

INVENTARIO DE ALTA RESOLUCION DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS DEL SECTOR ENERGÉTICO PARA ARGENTINA. PARTE III: COMPARACIÓN CON OTRAS BASES.

PULIAFITO, SALVADOR E.^{1,2}; CASTESANA, PAULA S.^{2,3}, ALLENDE, DAVID G.¹, RUGGERI, MARÍA F.¹, PINTO, SEBASTIAN² Y GARIGLIO, ALEJO²

1: Facultad Regional Mendoza
Universidad Tecnológica Nacional/CONICET
Rodríguez 273, 5500 Mendoza
epuliafito@frm.utn.edu.ar, dallende@hotmail.com, m.florencia.ruggeri@gamil.com

2: Facultad Regional Buenos Aires
Universidad Tecnológica Nacional
Medrano 951, 1179 Buenos Aires
seba23.8@hotmail.com, gariglio.alejo@gmail.com

3: Instituto de Investigación en Ingeniería Ambiental
Universidad Nacional de San Martín
25 de Mayo 1401, 1650 Buenos Aires, Argentina
pcastesana@unsam.edu.ar

Resumen. *En este trabajo se presenta un mapa de alta resolución (2.5 km x 2.5 km), actualizado al año 2014, de las principales emisiones de Argentina provenientes de las actividades energéticas. Este inventario ha sido elaborado con el fin de mejorar el uso de modelos regionales de calidad del aire. Los subsectores considerados son: generación pública de energía eléctrica, refinerías de petróleo, producción de cemento, residencial, comercial y transporte (marítimo, aéreo, ferrocarril y carretero). Los contaminantes considerados incluyen los gases de efecto invernadero (GEI) y precursores de ozono: CO₂, CH₄, NO_x, N₂O VOC; y otros específicos de calidad del aire como PM₁₀, PM_{2.5}, SO_x, Pb, POPs entre otros. Se presenta una comparación top-down con el inventario nacional de GEI presentado ante la UNFCCC y una comparación con el inventario internacional de emisiones EDGAR. En esta comparación se destaca la mejor distribución espacial de las emisiones de este inventario, debido a la resolución más fina y mayor detalla de los datos de base aquí utilizados. EDGAR muestra una subestimación en las zonas urbanas densas y sobreestimación en las zonas rurales.*

Palabras claves. Inventario, emisiones, alta resolución, energía, comparación, EDGAR

1. INTRODUCCION

Los inventarios de emisiones a la atmósfera (IEA) se usan para determinar los balances nacionales de gases de efecto invernadero, para estimar la calidad del aire en una zona urbana o para evaluar el impacto ambiental de una nueva instalación. Para que estos inventarios puedan usarse en los modelos de dispersión y caracterización de la calidad del aire urbano o regional, es necesaria una distribución geográfica detallada. Sin embargo esta distribución

suele presentar inconvenientes debido a la diversidad de escalas espaciales y temporales inherentes a los datos básicos usados. Una forma habitual de desagregación a niveles más finos es el uso de imágenes satelitales de usos del suelo o mapas de luces nocturnas [1, 2] estas luces son generalmente indicadores de zonas urbanas residenciales e iluminación de calles y autopistas, por ello se las usa como indicador de niveles de consumo y densidad poblacional. Debe notarse sin embargo que las centrales térmicas, los centros industriales, las refinerías, los pozos de extracción de hidrocarburos también tienen muchas luces asociadas y no siempre están en las inmediaciones de las poblaciones cuyas luces pudieran inducir a considerar una densidad mayor de habitantes en esa zona. Por lo tanto, los datos directos de población son una mejor aproximación de la distribución espacial en escala fina.

Un ejemplo de recopilación de datos internacionales es la base de datos EDGAR [3,4] (Emissions Database for Global Atmospheric Research) compilado por la European Commission and Joint Research Centre (JRC) y Netherlands Organization for Applied Scientific Research. En su formato más reciente EDGAR es un IEA en forma de grilla de 0.1° longitud \times 0.1° latitud de resolución. Entre las bases de datos regionales o continentales podemos citar a los recopilados por EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme) que cubre Europa [5] o el REAS (Regional Emissions Inventory in ASIA) que cubre Asia con una resolución de 0.25° longitud \times 0.25° latitud [6].

