

MONITOREO DE EXPOSICIÓN A LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN VÍAS DE MANIZALES

GRUPO DE TRABAJO ACADÉMICO EN INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL (GTAIHA) - UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
SEDE MANIZALES,
CENTRO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERÍA AMBIENTAL (CIIA)
- UNIVERSIDAD DE LOS ANDES.

Contexto

La contaminación del aire se debe a niveles de concentración de sustancias que alteran la composición de la atmósfera. Los niveles de contaminantes que respiramos (inmisión) provienen de diversas fuentes (ej. vehículos, industria).



Factores como las condiciones meteorológicas, la naturaleza química de los contaminantes, la configuración biológica del medio, el estilo de vida y la economía; son responsables del problema en un momento y espacio determinados (ESMAP, 2011; Chandrappa & Kulshrestha, 2016).



Contaminantes del aire

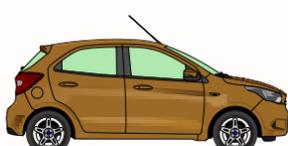
Se han identificado contaminantes con alta presencia en las ciudades con efectos nocivos en la salud humana y el ambiente. Uno de los más importantes es el material particulado (PM) que según su tamaño se clasifica en PM_{10} , $PM_{2.5}$ y PM_1 , es decir, partículas con tamaños iguales o inferiores a las 10, 2.5 y 1 micrómetro de diámetro (todos dentro de la fracción respirable, es decir, penetran en los pulmones).



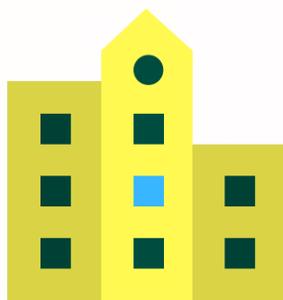
Una fracción de este PM incluye contaminantes como el carbono negro o black carbon (BC), un reconocido trazador de emisiones provenientes de vehículos con motores diésel.

Fuentes de contaminación del aire en Manizales

Existen fuentes de tipo natural, como el Volcán Nevado del Ruiz; y fuentes relacionadas con actividades humanas como: el sector industrial y fuentes móviles. Estas últimas son particularmente importantes en la ciudad dado su rápido crecimiento en la última década (90% en vehículos particulares y 167% en motocicletas) (Manizales cómo vamos, 2018).



Manizales



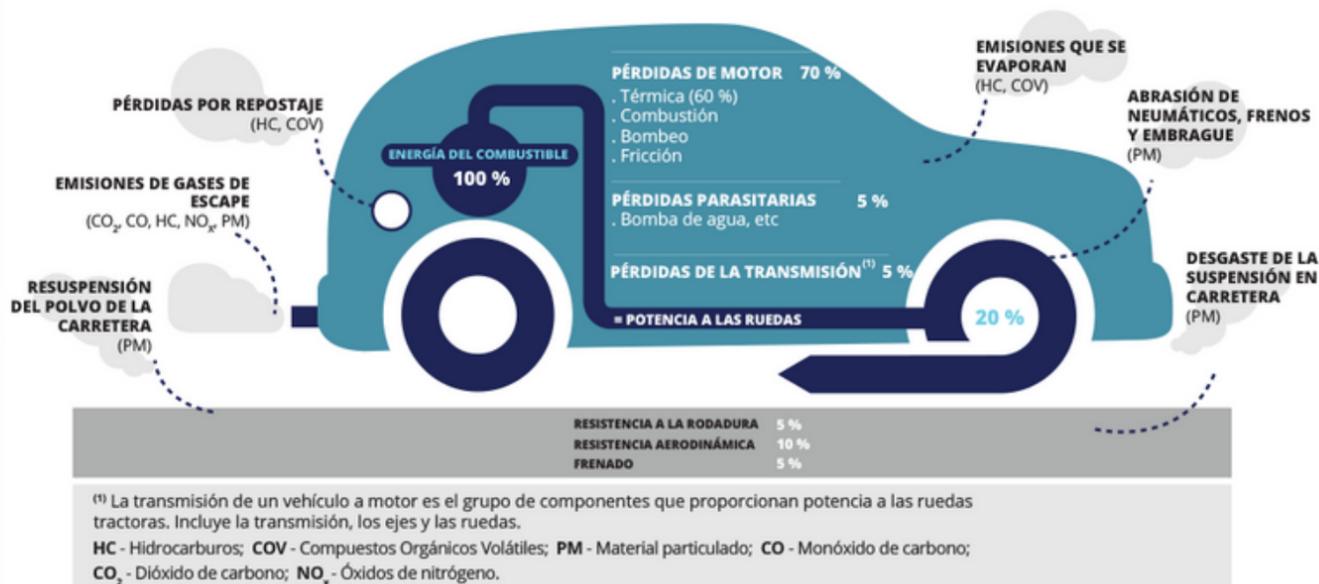
La ciudad posee características meteorológicas y topográficas muy particulares, con velocidades de viento menores a los 4 m/s y cambios altitudinales a lo largo de la ciudad. Al ser montañosa, se limita su expansión urbana a la vez que aumenta la densidad poblacional y por ende la presión sobre el ambiente.

