

# UNA ESTRATEGIA DE OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INVENTARIOS DE EMISIONES EN CIUDADES INTERMEDIAS CASO DE ESTUDIO ÁREA METROPOLITANA DE CÚCUTA



Andrea J. Hernandez<sup>1\*</sup>, Luis A. Morales-Rincon<sup>1</sup>, Jorge Enrique Arenas<sup>2</sup>, Mónica Espinosa<sup>3</sup>, Juan Felipe Franco<sup>3</sup>

## Plan de calidad del aire Cúcuta - Región

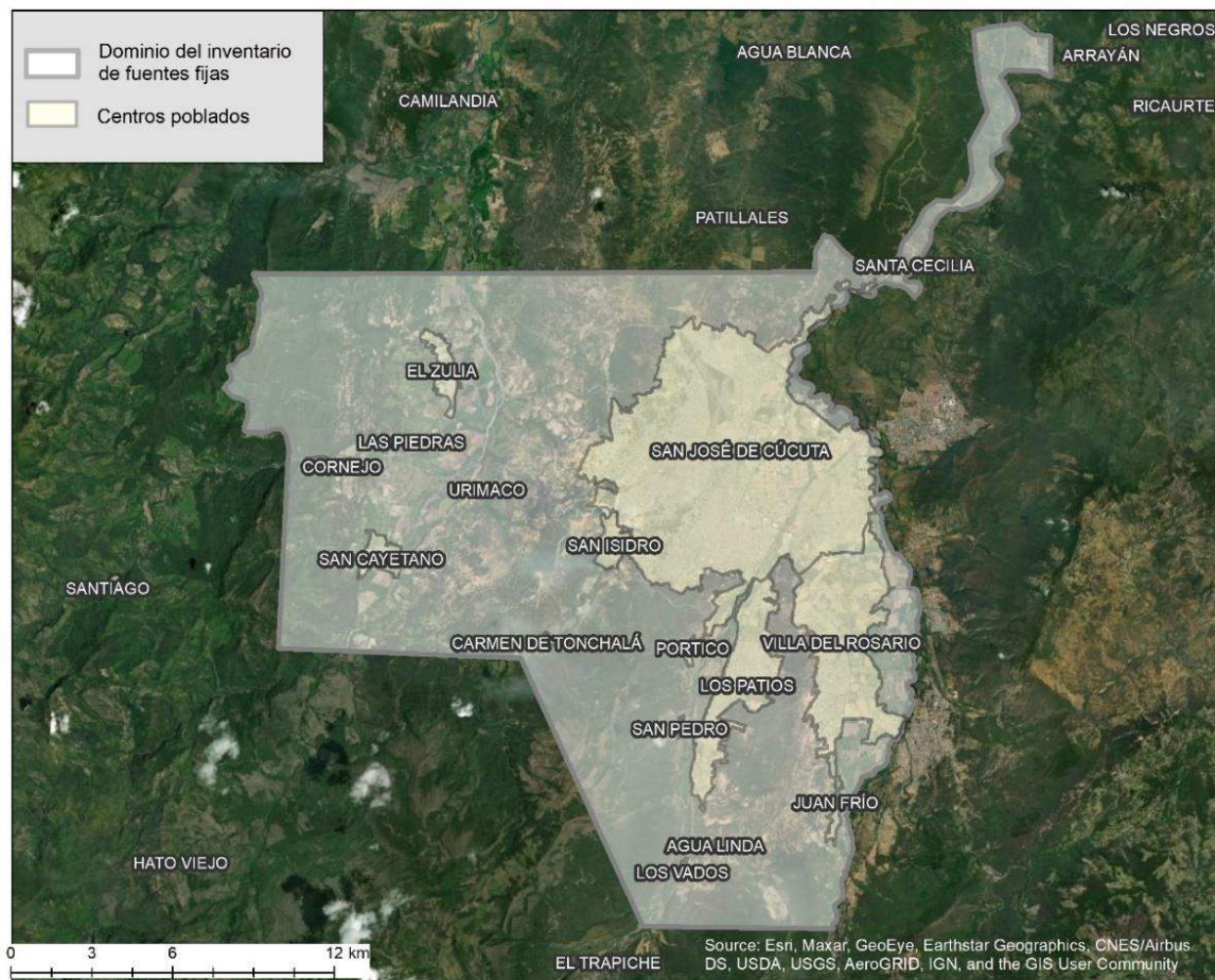


