

IMPACTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PRIMERA LÍNEA DEL METRO Y DEL REGIOTRAM DE OCCIDENTE EN LA CALIDAD DEL AIRE EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BOGOTÁ D.C Y MUNICIPIOS ALEDAÑOS.

Daniel Alfonso Atuesta Espinosa, Universidad Nacional de Colombia, datuesta@unal.edu.co
Yily Zaeidy Rodríguez Chaparro, Universidad Nacional de Colombia, yirodriguez@unal.edu.co
Oscar Julián Vega Betancourt, Universidad Nacional de Colombia, ovegab@unal.edu.co

RESUMEN

El presente artículo tiene como objeto principal medir la reducción de emisiones de gases contaminantes a la atmosfera en la ciudad de Bogotá y en los municipios ubicados en la sabana occidental, hipótesis que resulta de la implementación en curso de la primera línea del metro y el regiotram de occidente, medios de transporte eléctricos que generan cero emisiones de manera directa. La investigación estima el aumento del porcentaje de viajes en medios sostenibles, los cuales se midieron por medio de encuestas a ciudadanos situados en el área de influencia de estos proyectos y se procesaron en el software americano IVE Model 2.0.2.

Palabras clave: Transporte férreo, emisiones contaminantes, viajes.

ABSTRACT

The main objective of this article is to measure the reduction of polluting gas emissions into the atmosphere in the city of Bogotá and in the municipalities located in the savannah to the west, a hypothesis that results from the ongoing implementation of the first subway line and the western regiotram, totally electric means of transport that directly generate zero emissions. The research estimates the increase in the percentage of trips in sustainable ways, which were measured by means of surveys of citizens located in the area of influence of these projects and processed in the American software IVE Model 2.0.2.

Keywords: Rail transport, polluting emissions, trips.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las grandes ciudades ha obligado a las secretarías de movilidad locales a implementar sistemas integrados de transporte público masivo que contemplen medios de transporte eficientes y que contribuyan a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), en este contexto, el transporte férreo sin duda alguna ha venido tomando gran importancia debido a sus ventajas de mover una gran cantidad de pasajeros de una forma rápida y que no se cruza con otros modos de transporte en la mayoría de los casos. En este orden de ideas, en la capital colombiana se adelanta la Primera Línea del Metro y el Regiotram de Occidente, con el fin de suplir la demanda de pasajeros a nivel distrital y municipal. No obstante, la implementación de estos proyectos trae externalidades de las que se deriva la afectación de las condiciones ambientales asociadas al transporte.

Teniendo en cuenta lo anterior, se pretende realizar un análisis de la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero posterior a la implementación de los sistemas de transporte férreo urbanos e interurbanos que están en ejecución actualmente en la región metropolitana de Bogotá, con respecto a las condiciones actuales de repartición modal, para evaluar su impacto enfocado en las externalidades ambientales. Lo anterior soportado en la hipótesis de que aumentara el porcentaje de personas que utilizan medios de transportes sostenibles, resultado de la implementación de nuevas alternativas por el mismo costo, pero con un impacto ambiental positivo. Con el contexto dado, al transcurso de este artículo se pretende dar respuesta a la pregunta: Según la distribución modal de los hábitos de movilidad actual en la ciudad de Bogotá y de la sabana occidental y la intención de cambio modal de la muestra representativa seleccionada de la población

¿Cuántas toneladas de gases contaminantes se reducen anualmente con la implementación de la primera línea del metro en Bogotá y el regiotram de occidente en la sabana, teniendo en cuenta que su flota es totalmente eléctrica?

Para este fin, se iniciará con la recolección de información primaria correspondiente a las elecciones de movilidad de los usuarios en los lugares en los cuales se encuentran planeadas las estaciones de la primera línea del Metro de Bogotá, así como del Regiotram de Occidente por medio de encuestas, y cómo estas elecciones se verán modificadas para cuando estas líneas férreas se encuentren en operación. Posteriormente, con esta información de tendencias de viajes y repartición modal, se realizará un modelamiento de las emisiones contaminantes por modo en los corredores viales involucrados, tanto para las condiciones actuales como para las condiciones futuras (después de la entrada en operación de estos proyectos) por medio del software de cálculo de emisiones de contaminantes atmosféricos IVE Model 2.0.2, realizando los respectivos ajustes y calibración en caso de ser requeridos comparando los resultados obtenidos para las condiciones actuales, con aquellos medidos por las estaciones de medición de calidad del aire de la Secretaría de Ambiente de Bogotá.

Es importante mencionar que para la estimación de emisiones se valoró que para el año 2032 los dos sistemas de transporte masivo estarán en funcionamiento, esto teniendo en cuenta que el regiotram se proyecta para el año 2026 y la primera línea del metro para el 2030; dejando un margen de 2 años como espacio para imprevistos que generen retrasos en los tiempos inicialmente establecidos.

2. ESTADO DEL ARTE

Las emisiones contaminantes provenientes principalmente de fuentes fósiles representan un riesgo para la salud, debido al ingreso de material particulado con diámetros sumamente pequeños a escala humana, que por ende no pueden ser filtrados naturalmente por las barreras de defensa del cuerpo, y pueden llegar a instalarse en el sistema respiratorio de las personas causando enfermedades asociadas, haciendo imprescindible que se traten estas partículas adecuadamente en cuanto a una disminución y en lo posible evasión del contacto con humanos.

Por otra parte, otros compuestos derivados de procesos de combustión tales como el CO₂, CO, CH₄, entre otros, se encuentran fuertemente asociados al calentamiento global, teniendo en cuenta que el planeta en general ve superada su capacidad de absorber e ingresar de nuevo en el ciclo a estos compuestos (debido al alto ritmo en el cual se están generando actualmente), lo que conlleva una acumulación de estos gases en la atmósfera, incidiendo en un mayor atrapamiento de calor y fomentando con mayor magnitud el efecto invernadero debido a la atmósfera, lo cual a mediano y largo plazo tiende a incrementar la temperatura del planeta, y por ende desestabilizar procesos naturales asociados a esta variable tan importante.

Por todo esto, recientemente el estudio, estimación, análisis y evaluación de temas relacionados con contaminantes asociados a la calidad del aire ha tenido un gran auge, tal y como se puede ver en la evaluación de infraestructuras de transporte bajas en carbono en América Latina (CEPAL, 2010), en la cual se da un vistazo general de las políticas y decisiones en cada país de la región con respecto a esta temática, así como una comparación con algunos países con experiencias más avanzadas, resaltando sus avances y oportunidades.

Así mismo, otros autores han indagado acerca de las externalidades generadas por la implementación de proyectos ferroviarios, tal y como lo hizo Rojas (2016) para el proyecto Santiago – Valparaíso, y López (2016) para el proyecto Batuco – Malloco, en los cuales se consideraron detalladamente las condiciones bajo la situación actual en el momento de las investigaciones, una revisión de antecedentes y bibliográfica de temas relacionados con accidentalidad, contaminación atmosférica y cambio climático, y una posterior evaluación de las externalidades generadas bajo metodologías asociadas nuevamente a registros de accidentalidad, cálculo y consideración de emisiones contaminantes directas e indirectas, y además el impacto social generado y/o relacionado a las poblaciones aledañas con respecto a lo anteriormente mencionado.

Finalmente y no menos importante, se encuentran otras investigaciones enfocadas a las estrategias del sector transporte y su impacto en temas de contaminación del aire y ambiental, como en el artículo de Crespo y Portillo (s.f.), así como evaluación del impacto en la huella de carbono con referencia a medios de transporte férreo, considerando contaminantes específicos tales como el Monóxido de Carbono, Óxidos de Nitrógeno, Dióxido de Carbono, Dióxido de Azufre y materiales particulados, cual lo investigado por Cordero (2016) en el Estado de Guanajuato, y Cordero y Arredondo (2017) en el corredor de transporte Querétaro – León.

3. METODOLOGÍA

En esta sección se pretende explicar los parámetros que se tuvieron en cuenta para elaborar la investigación y los puntos que se tuvieron en cuenta para elegir la metodología de investigación empleada.

3.1. Elección del método de recolección de información

La recolección de datos es un desafío importante para cualquier investigación, sin embargo, en una ciudad como Bogotá y sus alrededores resulta aún más complejo, debido a que, por un lado, la primera línea del metro en Bogotá tiene influencia directa en 78 barrios en 9 localidades, y, por otro lado, el regiotram de occidente influenciará a 4 municipios ubicados en la sabana occidental de la capital colombiana directamente los cuales son Facatativá, Madrid, Mosquera y Funza e indirectamente otros municipios como Bojacá. En este orden de ideas, lo que se pretende es elegir un método de recolección de información que simplifique los hábitos de viaje de los ciudadanos tanto de Bogotá como de los pueblos aledaños; para lo anterior se requiere recolectar información de carácter cualitativo y cuantitativo simplificado, y esto, lo ofrece perfectamente una *encuesta cerrada*, la cual se desarrolla con preguntas cerradas. (Secretaría distrital de movilidad, 2015)

La base de la investigación que se desarrolla en este artículo parte de lo particular (muestra) para deducir comportamientos de hábitos de viajes generales (población), por lo tanto, el método de investigación empleado obedece a un *método inductivo*.