El transporte y la contaminación

Los vehículos generan emisiones de diferentes formas: emisiones por el tubo de escape, pérdidas durante la recarga de combustible, emisiones evaporativas, abrasión de neumáticos, frenos, embrague y resuspensión de polvo en las vías (EEA, 2016).

Emisiones de vehículos y eficiencia

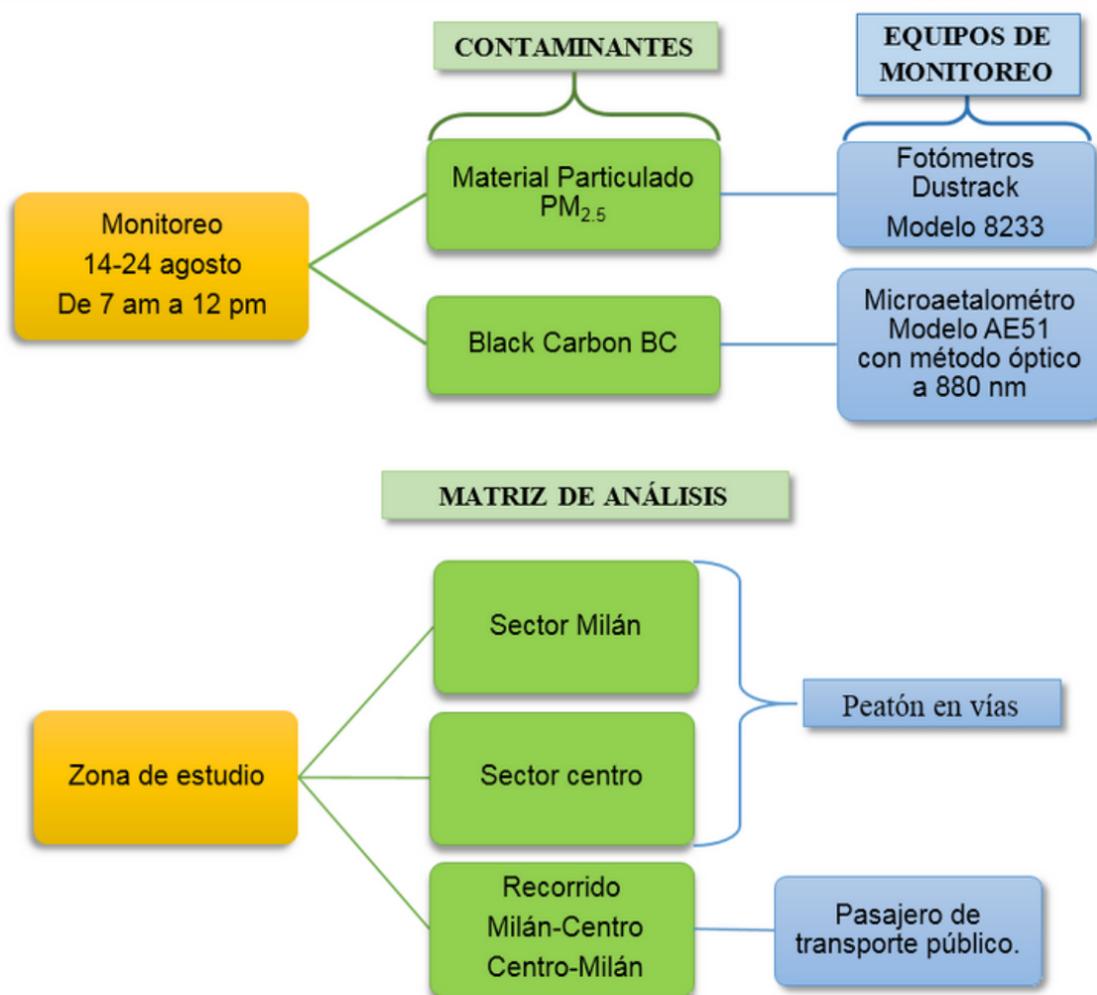
El transporte por carretera alimentado por combustibles fósiles supone la fuente más significativa de contaminación atmosférica relacionada con el transporte. Cada vehículo libera contaminantes procedentes de diversas fuentes.



