

Actualización del inventario de emisiones atmosféricas de la ciudad de Manizales – Año base 2022

Caren Xiomara Guzmán España¹, Erika Marcela Trejos², Carlos Mario González Duque³, Jorge Julián Vélez Upegui⁴,
Mauricio Velasco Garcia⁵

^{1,2,3 y 4} Grupo de Trabajo Académico en Ingeniería Hidráulica y Ambiental - GTAIHA, Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

⁵ Grupo de investigación en Recursos Naturales y Medio Ambiente Corpocaldas - GIRMAC, Corporación Autónoma Regional de Caldas

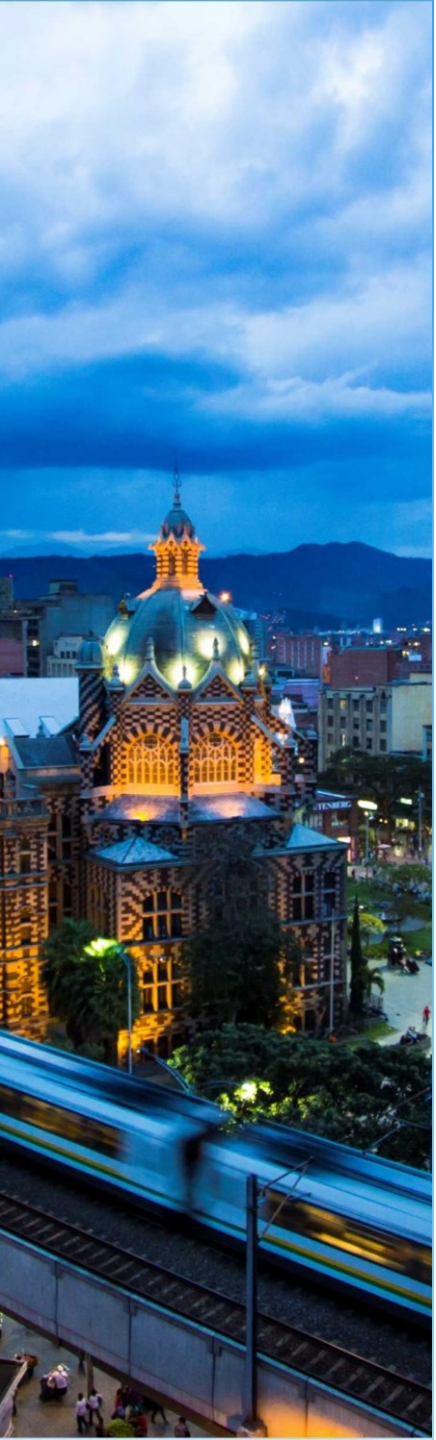
¹cguzmane@unal.edu.co

³cmgonzalezd@unal.edu.co



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA





Introducción

Contexto:

Los inventarios de emisiones (IE) son una herramienta indispensable para:

- Cuantificar sus aportes de fuentes de contaminantes atmosféricos
- Identificar y priorizar las fuentes
- Diseñar estrategias de mitigación dirigidas a mejorar la calidad del aire

Inventarios de emisión previos realizados en Manizales (población urbana 454.500 hab.):

- Primer IE: Año base 2014. Incluyó fuentes móviles en ruta y estacionarias puntuales
- Segundo IE: Año base 2017. Incluyó fuentes móviles en ruta y estacionarias (puntuales y de área). Se evidenció un incremento en las emisiones asociadas a cambios en el parque industrial y disminución en emisiones vehiculares.

