizados tanto en la formulación de escenarios como en el análisis de las medidas de mitigación propuestas para corredores interurbanos y áreas urbanas.

##### **2.1.1. Corredores Interurbanos**

La información sobre el tránsito medio diario (TMD) en los corredores fue obtenida de las mediciones realizadas la Dirección de Vialidad Nacional (DNV, 2003) y las Direcciones de Vialidad Provinciales (DPV, 2003). Esta información fue reorganizada y sistematizada por tipo de vehículos, de combustible utilizado (nafta, diesel y GNC). Asimismo se contó con información obtenida de estaciones de servicio, características de las rutas, indicadores demográficos y de las empresas de transporte público interurbano (cantidad de pasajeros transportados diarios en distintas rutas del país). La información se realizó sobre el 10% por ciento del total de la red de carreteras (231.095 kilómetros) seleccionando los tramos con mayor tránsito en diferentes zonas geográficas de la Argentina, desglosadas por tipo de carretera (pavimentada y mejorada o de tierra) y por tipo de vehículo. La Tabla 1 resume las fuentes y la metodología empleada para obtener los datos utilizados en el análisis, como así también el grado de confiabilidad de los datos obtenidos.

Las emisiones de gases de efecto invernadero se calcularon de acuerdo a la cantidad de vehículos que transitaban a intervalos de 100 Km. (intervalos iguales a los puestos de control), lo cual permitió evitar la dispersión de los datos que suele producirse cuando se consideran largos recorridos. Así fue posible determinar los trayectos en los cuáles se producían las mayores concentraciones de emisiones. Asimismo, a efectos de no incrementar el tránsito propio de las rutas por influencia de las áreas urbanas, fueron excluidos aquellos tramos de rutas que atravesaban los accesos a las grandes ciudades, incorporándose dicha información al cálculo de las emisiones de transporte de carga, en ciudades.

La determinación del tipo de combustible utilizado (nafta, diesel y GNC) por tipo de vehículos (automóviles, camionetas, pick-up, etc.) se estimó a partir de los porcentajes de cada uno, del tipo de combustible utilizado, obtenidos de diversas fuentes: automotrices, registros de conversión de vehículos a GNC (ADEFA, 2003). La cantidad de combustible se estimó por tipo de vehículo y el consumo por cada 100 kilómetros (en litros para nafta y diesel, y en metros cúbicos para gas). El consumo de combustible se determinó mediante el cálculo del porcentaje de vehículos según tipo de combustible utilizado. Para ello fueron empleadas diversas fuentes estadísticas, incluyendo los registros de conversión de vehículos de nafta a GNC obtenidos de ADEFA (2003). Asimismo se estimó el número de pasajeros transportados por kilómetro.

El kilometraje medio recorrido, se tomó como variable de ajuste para compatibilizar los valores de consumo de combustible por tipo de vehículo, cuyas sumatorias debían coincidir con los consumos de cada fuente consignados en el Balance Energético Nacional. El consumo del conjunto de la red, se estimó asumiendo una cantidad equivalente al 50% del valor promedio cada 100 Km. de las rutas analizadas, emergente de la diferencia del TMDA de las rutas estudiadas y el resto. Sobre esta base de datos se calcularon los consumos promedios ponderados por marca y modo de transporte que permitió obtener un promedio de consumo para todo el parque automotor y las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al mismo. Los indicadores obtenidos se extrapolaron a la totalidad de las rutas y los resultados se compatibilizaron con la oferta del Balance Energético nacional (BEN) (Fundación Bariloche, 2005).

### III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

Actividad	Modo	Fuente de Información	Procedimiento	Calidad de los Resultados
Pasajeros	Automóvil	Registros de tránsito de la Dirección Nacional de Vialidad, para rutas nacionales (DNV, 2003)	Extrapolación para rutas provinciales, en base a trabajos anteriores (Ravella, 2005)	Confiabilidad media (por calidad de datos de base)
	Omnibus	Registros estadísticos de transporte interurbano de pasajeros de jurisdicción nacional (DNV, 2003)	Extrapolación al total, a partir de una estimación existente de tránsitos de ómnibus para el año 1999 (Ravella, 2005)	Confiabilidad media (por calidad de datos de base)
Carga	Automotor	Registros de tránsito de la Dirección Nacional de Vialidad, para rutas nacionales (DNV, 2003)	Extrapolación para rutas provinciales, en base a trabajos anteriores (Ravella, 2005)	Confiabilidad media (por calidad de datos de base)

**Tabla 1. Grado de fiabilidad de la información obtenida de acuerdo con los criterios de los autores para el análisis de Transporte Interurbano.**

**Observación:** La red vial analizada (10% del total del sistema vial del país) comprende un total de: 26 rutas pavimentadas, equivalentes a 16.285 Km. o al 23.4% del total pavimentado, y 33 rutas de tierra y ripio, equivalentes a 3888 Km. o al 2% del total de rutas de tierra y ripio (DNV, 2003).

Esta suposición se basó en la diferencia entre las rutas con mayor y menor registro de tránsito medio diario anual. Los consumos de combustibles calculados se convirtieron a Tj, como base para determinar la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (en Kg.) y así evaluar el consumo total de combustible y de emisiones. La estimación de las emisiones se realizó sobre la base del IPCC (2001) y de los criterios y factores de conversión que se formulan en el Programa LEAP (Heaps, 2005), y que figuran en el siguiente cuadro.

**Cuadro 1:**

**Factores de conversión utilizados por el Programa LEAP para el análisis.**

<p>Tep a Tj = 0,041868 Tj/TEP  Tj a CO2 (NAFTA) = 68.607  Tj a CO2 (diesel) = 73.326  Tj a CO2 (GNC) = 55.539</p>
---

#### 2.1.2. Áreas Urbanas

La información sobre el sistema de transporte urbano de cada una de las ciudades argentinas, fue construida en un proceso secuencial e iterativo, simultáneo a grupos de ciudades según tamaño poblacional, trabajando en paralelo la construcción y el completamiento de información básica de transporte urbano para los grandes aglomerados y ciudades medias que tuvieran disponibilidad de información primaria y a la vez establecer comparativas de los datos locales de cada ciudad y datos globales de todo el país, tomando como referencia los datos de población provistos por el Indec para el año base del trabajo.

El procedimiento incluyó una primera fase de trabajo orientado a compilar estudios de transporte urbano realizados en nuestro país e identificar la totalidad de ciudades argentinas agrupándolas en rangos de población: Rango 1= Amba, rango 2= más de 200.000 hab., rango 3= entre 100.000 y 200.000 hab., rango 4= entre 50.000 y 100.000 hab. Y rango 5= menos de 50.000 hab.

La Tabla 2 resume las fuentes y la metodología empleada para obtener los datos utilizados en el análisis, como así también el grado de confiabilidad de los datos obtenidos.

### III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

Categoría de análisis		Fuente de Información	Procedimiento	Calidad de los Resultados
Población		INDEC (Proyecciones de población del CNPHV 2001)	Selección de valores de población proyectados por ciudad.	Confiable media (por incertidumbre de las tasas de crecimiento futuras)
Transporte de Pasajeros	Viajes Totales	Tasa de generación de viajes totales por ciudad	Estimación a 2003 según estudios previos de cada ciudad y comportamiento histórico comparado de ciudades	Confiable media (por falta de mediciones OD del año 2003)
	Viajes Por modo	Encuestas Origen y Destino de viajes. Estudios particularizados sobre viajes diarios promedio de autos de alquiler y en transporte público	Extrapolación de: -Indicadores de cantidad de viajes diarios de autos de alquiler para ciudades medias sin dato -Indicadores de viajes no motorizados p/ciudades medias sin dato.	Confiable media baja (por falta de datos de contratación de autos de alquiler y no motorizados en las ciudades sin dato).
	Automóvil	Adefa (Asociación de fabricantes de automóviles) Estudios de parque automotor	Extrapolación del comportamiento provincial al urbano según habitantes	Confiable media (por calidad de datos de base)
	Omnibus	CNRT: Km. recorridos del sistema de transporte público urbano Declaraciones juradas de las empresas de transporte público (2003)	Contrastación de CNRT y DDJJ en ciudades con datos de ambas fuentes y asociación de Km. Rec. a viajes diarios provistos por encuestas OD.	Confiable media alta por duplicación de información.
Transporte de Carga	Viajes totales	Relevamientos en la ciudad base. TMDA de vialidad nacional y provinciales en acceso a ciudades. Actividad económica Actividad Industrial por ciudad. Censo Económico 2004.	Extrapolación de indicadores de km rec de carga por ciudad según extensión urbana y nivel de actividad económica.	Confiable media alta por duplicación de información Indicadores construidos, información censo económico y TMDA
Transporte de Servicios	Viajes	Relevamientos en la ciudad base	Construcción y extrapolación de indicadores de ciudad base al resto de las ciudades medias según cantidad de locales de servicios	
	Nivel de ingreso	Censo económico 2004		Confiable media baja (por falta de datos de contratación)

