

# SIMULACIÓN DE LA EMISIÓN, PRODUCCIÓN SECUNDARIA, TRANSPORTE Y DISPERSIÓN DE MATERIAL PARTICULADO EN EL VALLE GEOGRÁFICO DEL RIO CAUCA

Felipe Cifuentes Castaño<sup>1</sup>, Andrés Ardila Ardila<sup>2</sup>, Carlos Mario González Duque<sup>1,2</sup>, German Rueda Saa<sup>3</sup>, Rodrigo Jiménez Pizarro<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, Departamento de Ingeniería Química, Grupo de Trabajo Académico en Ingeniería Hidráulica y Ambiental (GTAIHA)*

*<sup>2</sup>Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Grupo de Investigación de Calidad del Aire (GICA)*

*<sup>3</sup>Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, Departamento de Ingeniería, Grupo de Investigación Prospectiva Ambiental*

*Presentado por: Carlos Mario González Duque  
Marzo, 2023*

## ■ CONTENIDO

---

1. Contexto y alcance del estudio
2. Metodología
3. Resultados
4. Consideraciones finales / Implicación en políticas públicas y para la práctica



### Características del Valle geográfico del río Cauca (VGRC):

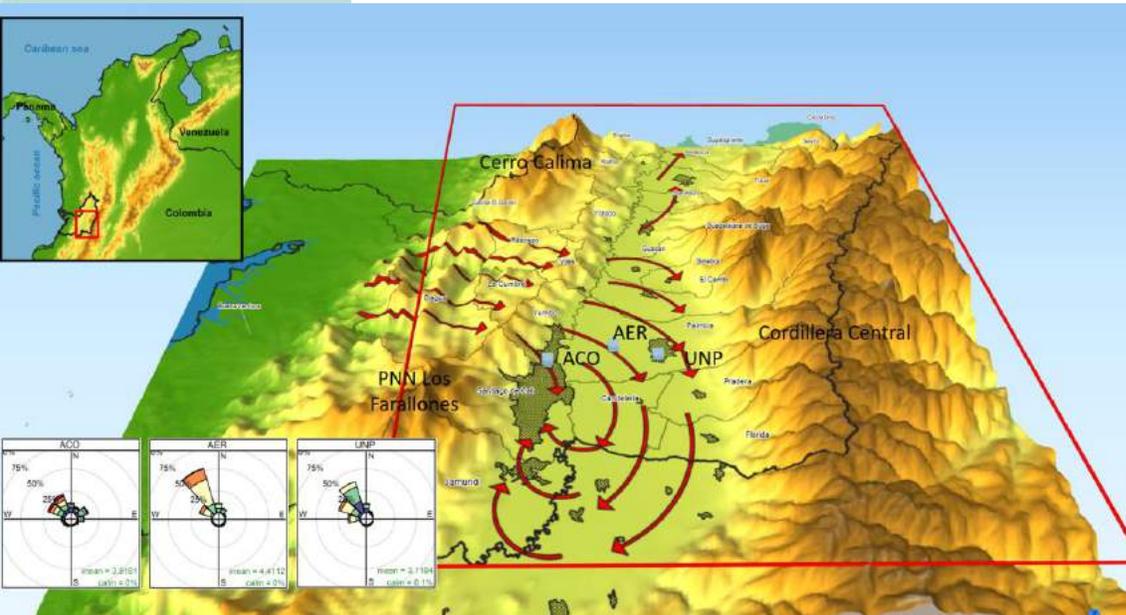
- Ubicado al suroccidente de Colombia, alberga centros **poblados e industriales** de importancia, y una las **actividades agroindustriales y pecuarias** más intensivas del país

- Presenta una **topografía compleja** por su ubicación en medio de los ramales occidental y central de la cordillera de los Andes.

- Circulación atmosférica compleja**, valle tropical interandino influenciado por la intensa actividad convectiva del Pacífico colombiano

*Los patrones de circulación al interior del VGRC y su influencia en la calidad del aire de la región no son del todo claros*

*Esquema topográfico del VGRC y modelo conceptual de circulación en periodos de influencia de marea atmosférica. Ver póster 066-4 (Ardila et al.)*



- Objetivo: generar bases para estudiar las dinámicas de emisión y dispersión de contaminantes, con énfasis en material particulado ( $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ ).
- Se llevó a cabo la primera simulación de la calidad del aire con el modelos eulerianos de transporte químico WRF-Chem V-4.2.2 sobre el VGRC.
- La simulación se realizó con información de inventarios de emisiones antropogénicas para 18 fuentes priorizadas.

Obtención, depuración y análisis de información meteorológica y de calidad del aire en el VGRC (5.4 millones de datos analizados)

Simulación meteorológica. Determinación de configuración óptima del modelo (análisis de sensibilidad)

