

Niveles de exposición de carbono negro y material particulado en rutas urbanas para bicicleta en Bogotá - Colombia

Investigadores

John Benavides

Omar Andrés Ramírez

Juan Felipe Franco

Mario Andrés Hernández

Contexto

13 millones de viajes diarios en un día laboral.

Entre el hogar y los lugares de trabajo y estudio.



Contexto

- 45% de viajes se realizan en buses del sistema de transporte público colectivo y masivo. 12% de los viajes se hacen en automóvil. 5% de los viajes en bicicleta.
- La distancia promedio recorrida en bicicleta por trayecto (ida o vuelta) es de 7 km en el área urbana de la ciudad.
- La flota de buses tiene una edad promedio de 21 años y opera bajo un esquema altamente ineficiente.
- 53% de estos viajes los realizan personas entre 26 y 45 años, y 80% de los viajes los realizan hombres.

Problemática

- La exposición a contaminantes causa 4.2 millones de muertes prematuras a nivel mundial.
- Quinto factor de riesgo más importante de mortalidad para todas las causas y todas las edades.
- La mala calidad del aire, especialmente por material particulado (PM), se ha relacionado con morbilidad respiratoria y cardiovascular, ataques cardíacos, asma, efectos cognitivos y demencia.
- Pocos estudios en el tiempo sobre niveles de exposición.

Objetivo

Analizar los niveles de exposición y la tasa de inhalación de ciclistas a $PM_{2.5}$ y BC en dos tramos de ciclorutas localizados al norte y centro geográfico de la ciudad.

Ampliar el conocimiento en la temática

Composición química del material particulado, análisis de la concentración de elementos traza (Cu, Zn, Ni, Pb, Cr, Sb, Ba, Co, Cd, and Sn).

Metodología

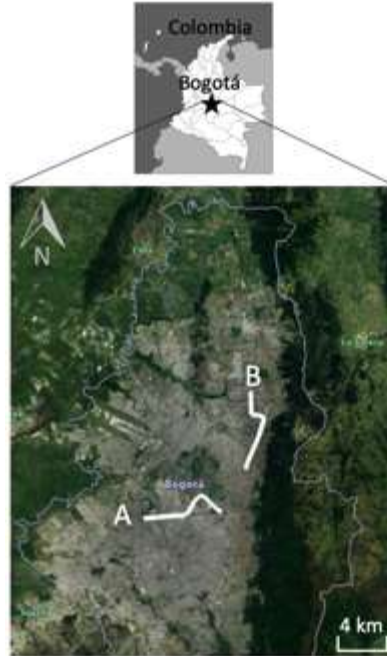
Selección

Afluencia de usuarios y características de las vías.

Diferentes tipos de ciclorutas identificados en cada tramo.

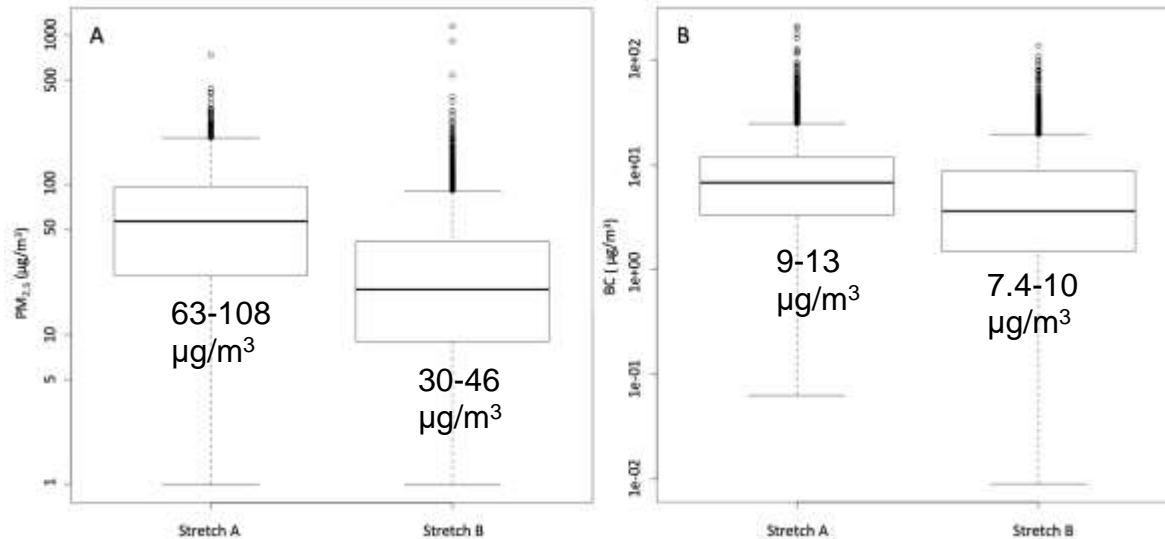
Flujo vehicular: conteos de tráfico.

