

# Reducción en mortalidad asociada a la reducción de la deforestación en Colombia y el norte de Suramérica

Ricardo Morales Betancourt, Universidad de los Andes  
Fernando García Menendez, North Carolina State University  
Diego Roberto Rojas Neisa, Universidad de los Andes



Mayo 15 de 2025, Medellín

## **Fuegos y Calidad del Aire Regional**

El caso de Colombia y el norte de Suramérica

1. Se ha demostrado una asociación significativa entre las quemas regionales y la concentración de partículas y ozono en gran parte del territorio nacional (incluidas las grandes ciudades).
2. El uso de modelos atmosféricos de transporte químico ha permitido cuantificar la contribución de los fuegos regionales a la calidad del aire durante épocas de altas emisiones



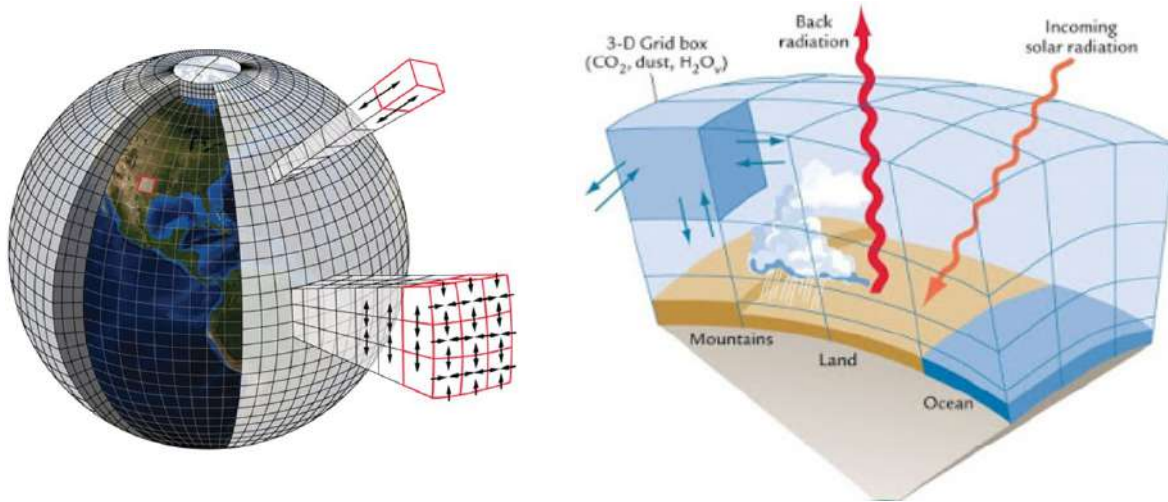
## ■ Deforestación, fuegos, y calidad del aire

1. ¿Cuánto contribuyen estas fuentes regionales al  $PM_{2.5}$  en Colombia y la región?
2. ¿Cuánto es su aporte estimado sobre la mortalidad por exposición a largo plazo?
3. ¿Qué fracción de las emisiones por fuegos y quemas esta relacionado a procesos de deforestación?



## Modelación atmosférica de transporte químico

El caso de Colombia y el norte de Suramérica



- Modelo WRF-Chem
- Basado en principios fundamentales (conservación de masa, energía y momentum)
- El objetivo es modelar el transporte, transformación y remoción de especies químicas en la atmósfera

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \nabla \cdot (\mathbf{v}c) = (\nabla \cdot \mathbf{K}_h \nabla)c + \sum R_n$$



## Experimentos numéricos

### Configuración



#### **Meteorology**

FNL (1°x 1°)