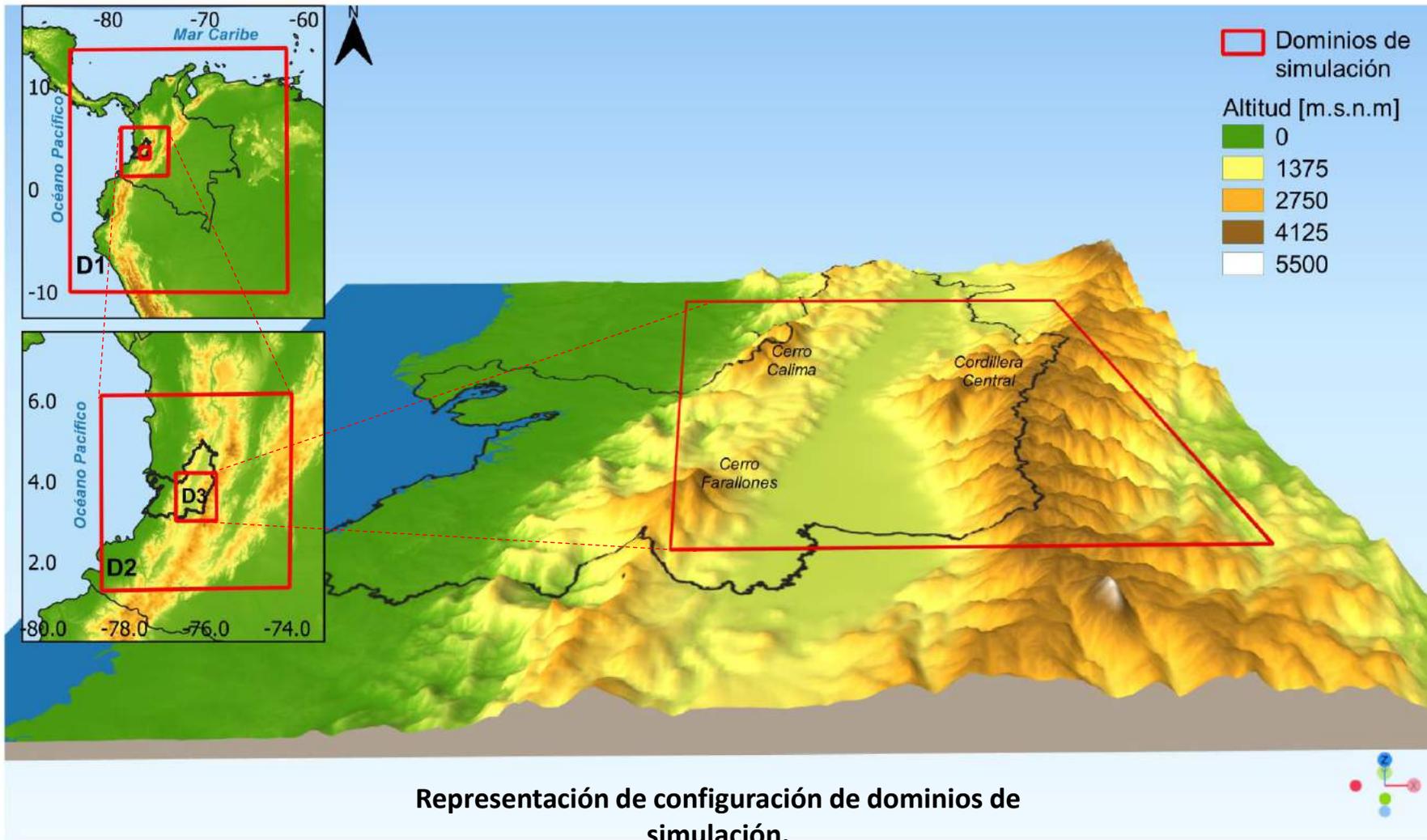
Simulación de calidad del aire. Enfoque en PM

Análisis de resultados. Evaluación cualitativa y cuantitativa del modelo.

A small photograph of a beach with waves crashing against rocks in the foreground and buildings in the background.

*Ver póster 138-6 (Ardila et al.)*

# Configuración de dominios y periodos de simulación



Representación de configuración de dominios de simulación.

Resoluciones: D1: 25 km. D2: 5 km. D3: 1 km

## Simulación meteorológica:

Periodo 1 (predominantemente seco)  
1 de julio a 30 de septiembre de 2018

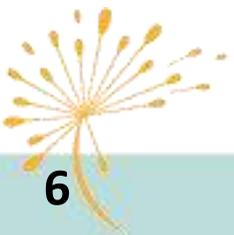
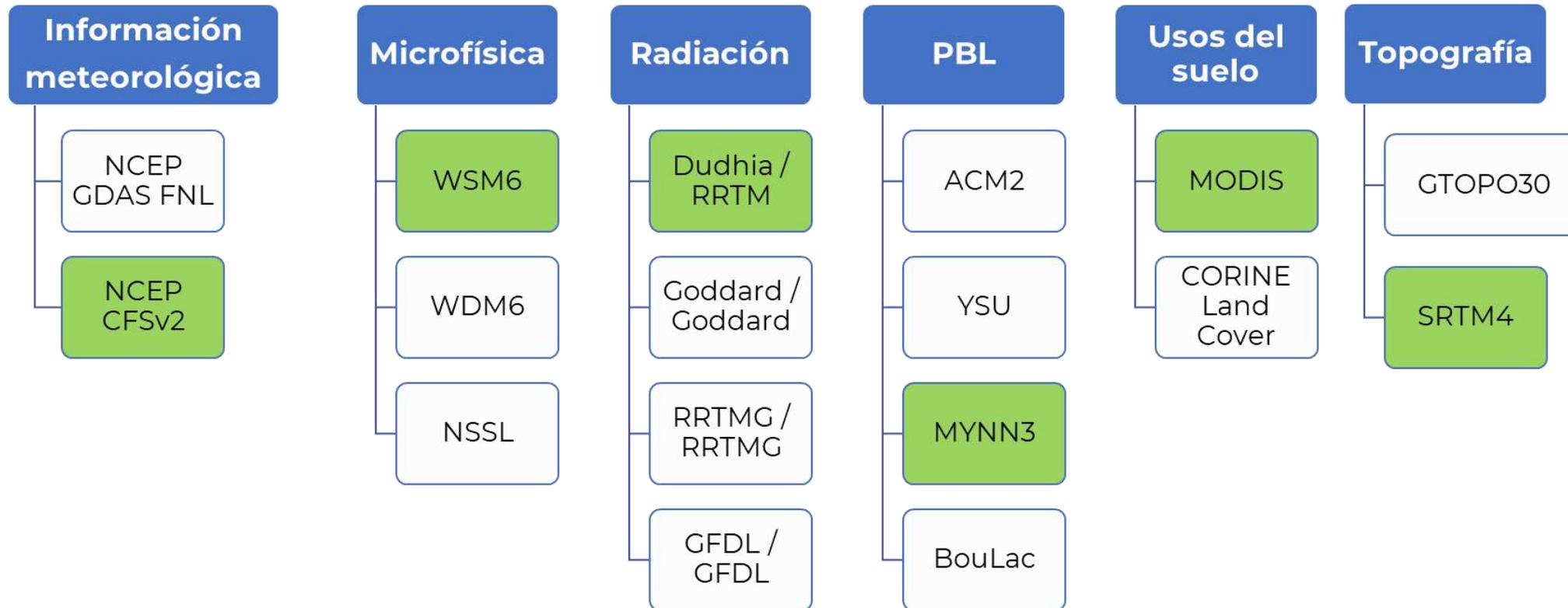
Periodo 2 (transición a periodo de lluvias)  
28 de enero a 28 de abril de 2018

## Simulación de calidad del aire

30 días en cada uno de los periodos de análisis

## Simulación meteorológica – Análisis de sensibilidad

Se realizaron en total 13 simulaciones, variando las parametrizaciones físicas, y los datos meteorológicos y estáticos de entrada.