PLAN DE  
**CALIDAD  
DEL AIRE**  
CÚCUTA REGIÓN





## Inventario de emisiones - Alcance



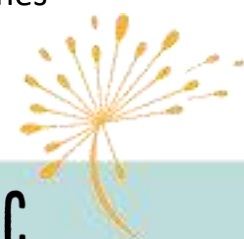
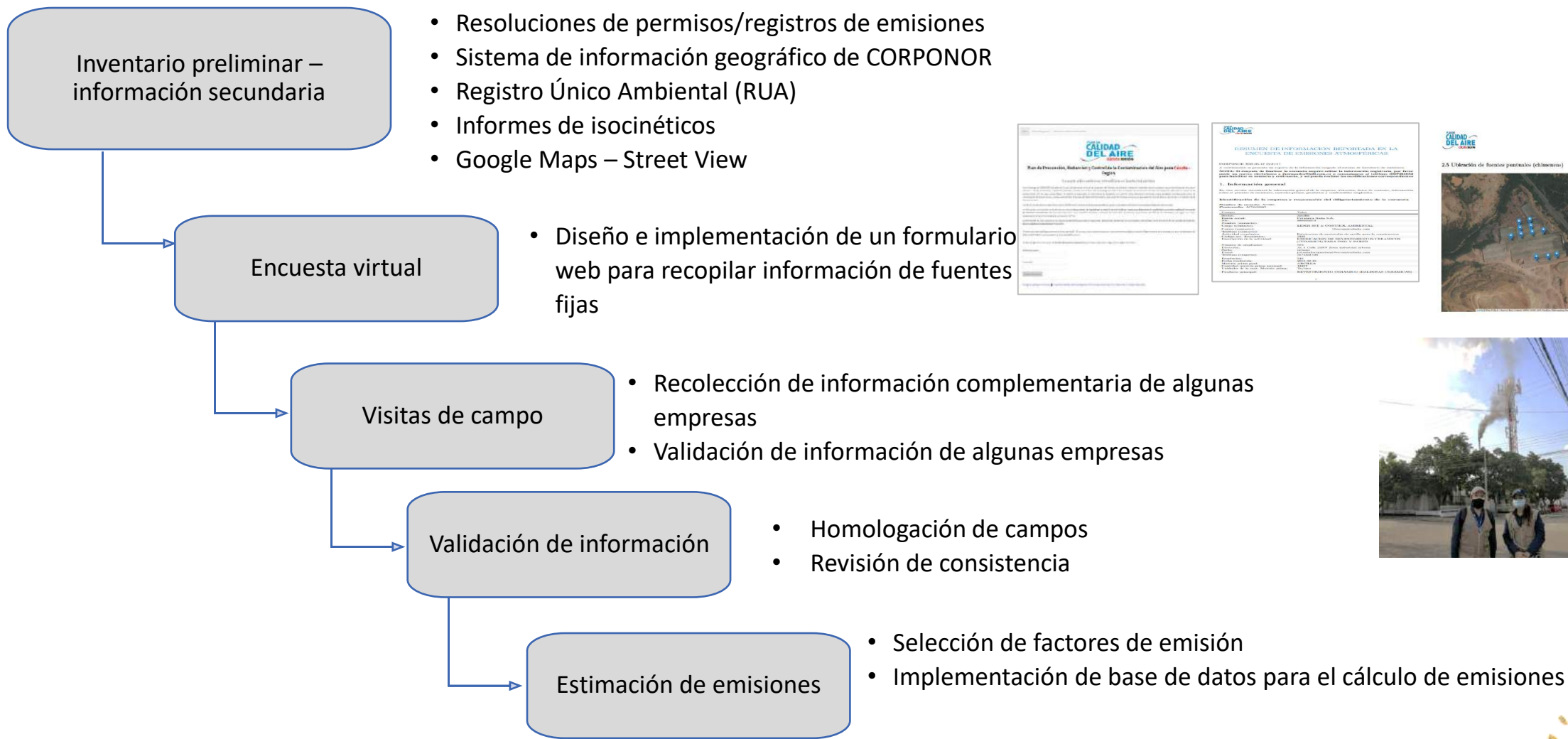
**Fuentes fijas:** Fuentes que por su ubicación y cercanía con el área urbana pueden potencialmente tener un impacto sobre las concentraciones ambientales en las áreas de mayor densidad poblacional.

