

Estimación de la emisión de CO₂ a partir del combustible diesel utilizado por el transporte público en el área metropolitana de Asunción

Estimate of CO₂ emission from diesel fuel used for public transport in the Metropolitan area of Asunción

Diana Diez Pérez^{1*}, Gustavo Riveros², Fátima Yubero¹

¹Departamento de Fisicoquímica, Dirección de Investigaciones, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Asunción; *e-mail: dianadp.una@gmail.com

²Cátedra de Fisicoquímica, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Asunción

Resumen: Los ecosistemas forestales absorben grandes cantidades de CO₂ gracias a la fotosíntesis. En muchos países los vehículos del transporte público urbano utilizan diésel como combustible, y a consecuencia de esto liberan al ambiente contaminantes como CO₂, CO, material particulado (PM₁₀, PM_{2,5}), SO₂ y óxidos de nitrógeno. En cuanto al CO₂, Paraguay contribuyó en el año 2000 con una emisión de 2.776,79 Gg en el subsector transporte. Debido a la falta de datos continuos acerca de las emisiones de gases generados por fuentes móviles de contaminación, este trabajo se enfocó en la estimación de la cantidad de CO₂ liberado a partir de los datos del volumen de gasoil utilizado por las unidades del transporte público de las empresas que circulan por el Área Metropolitana de Asunción (AMA). En el mes de agosto del año 2011, se procedió a coleccionar información a través de la aplicación de una encuesta a los representantes de las empresas de transporte. Con los datos proveídos y las directrices del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) sobre inventarios para las estimaciones nacionales de los gases de efecto invernadero se estimó la emisión de CO₂. Los resultados demostraron que el volumen total de combustible utilizado por la flota de transporte público en el AMA fue de 11.042.318 L/mes y que la emisión estimada de CO₂ para este gasto de combustible fue de 29.461,37 ton CO₂/mes. Al clasificar las empresas en un intervalo de emisiones de CO₂ mensual se visualizaron aquellas que emitieron el gas por encima de 4000 ton CO₂/mes, mientras que el mayor número de empresas emitieron entre 101 y 200 ton CO₂/mes. Este estudio podría servir de base en la definición de criterios de control para evaluar la calidad del aire en los municipios y establecer el monitoreo con una metodología sencilla y de bajo costo.

Palabras clave: combustible diésel, emisión de CO₂, transporte público.

Summary: The forest ecosystems absorb large quantities of CO₂ through photosynthesis. In many countries, the urban public transport utilizes diesel as fuel. As a consequence, such pollutants as CO₂, CO, particulate matter (PM₁₀, PM_{2,5}), SO₂ and nitrogen oxides are released to the environment. In terms of CO₂, Paraguay contributed in the year 2000 with an emission of 2.776,79 Gg in the transport subsector. Due to the lack of continuous data about the emissions of gases generated by mobile sources of pollution, this work focused on estimating the amount of CO₂ released from the volume of diesel fuel used by public transport companies that operate in the Metropolitan Area of Asunción (AMA). In August 2011, information collecting was performed through the application of a survey to the representatives of transport companies. The emission of CO₂ was estimated based on the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) guidelines for National Greenhouse

Manuscrito recibido: noviembre de 2016.

Manuscrito aceptado: febrero de 2017.

Gas Inventories. The results showed that the total volume of diesel fuel used by the public transport in the AMA was 11.042.318 L/month and the estimated emission of CO₂ for this expenditure of fuel was 29.461,37 ton CO₂/month. On classifying the companies in a range of monthly CO₂ emissions, those that emitted the gas above 4000 ton CO₂/month were visualized while the largest number of companies emitted between 101 and 200 ton CO₂/month. This study could serve as the basis in the definition of a control criteria to evaluate the quality of the air in the city and counties as well as to establish the monitoring with a simple, low-cost methodology.

Keywords: diesel fuel, CO₂ emission, public transport.

Introducción

La emisión a la atmósfera de gases y otras sustancias nocivas producidas por la combustión de combustibles fósiles es una de las principales causas antropogénicas de la contaminación del aire, término utilizado para describir la presencia de uno o más contaminantes en la atmósfera, cuyas cantidades y características pueden resultar perjudiciales o interferir con la salud, el bienestar u otros procesos ambientales naturales (Korc y Sáenz, 1999).