# Algunos resultados de la simulación meteorológica - Vientos

## AEROPUERTO ABA

OBS



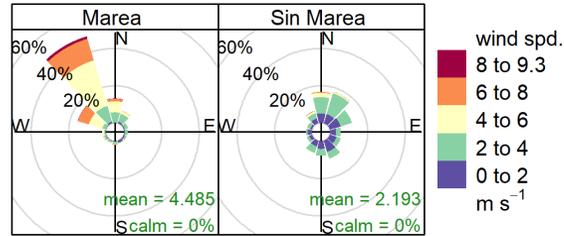
Frequency of counts by wind direction (%)

MOD



Frequency of counts by wind direction (%)

Periodo 1



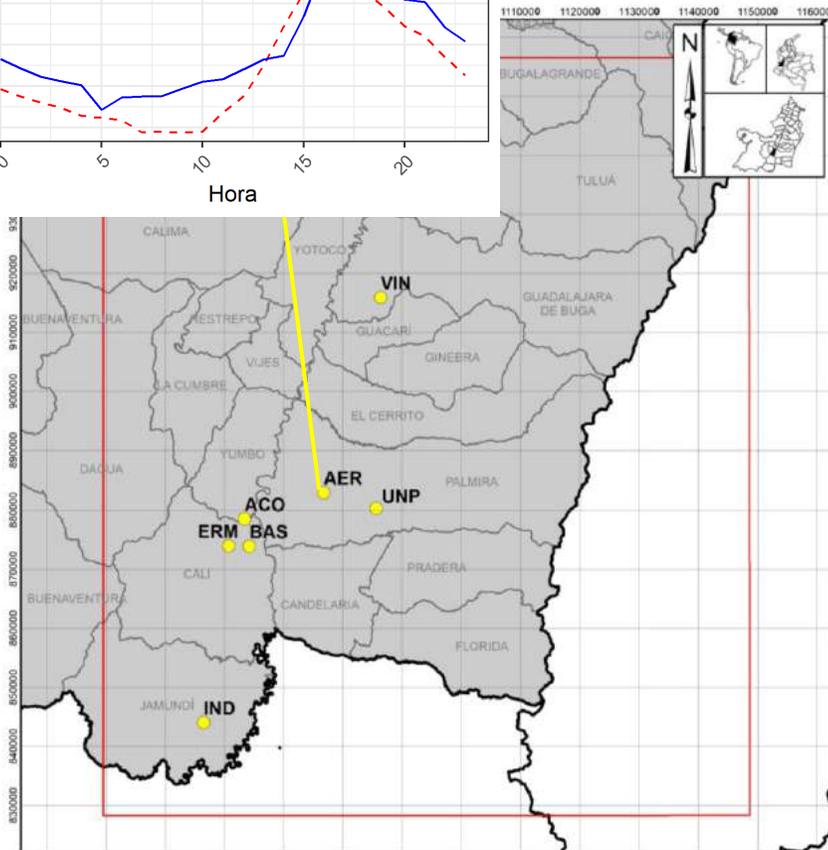
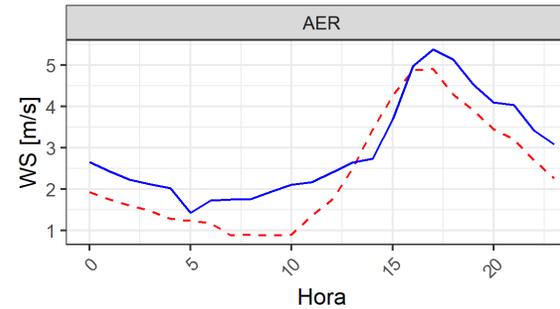
Frequency of counts by wind direction (%)



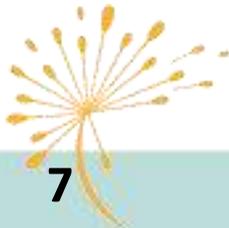
Frequency of counts by wind direction (%)