Fuente: EEA Report — Explaining road transport emissions — a non-technical guide (2016)

Metodología

La campaña fue realizada por integrantes del Grupo de trabajo académico en Ingeniería Hidráulica y Ambiental (GTAIHA) de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, y el Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental (CIIA) de la Universidad de los Andes.



Los pasajeros están recibiendo la influencia de transporte público, particular y motos en los diferentes recorridos.

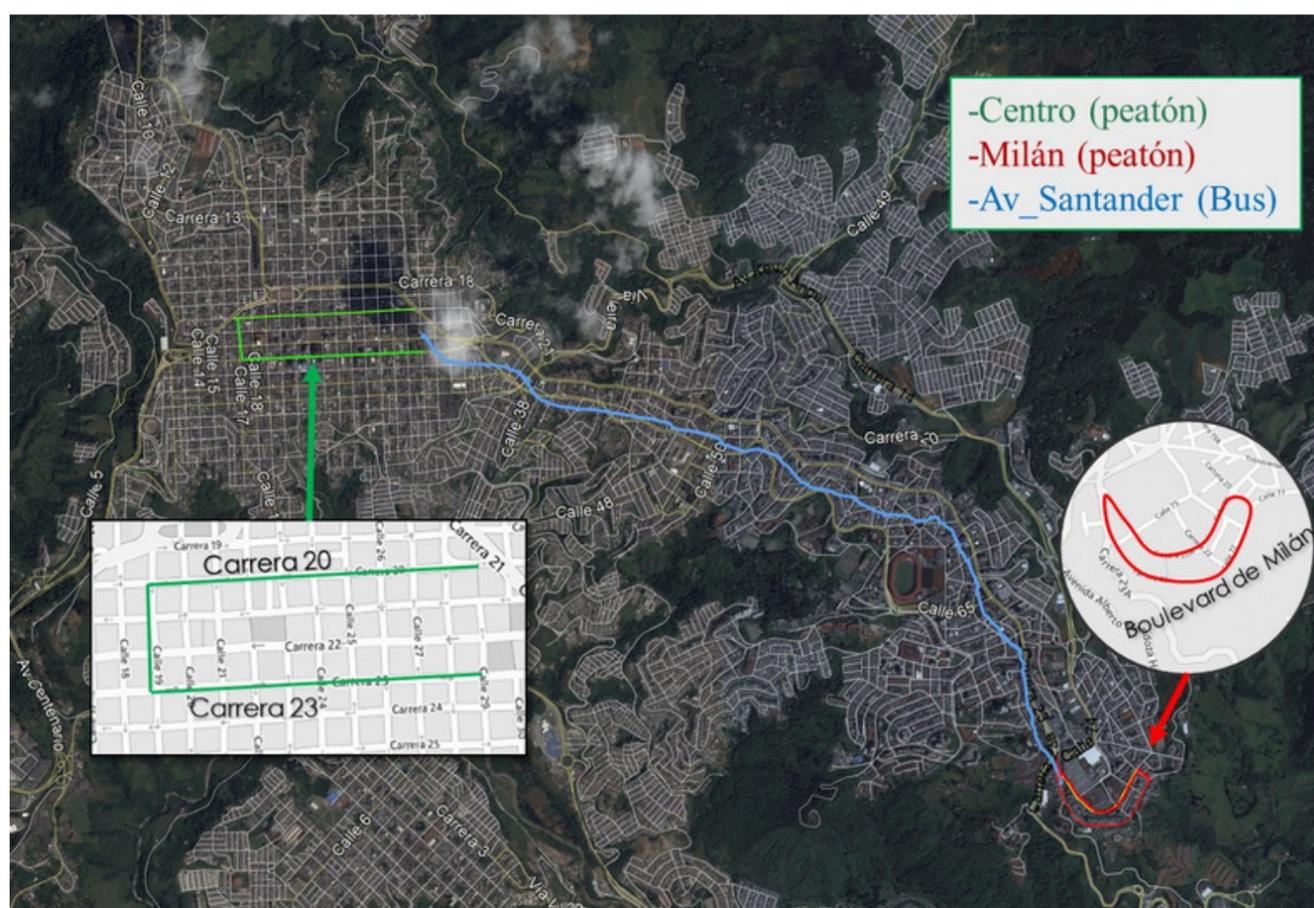


Metodología

Se evaluó la diferencia en los niveles de concentración en aire ambiente (para los contaminantes $PM_{2.5}$ y BC) entre las zonas del Centro y Milán. Se destaca que en Milán se realizó uso exclusivo de paraderos de transporte público, medida posible gracias al apoyo de Socobuses S.A. y los usuarios del sector.

Asimismo, se evaluó la concentración de los contaminantes analizados al interior de los buses de servicio público.

Zonas de estudio evaluadas



Características de las zonas de estudio

| Zona de estudio | Vías | Personas* | | Vehículos* | | | |
|-------------------|-------------------------|-----------|------------|------------|-----|------|------|
| | Longitud recorrida (Km) | Peatones | Bicicletas | A** | M** | TP** | CC** |
| Centro (Cra 23) | 0.83 | 1666 | 44 | 179 | 17 | 0 | 9 |
| Centro (Cra 20) | 0.83 | 346 | 6 | 191 | 186 | 161 | 18 |
| Milán | 1.4 | 108 | 18 | 64 | 34 | 15 | 0 |
| Avenida Santander | 4.73 | 1362 | 123 | 962 | 699 | 230 | 96 |

*Todos los flujos presentados se encuentran expresados en (Cantidad/hora) promedio entre horas pico y valle.

**TP: Transporte público buses-busetas, CC: camiones de carga, M: motocicletas, A: Automóviles particulares

Nota: Los puntos de conteo seleccionados fueron:

- 1- Centro Cra 23: al frente del palacio de justicia.
- 2- Centro Cra 20 con calle 21: semáforo identificado como fuente de altas concentraciones
- 3- Milán: Paradero colegio Santa Inés.
- 4- Av. Santander: punto intermedio aproximado, paradero U de Caldas (las palmas)