**Tabla 2. Grado de fiabilidad de la información obtenida de acuerdo con los criterios de los autores para el análisis de Transporte urbano.**

Observación: Las 430 ciudades argentinas concentraban en 2003 36.260.130 habitantes. 19 de ellas contaban a la fecha con más de 200.000 habitantes. Estas 19 ciudades concentraban en 2003 el 58.93% de la población total del país. (CNPHV 2001, INDEC)

Se partió de la información de mayor detalle disponible a la fecha de realización del estudio: a) Encuestas Origen y Destino de viajes para Gran Rosario (2002), Gran Mendoza (1996), Gran Córdoba (2000), Gran La Plata (1994) y Gran Neuquén (1998), y un estudio de transporte realizado para el Área Metropolitana de Buenos Aires mediante simulación matemática del transporte de pasajeros (2003)

### III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

El equipo de investigación tenía un mayor detalle de información histórica sobre el Gran La Plata, motivo por el cual se la estableció como “ciudad base”, trabajándose de manera complementaria con indicadores detallados del sistema de transporte de dicha ciudad. Los indicadores construidos para la “ciudad base” dan cuenta de: a) La actualización de la partición modal provista por la encuesta de origen-destino 1993), b) la determinación de distancias medias recorridas por modo, simulados con Tranus, c) el estudio particularizado de automóviles de alquiler 4) el comportamiento urbano del transporte de carga y 5) la identificación y generalización del transporte de servicios como forma de transporte no asimilable ni a cargas ni a pasajeros.

Entre los “estudios particularizados” utilizados, fechados fundamentalmente en la década del '90, se destaca una base de datos de transporte urbano de pasajeros para ciudades argentinas, provista por el Instituto de Transporte de Rosario de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Rosario. Se destacan también estudios de transporte en áreas urbanas de menor tamaño como las ciudades de Resistencia y Bahía Blanca. En algunos casos se localizaron para una misma ciudad, estudios semejantes realizados en diferentes años, lo que puso en evidencia la importancia de la comparabilidad histórica para hacer estimaciones. La compilación amplia y diversa de fuentes de información dio como resultado en algunos casos un sobre muestreo que fue utilizado para validar los datos y ganar confiabilidad.

Los estudios de los grandes aglomerados proveyeron una partición modal de viajes diaria (Tabla 3) que permitió ejecutar una primera discriminación de vehículos como base para desagregar luego por tipo de motor para la cuantificación energética y ambiental final. La estrategia de comparabilidad entre ciudades permitió ajustar las tasas de generación de viajes diarios, como dato fundamental para la cuantificación de viajes diarios total del país, mientras que la estrategia de comparabilidad de los datos locales con los globales, permitió trazar las líneas de ajuste de las cantidades sumadas del transporte urbano, conservando las proporciones dictadas por las tasas de generación para cada ciudad medida. Los indicadores de la ciudad base” sirvieron de control para la estimación de datos faltantes en otras ciudades comparables en alguno de los aspectos considerados

Fuente: Elaboración Propia UI6B

Modos de transporte 2003	Viajes		Unidades	Distancia media estimada	Km recorridos diarios		
	Partición modal	Cantidad			por unidad	diarios	anuales
Trans. Público	27,88	309032				121542	43755024
Trans. Interurbano	3,89	43076				51457	8890258
Trans. Escolar	2,71	30000	250	80		20000	7200000
Auto particular	32,85	364096		3,5		1274335	458760718
Taxis	6,73	74585	2131		200	426200	153432000
Remisses	4,06	45000	1500		200	300000	108000000
Motos	5,00	55425		3,5		193986	69834972
Bicicleta	2,05	22724					
Pie	5,15	57087					
Tren	1,75	19408				1344	483667
Otros	7,95	88093		3,5		308325	110996945
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>1108492</b>				2697188	961353585
<b>Población</b>		<b>735692</b>					
<b>Viajes/hab.</b>		<b>1,51</b>					
<b>Área urbana</b>		<b>16166,6</b>					

Tabla 3: Partición modal 2003 para la “Ciudad Base” Incluye población total y área urbana, y los indicadores necesarios para el cálculo de los Km. Recorridos por modo. Fuente: Elaboración Propia

Para la construcción de la información de transporte del resto de las ciudades de más de 200.000 habitantes, se construyó una partición modal simplificada, cuyos valores fueron estimados a partir de la aplicación de una tasa de generación media y su respectivo cálculo de viajes totales por modo, desagregados luego

### III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

mediante información secundaria e informes de encuestas origen destino sin detalle. Este conjunto de ciudades incluía a Mar del Plata y a las restantes ciudades capitales de todas las provincias del país.

Para calcular el consumo energético y la emisión de contaminantes se aplicaron factores de conversión del modelo LEAP, pero adaptándolos a ciudades, llevando el consumo estándar establecido por este modelo para rutas, a las características de congestión de las áreas urbanas. Para ello se aplicaron coeficientes de incremento porcentual según niveles de congestión urbana, facilitados por la Universidad Nacional de Mendoza (Gantuz y Puliafito, 2001) Se unificaron además, los criterios para la construcción de información de consumo energético a todas las ciudades, aplicando las particiones de nafta, GNC y gas oil por tipo de vehículo provistas por Energas, en todos los casos en que no se tuviera la información localmente construida.

Los valores construidos de kilómetros recorridos diarios por modo de transporte y por tipo de vehículo, fueron convertidos a valores anuales y desagregados según combustible utilizado. Esta desagregación permitió el cálculo directo de consumo de m<sup>3</sup> de combustible por tipo y el pasaje a Toneladas equivalente de petróleo (TEP) para el cálculo final de Terajoules (TJ) y emisiones de CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, CH<sub>4</sub>, CODVM, N<sub>2</sub>O, según la forma de cálculo del modelo LEAP.

La información construida con mayor detalle, que corresponde a las 20 áreas urbanas más grandes que concentran el 68 % de la población urbana del país, permitió simplificar el procedimiento para las pequeñas ciudades, mediante un indicador de emisiones por habitante. Este indicador se aplicó a las poblaciones de menos de 200.000 habitantes. Para los casos de ciudades de menos de 50.000 habitantes, en los que se ha verificado la ausencia de sistemas de transporte masivo a la vez que se ha detectado un índice de motorización relativamente más alto que en ciudades de mayor población, para dar cuenta de esta situación, la estimación de emisiones se ha realizado aplicando un indicador de emisiones por habitante en modos no masivos.

#### 2.2. Medidas de Mitigación

La aplicación de medidas de mitigación en el sector del transporte es un ejercicio complejo, debido a la multiplicidad de actores involucrados y de intereses encontrados: hábitos de movilidad, formas de gestión empresarial y planificación del Estado. Las medidas seleccionadas dan cuenta de esta complejidad, de la viabilidad, del potencial de mitigación y de los recursos económicos necesarios para su implementación. La selección de medidas se basó en criterios planteados por diversos proyectos realizados en el contexto de la European Commission Program Joint Urban Project in Transport Energy Reduction (Mitrovich, 2003). Las medidas evaluadas fueron:

En *rutas*: i) Buenas prácticas de manejo, ii) menor velocidad de conducción, y iii) transferencia modal -modo automotor a transporte ferroviario de carga-.

En *Ciudades*: i) Transferencia modal, incluyendo el rediseño del sistema de transporte, ii) buenas prácticas de manejo, y iii) cambio en el horario de transporte de carga.