Entre las técnicas más conocidas de recolección de datos se descarta el método observacional, en un estudio de movilidad en el cual se requiere conocer el origen, el destino, hábitos de viaje y tiempos de desplazamiento, esto resulta inviable, no es posible observar persona por persona, calcular el tiempo de desplazamiento individualmente, tardaría bastante tiempo y no sería diciente, esto debido a que la observación no puede ser representativa de los hábitos de viaje de cada persona y resulta superficial. Respecto a lo anterior, se destaca que lo que se necesita es una comunicación directa con las personas que van a ser objeto de estudio, concreto que brinde la información necesaria para estimar la cantidad de emisiones y su intención de viaje en el contexto de un nuevo modo de transporte sostenible, por lo anterior es innecesario realizar entrevistas extensas con un dialogo verbal directo entre el entrevistador y el entrevistado, un estudio de este carácter requiere mayor simplicidad, tal como lo puede dar una encuesta o un cuestionario. (Santos, 2022)

Siendo la encuesta el método elegido para la recolección de datos se define que esta sea cerrada, es decir, con preguntas cerradas que no den posibilidad para divagar en respuestas que no son útiles para la investigación que se desea llevar a cabo, además, se aprovechó la ventaja que esta brinda de su posibilidad para difundirse de manera virtual por correo electrónico, redes sociales o personalmente, estas últimas con poco éxito debido a la prisa citadina que caracteriza los ciudadanos de Bogotá.

Para la elaboración de la encuesta se partió de la pregunta ¿Qué datos se necesitan para estimar la emisión de agentes contaminantes en cada viaje antes y después de la implementación de los dos sistemas de trenes eléctricos? Como respuesta a esta pregunta, se concluyó que se requiere información del origen y destino de cada viaje, los medios de transporte usados, la cantidad de

viajes, el tiempo en cada viaje y la intención de cambio de hábitos de viaje en un escenario en el cual se plantea la existencia de la primera línea del metro y el tren de cercanías del occidente.

Teniendo en cuenta lo anterior se empleó una encuesta con las siguientes preguntas:



Figura 1. Preguntas contenidas en la encuesta. Fuente: Elaboración propia.

3.2. Ventajas y desventajas del método elegido

Entre las ventajas del método elegido se destaca que en este método se puede resumir en gran medida la intención de cambio de hábitos de viajes de las personas, limitar parámetros como tiempos de desplazamientos resulta útil para estimar la distancia recorrida por cada medio de transporte y en consecuencia la contaminación; adicionalmente se debe destacar su facilidad de difusión y la variabilidad en que esto se puede hacer; para el estudio en cuestión, se pudo realizar una encuesta universal para estimar la disminución de contaminación que resulta de la implementación de los dos sistemas de transporte masivo. Finalmente, y no menos importante, en

este caso puntual resulta útil limitar los medios de transporte en el que las personas se transportan, esto debido a que se desea medir el trayecto de los medios de transporte que contaminan y tienen influencia directa en el medio ambiente, además, es apropiado resumir la intención de cambiar de modo de transporte a un *sí* o un *no*, aspecto determinante para estimar la reducción de emisiones.

Por otro lado, no se encontraron grandes desventajas al emplear este método, sin embargo, resulta importante mencionar que en cuanto a la metodología que se llevó a cabo para difundir la encuesta segmentó a una parte de la población, al ser difundida principalmente por redes sociales, esta investigación contempla de manera centralizada la intención de viaje de las personas jóvenes debido a que son las que generalmente usan redes sociales y a las que le llegó la encuesta, sin embargo, a groso modo esta es la principal población que se mueve diariamente a lo largo de la ciudad y sus alrededores, teniendo en cuenta la oferta laboral y académica.

Adicionalmente, al ser un método de toma de datos directo, en una ciudad como Bogotá que es principal y la inseguridad se vive a diario, es complicado acercarse a las personas y hacer encuestas directamente, incluso más si la encuesta es de carácter académico investigativo, esto debido a que las personas se asustan o simplemente andan de prisa, lo cual no sería problema si se hubiera escogido un método de recolección indirecto.

3.3. Selección de la muestra

Para la selección de la muestra se tiene en cuenta que el tamaño de esta tiene gran importancia en una investigación como la que se está desarrollando, especialmente, entre más grande sea la muestra es más representativa de la población que se desea analizar y sobre la que se desea concluir, sin embargo, en este ejercicio académico por basarse en una actividad investigativa con grandes dificultades y no se cuenta con los medios pertinentes para llegar a la totalidad de personas a las cuales influenciará el proyecto, se toma una muestra representativa total de 459 personas, valor alcanzado de personas que respondieron la encuesta que se diseñó, número que fue limitado principalmente por las dificultades expresadas anteriormente para llegar a un porcentaje mayor o a la totalidad de la población.

3.4. Confiabilidad de los resultados

La confiabilidad de los resultados obtenidos es alta, contemplando que la mayoría de las personas encuestadas son jóvenes, sin embargo, si se desea obtener mayor precisión en los resultados es necesario encuestar a personas en un rango de edad mayor, con diversidad de ocupaciones y seleccionando una muestra adecuada de cada localidad, esto, procurando proporcionalidad entre la población y la muestra, e incluso integrando variables que permitan caracterizar con mayor detalle la actividad en el ámbito de la movilidad, de la ciudadanía.

En general los datos son confiables, porque no se dio opción de preguntas abiertas las cuales estuvieran sujetas a grandes variaciones o respuestas sin sentido, puede decirse que es una buena aproximación de la reducción de emisiones de gases contaminantes.

4. RESULTADOS

Con base en la metodología antes descrita, se obtuvo el siguiente resultado a partir de la modelación para los diferentes escenarios considerados:

4.1. Escenario actual

Cantidades totales de gases contaminantes a excepción del CO₂, emitidos por todos los medios de transporte mencionados y su distribución en cada uno de los medios:

Tabla 1. Emisiones de diferentes tipos de contaminantes antes y después de la implementación del sistema de trenes.

Contaminante	Emisiones antes(kg)	Emisiones después(kg)
CO	2090154.09	9522721.51
VOC	122169.08	503698.18
VOC evap.	67424.24	73753.2
NOX	704734.61	682721.05
SOX	1084.07	980.53
PM	635491.11	555199.44
Lead	0	0
1,3 Butadiene	2233.36	2419.6
Acetaldehydes	11354.82	9697.27
Formaldehydes	44519.58	33132.99
NH3	14969.6	12275.16
Benzene	2416.46	23378.72
N2O	11253.91	7620.08
CH4	203844.4	195470

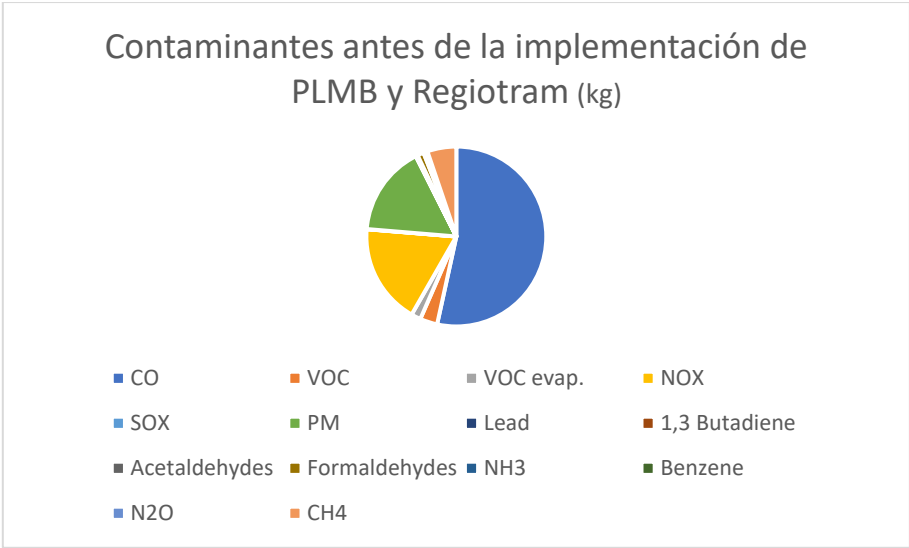


Figura 2. Distribución de contaminantes antes de la implementación de los medios férreos.
Fuente: Elaboración Propia.