**Fuentes móviles:** vehículos registrados en los municipios Cúcuta, Los Patios y Villa del Rosario, incluyendo tanto vehículos colombianos como venezolanos.

**Contaminantes:**  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ , CO, VOC



# Inventario de emisiones de fuentes fijas - Metodología



# Encuesta virtual

**Recopilación de contactos:** Información disponible en Corponor, confirmación vía telefónica y visitas.

**Formulario web – información persistente:**

The screenshot shows a web interface for a survey. At the top, there are navigation tabs: 'Inicio', 'Información general', and 'Información de las fuentes de emisión'. The main content area features the logo for 'PLAN DE CALIDAD DEL AIRE CÚCUTA REGIÓN'. Below the logo, the title 'Plan de Prevención, Reducción y Control de la Contaminación del Aire para Cúcuta - Región' is displayed, followed by the subtitle 'Encuesta sobre emisiones atmosféricas en fuentes industriales'. A paragraph of text explains the project's goals and timeline, mentioning the leadership of CORPONOR, the Mayor's Office of Cúcuta, the Government of Norte de Santander, and the Ministry of Environment and Sustainable Development, with support from the Swiss Embassy and COSUDE. It states the objective is to develop a planning instrument to reduce air pollution in Cúcuta and its metropolitan area over an 18-month period. A note at the bottom indicates that one of the technical inputs for the plan is an inventory of atmospheric emissions, which is why they are requesting information from companies.

## Reporte de diligenciamiento para la empresa

The screenshot shows a completed survey form. The title is 'RESUMEN DE INFORMACIÓN REPORTADA EN LA ENCUESTA DE EMISIONES ATMOSFERICAS'. It includes a date 'CORPONOR 2021-05-12 15:21:17' and a note about the data's confidentiality. The form is divided into sections, with the first section being '1. Información general'. It contains a table for 'Identificación de la empresa y responsable del diligenciamiento de la encuesta'. The table has two columns: 'Campo' and 'Valor'. The data provided is as follows:

Campo	Valor
Ubicación:	Arcilla
Entidad asociada:	Corporación Arcilla S.A.
NIT:	900503314
Persona contactada:	LIDER SITE & CONTROL
Cargos (contactado):	Inspector
Teléfono (contactado):	
Código postal:	Estación de monitoreo al 2382
Actividad económica:	FABRICACION DE LENTE (LUBRICANTES) DAKA DAKA
Descripción de la instalación:	578
Número de instalaciones:	As 3 Calle SHAN Zona industrial
Dirección:	As 3 Calle SHAN Zona industrial
Municipio:	Infonrehabilitacional Arcilla
Departamento:	900503300
Industria:	248
Entidad responsable:	248-00-23
Municipio planta prod:	ARCILLA
Código postal planta prod:	2382
Unidades de la ent. planta prod:	75/uno
Producto principal:	REVENTAMIENTO CURA

2.5 Ubicación de fuentes puntuales (chimeneas)



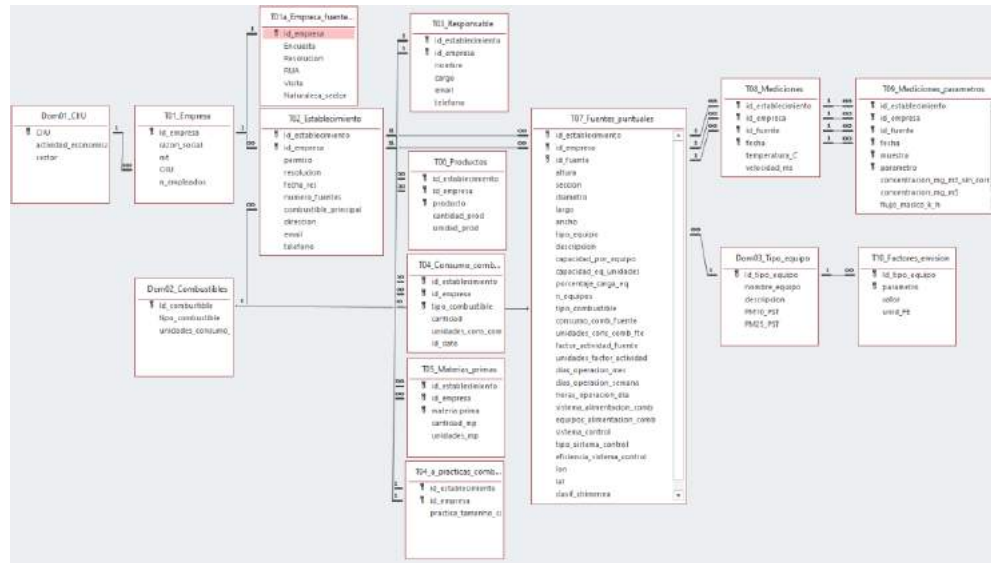
Para el 75% de las empresas obtuvimos información de encuesta y/o visita

