

**Inventario de contaminantes tóxicos, criterios y GEI para la categoría
taxi/remis en la ciudad de Tandil, Argentina**

**Toxic pollutants, criteria and GHG from the taxi / remis category inventory
in Tandil city, Argentina**

Achaga, Lucía Valeria^{1y2}; Sosa, Beatriz Soledad¹; Cisneros, Nicolás Eloy^{1y2}

1: Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales –
Facultad de Ciencias Humanas – UNCPBA. Campus Universitario.

2: Becaria/o del Comisión de Investigaciones Científicas –PBA

Email: luciaachaga@gmail.com

Achaga, L. V.; Sosa, B.S.; Cisneros, N. E. (2020). Inventario de contaminantes tóxicos, criterios y GEI para la categoría taxi/remis en la ciudad de Tandil, Argentina. *Revista Estudios Ambientales*, 8(2), 85-106.

Recibido: 27 de octubre de 2020

Aceptado: 30 de noviembre de 2020

Publicado: 28 de diciembre de 2020

RESUMEN

Conocer el impacto del aire producido por fuentes móviles, sigue siendo un desafío importante. En la mayoría de las ciudades argentinas, se desconoce el estado actual de la calidad del aire. Investigaciones dirigidas a conocer el aporte de contaminantes a partir de fuentes móviles, se han realizado para grandes ciudades, por ejemplo: Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Mendoza, o Rosario. La complejidad del trabajo con diferentes flotas vehiculares (diversidad de tecnologías) y la dificultad en el acceso a la información en suficiente cantidad y calidad, son barreras para el avance de este tipo de estudios diagnósticos en ciudades intermedias o chicas. Este estudio tiene como objetivo principal inventariar y diagnosticar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), y otros contaminantes (tóxicos y criterio) correspondientes a la categoría vehicular taxi/remis en la ciudad de Tandil, Buenos Aires -Argentina, para el año 2016. Como herramienta metodológica se aplica el Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE). El estudio caracteriza la flota y hace estimaciones de emisiones de los contaminantes que representan un problema para la salud por lo tanto afectan a la calidad del aire y pueden tener consecuencias para el cambio climático. En Tandil los taxis/remis generan al año un total de 9.231,99 Tn de CO₂eq, mientras que los contaminantes criterio y tóxicos no representan un riesgo para la salud o el ambiente urbano debido al uso de GNC como principal combustible. El inventario es una herramienta fundamental en la gestión de la calidad del aire, este estudio presenta una línea de base para diagnosticar el estado actual de las emisiones y poder reflexionar sobre la tendencia de las mismas a partir del seguimiento en nuevos estudios.

Palabras claves: estimación de emisiones; categoría vehicular taxi y remis; ciudades intermedias; contaminación atmosférica; modelo IVE.

ABSTRACT

Know the impact of air produced by mobile sources continues to be a big challenge. In most Argentine cities, the current state of air quality is unknown. Investigations aimed at knowing the contribution of pollutants from mobile sources have been carried out for large cities, for example: City of Buenos Aires, Mendoza, or Rosario. The complexity of the work with different vehicle fleets (diversity of technologies) and the difficulty in accessing information in sufficient quantity and quality are barriers to the advancement of this type of diagnostic studies in intermediate or small cities. The main objective of this

study is to inventory and diagnose GHG emissions and other pollutants (toxic and criteria) corresponding to the vehicle category taxi / remis in the city of Tandil, Buenos Aires -Argentina, for the year 2016. As a methodological tool, applies the International Model of Vehicle Emissions (IVE). The study characterizes the fleet and makes estimates of emissions of pollutants that represent a health problem and therefore affect air quality and may have consequences for climate change. In Tandil, taxis / remis generate a total of 9,231.99 Tn of CO₂eq per year, while criteria and toxic pollutants do not represent a risk to health or the urban environment due to the use of CNG as the main fuel. The inventory is a fundamental tool in the management of air quality, this study presents a baseline to diagnose the current state of emissions and to be able to reflect on their trend from the follow-up in new studies.

Key words: emission estimation; fleet of taxis and remises; intermediate cities; atmospheric pollution; IVE model.

INTRODUCCIÓN

Más del 80% de las personas que viven en zonas urbanas donde se monitorea la calidad del aire están expuestas a concentraciones de contaminantes que superan los límites sugeridos en las directrices de la OMS; de acuerdo con la última base de datos, el 98% de las ciudades se encuentran en países con bajos ingresos y con más de 100.000 habitantes (WHO, 2016). A finales de 2018, Air Quality Life Index publicó un reporte donde se afirma que la esperanza de vida a nivel mundial se ve disminuida en casi dos años por la exposición a material particulado (Energy Policy Institute at the University of Chicago, [EPIC], 2018).

Existen dos fuentes principales que aportan las mayores concentraciones de contaminantes a la atmósfera en áreas urbanas, las fuentes fijas y las móviles. Si tomamos el caso de los GEI, en Argentina el 53% de las emisiones totales corresponde al sector energía y dentro de este 33,26 MtCO₂e son aportadas por la Industria Manufacturera y de Construcción, mientras que el 50,22 MtCO₂e por el Transporte (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Argentina [MAyDS], 2016).

Poniendo la atención en las fuentes móviles, la Argentina tiene actualmente una flota de vehículos circulantes de 14.301.524, de los cuales el 83,3% corresponde a vehículos particulares y el 13 % a livianos donde los vehículos nafteros (51,8%) que se han

convertido a GNC alcanzan un total aproximado de 1,9 millones. El país tiene un incremento interanual de su flota del 2,5% y la mayor proporción del parque vivo se encuentra en la provincia de Buenos Aires (37,7%) (Asociación de fábricas Argentinas de Componentes[AFAC], 2020).