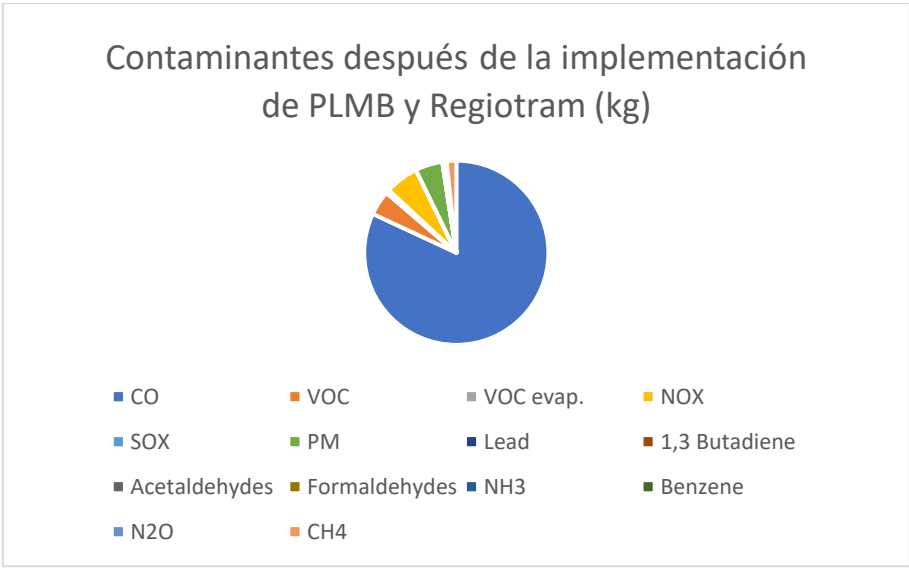


Figura 3. Distribución de contaminantes después de la implementación de los medios férreos.
Fuente: Elaboración Propia.

Distribución de contaminantes según medio de transporte:

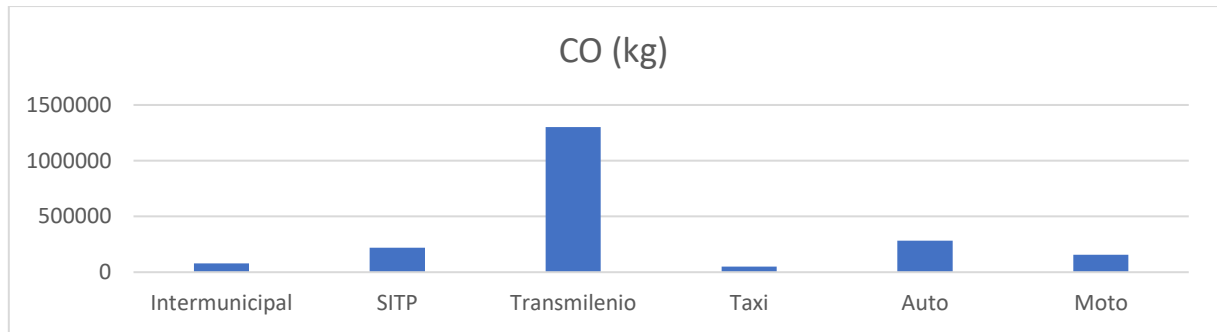


Figura 4 4. Emisiones de monóxido de carbono de cada medio de transporte. Fuente: Elaboración Propia

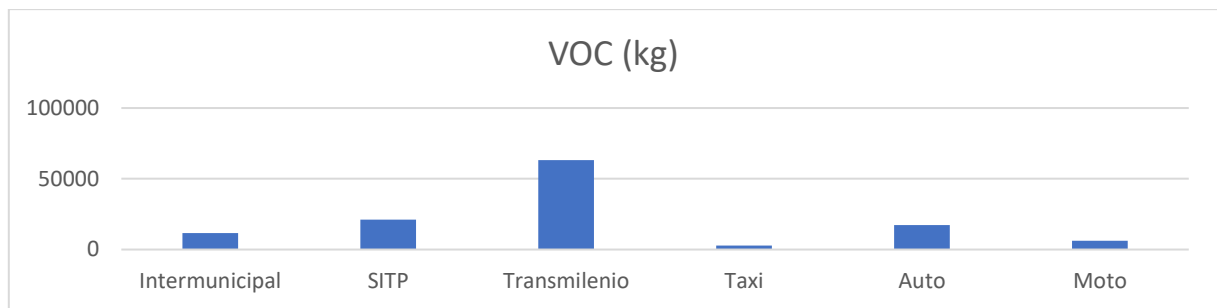


Figura 5 5. Emisiones de compuestos volátiles orgánicos de cada medio de transporte. Fuente: Elaboración Propia

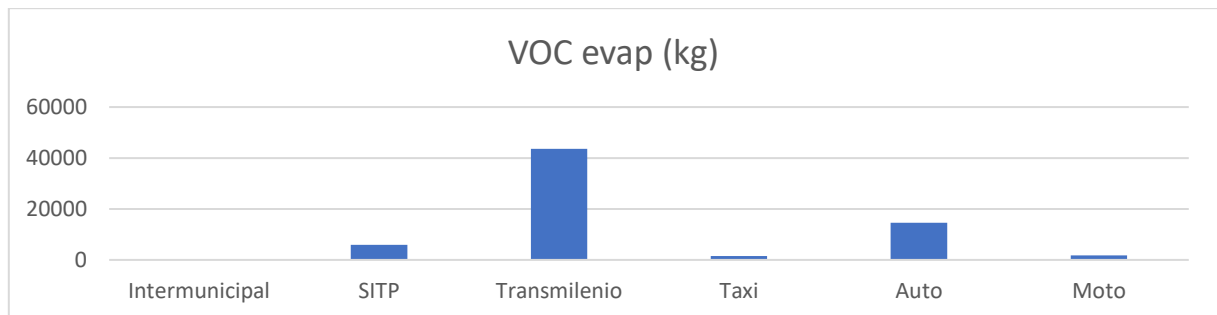


Figura 66. Emisiones de compuestos volátiles orgánicos de cada medio de transporte. Fuente: Elaboración Propia

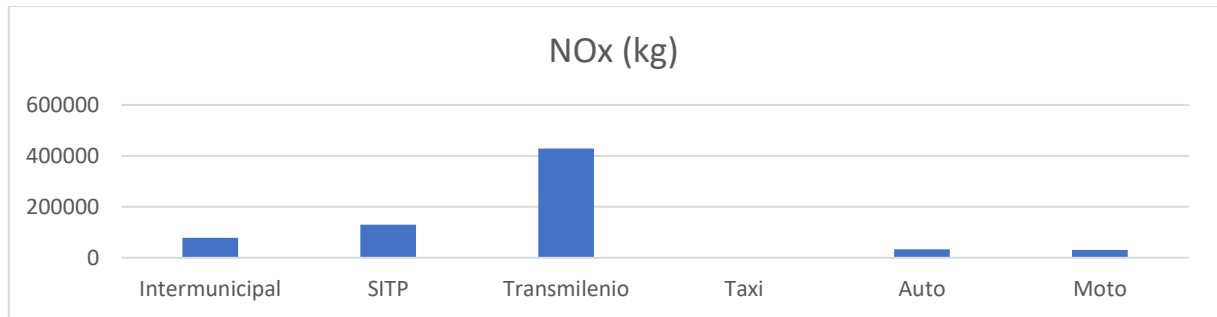


Figura 77. Emisiones de óxidos de nitrógeno de cada medio de transporte. Fuente: Elaboración Propia

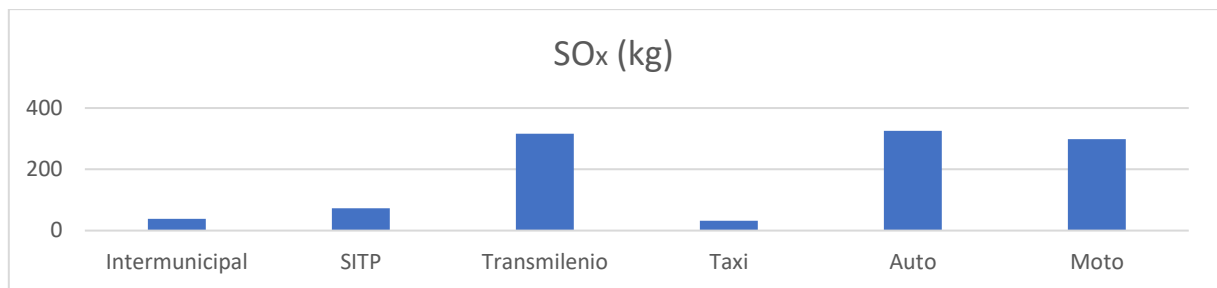


Figura 88. Emisiones de óxidos de azufre de cada medio de transporte. Fuente: Elaboración Propia