#### 2.3. Formulación de Escenarios

Para evaluar el comportamiento de las medidas seleccionadas en el tiempo, en función del crecimiento del sistema de transporte y de sus emisiones, se previeron tres situaciones diferenciadas<sup>11</sup>: i. un escenario tendencial (medio), ii. un escenario deseable u optimista, y iii. un escenario bajo o pesimista. La formulación de escenarios se realizó a partir de un conjunto de hipótesis relacionadas con variables económicas, ambientales, sociales, políticas y tecnológicas, que inciden en el futuro del desarrollo del sector transporte y su producción de GEI (Tabla 4). Las hipótesis se construyeron para evaluar el crecimiento del sistema de transporte y el impacto de las medidas de mitigación en cada escenario. Los supuestos básicos de las variables relevantes se describen en la Tabla 4.

La tasa de crecimiento de población y el grado de urbanización se calcularon según las proyecciones del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC, 2004). Las principales variables macroeconómicas consideradas fueron el PBI anual, el Índice de Precios al Consumidor (IPC), el promedio anual del tipo de cambio nominal, y el cambio porcentual en el PBI per cápita en dólares. Las variables macroeconómicas se obtuvieron de estudios económicos pertinentes (Gastaldi, 2005; Devincenzi, 2005; FIEL, 1998). Por su parte, la evolución de los viajes realizados en transporte público y automóviles fue calculada en base a estadísticas propias, elaboradas durante los últimos veinte años por el grupo que realizó este trabajo.

---

<sup>11</sup> La metodología sigue las pautas del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC, 2001).

### III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

Concepto	Variable	Detalle
<b>Nivel de actividad</b>	Electricidad y consumo de gas por hogar	La heterogeneidad de las regiones climáticas afecta de manera diferencial.
	Transporte de carga	Relación directa con el PIB.
	Transporte de pasajeros	Relación directa con la población de ingresos medios.
<b>Recursos no renovables</b>	Agotamiento de reservas existentes	Aumento gradual del precio del combustible.
	Precio del petróleo	Se consideró un crecimiento acelerado hasta 2008, seguido por una fuerte desaceleración entre 2008 y 2011, para continuar a partir de este último año con un crecimiento constante.
<b>Dinámica Urbana</b>	Crecimiento de la Población	Tasas diferenciadas por región.
	Crecimiento del Área Urbana	Patrón diferencial de crecimiento afecta el medio de transporte y el número de hogares conectados a la red.
<b>Tecnología</b>	Tasa de cambio tecnológico, sustitución de tecnología	Incorporación de nuevos combustibles, lámparas de bajo consumo, etc.
	Heterogeneidad regional	Diferente disponibilidad de recursos naturales, humanos y físicos entre ciudades.
<b>Comportamiento del consumidor</b>	Efecto de la sustitución de precios relativos	Cambios en la demanda y la sustitución de modos de transporte. Ajuste en el consumo de energía, elasticidad.
	Ingresos en relación con los procesos inflacionarios	Similar al anterior con respecto a los ingresos reales per cápita.
	Nivel de penetración de las nuevas tecnologías	Diferentes dinámicas de los hábitos de consumo. Ej. Uso de lámparas de bajo consumo.

**Tabla 4. Variables y conceptos utilizados para formular hipótesis.** Fuente: Elaboración Propia.

Algunos supuestos básicos de la tendencia de estas variables macroeconómicas, estimadas en 2003, se realizaron en términos conservadores. En primer lugar, se consideró que para mantener la tendencia de ese momento se requería una alta tasa de cambio y liquidez fiscal, la tasa del IPC tendría que mantenerse por debajo de dos dígitos, y se proyectaba una tasa ligeramente creciente de cambio nominal *vis-a-vis* el dólar de EE.UU. Se asumió una baja tasa de crecimiento de 2,5% anual para el mediano plazo (2006-2012), mientras que a partir de este último año se consideraba una etapa de estancamiento del crecimiento, considerando que el período de recuperación económica en Argentina habría llegado a su fin.

Para el escenario pesimista, se consideró la ausencia de inversión en la infraestructura prevista, suponiendo que esta situación conduciría a una constricción de suministro de energía, lo que provocaría un exceso de demanda sobre el potencial de producción, y una lucha intersectorial con el consiguiente incremento de inflación y distorsión de precios. Las estimaciones de los viajes realizados en transporte público y vehículos particulares,<sup>12</sup> así como las tasas de crecimiento de la flota de vehículos se calcularon a partir de los indicadores que se describen en la sección 2.1 de este documento.

Considerando para la situación de referencia, agotado el período de recuperación económica, se supone que se producirá un desaceleramiento de la economía a partir del año 2012, siguiendo tasas anuales acumuladas estables hasta el año 2015, cuyas tasas sugeridas fueron las siguientes: PBI (real) e Índice de

<sup>12</sup> Con respecto a la flota de vehículos se han previsto tasas de crecimiento inferiores a las registradas en los últimos 7 años, es decir, aproximadamente un 2% anual.

precios al consumidor: 5,5%; tasa de cambio nominal (en valores absolutos, según referencia del Banco Central en pesos /u\$s): 2,7%; PBI per cápita: 4%. Las variables arriba señaladas en algunos casos se utilizan para marcar las tendencias, como el PBI. En otros casos, para establecer un marco o contexto. (Ravella *et al*, 2005).

#### 2.3.1. Modelo General de Escenario

El tránsito fue la variable de ajuste considerada para evaluar las medidas seleccionadas en los distintos escenarios: 1) el Informe del Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) de los corredores interurbanos y, 2) los kilómetros recorridos por pasajero en modos de transporte masivos, no masivos y de carga para las ciudades. Ambas variables consisten en promedios ponderados desagregados por modo y tipo de combustible. Las variables con respecto al PBI, población y parque automotor se tomaron como variables independientes. La ecuación utilizada para formular hipótesis es la siguiente:

$$X_i = \alpha 0.83 g_i + \beta 0.64 p_i + \delta 0.34 a_i + k_i$$

Donde,  $X_i$  es la tasa de crecimiento del tránsito medio diario anual (TMDA) en el año  $t$ ;  $g_i$  es la tasa de crecimiento del PBI (0,83 es la elasticidad),  $p$  es la tasa de crecimiento poblacional (0,64 es la elasticidad);  $a_i$  es la tasa de incremento de vehículos (0,34 es la elasticidad), y  $k_i$  es el índice de sustitución de combustibles. Los coeficientes  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\delta$  son los factores de ponderación de cada término correspondiente a una variable.

A fin de formular el escenario para las ciudades, se asumió que el sistema de transporte no está directamente relacionado con la economía, y responde al comportamiento de los usuarios del sistema (Ravella, 2005). A partir de esta consideración, se utilizó un valor muy bajo del PBI para el transporte masivo y, por tanto, se ha aplicado una ponderación diferencial de los efectos del PBI: entre 0,1 y 0,6 para los autobuses, automóviles y camionetas, y 1 para el transporte de carga, directamente vinculado a la evolución de la economía.

### 3. Resultados obtenidos

Los niveles de consumo de energía utilizados -desagregados por diferentes tipos de vehículos y de combustibles- se obtuvieron de los cálculos descritos en el apartado anterior. A efectos de determinar la calidad de los datos, los resultados fueron contrastados con opiniones de expertos y estimaciones basadas en el Balance Nacional de Energía (Fundación Bariloche, 2005). Los resultados generales indican que el 64.42% del consumo energético total del sector transporte corresponde a las áreas urbanas, mientras que el restante 35.58% es el realizado en corredores interurbanos de nuestro país. Las proporciones varían en términos de emisiones contaminantes, registrándose un 54% del total de emisiones anuales de CO<sub>2</sub> en ciudades y un 46% de emisiones anuales de CO<sub>2</sub> en rutas. De estos resultados, a continuación se describe el detalle correspondiente a corredores interurbanos y áreas urbanas, desagregados por tipo de ruta y rango de ciudad respectivamente.

#### 3.1 Resultados en Corredores Interurbanos

La mayor cantidad de las emisiones (Tn/Km.) se producen en las carreteras nacionales que presentan los mayores flujos de transporte de carga procedentes no sólo de diferentes áreas del país, sino también de países limítrofes, especialmente de Brasil hacia los puertos de Chile, en la costa del Pacífico

Las estimaciones a lo largo de estos corredores demuestran que el 77% del consumo total corresponde a la nafta, 17% al diesel y el 3% al GNC. Estos porcentajes son similares a los que se presentan en el Balance Nacional de Energía.