Una de las prioridades en las agendas locales de las grandes aglomeraciones es planificar el transporte urbano con un abordaje más sustentable y sobre la base de un transporte menos contaminante. Rosario, desde el año 2010, implementa el PIP “Plan Integrado de Movilidad” (Ente del Transporte de Rosario[ETR], 2011) cuya prioridad es el uso masivo de transporte público, el uso de bicicletas, y la construcción de bicisendas para fortalecer las alternativas de transporte frente al uso masivo de los autos particulares y mejorar la calidad del aire; posee la mayor cantidad de kilómetros de bicisendas per cápita del país (45 km/1.100.000 habitantes) y se calcula que el 6% de los traslados se hacen en este medio de transporte. Otro ejemplo es la ciudad de Córdoba, la cual, para el año 2020 tiene planificado actualizar su Plan de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS) con el apoyo económico de la Agencia Francesa de Desarrollo (Embajada Francesa en la Argentina [AFD], 2020). La ciudad de La Plata, cuenta con un Observatorio de Movilidad del Gran La Plata (Observatorio de Movilidad del Gran La Plata,2020) y Ciudad de Buenos Aires tiene un mayor desarrollo en su transporte público (metrobus, buses, trenes, subtes) a la vez que fomenta modos de transportes más saludables y presenta estrategias de concientización sobre calidad de aire poniendo a disponibilidad una calculadora de ahorro de CO₂ por viajar en bicicleta (Buenos Aires Ciudad,2020)

Las iniciativas mencionadas se han dado en respuesta a estudios que evidencian claros problemas de calidad de aire y sus efectos en la salud, por citar algunos ejemplos se pueden mencionar para la ciudad de Rosario, (Andrés et al. 2017; CABA, D’Angiola et al.2010; Córdoba, Díez et al.2013; y Puliafito et al. 2010 en Mendoza). Sin embargo, estos estudios también han avanzado en ciudades intermedias que aquejan similares signos de contaminación debido a su crecimiento poblacional y del parque automotor. Así en la provincia de Buenos Aires los estudios diagnósticos más recientes sobre la calidad del aire y sus efectos son abordados por Giuliani D. 2020; que describe y caracteriza el PM₁₀ y PM_{2,5} en el Gran La Plata (Gonnet, La Plata Berisso y Ensenada) y Mellado et al., 2017 que caracteriza las fuentes de emisión de BTEX en Gran La Plata mediante modelos receptores; en Bahía Blanca el Municipio actualiza sus datos

nutriéndose de estudios de centros de Investigación de la UTN Regional que asocian problemas de calidad de aire con el transporte (Municipio de Bahía Blanca, 2018).

A pesar de lo señalado hasta el momento, la provincia de Buenos Aires no cuenta con inventarios de emisiones de sus fuentes móviles, salvo datos que se generan para los Inventarios Nacionales de GEI (en el marco del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable) cuyas metodologías no insumen información en detalle de las fuentes emisoras (Top Down), o municipios que se han vinculado a la RAMCC con estimaciones similares. Sin embargo, contar con información de calidad es crucial para propuestas de gestión y planificación del transporte urbano mostrando ello un gran vacío de información relevante.

Los antecedentes presentados, han sido también motivo de interés de la ciudad de Tandil, que en 2017 publica los primeros datos que demuestran contaminación del aire urbano y los primeros indicadores de riesgo a la salud (Sosa et. al, 2017). Tandil, es una ciudad intermedia de la Provincia de Buenos Aires (Figura 1); el partido cuenta con 134.841 habitantes (Dirección Provincial de Estadística, 2018), y ha crecido en forma continua y heterogénea (Fernández, 2012; Migueltoarena, 2018). El crecimiento demográfico se ha visto acompañado del crecimiento en el parque automotor, y si bien la contribución del transporte a la contaminación atmosférica depende de varios factores, no se puede negar la relación directa que existe entre el crecimiento del parque automotor y la pérdida de calidad de aire en las áreas urbanas (Sosa, 2015; IVE, 2008, Rojas, 2015).