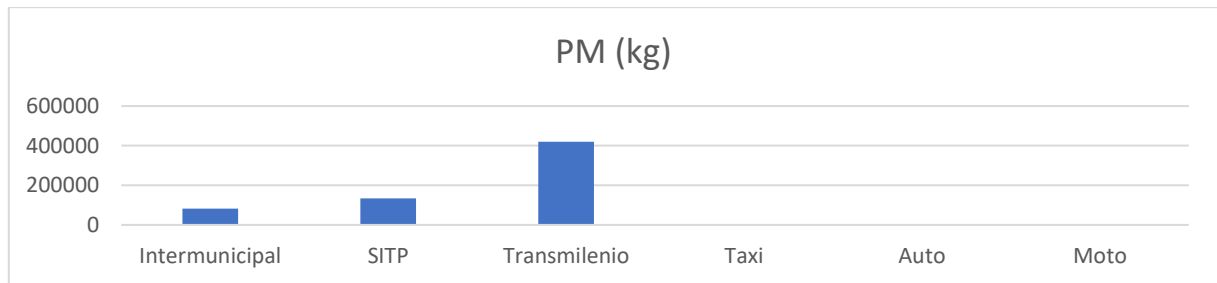


Figura 99. Emisiones de material particulado de cada medio de transporte. Fuente: Elaboración Propia

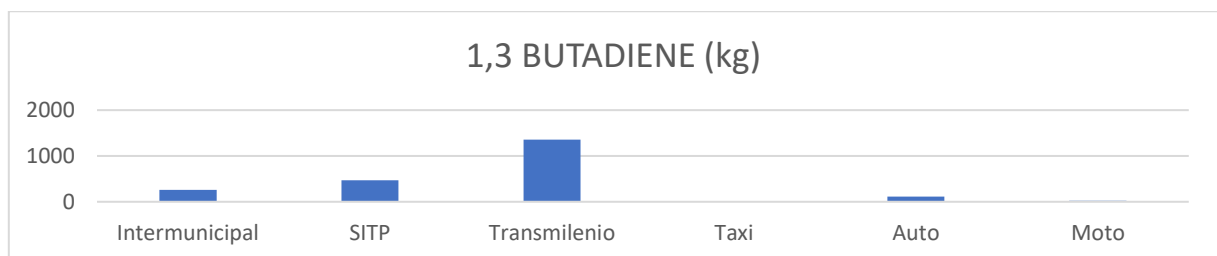


Figura 1010. Emisiones de 1.3 butadieno de cada medio de transporte. Fuente: Elaboración Propia

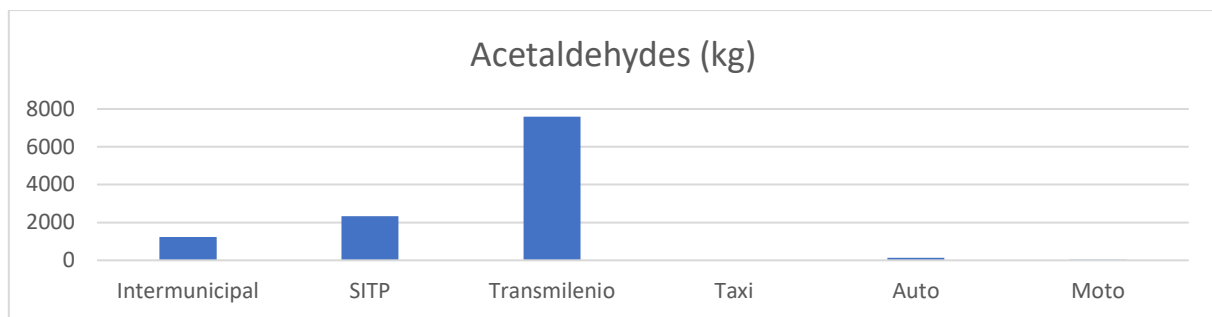


Figura 1111. Emisiones de acetaldehídos de cada medio de transporte. Fuente: Elaboración Propia

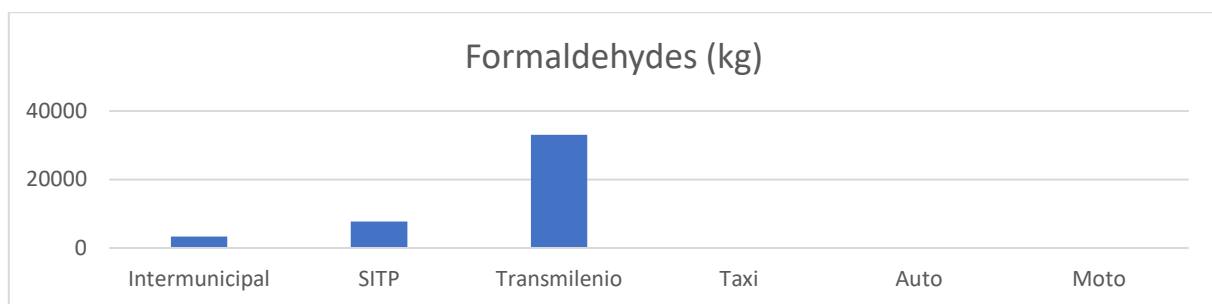


Figura 1212. Emisiones de formaldehidos de cada medio de transporte. Fuente: Elaboración Propia

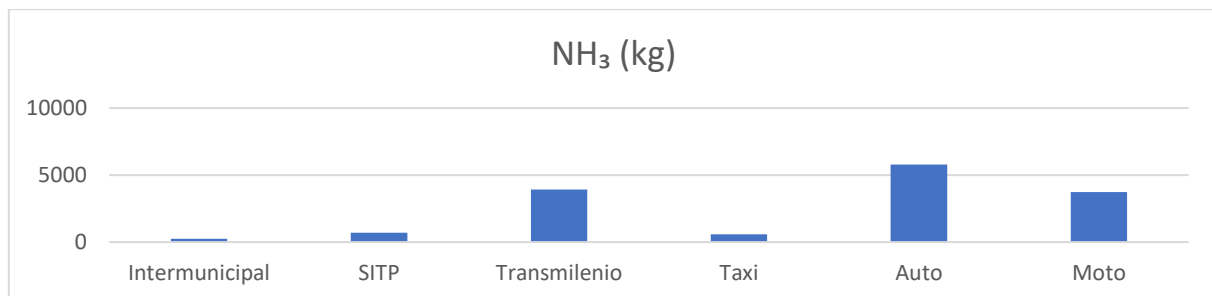


Figura 1313. Emisiones de amoniaco de cada medio de transporte. Fuente: Elaboración Propia

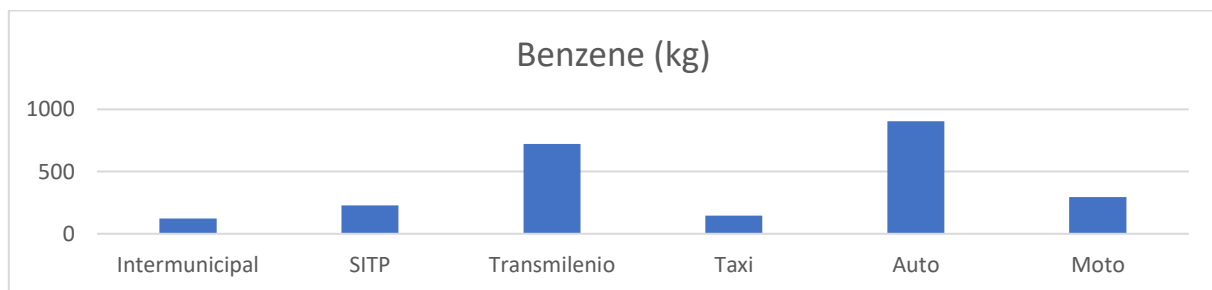


Figura 1414. Emisiones de benceno de cada medio de transporte. Fuente: Elaboración Propia

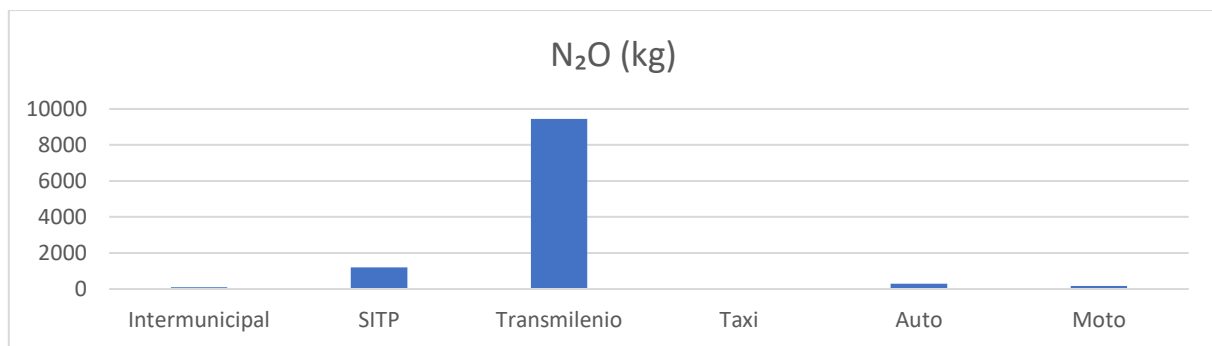


Figura 1515. Emisiones de óxido nítrico de cada medio de transporte. Fuente: Elaboración Propia