Según el Plan de Acción para Combustibles y Vehículos más limpios en Paraguay, elaborado por el Centro Mario Molina de Chile, (2011), la población de Asunción está expuesta a niveles de contaminación atmosférica por partículas y dióxido de nitrógeno que ponen en riesgo su salud, los cuales pueden ser emitidos a la atmósfera por la utilización de vehículos, principalmente con motores diésel y buses de locomoción colectiva. Estos liberan además grandes cantidades de dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, dióxido de carbono y monóxido de carbono, sobre todo cuando el combustible es de mala calidad y es deficiente la mantención de los motores (Montolio et al. 2005).

En el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero publicado en la Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático (SEAM, 2011) se describió que las emisiones de CO₂ provienen en su gran mayoría del sector Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura, que aportó con un total de 67.181 Gg de CO₂ correspondiente al 94,85% del total. El sector Energía fue el siguiente de mayor aporte, con un total de 3.251,65 Gg correspondiente al 4,59%, seguido por el sector Procesos Industriales, con un total de 395,20 Gg correspondiente al 0,56%. El subsector Transporte, clasificado dentro del sector Energía, fue el de mayor contribución con 2.776,79 Gg de CO₂, correspondiente al 85,39% de las emisiones de dióxido de carbono en su sector.

Los ecosistemas forestales intervienen en la lucha contra el calentamiento global a través de la absorción de grandes cantidades de CO₂ gracias a la fotosíntesis. Así, a nivel mundial, los ecosistemas terrestres absorben cerca de 2,6 GtCeq por año, más que las emisiones relacionadas con la deforestación, equivalente a 1,6 GtCeq por año. Por tanto, el balance neto del bosque es globalmente positivo en aproximadamente 1 GtCeq por año (Ojeda y Aguirre, 2012).

En nuestro país la masiva tala de árboles se refleja a través de diversos indicadores. Uno de ellos es el área de bosques continuos de la Región Oriental que en el año 1945,

representaba el 55% de la superficie referenciada (22,3 millones de hectáreas) mientras que en 2004, apenas llegaba a 3,9% correspondiente a 1,6 millones de hectáreas (AFD, 2013).

En la capital del Paraguay, en 1996, la Municipalidad de Asunción, tenía 5,84% de áreas verdes identificadas como parques, manzanas y calles con árboles; 920.765,74 m² registrado como área verde de uso público, el cual ascendía a 1.087.101,00 m² en el año 2008, siendo la vegetación general de carácter arbustivo y arbóreo originarias de la zona, como ser el “lapacho” (*Tabebuia heptaphylla*), el “samu'ú” (*Chorisia insignis*), el “ybyrá pytã” (*Peltophorum dubium*), el “tembetary” (*Fagara rohifolia*), entre otros. Según el informe de la Contraloría General de la República (CGR, 2009) en el Examen Especial a la Municipalidad de Asunción con relación al manejo del Jardín Botánico y Zoológico de la ciudad, se constató que en el mismo existían zonas naturales dañadas por contaminación, tala de árboles, incendios, etc. así como ocurre en otras zonas de Asunción debido a la intervención del hombre o bien por las caída de árboles como consecuencia de las tormentas severas (Kochmann et al. 2003; CGR, 2009; SEAM, 2008).

Así también, en la ciudad de Asunción se realizó un estudio acerca de la calidad de aire en el cual se eligieron 17 zonas para identificar especies bioindicadoras de contaminación ambiental atmosférica como es la especie de *Tillandsia spp.* Como consecuencia de este estudio se encontró una elevada proliferación de esta especie además del valor de NO_x relativamente elevado en el área del microcentro y en los principales accesos a la ciudad. La emisión de NO_x se atribuyó en general a vehículos que utilizaban motores diésel (autobuses). La subfamilia *Tillandsioideae* incluye varias especies epífitas de lento crecimiento y de extraordinaria capacidad para obtener agua y nutrientes de la atmósfera, incluidos los contaminantes atmosféricos (Pignata et al. 2003; Kochmann et al. 2003).