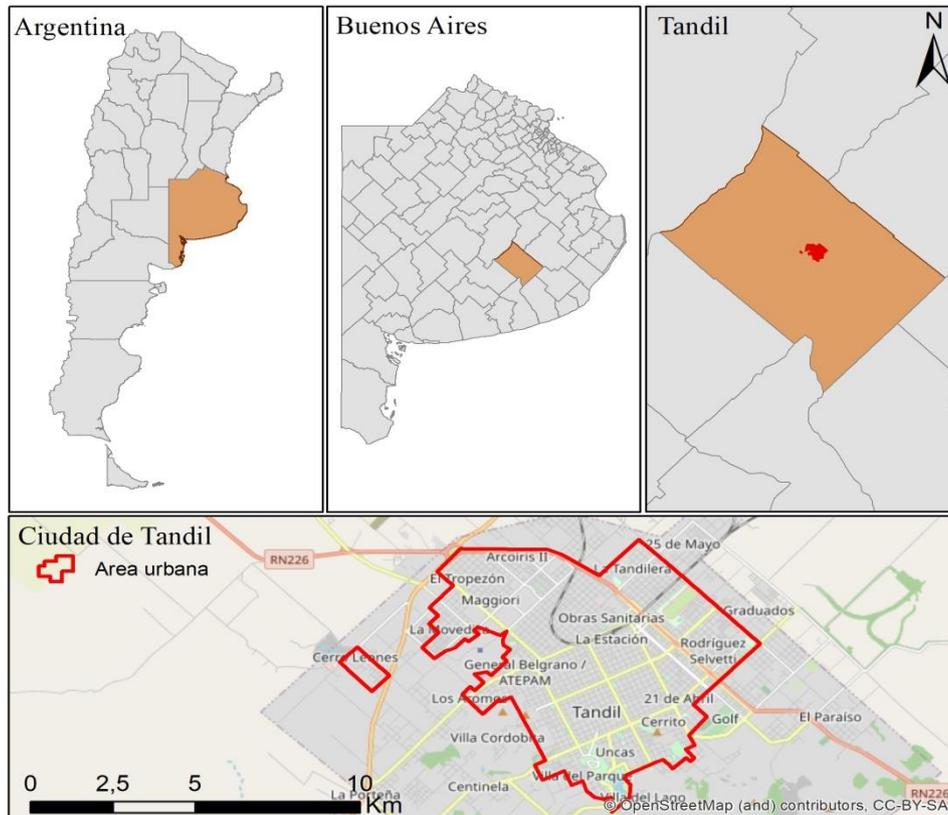


Figura 1: Ubicación relativa área de estudio

Con la intención de realizar un aporte a la gestión de la calidad del aire, este trabajo propone hacer un inventario de las emisiones de GEI y otros contaminantes a la atmósfera de la categoría vehicular taxi/remis de la ciudad de Tandil para el año 2016 utilizando una metodología acorde al ámbito de estudio y que requiere de gran cantidad de información para su resolución, brindando un aporte al conocimiento de la fuente móvil, y haciendo un diagnóstico de la situación de esta categoría vehicular taxi/remis en el contexto de la flota circulante viva en la ciudad.

METODOLOGÍA

Para realizar el inventario de emisiones se aplicó una metodología de estimación de emisiones de Nivel 3 o Bottom Up. Este nivel de aplicación requiere de disponibilidad de información de calidad y en cantidad (EMEP/EEA, 2019, MAyDS, 2017). Para la estimación se utilizó el Modelo IVE que permite estimar las emisiones de fuentes móviles de contaminantes criterio, GEI y otras sustancias tóxicas; dicho modelo ha sido

ampliamente utilizado para la realización de inventarios en ciudades de diversos tamaños, en países en vía de desarrollo.

El modelo utiliza factores de emisión desarrollados a partir del ciclo de conducción del Método de Prueba Federal (FTP) de los Estados Unidos y se ajusta a la información local cargada por el usuario. El cálculo para el ajuste de los factores de emisión los realiza de acuerdo con la Ecuación 1 (ISSRS, 2008).

$$Q[t] = B [t] K_{1[t]} K_{2[t]} K_{3[t]} K_{4 [t]} K_{5[t]} K_{6[t]} [1]$$

Donde Q[t] = factor de emisión ajustado para cada categoría; B[t] = factor de emisión base por tecnología (g/km); K1[t]= factor de corrección por temperatura; K2[t] = factor de corrección por humedad; K3[t] = factor de corrección por mantenimiento y programas de inspección; K4[t] = factor de corrección por la calidad del combustible; K5[t] = factor de corrección por altura del lugar; K6[t]= factor de corrección según los patrones de conducción de cada vehículo

La información de base que requiere el modelo junto a las fuentes de información utilizadas para este estudio se resumen a continuación (Tabla N°1):

Tabla 1. Insumos metodológicos y fuentes de información

Datos de Actividad Vehicular	Fuentes de información
Patrones de conducción Obtención de bins de potencia del motor.	Utilización de GPS (VAM-PSV) y Software Speed Análisis
Patrones de encendido: Cantidad de encendidos por día y horario de encendido	Encuesta a encargados de los vehículos
Tecnología Vehicular (INDEX en el modelo IVE) Tamaño del vehículo, tipo de combustible, edad en km recorridos, sistema de entrega de combustible, sistema de control de emisiones	Encuestas a encargados de los vehículos

Datos locales	
<p>Temperatura ambiente y humedad relativa Datos horarios para el año 2016</p>	<p>Base de datos del Servicio Meteorológico Nacional</p>
<p>Altura del terreno Para determinar la pendiente</p>	<p>Datos obtenidos durante los patrones de conducción con el GPS (VAM-PSV</p>
<p>Control vehicular local Calidad de la Inspección y Mantenimiento del vehículo</p>	<p>Características del control obligatorio de la Verificación Técnica Vehicular de Tandil (de acuerdo con Ley Nacional 24.449/1994).</p>
<p>Datos del servicio de transporte de privado de pasajeros Cantidad y ubicación de empresas de taxis y remis que ofrecen el servicio en la ciudad. Características del servicio.</p>	<p>Base de datos del Municipio de Tandil (según Ordenanza N° 8612); relevamiento web, y verificación con salidas de campo para el año 2016. Entrevistas a la totalidad de los responsables de las empresas proveedoras del servicio</p>

El inventario estima emisiones para contaminantes criterio: CO, COVs, COVs evaporativas., NOx, SOx, y MP; contaminantes tóxicos: 1.3 Butadieno, Acetaldehído, Formaldehído, amoníaco (NH₃), Benceno; y, GEI: CO₂, N₂O, CH₄.

Durante el periodo de estudio Tandil contaba con 38 paradas de Taxis y 15 empresas de remis, alcanzando un total de 607 vehículos que recorrieron en el año 37.885.905 km, y realizaron un total de 6070 arranques del motor. Para avanzar en el inventario de esta categoría vehicular se estimó una muestra estadística (22 vehículos) de la flota total sobre la cual se trabajaron las encuestas considerando para ello la variable INDEX (ver Tabla 1), y aplicando la Ecuación 2 (Fernández, 2010) Debido a las facilidades de acceso a la información, se abordó un número mayor de vehículos que los estadísticamente necesarios (262 vehículos).

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{(N - 1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)} \quad [2]$$

Dónde:

N: tamaño de la población o universo (número total de posibles encuestados), para este estudio 607 unidades; *Z*: constante que depende del nivel de confianza asignado, para este caso se tomó un valor *Z* de 1,96, es decir un 95% de confianza; *e*: error muestral deseado, un 5% (expresado en fracción 0,05); *p*: probabilidad que tiene el elemento de ser seleccionado, se asigna 0,015 (de los 66 valores que puede tomar la variable, en la encuesta le corresponderá un sólo un valor de índice).