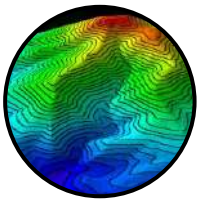
Temporal Res. 6-hours



#### **Chemistry**

Camchem/GEOS-5

Spatial Res. 1.9°x 2.5°

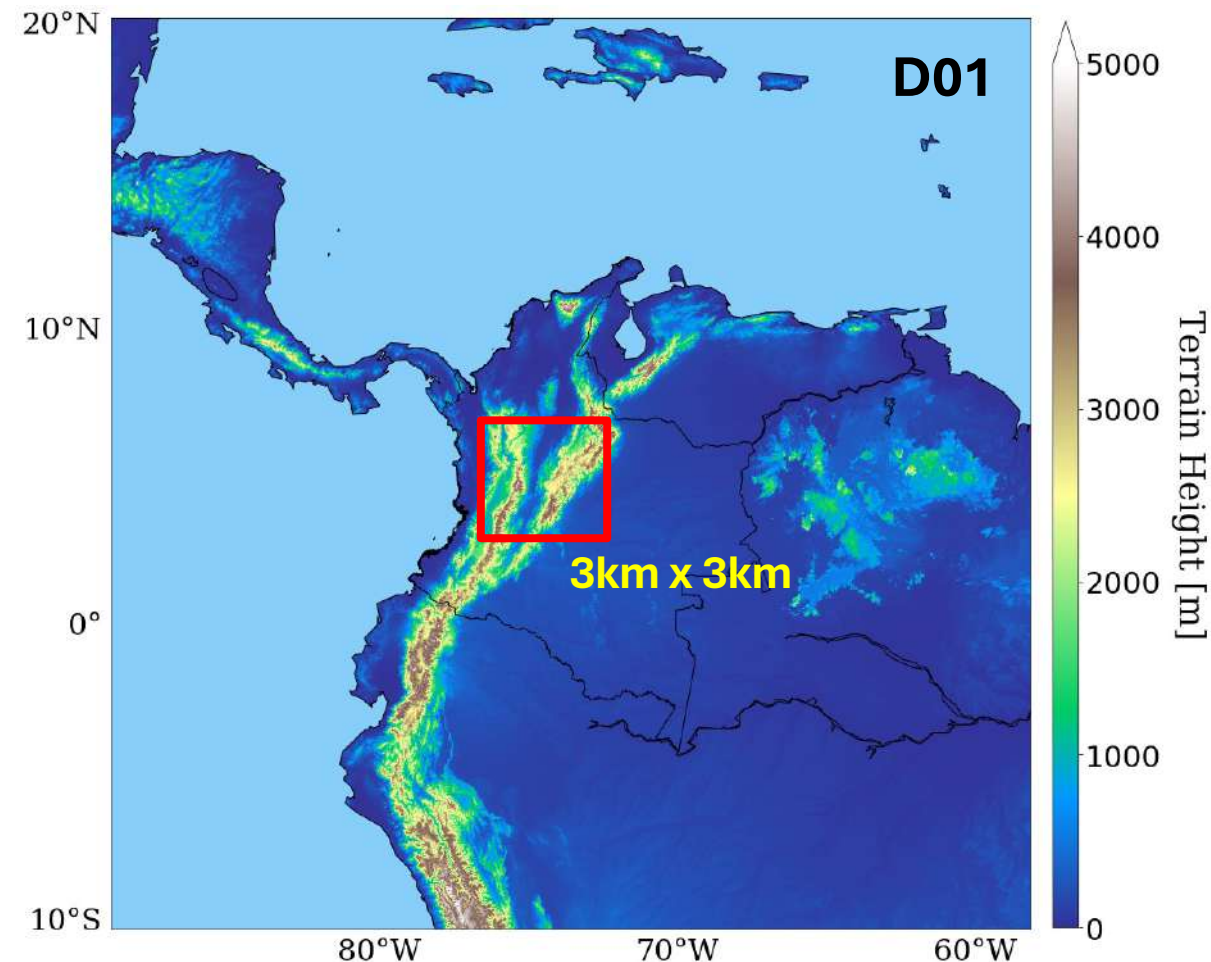


#### **Static Inputs**

Land use - MODIS

gtopo // ASTER

- Dominio: 3240 km x 3240 km
- Resolución: 9km x 9 km



## **Emisiones:** Inventarios de emisiones globales

---

### **1. FINN: Fire Inventory from NCAR**

<https://www2.acom.ucar.edu/modeling/finn-fire-inventory-ncar>

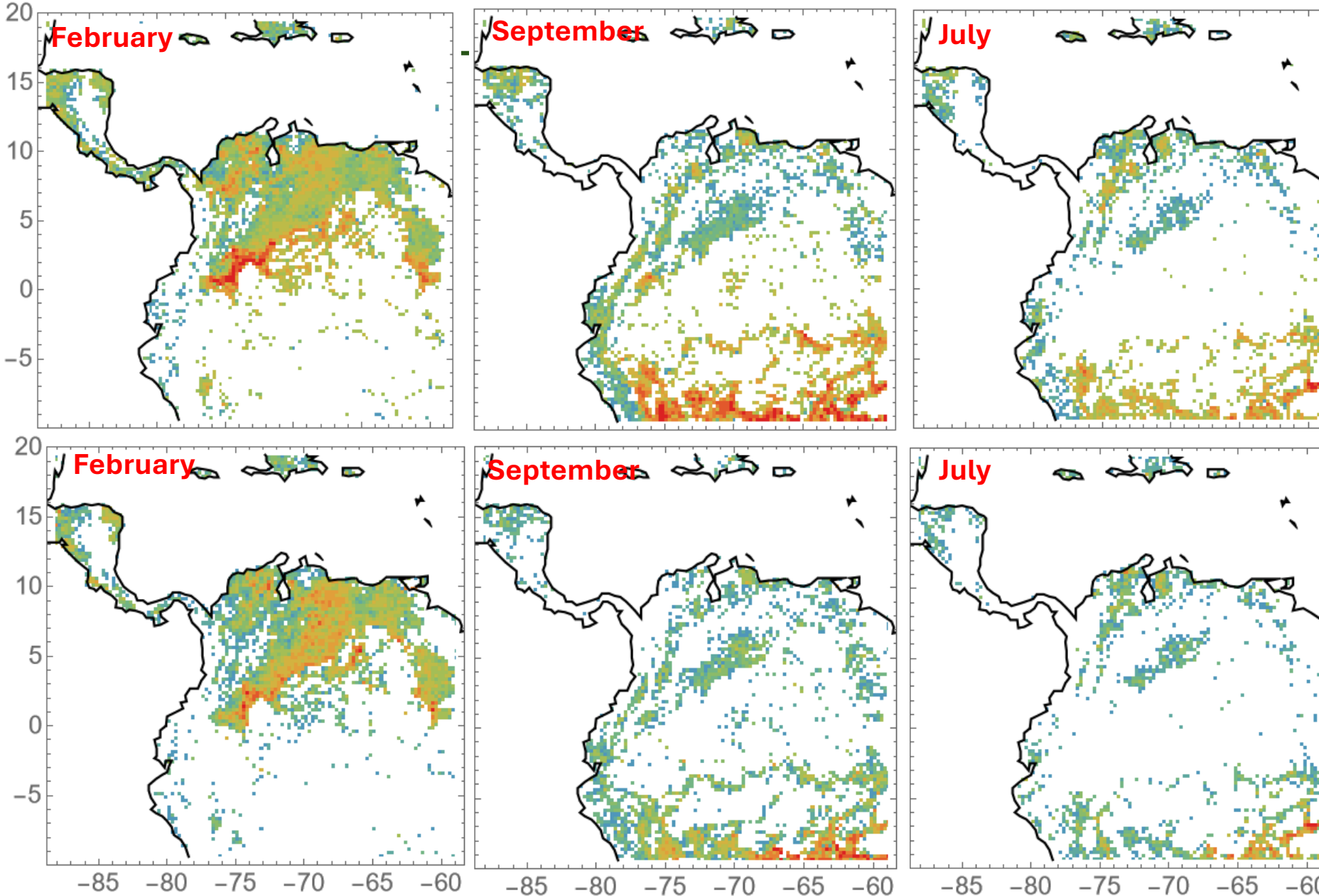
### **2. GFED (Global Fire Emission Database)**