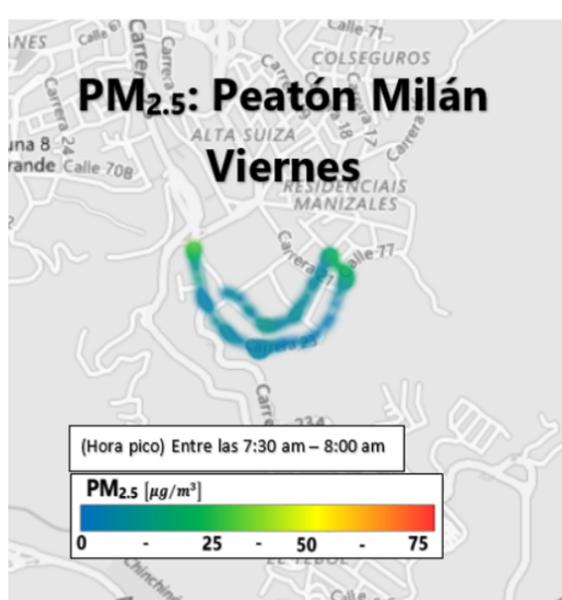
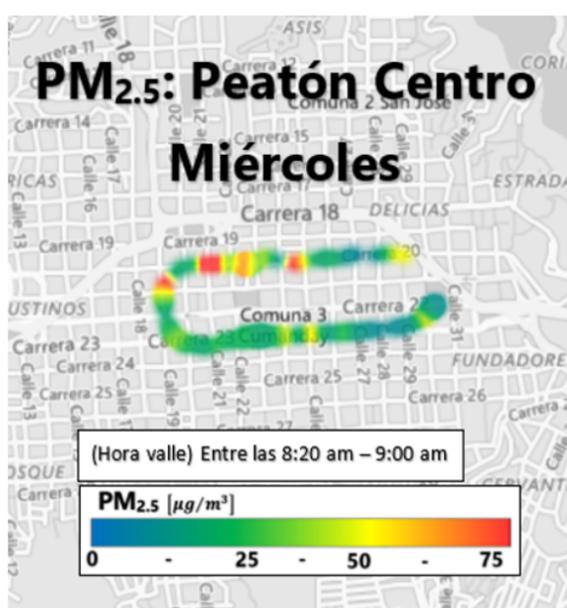
Características de la flota de buses en Manizales

| | |
|----------------------------|------------------------------------|
| Combustible | Diésel |
| Ruta del recorrido | Avenida Santander (Centro – Milán) |
| Ubicación tubo de escape | Parte trasera e inferior |
| Capacidad promedio | 29 pasajeros sentados |
| Peso de los vehículos (Kg) | Entre 3856 y 8845 |
| Edad media de la flota | 14 años |

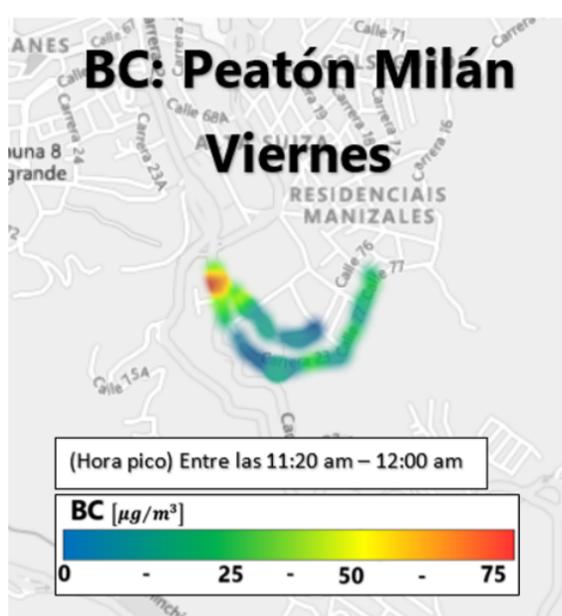
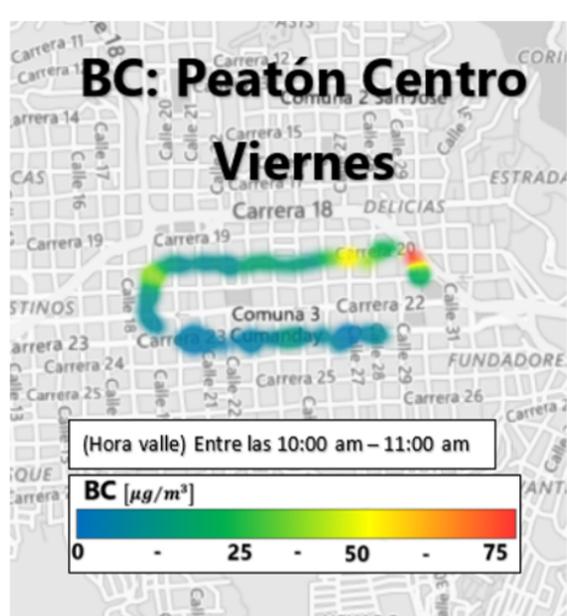
Fuente: Inventario de emisiones fuentes móviles Manizales 2017, Valencia. 2019. - Tesis de maestría en proceso de publicación.