Periodo 2

Tipo - - MOD — OBS

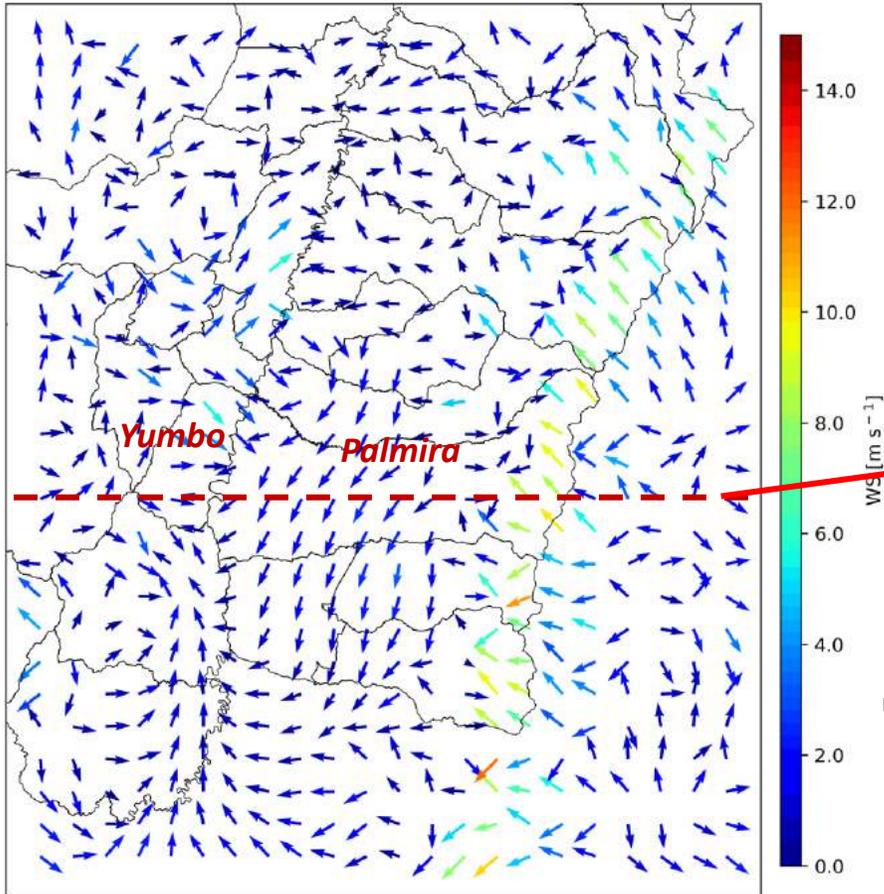


MGE: 1.3 m/s

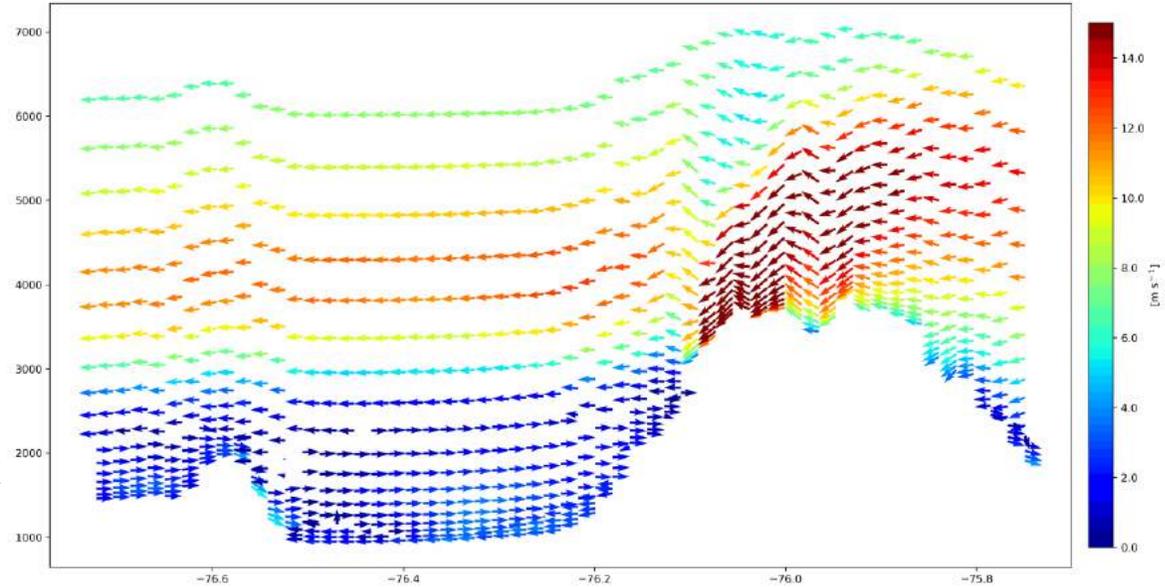


# Algunos resultados de la simulación meteorológica - Vientos

Vientos - 00:00:00

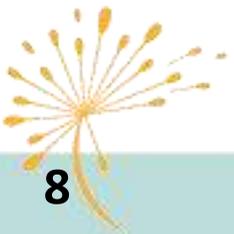


Vientos LAT: 3.35 - 00:00:00



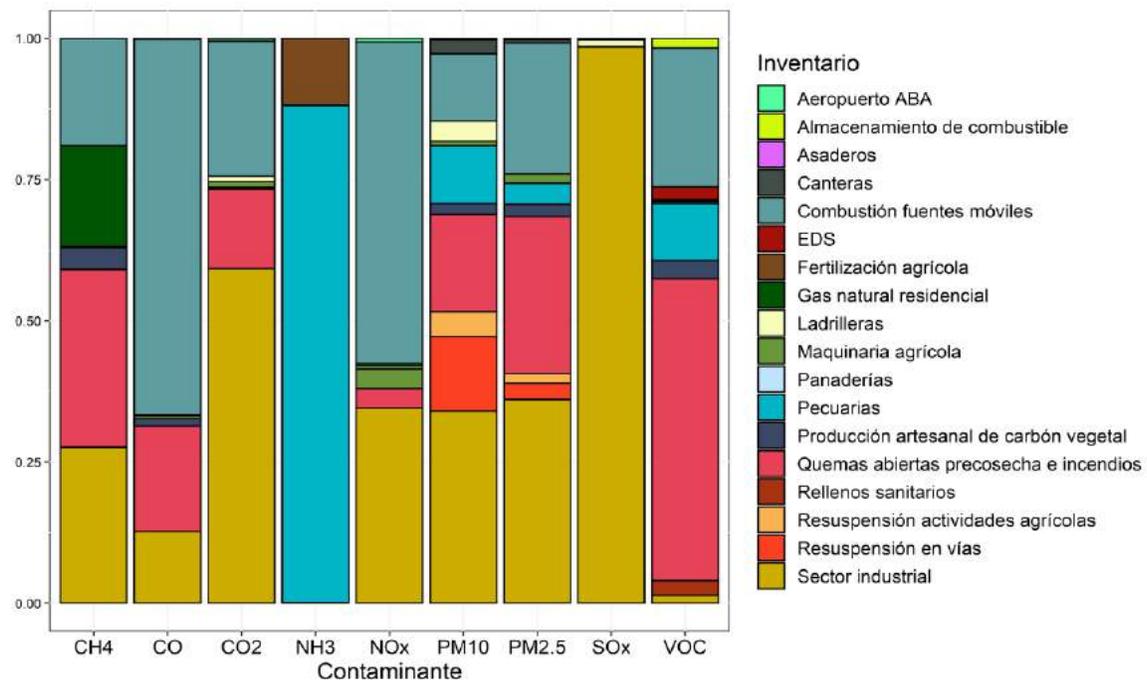
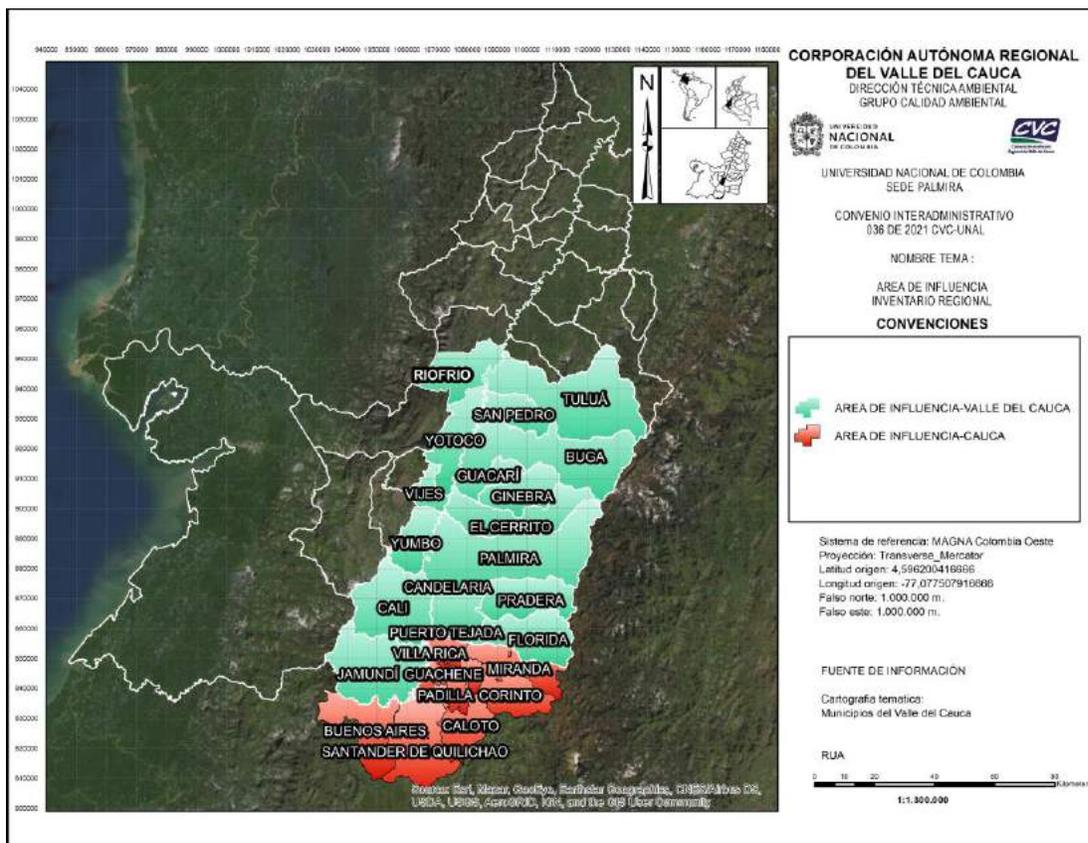
*Corte longitudinal con representación de vientos zonales*

