

EMISIONES DE CARBONO PARA LA CIUDAD DE BUENOS AIRES

Enrique Puliafito^{1,2}, Guillermo Rojic², Federico Perez Gunella²

Universidad Tecnológica Nacional /CONICET

²Facultad Regional Buenos Aires, Medrano 951, Buenos Aires

¹Facultad Regional Mendoza, Rodríguez 273, 550 Mendoza

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

RESUMEN Se presenta una evaluación de las emisiones de carbono para la Ciudad de Buenos Aires a partir de variables socioeconómicas que determinan su consumo de energía entre los años 1985 y 2005. Se realiza un análisis sectorial y por tipo de combustible y se las compara con otras ciudades, a partir de un análisis de flujo de materiales. Se observa que Buenos Aires la centralización de las administraciones gubernamentales, comerciales y financieras, provocan un aumento creciente del consumo energético per cápita muy superior a la media del país, movilizado por el aumento del transporte y el comercio. Consecuentemente sus emisiones de carbono, pasaron de 4 Mg/cap en 1985 a 8 Mg/cap en el 2005. En comparación Argentina se mantiene en 3,6 Mg/cap y Estados Unidos en los 20 Mg/cap. En cambio la ciudad de Nueva York pasa de 6,8 a 7,1 Mg/cap Toronto de 8,5 a 9,5 Mg/cap y San Diego 10,5 a 11,7 Mg/cap en 10 años. El aumento del consumo per cápita en las ciudades está produciendo un aumento en las emisiones atmosféricas dificultando su nivelación global.

Palabras claves: Inventario de gases de efecto invernadero, análisis de flujo de materiales, Buenos Aires, balance energético 1985-2005.

Introducción

Las zonas urbanas metropolitanas, viven actualmente una dinámica poblacional (económica, política y social) muy compleja de crecimiento acelerado, que afectan el uso de suelo, incrementan la necesidad de transporte y de abastecimiento, generando una presión ambiental sobre el entorno rural que tiene una repercusión global. En el marco de las Naciones Unidas, el Panel Internacional sobre Cambio Climático (IPCC) ha normalizado una metodología de cálculo para la determinación del inventario de emisiones usando datos sociodemográficos, PBI, volúmenes de consumo y factores de emisión a fin de evaluar el aporte de una región o país, sobre las emisiones mundiales de Gases de Efecto Invernadero (GEI). A fin de evaluar el comportamiento urbano se han desarrollado diversas metodologías similares de contabilidad ambiental como por ejemplo el ciclo de vida urbano, el metabolismo urbano, el análisis de flujo de materiales, la impronta ecológica entre otras. Algunas lecturas interesantes son Douglas (1983), Giradet (1990), Rees y Wackernage (1996), Lawson y Douglas (1998), Newman (1999), Huang y Hsu (2003); Fischer and Amann (2001), Field C., Raupach M. (2003). El flujo de análisis de materiales o MFA (del inglés Material Flow Analysis) (OECD, 2000, Bringezu, 1997) es una herramienta de evaluación ambiental de rendimiento de proceso que estudia la extracción, cosecha, transformación química, manufactura, reciclado y disposición de materiales. Se basa en el cómputo de volúmenes de sustancias (CO₂, NO_x, etc) o materiales en bruto (madera, hierro, etc) usadas en una industria o economía regional, generalmente sobre una base anual (modelos tipo top-down). El flujo de materiales se mide en unidades de volumen (peso del flujo por unidad de tiempo) a fin de determinar la presión sobre el ambiente, minimizar su consumo y medir el impacto que produce. En este trabajo se presentan los resultados del análisis de flujo de materiales para la Ciudad de Buenos Aires asociados al rendimiento sectorial del consumo de energía y su impacto sobre las emisiones de GEI. En Puliafito, (2005) y Romero et al. (2005) se presenta una primera aproximación a la identificación de indicadores comunes para las ciudades de México, Santiago de Chile, Buenos Aires y Mendoza, con el objeto de realizar una evaluación del metabolismo urbano en estas ciudades. El trabajo que aquí se presenta muestra una mirada al funcionamiento de las ciudades desde las emisiones de carbono a fin de evaluar cuáles son las estrategias locales que permitan reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, es decir mejorar el rendimiento específico de una ciudad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Determinación del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero

La metodología usada para la estimación de la emisión de contaminantes y gases de efecto invernadero es la propuesta por las agencias ambientales internacionales tales como EEA la Agencia Ambiental Europea (CORINAIR), EPA con su Manual AP-42, (US EPA, 1998), o el Panel Internacional para el Cambio Climático (IPCC, 1996).

¹ Investigador independiente de CONICET

Estos métodos permiten el cálculo de la emisión de contaminantes a partir del uso de factores de emisión que representan un valor que relaciona la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera con una actividad asociada a esa emisión. Estos factores se expresan generalmente como el peso del contaminante emitido dividido por la unidad de peso, volumen, distancia, o duración de la actividad que emite el agente contaminador (e. g., kilogramos de NOx por toneladas de combustible quemado). En la mayoría de los casos, estos factores son simplemente promedios de todos los datos que se encuentran disponibles y que tienen una calidad aceptable, y se asumen como representativos de los promedios a largo plazo para todas las instalaciones similares. La forma general para la estimación de la emisión a través de factores de emisión es:

$$E = A \times F \times (1 - C / 100) \tag{1}$$

Donde E es la emisión total de contaminantes: g de contaminantes por unidad de tiempo, A es la tasa de actividad, por ejemplo, kg anuales de combustible consumido, F es el factor de emisión, (por ejemplo g de contaminantes emitidos por kg de combustible anual utilizado), C es la eficiencia promedio de reducción de contaminantes en dispositivos de control, en %. La tasa de actividad A puede expresarse también como la producción anual de la industria, por ejemplo, toneladas de cemento anuales; entonces el factor de emisión F se expresará como g de contaminantes emitidos por tonelada de producto producido.