1. Concentraciones en la vía (Niveles en aire ambiente)

Las concentraciones medias de $PM_{2.5}$ encontradas en las vías analizadas fueron de $35 \mu g/m^3$ en la zona del Centro y $25 \mu g/m^3$ en la zona Milán.



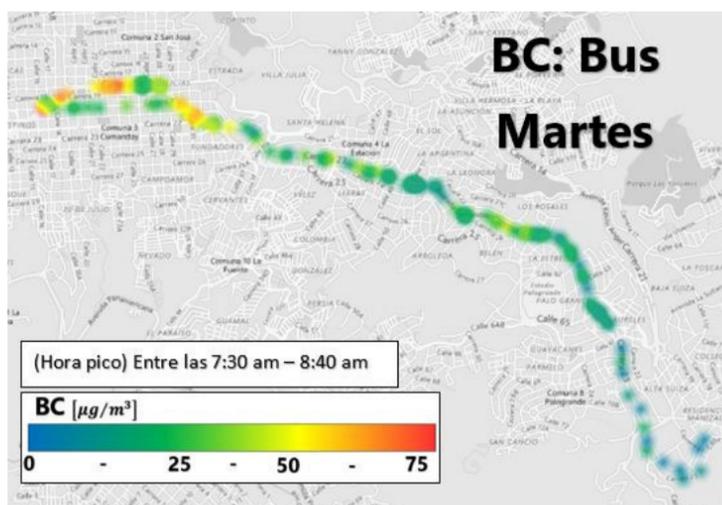
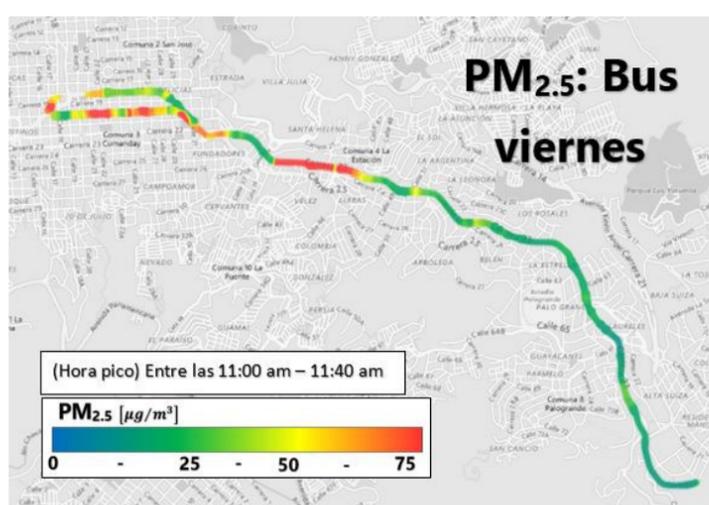
Para BC, las concentraciones medias fueron de $10 \mu g/m^3$ en la zona Centro y de $7 \mu g/m^3$ en la zona Milán.



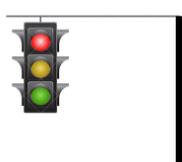
Valores 30% menores en la zona Milán respecto al Centro indican la influencia del tráfico vehicular, cuyo flujo es mas alto en la zona centro (tanto para particulares como transporte público)

2. Concentraciones al interior de buses

Para el caso de los recorridos en bus (cuyo recorrido era en ambos sentidos), las concentraciones medias de $PM_{2.5}$ y BC fueron de $52 \mu g/m^3$ y $20 \mu g/m^3$ respectivamente.



