

Retos para la bicicleta como un modelo sostenible y saludable de movilidad en el Valle de Aburrá



Alejandro Builes-Jaramillo, PhD.
Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
COLEGIO MAYOR
DE ANTIOQUIA®

Acreditados
en ALTA CALIDAD

■ Agenda

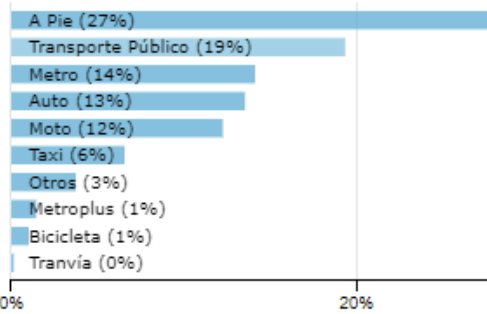
- Introducción
- Objetivos
- Zona de estudio
- Metodología
- Resultados
- Conclusiones



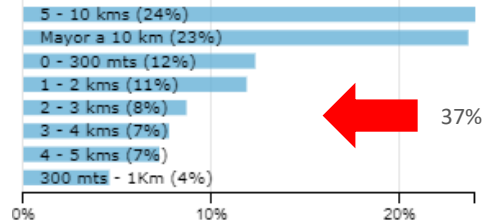
Introducción

La movilidad en el Valle de Aburrá

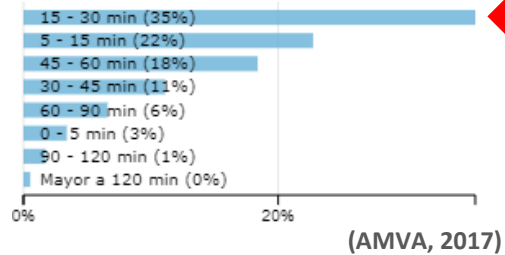
Modo Principal(% Viajes)



Distancia(% Viajes)



Duración (% Viajes)



Encuesta Origen Destino 2017

(<https://bit.ly/3lpYEm7>)

Metas

PARA EL CORTO PLAZO: 5%
 PARA EL MEDIANO PLAZO: 8%
 PARA EL LARGO PLAZO: 10%

(AMVA, 2015)

Plan Maestro Metropolitano de la Bicicleta del Valle de Aburrá (PMB2030)

Factores ambientales

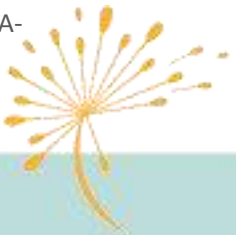


Episodios de contaminación atmosférica

- Si por efecto de las **condiciones meteorológicas** se favorece la formación y acumulación de contaminantes en la atmósfera.
- Si se observa un **fenómeno de mala calidad del aire** de uno o más días de duración.
- Si las estaciones de monitoreo reportan un Índice de Calidad del Aire promedio **superior al color naranja**, generado por partículas finas u ozono troposférico.

Plan Operacional para enfrentar Episodios de Contaminación Atmosférica en el Área Metropolitana del Vallé de Aburrá -POECA-

(AMVA, 2017 - PIGECA)



Objetivos

¿Qué tan expuestos están los usuarios de las bicicletas a las concentraciones de $PM_{2,5}$ en el Valle de Aburrá?