<https://www.globalfiredata.org/>



# Emisiones: Grandes discrepancias entre inventarios

Mean emissions 2017-2020



**FINNv1.5**

Wiedinmyer et al., 2011

**130,000 TonBC/yr**

**GFEDv4**

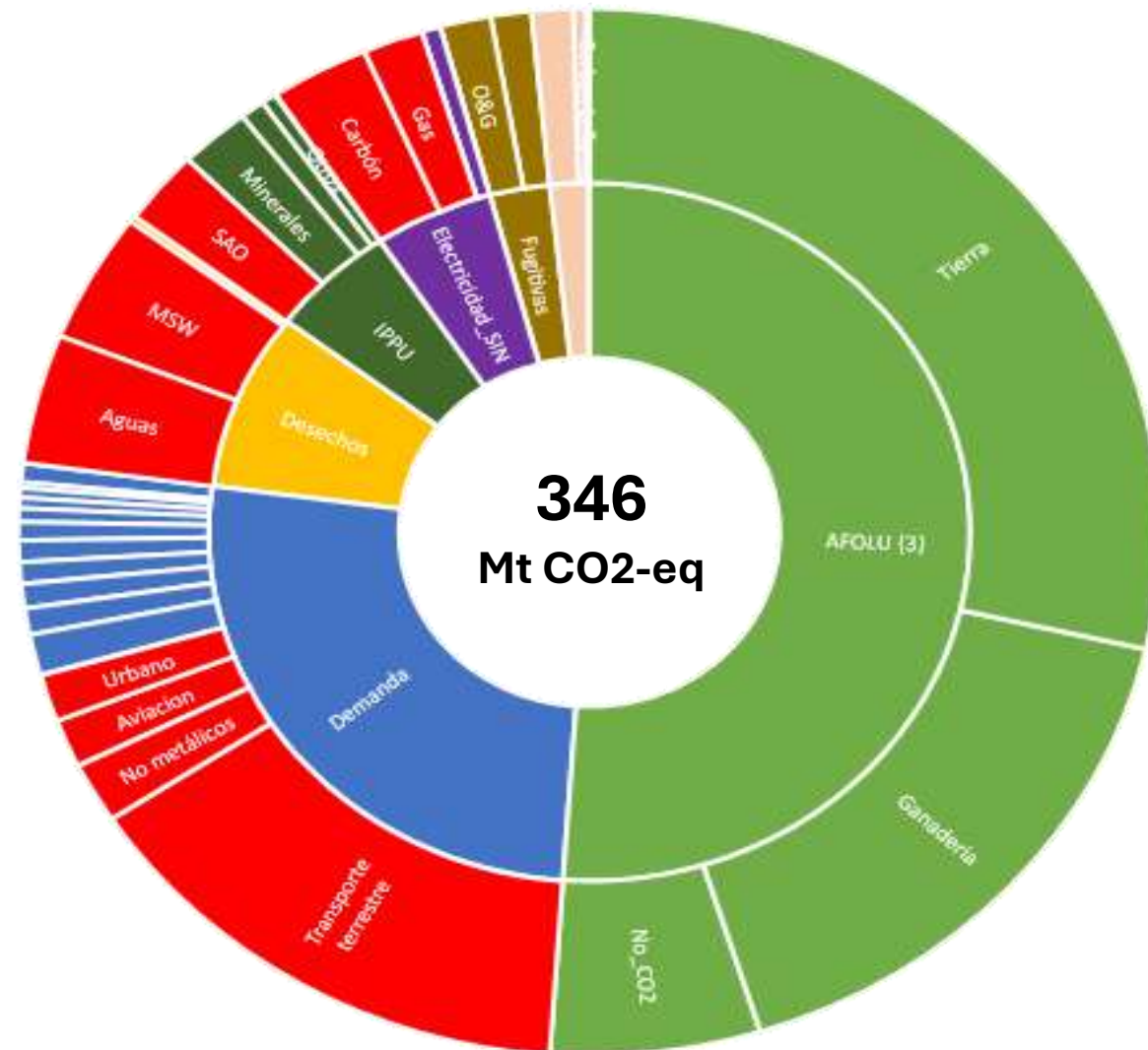
van der Werf et al. 2010

**68,774 TonBC/yr**

# Deforestación

Clave en la mitigación de GEI para Colombia

- La mitad de nuestras emisiones provienen del sector de uso de la tierra
- La principal contribución a dichas emisiones proviene de la deforestación y degradación de bosques