La Secretaría de Transporte del Área Metropolitana de Asunción (SETAMA, s.f.), entidad autónoma y autárquica, fue creada por la Ley N° 1.590/2.000 para establecer y administrar políticas de regulación del tránsito y transporte, en coordinación con los municipios y las gobernaciones del Área Metropolitana de Asunción (AMA) y otras entidades del sector para el buen funcionamiento del servicio del transporte público, en beneficio de la ciudadanía en general y orientada al desarrollo social. Estas son funciones que en el año 2014 fueron asumidas por el Viceministerio de Transporte en coordinación con la Dirección Nacional de Transporte, (DINATRAN) según Ley N° 5152/2014.

De acuerdo a los datos proveídos por la SETAMA, la flota total de transporte público, registrada en el año 2011 fue de 2.130 autobuses lo que permitía realizar 175 recorridos, y en promedio, cada vehículo realizaba 5,5 viajes por día. Además, las empresas de transporte municipales (denominados internos) tenían aproximadamente una cantidad de 1.000 unidades de ómnibus, de los cuales 331 circulaban en Asunción.

Al retroceder a la década del 90, de acuerdo a un informe de JICA (1991) en aquel entonces, 52.000 personas eran transportadas diariamente en autobuses (correspondiente al 85 %) y el restante de 15% correspondía a pasajeros de automóviles (incluyendo jeeps y furgonetas). Otro informe, en este caso presentado en la reunión del

Consejo de SETAMA de 2004, el conteo de pasajeros que se movilizaron en autobuses dentro del área metropolitana durante el mes de octubre del 2004 fue de 876.629, y la proyección realizada para el año 2010, demostró que este número ascendería a 957.166 usuarios, lo cual es un indicativo de la gran demanda del transporte público en Asunción y sus ciudades conurbanas (SETAMA, s.f.).

En la actualidad no existe un estudio detallado de los gases emitidos por los transportes que circulan por la capital y ciudades cercanas y es de importancia cuantificarlos, debido a que la combustión creciente de hidrocarburos fósiles ha respondido a la demanda también creciente, originada en el mayor consumo individual y en el aumento de la población, hecho que, junto con la deforestación, conduce al aumento de la concentración de dióxido de carbono (Barros, 2006).

A raíz de la ausencia de datos sobre las concentraciones de gases emitidos por la flota vehicular, esta investigación se ha enfocado en obtener una aproximación del volumen de gasoil utilizado por el transporte público que circula en el AMA y a partir de este dato estimar la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera.

Materiales y Métodos

Localización del área de estudio

La ciudad de Asunción, con una superficie de 117 km², está situada en la Región Oriental, a la margen izquierda del río Paraguay, el que la separa al noroeste de la Región Occidental y al sur del territorio argentino, frente a la confluencia de los ríos Pilcomayo y Paraguay. Está comprendida entre los paralelos 25° 15' y 25° 20' de latitud sur y entre los meridianos 57° 40' y 57° 30' de longitud oeste. Asunción está rodeada por uno de los diez y siete departamentos en que política y administrativamente se divide el territorio, el departamento Central, con el que limita al norte, este y sur. La población de la capital según el censo del año 2002 fue de 513.399 de habitantes (DGEEC, s.f.).

El **Área Metropolitana de Asunción** es la continuidad urbana, producto de la conurbación de 11 municipios (Corporación REMA, s.f). De acuerdo a la SETAMA, el AMA cuenta con una superficie de aproximadamente 66.600 km² y se encuentra conformada por las ciudades de Asunción, Areguá, Capiatá, Fernando de la Mora, Guarambaré, Itá, Itauguá, J. A. Saldivar, Lambaré, Limpio, Luque, Mariano Roque Alonso, Nueva Italia, Nemby, San Antonio, San Lorenzo, Villa Elisa, Villeta, Ypacarai, Ypané, Benjamín Aceval, Nanawa, José Falcón, y Villa Hayes, encontrándose la mayoría en el Departamento Central (**Fig. 1**).

La zona de estudio se limitó al Área Metropolitana de Asunción definida por la SETAMA, en el cual cincuenta y nueve empresas de transporte se encontraban a cargo de la flota del transporte público y estas estaban reguladas por la SETAMA.