Adicionalmente, se encontró que para la zona Milán el promedio de $PM_{2.5}$ al interior de buses fue de $34 \mu g/m^3$, es decir, las concentraciones son aproximadamente un 30% menores que las halladas durante todo el recorrido.



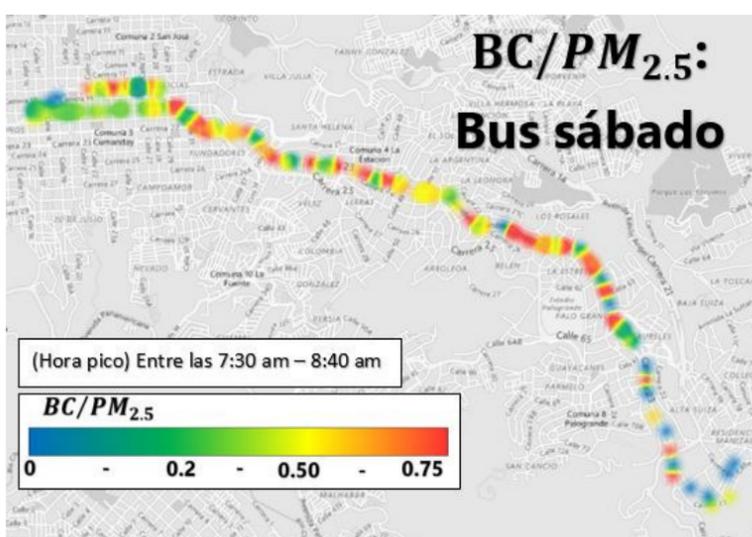
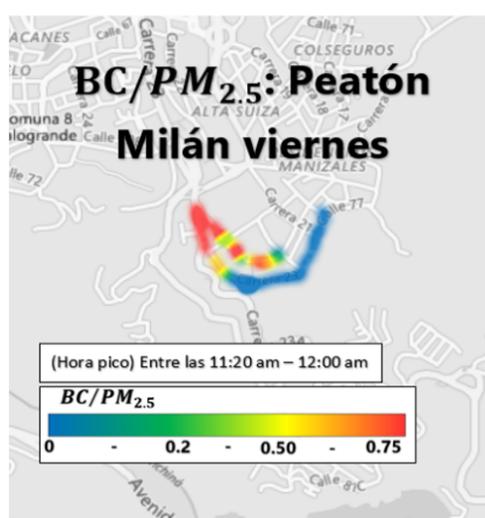
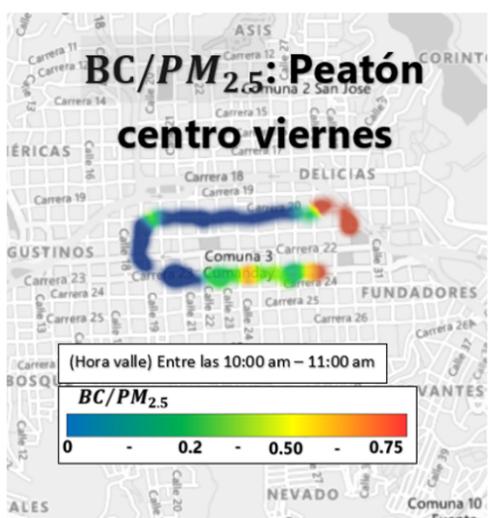
3. El tráfico vehicular como fuente de contaminación

| Ambiente | Lugar | BC/PM _{2.5} |
|---------------------|-----------|----------------------|
| Peatón | Manizales | 0.31 |
| Bus | Manizales | 0.41 |
| Peatón ¹ | Bogotá | 0.34 |
| Bus ¹ | Bogotá | 0.51 |

¹ Betancourt M. et al

| Ambiente | Zona | BC/PM _{2.5} |
|----------|--------------|----------------------|
| Peatón | Milán | 0.30 |
| | Centro | 0.32 |
| Bus | Milán-Centro | 0.50 |
| | Centro-Milán | 0.34 |

Una relación BC/PM_{2.5} del 30% al 50% sugiere que en las zonas de la ciudad estudiadas y en los microambientes monitoreados, el tráfico vehicular que usa combustible diésel es una fuente de emisión importante.