A pesar de los esfuerzos que se realizan por mejorar la resolución y el detalle de los inventarios, aún persisten importantes incertidumbres y discrepancias entre diversos grupos de trabajo, según lo informan [7, 8, 9]. Ferreira et al. [10] muestra también diferencias entre los inventarios europeos EMEP y EDGAR, especialmente para el sector transporte, debido a que no todas las regiones usan la misma desagregación espacial.

Para la zona de Sudamérica no existen muchos inventarios regionales completos, salvo los compilados por las bases de datos globales como EDGAR. En Argentina, Pulíafito et al., [11] presentaron un inventario de actividades y emisiones vehiculares con una resolución de $9 \text{ km} \times 9 \text{ km}$.

En el presente trabajo se presenta un inventario de alta resolución 0.025° longitud \times 0.025° latitud (o aproximadamente $2,5 \times 2,5 \text{ km}$, para las latitudes medias) principalmente para el sector energía de Argentina. En la primera parte de esta serie de artículos se presentó el enfoque metodológico realizado para compilar este inventario, mientras que en la segunda se mostraron los resultados. El objetivo de esta tercera parte es realizar una comparación entre los resultados producidos por el grupo GEAA y el inventario EDGAR sobre el ámbito de la República Argentina.

2. METODOLOGÍA

Este trabajo incluye la elaboración de un inventario para las siguientes actividades:

- a) Generación de energía eléctrica de centrales térmicas
- b) Emisiones de grandes fuentes puntuales: refinerías y plantas de producción de cemento.
- c) Consumo residencial de gas natural, GLP y biomasa.
- d) Actividad del transporte: carretero, ferrocarril, fluvial y aviación.

- e) Emisiones fugitivas en refinерías por procesamiento de productos y por carga y descarga de combustibles en estaciones de servicio.

Los contaminantes considerados se muestran en la Tabla 1 según corresponda a cada tipo de fuente, de acuerdo a la clasificación del IPCC [12].

Tabla 1: Sectores y contaminantes considerados

Cod.	Sector	Gases efecto invernadero ^{*1}	Gases precursores de ozono ^{*2}	Gases acidificantes ^{*3}	Particulados* ₄	Compuestos orgánicos ^{*5}	Metales ^{*6}
1A1a	Gen. de electricidad	●	●	●	●	●	●
1A1b	Refin. de petróleo	●	●	●	●	●	●
1A3a	Aviación nacional	●	●	●	●		
1A3b	Transporte carretero	●	●	●	●		
1A3c	Transp. ferroviario	●	●	●	●		
1A3d	Transp. fluvial	●	●	●	●		
1A4	Resid. y comercial	●	●	●	●		
1B2	Fug. petr. y gas ^{*7}	●	●	●	●		
2A1	Prod. de cemento	●	●	●	●	●	●

*1: CO₂, CH₄, N₂O; *2: CO, NO_x, NMVOC; *3: NH₃, SO₂; *4: PM₁₀, PM_{2.5}, TSP, BC

*5: Benzopireno, Benzoantraceno, Benceno, Xilenos, Tolueno, Clorobencenos, Naftaleno, HCB;

*6: Se, Ni, Pb, Hg, Zn, Cu ; *7: Emisiones fugitivas de petróleo y gas.

2.1 Zona de estudio y grilla de base

La República Argentina está organizada políticamente en 2 divisiones jerárquicas principales: en 24 Provincias y dentro de éstas los Departamentos (554 en total) cubriendo un área continental de 2 778 mil km². La mayoría de las fuentes de datos de consumos y usuarios de energía, gas en red, agua en red, disponibilidad de cloacas, etc., están desagregados en estas dos grandes divisiones geográficas, y por tipo de usuario o sector (residencial, industrial, comercial). La información referente a cada fuente se volcó en una grilla con celdas de 0.025° longitud × 0.025° latitud (cartografía EPGS 4326, WGS84) en una zona que abarca desde 21° a 55° latitud Sur y 53° a 73° longitud Oeste. De esta manera, la zona de estudio resulta en unas 500 mil celdas correspondientes al sector continental y marítimo costero de Argentina.

Recientemente el INDEC publicó una nueva base de datos elaborada a partir del censo realizado en el año 2010 [13], con información de población y número de viviendas a nivel de radios censales. Un radio censal es la unidad geográfica mínima usada por los censistas compuesta por un promedio de 300 hogares, pero con una población y extensión variable. Otra base de datos recientemente disponible en 2016 por la Secretaría de Energía [14] incluye otras actividades, como localización de estaciones de servicio, venta de combustibles, cantidad de usuarios de gas natural, consumo de combustibles en centrales térmicas con desagregación espacial variable. El mapa de radios censales y los consumos energéticos se intersecaron con la grilla base, transfiriendo toda la información disponible a una escala de celdas de 2,5 × 2,5 km².