De acuerdo con las características de la flota, el Software IVE se ejecutó utilizando los combustibles diésel, nafta y GNC; con características tecnológicas vehicular de tipo liviano, sistemas de alimentación de combustible multipunto y de inyección directa. Respecto al sistema de control de emisiones, en algunos se encontró ausente, en otros hubo presencia de catalizador de 3 vías y recirculación de gases de escapes; y, por último, en lo que hace al control de evaporativas del carter la gran mayoría tiene ventilación positiva (todos datos de la variable INDEX).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características locales y bins de potencia

El esfuerzo del motor, es en parte resultado o consecuencia del efecto de la pendiente durante el traslado. Una de las particularidades que tiene el modelo IVE para la realización del inventario es que permite conocer los esfuerzos del motor utilizando datos de velocidad instantánea, considerando a la vez la influencia de la pendiente del terreno, aspectos que influyen en las emisiones. Para ello los patrones de conducción tomados por los vehículos que hicieron el relevamiento georreferenciado (VAM-PSV) relevan las condiciones geográficas representativas del lugar en recorridos que afectan zonas de distintas características urbanas (Figura 2).

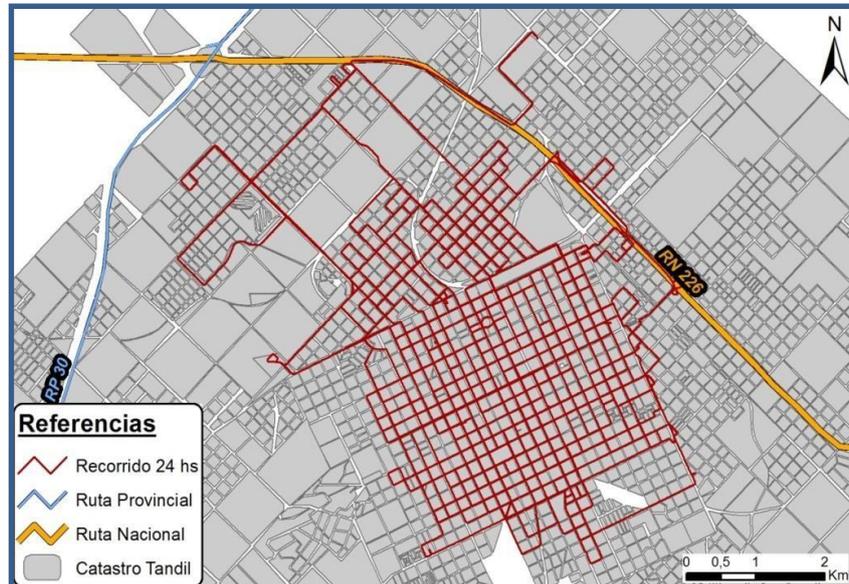


Figura 2. Recorrido del servicio de un remis para una jornada laboral.
Fuente: Elaboración propia en base a datos tomados por la VAM-PSV.

En Tandil las alturas varían aproximadamente entre 168 y 317 m.s.n.m.; los recorridos de los vehículos varían entre 170 y 240 m.s.n.m (Figura 3), por tanto, los resultados obtenidos con el patrón de manejo permitieron estimar las emisiones teniendo en cuenta esta particularidad de la geografía de Tandil.

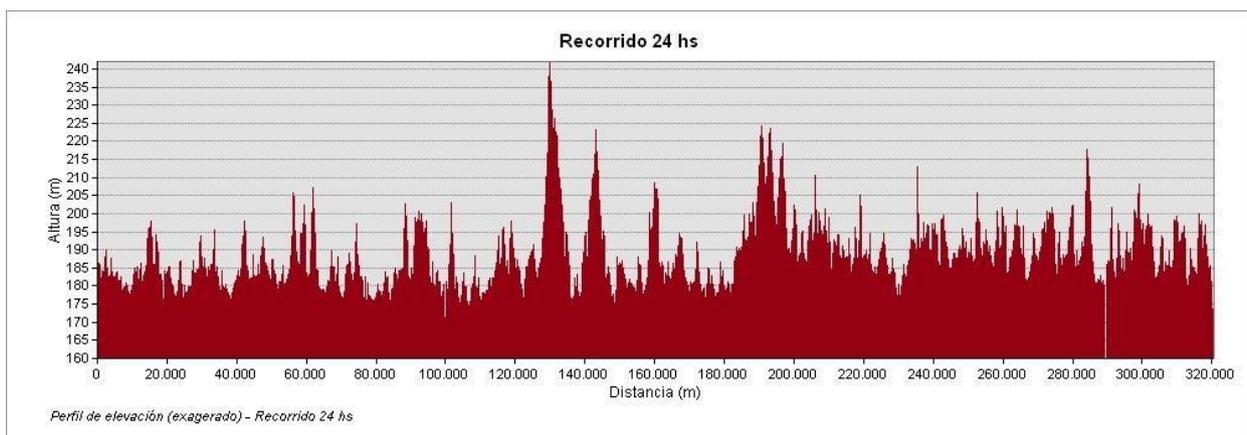


Figura 3. Perfil de alturas del recorrido para una jornada laboral.
Fuente: Elaboración propia en base a datos tomados por la VAM-PSV.

A partir de los datos recolectados por GPS (VAM-PSV), se logró calcular la potencia específica vehicular (PSV por sus siglas en inglés). Ésta es una razón entre potencia instantánea y la masa del vehículo, medida segundo a segundo. Los bins refieren a intervalos de PSV que puede alcanzar un vehículo de acuerdo a un patrón de manejo determinado (aceleración, velocidad) y bajo características específicas del terreno (topografía). Este estrés calculado, se relaciona en el IVE con las especificaciones técnicas de los vehículos para determinar las concentraciones de contaminantes emitidas.

La metodología incorpora 60 variaciones de potencia, diferenciadas en tres categorías según nivel de estrés del motor (bajo -Low-; Medio -Med-; Alto -High-). Esta estimación se realizó mediante el software 'Speed Analysis', considerando las mediciones por segundo y los períodos ociosos (-idle- en inglés) registrados por la GPS (VAM-PSV) es decir, momentos donde el vehículo se detuvo.