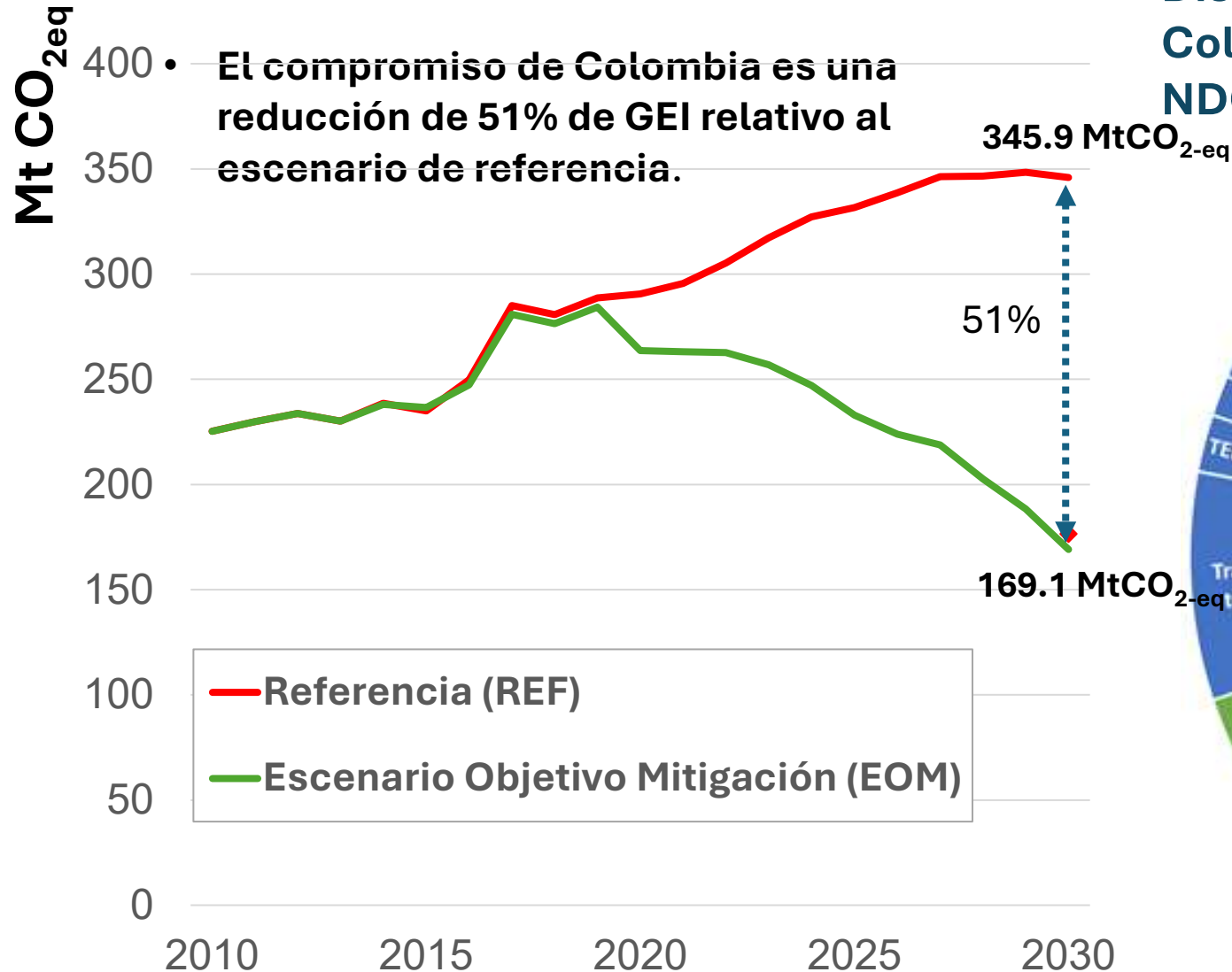


Deforestation

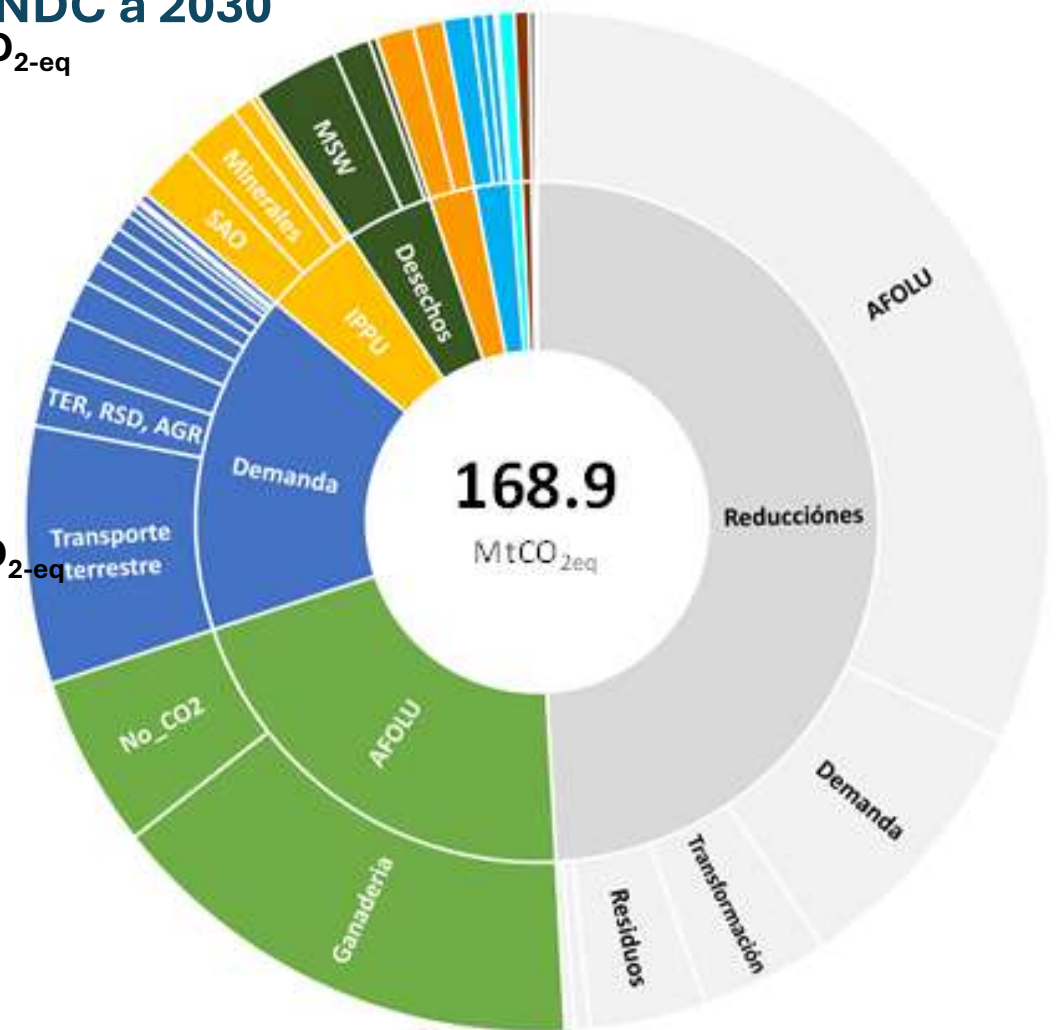


Ganadería

## Deforestación

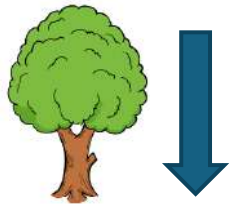


## Distribución de emisiones de GEI para Colombia compatibles con el compromiso NDC a 2030



## Deforestación: co-beneficios en calidad del aire

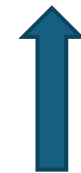
- Cuantificar el impacto en calidad del aire que se producirían al cumplir con los objetivos de la política climática (reducción del 83% de la tasa anual de deforestación para 2030)



**Deforestation**



**Fires in  
forested areas**



**Air quality**



**Negative health  
outcomes**

- Vincular los impactos que se sentirían en las grandes ciudades (centros de decisión) y las políticas climáticas ayudaría a profundizar los esfuerzos para cumplir con esos compromisos.

# ¿Cómo establecer el aporte de la deforestación a las emisiones totales por quema de biomasa?

Clasificación de acuerdo a su origen / tipo de vegetación

## FINN: Generic Vegetation Type

The categories for GENVEG are:

1 = grasslands and savanna

2 = woody savanna/shrublands

3 = tropical forest

4 = temperate forest

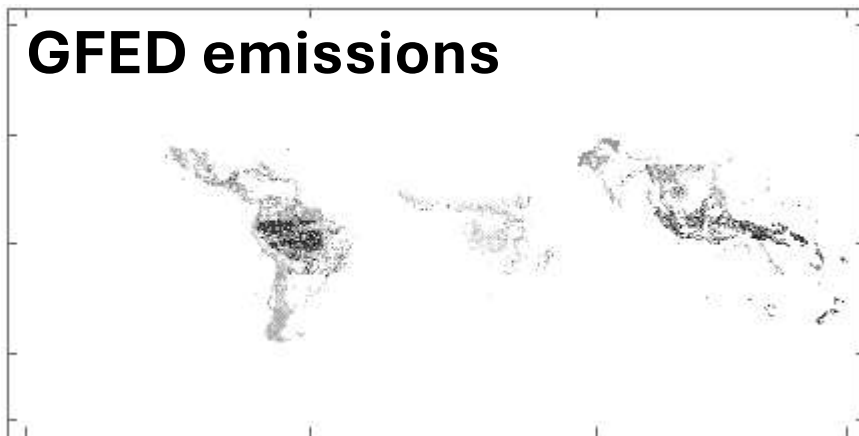
5 = boreal forest

6 = temperate evergreen forest 9 = croplands

0 = no vegetation

“Forests” → GENVEG = 3, 4, 5, or 6

## GFED emissions



Deforestation /  
Degradation



# Challenges: large discrepancies across inventories

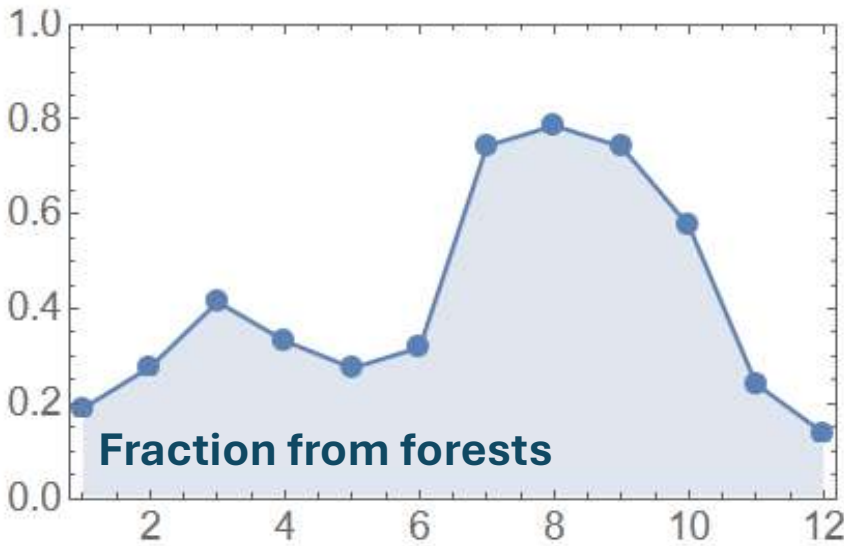
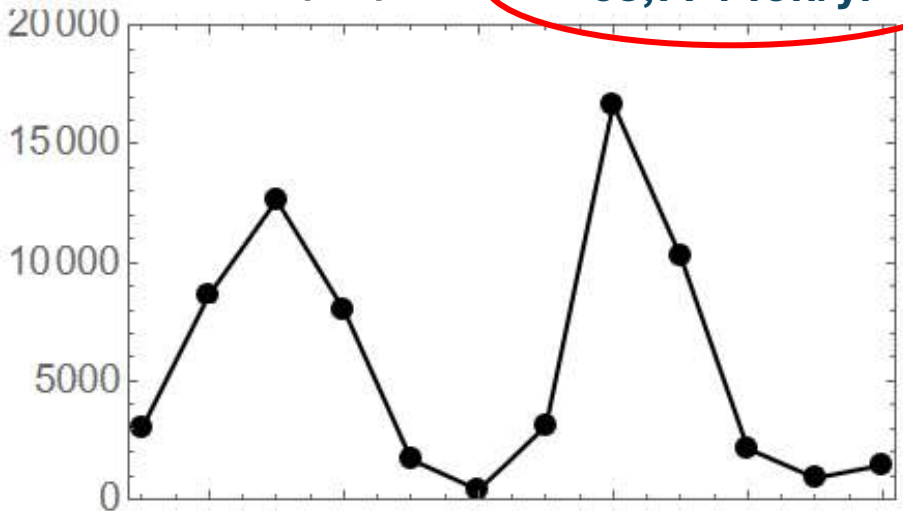
GFEDv4