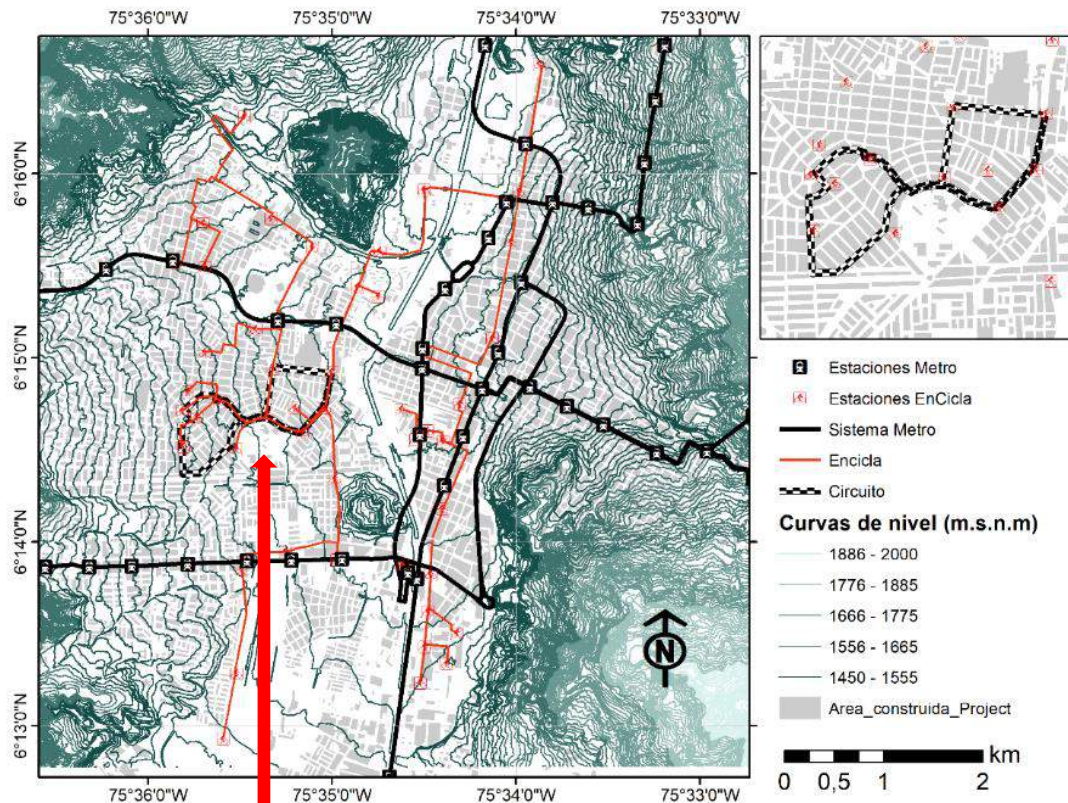
Tipos de bicicarril en el sistema EnCicla del Valle de Aburrá

¿Con base en la uso diario del sistema EnCicla y usando la teoría de redes, será posible revelar otras dinámicas del sistema?



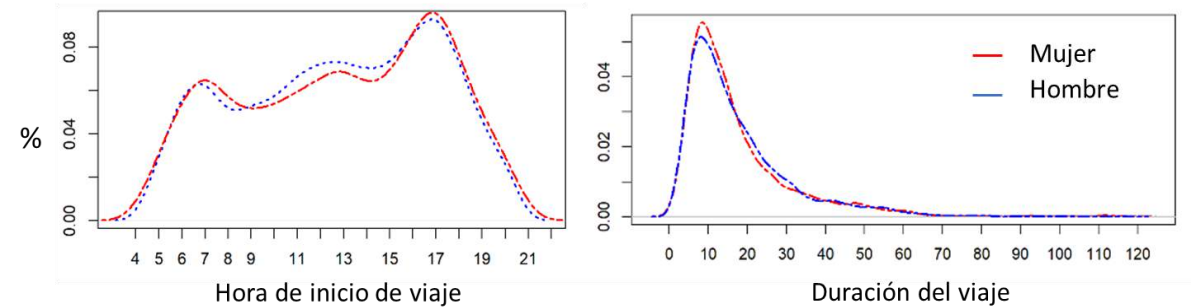
Zona de estudio

Localización del sistema EnCicla en la ciudad de Medellín



Circuito de muestreo.

Distribución de los viajes dependiendo del usuario



Medellín está localizado en valle interandino estrecho con un ancho máximo de 7 km, Con una altura sobre el nivel del mar de entre 1450 and 2000 m.

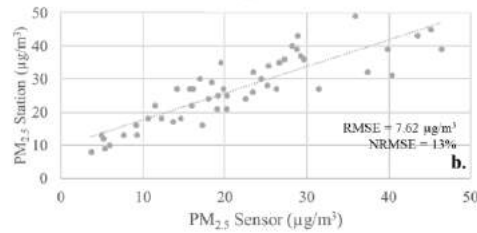
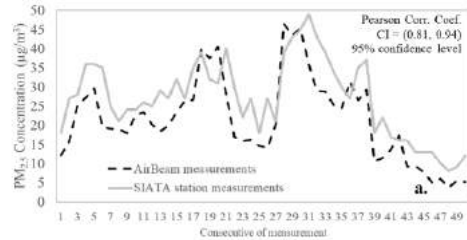
Todas las estaciones del sistema EnCicla se encuentran en la parte plana del valle, estando la más alta a 1520 m.s.n.m. y la más baja a 1455 m.s.n.m.