- Permitía recuperar información previamente cargada.
- Preguntas diseñadas para obtener la información de actividad requerida para el inventario según el sector (preguntas específicas para el sector arcilla).
- Almacenamiento de información en base de datos SQL incluyendo la ubicación específica para cada fuente.

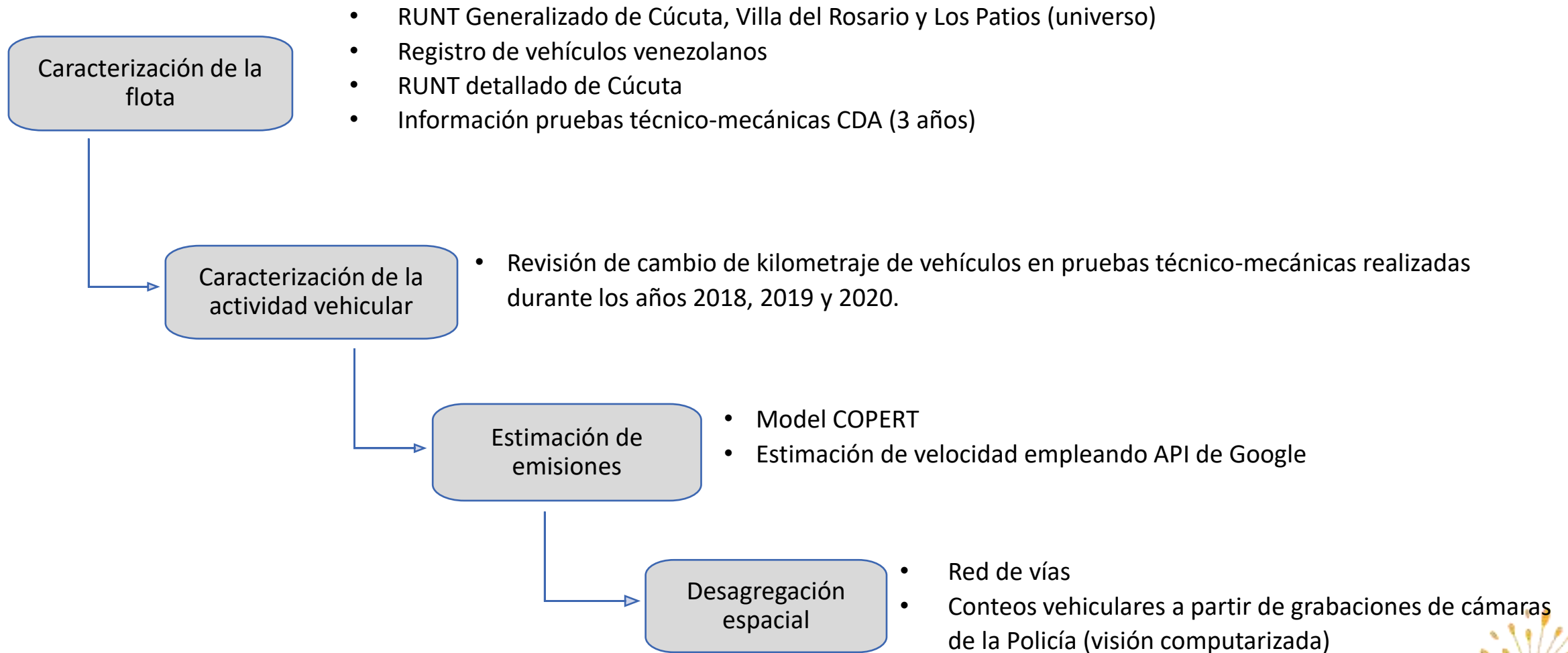


# Estimación de emisiones

- Realizada directamente en la base de datos (MySQL). Selección de factores de emisión:
  - **Fuentes con isocinético:** Flujo másico y horas de operación.
  - **Factores de emisión locales** a partir de información disponible de flujo másico y factor de actividad (solo empresas que no tenían isocinético).
  - **Factores de emisión de la literatura** (Principalmente compilación AP42 y factores empleados por Secretaría de Ambiente de Bogotá - SDA).
- Se diseñó e implementó un sistema de información de emisiones (web) que permite la fácil actualización de la base de datos.