La Tabla 2 muestra la distribución de la población de Argentina según categorías de densidades poblacionales. Se aprecia que prácticamente el total de la población (99,95%) se concentra en el 4% del territorio continental. De dicha población, el 53% vive en centros

urbanos con densidades mayores a 3500 hab. / km², ocupando sólo un 0,14% del territorio.

Tabla 2: Distribución de la población en el territorio continental.

Categoría	Densidad hab./km ²	% Territorio	Viviendas por categorías	Habitantes por categoría	% Población total
1	< 1	82,8%	4 127	13 277	< 0,1%
2	>= 1 < 10	13,6%	1 040	4 635	< 0,1%
3	>= 10 < 100	1,7%	150 758	564 434	1%
4	>= 100 < 1000	1,03%	575 802	2 259 700	6%
5	>= 1000 < 2500	0,40%	507 397	1 897 161	5%
6	>= 2500 < 5000	0,20%	1 680 193	5 757 282	14%
7	>= 5000 < 7500	0,08%	2 533 649	8 539 621	21%
8	>= 7500 < 10000	0,04%	4 177 106	14 435 066	36%
9	>= 10000 < 20000	0,02%	1 703 871	5 259 344	13%
10	>= 20000	0,005%	574 132	1 386 576	3%
		100%	11 908 075	40 117 096	100%

2.2 Enfoque general

Las emisiones a la atmósfera fueron calculadas en forma general de la siguiente manera:

$$E(p) = \sum_{p,j,k} [FE(p, j, k) \times A(j, k)] \quad (1)$$

Donde $E(p)$ es la emisión total para la especie o contaminante p , $FE(p, j, k)$ es el factor de emisión para la especie contaminante p , el tipo de fuente j y el combustible k , y $A(j, k)$ es el nivel de actividad para la fuente j . El detalle metodológico y los principales resultados se muestra en las Partes I y II publicadas en este mismo libro.

3. RESULTADOS

A modo de ejemplo, la Tabla 3 muestra una distribución de las emisiones residenciales obtenidas en función de la densidad poblacional de las celdas.

Tabla 3: Emisiones anuales (Mg/año) del sector residencial y comercial

Dens. Hab/Km2	CO2	NOX	CH4	CO	N2O	VOC	SO2	PM10
< 100	192 953	380	106	2 878	2	171	50	423
>= 100 < 1000	1 730 579	3 664	764	20 886	18	1 240	367	3 029
>= 1000 < 2500	3 502 961	8 151	930	25 738	29	1 521	440	3 575
>= 2500 < 5000	6 803 417	17 049	787	22 931	35	1 325	352	2 753
>= 5000 < 7500	6 907 071	17 702	481	14 949	28	844	209	1 504
>= 7500 < 10000	5 042 579	12 916	367	11 318	20	640	154	1 160
>10000	6 713 349	17 385	339	11 209	30	623	174	948
TOTAL	30 892 910	77 246	3 774	109 909	163	6365	1745	13 393

3.1 Comparación con la TCNA

La incertidumbre de un inventario está asociada a la incertidumbre de la actividad y la incertidumbre de los factores de emisión que se usan para caracterizar las emisiones (Ec. 1). Una primera validación del inventario se realizó comparando los resultados totales con la

Tercera Comunicación Nacional Argentina de gases efectos invernaderos (TCNA) [15]. Si bien esta corresponde al año 2012, en muchos sectores las variaciones de las actividades no superan el 15% entre los años 2012 y 2014, salvo por el incremento de la aviación doméstica que alcanzó el 57% en ventas de kerosene. La Tabla 4(a) resume los cálculos de este inventario (GEAA) y la Tabla 4(b) la de la TCNA. Se aprecia en la Figura 1, que mientras algunos sectores presentan una buena aproximación: 3% producción de energía eléctrica entre el 3-6%; residencial, transporte carretero y ferroviario; 10-20% refinación de petróleo y producción de cemento dependiendo de los contaminantes; en la navegación aérea (CH4 325%; CO 185%) y marítima interior (SO2 300%) las discrepancias son mayores al 80%. Esta diferencia en el sector navegación y aviación se justifica en parte por la variación propia de la actividad entre los años 2012 y 2014 (57% en kerosene para aviación, 15% fuel oil y 36% gas oil en navegación marítima y fluvial), pero sobre todo en la metodología de cálculo, en nuestro caso se usó el Tier 2 de EMEP basado en la descripción de la actividad, mientras que en la TCNA se usó la venta de combustibles (Tier 1 IPCC). En el sector residencial las diferencias (8-25%), surgen de la incertidumbre en la estimación del consumo de leña y GLP para uso en cocina y calefacción domiciliario.