Campaña de medición en campo entre el 22 de agosto y el 24 de septiembre de 2017 - periodo seco para evitar interferencias por precipitaciones.



Resultados

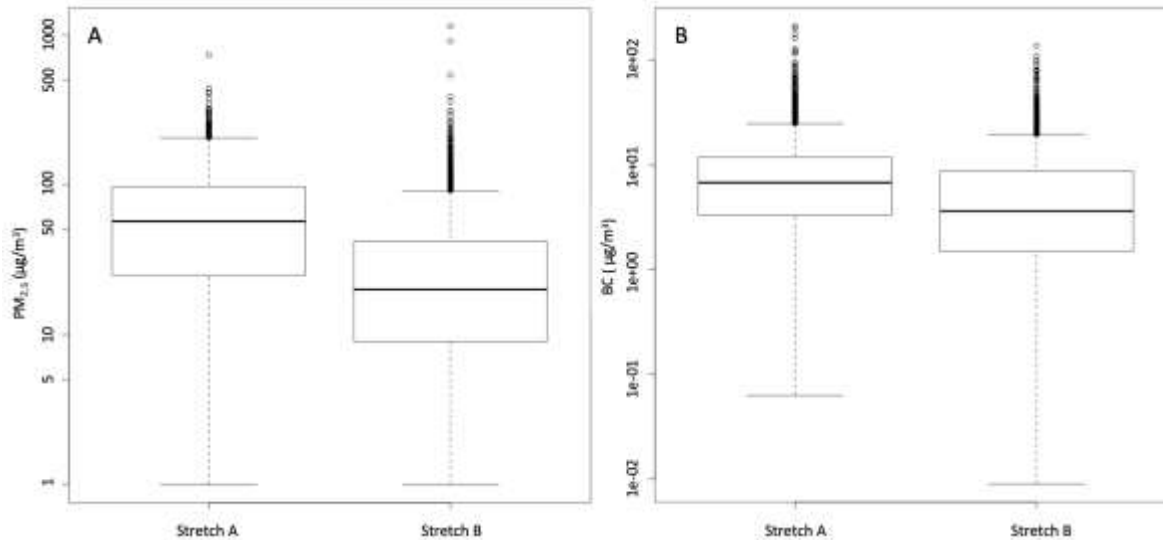
Concentraciones de PM_{2.5} y BC



- Tramo A: La menor variabilidad puede corresponder a una mayor concentración ambiente de estos contaminantes – presencia de fuentes industriales.
- Tramo B: La alta desviación estándar responde a la dinámica asociada con una alta presencia de fuentes móviles.

Resultados

Concentraciones de PM_{2.5} y BC



- Tramo A: mayores concentraciones de los dos contaminantes, concentraciones medias de PM_{2.5} duplicaron los valores del Tramo B - concentraciones de BC fueron 1.2 veces mayores.
- En Tramo A transitaban en promedio 60% más automóviles, motocicletas y buses, y 250% más camiones que en el Tramo B