De las estimaciones de emisiones producidas en el sistema vial, el mayor flujo de tránsito y sus emisiones asociadas (aproximadamente 1300 Km. de rutas) están concentradas entorno al Área Metropolitana de Buenos Aires y al Área Metropolitana de Rosario, respectivamente (Gráfico 1).

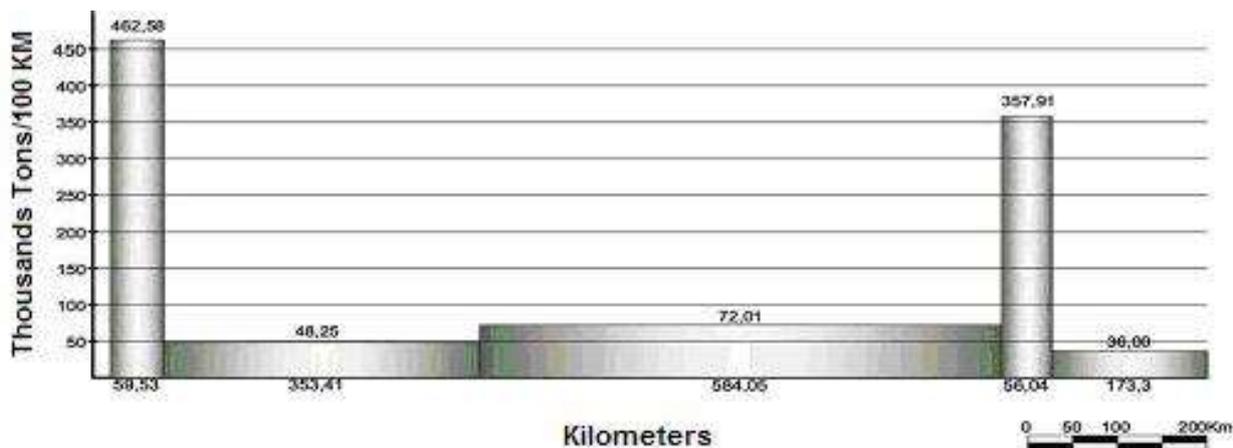


Gráfico 1. Emisiones en Tn anuales de CO<sub>2</sub>/100Km. Ruta Nacional N°7. Fuente: Ravella et al., 2005.



Figura 1. Concentración de Emisiones de CO<sub>2</sub> en Corredores Interurbanos. Fuente: Ravella et al., 2005

Así, el indicador de CO<sub>2</sub>/habitante producido por el transporte carretero en el Área Metropolitana de Buenos Aires (para aproximadamente 11.000.000 de hab. A 2003) es de 2,5 t/hab. mientras que el promedio del corredor es de 0,53 t/hab. Del total de toneladas de emisiones de GEI, producidas en los corredores interurbanos, entre el 72% y el 81% corresponden al transporte de carga mientras que entre el 28% a 19% lo emite el transporte de pasajeros (automóviles y autobuses), un patrón que se invierte en el caso de áreas urbanas.

Las mayores emisiones producidas en corredores interurbanos se registran en las zonas con mayor actividad agroindustrial y población. La Figura 1 muestra los mayores volúmenes en un flujo continuo entre Buenos Aires, Rosario y Córdoba predominantemente.

Es importante destacar que el mapeo o espacialización de las emisiones contaminantes producidas sobre los corredores interurbanos del país, se constituye en una herramienta especialmente eficaz para decidir medidas diferenciadas de mitigación de emisiones y establecer las estrategias adecuadas para su implementación localizada.

#### 3.1.2. Medidas de mitigación

Se consideran las siguientes medidas:

a) *Buenas prácticas de manejo*: Esta medida supone una capacitación orientada a producir un cambio de comportamiento en los conductores. Se basa en el aprendizaje y aplicación de formas cuidadosas de arranque y de frenado de los vehículos, así como del establecimiento de ritmos de manejo adecuados al tránsito vehicular de contexto. Experiencias previas indican un mayor impacto de esta medida en conductores de camiones y de buses pero en este trabajo se aplica también a los automovilistas. Las mencionadas experiencias capitalizaron reducciones de entre un 12% a 30%. La primera fue realizada en convenio entre Secretaría de Transporte de Nación, Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sostenible y el Programa de Cooperación Técnica-Argentino-Alemana (GTZ). La segunda fue realizada en la Municipalidad de Salta y constituyó un proyecto de formación en prácticas de buen manejo para 20 conductores.

Esta medida se implementaría a partir de un plan nacional de buenas prácticas de manejo que comprende la realización de cursos de capacitación dirigidos a los conductores de los transporte de carga y buses de pasajeros. Se propone la formación de 10% de los choferes por año, completándose la totalidad para el año 2015. Esta formación se incluiría en los cursos que obligatoriamente deben realizarse para obtener la licencia de conducir. Los costos se estimaron considerando: a) material didáctico, publicidad y preparación de los formadores y b) costos operativos del proyecto.

b) *Reducción en la velocidad de conducción*: A partir de implementar una medida de control de velocidad de entre 90 y 130 Km./h se podrían disminuir las emisiones entre un 1,69 % y 5,59% para los años analizados. La implementación de esta medida requeriría una inversión inicial para instalación de radares y de costos operativos anuales que fueron calculados en función de los kilómetros de las rutas principales y accesos a las áreas metropolitanas. Para el cálculo de los consumos de los vehículos a nafta y diesel se usaron los valores de la Revista *Road Test* para diez tipos de vehículos. Se calcularon 255 radares para abarcar todas las rutas del país y estimando que debieran colocarse 187 en el acceso al Área Metropolitana de Buenos Aires, 10 radares en los accesos a las Áreas Metropolitanas de La Plata, Córdoba y 30 en el resto de los corredores.

c) *Transferencia Modal*: Para transporte de carga, la transferencia de automotor a ferrocarril, es estructural en un país tan extenso y con 39 mil kilómetros de vías férreas abandonadas: 32 millones de toneladas de carga fueron transportadas en 2001, de las cuales 62% se realizó por camión (CEPAL, 2002). A efectos de evaluar su potencialidad se estudió la implementación de un ferrocarril entre las ciudades de Rosario y Córdoba, entre cuyos nodos se producen los mayores flujos de transporte de carga del país (la distancia entre las dos ciudades mencionadas es de 415 kilómetros). El flujo estimado fue 2265 camiones transportando 33.900 toneladas y consumiendo 11427 litros de combustible por día, lo que implicaría un ahorro implementando el ferrocarril de 7,48% para el año 2015. Se estima que el retorno de la inversión se produciría para el año 2025, en caso de que se implementara en el 2010 (Ravella *et al*, 2005)<sup>13</sup>. Asimismo, se verifican externalidades beneficiosas por la disminución de accidentes en autopistas.

#### 3.1.3. Análisis de las medidas de mitigación para la formulación de escenarios.

La reducción de emisiones estimadas para cada medida seleccionada, fue aplicada a los escenarios base 2004 (Tabla 5). A partir de dicha información se calcularon los valores para cada escenario con las variables antes expuestas y se generaron los nuevos resultados mediante el cálculo de los factores de ahorro de energía (Tabla 6) sobre el combustible y el cambio en los patrones de transporte (es decir, la reducción del tráfico por la eficiencia de los modos de transporte). El Gráfico 2 muestra las variaciones en el escenario medio.

En relación a la medida "transferencia modal", se aplicó una reducción de 7,4% al 10% de la carga transportada (considerando que para 2015 estaría completado un tramo equivalente de vías); la reducción es equivalente a 519.048 C02/año para el año 2015 en un escenario medio. Estas reducciones deben ser evaluadas junto con los factores externos que se derivan de una disminución de los accidentes de tránsito, cuyo costo alcanza a 197.000 USD/accidente

---

<sup>13</sup> Nuevas estimaciones indican que si la medida fuera implementada en el año 2010 (bajo las condiciones del año 2005, fecha de realización del estudio), el análisis coste-beneficio mostraría un resultado positivo de la inversión total para el año 2025.