Tabla 4: Comparación entre los inventarios de Argentina GEAA (2014) y TCNA (2012) (Gg/año).

a) GEAA 2014	CO2	CH4	NOx	CO	VOC	SO2	N2O	PM10
GPE	42 546	4,623	165,61	32,409	6,63	49,71	1,28	3,87
REF	4 651	0,084	12,21	1,61	0,40	0,28	0,009	0,07
AVD	1 594	0,034	5,14	4,482	0,19	0,49	0,05	0,06
TRC	48 581	16,52	436,3	1740	368	12,63	3,57	9,67
FRC	236	0,014	3,94	0,806	0,35	0,001	0,003	0,11
NFN	1 173	0,031	28,67	2,698	1,015	7,29	0,01	0,84
RES	30 892	3,77	77,25	109,9	6,36	1,75	0,16	15,1
FUG	1 792	43,37	2,13	2,869	77,27	26,63	0,03	0,65
CEM	4 134		10,07	11,81	0,15	3,03		0,65
Total GEAA	135 603	68,45	741,35	1 907	460,92	101,82	5,13	31,03
b) TCNA 2012	CO2	CH4	NOx	CO	VOC	SO2	N2O	
GPE	43 840	4,46	167,86	31,22	6,84	49,02	1,27	
REF	4 360	0,08	11,511	1,51	0,38	0,28	0,009	
AVD	1 124	0,008	3,932	1,57	0,78	0,71	0,03	
TRC	48 259	16,12	434	1 43	377	14,06	3,57	
FRC	220	0,012	3,56	2,97	0,59	0,11	0,08	
NFN	1 358	0,12	27,03	18,02	3,60	1,81	0,03	
RES	28 371	3,10	75,12	138,51	7,34	2,06	0,14	
FUG	1 592	39,20	1,54	2,46	69,74	24,65	0,02	
CEM	4 445					3,21		
Total TCNA	133 572	63,13	725,10	1 630,26	466,57	95,92	5,17	0,00

GPE: Generación pública de electricidad; REF: Refinerías de petróleo; AVD: Aviación nacional; TRC: Transporte carretero;

FRC: Ferrocarril; NFN: Navegación fluvial nacional; RES: Residencial y comercial; FUG: Emisiones fugitivas por venteo en refinerías; CEM: Producción de Cemento

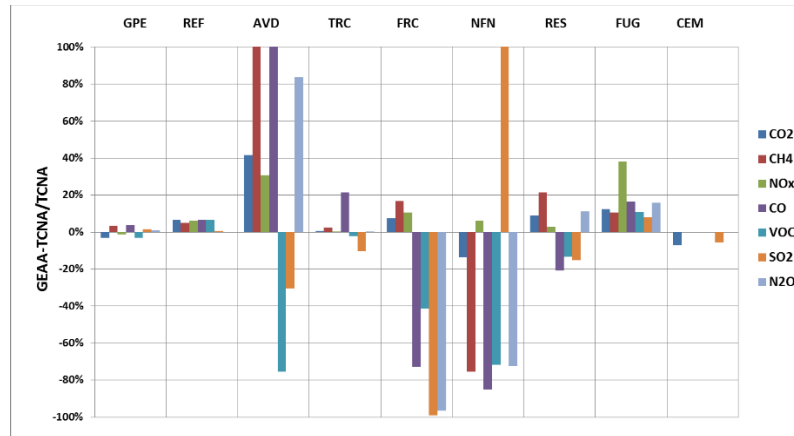


Figura 1. Comparación entre TCNA y GEEA.

GPE: Generación pública de electricidad; REF: Refinerías de petróleo; AVD: Aviación nacional; TRC: Transporte carretero; FRC: Ferrocarril; NFN: Navegación fluvial nacional; RES: Residencial y comercial; FUG: Emisiones fugitivas por venteo en refinerías; CEM: Producción de Cemento. (AVD: CH4= 330%; CO= 180%; NFN: SO2= 300%).