Durante el mes de agosto del año 2011, se procedió a la aplicación de encuestas (**Fig. 2**) a los representantes de las empresas de transporte para obtener los datos necesarios para estimar la cantidad de dióxido de carbono emitido a la atmósfera.

Para la estimación de dióxido de carbono proveniente de la combustión del diésel se recurrió al documento elaborado por el IPCC (2006), que como organismo intergubernamental establece las directrices sobre inventarios para las estimaciones

nacionales de los gases de efecto invernadero. Esta metodología contiene una guía para el cálculo aproximado de contaminantes atmosféricos provenientes de fuentes móviles, tales como: CO₂, CH₄, N₂O, NO_x, CO y Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes al Metano (COVDM).

Como primer paso, la información acerca del volumen total de diésel utilizado por las empresas (L/mes) fue obtenida a través de la Ecuación 1, luego de estimar la cantidad de kilómetros recorridos por mes para cada una de las empresas, utilizando los siguientes datos: kilómetros recorridos en cada circuito, la frecuencia de salidas diarias de los autobuses, las diferencias entre lunes a viernes y finales de semana, el horario de salida del primer y del último vehículo.

$$fcMY_{ii} \times = \quad \text{Ec. 1}$$

donde; Y_i representa el volumen de diésel utilizado (L/mes) para una determinada empresa, M_i indica el kilometraje recorrido (km/mes) y fc es el consumo promedio de combustible (L/km). A continuación se realizaron los pasos siguientes;

1. Conversión de la cantidad de combustible a unidades de energía, en este caso fue hecha una conversión a TJ (Tera Joule).

$$EC = Y_i \times PCI \times Cme \quad \text{Ec. 2}$$

Donde EC representa la energía consumida (TJ/mes), PCI el poder calorífico inferior (tEP/m³) y Cme la conversión de masa a energía (TJ/tEP).

2. Cálculo de la cantidad de carbono emitido expresados en Toneladas de Carbono, para lo cual se tuvo en cuenta el factor de emisión para el diésel.

$$CTC = EC \times Cc \quad \text{Ec. 3}$$

Donde CTC representa el Contenido Total de Carbono (ton C/mes) y Cc contenido de carbono (tonC/ TJ).

3. Cálculo de la emisión líquida de carbono. Para el caso del diésel, como no existen datos del carbono fijado para nuestro país, el resultado es el mismo que el del cálculo anterior.

4. Cálculo de la emisión de CO₂, para lo cual se tiene en cuenta la emisión real de carbono y el factor de conversión representado por la relación de masa del CO₂ y del C (44/12).

$$\text{Emisión de CO}_2 = \text{Emisión real de carbono} \times \text{factor de conversión} \quad \text{Ec.4}$$

Donde la emisión de CO₂ está representada en ton CO₂/mes.

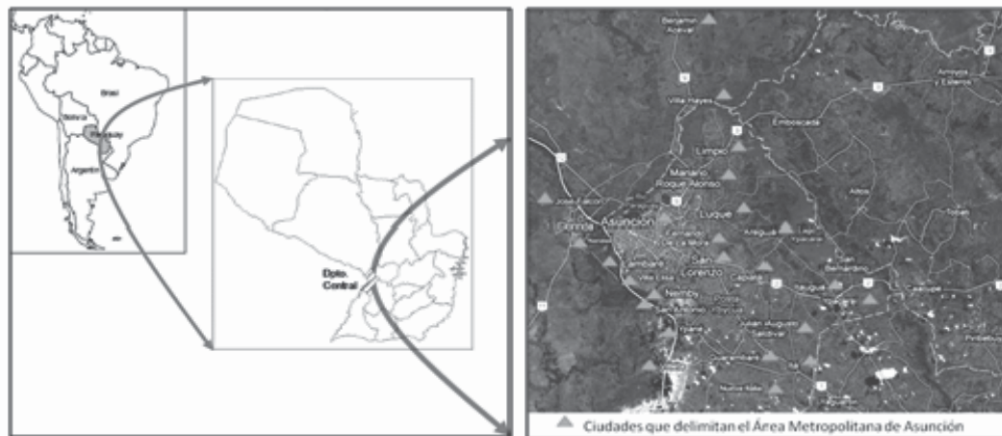


Fig. 1. Área Metropolitana de Asunción según datos proveídos por la SETAMA.