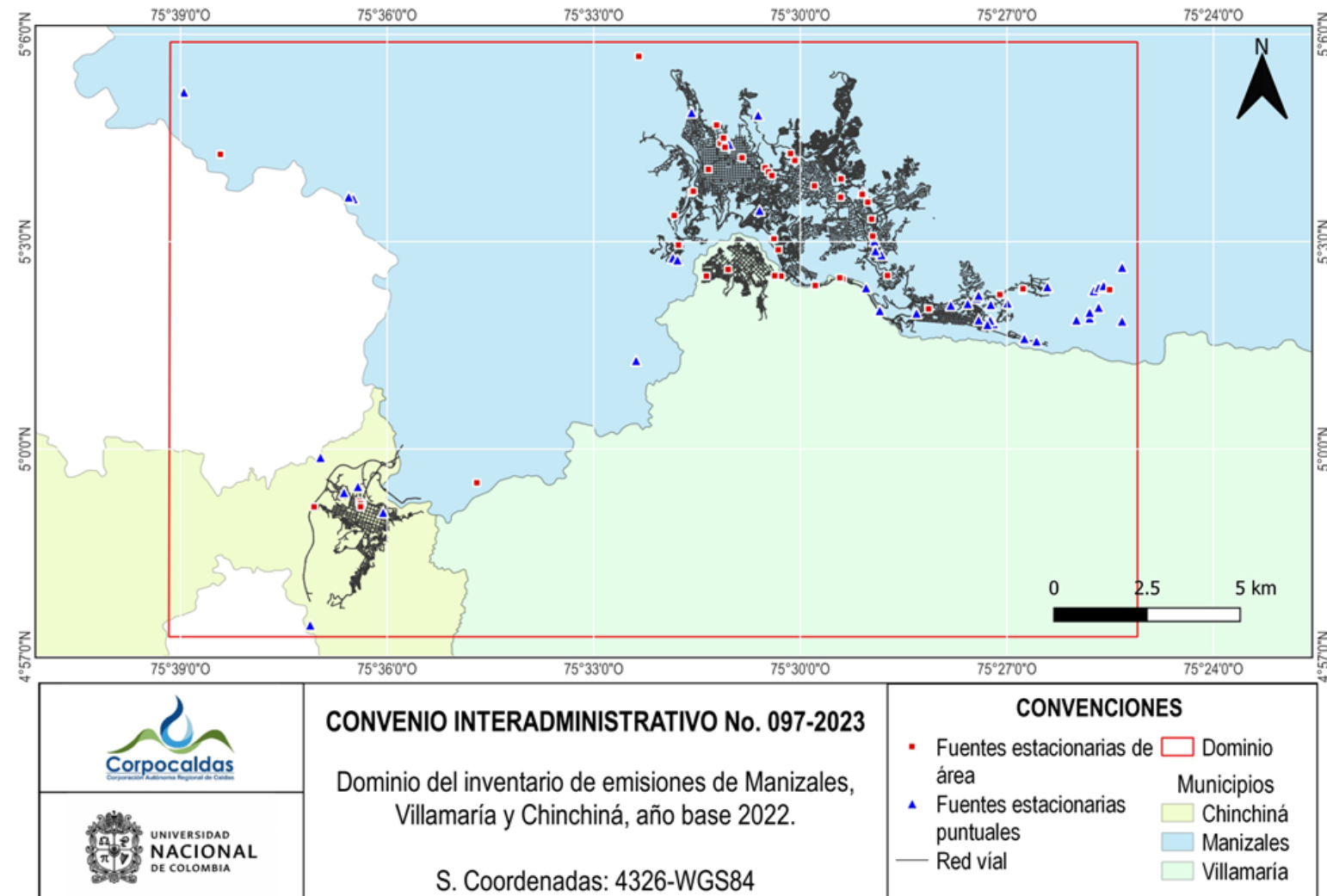
Objetivo del presente estudio:

Actualización del IE año base 2022: fuentes móviles y estacionarias

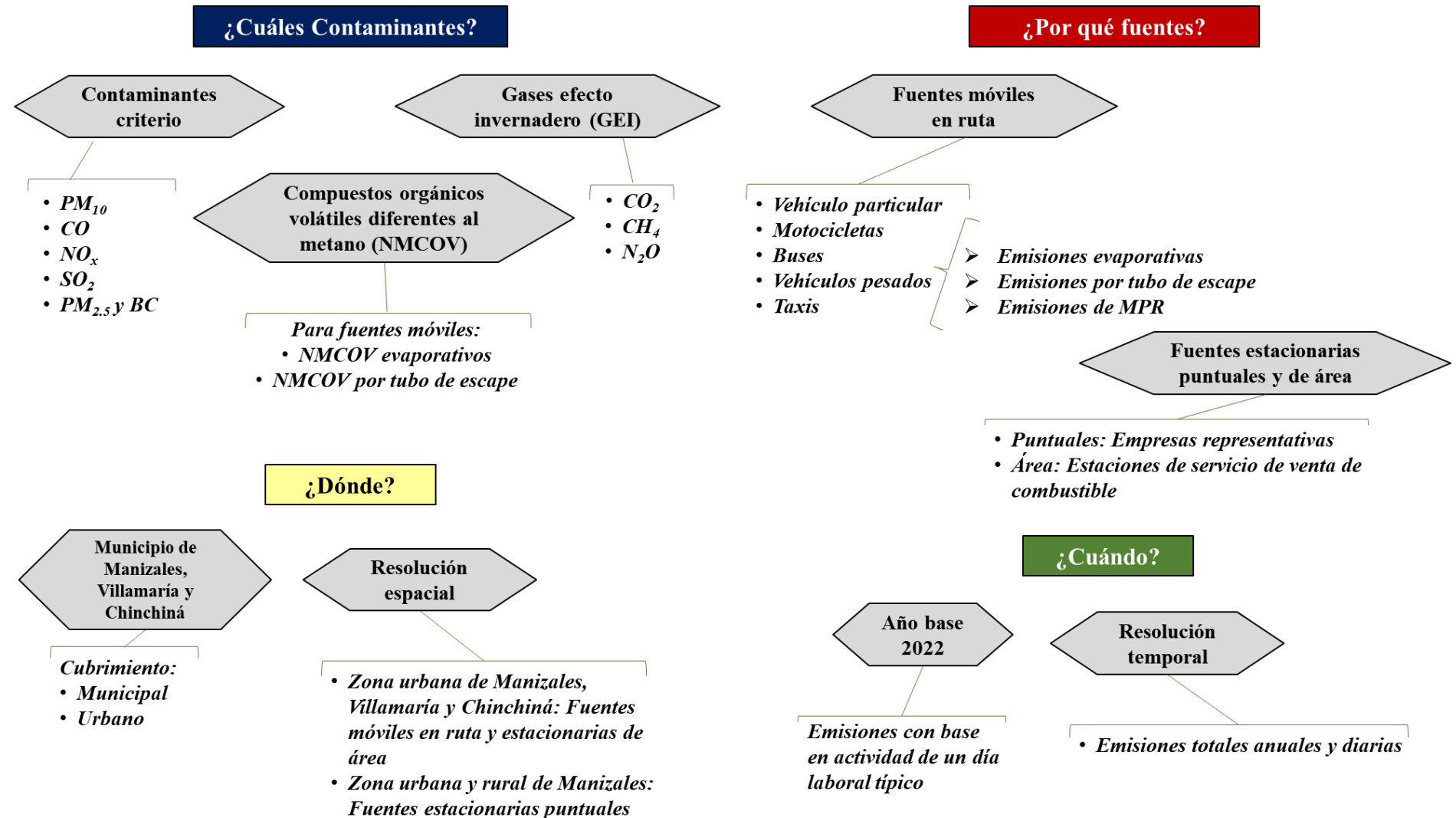
Convenio Interadministrativo entre Corpocaldas y la Unal Sede Manizales