- Con la influencia de la marea del Pacífico (14-21 horas), el centro-sur del VRC es ventilado por vientos del Noroccidente predominantemente.
- El resto del día la influencia de la marea del Pacífico se reduce, en el centro del VGRC se tienen vientos que provienen del norte y oriente Hacia el sur del VGRC predominan vientos del sureste



# Simulación de calidad del aire – IE en el área de influencia de la simulación

- Ejercicio preliminar de **simulación con trazadores** para definir los límites en el área de influencia para la simulación:
  - Oriente: Cordillera Central
  - Occidente: Cordillera Occidental
  - Norte: Municipio de Tuluá y Riofrío
  - Sur: Municipio de Santander de Quilichao (Cauca)



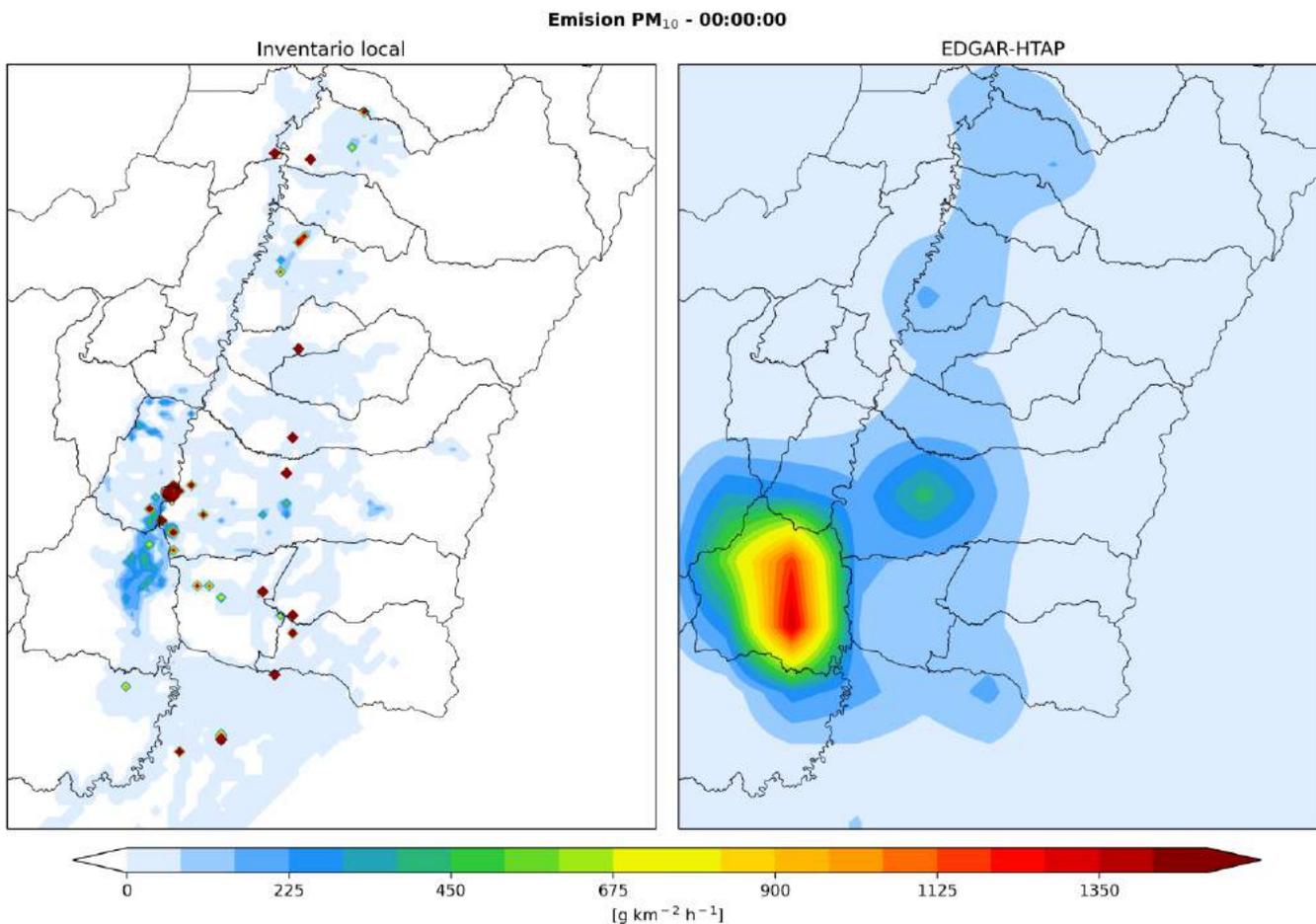
- Consolidado de inventarios de emisión en el área de influencia basado en **18 fuentes priorizadas**

## PM<sub>2.5</sub>:

- 36% Sector industrial.
- 28% Quemas abiertas precosecha e incendios.
- 23% F. Móviles (combustión exhosto).