Annual mean 2017//2020

FINNv1.5

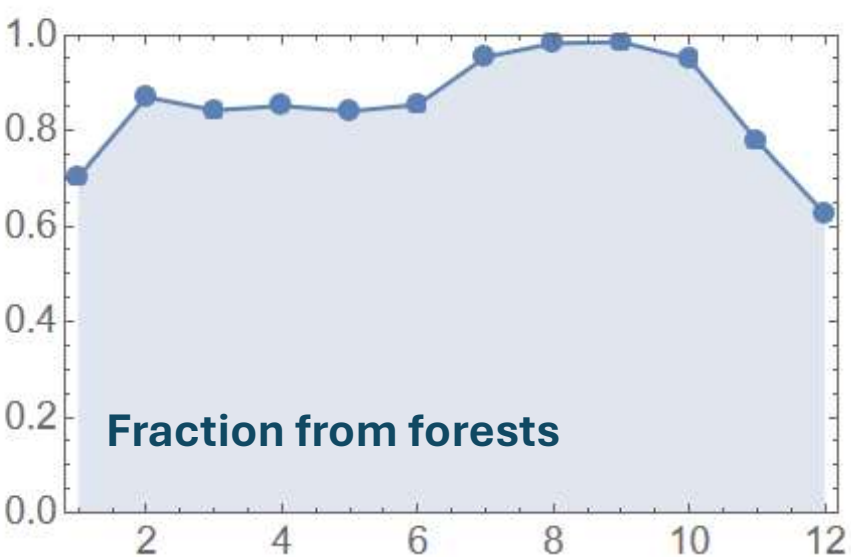
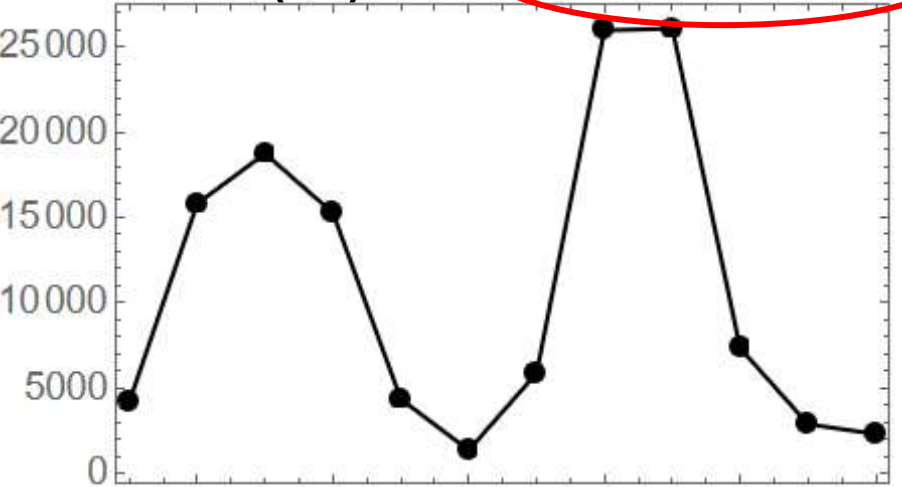
Ton / month (BC)

68,774 Ton/yr



Ton / month (BC)

130,000 Ton/yr

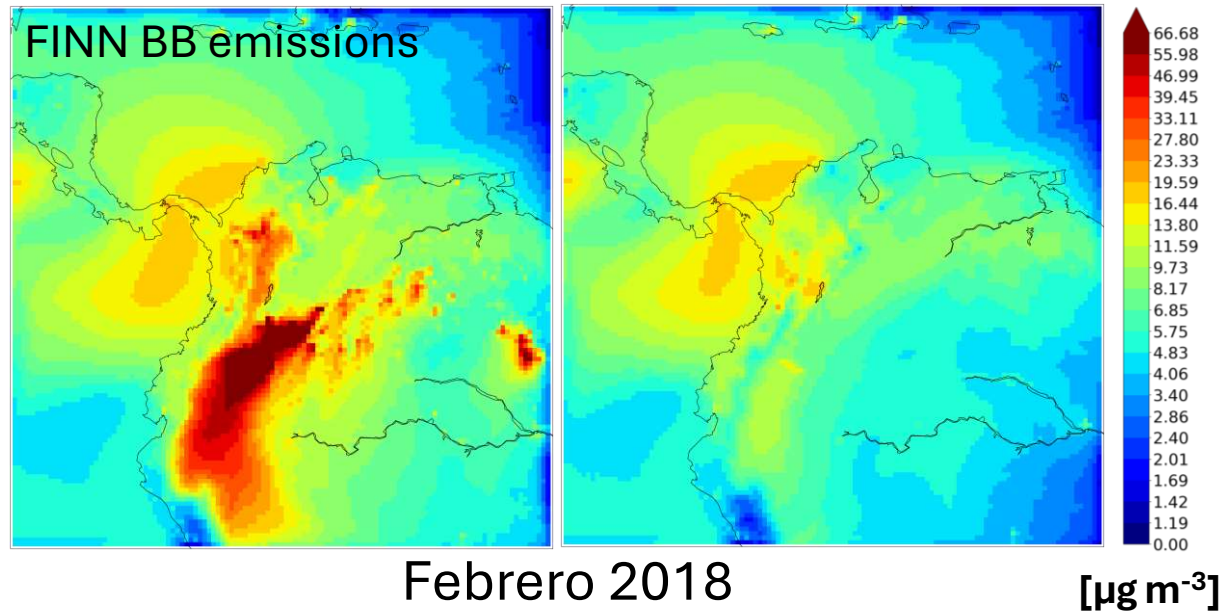


## Atribución del impacto – Escala Regional

Atribución del impacto de fuentes de emisión a escala regional usando modelos atmosféricos de transporte químico