Área bajo estudio

La Ciudad de Buenos Aires (34° S, 58° W) ciudad Capital de la Argentina, aloja aproximadamente tres millones de personas en 203 km² de superficie. Junto a las 19 municipalidades vecinas, conforman la megaciudad llamada Gran Buenos Aires (GBA). La Ciudad de Buenos Aires es una de las ciudades con mayor número de habitantes del país. Este inventario de emisiones se realiza sobre la base de la energía consumida en el ámbito urbano de la Ciudad de Buenos Aires sin incluir el Gran Buenos Aires.

Fuente de datos

Para los balances de energía y emisiones se consultaron las siguientes fuentes y anuarios estadísticos: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC) (www.indec.gov.ar); Secretaría de Energía de la Nación (www.energia.mecon.gov.ar), Ente Nacional de Regulación del Gas (ENARGAS) www.enargas.com.ar, Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires (GCBA) (www.buenosaires.gov.ar), Comisión Nacional de Regulación del Transporte (CNRT). Los factores de emisión han sido adaptados de la EPA Manual AP-42 (US EPA, 1998) o IPCC (1996) www.ipcc.org. Ministerio de Ambiente y Obras Públicas. Gobierno de Mendoza: www.ambiente.mendoza.gov.ar/, DEIE: Dirección de Estadísticas e Investigaciones Económicas. Gobierno de Mendoza. www.economia.mendoza.gov.ar/sitios/deie/informes/informes.html. Los datos internacionales se obtuvieron de International Energy Outlook 2005, del Energy Information Administration (EIA), www.eia.doe.gov, ciudad de Nueva York (EUA) www.nyc.gov; Ciudad de Sydney (Australia): www.cityofsydney.nsw.gov.au, Australian Bureau of Statistics: www.abs.gov.au, Ciudad de Toronto: www.toronto.ca, ciudad de San Diego (EUA) www.sandg.gov, Chile www.cne.cl, Mexico: www.ine.gob.mx, Puliafito, (2005) y Romero et al. (2005).

BALANCE DE ENERGÍA Y COMBUSTIBLES CONSUMIDOS

El consumo energético de la Ciudad de Buenos Aires 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. A continuación presentaremos el detalle de la evolución del consumo energético de cada sector entre los años 1985 y 2005.

Generación y consumo de energía eléctrica

Si bien la oferta de energía eléctrica de la ciudad de Buenos Aires depende del sistema interconectado nacional, desde el punto de vista de las emisiones de gases de efecto invernadero nos interesa la generación dentro del ámbito territorial urbano de la ciudad. La principal fuente de generación de energía eléctrica la constituyen dos centrales térmicas de 745 MW y 515 MW de ciclo combinado de vapor y gas respectivamente, que abastecen las necesidades de la ciudad. La Tabla 1 presenta la generación de electricidad y el combustible utilizado en la generación. El consumo de energía eléctrica se duplicó (2.15 veces) entre el año 1985 y el año 2005, duplicándose aproximadamente también el consumo de gas natural. El consumo sectorial de energía eléctrica según se presenta en la Tabla 2. Se observa que en veinte años se duplicó el consumo residencial, y se cuadruplicó (4.25 veces) el consumo comercial, reduciéndose el consumo industrial, demostrando la transformación de la ciudad como centro residencial y de consumo movilizadora por el comercio, los servicios financieros, bancarios, gubernamentales, ofertas culturales, etc. Debe notarse que en los años 2004 y 2005 hubo un incremento de uso de fuel oil respecto de años anteriores por la escasez de oferta de gas natural, pasando de un mínimo de 30 mil toneladas en 2002 a 740 mil toneladas en el 2005, para la generación de electricidad lo que produjo un mayor consumo de energía de transformación, es decir una pérdida de eficiencia en el sistema energético eléctrico.

| Tipo | Generación | Gas Natural | Fuel oil | Gas oil |
|-----------|------------|--------------------|----------|---------|
| Año | MWh | mil m ³ | Mg | Mg |
| 1985-1989 | 9294549 | 1609302 | 943654 | 6814 |
| 1990-1994 | 9626986 | 1903692 | 710301 | 3094 |
| 1995-1999 | 10901338 | 2305014 | 476649 | 2443 |
| 2000-2004 | 10925873 | 2081756 | 262664 | 12262 |