La Figura 4 presenta los bins de potencia para las unidades de taxi/remis bajo estudio. El 95,5% del estrés se registró entre los bins 11 a 14 dentro de la categoría de "low stress". Esto indica que en los viajes realizados no se sobre exigió la potencia de los motores. El relevamiento realizado evidencia el uso del servicio en la zona urbana principalmente donde los cambios en la topografía no afectaron a la PSV, es decir, lo mencionado sugiere que el patrón de conducción está asociado a bajas emisiones (o bajo estrés del motor). Como consecuencia, para este aspecto, no haría falta proponer mejoras en el modo de conducción de los choferes en vistas de reducir las emisiones totales en el caño de escape.

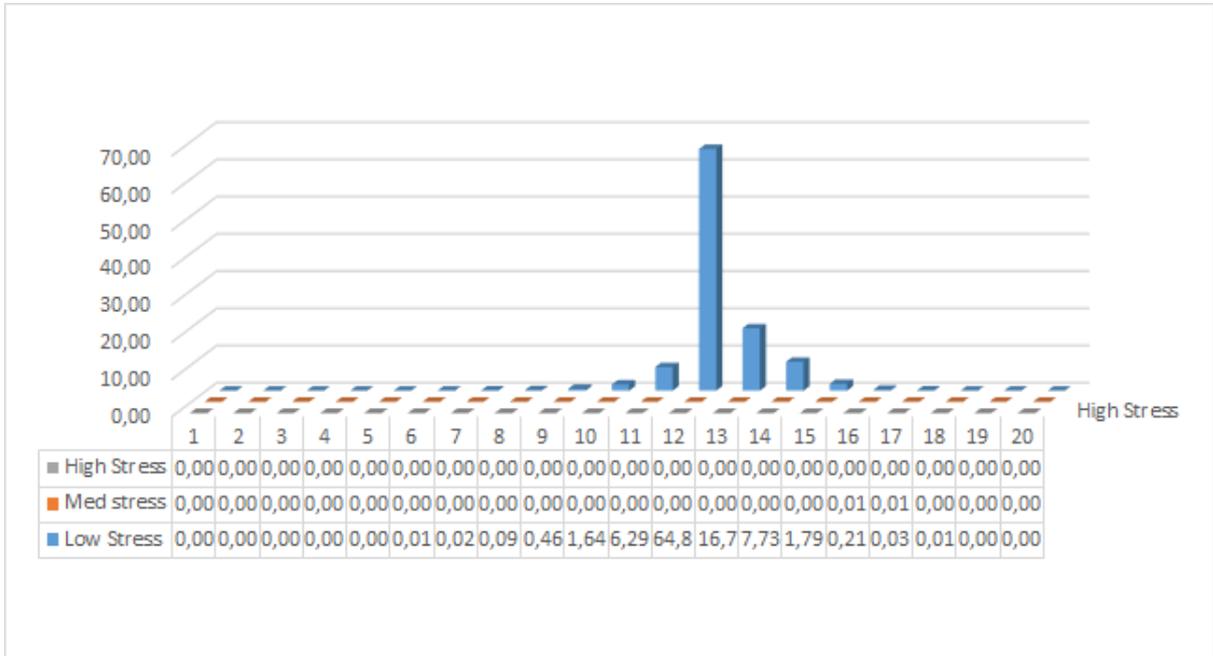


Figura 4. Distribución de bins según patrón de manejo para taxi/remis
 Fuente: Elaboración propia en base a datos tomados por la VAM-PSV y analizados en Speed Analysis

Inventario de emisiones de la categoría Taxi- Remis

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en este estudio agrupando los contaminantes en Criterio Tabla N° 2, Tóxicos Tabla N° 3 y GEI Tabla N° 4.

Contaminantes Criterio

Tabla N°2 Resultados de Contaminantes Criterio en tn/año para Tandil, año 2016

	Vehículos	CO	COV	COVevap	NO _x	SO _x	MP ₁₀
Muestra (n)	262	106,07	2,52	8	13,46	0,01	1,17
Total de la categoría (N)	607	245,74	5,83	18,53	31,18	0,02	2,71

En Envigado, ciudad de 187.121 habitantes ubicada en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (Colombia) las emisiones de los valores inventariados para una flota de 3.524 taxis y una distancia recorrida de 81 km/veh/día fue de (en tn/año): CO 459,9; COV 48,91; NO_x 38,69; SO_x 70,81; MP₁₀65,33 (Londoño et. al, 2011). Al comparar los casos, el servicio en el Valle de Aburrá recorre 2,75 veces más la distancia del servicio de Tandil; sin embargo, los valores para algunos de los contaminantes (ej. NO_x y COV) son muy inferiores respecto de Tandil, y muy superiores en otros. El MP₁₀, de importancia por sus efectos de corto plazo en la salud, es veinticuatro veces mayor que en Tandil. Esto puede explicarse por las diferencias de las características de los combustibles y por las tecnologías de cada lugar (que no se detallan en el estudio citado), y probablemente, por las marcadas diferencias en las alturas del terreno. Otro estudio de la misma región, nos permite hacer una comparación más detallada y muestra mejor la situación tecnológica de las fuentes emisoras (Tabla N°2.a).