Resultados y Discusión

De las cincuenta y nueve empresas de transporte reportadas por la SETAMA, los responsables del 83% de las empresas respondieron a la encuesta.

Con relación a la pregunta sobre el conocimiento que tienen acerca de los gases de efecto invernadero, el 55% respondió afirmativamente y los gases citados fueron: 53% mencionó al CO_2 , 20% al CH_4 , 8% al NO , 8% a los aerosoles, 11% otros gases, entre los cuales se citaron clorofluorocarbonados, emanaciones de motores y monóxido de carbono.

Para que el transporte público llegue a varias zonas del área metropolitana y el mayor porcentaje de la población tenga acceso a este medio de transporte, las empresas (66,66%) dividen la flota vehicular en distintos ramales, esto conlleva a aumentar el número de transportes públicos hasta cerca de 100 unidades por empresa, tal como se presenta en la Fig. 3.

Si bien las emisiones de NO_x , COV , PM , CO , CO_2 son el resultado directo del uso de combustibles fósiles como la gasolina y el diésel, existen otros factores determinantes en la cantidad de contaminantes que un vehículo automotor puede generar como la edad del transporte, la tecnología, el uso y el mantenimiento del vehículo. Los vehículos en circulación de mayor edad, con un mantenimiento deficiente, sin tecnologías para el control de emisiones y de uso intensivo presentan mayores emisiones contaminantes a la atmósfera (Martínez, 2011), es por ese motivo que se identificó el año de fabricación y la frecuencia de mantenimiento que se realizaban a los transportes públicos.

De acuerdo a los datos obtenidos se observa que el mayor porcentaje de los empresarios realizaba el mantenimiento de los transportes en un lapso de tiempo menor a un mes, seguido de aquellos que lo realizaban según el kilometraje recorrido (Tabla 1). Con relación al año de fabricación, de los 1911 autobuses declarados por los empresarios, el 50,4% tenían el año de fabricación entre 1994 – 1999. Los 1911 autobuses corresponden al 90% de los autobuses registrados en SETAMA.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
DIRECCIÓN ACADÉMICA
CÁTEDRA: QUÍMICA AMBIENTAL

Empresa de transporte n°:

Esta encuesta está diseñada para la obtención de datos relevantes necesarios para el conocimiento sobre el dióxido de carbono emitido por el transporte público a la atmósfera.

Los datos que nos proporcione serán anónimos y serán tratados estadísticamente.

Su colaboración será de gran ayuda para el trabajo mencionado

Marque con una cruz los cuadros y complete los espacios en blanco

- 1- Tiene conocimiento de lo que es el efecto invernadero? SI NO
- 2- Conoce algún gas de efecto invernadero? SI NO
- 3- En caso de que su respuesta sea sí, cite el/los gases de efecto invernadero que conoce
.....
- 4- Tiene conocimiento del daño ocasionado por el dióxido de carbono? SI NO
- 5- Los ómnibus de la empresa de transporte a su cargo, están registrados como ómnibus del área metropolitana? SI NO
- 6- Su empresa de transporte, cuenta con ómnibus que recorren ramales distintos? SI NO
- 7- En caso de que su respuesta sea sí, con cuántos ramales distintos cuenta la empresa?
- 8- Cuántos kilómetros recorre por redondo?
ramal 1 ramal 2 ramal 3 ramal 4
- 9- Para que un ómnibus de su empresa realice el recorrido mencionado, cuántos litros de combustible necesita?
ramal 1 ramal 2 ramal 3 ramal 4
- 10- De lunes a viernes, cuál es la frecuencia de salida de los ómnibus de su parada?
- 11- Los sábados y domingos, cuál es la frecuencia de salida de los ómnibus de su parada?
Observación: especifique si los domingos no salen los ómnibus de la parada
- 12- A qué hora sale el primer y el último ómnibus de la parada? y
- 13- Con cuántos ómnibus cuenta la empresa?
- 14- Cuál es la marca de ómnibus predominante en la empresa?
- 15- Cada cuánto se realiza el mantenimiento de los ómnibus?
- 16- La cantidad de ómnibus según el año de fabricación es:

Años	Cantidad
< 1981	
1982 – 1987	
1988 – 1993	
1994 – 1999	
2000 – 2005	
2006 - 2011	

Fig. 2. Encuesta aplicada a los representantes de las empresas del transporte del Área Metropolitana de Asunción.