Tabla 1: Generación de energía eléctrica y consumo para generación de electricidad para la Ciudad de Buenos Aires

| Sector | Residencial | Comercial | Industrial | Servicios | Alumbrado | Oficial | Otros | Tracción | Total |
|------------------|-------------|-----------|------------|-----------|-----------|---------|--------|----------|---------|
| Año | MWh | MWh | MWh | MWh | MWh | MWh | MWh | MWh | MWh |
| 1985-1989 | 2091838 | 971805 | 1133334 | 211581 | 141039 | 426182 | | 72404 | 5048183 |
| 1990-1994 | 2360114 | 1367907 | 1242295 | 220054 | 138352 | 414553 | 14111 | 75328 | 5824247 |
| 1995-1999 | 2873465 | 2937440 | 1139603 | 174200 | 159360 | 518807 | 149766 | 141407 | 8094046 |
| 2000-2004 | 3467892 | 3895030 | 822084 | 173318 | 184350 | 526495 | 88655 | 163000 | 9320824 |
| promedio | 40.4% | 22.6% | 21.7% | 3.8% | 2.5% | 7.5% | 0.3% | 1.4% | 100.0% |

Tabla 2: Consumo sectorial de energía eléctrica de la Ciudad de Buenos Aires

El consumo de gas natural se realiza aproximadamente 50% para la generación de electricidad, y el otro 50% para los otros sectores, según se detalla en la Tabla 3 con un incremento del 80% en el consumo del año 2005, respecto del año 1985. La principal demanda de combustibles líquidos corresponde para el uso en el sector transporte (Tabla 4). El transporte público está conformado por cinco líneas de subterráneos y siete líneas de trenes y 136 líneas de servicio de transporte público de ómnibus. Además posee 1,5 millones de vehículos registrados y una extensión de 31 km de autopistas. El principal combustible del transporte público de ómnibus es gas-oil y de los vehículos privados son las naftas, aunque en los últimos 20 años ha habido un incremento en el uso de gas natural comprimido en taxis y vehículos privados.

| Sector | Centrales | GNC | Residencial | Industrial | Comercial | Servicios | Total |
|------------------|-----------|--------|-------------|------------|-----------|-----------|---------|
| 1985-1989 | 1609302 | 36201 | 1040145 | 326753 | 187974 | 52193 | 3252569 |
| 1990-1994 | 1903692 | 222366 | 1211565 | 282717 | 199273 | 43877 | 3863490 |
| 1995-1999 | 2305014 | 284241 | 1155494 | 142095 | 261478 | 46963 | 4195285 |
| 2000-2004 | 2081756 | 312024 | 1229077 | 115445 | 230376 | 43313 | 4011990 |
| promedio | 53.2% | 7.5% | 29.1% | 3.1% | 6.0% | 1.1% | 100.0% |

Tabla 3: Demanda de gas natural en miles de m³ de la Ciudad de Buenos Aires

| Tipo Año | Naftas | Gasoil | Kerosén | Fuel oil | Diesel oil | Aeronaftas |
|------------------|----------------|----------------|----------------|----------|----------------|----------------|
| | m ³ | m ³ | m ³ | Mg | m ³ | m ³ |
| 1985-1989 | 853358 | 543989 | 13962 | 990478 | 49249 | 133253 |
| 1990-1994 | 802621 | 769234 | 17111 | 656892 | 10305 | 431700 |
| 1995-1999 | 789290 | 892381 | 27226 | 454266 | 8590 | 775357 |
| 2000-2004 | 533145 | 865660 | 7767 | 159587 | 13967 | 744542 |

Tabla 4: Venta de combustibles líquidos* en la Ciudad de Buenos Aires. (* No incluye combustibles para la generación eléctrica)

Para evaluar el rendimiento del consumo de combustibles diversos es conveniente convertirlos a unidades de energía a partir del poder calorífico de cada combustible. Así la Tabla 5 resume la demanda total energética (en TJ) según el tipo de combustible y en la Tabla 6 se muestra el consumo sectorial (en TJ). Se aprecia la fuerte dependencia de 58% al gas natural y el resto de los combustibles líquidos. Debe notarse que el sector energético implica los gastos de energía realizados en la transformación a electricidad. En promedio el 34% de la energía se consume en el sector transporte, el 28,5% en la transformación energética, 23,4% se consume en el sector residencial, 9% se usa en el sector comercial, y 5,1% en el sector industrial.

| | Gas | Fuel oil | Gas oil | Naftas | otros | Total |
|------------------|--------|----------|---------|--------|-------|--------|
| 1985-1989 | 126622 | 46838 | 19918 | 27173 | 8298 | 228849 |
| 1990-1994 | 150405 | 34528 | 27885 | 25558 | 17180 | 255556 |
| 1995-1999 | 163322 | 23281 | 32301 | 25133 | 29159 | 273195 |
| 2000-2004 | 156186 | 27755 | 31756 | 16977 | 28150 | 260823 |
| promedio | 59.4% | 10.4% | 11.9% | 7.7% | 10.7% | 100.0% |

Tabla 5: Consumo energético (TJ) para la Ciudad de Buenos Aires, según tipo de combustible