Para 2018 (año de mediciones) el sistema contaba con 51 estaciones, > 91000 usuarios y > 10000 viajes diarios



Metodología

Validación del Sensor



Monitoreo

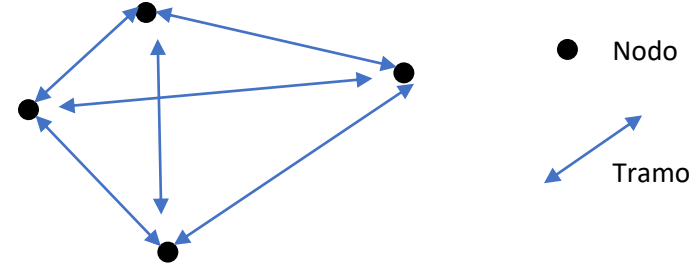


Dosis diaria promedio potencial

$$PADD = \frac{C \times IR \times ED}{BW}$$

C es la concentración de PM_{2.5} (µg/m³), IR es la tasa de inhalación (m³/d), ED es la duración de la exposición (h/d) durante un período de 1 año, y BW es el peso corporal (kg) del ciclista.

Métricas de red



Densidad del grafo (ρ): representa la fracción de estaciones que están conectadas por viajes con respecto al total de estaciones conectadas;

$$\rho = \frac{2m}{n(n-1)}$$

Coficiente de clustering (C): representa la probabilidad de que tres estaciones estén unidas por viajes entre ellas

$$C_i = \frac{E_i}{k_i(k_i - 1)}$$

Asortatividad (r) del grafo: representa con valores cercanos a 1 que las estaciones con más viajes tienden a conectarse con estaciones también con muchos viajes y con valores cercanos a -1 que las estaciones con más viajes tienden a conectarse con estaciones con pocos viajes.

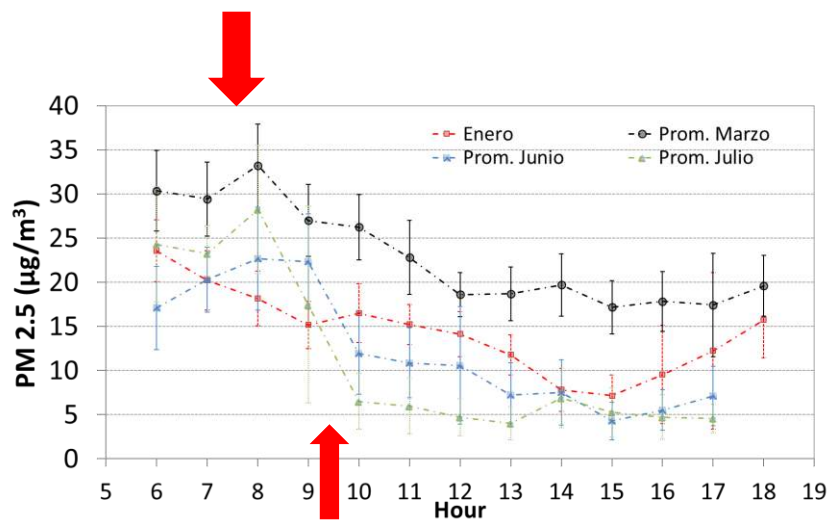
$$r = \frac{\sum_{ij}(A_{ij} - k_i^{out}k_j^{in})}{\sigma_{kin}\sigma_{kout}}$$



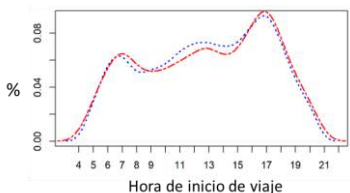
Resultados

Concentraciones promedio

Los ciclos diarios de concentraciones revelan que en la mañana es posible que los valores de $PM_{2.5}$ alcancen hasta $63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Promedio $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$)



La radiación solar genera una reducción de las concentraciones a partir de las 10 am.