**Base**

**Sin fuegos**



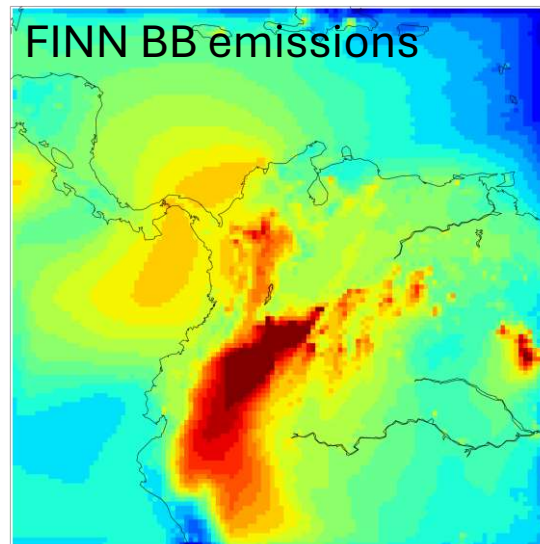


AOD 0.55  $\mu\text{m}$  MODIS  
Monthly means

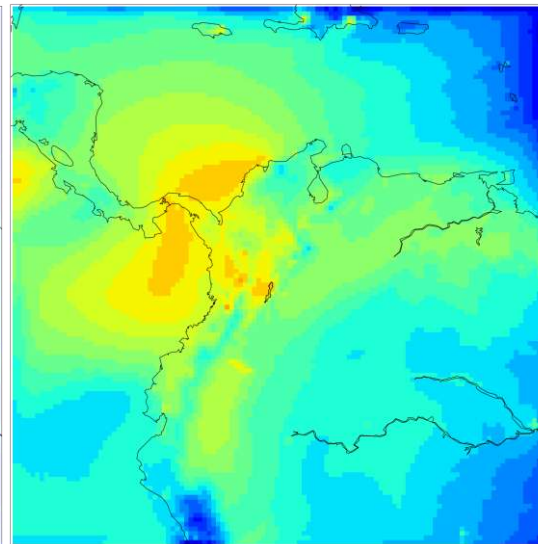
## Atribución del impacto – Escala Regional

Atribución del impacto de fuentes de emisión a escala regional  
usando modelos atmosféricos de transporte químico

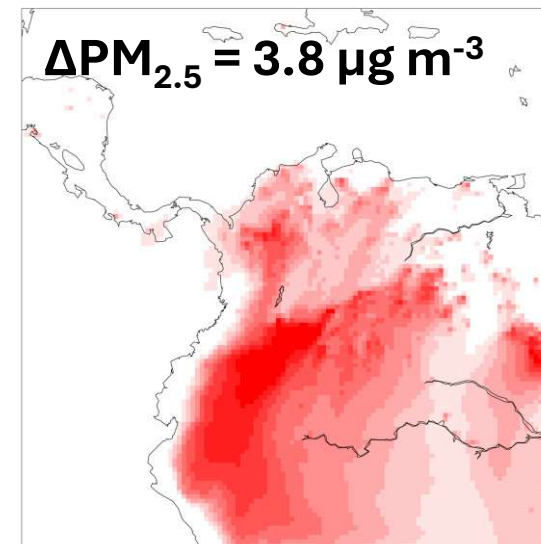
$$\text{Base} - \text{Sin fuegos} = \Delta C_{\text{Fire}}$$



Febrero 2018



$[\mu\text{g m}^{-3}]$



Febrero 2018  $[\mu\text{g m}^{-3}]$

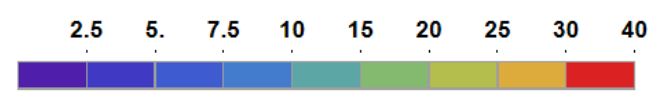
## ■ Experimentos realizados

En todos los casos, modelamos un año completo (2018) para el dominio completo

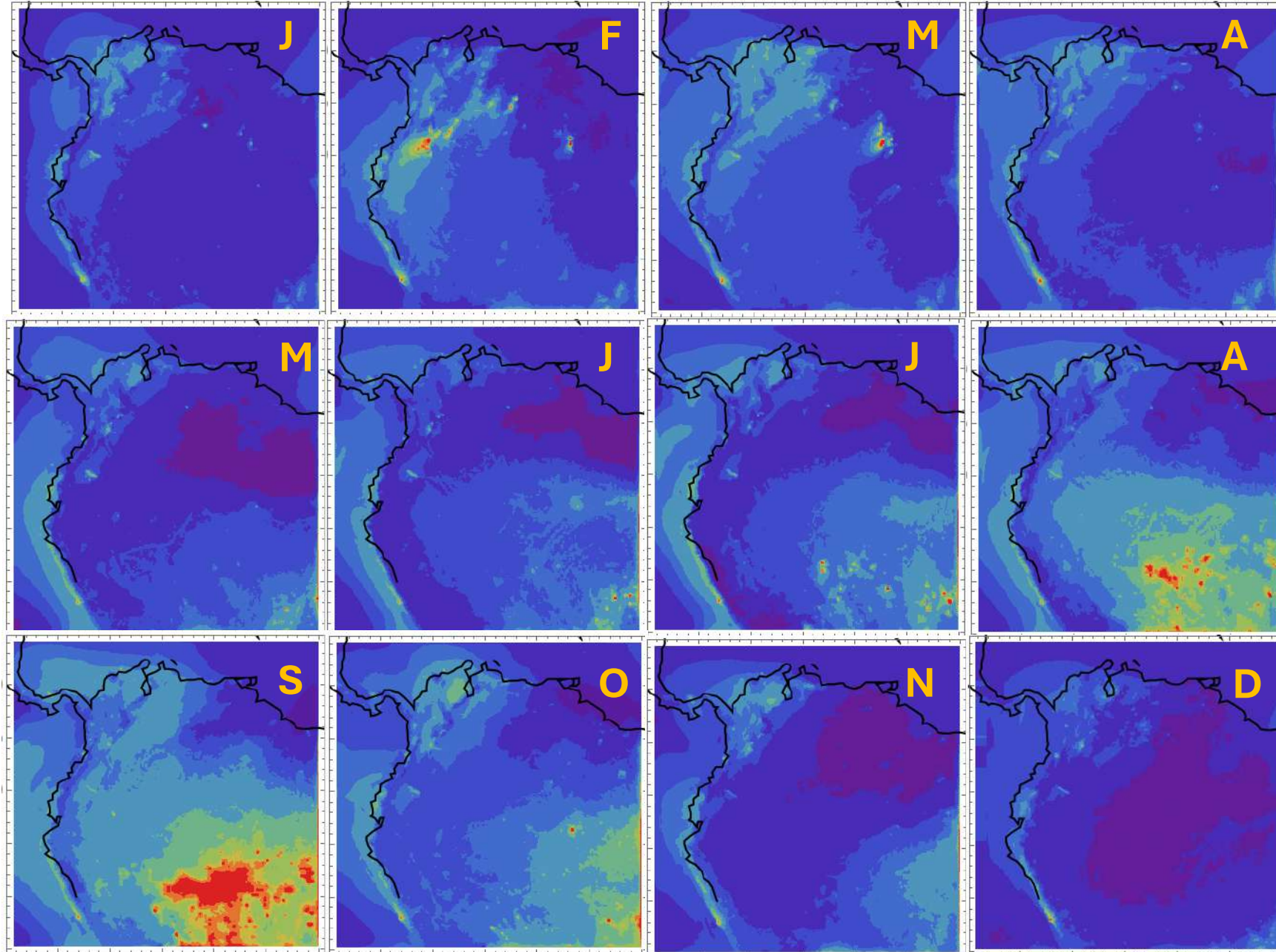
1. **Base:** FINN v1.5
2. **Base (2):** GFED4
3. **Sin\_Fuegos:** Sin emisiones de quema de biomasa
4. **Bosques\_FINN** Solo fuegos en bosques
5. **Bosques\_GFED** Solo Deforestación/degradación