Balace de emisiones

Una vez determinados los consumos principales, se calculan las emisiones de los diversos gases de efecto invernadero a partir de factores de emisión que vinculan la cantidad de gases emitidos por energía consumida. La Tabla 7 muestra los factores de emisión utilizados (IPCC, 1996), para los principales gases que afectan la calidad del aire y que además son gases de efecto invernadero. A partir de estos factores de emisión y el consumo general de energía (Tabla 6) se puede construir un primer inventario de emisiones anuales como se detalla en la Tabla 8. La Figura 1 muestra la variación anual de las emisiones de dióxido de carbono según su participación sectorial y por tipo de combustible. Estas emisiones son directamente proporcionales al consumo de energía, y son las principales emisiones de efecto invernadero. Se observa especialmente las emisiones provenientes del gas

natural conforman un 60% (utilizados en la generación de energía eléctrica y uso residencial e industrial), el 40% restante proviene de los combustibles líquidos, usados en el transporte y la generación eléctrica. Las tendencias, muestran que mientras las emisiones residenciales se han estabilizado, proporcionales a una estabilización de la población urbana, existe un marcado aumento a partir del año 2003 movilizado por un aumento en las emisiones del transporte y de la generación de energía eléctrica, para uso comercial y servicios.

| | Residencial | Industrial | Energético | Transporte | Comercial | Total |
|-----------|-------------|------------|------------|------------|-----------|--------|
| 1985-1989 | 49673 | 16800 | 68290 | 63146 | 15652 | 213562 |
| 1990-1994 | 57313 | 15478 | 68724 | 83158 | 17193 | 241866 |
| 1995-1999 | 56978 | 9634 | 70147 | 100140 | 26190 | 263089 |
| 2000-2004 | 61982 | 7454 | 68678 | 88752 | 28179 | 255045 |
| promedio | 23.1% | 3.2% | 27.1% | 36.0% | 10.6% | 100.0% |

Tabla 6: Consumo energético (TJ) sectorial para la Ciudad de Buenos Aires

| 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 | 510.00 | 790.00 | 2.4 |

Tabla 7: Factores de emisión utilizados (IPCC, 1996).

| Año | Energía | CO ₂ | CO | NO _x | HC |
|-----------|---------|-----------------|--------|-----------------|-------|
| | TJ | Gg | Mg | Mg | Mg |
| 1985-1989 | 209633 | 12903 | 327096 | 81928 | 34125 |
| 1990-1994 | 245061 | 15054 | 322554 | 97017 | 30482 |
| 1995-1999 | 283285 | 17237 | 359006 | 106939 | 34906 |
| 2000-2004 | 249675 | 15101 | 291364 | 92467 | 26401 |

Tabla 8: Balance general de emisión de gases de efecto invernadero (GEI). (1 Gg = 1000 toneladas; 1 Mg= 1 tonelada; 1 tonelada= 1000 kg)

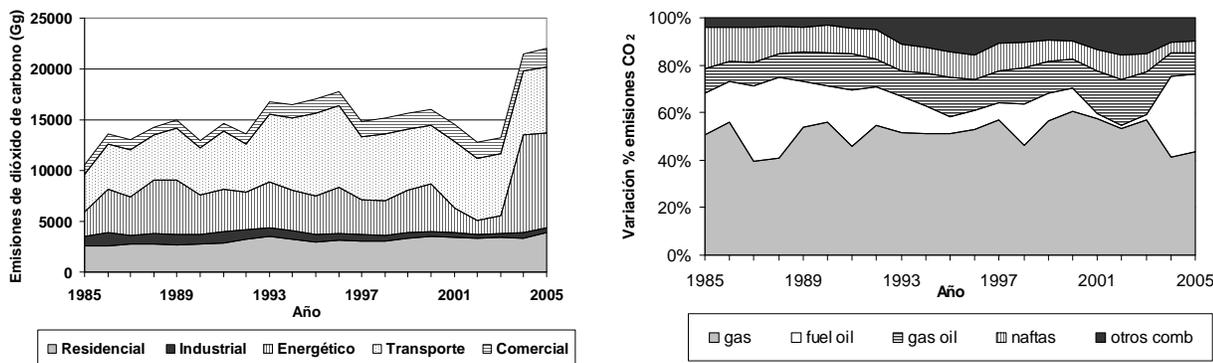


Figura 1: Izquierda: participación sectorial de las emisiones de dióxido de carbono en Gg (o miles de toneladas) por consumo energético para la Ciudad de Buenos Aires, derecha: participación (%) del consumo por tipo de combustible para la Ciudad de Buenos Aires

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS

El objeto principal de este trabajo es presentar un inventario de emisiones y evaluar este resultado con otras ciudades a fin de determinar el desempeño del habitante urbano de Buenos Aires. Una forma de realizar esta comparación es normalizar las emisiones con respecto al producto bruto geográfico y respecto a la cantidad de habitantes. La energía per cápita nos da un

indicador del consumo por habitante, y la energía por unidad de PBG nos indica la eficiencia o intensidad en el costo del consumo de esa energía. Igualmente podemos decir de las emisiones per cápita y la intensidad de las emisiones.