3.2 Comparación con EDGAR

A fin de evaluar la incertidumbre en la distribución espacial, comparamos el inventario propuesto (GEEA) con la base de datos internacional EDGAR, que suele usarse en aquellas zonas donde aún no existen inventarios nacionales específicos.

Tomamos uno de los sectores de mayor variabilidad (1.A.3.b Transporte carretero) y realizamos los siguientes cálculos: valores totales, variabilidad y diferencias entre celdas. Dado que los inventarios tienen distintas resoluciones (GEEA es 4×1 veces más fino), pasamos los datos de GEEA a la resolución de EDGAR, sumando las 16 celdas de GEEA incluidas en cada celda de EDGAR. A esta comparación le llamaremos “baja resolución”. Adicionalmente, se realizó el camino inverso trasladando los datos de EDGAR a la resolución de GEEA, dividiendo cada celda por 16 y repitiendo el mismo valor en estas 16 celdas. Los valores totales para Argentina de ambos inventarios son muy similares, ya que se usaron los mismos factores de emisión Europeos, y los consumos totales de combustibles concuerdan con las estadísticas generales de Argentina. Sin embargo la distribución espacial de estos valores presenta importantes diferencias (Figura 2). Los colores azules indican mayores valores de EDGAR y los colores rojos mayores de GEEA. En la comparación de alta resolución se pueden apreciar en colores rojos las trazas de las rutas con valores superiores de GEEA, y en las ciudades se puede ver una combinación de valores positivos (rojos) y negativos (azules) que indican una distribución desigual respecto de rutas principales o zonas urbanas residenciales. La Figura 3 muestra las diferencias en baja resolución, y se observa que las zonas urbanas son más emisoras (valores rojos) en el mapa GEEA que en EDGAR. Por el contrario, las zonas rurales aparecen más emisoras en el mapa EDGAR (colores azules), pudiendo alcanzar, por ejemplo, para material particulado PM10 entre 5 y 90 tn anuales adicionales. Estas diferencias son importantes a la hora de computar la calidad del aire en una ciudad usando ambos mapas. Un estudio de calidad del aire usando EDGAR para Argentina

[16] muestra justamente una subestimación de las medidas de calidad del aire en las zonas urbanas, lo cual tendería a justificar que el mapa GEAA (aún en la resolución de 10 x 10 km) debería producir mejores resultados.

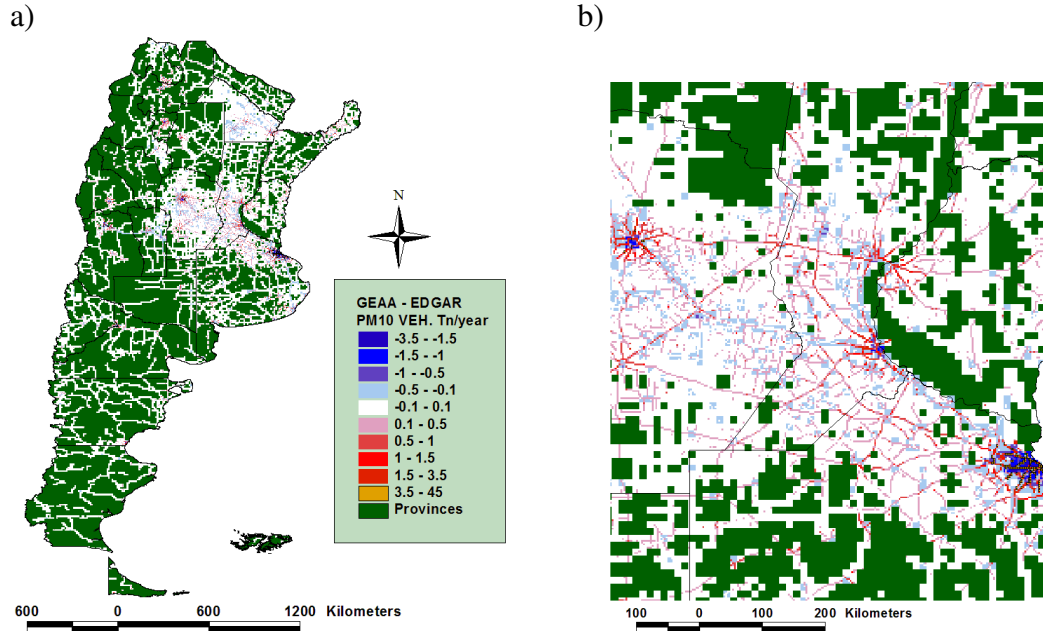


Figura 2. Diferencia entre el inventario GEAA y EDGAR (sector transporte carretero). a) diferencias en alta resolución (2.5 x 2.5 km). Verde: sin valor, b) Zoom a la zona central de Argentina