### III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

Corredores Interurbanos	Total Rutas Analizadas			Total País				
	Total Km	TEP	Total Ton/año CO <sub>2</sub>	Total Km	TEP	CO <sub>2</sub> T/km	Total Ton/año CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> T/km
Red Vial Nacional Pavimentada	12.925	2.857.887	8.608.592	31.153	3.843.968	123	9.205.028	295
Red Vial Provincial Pavimentada	3.360	686.463	2.022.848	38.537	2.575.422	66.8	9.380.899	243
Subtotal	16.285	3.544.350	10.631.440	69.690	6.419.390	92.1	18.585.927	267
Red de Tierra y Ripio - Total País	3.888	23.681	54	161.405	75.419	0.5	491.797	3
Total	20.174	3.568.031	10.631.493	231.095	6.494.809	28.1	19.077.723	83

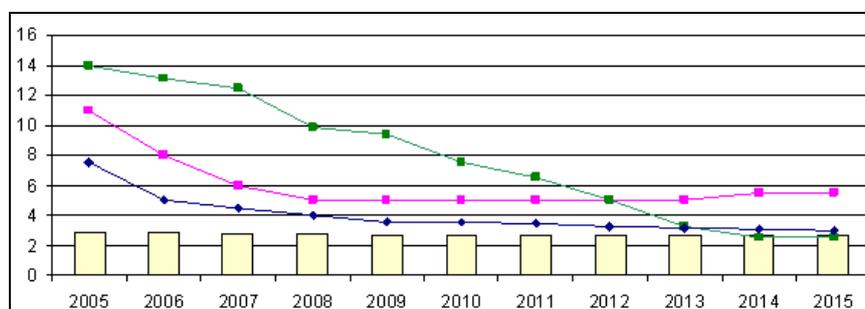
**Tabla 5. Estimación del consumo de combustible (TEP), y emisiones de CO<sub>2</sub> (Tn.), en Corredores Interurbanos de la Argentina.** Fuente: Ravella, 2005; DNV, 2003 y DPV, 2003.

Años	Escenario Referencia	Buenas Prácticas		Disminución de Velocidad		Transferencia Modal	
		T/año	% (*)	T/año	%(*)	T/año	%(*)
2008	5.149.589	25.233	0,4900	87.028	1,69	115.351	2,24
2012	6.124.830	66.732	1,0895	210.694	3,44	275.005	4,49
2015	6.939.148	112.414	1,6200	387.898	5,59	519.048	7,48

**Tabla 6. Medidas de mitigación y reducción estimada de emisiones de CO<sub>2</sub> en Corredores Interurbano. Tipo de Escenario: Tendencial.** Fuente: Ravella, 2005; DNV, 2003 y DPV, 2003.

(\*) Porcentaje de reducción estimada de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Si se aplicara la medida “disminución de la velocidad” el porcentaje de reducción se estima en el rango de 1,69% y 5,59%, con valores de 387.898 CO<sub>2</sub>/año para el 2015. La aplicación de buenas prácticas de manejo no es tan eficiente en corredores como en ciudades debido a que la reducción de emisiones depende principalmente de los procesos de arranque y rodaje de vehículos. Se alcanzaría así una reducción de 1,6% y 112.414 CO<sub>2</sub>/año para el año 2015.



Tipo de Cambio Nacional (u\$s) media anual
  Índice de Precio al Consumidor  
 GNP per capita (u\$s) var. %
  GNP var. %

**Gráfico 2. Evolución de las variables económicas para el Escenario Medio.** Fuente: Devincenzi, 2005.

**3.2. Resultados en Áreas Urbanas**

En Áreas urbanas la mayor actividad de transporte corresponde al tipo transporte de pasajeros. La mayor cantidad de las emisiones (Tn/Km.) se producen en el AMBA que presenta una mayor concentración de población y actividad de transporte. En la tabla 7 se expone la comparación de población, cantidad de viajes diarios totales, km. Recorridos anuales, consumo y emisiones anuales por habitante para los cinco aglomerados estudiados en mayor detalle.

La tasa de generación total de viajes diarios es marcadamente mayor en el AMBA que en el resto de los aglomerados urbanos considerados y para el caso de los viajes motorizados la tasa de generación asciende a 2,12 viajes diarios por habitante mientras que en el resto de las áreas urbanas este indicador varía desde 0,86 viajes motorizados diarios por habitante en Rosario, hasta 1,45 viajes motorizados diarios por habitante en La Plata.

Viajes motorizados						
Aglomerados	Población '03	Viajes por habitante	Km/hab/año	Km/hab/día	Tep/Hab/año	CO <sub>2</sub> /Hab/año
Amba	11.833.639	2,1205	5361,47	14,69	0,43	1,25
Gran Rosario	1.171.995	0,8658	889,82	2,44	0,08	0,22
Gran Córdoba	1.340.107	1,2194	1106,53	3,03	0,09	0,27
Gran Mendoza	1.024.420	1,2989	1197,68	3,28	0,11	0,32
Gran La Plata	735.692	1,4573	1394,61	3,82	0,13	0,38
Totales	16.105.853					

**Tabla 7: Actividad de transporte 2003 en viajes, km. Recorridos, consumo energético y emisiones de CO<sub>2</sub> para los grandes aglomerados en estudio.** Fuente: Elaboración propia.

La actividad de transporte observada no guarda relación directa con la cantidad de habitantes en cada caso sino que intervienen los patrones de movilidad propios de cada región, asociados a niveles de ingreso, extensión urbana residencial y cultura urbana en general. La producción de CO<sub>2</sub> por habitante es mayor también en el AMBA, donde cada habitante produce 1.24 Tn anuales de CO<sub>2</sub>. Para el resto de las ciudades consideradas, el comportamiento ambiental por habitante varía entre 0,22 Tn anuales de CO<sub>2</sub>/hab. en Rosario, hasta 0,38 Tn anuales de CO<sub>2</sub>/hab. en La Plata. En la observación realizada sobre este segundo rango de ciudades, es más clara la independencia del comportamiento ambiental respecto del tamaño de ciudades en cantidad de habitantes y en extensión urbana.

Aglomerados	Población '03	Masivos/hab	No masivos/hab
Amba	11.833.639	0,61	1,51
Gran Rosario	1171995	0,36	0,51
Gran Córdoba	1340107	0,57	0,65
Gran Mendoza	1024420	0,51	0,78
Gran La Plata	705909	0,57	0,89
<b>Totales</b>	16076070		

**Tabla 8: Población, e indicadores de viajes masivos y no masivos por habitante 2003.**

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 8 se muestran los indicadores de transporte de pasajeros construidos para los grandes aglomerados urbanos. Para todos los casos, correspondientes al año base 2003, los indicadores de viajes masivos por habitante son menores que los de viajes no masivos, es decir que en todas estas ciudades predomina el

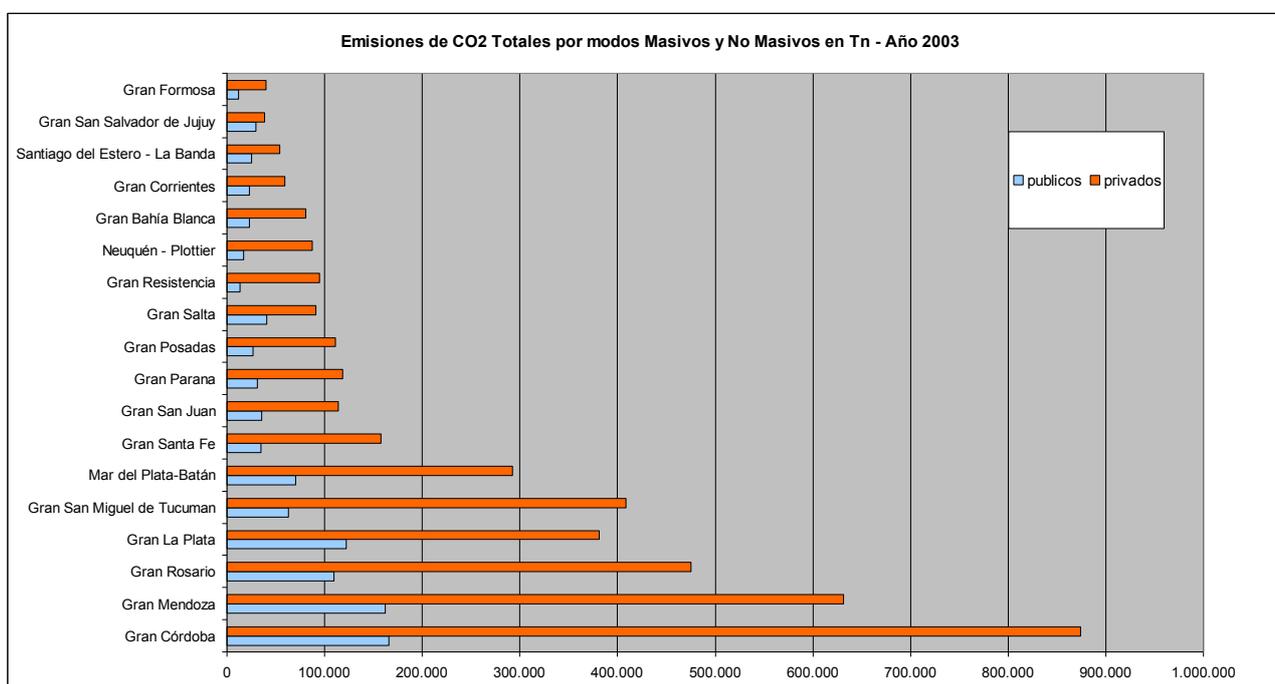
### III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