Metodología: Dominio y dimensiones del inventario



Metodología: Dominio y dimensiones del inventario



Metodología: Fuentes Estacionarias



Puntuales

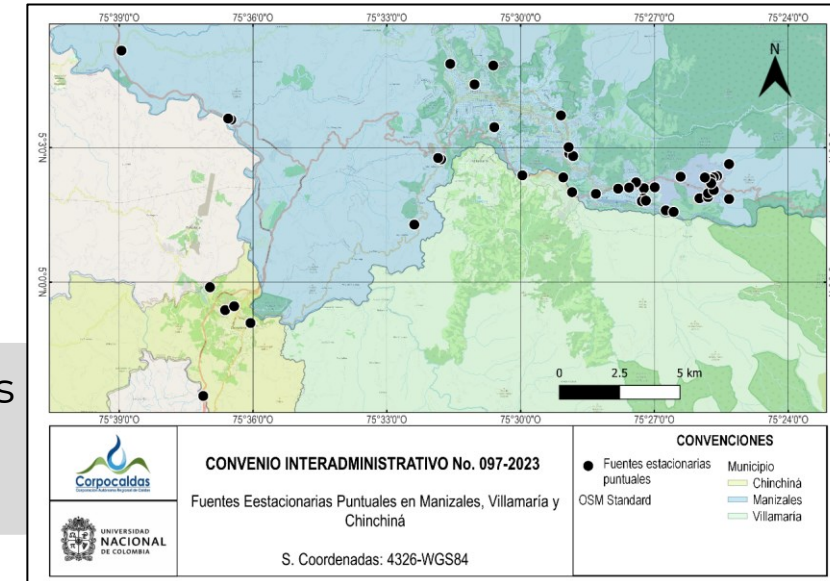
Recopilación de información de las industrias (Manizales, Villamaría y Chinchiná)

- Expedientes ambientales
- Registro Único Ambiental (RUA)

Estimación de emisiones totales anuales

- Mediciones directas
- Factores de emisión- EPA

- 21 informes isocinéticos y 8 informes de seguimiento para empresas que utilizan carbón
- 25 registros del RUA



