

# ESTIMACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES ASOCIADAS A LA ACTIVIDAD VEHICULAR EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE PALMIRA Y YUMBO

**Angela Vargas Burbano<sup>1</sup>, Luis David López Buitrago<sup>2</sup>, Pablo Gutiérrez Espada<sup>3</sup>, Liseth González Delgado<sup>3</sup>, Sonia Cecilia Mangones<sup>4</sup>, German Rueda Saa<sup>3</sup>, Rodrigo Jimenez<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Grupo de Investigación de Calidad del Aire (GICA), [acvargasb@unal.edu.co](mailto:acvargasb@unal.edu.co), [rjimenezp@unal.edu.co](mailto:rjimenezp@unal.edu.co), <sup>2</sup> Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Grupo de Investigación TRANSLOGYT, [ldlopezb@unal.edu.co](mailto:ldlopezb@unal.edu.co), <sup>3</sup> Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira, Departamento de Ingeniería, Grupo de Investigación Prospectiva ambiental, [pgutierrez@unal.edu.co](mailto:pgutierrez@unal.edu.co), [lagonzalezd@unal.edu.co](mailto:lagonzalezd@unal.edu.co), [ghruedas@unal.edu.co](mailto:ghruedas@unal.edu.co), <sup>4</sup> Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, GICA, [scmangonesm@unal.edu.co](mailto:scmangonesm@unal.edu.co)

Presentadora : Angela Vargas Burbano

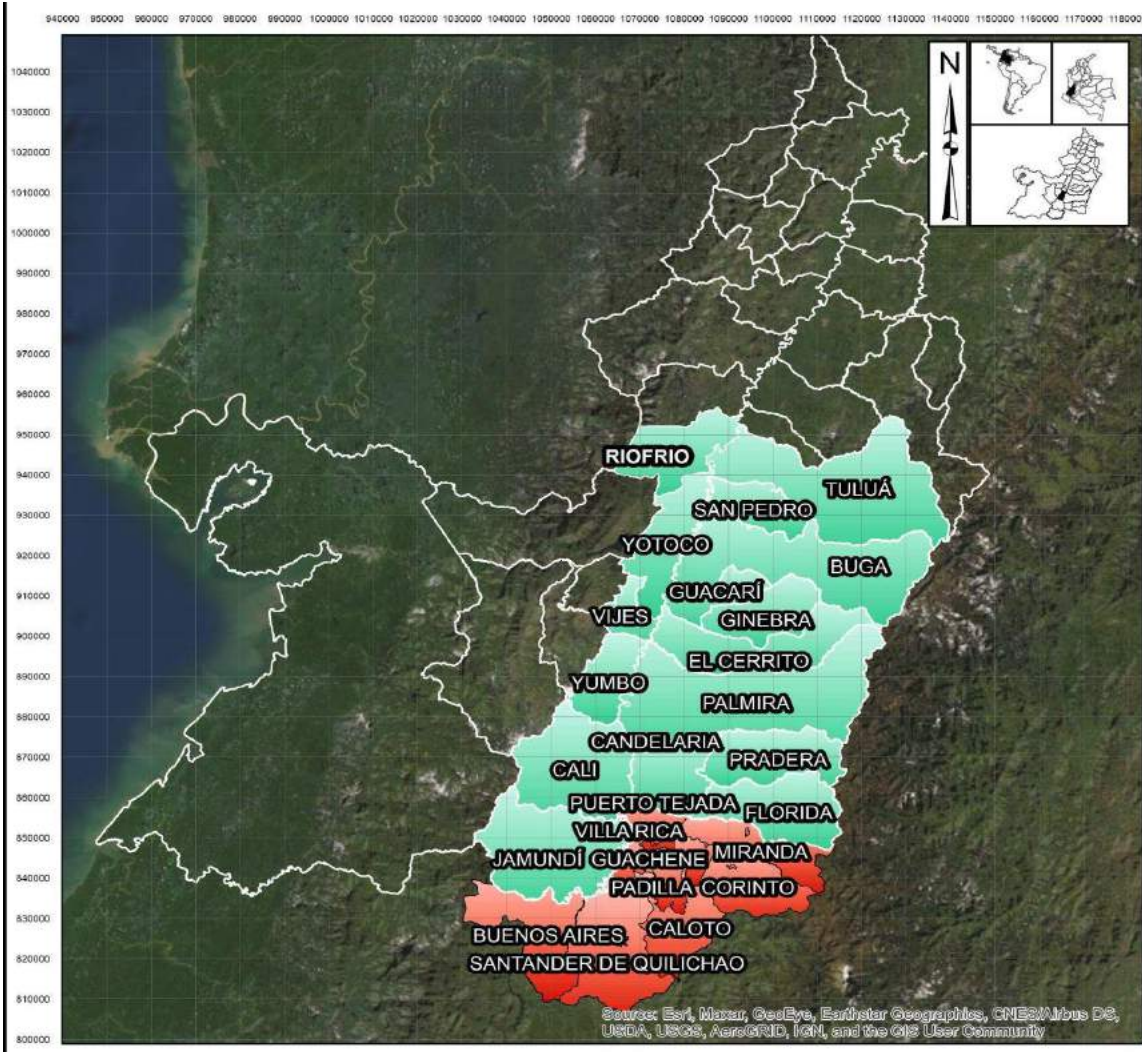
Estudiante de la Maestría en Ingeniería Ambiental  
Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá

## ■ Tabla de contenido

1. Área de influencia en calidad del aire de Palmira y Yumbo
2. Enfoques metodológicos
3. Emisiones Palmira y Yumbo
4. Emisiones vías Nacionales
5. Emisiones Cali
6. Emisiones maquinaria agrícola
7. Emisiones Otros municipios
8. Emisiones área de influencia
9. Implicaciones Políticas



# 1. Área de influencia de Palmira y Yumbo



- 3.8 millones de habitantes (DANE, 2020).
- 26-29°C, precipitación anual entre los 1000-1500 mm, régimen bimodal
- Palmira y Yumbo, están influenciados meteorológicamente por 16 municipios del Valle del Cauca y 9 del Cauca
- Puerto de Buenaventura
- Complejo industrial Yumbo
- Vías de conexión nacional y regional
- 1.7 millones de vehículos, RUNT → Motos (61.5%) y Livianos (~33.7%).
- ~202 mil hectáreas de cultivos, 75% Caña



## 2. Enfoque metodológico: consolidación de dos metodologías

$$E_{ij} = FE_{i,j} \times FA_j$$

### Enfoque Bottom-up

Palmira, Yumbo y vías Nacionales

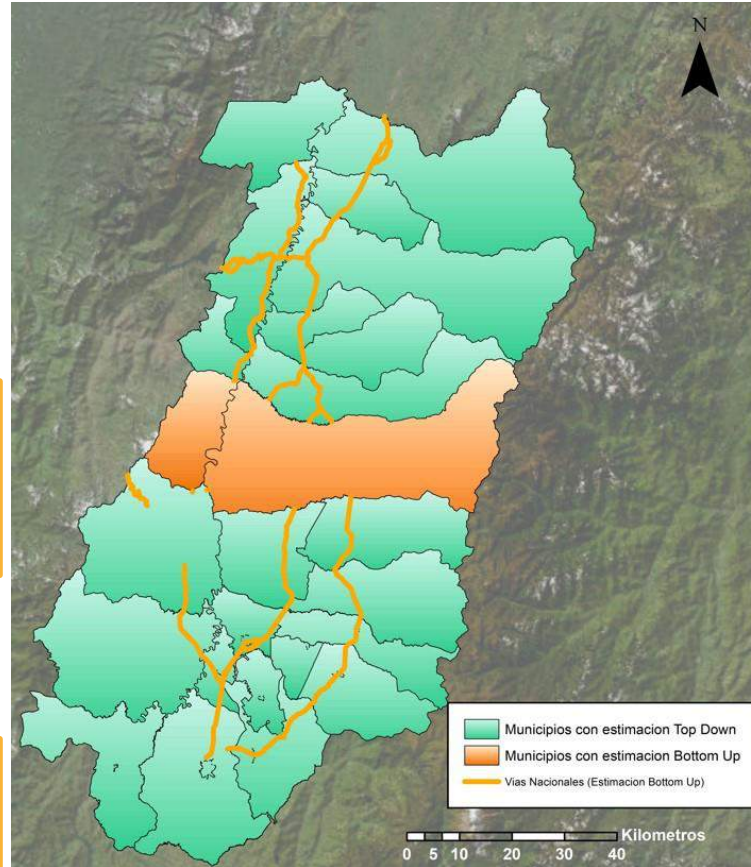
Asociado a los kilómetros recorridos

Kilómetros recorridos en función de los aforos vehiculares  
– Malla vial

$$E_{ij} = FE_{i,j} \times FA_j (N_{veh,j})$$

Distribución de flujo vehicular  
– Aforos vehiculares

Copert 5.5



### Enfoque Top-Down

Cali y 22 municipios

Asociado al consumo de combustible