4. Observaciones del uso de paraderos en Milán

El cambio de patrones de conducción (uso de paraderos) de los buses en la zona de Milán es una medida que ayuda a organizar la movilidad del transporte público, disminuir la congestión y reducir las emisiones de contaminantes del aire.

En la zona Milán de la ciudad se observaron menores concentraciones para el caso de peatón respecto al centro, para PM_{2.5} del 20% y BC del 30%.

Se destaca que las mayores concentraciones se obtuvieron en la zona cuya vía posee cierta inclinación lo que provoca un mayor esfuerzo de los motores y por ende mayores emisiones. También cerca a los paraderos del servicio público.



Estos resultados están influenciados por el menor tráfico de vehículos que transitan en la zona (principalmente de buses de servicio público), cuya emisión puede verse disminuida además por el uso de paraderos. El efecto de este último factor, es importante evaluarlo en zonas de mayor contaminación con el apoyo de la comunidad y las empresas que prestan el servicio de transporte en la ciudad.

5. Fines de semana

Se identificó que las concentraciones también se ven influenciadas por el día de la semana del monitoreo, en donde los fines de semana (sábado y domingo) el tráfico vehicular disminuye tanto en particulares como en el servicio de transporte público. Para estos días las concentraciones medias de $PM_{2.5}$ disminuyeron un 21% en las vías y 60% en interior de los buses, para el caso de BC esta disminución fue del 67% en las vías.

6. Futuras campañas

Esta es la primera información sobre exposición a contaminantes del aire en la vía y al interior de buses en Manizales. Son datos indicativos que muestran la necesidad de continuar con nuevas campañas de monitoreo, que permitan generar una línea base sólida sobre la exposición a estos contaminantes en las vías de la ciudad y al interior de los vehículos.

Agradecimientos

A los integrantes del GTAIHA por sus esfuerzos y dedicación para la recolección y procesamiento de la información presentada en este folleto.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



Grupo de trabajo académico en
Ingeniería Hidráulica y Ambiental

Al CIIA de la Universidad de los Andes por la capacitación y préstamo de los equipos usados para la recolección de datos.



Universidad de
los Andes

A la empresa de transporte público Socobuses S.A. por la implementación de la medida de uso de paraderos en el sector de Milán y el apoyo en la socialización de la medida. Así como a los usuarios del sector por la aceptación del uso del paradero exclusivo.

Referencias

- Betancourt, R. M., Galvis, B., Rincón, J. M., Rincón, M. A., Rodríguez-Valencia, A., & Sarmiento, O. L. (2019). Air pollutants Exposure in a Bus Rapid Transit System: Impact of fleet age and emission standard. *Atmospheric Environment*, 27.
- EEA. (2016, 11 23). Agencia europea de medio ambiente (AEMA). Retrieved from Emisiones de vehículos y eficiencia: <https://www.eea.europa.eu/es/pressroom/infografia/emisiones-de-vehiculos-y-eficiencia/view>
- ESMAP. (2011). Formal report 339/11. Tools for improving air quality management. Washington, DC: The world bank group.
- Franco, J. F., Segura, J. F., & Maura, I. (2016). Air pollution alongside Bike-Pahts in Bogotá-Colombia. *Frontiers in environmental science*, 10.
- Manizales cómo vamos. (2018). Informe de calidad de vida Manizales. Manizales: Editorial La Patria.
- Ramesha Chandrappa, U. C. (2016). Sustainable air pollution management, Theory and practice. Springer.
- Valencia, M. C. (2019). Estimación de las emisiones atmosféricas por resuspensión, distribución y almacenamiento de combustible en la ciudad de Manizales. Manizales.