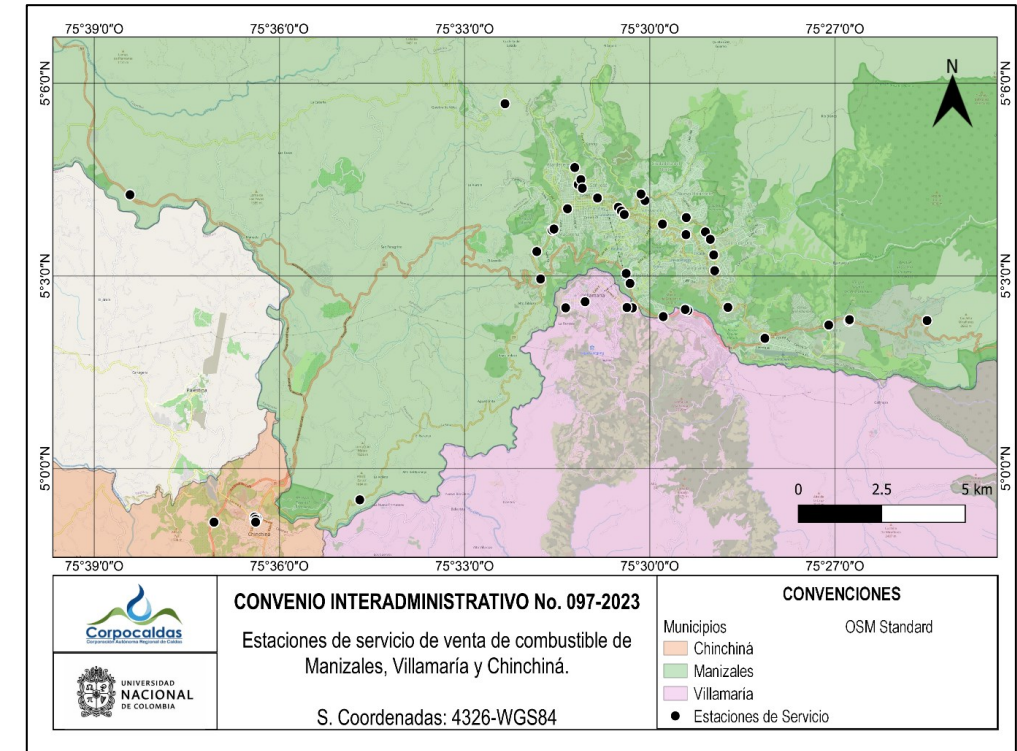
$$E_i = \sum FE_{i,j} \times FA \times \left(1 - \frac{n}{100}\right)$$

Metodología: Fuentes Estacionarias

✓ Enfoque: Top-down

Información de ventas de combustible en 33 EDS en Manizales, 7 en Villamaría y 5 en Chinchiná.

Ventas de combustible en estaciones de servicio entre los años 2019 y 2022 obtenidas de SOLDICOM (<http://fondosoldicom.org/>) y Minenergía datos abiertos (<https://www.datos.gov.co/Minas-y-Energia/Distribuidores-Mayoristas-Despacho-de-combustibles/339g-zjacobia>).



$$E_i = EF_i \times V_i \times 10^{-6}$$

Metodología: Fuentes Móviles en ruta

Enfoque que combinó aproximaciones BOTTOM-UP y TOP-DOWN

Categorías vehiculares:

- Automóvil
- Camioneta
- Motocicleta
- Bus
- Taxi
- Pesado - 2 y 3 ejes



Actividad vehicular (VKT) simulada con software **TransCad 10**



Factores de emisión:
Ajustados a partir del
modelo de emisiones
MOVES – Colombia



**Modelo bottom-up
simplificado**

$$E_{i,j,k} = FE_{i,j,k} \times VKT_j$$



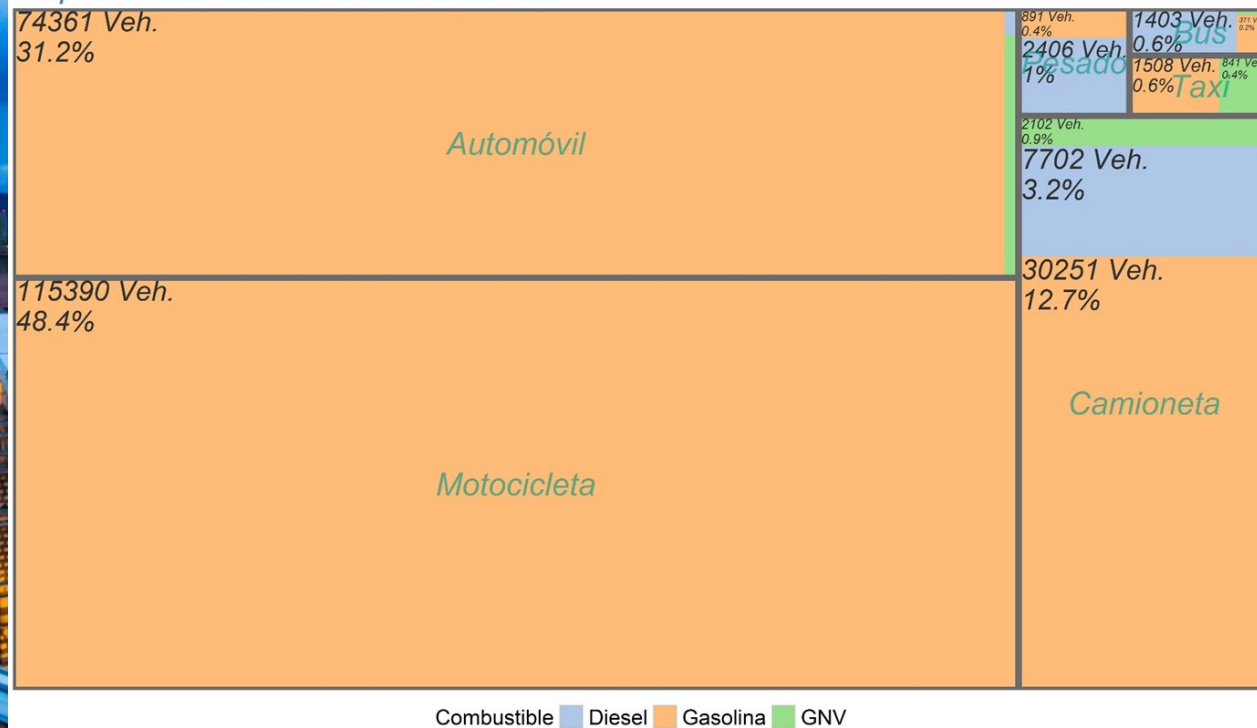
Tubo de escape y
emisiones
evaporativas



Emisiones de material
particulado resuspendido

Metodología: Fuentes Móviles en ruta

Composición de la flota vehicular en Manizales - 2022

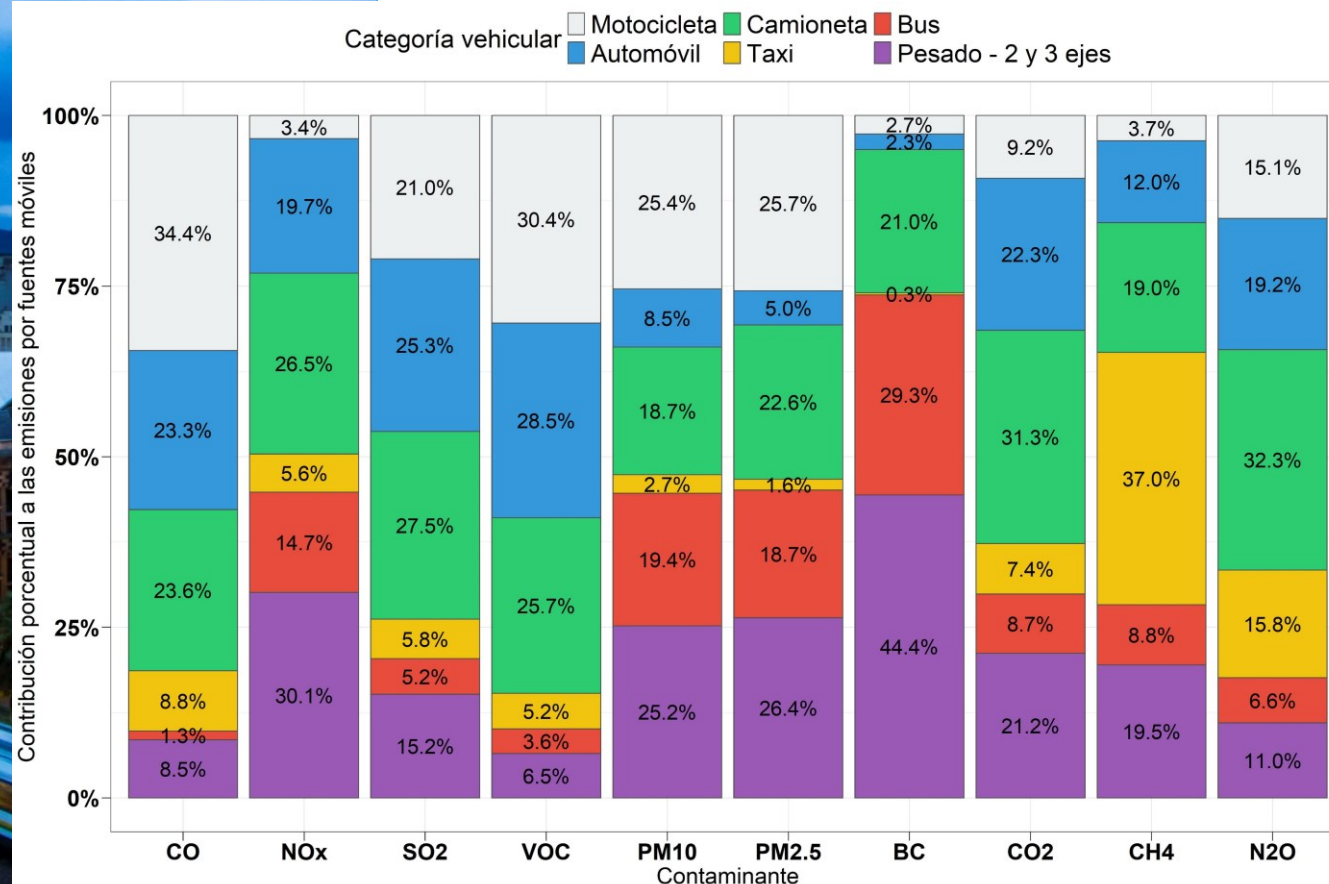


Flota vehicular registrada en Manizales para 2022 y variación con respecto a años base de IE previos