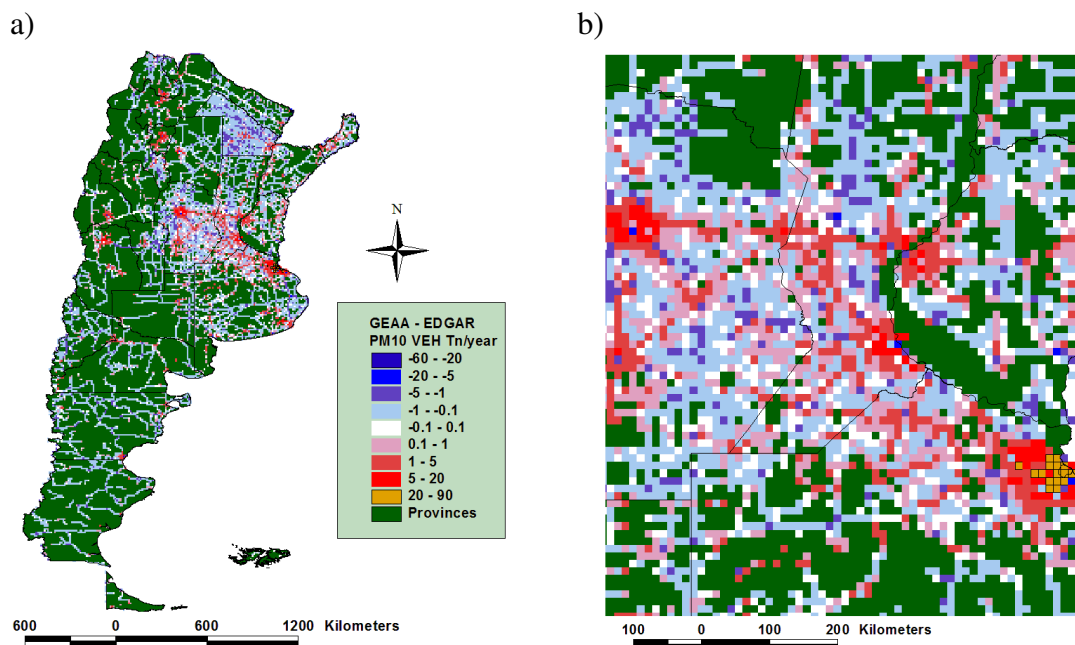


Figura 3. Diferencia entre el inventario GEAA y EDGAR (sector transporte carretero). Diferencias en baja resolución (10 km x 10 km). Verde: sin valor., b) Acercamiento a la zona central de Argentina

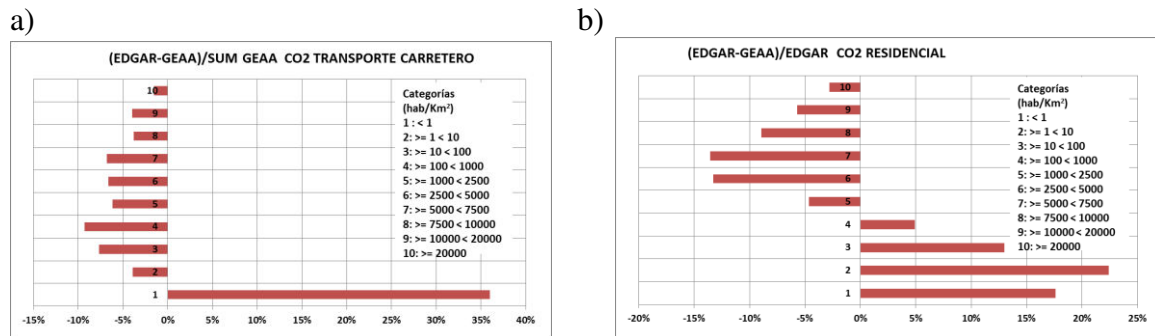


Figura 4: Diferencias relativas entre los valores de emisiones de CO₂; a) sector transporte carretero; b) sector residencial. Ambos en función de las densidades poblacionales medias de las celdas.