uso del automóvil particular. Los guarismos ponen de manifiesta la diferencia sustancial en el uso del automóvil particular y de alquiler que sucede precisamente en el aglomerado más grande de nuestro país. El valor que lo representa es de 1.51 viajes/habitante mientras que el resto de los aglomerados presentan indicadores cuyos valores varían entre 0.51 en Gran Rosario a 0.89 en Gran La Plata.

En cuanto a los indicadores de viajes en modos masivos, los mayores valores de este indicador también corresponden al AMBA y los menores valores del indicador corresponden a Rosario. Esta simetría entre AMBA y Gran Rosario tiene relación directa con las tasas de generación de viajes totales en cada caso (incluyendo los viajes no motorizados) que asciende para la primera a 2.9 viajes / hab. Contra 1.4 viajes / hab. para la segunda. Estos dos casos extremos del universo de análisis inicial, tienen una variabilidad comparable con el nivel de actividad económica y el nivel de ingreso medio de cada ciudad, según datos del censo económico 2004.

La información complementaria construida para cada caso, histórica y contextual, permite interpretar este comportamiento a la luz de los niveles de ingreso medio de las ciudades, la extensión urbana de las ciudades consideradas, el crecimiento del parque automotor y deficiencias e inestabilidades en los sistemas de transporte urbano público de pasajeros que sucedieron al mismo tiempo en que se generalizaba el uso del modo auto de alquiler por transformaciones importantes en el sistema tarifario del modo taxi y remis. En el gráfico 3 pueden observarse los datos comparados de total de viajes según modos públicos (masivos) y privados (no masivos) para la totalidad de las ciudades Argentinas de más de 200.000 habitantes, incluyendo los grandes aglomerados inicialmente considerados.

Las Emisiones de CO<sub>2</sub> expresadas en Tn anuales corresponden a los tres tipos de transporte considerados en este estudio: Transporte de pasajeros (masivos y no masivos) transporte de cargas y transporte de servicios. Este último se revela como marginal desde el punto de vista energético ambiental en virtud de sus bajos consumos y emisiones. En todos los casos analizados, los mayores valores de CO<sub>2</sub> corresponden al transporte no masivo de pasajeros (automóvil particular y de alquiler) seguido en general, por los valores de CO<sub>2</sub> correspondientes al transporte masivo de pasajeros (buses urbanos de diversos tipos) Finalmente se revela el poco peso relativo del transporte de cargas en ciudades, contrariamente a lo observado en corredores interurbanos



**Gráfico 3: Emisiones de CO2 para transporte de pasajeros (masivo y no masivo) cargas y servicios para las 20 ciudades argentinas de más de 200.000 habitantes a 2003.** Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 9 se ven los valores totales de emisiones y sus respectivos indicadores para el transporte de pasajeros y de carga por rangos de ciudades. En este caso se reproduce el patrón del universo de grandes aglomerados: La producción de Tn anual de CO<sub>2</sub> por habitante, es notablemente mayor en el AMBA que en el resto de los rangos de ciudades establecidos en este estudio, incluyendo el rango 2 que contempla el resto de los mayores aglomerados urbanos de nuestro país. 1.25 Tn anuales de CO<sub>2</sub> por habitante es un

### III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

indicador próximo al de ciudades pertenecientes a países de economías más prosperas en esos años, como lo era Barcelona en España o Bordeaux en Francia.

ciudad	población	Transporte de pasajeros				Transporte de Carga	
		Emision CO2	CO2/hab.	Consumo TEP	TEP /Hab.	Emision CO2	CO2/hab.
AMBA	11.833.639	14.783.863	1,25	5.168.154,73	0,44	1.051.828,07	0,09
Ciudades de mas de 200.000 hab.	9.862.457	2.515.087	0,26	6.008.076,15	0,61	622.108,48	0,06
Ciudades de entre 100.000 y 200.000 hab.	1.332.298	308.316	0,23	100.589,06	0,08	85.284,32	0,06
Ciudades de menos de 50.000 hab.	6.375.457	1.475.389	0,23	481.349,68	0,08	408.111,81	0,06
totales	29.403.851	19.082.655		11.758.170,00		2.167.333,00	

**Tabla 9: Población, emisiones de CO2 y consumo de TEP anuales por tipo de transporte (carga y pasajeros) y por rangos de ciudad 2003.** Fuente: Elaboración propia.

De lo anteriormente descrito se desprenden dos conclusiones importantes: 1) un impacto diferencial según tipo de combustible, mayor en el caso de los automóviles porque prevalece el usos de nafta al interior de este tipo de vehículos y, 2) la cantidad final de kilómetros recorridos por modo de transporte afecta el factor de ocupación de los vehículos<sup>14</sup> en relación con los viajes.

#### 3.2.2 Medidas de mitigación en ciudades

Las medidas de mitigación en las Áreas urbanas se analizaron siguiendo los mismos procedimientos desarrollados para definir las medidas en los corredores interurbanos. En este sentido, fueron consideradas las siguientes medidas:

a) *Reestructuración del sistema de transporte para transferencia modal*: El estudio de esta reestructuración fue realizado en detalle por el equipo de trabajo y consistió en modificación de recorridos, centros de transferencia entre transporte público y privado (estacionamientos de autos, motos y bicicletas), áreas de estacionamientos en los ingresos a la ciudad y en las estaciones ferroviarias, y carriles únicos. Se incluyó además la incorporación de una red de tranvía que abarcaría al 40% de la demanda de transporte público; la implementación de regulaciones para control del tránsito automotor en el centro urbano y de estacionamientos en calles; la construcción de bici sendas y la implementación de un sistema de semaforización que articule la circulación de modos prevista.

En relación a la implementación del tranvía, se estimaron los costos del proyecto, construcción e implementación de este nuevo sistema (publicidad, gestión y costos operativos). Consecuentemente se estimaron los ingresos provenientes de incremento del impuesto a la propiedad en los corredores en los que circularía el tranvía, considerando las mejoras urbanas que conllevaría este proyecto, tarifas y externalidades: ahorros de tiempo, disminución de accidentes, ahorros de combustibles y de emisiones de CO<sub>2</sub>.

El estudio preliminar de esta medida (tranvía), acompañada de políticas urbanas de promoción del transporte público en la ciudad base, arrojó los siguientes resultados: 40% de ahorro anual de combustible y 52% de disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> aproximadamente. Se estimó el 15% de disminución de viajes en automóviles en 15 años. Estos cambios implicarían costos marginales promedios de \$35 U\$SD/Tn de CO<sub>2</sub> al finalizar el período, y de entre \$ 7 y 5 USD/Tn de CO<sub>2</sub> a los cuatro años, con una tasa de descuento del 10%. Sin embargo, para realizar el análisis del impacto de esta medida se realizaron cálculos más conservadores que alcanzaron los siguientes valores de disminución de emisiones de Tn de CO<sub>2</sub>: 8% para el año 2015; 14% para el año 2020 y 20% para el año 2030, estimando la puesta en funcionamiento en 2012.

b) *Programa de buenas prácticas de manejo*: La medida se basó en estudios sobre experiencias previas en la Argentina (Yáñez, 2003), que se utilizaron también para el análisis de las medidas en los corredores interurbanos.

c) *Cambio de horario de transporte de carga*: La medida, consistente en la regulación y reorganización de un horario nocturno para carga y descarga de mercancías, se analizó en cada una de las tres áreas de la ciudad de referencia, siendo los indicadores posteriormente extrapolados a la totalidad de la Microrregión del Gran La Plata.