Resultados

Variabilidad temporal

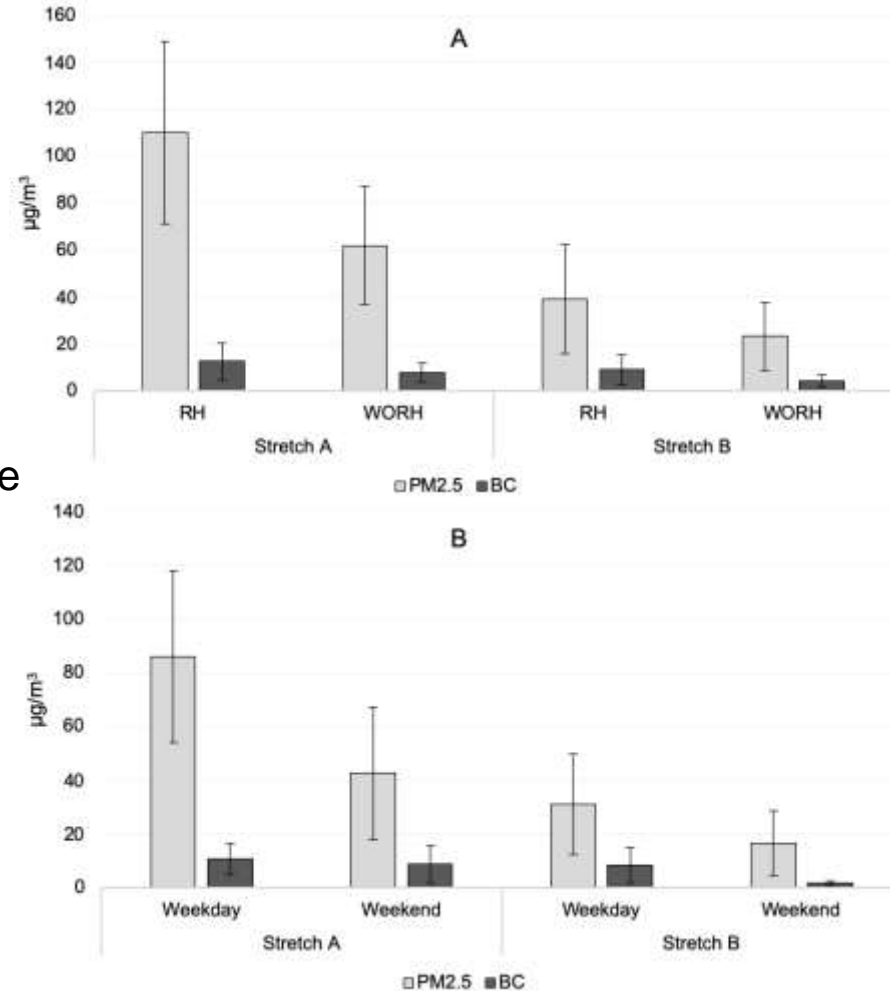
Concentraciones superiores en RH respecto de WORH

Concentraciones promedio de $PM_{2.5}$ - diferencia entre periodos de 42% (Tramo A) y 35% (Tramo B).

Causas:

Reducción número de vehículos: motocicletas (25% Tramo A y 6% Tramo B), buses (19% Tramo A y 8% Tramo B) y camiones (21% Tramo A y 8% Tramo B).

Automóviles registraron en promedio un mayor flujo en WORH (20% Tramo A y 5% Tramo B).



Resultados



Variabilidad por tramos – Tramo A

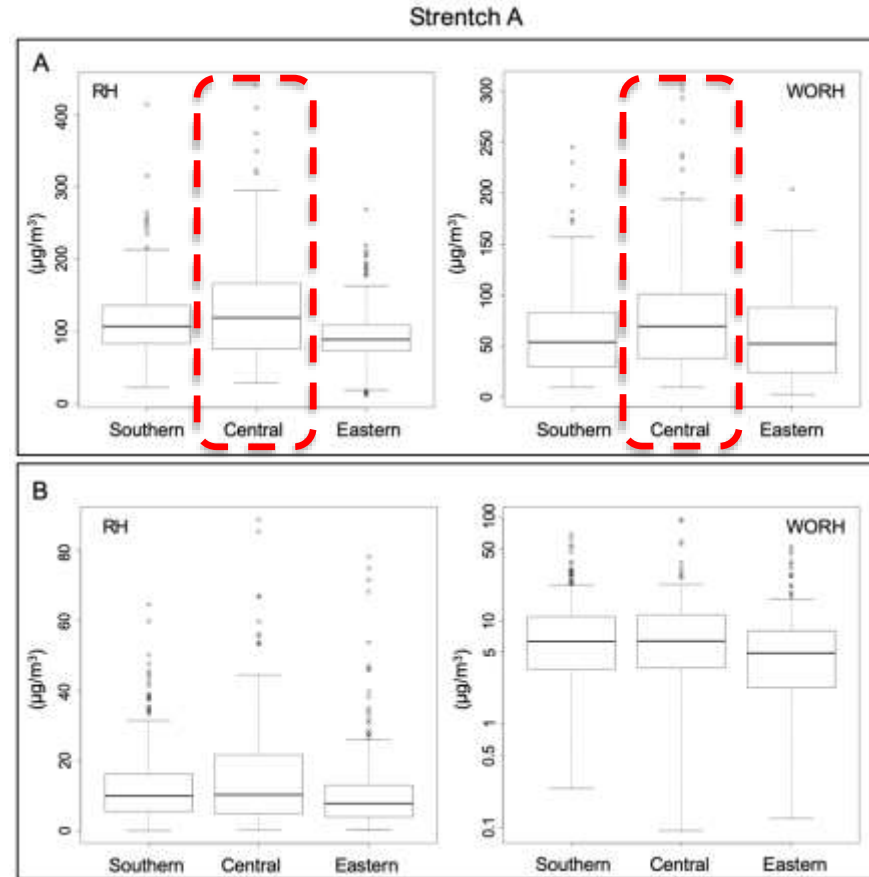
Sección Central tenía un carril exclusivo para las bicicletas - cercanía tráfico a los ciclistas, a la vía (< 1 m)