**Ventas totales combustible**  
– Reporte por SICOM y SUI

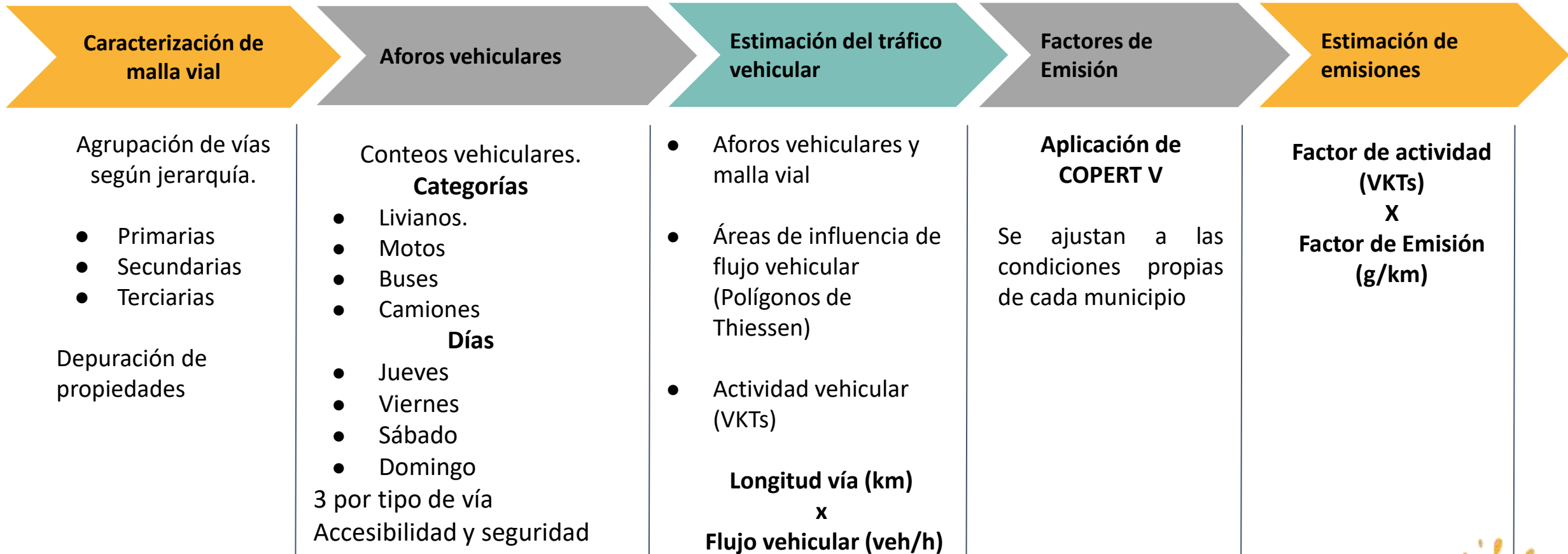
$$E_{ij} = FE_{j,k} \times FA_k(C)$$

$FE_{CO_2,k}$ , UPME, 2016

$$FE_{otros,k} = \frac{E_{j,kpalmira}}{E_{CO_2,k palmira}}$$

### 3. Emisiones Palmira y Yumbo

Enfoque Bottom-Up  
11 Aforos Palmira  
9 Aforos Yumbo



### 3. Emisiones Palmira y Yumbo

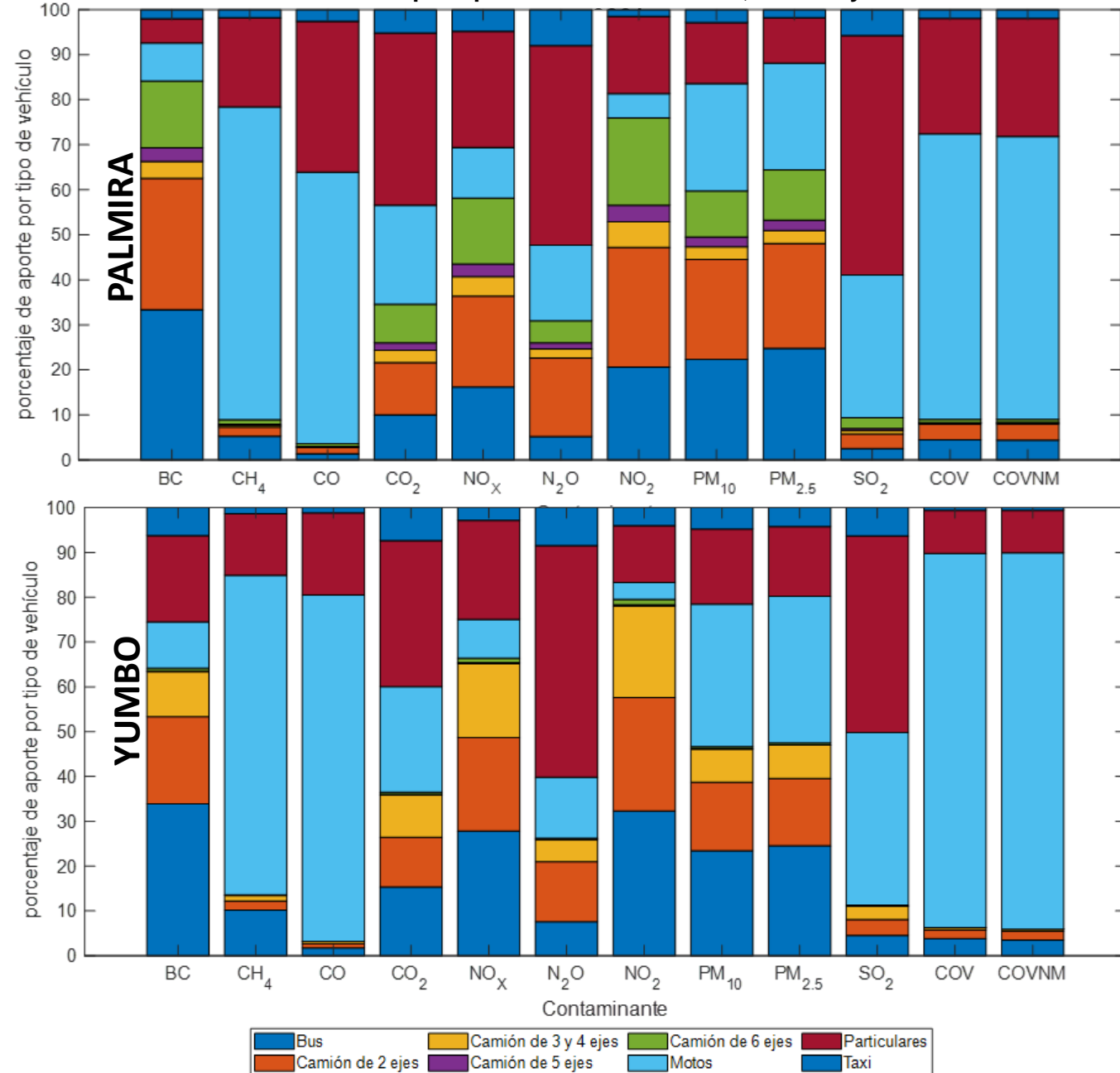
CH<sub>4</sub>, CO, COV, COVNM → 63 – 69% Motos

N<sub>2</sub>O, SO<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> → Particulares

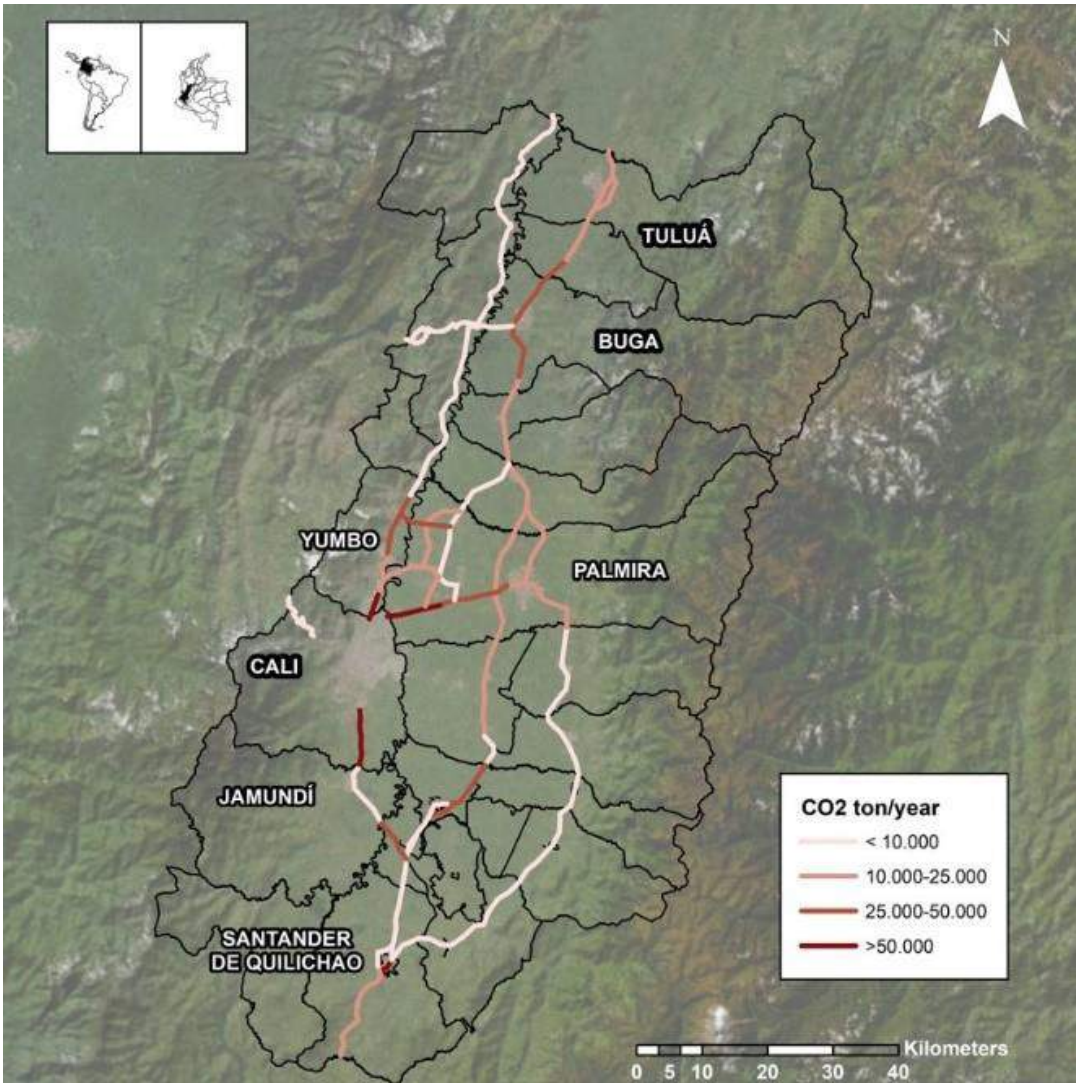
BC, NO<sub>2</sub>, PM10, PM2.5 → 51% Camiones y >22% buses