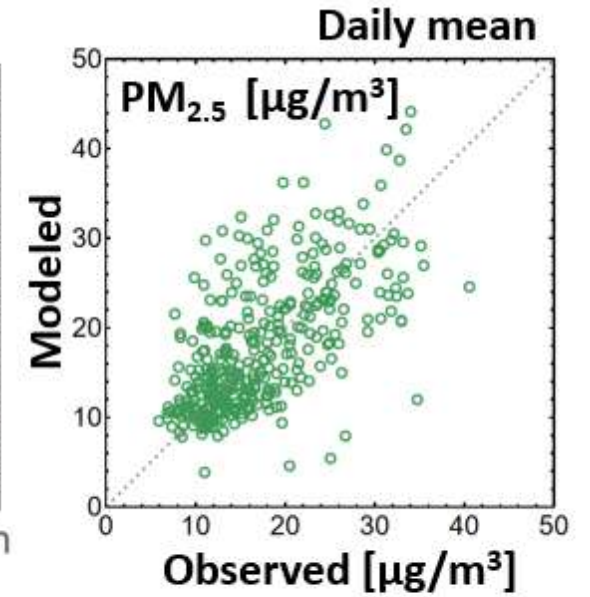
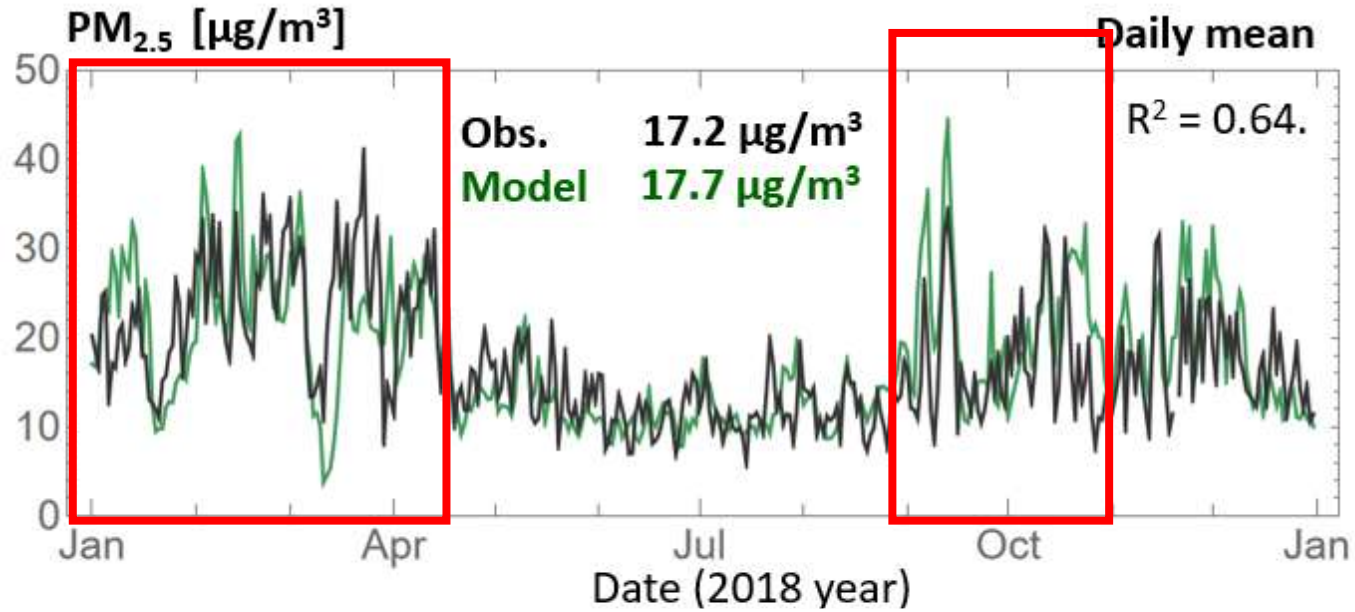
# Promedio mensual PM2.5 (All biomass burning sources // GFED)



PM2.5 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]