Tabla N°2.a Comparación de Resultados Tandil/Bogotá para la categoría vehicular: taxi/remis

	Tandil (2016)	Bogotá (2005)
Total de la flota estática	60.168	950.000
Total de la categoría vehicular taxi /remis	607	50.000
Porcentaje de la categoría en la flota dinámica	5,48%	20-50%
Cantidad de vehículos de los cuales se obtuvo información válida	262	68

Catalizadores (mayor a 80000 km ya no cumplen su función)	33% posee 67%no posee Antigüedad de la flota menor a diez años	28% no posee 72%posee Antigüedad de la flota menor a cinco años
Combustible utilizado	95,52% GNC 3,44% nafta 1,15% diésel La mayoría motores duales por la conveniencia en los costos.	81% anafta 15% GNC Tendencia ja la utilización de motores duales más reciente.
Valores obtenidos para contaminantes criterio en tn/año	CO 245,74 COV 5,83 NO _x 31,18 SO _x 0,02 MP ₁₀ 2, 71	CO 98.550 COV 9.125 NO _x 7.300 SO _x 365 MP ₁₀ 109,5

Los datos tan contrastantes de la Tabla 2.a se explican principalmente por la diferencia en los kilómetros recorridos que seguramente se dan con flotas tan dispares, y por los combustibles utilizados en cada caso. Tandil tiene mayormente vehículos a gas que permiten reducir significativamente las emisiones de contaminantes criterio y en especial de PM₁₀. El mantenimiento de los vehículos de Tandil resulta inferior (son más antiguos y en su mayoría carecen de catalizadores) aunque ello no parece ser el mayor condicionante cuando se comparan el tamaño de las flotas y los valores en las emisiones de estos contaminantes teniendo Bogotá emisiones que superan ampliamente las proporciones esperables, Giraldo, L.A. y Behrentz, E. (2005).

Para abordar una comparación con estudios de ciudades de la región interesa analizar las emisiones del inventario en la ciudad de Bahía Blanca en el año 2013. Bahía Blanca posee una flota total de 207.139 vehículos de los cuales 438 son taxis y remises y recorren aproximadamente unos 120.000 km/año (el doble que en Tandil). La metodología utilizada en el estudio del Municipio de Bahía Blanca es diferente en su enfoque ya que se realiza con metodologías Top-Down pero con factores de emisión propios del área de estudio lo que favorece la confiabilidad de los resultados alcanzados. El inventario para el año 2013 en Bahía Blanca estima emisiones de 240,5 tn/año de CO, 95 tn/año de NOx, 3,8 tn/año de SO₂, 10 tn/año de MP. En líneas generales las emisiones totales para los contaminantes criterio son similares para ambas ciudades si se considera los resultados del inventario en función de los km recorridos salvo para el caso de CO, donde al hacer la estimación por consumo de combustible, las emisiones alcanzan los 417,69 tn/año que se comparan mejor con las emisiones totales de Tandil. Cabe señalar la flota de esta ciudad está compuesta por un 10% de vehículos a nafta 20% a Gasoil y 70% a GNC (Municipalidad de Bahía Blanca, 2013).

Contaminantes tóxicos

Tabla N°3. Resultados de Contaminantes Tóxicos en tn/año para Tandil, año 2016

	1.3butadieno	Acetaldehído	Formaldehido	Benceno	NH ₃
Muestra (n=262)	0,004	0,056	0,41	0,11	1,79
Total para la categoría (N=607)	0,009	0,129	0,94	0,25	4,15

En la mayoría de los inventarios no se presentan los resultados sobre “contaminantes tóxicos” por aportar concentraciones traza que presentan valores muy bajos en relación a los criterios y GEI. En el caso de Bogotá, el valor de 1.3 butadieno en tn /año es de

18, 25, acetaldehído 36,5 (ambas sustancias cancerígenas, según la IARC) y el de formaldehído es 0, incluso en el estudio citado no se calcula ni el benceno ni el NH₃.

Gases de efecto invernadero

Para conocer el aporte de la categoría vehicular taxi/remis al problema del cambio climático, se multiplicó la cantidad anual emitida de GEI por su potencial de calentamiento global (PCG) correspondiente; de esta forma es posible obtener de cada gas de efecto invernadero su CO₂ equivalente (dióxido de carbono equivalente) (IPCC,2014)

El gas con mayor aporte entre los evaluados es el CO₂ (dióxido de carbono), muy por encima del N₂O (óxido nitroso) y el CH₄ (metano).

Tabla.4. Resultados de GEI y su PCG en tn/año para Tandil, periodo 2016

Total	Emisiones		PCG (IPCC,2014)	Tn CO ₂ eq
Estudio de Caso IVE (n=262)	CO ₂	4140,49	1	4140,49
	N ₂ O	0,19	26	50,05
	CH ₄	18,40	28	515,26
Total Estudio de Caso IVE (n=262)				2902,36
Total para la categoría (n=607)				9231,99

No es habitual encontrar inventarios de flotas vehiculares para las cuales se realicen estimaciones de GEI discriminando los aportes por categorías, no obstante puede

citarse el inventario realizado en Villa Carlos Paz para el año 2016 (Bianco, A., Savanco, M. y Urquiza, J, 2017) para la categoría taxi/remis con N=246; en él, los resultados fueron similares en cuanto al orden de importancia de los contaminantes en su contribución a las emisiones(en ambas localidades el principal gas emitido es CO₂ seguido de CH₄ y por último N₂O,pero muy diferentes en los totales de contaminantes emitidos. Villa Carlos Paz presenta para la categoría taxi/remis un valor de 26992,94 tn/año de CO₂; 1048,42 tn/año CH₄; y 0,22 tn/año de N₂O, en los tres casos superior a los de Tandil. Si bien la flota de Tandil es superior (607 frente a 246) este resultado puede estar relacionado con múltiples variables; no obstante, se descarta que se deba al porcentaje de vehículos con catalizador dado que ambas flotas se encuentran en condiciones similares. Una explicación posible es que puede deberse al mayor estrés del motor, esto podría explicarse a partir de los cambios en el patrón de manejo debido a la topografía de la ciudad.