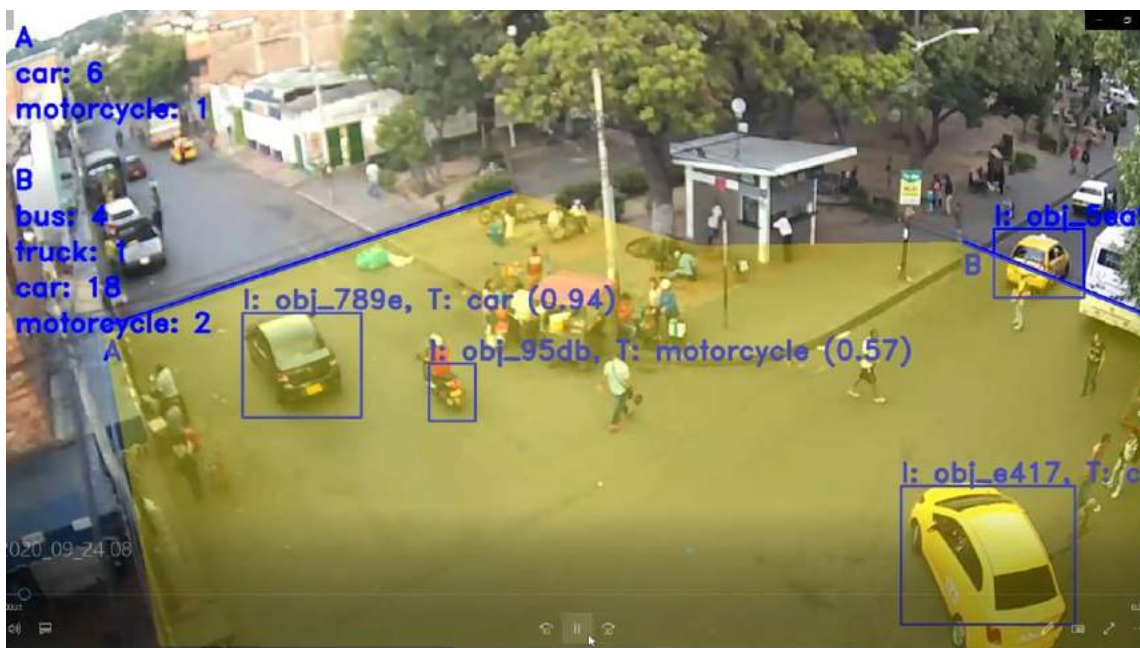


# Inventario de emisiones de fuentes móviles

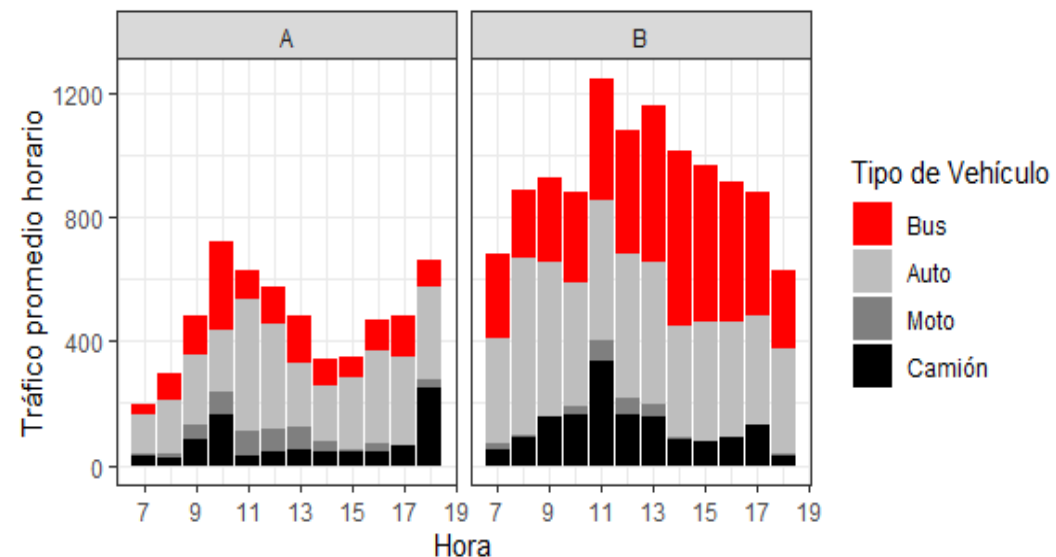


## Conteos vehiculares

Típicamente en ciudades intermedias no se cuenta con la información de movilidad necesaria para hacer una desagregación espacial consistente con la actividad del tráfico en los diferentes tipos de vías, por lo que es necesario hacer conteos vehiculares de una forma costo-efectiva.



Perfiles de tráfico

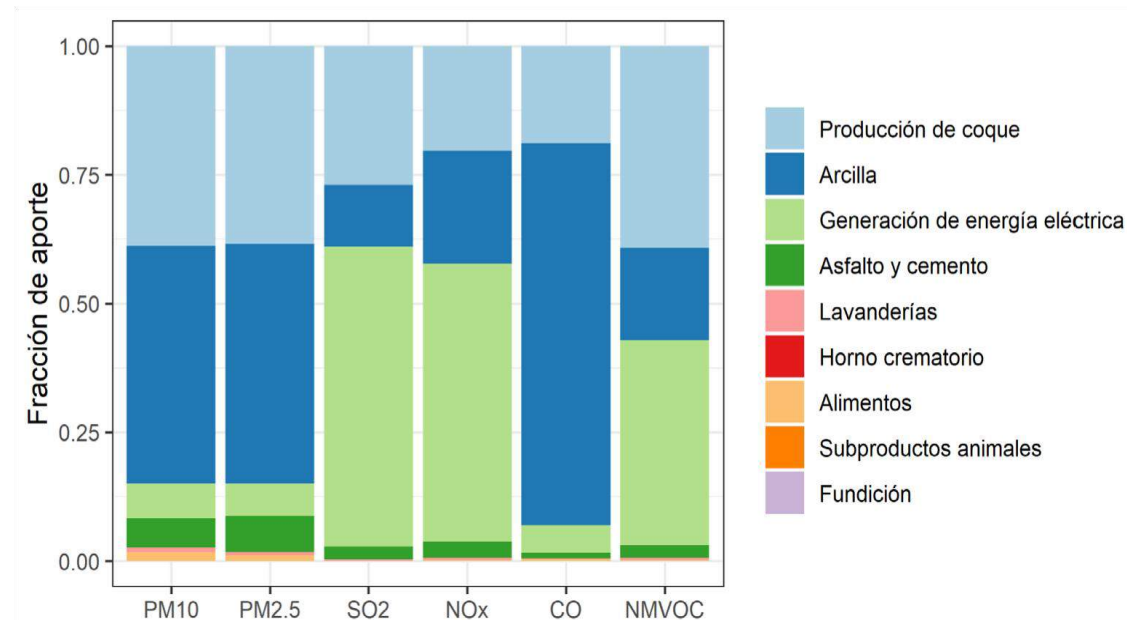




## Emisiones de fuentes fijas

Emisiones (t/año)

Sector	PM10	PM2.5	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	NMVOC
Producción de coque	572.4	358.5	4,715.9	1,533.1	635.7	87.9
Arcilla	681.7	435.4	2,100.4	1,644.7	2,491.30	40.3
Generación de energía eléctrica	98	58.7	10,174.9	4,056.9	178.3	89.2
Asfalto y cemento	84.4	65.1	449.5	238.9	37.5	5.4
Lavanderías	12	6	42.3	32.6	5.1	0.92
Hornos crematorios	0.62	0.62	0	0.17	0.63	0.02
Alimentos	24.7	9.4	3.1	12	12.4	0.42
Subproductos animales	0.9	0.4	4	3.1	0.1	0.05
Fundición	0.05	0.03	0.04	0.13	0.21	0.03
<b>Total</b>	<b>1,474.80</b>	<b>934</b>	<b>17,490.20</b>	<b>7,521.60</b>	<b>3,361.20</b>	<b>224.2</b>