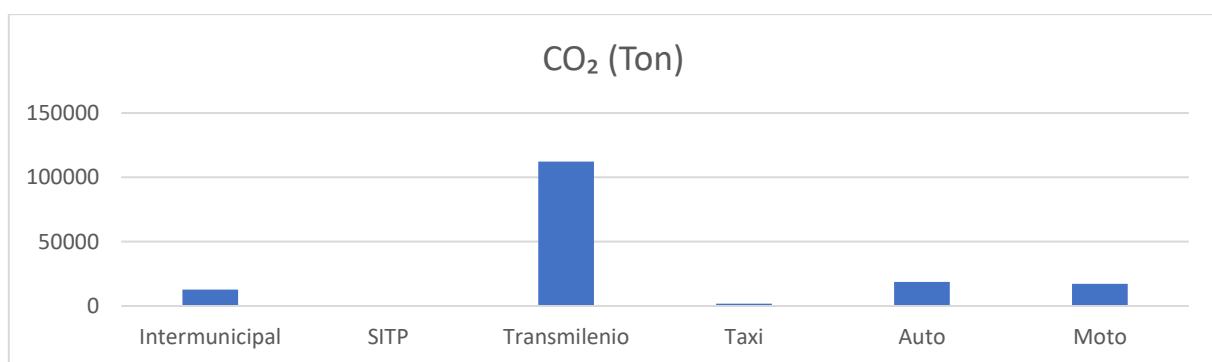


Figura 1616. Emisiones de dióxido de carbono de cada medio de transporte. Fuente: Elaboración Propia

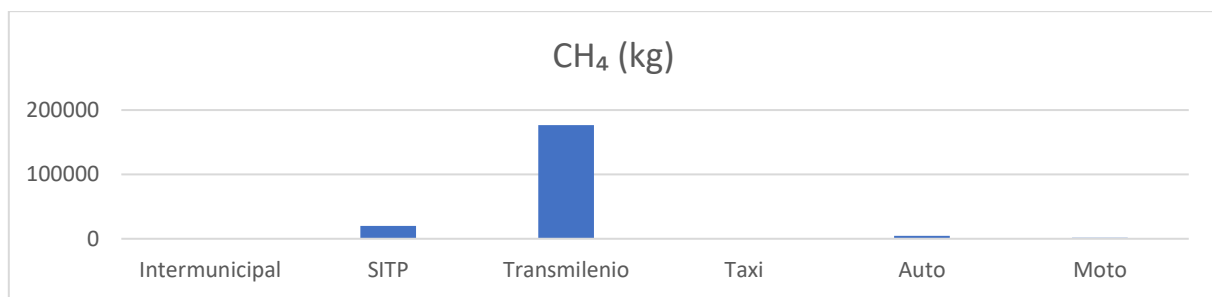


Figura 1717. Emisiones de gas metano de cada medio de transporte. Fuente: Elaboración Propia

4.2. Escenario posterior a la implementación de la Primera Línea del Metro de Bogotá y el Regiotram de Occidente

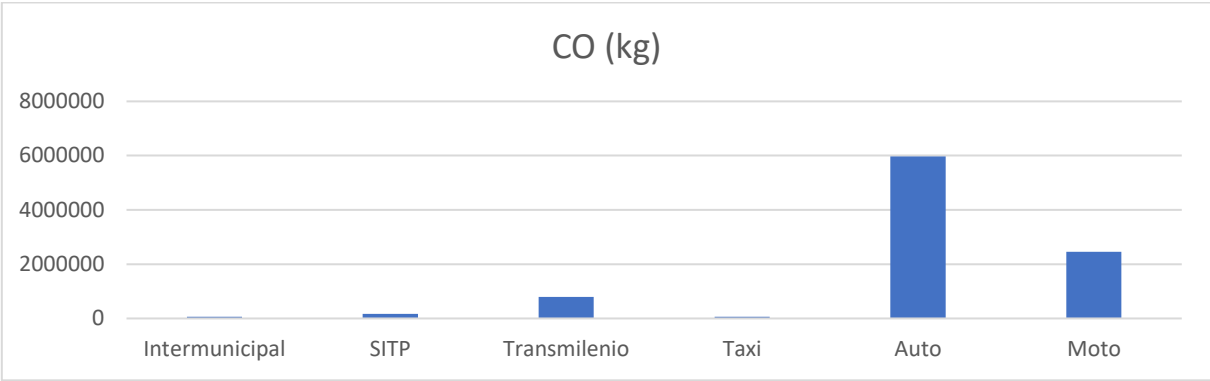


Figura 1818. Emisiones de monóxido de carbono de cada medio de transporte. Fuente: Elaboración Propia

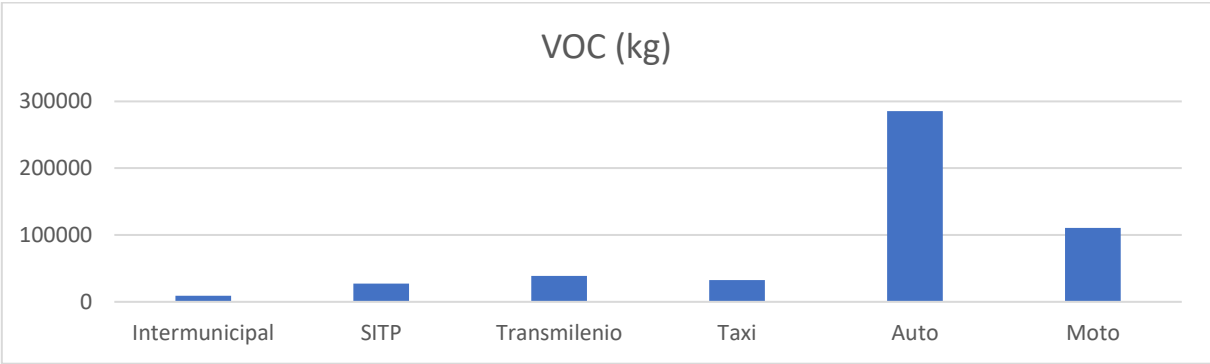


Figura 1919. Emisiones de compuestos volátiles orgánicos de cada medio de transporte. Fuente: Elaboración Propia

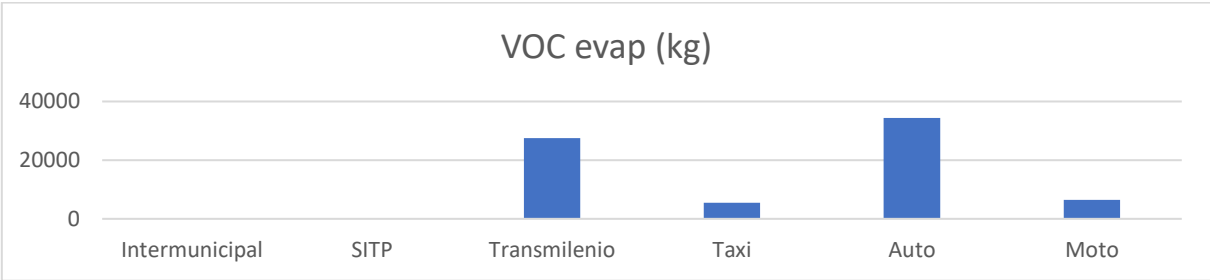


Figura 2020. Emisiones de compuestos volátiles orgánicos de cada medio de transporte. Fuente: Elaboración Propia

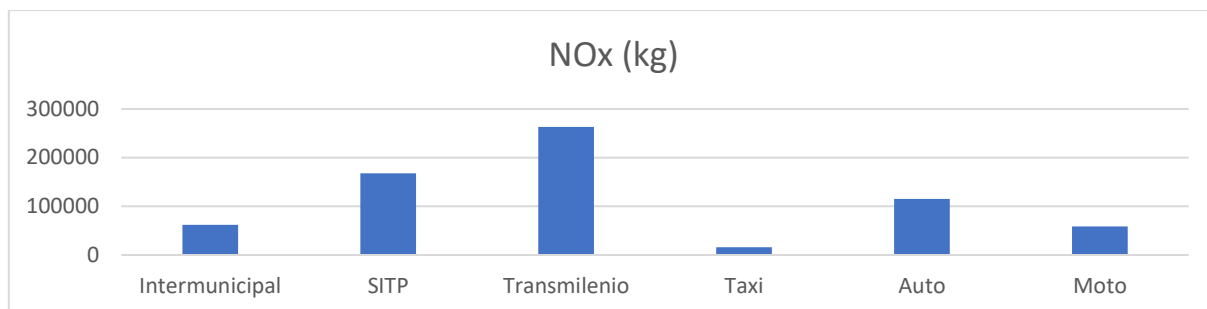


Figura 2121. Emisiones de óxidos de nitrógeno de cada medio de transporte. Fuente: Elaboración Propia