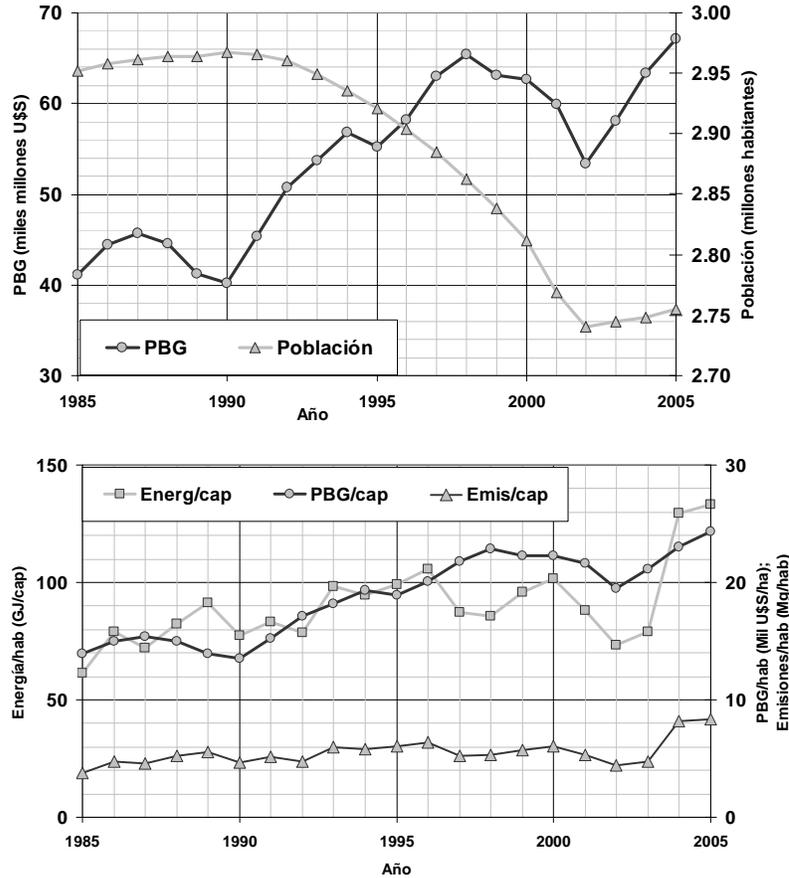


Figura 2: Arriba: variación de la población (millones de habitantes; eje vertical derecho), curva gris con triángulos y producto bruto geográfico (en millones de US\$ o \$ 1993; eje vertical izquierdo), curva negra con círculos, para la ciudad de Buenos Aires. Abajo Variación del producto bruto per cápita anual (en miles de US\$/habitantes, eje vertical derecho) curva negra con círculo; consumo de energía per cápita (GJ/capita, eje vertical izquierdo), curva gris con cuadrados y emisiones de CO₂ per cápita en Mg/hab (eje vertical derecho) , curva gris con triángulos, para la ciudad de Buenos Aires.

La Figura 2 muestra la variación de la población urbana (millones de habitantes) entre los años 1985 y 2005 y el producto bruto geográfico (millones de US\$ o \$ constantes de 1993) para la ciudad de Buenos Aires. Se observan claramente las crisis económicas de los años 1989-1990 y 2000-2001. La población se ha mantenido casi estable alrededor de los 3 millones de habitantes con una leve reducción del 0.68 % de promedio intercensal. Se observa además la variación del producto bruto per cápita, variando de 14 mil US\$/cap en el año 1985 a 24 mil US\$/cap 2005. El consumo de energía per cápita pasó de 60 a 130 (GJ/capita), y las emisiones de CO₂ per cápita de 3,7 a 8 Mg/hab. Mientras que el PBG per cápita casi se duplica, el consumo de energía anual por habitante se triplicó y las emisiones se duplicaron en el mismo período. Desde el punto de vista de las intensidades energética y de emisiones se aprecia una leve tendencia de reducción de los años 1985 al 2002, pero con un incremento en los últimos años. La Figura 6 muestra una comparación de las intensidades energéticas y consumos energéticos per cápita de la Ciudad de Buenos Aires comparada con la media de Argentina y el Gran Mendoza, entre los años 1985 y 2005. Se observa que el Gran Mendoza tiene un mayor intensidad energética que Buenos Aires y Argentina, principalmente por el consumo energético de transformación energética (centrales térmicas y refinadas de petróleo) e industrias localizadas en el entorno periurbano (Buenos Aires sólo posee dos centrales térmicas en su entorno urbano). Por otra parte la ciudad de Buenos Aires concentra un producto bruto geográfico más elevado, principalmente debido a la actividad financiera y gubernamental. En cambio desde el punto de vista del consumo per cápita se observa que el habitante de la ciudad de Buenos Aires tiene mayor consumo energético alcanzando los 120 GJ/hab en 2005, frente a 45 GJ/habitantes en Mendoza y 78 GJ/hab a nivel nacional para el mismo año. Esto se refleja también en el producto bruto per cápita, Buenos Aires alcanza los 22 mil US\$ (o \$ de 1993) por habitante en 2005 frente a 8 mil a nivel nacional y 6 mil quinientos para el Gran Mendoza.

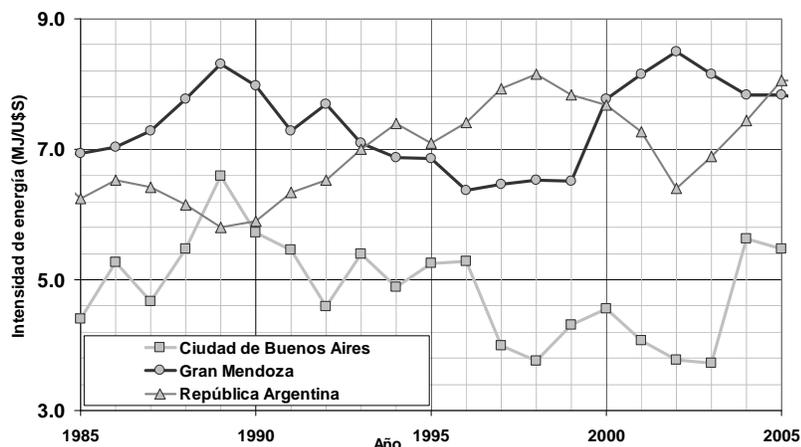


Figura 3: Comparación de la intensidad energética (MJ/US\$) entre los años 1985 y 2005. Gran Mendoza: curva negra con círculo, Argentina: curva gris con triángulos; Ciudad de Buenos Aires: curva gris con cuadrados.