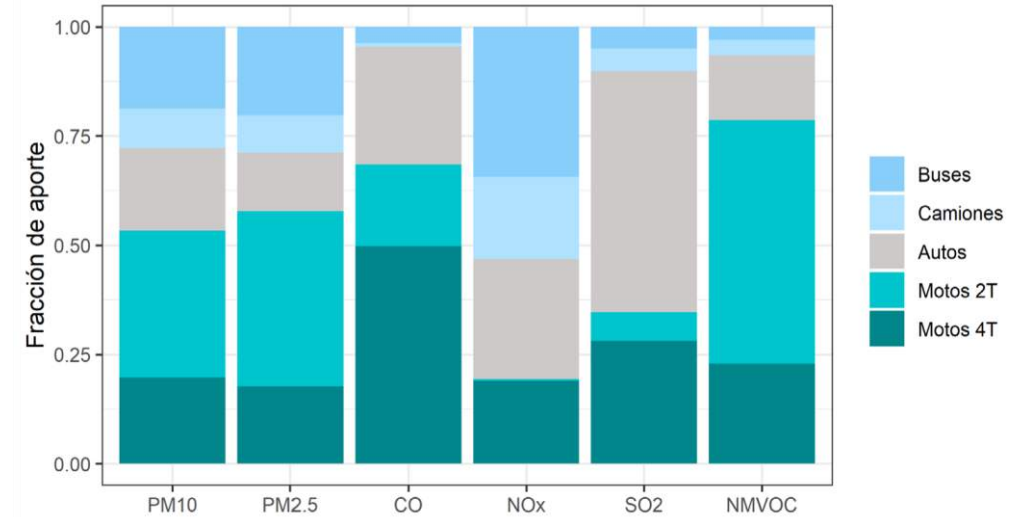


- Para PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, los sectores con mayores aportes son el de transformación de arcilla (46,2% de la emisión de PM<sub>10</sub>), producción de coque (38,8%) y el sector de generación de energía eléctrica (6,6%).
- **No necesariamente los sectores con las mayores emisiones generan los mayores impactos sobre la calidad del aire en las áreas de mayor densidad poblacional.** (impactos dependen de factores como ubicación de las fuentes, la temperatura de salida de los gases, la altura de la chimenea y las condiciones de viento, entre otros)

## Emisiones de fuentes móviles

Emisiones (t/año)

Categoría	Combustible	PM10	PM2.5	CO	NOx	SO <sub>2</sub>	NMVOG
Buses	Diesel	34.3	30.1	166.5	634.6	0.4	46.7
Buses	Gasolina	1.1	1.1	779.2	94.1	0.2	104.8
Camiones	Diesel	13.9	11.6	67.4	264.4	0.2	19
Camiones	Gasolina	3.2	1.6	142.9	135	0.5	157.3
Autos	Diesel	1.8	1.4	5.8	20	0	0.7
Autos	Gasolina	33.9	19.3	6,803.8	560.8	7	745.2
Motos 2T	Gasolina	63.7	61.8	4,742.0	7.8	0.8	2,801.4
Motos 4T	Gasolina	37.2	27.2	12,570.3	401.4	3.6	1,152.0
<b>Total</b>		<b>189</b>	<b>154.2</b>	<b>25,278</b>	<b>2,118</b>	<b>12.8</b>	<b>5,027.1</b>