Las más altas concentraciones se registran en la **primera hora pico** de uso del sistema.

El tiempo promedio para cada circuito de **monitoreo es de 40 min**, con una velocidad promedio de **6.7 m/s**, considerado como esfuerzo moderado a fuerte (IR para hombres $3,0 \text{ m}^3/\text{d}$ y para mujeres $2,7 \text{ m}^3/\text{d}$)

Dosis diaria potencial

Fecha	Concentración promedio $PM_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Desviación estándar $PM_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PADD mujeres adultas ($\mu\text{g}/\text{kg d}$)	PADD hombres adultos ($\mu\text{g}/\text{kg d}$)
24/01/2018	14.4	3.59	0.55	0.51
17/03/2018	21.98	3.25	0.84	0.78
27/03/2018	24.76	4.29	0.95	0.88
28/03/2018	33.26	4.32	1.27	1.18
18/06/2018	8.69	3.04	0.33	0.31
20/06/2018	16.43	4.30	0.63	0.58
21/06/2018	10.51	4.03	0.40	0.37
22/06/2018 (a.m.)	17.43	4.70	0.67	0.62
22/06/2018 (p.m.)	5.79	3.35	0.22	0.21
25/06/2018 (a.m.)	9.87	3.12	0.38	0.35
25/06/2018 (p.m.)	3.77	2.55	0.14	0.13
28/06/2018	18.93	6.52	0.73	0.67
3/07/2018	28.23	8.45	1.08	1.00
4/07/2018	15.77	5.02	0.60	0.56
5/07/2018	9.61	3.21	0.37	0.34

La PADD es **altamente dependiente de la temporada** ya que se duplica de enero a marzo, y también se puede aumentar en un 30 % si se promedia el $PM_{2.5}$ para las horas de la mañana o de la tarde



Resultados

Métricas de redes

Los valores altos de densidad y *clustering* para **todos los viajes indican una red bien conectada**, los usuarios realizan viajes entre casi todas las estaciones, y que **la probabilidad de conectar tres estaciones es alta**. La reducción en la densidad y el coeficiente de *clustering* significa que la red de las ciclistas es más dispersa y, en consecuencia, muestra que **las usuarias no usan muchas estaciones diferentes y no realizan muchos viajes utilizando el sistema público de bicicletas compartidas**.



	Pares OD	Densidad de grafo (ρ)	Coeficiente de clustering (C)	Coeficiente de asortatividad (r)
Todos los usuarios	10370	0.76	0.78	0.0121
Mujeres	2309	0.36	0.49	0.0170
Hombres	8061	0.72	0.75	-0.0041

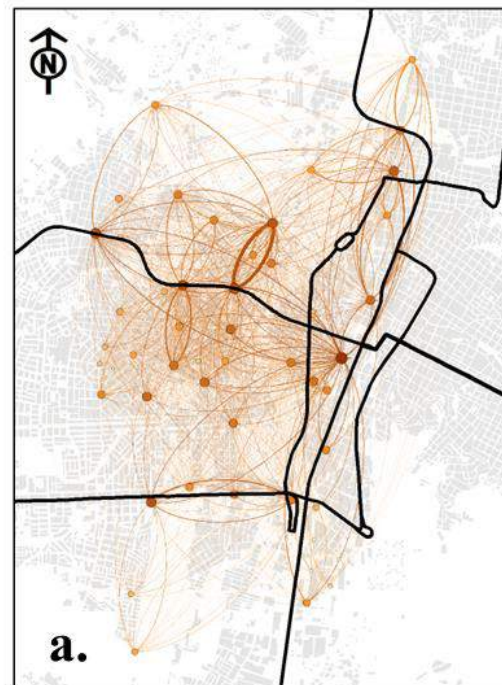


El **22 %** de los viajes diarios son hechos por usuarias **mujeres**.