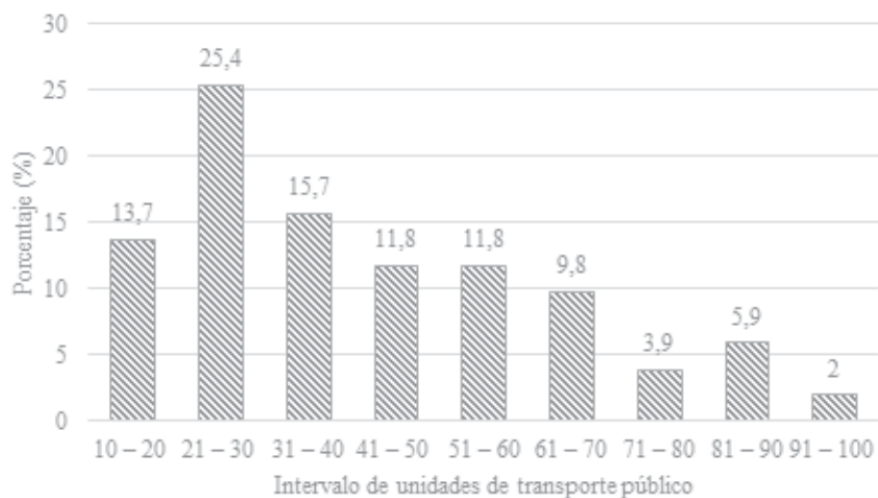


Fig. 3. Unidades de transportes públicos con que cuentan las empresas que cubren el Área Metropolitana de Asunción.

Tabla 1. Período de mantenimiento y año de fabricación de los transportes públicos que circulan en el Área Metropolitana de Asunción.

Período de mantenimiento	Porcentaje de empresas (%)	Año de fabricación	Unidades de transportes públicos expresados en porcentaje (%)
Según kilometraje	30	< 1981	2,0
= 1 mes	52	1982 – 1987	3,8
Trimestralmente	8	1988 – 1993	18,0
Semestralmente	2	1994 – 1999	50,4
Anualmente	4	2000 – 2005	14,0
En forma permanente o periódica	4	2006 – 2011	11,8
Total	100	-	100

De acuerdo a lo descrito por King y Hensher (1998), un autobús con 22 o más años de antigüedad emite $1020,87 \pm 135,98$ kg CO₂/1000 km si el mismo tiene transmisión manual; y $1039,10 \pm 119,02$ kg CO₂/1000 km si es de transmisión automática, prácticamente el doble en comparación con transportes de 3 años o menos de antigüedad, pues se estima que en estos casos la cantidad emitida es $695,95 \pm 176,91$ kg CO₂/1000 km y $976,52 \pm 131,08$ kg CO₂/1000 km para los transportes con transmisión

manual y automática, respectivamente. Al tomar en cuenta estas referencias, en este estudio se ha observado que la cuarta parte de autobuses registrados estaría emitiendo más de $1020,87 \pm 135,98$ kg CO₂ por cada 1000 km recorrido.

Con los datos obtenidos de las encuestas y al aplicar la ecuación Ec. 1 del IPCC se calculó el volumen de diésel utilizado por las empresas de transporte para realizar el itinerario registrado, y posteriormente se estimó la emisión de dióxido de carbono. Como varias empresas de transporte reportaron cubrir varios itinerarios, las emisiones de dióxido de carbono clasificadas por intervalos de ton CO₂/mensual llegaron hasta más de 4000 ton CO₂/mes, aunque el mayor número de empresas emitieron entre 101 y 200 ton CO₂/mes (**Fig. 4**). Así mismo, se observa que en su conjunto todas las empresas emitieron una gran cantidad de CO₂ que podría afectar la calidad del aire de la ciudad de Asunción y ciudades conurbanas.