Categoría vehicular	IE año base 2014	IE año base 2017	IE año base 2022	Incremento 2017 a 2022
Vehículo particular	45,423	57,058	75,466	32%
Camioneta	18,667	24,601	40,152	63%
Motocicleta	60,625	79,734	115,390	45%
Taxi	2,402	2,320	2,349	1%
Bus	2,367	2,604	1,832	-30%
Vehículo pesado de carga	1,864	2,044	2,622	28%
	664	781	698	-11%
TOTAL	132,012	169,142	238,509	↑ 41%

Incremento de 2014 a 2017, 28%

Resultados: Fuentes Móviles

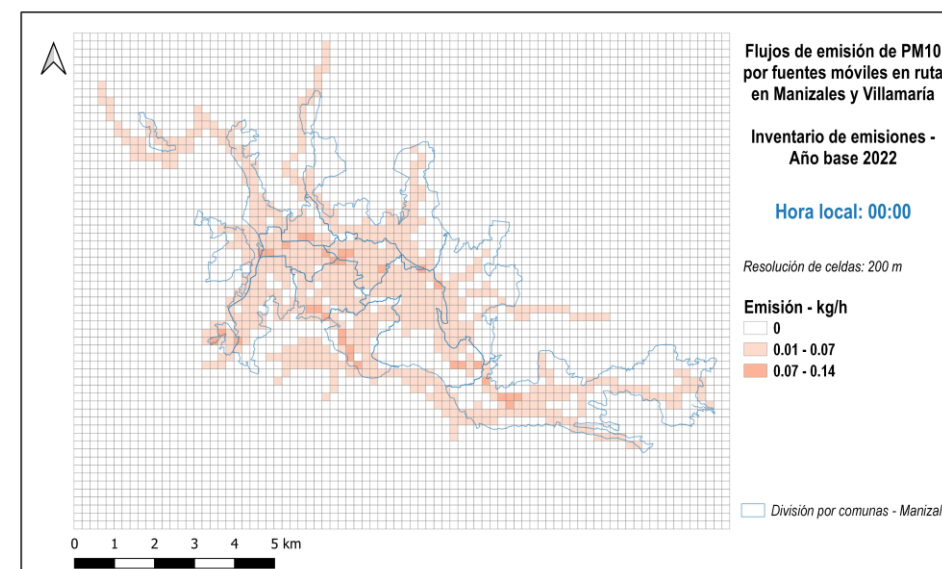


Contribución porcentual a las emisiones por fuentes móviles en ruta

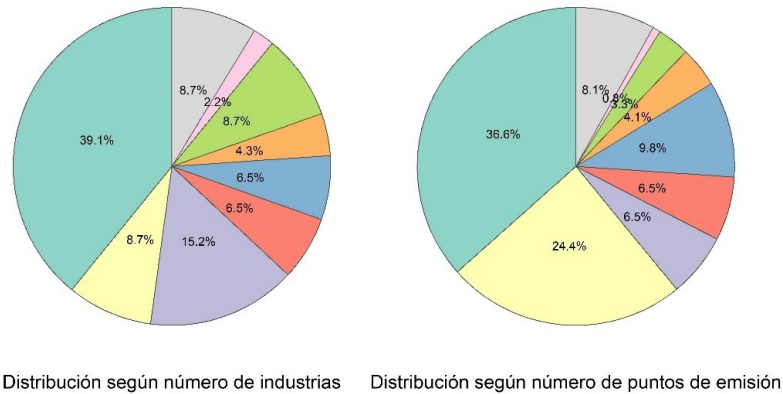
- Se destaca la contribución porcentual de motocicletas y vehículos livianos al PM (superior a la obtenida en IE previo)

- Vehículos de diésel (buses y vehículos de carga):

- Representan menos del 2% de la flota
- Tienen aportes significativos a contaminantes como PM₁₀ (44.6%) y PM_{2.5} (45.1%)