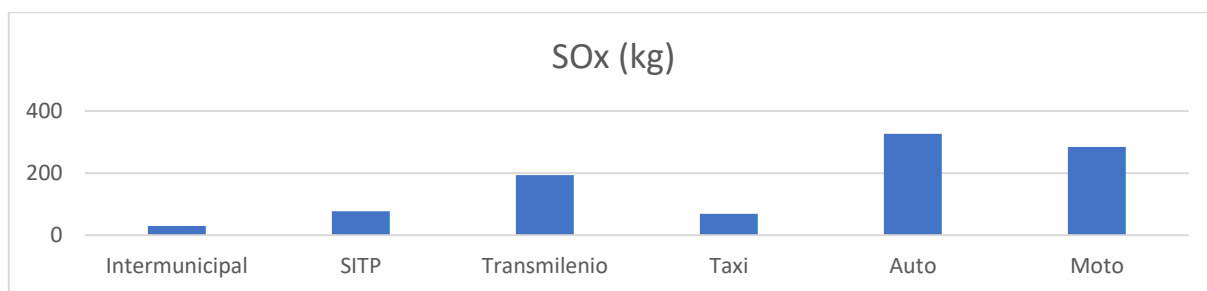


Figura 2222. Emisiones de óxidos de azufre de cada medio de transporte. Fuente: Elaboración Propia

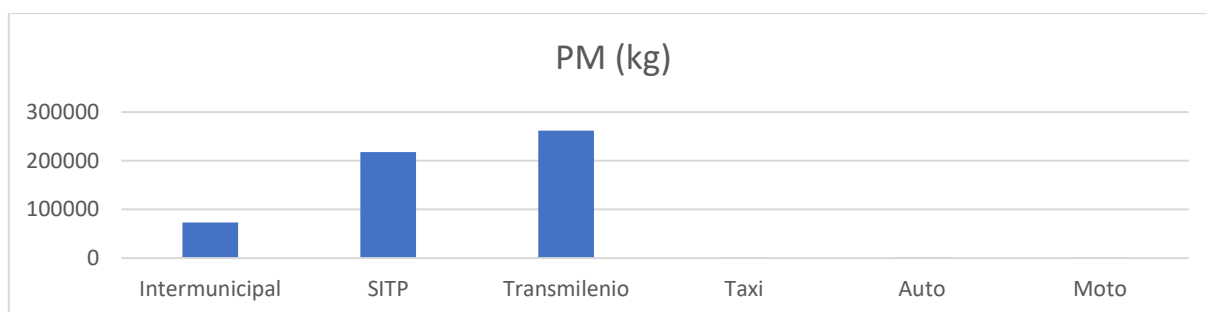


Figura 2323. Emisiones de material particulado de cada medio de transporte. Fuente: Elaboración Propia

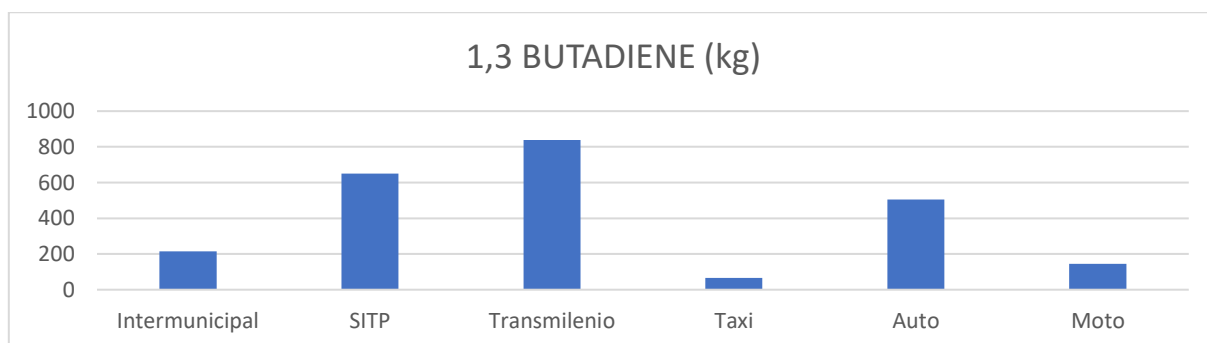


Figura 2424. Emisiones de 1.3 butadieno de cada medio de transporte. Fuente: Elaboración Propia

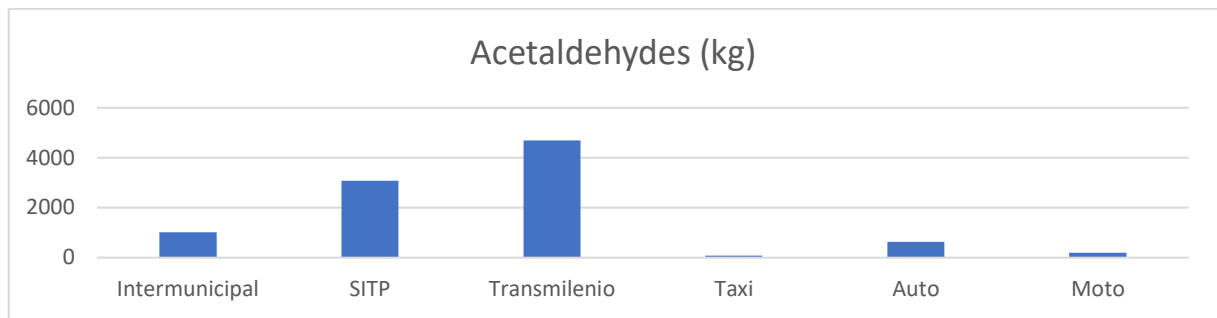


Figura 2525. Emisiones de acetaldehídos de cada medio de transporte. Fuente: Elaboración Propia

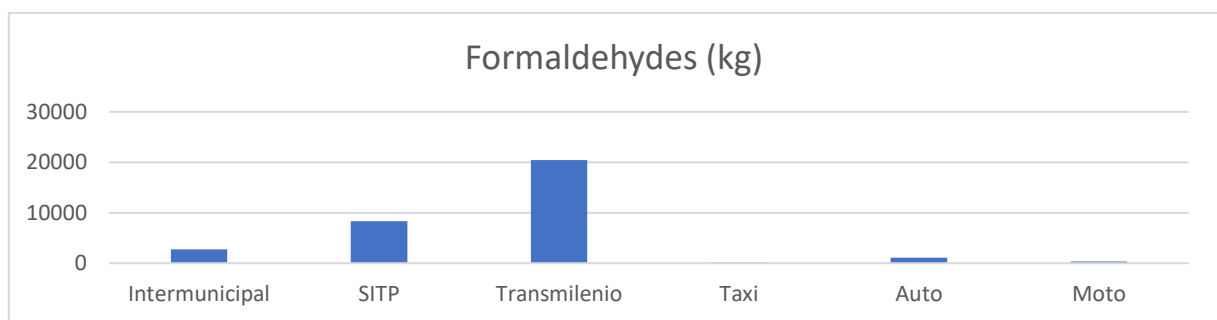


Figura 2626. Emisiones de formaldehidos de cada medio de transporte. Fuente: Elaboración Propia

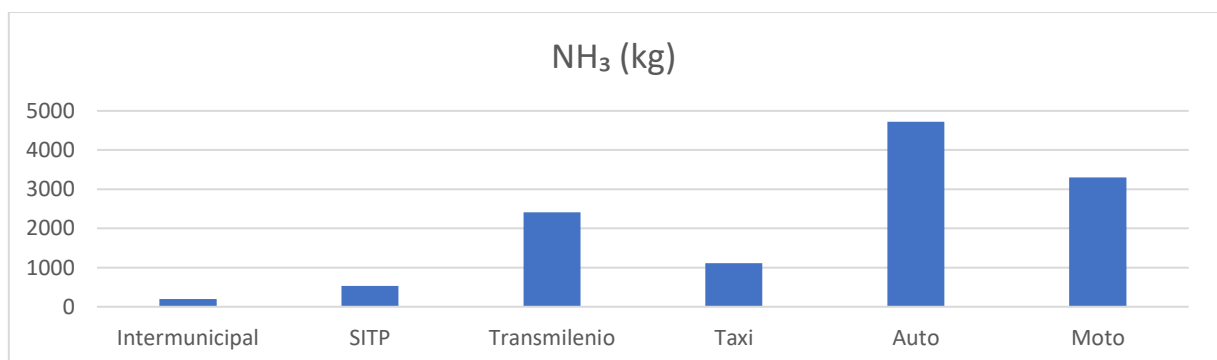


Figura 2727. Emisiones de amoníaco de cada medio de transporte. Fuente: Elaboración Propia