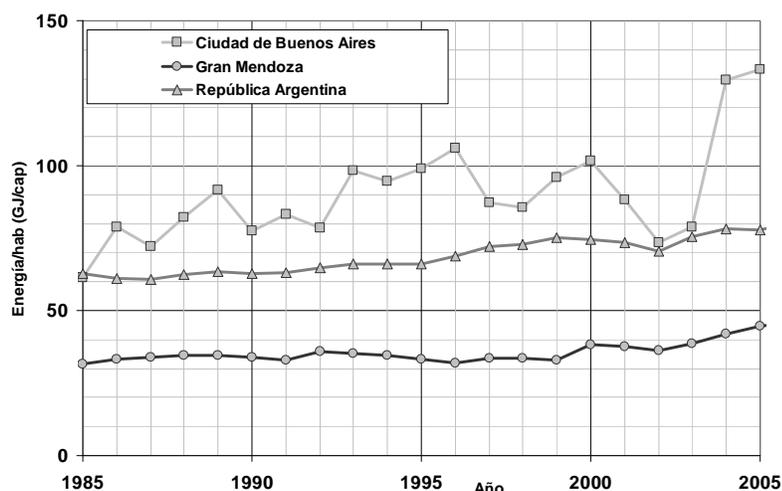


Figura 4: Comparación del consumo energético per cápita anual (GJ/hab) entre los años 1985 y 2005. Gran Mendoza: curva negra con círculo, Argentina: curva gris con triángulos; Ciudad de Buenos Aires: curva gris con cuadrados.

Desde un punto de vista global se observa que no sólo las ciudades han crecido rápidamente, sino que su consumo per cápita de energía y materiales se incrementa año a año. Esto produce una importante presión ambiental que se suele expresar en forma de una huella o impronta ecológica. Es por ello que es importante evaluar el desempeño del consumo de las ciudades a través de comparaciones con el consumo medio de la población de un país o región y entre diversas ciudades. La Tabla 9 muestra un grupo de indicadores comparativos para ciudades para algunos años seleccionados. La Tabla 10 muestra los mismos indicadores para los países respectivos. Estas tablas nos muestran que Argentina se mantiene en 3,6 Mg/cap, mientras que Estados Unidos oscila en los 20 Mg/cap, Canadá 19,5 Mg/cap y Australia en 16 Mg/cap. En cambio la ciudad Nueva York pasó de 6,8 a 7,1 Mg/cap en diez años, Toronto de 8,5 a 9,5 Mg/cap y San Diego 10,5 a 11,7 Mg/cap en 15 años. Esto nos indica que Buenos Aires (pasó de 6 a 8 Mg/cap en 15 años) se ubica en forma similar a otras grandes ciudades, siendo sus emisiones por habitante más del doble que la media de Argentina. La media de EUA y Canadá está muy por encima de la media de Nueva York y Toronto respectivamente, debido a que la mayor parte de las emisiones de transformación energética e industriales se ubican en otros Estados, como así también las emisiones propias de la agricultura. Sydney en cambio muestra el mismo patrón que Buenos Aires con una tasa de emisiones per cápita muy superior a la media de Australia. Finalmente si comparamos el producto bruto per cápita y el consumo energético per cápita se observa que la ciudad de Buenos Aires tiene consumos más elevados que las medias de países Latinoamericanos e inferior a países desarrollados. Nótese que el consumo energético por habitante de Nueva York es cuatro veces el consumo de Buenos Aires y diez veces el de Mendoza. Santiago de Chile y Ciudad de México tienen emisiones y consumos energéticos per cápita similares a Buenos Aires. Por otra parte Chile, Argentina, México, Brasil y Venezuela aportan más del 60% de las emisiones de GEI de Latinoamérica con similares características per cápita.