Resultados: Fuentes Estacionarias

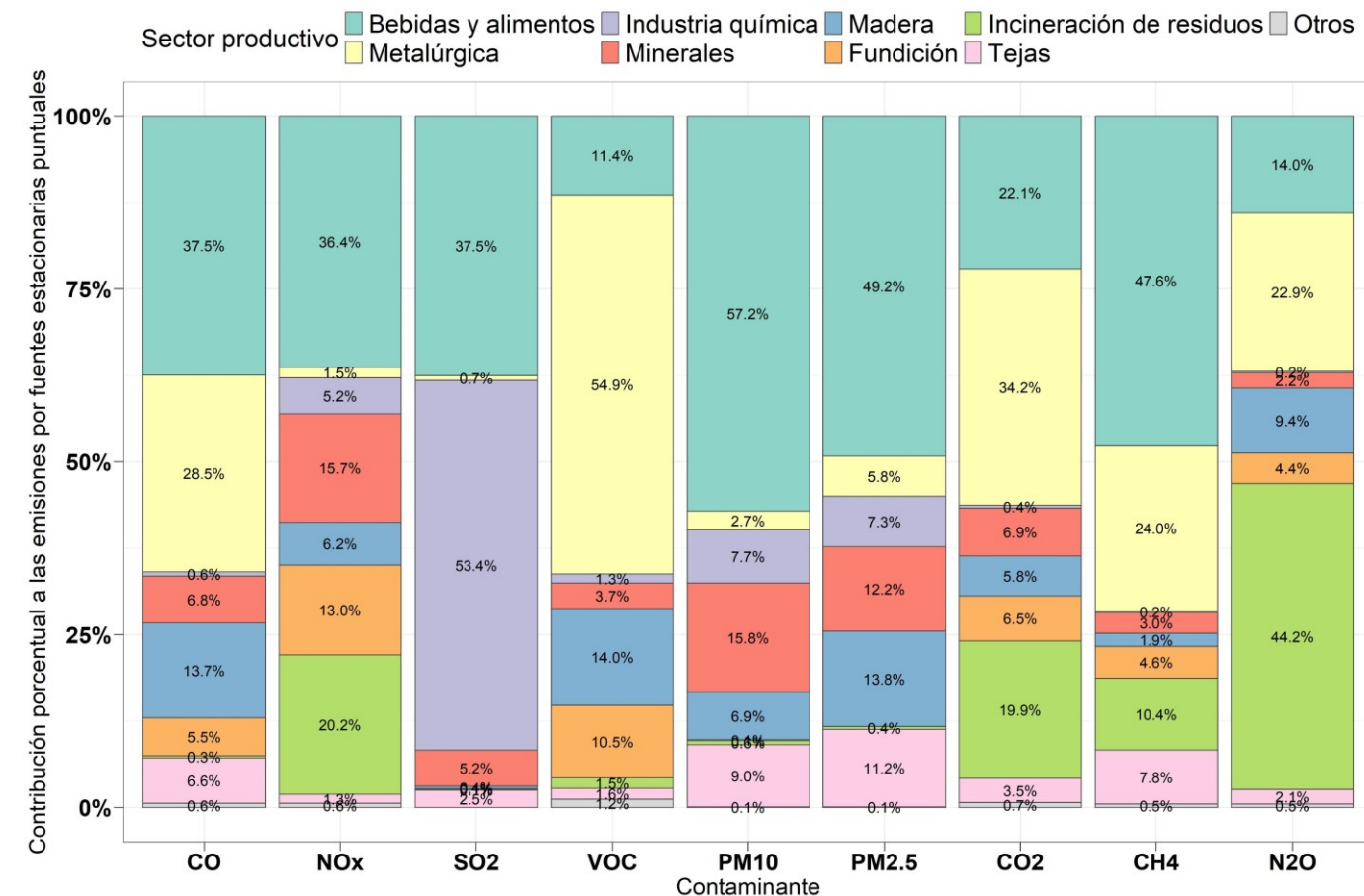


Distribución de sectores productivos

- De las 41 empresas evaluadas, mayor participación del sector de bebidas y alimentos (39%)
- El sector de bebidas y alimentos presentó mayores aportes de los contaminantes PM₁₀ y PM_{2.5} asociados principalmente al uso de carbón como combustible