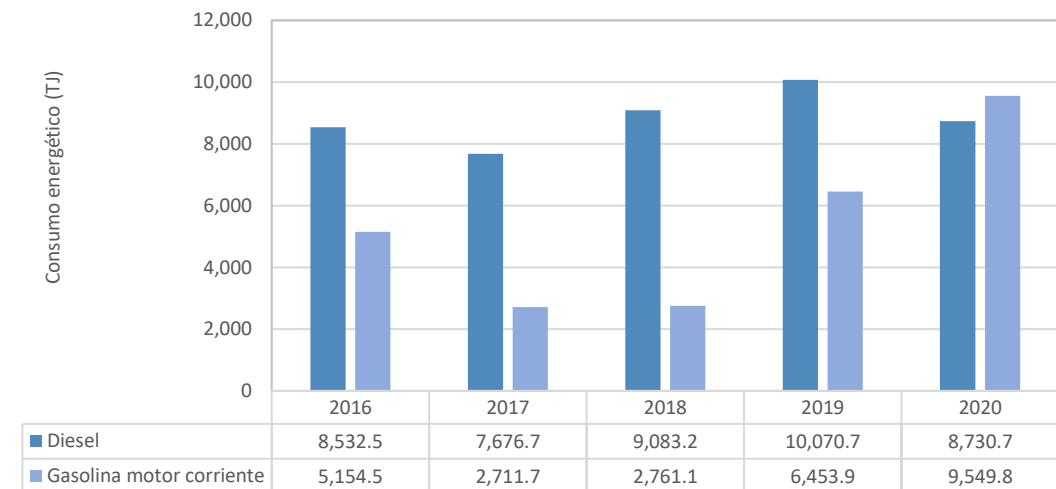
- Las motocicletas son la categoría con la mayor contribución a las emisiones PM<sub>10</sub> (53% del total de emisiones de fuentes móviles) y PM<sub>2.5</sub> (57,7%).
- Las motos de 2 tiempos representan un 15% del total de motos y hacen una contribución de cerca de 40% del total de emisiones de PM<sub>2.5</sub> de las fuentes móviles.
- Las categorías de buses y camiones (2,7% de la flota) realizan un aporte del 29% a las emisiones de PM<sub>2.5</sub> de las fuentes móviles.
- Estos resultados sugieren que existen oportunidades para reducir emisiones asociadas a la renovación de una fracción de la flota compuesta por motocicletas y buses de mayor antigüedad.

## Aseguramiento de calidad

- **Consumo energético:** Incertidumbre sobre consumo local de combustible → no fue posible emplear los datos de la UPME para realizar la validación del inventario de emisiones de fuentes móviles.
- **Verificación con datos de peajes:** Permitieron descartar subestimaciones en la actividad de buses y camiones matriculados fuera de AMC:
- **Comparación con inventarios de otras ciudades (emisiones per cápita):** A pesar de los diferentes factores que pueden impactar en las emisiones, en general, las emisiones per cápita de Cúcuta son similares a las de otras ciudades intermedias como Bucaramanga y Manizales.

Grandes variaciones en el consumo de gasolina entre los diferentes años.

(Condición fronteriza - cambios en la dinámica de disponibilidad de combustible de Venezuela)





## Mensajes finales

- Entre las fuentes evaluadas, las fuentes fijas contribuyen con el 88.6% de la emisión de PM10, 85.8% de la emisión de PM2.5, 99.9% de la emisión de SO2 y 78% de NOx.
- El carbón mineral es el principal energético consumido en la región por el sector industrial, siendo los sectores de generación eléctrica y el de producción de coque los principales consumidores. La naturaleza de estos dos sectores hace que el consumo energético del sector industrial de Cúcuta sea superior al de muchas ciudades, puesto que no es común que industrias energo-intensivas como las termoeléctricas hagan parte de los dominios de los inventarios de emisiones de otras ciudades colombianas
- La construcción de inventarios de emisiones a partir de enfoques alternativos, haciendo uso de la información ya disponible, pero promoviendo su integración, puede promover que un mayor número de autoridades ambientales realice inventarios de emisiones para los procesos de mitigación de emisiones y generación de política pública.
- La adopción de mecanismos como el Registro Único Ambiental (RUA) y el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) han sido poco efectivos en ciudades intermedias, en parte, debido a su complejidad. Por consiguiente, el desarrollo de un mecanismo balanceado respecto a su complejidad y diferenciado según el tamaño de la empresa, podría contribuir a la recolección de mejor información para la planificación territorial.



# Gracias



[Disponible en esta URL](#)



<https://corponor.gov.co/web/index.php/boletin-ambiental/calidad-del-aire/>

<https://hill.com.co/inicio>

<https://planairecucutaregion.com/inicio/>

<https://www.slcaconsultores.com>

Más información



<https://casap.science/>



[casap@casap.science](mailto:casap@casap.science)