| Ciudad | año | Población | PBG | ingreso per capita | Emisiones CO ₂ | emisiones per cápita | emisiones /pbg | energía | energía per cápita |
|--------------|------|------------|-----------|--------------------|---------------------------|----------------------|----------------|-----------|--------------------|
| | | Hab. | Mill U\$S | U\$S/cap | Gg | Mg/cap | kg/U\$S | TJ | GJ/cap |
| New York | 1995 | 7.800.500 | 347.048 | 44.490 | 53,714 | 6,89 | 0,15 | 2.741.697 | 351,48 |
| | 2000 | 8.008.288 | 404.118 | 50.462 | 55,616 | 6,94 | 0,14 | 2.885.997 | 360,38 |
| | 2005 | 8.214.426 | 488.800 | 59.505 | 58,317 | 7,10 | 0,12 | 3.037.891 | 369,82 |
| Toronto | 1995 | 2.385.415 | 129.010 | 54.083 | 20,443 | 8,57 | 0,16 | 352.278 | 147,68 |
| | 2005 | 2.481.510 | 133.000 | 53.596 | 23,443 | 9,45 | 0,18 | 349.109 | 140,68 |
| San Diego | 1990 | 1.110.000 | 35.417 | 31.907 | 11,658 | 10,50 | 0,33 | 195.709 | 176,31 |
| | 2005 | 1.291.700 | 56.217 | 43.522 | 15,146 | 11,73 | 0,27 | 254.267 | 196,85 |
| Sydney | 1995 | 3.741.290 | 67.330 | 17.996 | 65,223 | 17,43 | 0,97 | 968.346 | 258,83 |
| | 2000 | 3.997.321 | 81.998 | 20.513 | 70,984 | 17,76 | 0,87 | 1.004.364 | 251,26 |
| | 2005 | 4.148.573 | 94.838 | 22.860 | 77,158 | 18,60 | 0,81 | 1.037.967 | 250,20 |
| Buenos Aires | 1995 | 2.967.255 | 55.192 | 18.600 | 17,703 | 5,97 | 0,32 | 289.498 | 97,56 |
| | 2000 | 2.921.162 | 62.678 | 21.457 | 17,048 | 5,84 | 0,27 | 286.088 | 97,94 |
| | 2005 | 2.754.829 | 67.135 | 24.370 | 23,050 | 8,37 | 0,34 | 366.963 | 133,21 |
| Mendoza | 1995 | 935.641 | 5.125 | 5.478 | 2,878 | 3,08 | 0,56 | 35.141 | 37,56 |
| | 2000 | 979.933 | 5.525 | 5.638 | 2,693 | 2,75 | 0,49 | 42.924 | 43,80 |
| | 2005 | 1.021.938 | 6.705 | 6.561 | 3,272 | 3,20 | 0,49 | 52.488 | 51,36 |
| México DF | 1995 | 16.718.464 | 150.030 | 8.974 | 34,860 | 2,09 | 0,23 | 507.300 | 30,34 |
| | 2000 | 18.200.000 | 176.723 | 9.710 | 60,046 | 3,30 | 0,34 | 714.000 | 39,23 |
| | 2005 | 19.435.131 | 186.194 | 9.580 | 62,607 | 3,22 | 0,34 | 744.453 | 38,30 |
| Santiago | 1995 | 4.829.853 | 20.752 | 4.297 | 13,920 | 2,88 | 0,67 | 272.205 | 56,36 |
| | 2000 | 5.682.544 | 28.318 | 4.983 | 20,405 | 3,59 | 0,72 | 413.490 | 72,76 |
| | 2005 | 6.168.632 | 35.497 | 5.754 | 23,628 | 3,83 | 0,67 | 481.200 | 78,01 |

Tabla 9: Indicadores de consumo y emisiones para algunas ciudades.

| | año | Población | PBG | Ingreso per cápita | Emisiones CO ₂ | emisiones per cápita | Emisiones /pbg | energía | energía per cápita |
|-----------|------|-------------|------------|--------------------|---------------------------|----------------------|----------------|---------|--------------------|
| | | Hab. | Mill U\$S | U\$S/cap | Gg | Mg/cap | kg/U\$S | EJ | GJ/cap |
| EUA | 1995 | 263.435.673 | 7.972.800 | 30.265 | 5.292.669 | 20,09 | 0,66 | 91,199 | 346,19 |
| | 2000 | 279.294.713 | 9.817.000 | 35.149 | 5.815.504 | 20,82 | 0,59 | 98,976 | 354,38 |
| | 2005 | 293.027.571 | 11.153.660 | 38.064 | 5.952.207 | 20,31 | 0,53 | 102,414 | 349,50 |
| Australia | 1995 | 17.892.557 | 322.001 | 17.996 | 284.835 | 15,92 | 0,88 | 4,050 | 226,37 |
| | 2000 | 18.968.247 | 389.100 | 20.513 | 353.202 | 18,62 | 0,91 | 4,833 | 254,77 |
| | 2005 | 19.913.144 | 455.220 | 22.860 | 389.177 | 19,54 | 0,85 | 5,366 | 269,48 |
| Canadá | 1995 | 29.402.000 | 560.009 | 19.047 | 493.786 | 16,79 | 0,88 | 10,92 | 371,44 |
| | 2000 | 31.278.097 | 713.795 | 22.821 | 585.198 | 18,71 | 0,82 | 11,50 | 367,51 |
| | 2005 | 32.805.041 | 812.807 | 24.777 | 639.211 | 19,49 | 0,79 | 12,58 | 383,48 |
| Argentina | 1995 | 35.311.049 | 250.257 | 7.087 | 118.879 | 3,37 | 0,48 | 2,311 | 65,44 |
| | 2000 | 37.497.728 | 284.203 | 7.579 | 136.860 | 3,65 | 0,48 | 2,664 | 71,05 |
| | 2005 | 39.537.943 | 304.411 | 7.699 | 145.251 | 3,67 | 0,48 | 2,994 | 75,72 |
| Mexico | 1995 | 92.880.353 | 446.519 | 4.807 | 318.702 | 3,43 | 0,71 | 5,425 | 58,41 |
| | 2000 | 99.926.620 | 581.325 | 5.818 | 379.985 | 3,80 | 0,65 | 6,322 | 63,27 |
| | 2005 | 106.202.903 | 642.047 | 6.045 | 391.457 | 3,69 | 0,61 | 6,689 | 62,98 |
| Chile | 1995 | 14.205.449 | 61.035 | 4.297 | 39.771 | 2,80 | 0,65 | 0,767 | 53,98 |
| | 2000 | 15.153.450 | 75.514 | 4.983 | 55.148 | 3,64 | 0,73 | 1,074 | 70,87 |
| | 2005 | 15.980.912 | 92.200 | 5.769 | 62.178 | 3,89 | 0,67 | 1,203 | 75,28 |

Tabla 10: Indicadores de consumo y emisiones para algunos países.