<sup>14</sup> Índice de ocupación: número medio de pasajeros por vehículo (automóviles, ómnibus, trenes, aviones).

**3.2.3. Análisis de las medidas de mitigación para la formulación de escenarios.**

Los resultados obtenidos de consumo de combustible y emisiones GEI en la ciudad base, como así también la aplicación de medidas fueron evaluados a partir de los siguientes escenarios: a) escenarios de referencia (sin aplicación de medidas) y b) escenario alternativo (con medidas de mitigación). Las emisiones en el escenario de mitigación se compararon con las del escenario de referencia. Los valores de las emisiones de CO<sub>2</sub> desagregadas por medida para los escenarios de referencia en la ciudad base están representados en la Tabla 10.

Año	CO <sup>2</sup> Total Tn/año	Transferencia Modal			Cambio horario T de Carga			Buenas Prácticas de manejo					
		CO <sup>2</sup> Transp. Público Tn/año	Reducción de CO <sup>2</sup>			CO <sup>2</sup> Escenario Base Tn/año	Reducción de CO <sup>2</sup>			CO <sup>2</sup> Escenario Base Tn/año	Reducción de CO <sup>2</sup>		
			Total	(%) Sector	(%) Total		Total	(%) Sector	(%) Total		Total	(%) Sector	(%) Total
2008	380,5	270,9											
2015	461,8	313,8	42	13,4	9,1	71,9	4,8	6,8	1,1	385,8	44,3	11,5	11,7
2020	495,3	335,8	50,3	15	10,2	77	9,3	12,1	1,9	412,8	79,9	19,4	17,3
2030	469,1	376,6	71,3	18,9	12,5	86,3	15	17,4	2,6	463	126,1	27,2	25,5

**Tabla 10. Análisis de medidas adoptadas considerando la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> (miles) en la Ciudad Base. Escenario Tendencial.** Fuente: Ravella et all, 2005.

La tabla 11 muestra que la medida "buenas prácticas" obtiene los mejores resultados en términos de reducción con respecto a las emisiones totales del escenario de referencia para la ciudad base, obteniendo ahorros que van desde 11,7% (año 2015) a 25,5% (año 2030). En segundo lugar se encuentra la medida "transferencia modal", con reducciones del 9,1% al 12,5% y, en tercer lugar, la medida "reestructuración del transporte", con el 1,1% a 2,6%, respectivamente, para los mismos años. La medida de "transferencia modal" tiene una reducción importante, pero sólo hay un pequeño aumento en la reducción durante el período bajo análisis. Las otras dos medidas han más que duplicado el porcentaje de reducción en 15 años. En otras palabras, ambas medidas tienen un efecto marginal significativo y positivo (respeto de sí mismos) a través de los años.

De acuerdo con los resultados de las emisiones y el análisis de costo-beneficio, la adopción de "buenas prácticas" proporciona beneficios económicos lo suficientemente atractivos. En principio, sólo implicaría la necesidad de tomar un curso específico para obtener la licencia de conducir por parte de todos los conductores. Su aplicación depende de la existencia de una ley que debe cumplirse a nivel federal a través de una entidad nacional, lo que podría romper las barreras institucionales existentes y promover alianzas estratégicas con entidades no gubernamentales provinciales, municipales y responsables de esas cuestiones. Las mayores reducciones derivadas de la aplicación de esta medida se evidencian en aquellas ciudades con mayores problemas en relación a las malas prácticas de manejo.

Con el fin de analizar la aplicación de las medidas en las demás ciudades grandes y medias, se aplicaron los siguientes criterios: i) para el AMBA, y debido a la falta de un plan de transporte integral, sólo se tomaron en consideración las medidas de "buenas prácticas de manejo" y "cambio horario de transporte de carga, ii) para las ciudades de Rosario, Córdoba y Mendoza, se aplicaron todas las medidas analizadas para la ciudad base con el porcentaje correspondiente de reducción de emisiones. Con esos indicadores, se obtuvo la estimación de la reducción de emisión potencial (Tabla 12)

La reestructuración del sistema de transporte como medida de mitigación incluye transferencia modal. Si bien es la medida económicamente más costosa de aplicar, en las ciudades de Rosario, Mendoza y Córdoba<sup>15</sup> se están desarrollando anteproyectos para la implementación de tranvías o BTR. Esta medida es la más eficaz en reducción de emisiones en todas las ciudades consideradas, seguida de "buenas prácticas de manejo" y de "cambio horario para cargas". Esta última alcanza la menor reducción de emisiones en el

<sup>15</sup> A partir del proyecto preliminar llevado a cabo en la ciudad de Rosario por este equipo de trabajo, el porcentaje estimado de reducción de CO<sub>2</sub> va mucho más allá de los valores presentados en este estudio.

### III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

AMBA. Por su parte, la ciudad de Mendoza es la que mostró mayor sensibilidad, con los más altos valores de emisiones de CO<sub>2</sub> en las tres medidas consideradas.

Ciudad	Año	Escenario de Referencia	Transferencia Modal		Cambio en Horarios de Carga		Buenas Prácticas		Total Medidas	
		Total emisiones CO <sup>2</sup>	CO <sup>2</sup> Reducción T/año		CO <sup>2</sup> Reducción T/año		CO <sup>2</sup> Reducción T/año		CO <sup>2</sup> Reducción T/año	
			Total	%	Total	%	Total	%	Total	%
Ciudad Base: La Plata	2008	380,5								
	2015	461,8	67,0	14,5%	4,8	1,1%	44,3	9,6%	116,3	25,2%
	2020	495,3	67,6	13,7%	9,3	1,9%	79,9	16,1%	156,9	31,7%
	2030	569,1	71,3	12,5%	15,0	2,6%	126,1	22,2%	212,4	37,3%
Amba	2015	23.794,8	-		246	1,0%	3.591,5	15,1%		
Rosario		1.982,9	292,5	14,8%	34	1,7%	236	11,9%		
Cordoba		2.355,9	321,5	13,6%	37	1,6%	265,5	11,3%		
Mendoza		1.214,0	256,5	21,1%	30,5	2,5%	245,5	20,2%		
Total		29.809,5	870,5	15,7%*	347,5	1,2%	4.338,5	14,6%		

**Tabla 11. Medidas de mitigación y reducción estimada de emisiones de CO<sub>2</sub> en Grandes Aglomerados Urbanos. Escenario Tendencial (en miles).** Fuente: Ravella et al, 2005.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que las medidas aplicadas en ciudades más grandes alcanzan mejores resultados. Sin embargo, debido a la complejidad de la dinámica urbana y del comportamiento de los actores participantes, es necesario profundizar el análisis de las distintas variables que intervienen en el sistema de transporte para comprender su comportamiento y relaciones entre ellas y con el nivel de actividad económica, el crecimiento poblacional y la extensión y configuración espacial de las áreas urbanas, que pueden afectar el resultado final de la aplicación de las medidas.

#### 4. Conclusiones y recomendaciones

En este trabajo se presenta un conjunto de indicadores de transporte terrestre urbano e interurbano, de consumo energético y de emisiones de GEI, construidos a partir del análisis de variables obtenidas de información desagregada sobre los corredores interurbanos y áreas urbanas de Argentina. Esta metodología bottom-up se aplica de una manera innovadora para estudiar las medidas de mitigación del cambio climático y representa el primer intento de este tipo en el país. El proceso de ejecución de este trabajo puso en evidencia algunos aspectos críticos locales, que se constituyen en barreras para la elaboración de los diagnósticos certeros para la planificación. Entre ellos podemos mencionar la carencia de datos de transporte sistematizados y la ausencia de un sistema periódico de relevamiento de transporte. Asimismo se observó una ausencia de políticas de transporte a nivel país y, con la excepción de la ciudad de Rosario, el resto de las ciudades no cuenta con un plan integral de transporte.