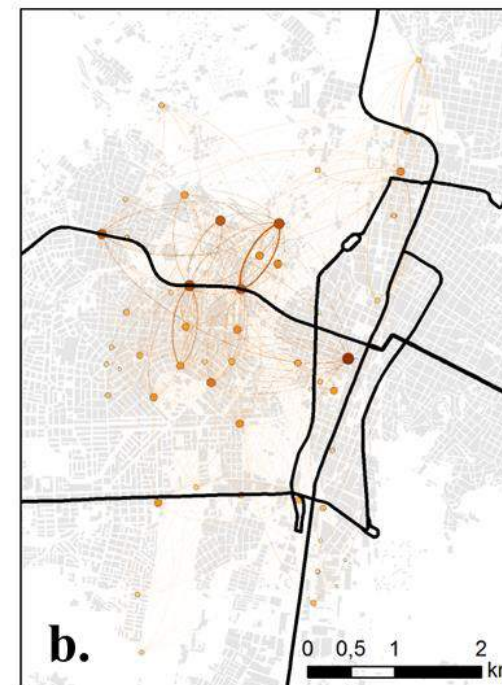


Una asortatividad positiva en mujeres indica más viajes entre estaciones más concurridas. Puede indicar viajes entre estaciones **“más seguras”**.

Red para cada tipo de usuario



Hombres



Mujeres



■ Conclusiones

Los resultados presentados muestran de forma clara dos implicaciones de la calidad del aire y el diseño de los sistemas de ciclo rutas para los entes gubernamentales que buscan fomentar el uso de la bicicleta como un sistema masivo de transporte por sus beneficios en términos de economía, salud y disminución de la contaminación que son:

- i) En la medida que las concentraciones de contaminantes en las ciudades sigan en aumento **llegará un umbral** en el que el uso constante de la bicicleta se convierta en un problema para la salud pública por la alta exposición a la contaminación de sus usuarios;
- ii) El diseño de los sistemas de bicicletas deben ser pensados para todos los usuarios, particularmente para aquellos que se puedan **sentir más vulnerables** por el uso del sistema y por ende no aprovechar completamente las ventajas que da un sistema público y gratuito.



Agradecimientos

Gracias a Julián Gómez-Bedoya, Stephania Lopera-Uribe, Valeria Fajardo-Castaño, Laura Lotero, Natalia Cardona, Agustín Menéndez, y a todos los estudiantes que participaron en las campañas de campo. A la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia por la financiación del proyecto “Evaluación de los niveles de material particulado PM_{2.5} en la infraestructura para ciclistas en la ciudad de Medellín” y a la Maestría en Desarrollo Sostenible del Instituto Tecnológico Metropolitano



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
COLEGIO MAYOR
DE ANTIOQUIA®

Acreditados
en ALTA CALIDAD



Institución
Universitaria
Reacreditada en Alta Calidad

Para más información:



Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, No.96, pp. 87-99, Jul-Sep 2020

Hotspots, daily cycles and average daily dose of PM_{2.5} in a cycling route in Medellín

Puntos críticos, ciclos diarios y dosis diaria de PM_{2.5} para una cicloruta en Medellín



Alejandro Builes-Jaramillo ^{1*}, Julián Gómez-Bedoya ^{1,2}, Stephania Lopera-Uribe ¹, Valeria Fajardo-Castaño ¹

¹Facultad de Arquitectura e Ingeniería, Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia. Carrera 78 # 65-46. C. P. 050034. Medellín, Colombia.

²Maestría en Desarrollo Sostenible, Instituto Tecnológico Metropolitano. Calle 73 # 76A-354. C. P. 050034. Medellín, Colombia.

<https://doi.org/10.17533/udea.redin.20191153>



Spatial-temporal network analysis of the public bicycle sharing system in Medellín, Colombia

Alejandro Builes-Jaramillo ¹, Laura Lotero ^{2*}

¹Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, Facultad de Arquitectura e Ingeniería, Carrera 78 # 65 - 46, Edificio patrimonial, Medellín, Colombia

²Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Pontificia Bolivariana, Circular 1 # 70 - 01, Medellín, Colombia

<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2022.103460>



Institución
Universitaria
Reacreditada en Alta Calidad

Estrategias urbanas para la reducción a la exposición de material particulado PM_{2.5} en el sistema de bicicletas públicas en la ciudad de Medellín.

<http://hdl.handle.net/20.500.12622/5829>

Julián Alonso Gómez Bedoya





Gracias

Alejandro Builes-Jaramillo, PhD.

luis.builes@colmayor.edu.co

Facultad de Arquitectura e Ingeniería

Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia

Medellín, Colombia

Más información



<https://casap.science/>



casap@casap.science