Aplicación del modelo IVE e Incertidumbre del inventario

El inventario de emisión de la categoría taxi-remis que presenta este estudio es una aproximación que informa el orden de magnitud de las emisiones, es decir, su grado de manifestación cuantitativa (tn/año). Es importante mencionar, en una aproximación cualitativa sobre los aspectos que pueden afectar el resultado del inventario, como el uso de factores de emisión que si bien se ajustan a la realidad local tienen su origen en pruebas de laboratorio que no representan las condiciones del lugar donde se aplica el modelo. Otro elemento de interés al momento del uso del modelo fue el encuadre de los taxis-remis en las tecnologías que contiene el modelo IVE; la flota circulante de Tandil es principalmente de motores ciclo Otto convertidos a GNC, y no con tecnologías diseñadas sólo para el uso de GNC siendo esta la única opción que presenta el modelo para este combustible. No obstante, existen aspectos que han afectado positivamente a la certidumbre del inventario. Es de destacar que al desarrollarse en una ciudad intermedia la información de base sobre las tecnologías presentes en la flota activa, así como los datos de kilómetros recorridos y las condiciones de inspección y mantenimiento de los vehículos, se obtuvo con buena calidad y para un gran número de vehículos (superior en tamaño de la muestra respecto a otros inventarios donde se ha aplicado este mismo modelo).

Rojas A. (2015) ha determinado la incertidumbre del inventario al utilizar el modelo IVE aplicando métodos cuantitativos, señala que “la diferencia relativa entre el inventario estimado y las emisiones obtenidas luego de la simulación de Monte Carlo son en promedio de 8,6% entre ambos valores para todos los contaminantes” (Pág. 89), considerando para la estimación límites de un 96% de confianza. Para el caso de la categoría en cuestión, las mayores incertidumbres relativas se asocian principalmente al CO (límite inferior de 32,3% y superior de 62%). Si bien cada inventario debe ser validado, este análisis presentado por Rojas A. indica que los resultados del inventario utilizando IVE y los alcanzados por la Simulación Monte Carlo son consistentes.

CONCLUSIONES

El uso de inventarios es una herramienta fundamental para la gestión de la calidad del aire. Este estudio aporta al conocimiento y diagnóstico del estado actual de las emisiones de la categoría y permite reflexionar sobre su tendencia a partir del seguimiento con la renovación de los inventarios. A lo largo del trabajo pudo notarse la inexistencia de estudios antecedentes que permitan comparar los resultados obtenidos para Tandil con otras flotas similares. En particular, la dificultad se encontró en el nivel de detalle de la información publicada, la que carece de datos y decisiones metodológicos que permitan entender el *por qué* en las diferencias de las concentraciones halladas en los inventarios realizados. Por otro lado, es de esperar que los resultados ante flotas similares sean diferentes, justamente porque la metodología se basa en las particularidades climáticas, topográficas y de patrón de manejo. Por lo tanto, para poder encontrar resultados comparables para su validación o comprobación, el estudio se debe realizar sobre el mismo sitio o en uno cuyas características sean similares.

En lo local, no existían datos previos sobre emisiones de contaminante tóxico y criterio en fuentes móviles para Tandil, lo que aporta una base de información significativa en términos diagnósticos, y detallada en lo descriptivo sobre la categoría vehicular. Como la flota taxi-remis utiliza en un 95,5% vehículos convertidos a GNC los resultados del inventario no sugieren un riesgo a la salud por presencia de estos contaminantes. Si consideramos los contaminantes estudiados en su conjunto, a partir de este diagnóstico se podría avanzar en analizar la eficiencia del servicio con estudios de origen-destino que permitan conocer la intensidad de las emisiones e indagar en la eficiencia del

servicio (asientos disponibles/pasajeros por viaje/emisiones contaminantes), en pos de una movilidad urbana sustentable.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera dirigir un agradecimiento especial a Mauricio Osses, uno de los creadores del Modelo IVE, perteneciente al Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad Técnica Federico Santa María, Santiago, Chile. Quien tuvo la oportunidad de conocer, y quien nos acompañó en el desafío de abordar la Metodología.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrés, D. A, Ferrero, E.J. Mackler, C.E. Ferrari, L.C. y Dupuy M.A. (2017). Evolución de la contaminación general de la atmósfera respirable en la ciudad de Rosario, Argentina. *Ingeniería Sanitaria Ambiental [AIDIS]*. N°131,63-66. ISSN: 03282937.
- Asociación de Fábricas Argentinas de Componentes [AFAC].(2020)*Comunicado de Prensa:flota vehicular circulante en la Argentina [Archivo PDF]* http://www.automotrix.com.ar/adm/enviosmasivos/Plantillas/COMUNICADOS%20DE%20PRENSA/2020/FLOTA_CIRCULANTE2019_CP.pdf
- Bianco, A. Savanco. y Urquiza J. (2017). Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes de las fuentes móviles en la ciudad de Villa Carlos Paz [Trabajo Final de Carrera, Universidad Blas Pascal] <https://adarsa.org.ar/wp-content/uploads/2020/04/inventario-gei-y-contaminantes-de-las-fuentes-moviles-en-vcp.pdf>
- Buenos Aires Ciudad. (4 de Agosto 2020). *Calcula tu huella ecológica*. [https://www.buenosaires.gob.ar/ecobici/huella ecológica](https://www.buenosaires.gob.ar/ecobici/huella%20ecol%C3%B3gica)
- D' Angiola, D., Dawidowski, Gómez, D. y Osses, M. (2010). On Road Traffic Emissions in a Megacity. *Atmospheric Environment* ,44(4):483-493,DOI: 10.1016/j.atmosenv.2009.11.004
- Diez, S.C., Fonseca, J.M., Piccioni M. N., y Britch Javier. (2013). *Dispersión de PM10 generado por el tráfico vehicular en Ciudad Universitaria, Córdoba Capital*. Contaminación atmosférica e hídrica en Argentina tomo II.