CONCLUSIONES

El presente estudio mostró el cálculo de un inventario de emisiones de gases de efecto invernadero a partir del consumo de energía primaria para la Ciudad de Buenos Aires entre los años 1985 y 2005, sin incluir el Gran Buenos Aires. Se realizó una evaluación por tipo de combustible consumido, como así también un análisis sectorial detallado. Se observa una fuerte dependencia al gas natural de casi 60% usados para uso residencial, y generación de electricidad. Tanto el consumo de electricidad como de gas natural se duplicó en el período, mientras que la población disminuyó levemente, produciendo un aumento del consumo de energía per cápita y emisiones per cápita. Se observa que Buenos Aires, como toda mega ciudad concentran una parte importante del producto bruto del país a través de la centralización de las administraciones gubernamentales, comerciales, financieras, provocando un consumo energético per cápita muy superior a la media del país. Finalmente se comparó la Ciudad de Buenos Aires, con otras ciudades, mostrando consumos per cápita superiores a los países Latinoamericanos y comparables a otras ciudades desarrolladas. Todas las ciudades analizadas muestran un incremento de sus emisiones per cápita, por lo que es necesario focalizar nuestra atención en el consumo de las ciudades a fin de reducir las emisiones globales de gases de efecto invernadero.

REFERENCIAS

1. (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.
2. Bringezu, Stefan, M. Fischer-Kowalski, R. Kleijn, V. Palm (Eds.) (1997a), *Regional and National Material Flow Accounting: From Practice to Paradigm of Sustainability*. Proceedings of the ConAccount Workshop 21 – 23 January 1997, Leiden, Wuppertal Special 4, Wuppertal: Wuppertal Institute
3. 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
4. Douglas, I. (1983): *The Urban Environment*. Edward Arnold, London.
5. Field C., Raupach M. (Eds.) 2003. *Toward CO₂ Stabilization: Issues, Strategies, and Consequences*. Island Press, Washington, DC.
6. Girardet, H., (1990): *The metabolism in cities*. In Cadman D., Payne G. (Eds.), *The living City: towards a sustainable future*; Routledge, London, pp-170-180.
7. Huang, S., Hsu, W. (2003): *Materials flow analysis and emergy evaluation of Taipei's urban construction*, *Landscape and urban planning*, 63, 61-74
8. Lawson, N., Douglas, I. (1998): *Urban metabolism, materials flow and sustainable development: a geoenvironmental perspective*. In Proceedings of the 5th International Symposium on Geoenvironmental Technology and Global Sustainable development, University of Massachusetts, Lowell.
9. OECD Working Group on Environmental Information And Outlooks (WGEIO), *Special Session on Material flow accounting*, Paris, 24 October 2000.
10. Puliafito, E, Conte Grand, M., Civit, B., Bochaca, F., Gaioli F. and Tarela P. (2005), "Mendoza and Buenos Aires" en, Patricia Romero Lankao, Héctor López Villafranco, Angélica Rosas Huerta, et. al. (editores): *Can Cities Reduce Global Warming – Urban Development and the Carbon Cycle in Latin America*, México, IAI, UAM-X, IHDP, GCP. 2004, pp 39-63.
11. Puliafito, Enrique, J. L. Puliafito, M. Conte Grand (2008), *Modeling population dynamics and economic growth as competing species: An application to CO₂ global emissions*, *Ecological Economics*, Vol. 65 N.3, pp. 602-615.
12. Rees W. and Wackernagel M. 1996. "Urban Ecological Footprints: why cities can not be sustainable- and why they are a key to sustainability," In *Environmental Impact Assessment Review* 16: 223-248.
13. Romero, P., Puliafito, E., León. A., Contegrand M.(2005): "Can cities reduce global warming? Urban development and carbon cycle in Latin America", *IHDP newsletter update 02/2005*, International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change, Pp 16-17, Issn 1727-155x.
14. 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. This study shows an inventory of the greenhouse emissions for the City of Buenos Aires from years 1985 through 2005, based on the energy consumption. A sectoral and fuel description of the consumption is performed based on the material flow analysis methodology. The centralization of governmental, commercial and financial administration is inducing an increase in per capita energy consumption much higher than the country mean values, especially from the commercial and transport sector. Consequently the carbon emissions increased from 4 Mg/cap in 1985 to 8 Mg/cap in 2005. Comparatively Argentina has remained in 3.6 Mg/cap, while United States reaches 20 MG/cap. Instead, for example, cities like New York, Toronto or San Diego had increased their emissions per capita in the last 15 years. The consumption increase in cities and mega cities are pushing atmospheric emissions hardening the leveling of the global greenhouse emissions.

Keywords: Greenhouse gases inventory, material flow analysis, Buenos Aires, energy balance 1985-2005