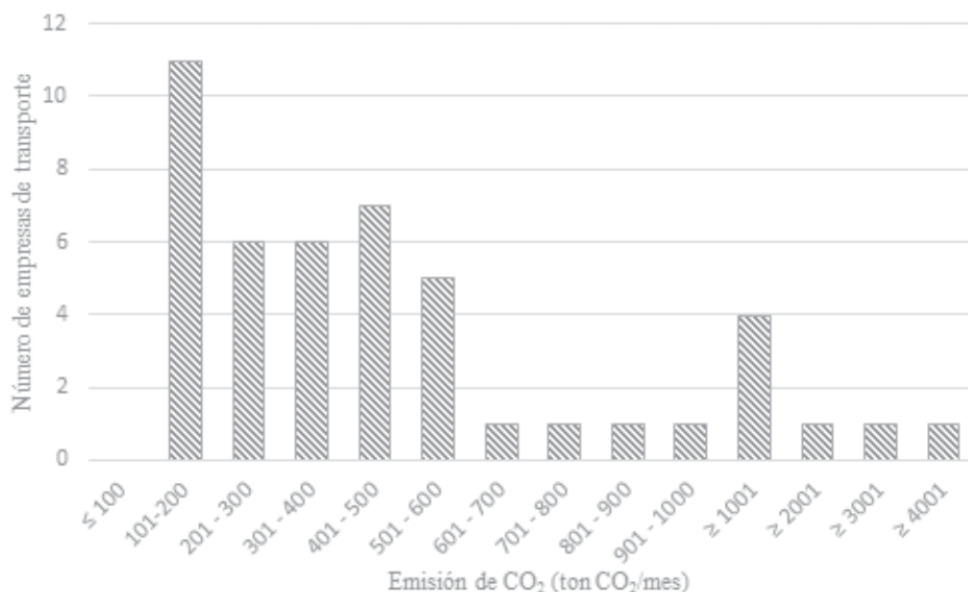


Fig. 4. Emisiones de dióxido de carbono (ton/mes) por empresas de transportes.

El volumen total de diésel utilizado por el 90% de los transportes públicos registrados en SETAMA fue de 11.042.318 L/mes y la emisión igual a 29.461,37 ton CO₂/mes, lo que representa que la emisión anual es igual a 353.536,4 ton CO₂, equivalente a la combustión del 11,9% de diésel importado por nuestro país. De acuerdo a los datos del Viceministerio de Minas y Energía (VME, s.f.), en el 2011 se importaron 1.553,54 kTep, de los cuales el 65,7% correspondiente al diésel (Itaipú, 2014).

Con relación a lo informado por Paraguay en la Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático (SEAM, 2011) la emisión de dióxido de carbono por combustión de diésel del transporte público que circulaba en el AMA correspondió al 12,7% del total de dióxido de carbono reportado por el subsector transporte (2.776,79 Gg CO₂), muy similar al porcentaje calculado en este estudio. Así mismo, si bien el año base del

Inventario de Gases de Efecto Invernadero reportado en esta Segunda Comunicación fue el 2000, se observa que no existió mucha variación en la cantidad de CO₂ estimada al compararlo con este estudio.

Conclusión

Según los resultados obtenidos, se encontró que la emisión anual de dióxido de carbono por la combustión del diésel del transporte público que circula en el Área Metropolitana de Asunción fue igual a 353.536,4 ton CO₂, el cual podría ir en aumento si la flota vehicular tiene esta misma tendencia debido al crecimiento poblacional y si no se reemplazan los autobuses con más de veinte años de antigüedad, debido a que son los que más contribuyen con la emisión de gases de efecto invernadero y otros gases nocivos para la salud y el medio ambiente. Este estudio, que adopta las ecuaciones del IPCC complementado con una encuesta, propone una estrategia sencilla y de bajo costo para estimar la cantidad de CO₂ producido en un ecosistema urbano.