## Simulación de calidad del aire – IE en el área de influencia de la simulación

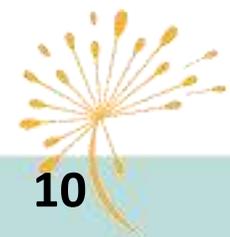
- A partir de la generación de **36 archivos de emisión independientes**, se consolidó un único archivo de emisión para su uso en las simulaciones de calidad del aire.



Emisión total diaria de PM<sub>10</sub> para el inventario del área de influencia obtenido y el inventario global de 0.1° res. espacial: EDGAR-HTAP (<https://edgar.jrc.ec.europa.eu/>).

- **Mayor resolución espacial** de las emisiones del inventario en el área de influencia ( $1km \times 1 km$ ). Se aprecia la ubicación de vías y fuentes puntuales de interés.
- **Mayor aproximación en la distribución horaria**, contrario a un perfil de distribución constante del inventario global EDGAR-HTAP

*Ver póster 063-4 (Cifuentes et al.)*



# Esquema procedimiento de simulación con química activada

## Evaluación de mecanismos químicos y esquemas de aerosoles

CBMZ – MOSAIC

*RACM – MADE/VBS*

SAPRC99 – MOSAIC/VBS

## Definición y ajustes simulación base

Inventario de emisiones del área de influencia

*Cambios en perfil horario de emisiones industriales y altura de inyección de quemas*

## Simulación base para análisis de patrones de dispersión y transporte de contaminantes

## Análisis de contribución de fuentes

Quemas abiertas

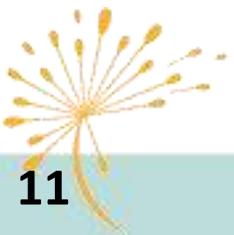
Emisiones industriales en Yumbo y Palmira

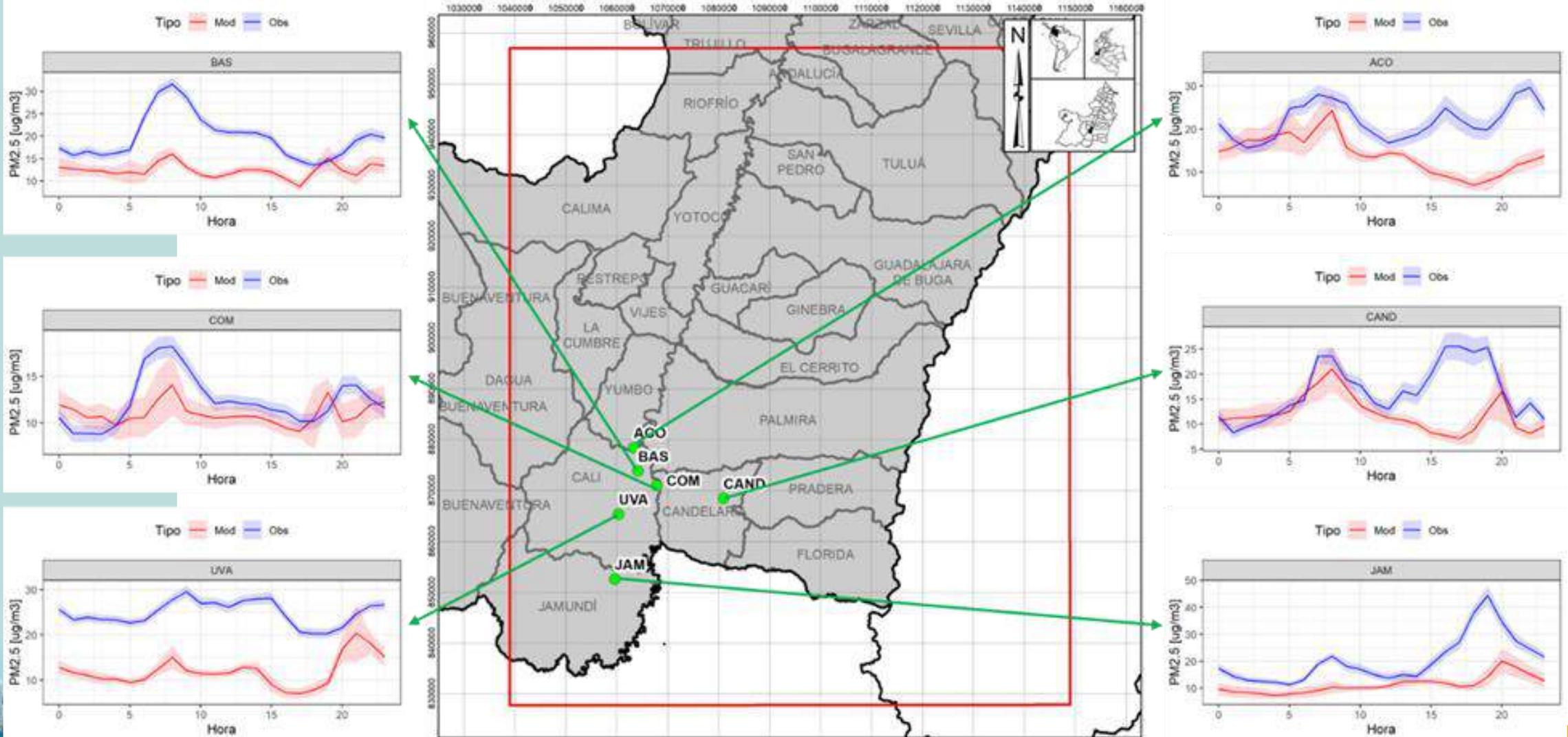
Emisiones móviles y estacionarias en Cali