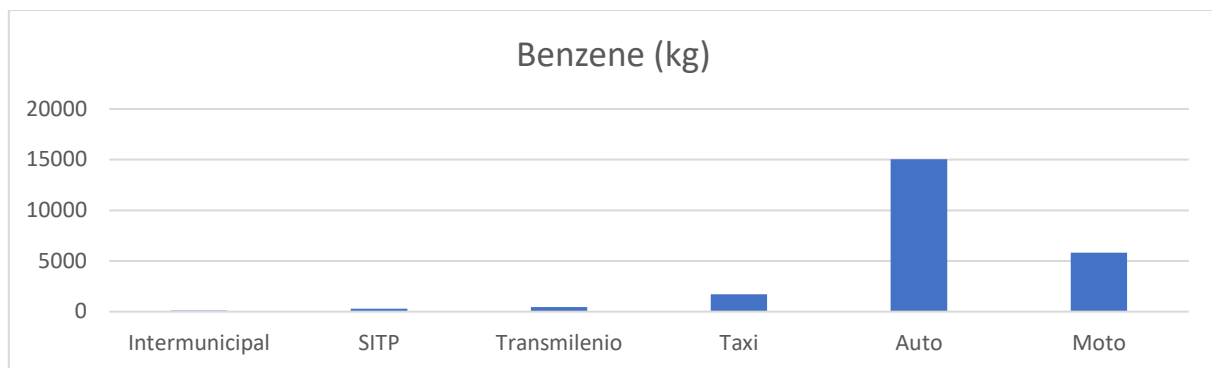


Figura 2828. Emisiones de benceno de cada medio de transporte. Fuente: Elaboración Propia

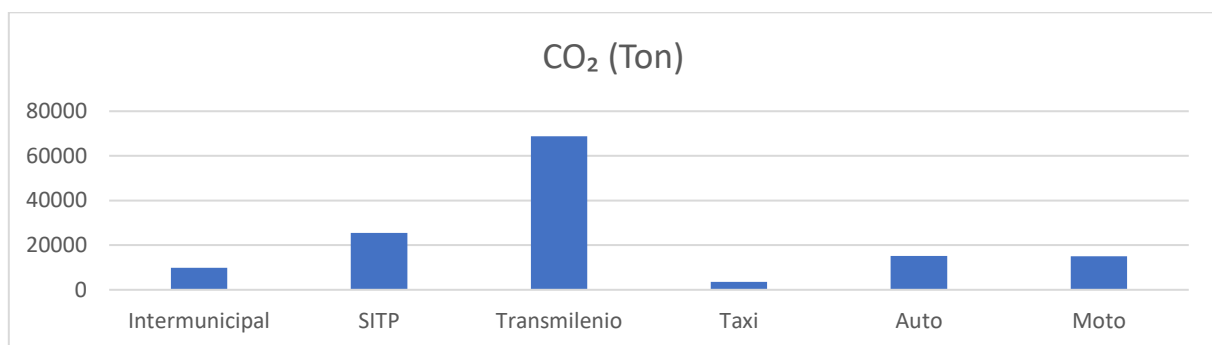


Figura 2929. Emisiones de dióxido de carbono de cada medio de transporte. Fuente: Elaboración Propia

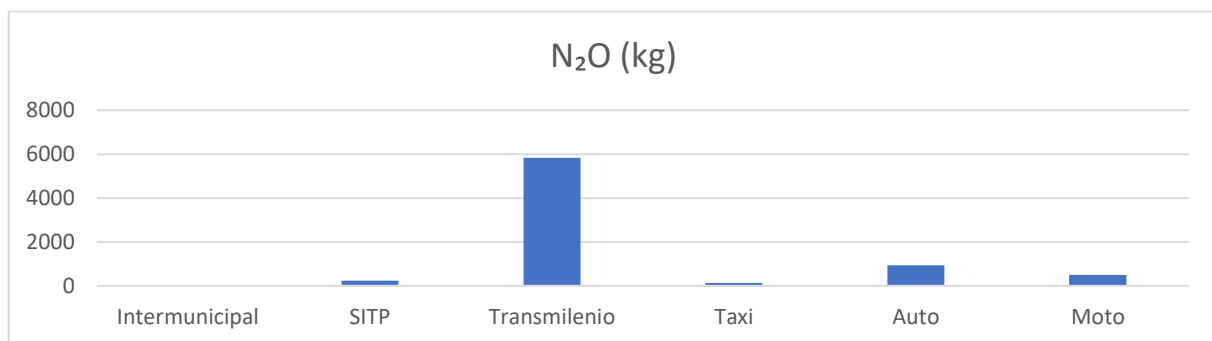


Figura 3030. Emisiones de óxido nitroso de cada medio de transporte. Fuente: Elaboración Propia

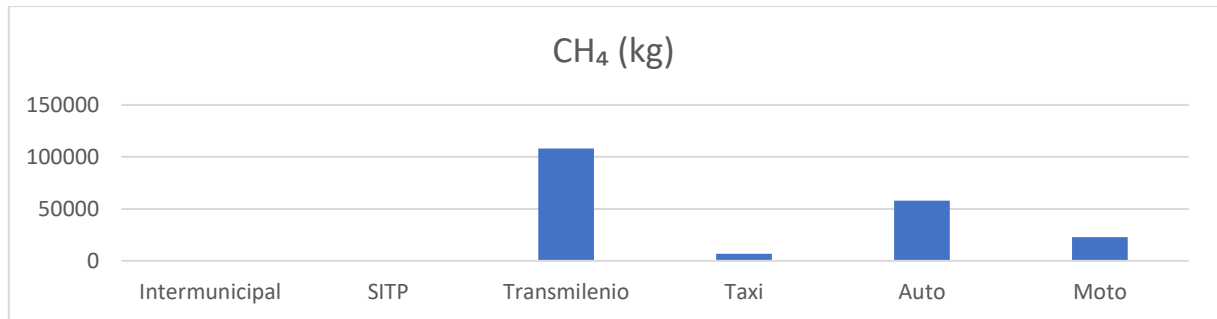


Figura 31 31. Emisiones de gas metano de cada medio de transporte. Fuente: Elaboración Propia

4.3. Variación entre escenarios

Se observa una notoria reducción en las emisiones de CO₂, debido principalmente a que la mayoría del parque automotor de los buses intermunicipales, a diferencia del SITP y Transmilenio, son buses a Diesel que en muchos casos no cumplen con los estándares de emisiones ni las revisiones reglamentarias, a continuación las gráficas donde se puede evidenciar la variación de las emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero, después de la implementación del Regiotram de Occidente y de la Primera Línea del Metro de Bogotá:

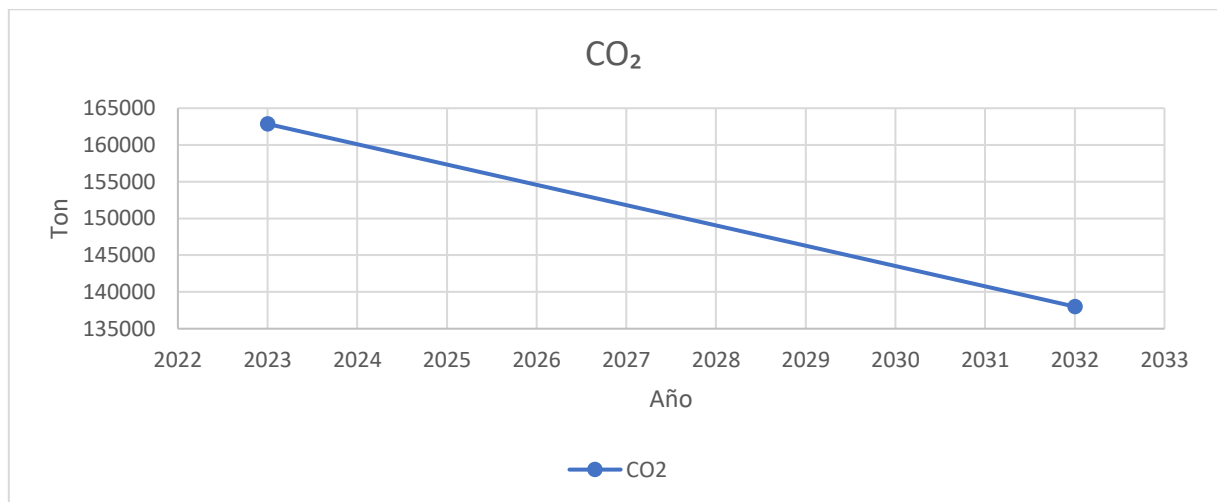


Figura 3232. Variación anual de las emisiones de dióxido de carbono. Fuente: Elaboración Propia