Referencias bibliográficas

- AFD. Agencia Financiera de Desarrollo. (2013). *Memoria anual* – Agencia Financiera del Desarrollo, Asunción.
- Barros, V. (2006). *El Cambio Climático Global ¿Cuántas catástrofes antes de actuar?*. Buenos Aires: Zorzal.
- Centro Mario Molina Chile. (2011). *Clean Air in Asuncion, Paraguay*. Plan of Action for Clean Fuels and Vehicles in Paraguay: Assessment of Air Pollution and Recommendations for the Management of Air Quality. Santiago, Chile: Centro Mario Molina Chile.
- CGR. Contraloría General de la República. (2009). CGR N° 1110/08 “*Por la cual se dispone la realización de un examen especial a la Municipalidad de Asunción, con relación a la administración de los espacios verdes de uso público, de la ciudad de Asunción*” Informe Final. Asunción.
- Corporación REMA - Región Metropolitana de Asunción (s.f.). *Desarrollo sostenible región metropolitana de Asunción*. (en línea). Recuperado el 13 de setiembre de 2016, de <http://www.rema.org.py/REMA.HTML>.
- DGEEC. Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos. (s.f.). Paraguay Total – Resultados preliminares. Asunción, Paraguay. Marzo 2003, (en línea). Recuperado el 8 de agosto de 2016, de <http://www.dgeec.gov.py/PUBLICACIONES/BIBLIOTECA/CENSO2002-PRELIMINARES/PARAGUAY%20TOTAL.PDF>
- IPCC. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2006). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Japón.
- Itaipú (2014). “*Balance Energético Nacional en Energía Útil de la República de Paraguay*” *Balance Nacional en Energía Útil 2011 (Consolidado)*. INFORME FINAL.

- JICA. Agencia de Cooperación Internacional del Japón. (1991). Estudio del Plan Maestro del Transporte Nacional. Asunción, JICA.
- King, J. y Hensher, D. (1998) *How are Urban Bus Fleets Performing in Reducing Greenhouse Gas Emissions? The Australian Experience*. Institute of Transport Studies The University of Sydney.
- Korc, M. E., y Sáenz, R. (1999). *Monitoreo de la calidad del aire en América Latina*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente–OMS Lima.
- Kochmann, S., Riquelme, I., Ortíz, M., Yubero, F., González, Y. y Barúa de Souberlich, G. (2003). *Environmental studies by means of the use of biomonitors (Tillandsia sp.) and nuclear techniques*. (IAEA-TECDOC--1338). International Atomic Energy Agency (IAEA).
- Martínez, H. (2011). *Estudio de emisiones y características vehiculares en ciudades mexicanas. Fase IV: medición de emisiones en cinco ciudades y análisis de resultados globales Informe final*. Centro de Transporte Sustentable de México A.C.
- Montolio, T. S., Vidal, M. M. J., y Sanfeliu, A. B. (2005). *Contaminación y medio ambiente: Santiago (Chile)-Castellón (España)*.
- Ojeda T. y Aguirre, N. (2012). Los bosques como aliados a la mitigación del cambio climático en el contexto de REDD+ en el Ecuador. *Cedamaz 2* (1), 13-22.
- Pignata, M.L., Albarran, C., Els, E., Wannaz, E.D., Gudino, G.L., Pla, R.R., y Orellana, L. (2003). *Atmospheric quality in Argentina employing Tillandsia capillaris as biomonitor* (IAEA-TECDOC--1338). International Atomic Energy Agency (IAEA).
- SEAM. Secretaría del Ambiente. (2008). *Perspectiva del Medio Ambiente Urbano*. Municipalidad de Asunción, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. GEO Asunción del Paraguay.
- SEAM. Secretaría del Ambiente. (2011). *Segunda comunicación nacional de cambio climático Paraguay*. Asunción: SEAM.
- SETAMA. (s.f.). Secretaría de Transporte del Área Metropolitana de Asunción. Misión de la entidad. Asunción, Paraguay. Recuperado el 23 de setiembre de 2015, de <http://www.setama.gov.py/QUIENESSOMOS.PHP>
- VME. Viceministerio de Minas y Energías. (s.f.). Balance Energético Nacional 2010 (en línea) Asunción, Paraguay. Junio 2011. Recuperado el 12 de agosto de 2016, de <http://www.ssme.gov.py>