Contaminante	Palmira (t/año)	Yumbo (t/año)
CO <sub>2</sub>	451,837	214,413
BC	53	38
CH <sub>4</sub>	245	124
CO	16,546	10,086
N <sub>2</sub> O	15	8
NO <sub>2</sub>	247	116
NOx	2,975	1,267
PM 2.5	153	112
PM10	181	125
SO <sub>2</sub>	10	4
COV	3,052	2,670
COVNM	2,807	2,548

Emisiones por tipo de vehículo en t/año, Palmira y Yumbo



## 4. Emisiones vías Nacionales



	Ton año <sup>-1</sup>
CO <sub>2</sub>	593,243
BC	109
CH <sub>4</sub>	141
CO	9,197
N <sub>2</sub> O	19
NO <sub>2</sub>	538
NOx	5,368
PM <sub>2.5</sub>	256
PM <sub>10</sub>	291
SO <sub>2</sub>	8
VOC	1,834
VOCNM	1,694

Tuluá – Buga  
Jamundí – Cali



~12Ton CO<sub>2</sub> km<sup>-1</sup> día  
c/u

Riofrío – Bolívar  
S. Quilichao – Timba



~1Ton CO<sub>2</sub> km<sup>-1</sup> día  
c/u



## 5. Emisiones Cali

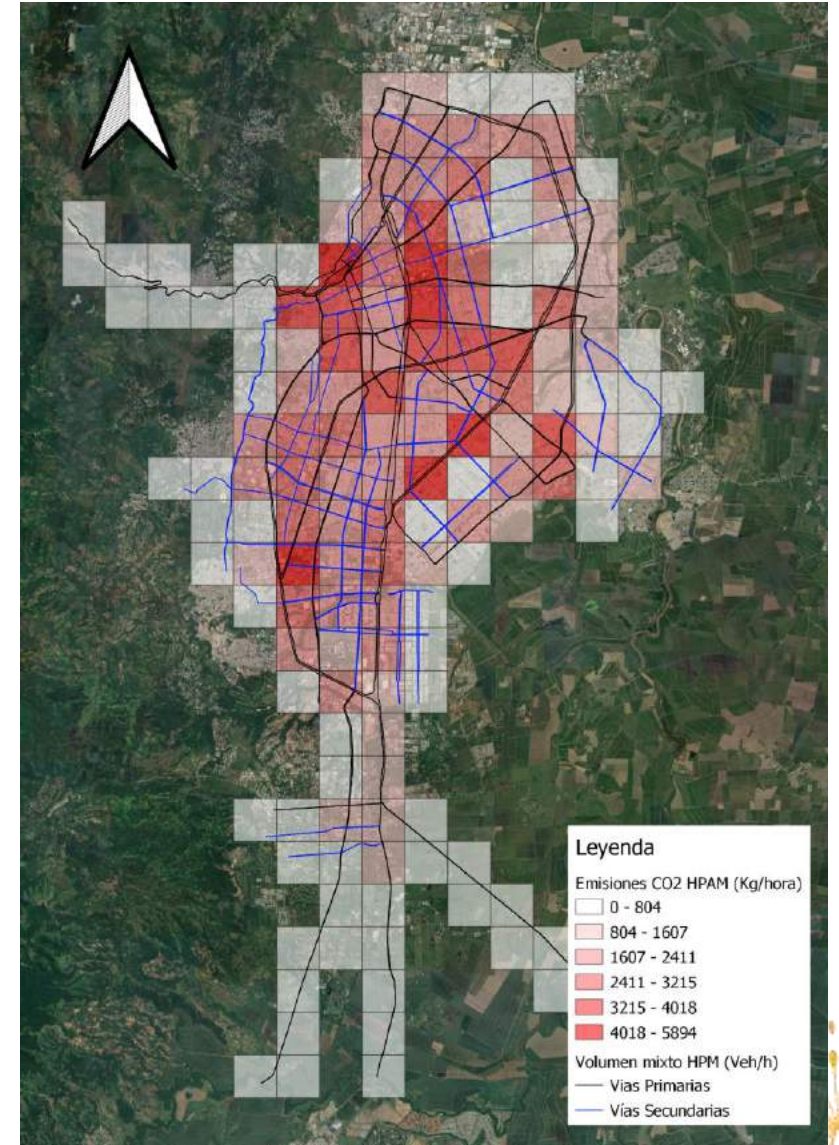
$$E_{CO_2} = \sum F E_{CO_2k} * F A_k$$

$$E_j = \sum \frac{E_{j,k \text{ Palmira}}}{E_{CO_2k \text{ Palmira}}} * E_{CO_2k}$$

Ton año <sup>-1</sup>	
CO <sub>2</sub>	1,187,622
BC	95
CH <sub>4</sub>	768
CO	52,505
N <sub>2</sub> O	41
NO <sub>2</sub>	464
NOx	6,683
PM <sub>2.5</sub>	329
PM <sub>10</sub>	397
SO <sub>2</sub>	29
VOC	9,454
VOCNM	8,686