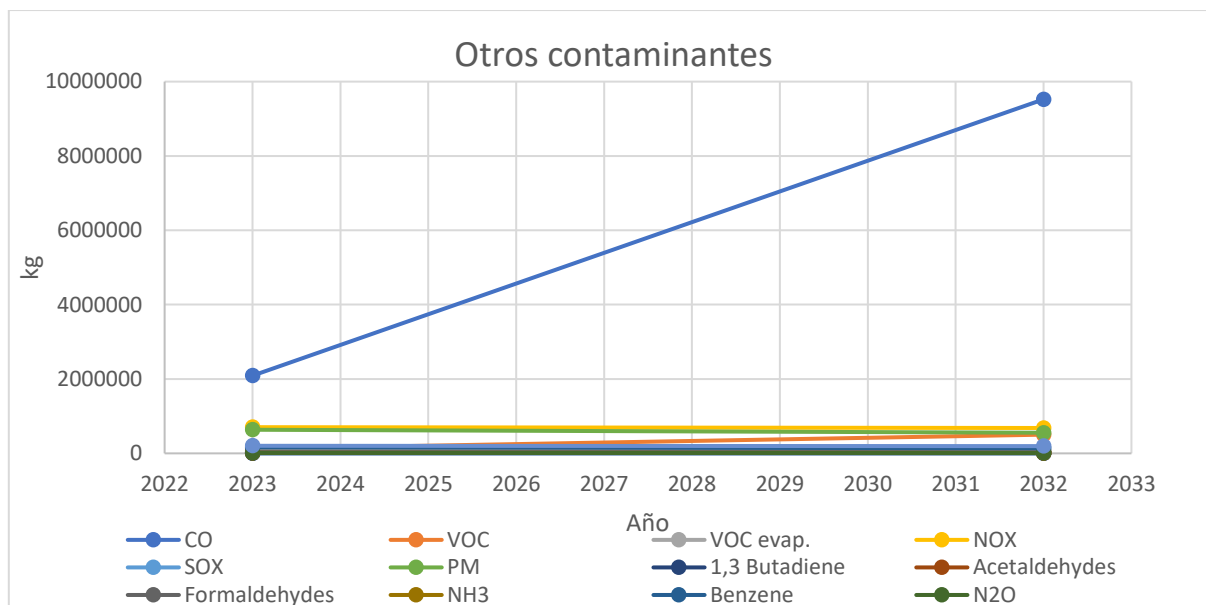


Figura 3333. Variación anual de otros gases contaminantes. Fuente: Elaboración Propia

5. CONCLUSIONES

Tomando en cuenta los resultados anteriormente obtenidos, se concluye que, para la mayoría de los contaminantes expulsados al ambiente por parte de los diferentes vehículos dentro de la repartición modal esperada posterior a la implementación de la Primera Línea del Metro de Bogotá y el Regiotram de Occidente, se prevé una notable disminución asociada presumiblemente al cambio en los hábitos cotidianos de movilidad por parte de los ciudadanos, el cual se ve marcado especialmente en los medios de transporte público tales como los buses intermunicipales, buses zonales del SITP y buses articulados y biarticulados de Transmilenio, lo cual, ayuda a la ciudad a contribuir al objetivo de la nación de disminución de los gases de efecto invernadero (alrededor de 25000 Ton menos de CO₂) dentro del marco de los Acuerdos de París, además de un previsible mejoramiento de las condiciones preliminares de salud pública para los habitantes de la región metropolitana de Bogotá (alrededor de 80000 kg menos de PM).

Sin embargo, es menester verificar el leve aumento esperado para algunos de los contaminantes estimados mediante las modelaciones, tales como el monóxido de carbono, amoniaco, benceno, y VOC en menor medida, los cuales pueden estar asociados a oportunidades de mejora en la precisión de la modelación, y la consistencia y aumento del parque automotor de vehículos particulares y motocicletas, tomando en cuenta que según los resultados de las encuestas asociados a las posibles variaciones de las tendencias de uso de transporte férreo por parte de quienes se movilizan en vehículos particulares, no representan una tendencia considerable.

Por otra parte, surgen algunas recomendaciones para mejorar y optimizar esta metodología, de modo que se pueda aumentar la precisión en los resultados obtenidos para la ciudad de Bogotá, y además llegar a aplicar este modelo en otras ciudades del mundo en las cuales se cuente con

sistemas de transporte ferroviario en proceso de planeación/construcción con el fin de evaluar con un mejor criterio su factibilidad desde una perspectiva ambiental.

Entre estas, se puede llegar a aumentar considerablemente la precisión de los resultados con una discretización de los diferentes sistemas de motorización con los que cuentan los vehículos que transitan por la ciudad, mediante la cooperación de entidades de registro vehicular que cuenten con estos detalles, tales como la alimentación, cilindraje, peso vehicular, y sistemas de potenciamiento utilizados en cada vehículo.

Además, para ampliar el rango de medición propuesto en esta metodología, se puede integrar la información detallada de las encuestas de movilidad (origen-destino) de viajes que usualmente se llevan a cabo periódicamente en las grandes ciudades por parte de las secretarías de movilidad, de modo que, la muestra utilizada sea más representativa, y además se tenga un mayor detalle en los hábitos de desplazamiento de los ciudadanos tomando en cuenta su distinción de días hábiles y no hábiles, y así pudiendo llegar a reunir toda la información suficiente para extrapolar los resultados y poder llegar a una estimación anual de estas mediciones, con sus respectivas variaciones posterior a la implementación de un sistema de transporte férreo.

A nivel local, es importante que, aunque en la capital colombiana se estén adelantando diferentes obras para mejorar la movilidad, es indispensable que estos proyectos se articulen con los sistemas existentes para brindar una mejor calidad de vida a los ciudadanos, para nadie es un secreto que en Bogotá se ha declarado en diferentes ocasiones alertas ambientales por la mala calidad del aire, es por esto que se propone que megaproyectos como lo son los trenes eléctricos sean complementados con una transición energética urgente del sistema Transmilenio, esto, teniendo en cuenta que actualmente es uno de los modos que más contamina según lo presentado en este artículo y menos del 40% de su flota se suple con energías renovables. Duitama Pinto (2022)

REFERENCIAS

- Cádiz, J. (1994). El transporte y la contaminación. Posibles estrategias y soluciones. **Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, España.**
- CEPAL. (2010). Infraestructuras de transporte bajas en carbono: experiencias en América Latina. **Unidad de Servicios de Infraestructura, División de Recursos Naturales e Infraestructura, CEPAL.**
- Cordero, J. (2017). CORREDOR DE TRANSPORTE QUERÉTARO-LEÓN: Análisis de escenarios de la huella de carbono del transporte interurbano de pasajeros y el potencial del transporte ferroviario. **Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Instituto Mexicano del Transporte, San Fandila, Querétaro, México.**
- Cordero, J. (2016). Evaluación de la potencial reducción de la huella de carbono del transporte terrestre entre las principales ciudades del estado de Guanajuato, al introducir un servicio ferroviario de pasajeros. **Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México.**
- Crespo, L. & Portillo, A. (2009). Estrategias del sector del transporte y su impacto en la calidad del aire y en los gases de efecto invernadero. **Área de Calidad del Aire y Cambio Climático, Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas, España.**

- Ecopetrol. (2021). *Transmilenio*. Obtenido de <https://www.transmilenio.gov.co/publicaciones/152282/estudio-de-universidad-de-los-andes-ratifica-mejora-en-calidad-del-aire-en-sistema-transmilenio/>
- Empresa Metro de Bogotá. (s.f.). Metro Bogotá. Recuperado el 21 de Abril de 2023 de <https://www.metrodebogota.gov.co/>
- Empresa Férrea Regional. (s.f.). Regiotram de Occidente. Recuperado el 21 de Abril de 2023 de <https://www.efer-cundinamarca.gov.co/es/regiotram>
- IDEAM. (2016). *Inventario Nacional y departamental de gases efecto invernadero- Colombia*. Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023634/INGEI.pdf>
- Rojas, F. (2016). Evaluación social de proyectos ferroviarios considerando externalidades, aplicado al proyecto de transporte de pasajeros Santiago – Valparaíso. **Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.**
- Santos, D. (2022). *Hubspot*. Obtenido de <https://blog.hubspot.es/marketing/recoleccion-de-datos>
- Secretaría de Ambiente de Bogotá. (s.f.). Calidad del aire en Bogotá. Recuperado el 21 de Abril de 2023 de <https://www.ambientebogota.gov.co/calidad-del-aire>
- Secretaria distrital de movilidad. (2015). Obtenido de <https://www.metrodebogota.gov.co/?q=que-es-metro#:~:text=El%20metro%20de%20Bogot%C3%A1%20movilizar%C3%A1,78%20barrios%20en%20nueve%20localidades>.
- Duitama, K. P. (2022, 1 noviembre). Más de 3.700 buses del sistema masivo de transporte se mueven con energías limpias. *Diario La República*. <https://www.larepublica.co/especiales/energias-limpias/mas-de-3-700-buses-del-sistema-masivo-de-transporte-se-mueven-con-energias-limpias-3475535>