Altos valores relacionados con la composición vehicular, tanto en RH como en WORH por buses y camiones.

Sección Sur abierta y cicloruta distanciada de las vías.

Emisiones de buses del sistema masivo de transporte (Transmilenio) + emisiones industriales – dificultad en la dispersión de contaminantes.

Valores de fondo de BC determina gran parte de la exposición personal (Hofman et al., 2018).



Resultados



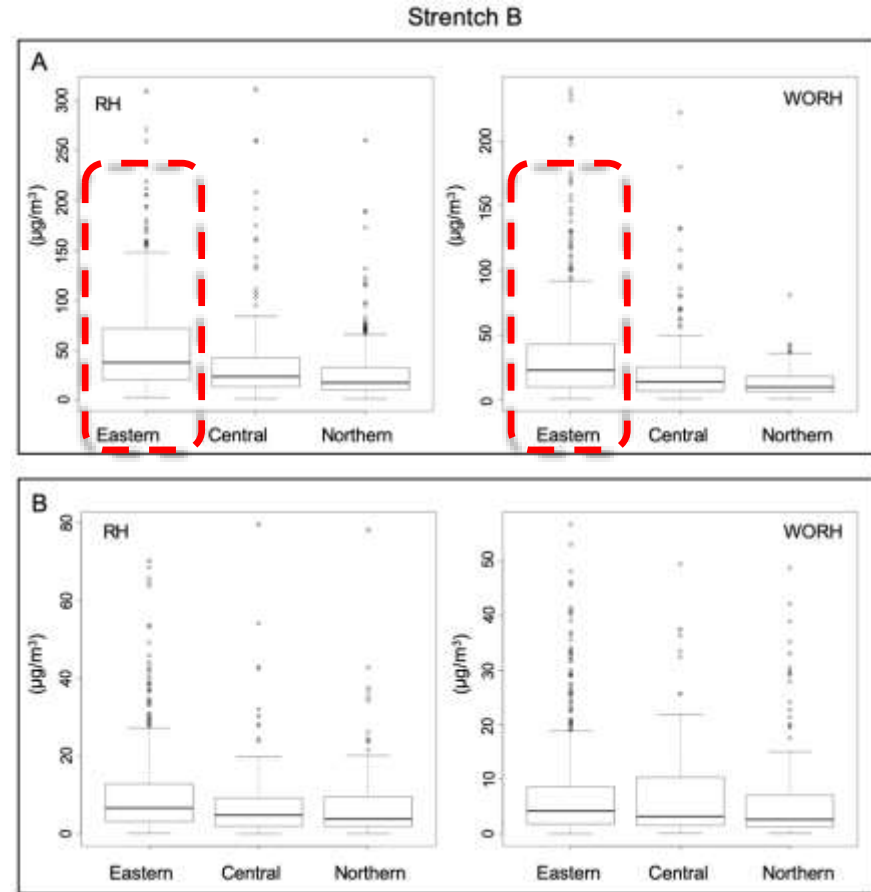
Variabilidad por tramos – Tramo B

Sección Oriental (Carrera 11) – Configuración diversa de la cicloruta.