## Clase maestra 2

### DROVE NIVEL 3





## 6. Emisiones maquinaria agrícola

### Cañicultura

$$E_{CO_2} = \sum FE_{CO_2k} * FA_k$$

$$FA_k = Rend_k * ha_{caña}$$

$$Rend_{Diesel} = 86.7 \text{ gal ha}^{-1}$$

$$Rend_{gasolina} = 3.8 \text{ gal ha}^{-1}$$

$$E_j = \sum \frac{E_{j,k \text{ Palmira}}}{E_{CO_2k \text{ Palmira}}} * E_{CO_2k}$$

Ton año <sup>-1</sup>	
CO <sub>2</sub>	93,590.83
BC	27.60
CH <sub>4</sub>	11.92
CO	546.28
N <sub>2</sub> O	3.09
NO <sub>2</sub>	108.70
NOx	957.53
PM <sub>2.5</sub>	58.81
PM <sub>10</sub>	67.38
SO <sub>2</sub>	0.62
VOC	201.60
VOCNM	189.71

### Otros cultivos

$$E = \sum_i^n SPSFE_c * AS_c + \sum_i^n CMFE_c * AC_c + \sum_i^n MFE_c * AS_c$$

(Ardila et al, 2023),

Ponencia 104\_5 4:45pm en salón Tucurinca

Ton año <sup>-1</sup>	
CO <sub>2</sub>	41,630.45
BC	13.86
CH <sub>4</sub>	4.62
CO	175.80
N <sub>2</sub> O	1.49
NO <sub>2</sub>	54.43
NOx	474.58
PM <sub>2.5</sub>	29.29
PM <sub>10</sub>	33.53
SO <sub>2</sub>	0.26
VOC	84.24
VOCNM	79.64



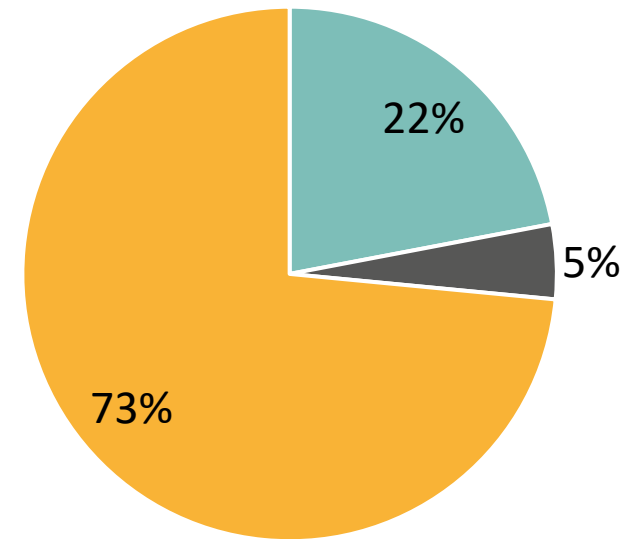
## 7. Emisiones otros municipios

$$E_{Locales} = (E_{EDS})_{SICOM \text{ y } SUI} - E_{Vnacionales} - E_{Maquinaria} - E_{Pal-Yum-Cali}$$