Emisiones regionales

Emisiones pecuarias

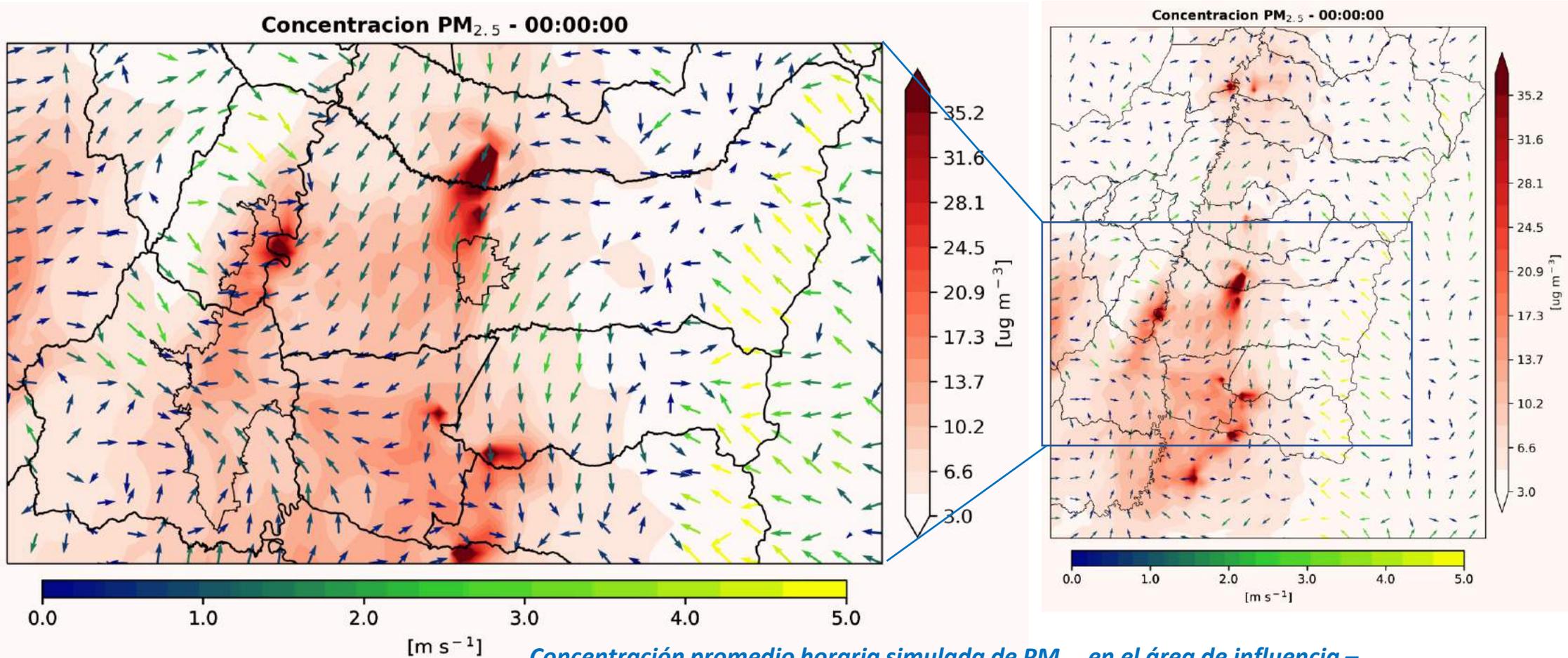
- Importante definir la especiación química de PM y VOCs:
  - Revisión bibliográfica
  - Desarrollo de códigos computacionales en lenguaje R para aplicar factores de especiación por fuente según cada mecanismo
- Resultados obtenidos analizados y comparados con perfiles horarios disponibles de contaminantes como PM<sub>2.5</sub> y O<sub>3</sub> (contaminante secundario)



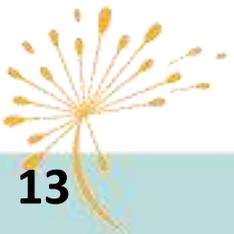


# Resultados simulación base con totalidad de emisiones

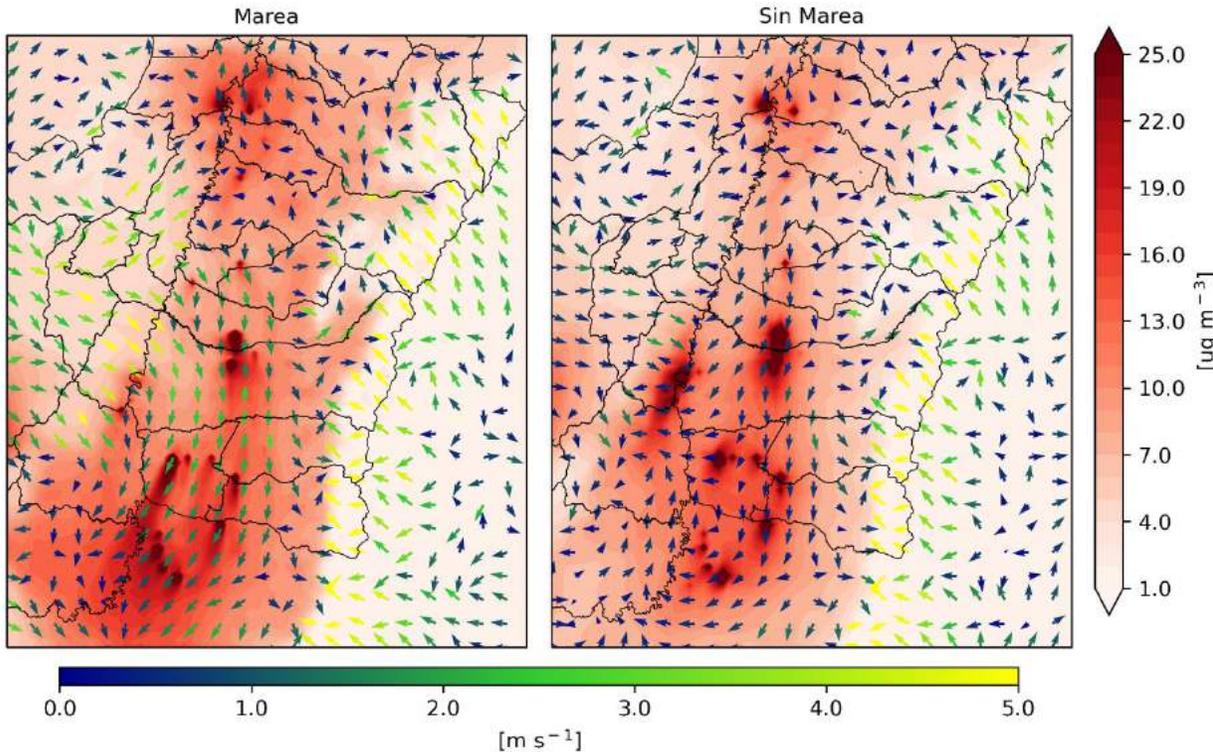
- Zona urbana de Palmira influenciada por transporte de contaminantes desde el norte del municipio.
- Fenómenos locales en la dinámica de PM en Yumbo en la noche y madrugada principalmente, con zonas de mayor concentración al oriente y sur del área urbana.