Sección Norte cicloruta en un separador amplio y arborizado, a una distancia del tráfico entre 4 y 5 m.

Sección Norte registró el mayor número de automóviles - bajos niveles de exposición a $PM_{2.5}$.

Picos de concentración de BC por encima de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – semáforos.



Resultados

Composición química

- Los elementos trazas seleccionados: **Cu > Zn > Ba** > Mn > Pb > Sr > Cr > Sb > Sn > Ni > V > As > Cd > Co (10,1 – 15,1 ng/m³).
- Elementos más abundantes - emisiones vehiculares, desgaste mecánico de frenos y neumáticos, escape vehicular y aceite lubricante.
- Elementos tales como Ni, Pb, Cr, Sb, Co, Cd, Sr, Mn, y Sn también se han asociado con emisiones de tráfico.
- Zn ha sido reportado como elemento abundante en la fracción PM_{2.5} de vehículos diésel.

Resultados

Composición química

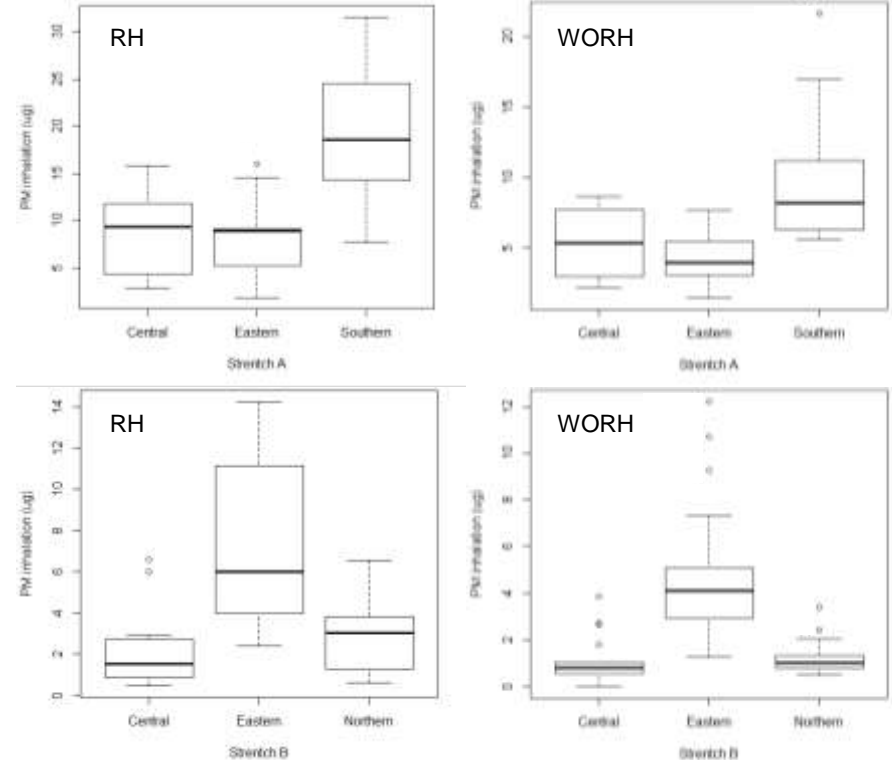
- Cr y Sb se han reconocido como trazadores del desgaste de frenos y llantas - alto flujo vehicular y baja velocidad de movilidad – carrera 11.
- La relación V/Ni obtenida fue de 0.41, indicando una mayor influencia de combustión vehicular (Lin et al., 2015).
- Independientemente de las bajas concentraciones de metales, como Cr, Ni, As, Co, Sb, Pb y Cd - estos se relacionan con riesgos carcinogénicos.

Resultados

Tasas de inhalación

Tramo A

- Menor tiempo de desplazamiento en sección con mayores concentraciones de contaminante (Sección central).
- Sección central alcanza niveles de la sección oriental que tiene una menor densidad vehicular.
- Sección sur representa la condición de mayor afectación para los ciclistas - alta presencia de buses y camiones es causante de altas concentraciones de contaminantes a pesar de la apertura de la vía.