- Dirección Provincial de Estadística (PBG). (5 de Agosto). *Encuesta de hogares y empleo municipal, segundo cuatrimestre del año 2018*. http://www.estadistica.ec.gba.gov.ar/dpe/images/Informe_EHE-M_Tandil_2018.pdf
- EMEP-EEA, 2019. Guía de inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos de EMEP / EEA 2019. Orientación técnica para la elaboración de inventarios nacionales de emisiones. Informe EEE no 13/2019. doi: [10.2800 / 293657](https://doi.org/10.2800/293657)
- Embajada Francesa en la Argentina.(26 de Junio 2020). *El Plan de Movilidad Urbana Sostenible en Córdoba: una iniciativa conjunta de la AFD y de la UE* <https://ar.ambafrance.org/El-Plan-de-Movilidad-Urbana-Sostenible-en-Cordoba-una-iniciativa-conjunta-de-la>
- Energy Policy Institute at the University of Chicago [EPIC]. (2018). *Pollutions facts: Particulate air pollution is the single greatest threat to human health globally*.(4 de Agosto del 2020) <https://aqli.epic.uchicago.edu/wp-content/uploads/2018/11/AQLI-report.111918-2.pdf>
- Ente del Transporte de Rosario[ETR], Municipalidad de Rosario.(2011).*Plan Integral de Movilidad de Rosario* [Archivo PDF] https://www.rosario.gob.ar/Archivos/Web/plan_integral_movilidad.pdf
- Fernández. (2012). *El crecimiento urbano de Tandil: ¿modelo territorial de una ciudad difusa?* Seminario de investigación III. Herramientas para la investigación científica en geografía. http://geousal.usal.edu.ar/archivos/geousal/docs/segundo_nro._14_el_crecimiento_urbano_de_tandil.pdf
- Fernández, S. (2010). (9 de septiembre 2020). Determinación del tamaño muestral. <http://www.fisterra.com/mbe/investiga/9muestras/9muestras2.asp>
- Giraldo, L.A. y Behrentz, E. (2005). *Estimación del inventario de emisiones de fuentes móviles para la ciudad de Bogotá e identificación de variables pertinentes*. [Título de Maestría en Ingeniería Civil, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia] <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/9147/u271368.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Giuliani, D. (2020). *Especiación de compuestos asociados al MP 10 y MP 2,5 en La Plata y alrededores: metales, hidrocarburos aromáticos policíclicos simples y derivados. Evaluación del riesgo asociado*. [Tesis Doctoral, Universidad Nacional de La Plata]

- International Sustainable System Research Center (ISSRS). (2008). *Ive Model User's Manual version 2.0*. [Archivo PDF] <http://www.issrc.org/ive/downloads/manuals/UsersManual.pdf>
- Mellado, D., Bali, J.L., Giuliani, D. S., Colman Lerner, J. E, Represa, N. S., Jacovkis, P. M y Sanchez, E.Y. (2017). *Caracterización de fuentes de emisión de BTEX en Gran La Plata mediante modelos receptores*.VI Congreso Colombiano y Conferencia Internacional de calidad del aire y salud pública.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Argentina [MAyDS].(4 de Agosto del 2020).*Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero y Monitoreo de Medidas de Mitigación año 2016* <https://inventariogei.ambiente.gob.ar/resultados#>.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Gobierno de Colombia. (2017). Guía para la elaboración de inventarios de emisiones atmosféricas. https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/emisiones_atmosfericas_contaminantes/documentos_relacionados/GUIA_PARA_LA_ELABORACION_DE_INVENTARIOS_DE_EMISIONES_ATMOSFERICAS.pdf
- Migueltorena, A., y Linares, S. (2018). Mercado del suelo urbano y producción del espacio residencial en la ciudad de Tandil, Argentina. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*. 12(23). <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cvu12-23.msup>
- Municipalidad de Bahía Blanca. (2018). Programa Integral de Monitoreo (PIM). Subprograma: Atmósfera. Comité técnico ejecutivo Municipalidad de Bahía Blanca[Archivo PDF] <http://bahia.gob.ar/subidos/cte/informes2018/1.3%20-%20Subprograma%20Atmosfera.pdf>
- Municipalidad de Bahía Blanca-Agencia Ambiental (2013). *Inventario de emisiones gaseosas de fuentes móviles Bahía Blanca* <https://www.bahia.gob.ar/cte/informes/>
- Londoño, J., Correa, M. A., & Palacio, C. A. (2013). Estimación de las emisiones de contaminantes atmosféricos provenientes de fuentes móviles en el área urbana de Envigado, Colombia. *Revista EIA*, 8(16), 149-162 <https://revistas.eia.edu.co/index.php/reveia/article/view/439>

- Observatorio de Movilidad del Gran La Plata.(4 de Agosto de 2020).*Patrones Modales de Movilidad en el Gran La Plata* <https://observatoriomovilidadlaplata.wordpress.com/2017/06/16/patrones-modales-de-movilidad%c2%b9-en-gran-la-plata->
- Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático [IPCC]. (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Vol. 1 Orientación general y generación de informes.
- Puliafito E., Castro F., Allende D., (2011). *Transporte y Calidad de aire en Mendoza. Informe N°3: Emisiones de transporte Urbano de Pasajeros*. [Archivo PDF]. http://www1.frm.utn.edu.ar/ceds/Archivos/INF_N3_TRANSP_CEDS_UTN.pdf
- Rojas Pérez, A. L.(2015).Estimación de emisiones contaminantes provenientes de fuentes móviles en la Jurisdicción CAR [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia] <http://bdigital.unal.edu.co/52666/7/AuraRojas.2015.pdf>
- Sosa, B. (2015). *Contaminación Ambiental por Material Particulado y compuestos orgánicos volátiles en la ciudad de Tandil, Provincia de Buenos Aires* [Tesis Doctoral] Universidad Nacional de la Plata. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/45123>
- Sosa, B.; Porta A.; Colman Lerner, E.; Banda Noriega, R., y Massolo, L. (2017). Human health risk due to variations in PM10-PM2.5 and associated PAHs levels. *Atmospheric Environment*.160. 27-35.
- World Health Organization [WHO].(4 de Agosto del 2020).*WHO Global Urban Ambient Air Pollution Database update 2016*. https://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/cities/en/