- 177.48 \* 10<sup>6</sup> gal de gasolina    - 110.22 \* 10<sup>6</sup> gal de Diesel    - 19.23 \* 10<sup>6</sup> de m<sup>3</sup> de GNV

*SICOM, 2021 & SUI, 2021*

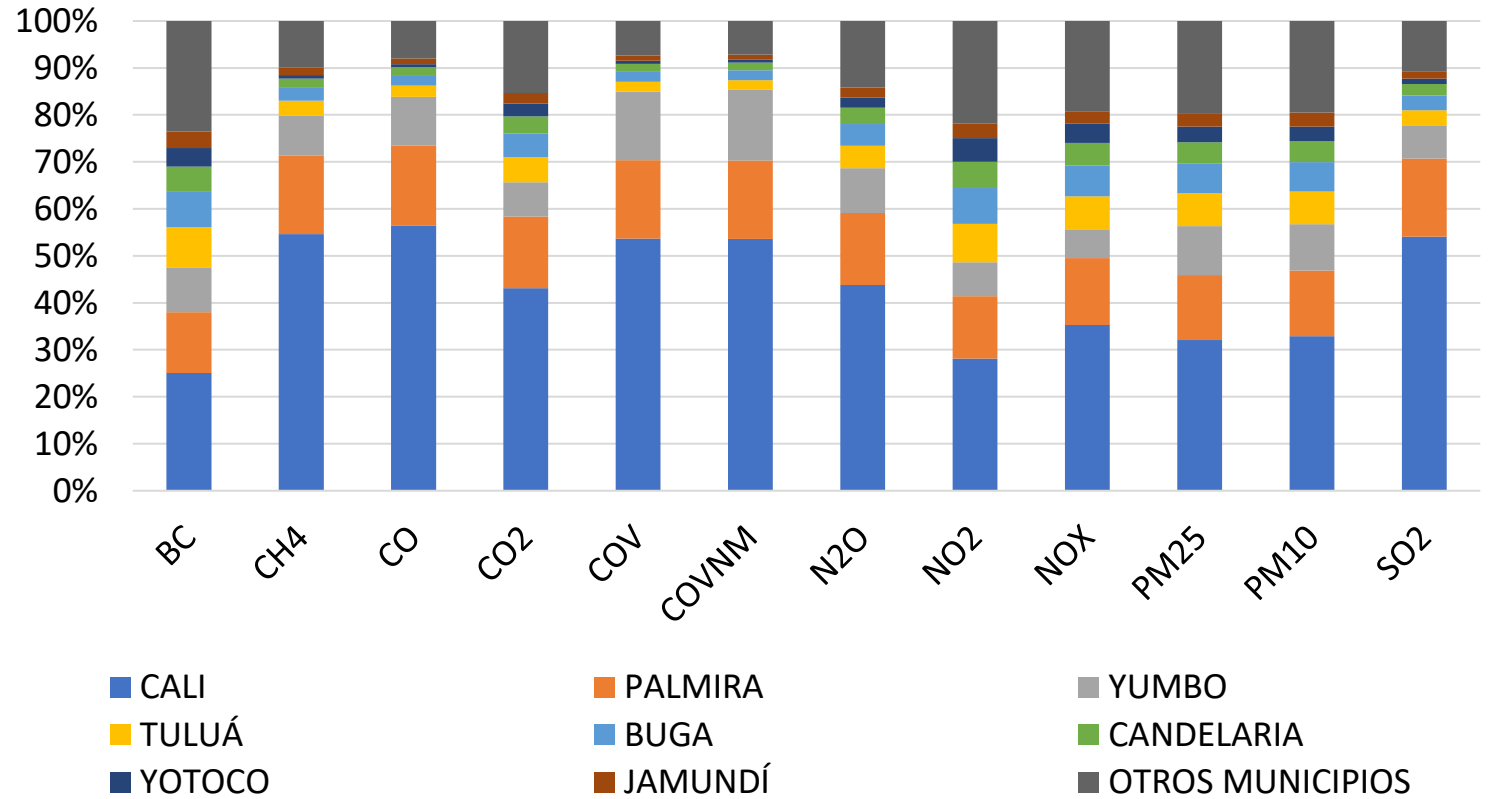
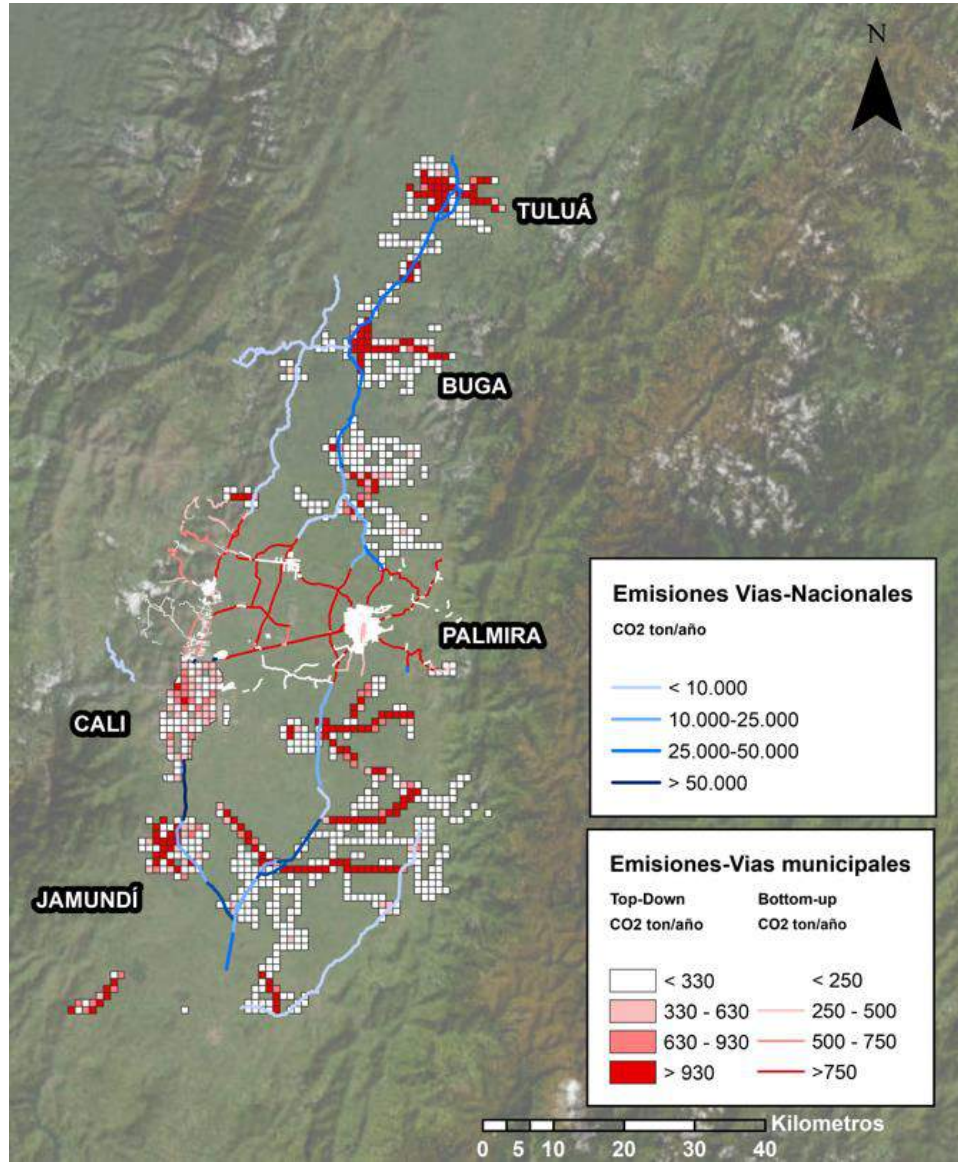
Emisiones anuales CO <sub>2</sub>		Ton año <sup>-1</sup>
Bottom-Up	Palmira	451,837
	Yumbo	214,413
	Vías nacionales	593,243
Top-Down	Cali	1,187,622
	Maquinaria agrícola e ingenios	135,221
	Otros municipios (vías locales)	412,449
Área de influencia (EDS)		<b>2,994,785</b>



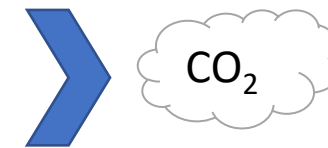
- Vías nacionales
- Maquinaria agrícola e ingenios
- Vías locales



## 8. Emisiones área de influencia



Cali 44%  
Palmira 19%  
Yumbo 9%  
Tuluá 3.46%



## 9. Implicaciones en la política pública

---

- **Referencia para la estimación de emisiones** por fuentes móviles de los municipios estudiados.
- Es una **herramienta y soporte para la toma de decisiones** relacionadas a la calidad del aire de la región.
- Los resultados obtenidos permiten tener un **panorama actual de las emisiones por fuentes móviles** generadas, permitiendo la identificación de zonas con mayor generación de emisiones vehiculares y las categorías vehiculares que las generan.





**MUCHAS  
GRACIAS**

**REFERENCIAS**



Más información



<https://casap.science/>



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