En la Figura 4 se realiza una evaluación de las emisiones (de CO₂) en función de las densidades poblacionales de las celdas. Se aprecia que EDGAR asigna hasta un 45% de las emisiones a celdas con densidades poblacionales muy bajas principalmente proveniente de las emisiones carreteras. En las emisiones residenciales, igualmente hay un exceso de EDGAR relativo a GEAA para las primeras 4 categorías de densidades (< 1000 hab./km²). Recordemos que Argentina tiene una población urbana muy elevada (el 90% de la población reside en zonas con densidades > a 1000 hab./km²), por lo que GEAA parece más adecuado, ya que éste se construyó a partir de unidades más pequeñas de datos poblacionales de radio censales. Comparando sólo las emisiones carreteras se nota un exceso de EDGAR relativo a GEAA de 32% para las celdas < 1 hab./km², es decir correspondientes a rutas rurales con muy poco tránsito vehicular. En GEAA el tránsito se desarrolla en aquellas celdas con densidades mayores a 1 hab./km².

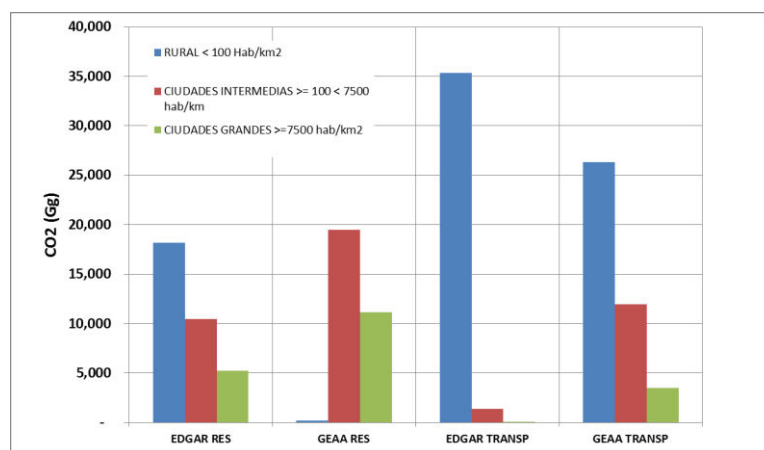


Figura 5: Comparación de las emisiones de CO₂ (transporte carretero y residencial) para ambos inventarios en función de las densidades poblacionales medias de las celdas.

Finalmente la Figura 5 muestra una diferencia relativa en las asignaciones de emisiones según las densidades de las zonas urbanas. Se aprecia una sobreestimación de emisiones de EDGAR en zonas urbanas de baja densidad y una subestimación en ciudades densamente pobladas.

4. CONCLUSIONES

Se ha realizado un inventario de emisiones del sector energético para Argentina de alta resolución de $0,025^\circ \times 0,025^\circ$ para el año 2014. En este artículo hemos comparado los resultados desde un enfoque top-down con el inventario presentado por Argentina a la Convención Marco de Cambio Climático (2012) TCNA y por otro lado se comparó este inventario (GEAA) con una base de dato internacional (EDGAR) con una resolución de $0,1^\circ \times 0,1^\circ$. Respecto del primero se aprecia que las diferencias son menores al 40%, e inclusive aún menores para algunos subsectores. Estas diferencias se justifican por un lado debido a que se tratan de años diversos con lo cual hay al menos un 15% de variación media en la actividad, pudiendo llegar a ser mayor a 50% para algunos subsectores. Y por otro lado en las incertidumbre en los datos de alguna actividad, en especial el movimiento fluvial.

Respecto de la comparación con la base de datos EDGAR, se aprecia que si bien los valores totales son similares (dentro de una variación del 10%), y poseer ésta una buena resolución (10 km x 10 km), no es totalmente adecuada para Argentina, especialmente porque la fuente de datos originales usados proviene de datos estadísticos de unidades geográficas muy grandes (Provincias o Departamentos). Esto queda evidente especialmente en el sector residencial y carretero.

En el mapa GEAA aquí presentado, se han utilizado unidades censales más pequeñas (radios o fracciones) para los datos poblacionales, viviendas, consumos de energía por vivienda. Además, se han utilizado las ventas de combustibles en estaciones de servicio como distribución original para el consumo carretero. Estas unidades geográficas más pequeñas permitieron la elaboración de un mapa más preciso de alta resolución basados en datos de escala fina.

El uso de este mapa de alta resolución permitirá desarrollar modelos de calidad del aire con estimaciones más precisas de las concentraciones ambientales de los contaminantes presentes. En trabajos posteriores se presentarán los inventarios de Argentina de otras actividades impactantes en la calidad del aire, como son el sector de residuos, las actividades agrícolas (en preparación), las biogénicas y la quema de biomasa. Asimismo se elaboraran mapas de calidad del aire para diversas zonas del país.

RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) y al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) por el apoyo a esta investigación. Este trabajo se realizó en el marco de los proyectos PID UTN IFI 1799 y 1487; CONICET PIP 112 201101 00673 y PICT 2012-1021.

REFERENCIAS

[1] Oda, T, and S Maksyutov. 2011. “A Very High-Resolution (1km X 1km) Global Fossil

- Fuel CO₂ Emission Inventory Derived Using a Point Source Database and Satellite Observations of Nighttime Lights.” *Atmospheric Chemistry and Physics* 11 (2). 543–56.
- [2] Raupach, M, P Rayner, and M Paget. 2010. “Regional Variations in Spatial Structure of Nightlights, Population Density and Fossil-Fuel CO₂ Emissions.” *Energy Policy* 38 (9). 4756–64.
- [3] Crippa, Monica, Greet Janssens-Maenhout, Frank Dentener, Diego Guizzardi, Katerina Sindelarova, Marilena Muntean, Rita Van Dingenen, and Claire Granier. 2016. “Forty Years of Improvements in European Air Quality: Regional Policy-Industry Interactions with Global Impacts.” *Atmospheric Chemistry and Physics* 16 (6). Copernicus GmbH: 3825–41.
- [4] EDGAR. 2016. “Emissions Database for Global Atmospheric Research.” European Commission - JRC Joint Research Centre IES Institute for Environment and Sustainability. Italy. edgar.jrc.ec.europa.eu.
- [5] EMEP. 2016. EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2016 Technical Guidance to Prepare National Emission Inventories. Copenhagen, Denmark.
- [6] Kurokawa, J, T Ohara, T Morikawa, S Hanayama, G Janssens Maenhout, T Fukui, K Kawashima, and H Akimoto. 2013. “Emissions of Air Pollutants and Greenhouse Gases over Asian Regions during 2000--2008: Regional Emission Inventory in ASia (REAS) Version 2.” *Atmospheric Chemistry and Physics* 13 (21).
- [7] Saikawa, Eri, Jun Kurokawa, Masayuki Takigawa, Jens Borken Kleefeld, Denise Mauzerall, Larry Horowitz, and Toshimasa Ohara. 2011. “The Impact of China’s Vehicle Emissions on Regional Air Quality in 2000 and 2020: A Scenario Analysis.” *Atmospheric Chemistry and Physics* 11 (18).
- [8] Garg, Amit, P Shukla, and Manmohan and Kapshe. 2006. “The Sectoral Trends of Multigas Emissions Inventory of India.” *Atmospheric Environment* 40 (24). Elsevier: 4608–20.
- [9] Granier, Claire, Bertrand Bessagnet, Tami Bond, Ariela D’Angiola, Hugo Denier van Der Gon, Gregory Frost, Angelika Heil, et al. 2011. “Evolution of Anthropogenic and Biomass Burning Emissions of Air Pollutants at Global and Regional Scales during the 1980-2010 Period.” *Climatic Change* 109 (1-2). 163–90.
- [10] Ferreira, J, M Guevara, J Baldasano, O Tchepel, M Schaap, A Miranda, and C Borrego. 2013. “A Comparative Analysis of Two Highly Spatially Resolved European Atmospheric Emission Inventories.” *Atmospheric Environment* 75. Elsevier: 43–57.
- [11] Puliafito, Enrique, David Allende, Sebastián Pinto, and Paula Castesana. 2015. “High Resolution Inventory of GHG Emissions of the Road Transport Sector in Argentina.” *Atmospheric Environment* 101. 303–11.
- [12] 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Edited by S Eggleston, L Buendia, K Miwa, T Ngara, and K Tanabe. Hayama, Japan: Institute for Global Environmental Strategies (IGES).
- [13] INDEC. 2016. “Censo Nacional de Población, Hogares Y Viviendas.” Argentina: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC).
- [14] MINEM. 2016. Ministerio de Energía de Argentina y Minería. www.minem.gov.ar
- [15] TCNA. 2015. Tercera Comunicación Nacional de La República Argentina a La

- Convención Marco de La Naciones Unidas Para El Cambio Climático.
- [16] García Ferreyra, María, Gabriele Curci, and Mario Lanfri. 2016. “First Implementation of the WRF-CHIMERE-EDGAR Modeling System Over Argentina.” *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. IEEE.