*Concentración promedio horaria simulada de  $PM_{2.5}$  en el área de influencia – Resultados asociados al periodo 1 (julio-agosto 2018)*

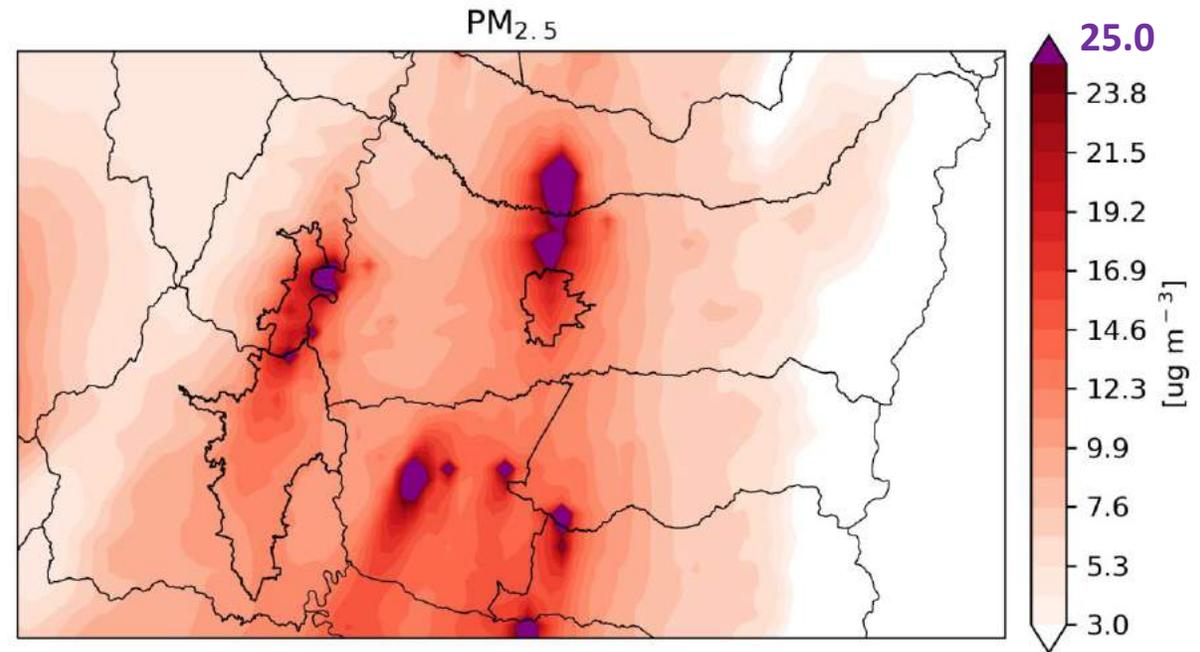


# Resultados simulación base con totalidad de emisiones



*Mapas de concentración promedio de  $PM_{2.5}$  con vectores de viento para periodos influenciados por la marea atmosférica (13:00 a 22:00 hora local) y sin marea atmosférica (22:00 a 13:00 hora local).*

- Alrededor del medio día se registran las concentraciones mas bajas de  $PM$ . Mayores alturas de capa de mezcla y aumento de ventilación por influencia de fenómenos como la marea atmosférica.
- Mayor estabilidad y disminución de la ventilación durante la noche-madrugada favorece la acumulación de contaminantes.



*Mapa de concentración media de  $PM_{2.5}$  obtenido para el periodo completo de simulación*

- Insumo importante para la **gestión de la calidad del aire en el VGRC.**
- Bases para **estudiar la contribución de fuentes de emisión** principales a la concentración de contaminantes como el material particulado, así como **entender las dinámicas de transporte y dispersión al interior del VGRC.**
- El conocimiento adquirido a través de estas simulaciones puede ser empleado como **línea base para evaluar el impacto de futuros escenarios de reducción o aumento de emisiones**, apoyar en la elaboración de **planes de descontaminación** *Presentación 146-3 (Hernández et al.)*
- **Importante dar continuidad a estudios relacionados con simulación regional en el VGRC: alta complejidad en dinámicas de emisión y transporte de contaminantes.**



- Esta investigación fue financiada por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC, a través del Convenio interadministrativo 036-2021



- Agradecimientos a la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira y el DAGMA (Departamento Administrativo de Gestión de Medio Ambiente de Santiago de Cali) por los datos proporcionados.



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

- Ardila, A.V., Cifuentes, F., Gonzalez, C.M., Deckers, D.H., Rueda-Saa, G., Jimenez, R. (2023).Resumen 066\_4: Patrones de circulación atmosférica en el valle geográfico del río Cauca y su influencia en el transporte de contaminantes atmosféricos. CASAP IX.
- Ardila, A.V., Cifuentes, F., Gonzalez, C.M., Rueda-Saa, G., Jimenez, R. (2023).Resumen 138\_6: Desarrollo y análisis de una base de datos meteorológicos depurada del valle geográfico del río Cauca. CASAP IX.
- Cifuentes, F., Ardila, A.V., Gonzalez, C.M., Rueda-Saa, G., Jimenez, R. (2023).Resumen 063\_4: Desagregación espaciotemporal de los inventarios de emisión estimados en el valle geográfico del rio Cauca con propósitos de simulación de calidad del aire. CASAP IX.
- Grell, G. A., Peckham, S. E., Schmitz, R., McKeen, S. A., Frost, G., Skamarock, W. C., & Eder, B. (2005). Fully coupled “online” chemistry within the WRF model. *Atmospheric Environment*, 39(37), 6957–6975. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2005.04.027>
- Guenther, A. B., Jiang, X., Heald, C. L., Sakulyanontvittaya, T., Duhl, T., Emmons, L. K., & Wang, X. (2012). The model of emissions of gases and aerosols from nature version 2.1 (MEGAN2.1): An extended and updated framework for modeling biogenic emissions. *Geoscientific Model Development*, 5(6), 1471–1492. <https://doi.org/10.5194/gmd-5-1471-2012>
- López, M., & Howell, W. (1967). Katabatic Winds in the Equatorial Andes. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 68–70.



## GRACIAS

fcifuentesc@unal.edu.co, cmgonzalezd@unal.edu.co, avardilaar@unal.edu.co,  
rjimenezp@unal.edu.co, ghruedas@unal.edu.co

Más información



<https://casap.science/>



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