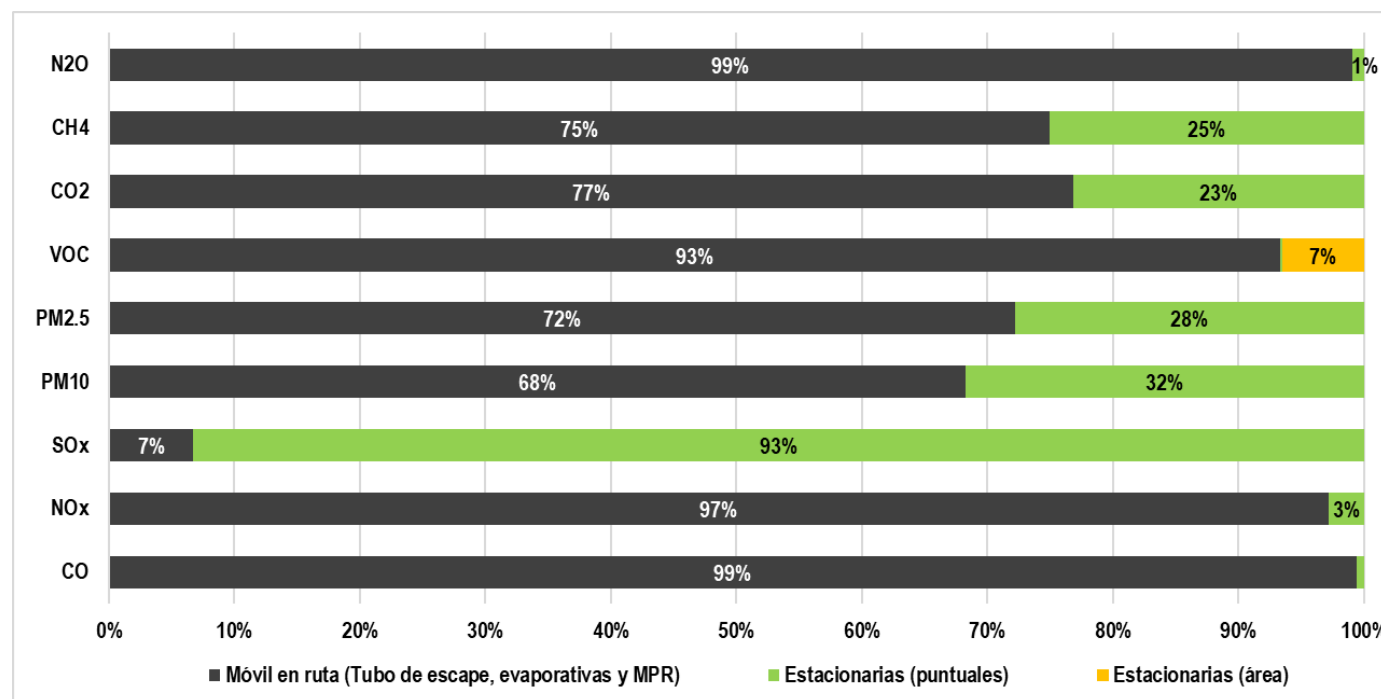
Tipo de industria	Consumo de Carbón (ton/año)	
	IE-2017	IE-2022
Bebidas y alimentos	32433.4	39668.1
Minerales	915	5309

Aporte porcentual del tipo de industria al total de emisiones por fuentes estacionarias puntuales



Resultados: Emisiones totales

- Fuentes móviles aportan mas del 68% de emisiones.
- Solo en para el contaminante SO₂, el 93% lo aportan fuentes estacionarias puntuales
- Se destaca el incremento en la contribución de fuentes estacionarias puntuales a contaminantes como PM, con respecto al IE previo (18% en 2017 al 32% en 2022 para PM₁₀)



Contribución porcentual al total de emisiones por tipo de fuente en el IE de Manizales y Villamaría año base 2022

Resultados: Comparación IE-2017 vs. IE-2022

Fuentes Estacionarias:

- Las emisiones de CO disminuyeron en un 60%
- Incremento del material particulado influenciado por conformación del parque industrial y el tipo de combustible)
- PM₁₀ ↑ 219% PM_{2,5} ↑ 214%

Fuentes móviles

Tendencia general: Reducción de las emisiones en la mayoría de la categorías

- Mayor proporción de vehículo nuevos en el perfil de antigüedad (tecnologías mas limpias)

Fuente	Emisión (ton/año)								
	CO	NOx	SOx	PM10	PM2.5	VOC	CO2	N2O	CH4
Estacionarias (puntuales)	204,96	191,00	289,48	201,17	92,25	6,97	198545,80	3,78	6,01
Estacionarias (área)						287,9			
Móvil en ruta (bubo de escape, evaporativas y MPR)	36204,49	6636,91	20,93	433,15	240,23	3634,87	659826,71	11,32	670,53
Total general	36409,45	6827,91	310,41	634,32	332,48	3929,74	858372,51	15,10	676,54



Implicaciones en políticas públicas y para la práctica

Los resultados del inventario de emisiones atmosféricas proporcionan una base sólida para la formulación e implementación de políticas públicas orientadas a la reducción de la contaminación del aire en la región, contribuyendo con insumos técnicos para la gestión de calidad del aire en la ciudad.

Importante priorizar fuentes de emisión tales como:

- Las fuentes móviles en ruta: Vehículos a diésel. Seguimiento al comportamiento de flota de camionetas y motos.
- El sector industrial que utiliza carbón como combustible

Algunos componentes clave para futuras actualizaciones:

- Factores de emisión -> Alta incertidumbre, necesidad de metodologías comparables
- Inclusión de otros sectores de importancia. Por ej. Fuentes Móviles fuera de ruta
- Mejoras continuas en modelo bottom-up desarrollado



Agradecimientos

- Corpocaldas y la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales – Convenio interadministrativo 097-2023
- Grupo de Trabajo Académico en Ingeniería Hidráulica y Ambiental



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA



Grupo de trabajo académico en
Ingeniería Hidráulica y Ambiental



GRACIAS

cmgonzalezd@unal.edu.co

Más información



<https://casap.science/>



casap@casap.science