El nivel de desagregación geográfica ejecutado, permite identificar diferentes comportamientos de transporte espacialmente localizados, tanto en cantidad de viajes tanto como en consumo de energía y en producción de emisiones GEI, con lo que se cualifican los diagnósticos ganando en calidad y precisión respecto de los inventarios de GEI globales precedentes. La localización espacial de las problemáticas asociadas a la producción de GEI por transporte permite diseñar propuestas de medidas de mitigación más eficaces, así como analizar con mayor profundidad el impacto producido por la aplicación potencial de las distintas medidas. Al respecto hemos concluido por ejemplo, que la aplicación de "buenas prácticas de manejo" aplicada en corredores interurbanos es menos eficaz que en las zonas urbanas, pero el impacto final en las zonas urbanas no es completamente homogéneo. La desagregación especializada favorece además el análisis de

las relaciones entre los patrones de transporte y variables clave como la actividad económica y la configuración urbana.

La adopción de medidas relacionadas con el cambio voluntario de comportamiento de los actores involucrados (buenas prácticas de manejo) implica una reducción significativa de las emisiones de CO<sub>2</sub>, que pueden lograrse con una inversión mínima. Es el caso de imponer velocidades más bajas en rutas y capacitar a los conductores para la adquisición de buenas prácticas de manejo, acompañadas de un control periódico, que garantice no solamente reducir las emisiones, sino además los accidentes de tránsito en las rutas y ciudades.

A pesar de los altos costos marginales estimados, la transferencia modal (de automotores a tren) para carga y pasajeros, la medida es fundamental en un país tan extenso como el nuestro, si se pretende avanzar en el sentido de la sustentabilidad global y local. Para la transferencia modal, el retorno de las inversiones necesarias podría producirse en un plazo de aproximadamente 25 años, mientras que, un programa de esta naturaleza actuaría también de catalizador para el desarrollo social.

En base a este trabajo, se pueden extraer un conjunto de recomendaciones: a) Promover la creación de bases de datos fiables sobre los sistemas de transporte urbano, b) Formular planes de reestructuración de los sistemas de transporte a largo plazo sobre los cuales basar la aplicación de medidas de corto y mediano plazo, 3) Promover la formación y la sensibilización de los administradores, políticos, técnicos y otros actores que son los decisores sobre las modalidades de crecimiento y expansión de las ciudades, y la planificación de los transportes y la red viaria y 4) promover el cambio de hábitos en la población respecto del uso de los modos de transporte masivos.

#### 1.1.2 Referencias

- ADEFA (2003). Asociación de Fábricas de Automotores. Memoria Anual. Disponible en: <http://www.adefa.com.ar/estadisticas/estadisticas2008.php>
- Aón, L. Ravella, O. Olivera, H. (2001). Consumo energético y emisiones contaminantes del sector transporte en la micro región del Gran La Plata. ASADES - Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente. Ed. Avances de Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 13. Argentina. ISSN 0329-5184.
- Bravo, V. (1999). Opciones Técnicas de Uso Eficiente de Energía en el Sector Transporte de Cargas y pasajeros. Proyecto PNUD/ARG/99/003. Inventario de Gases de Efecto Invernadero de la República Argentina - Revision of the First National Communication. Buenos Aires.
- CEPAL (2002). Panorama del Transporte en América Latina y El Caribe en el 2001. Boletín FAL, N° 186. Santiago de Chile.
- Consejo General de Administración de Energía de la Comisión Europea (DG XVII) (1993) Proyectos piloto orientados al desarrollo de políticas de uso racional de energía en transporte: Proyecto JÚPITER.
- Devincenzi, C. (2005). Pronóstico económico 2005-2010 para informe mensual de coyuntura. Consultora abeceb.com.
- Dirección de Transporte de la Ciudad de Córdoba. Encuesta Origen - Destino de viajes, 1990. Mimeo.
- Dirección de Transporte de la Ciudad de Rosario (2005). Declaraciones Juradas de las Empresas de Transporte de Rosario.
- Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires (2004). Anuario de Estimaciones del Tránsito Medio Diario Anual (T.M.D.A.)
- Dirección de Vialidad Nacional (2003). Anuario de Estimaciones del Tránsito Medio Diario Anual.
- Dirección General de Planeamiento de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (2004). Planes de uso de suelo y sistema de transporte. Mimeo.
- FIEL (1998). Proyecciones macroeconómicas 1999-2012. Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente Secretaría de Desarrollo Sustentable y Política Ambiental.
- Frediani, J.; Giacobbe, N.; Ravella, O.; Pistola, J. (2008) Compact City - Sprawl City: two interacting urban forms. 44th International Planning Congress -ISOCARP- "A Way Towards Sustainable Urbanization: Urban Growth without Sprawl". Dalian, China.
- Fundación Bariloche (2005). Inventario de Gases de Efecto Invernadero - Primera Comunicación Nacional de la República Argentina.

### III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

- Gantuz, M., Puliafito, R. (2004) Contaminación por vehículos en Mendoza - diagnóstico y pronóstico para el año 2010. En: Revista Universidad de Mendoza. Ed. 19/22 2001/2004, 01-09-02-0818-1104.
- Gastaldi, S. y F. Buchieri (2005). Crisis Financieras y Globalización de los Mercados de Capitales: la experiencia argentina y mundial reciente, Universitas, Editorial Científica Universitaria de Córdoba,
- Giacobbe, N; Frediani, J.; Aón, L.; Ravella, O. (2007) El consumo energético del sector transporte analizado desde la demanda. Aspectos metodológicos. En: Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 11, pp. 63-70.
- Heaps, Ch. (2005). LEAP. The Long range Energy Alternatives Planning system. Stockholm Environment Institute.
- INDEC (2005). Estimador Mensual de Actividad Económica: Fuentes de información y métodos de estimación, Marzo [http://www.indec.gov.ar/argentinaencifras/argentina\\_en\\_cifras.pdf](http://www.indec.gov.ar/argentinaencifras/argentina_en_cifras.pdf)
- IPCC (2001). National Greenhouse Gas Inventories Programme and its Technical Support Unit. Establishment of a database on greenhouse gas emission factors. Report of the First Expert Meeting. Intergovernmental Panel on Climate Change. París.
- Olivera H, Ravella, O, Aón, L. (1999). "La utilización del modelo Transus para evaluar el sistema de transporte urbano en la microrregión del Gran la Plata". En: Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 3. N°2. ISSN 0329-5184,
- Pico, A. (2003). Encuesta Origen - Destino de viajes 2002 para el Área Metropolitana de Rosario. Instituto de Estudios del Transporte, Universidad Nacional de Rosario.
- Ravella, O. (2005) Estudio de Mitigación de Emisiones en el Sector Transporte, En: Cambio Climático: 2da Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Informe Final Fundación Bariloche, Banco Mundial.
- Ravella, O.; Gershanik, O (1994). "El transporte público de pasajeros en la Microrregión del Gran La Plata". VII Congreso Latinoamericano de Transporte Público y de Pasajeros. Ministerio de Economía de la Nación. CONTA. Buenos Aires.
- Ravella, O.; Giacobbe, N. (2001). "Movilidad urbana factor esencial en las políticas publicas urbanas. El Caso del Gran La Plata, Argentina". Congreso Latinoamericano del Ambiente Construido - ENTAC, Bahía, Brasil.
- Ravella, O.; Olivera, H (1995). "Modelo de optimización del sistema de transporte urbano. El caso del Gran La Plata". VII Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte. Santiago de Chile.
- Ravella, O; Olivera, H; Aón, L. (1999). "Evaluación de propuestas para el sistema de transporte urbano en la micro región del Gran La Plata". Ed. AvERMA. Vol. 3, N° 1999. Argentina. ISSN 0329-5184.
- Mitrovich, S. (2003). "Summary of projects and results from topic Environment, energy and transport". Portal Consortium. ENEA. Disponible en: [www.eu-portal.net/material/materials/summary\\_kt7.pdf](http://www.eu-portal.net/material/materials/summary_kt7.pdf)