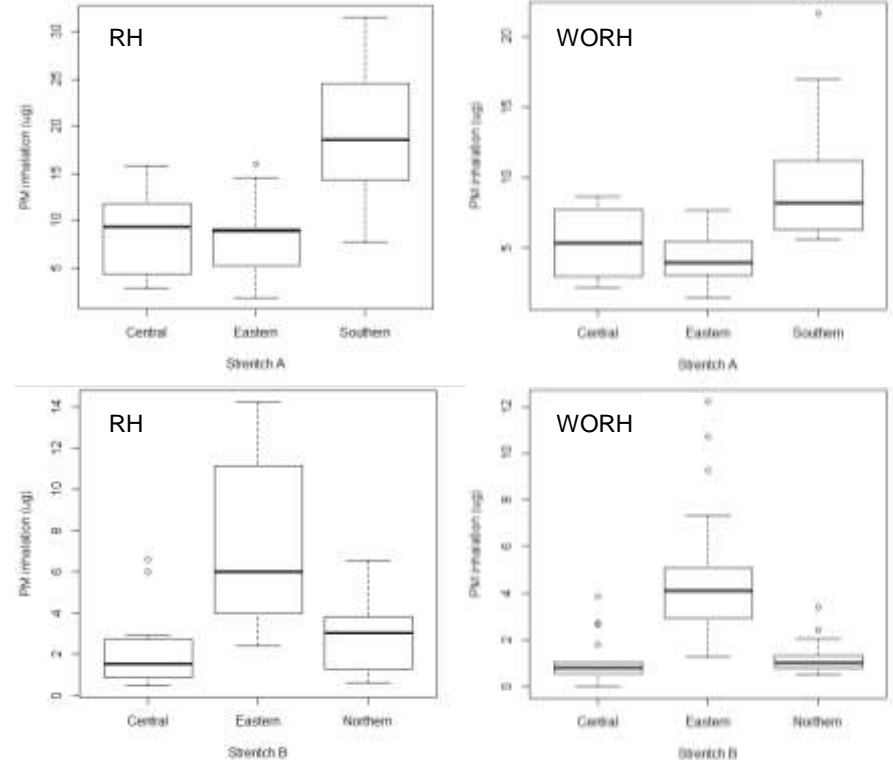
Resultados

Tasas de inhalación

Tramo B

Las diferencias de concentración de contaminantes eran 1.3 y 1.6 veces superiores para la sección oriental respecto a la sección central y sur, respectivamente.

En términos de inhalación de $PM_{2.5}$ estas diferencias ascienden a valores entre 4.3 y 4.4.



Conclusiones

Los ciclistas están expuestos a **niveles** de contaminación del aire que superan valores considerados como perjudiciales para la salud.

La **configuración** de las ciclorutas pasa a un segundo plano si no hay una separación marcada (barrera) entre la cicloruta y la vía.

La presencia de **metales** como el Cr, Ni, As and Cd en el material particulado, que respiran los ciclistas, debe llamar la atención de las autoridades por su efecto cancerígeno.

La tasa de inhalación permitió encontrar que independiente de las concentraciones de contaminantes, el **tiempo de permanencia** en las secciones toma mayor relevancia al momento de hacer ajustes para la ruta de desplazamiento de los usuarios.

Independiente de las **características**, lugares amplios con ciclorutas sobre la acera, las fuentes móviles y concentraciones ambiente mantienen concentraciones de contaminantes superiores a las admisibles por norma.

Estos resultados contribuyen al mejor entendimiento de la problemática de exposición personal, y sirven de evidencia para seguir incorporando la variable calidad del aire en el diseño de infraestructura dedicada a la bicicleta en ciudades de América Latina.

GRACIAS



Acreditada en Alta Calidad

Res. n°. 29499 del Mineducación. 29/12/17 vigencia 28/12/21

www.universidadean.edu.co

Centro de contacto en Bogotá: (57-1) 5936161 - (57-1) 5400330 - (57-1) 6398910

Línea gratuita nacional 01 8000 93 1000

E-mail: informacion@universidadean.edu.co

Cl. 79 N°. 11 - 45 El Nogal, Bogotá D.C. Colombia, Suramérica

©UNIVERSIDAD EAN | Vigilada Mineducación | SNIES 2812 |

Personería jurídica Res. n°. 2898 del Minjusticia - 16/05/69