## Caso Base: Evaluación para Bogotá

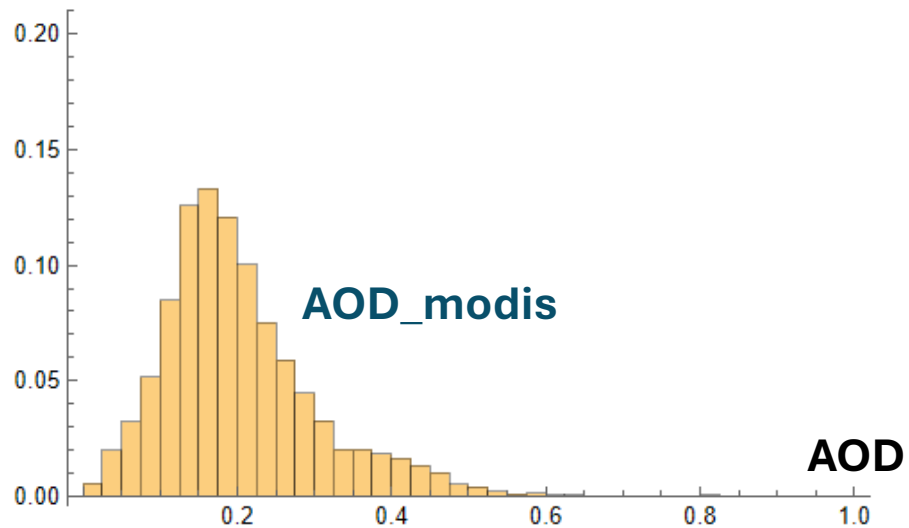


# AOD 0.55 $\mu\text{m}$ MODIS Monthly means (2018)

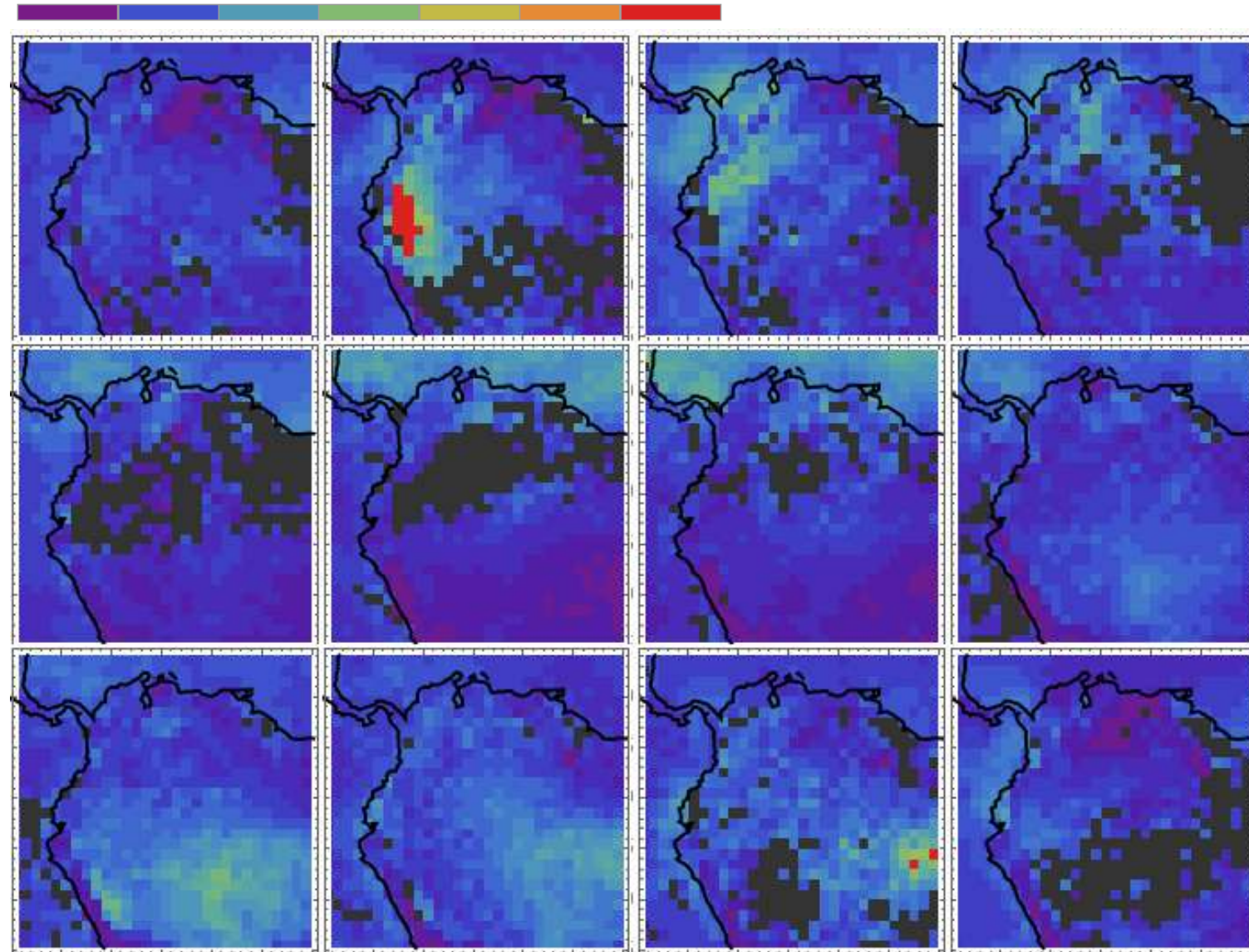
## MODIS AOD 550

Productos de monitoreo remoto

AOD (profundidad óptica de aerosoles) observado por el sensor **MODIS**

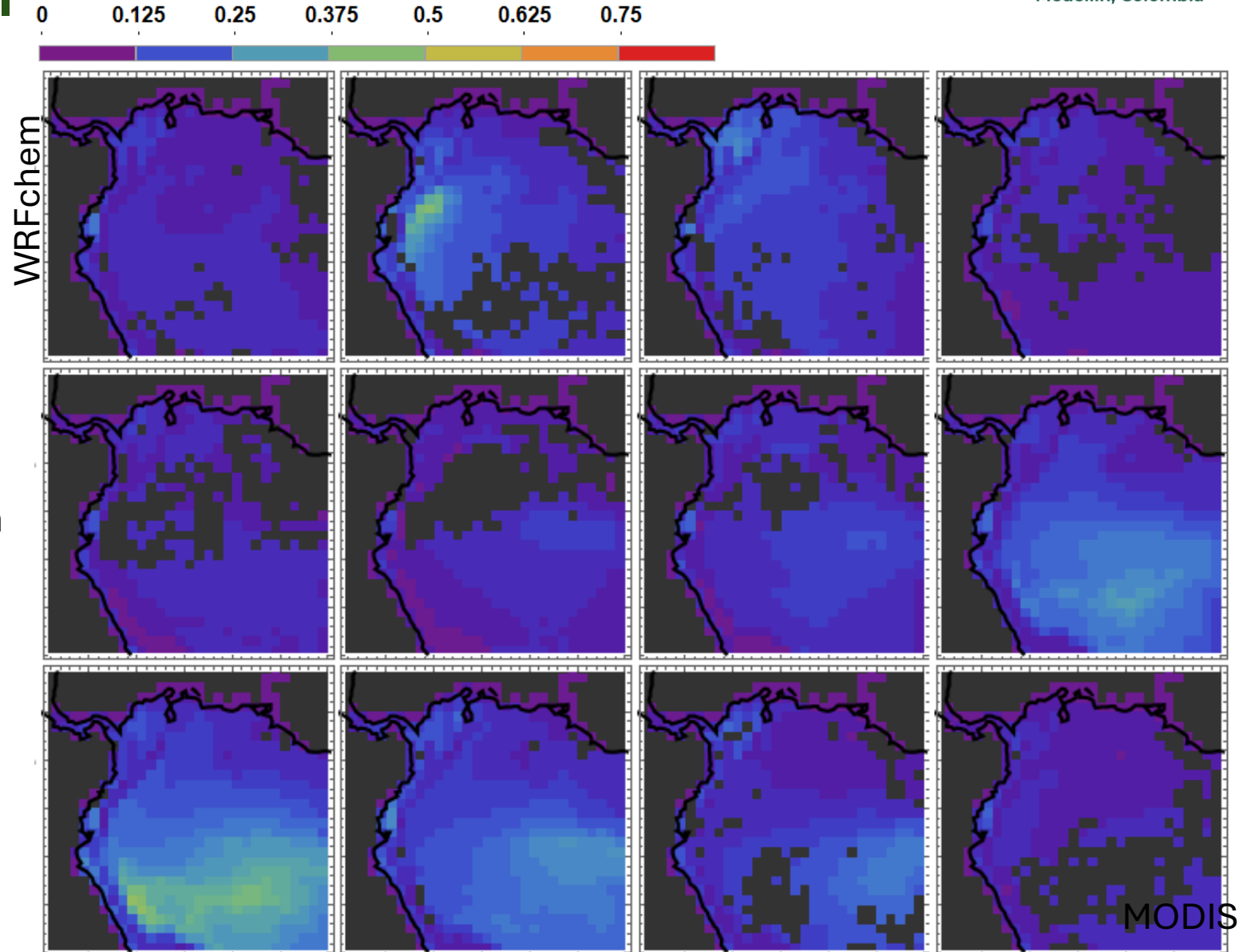
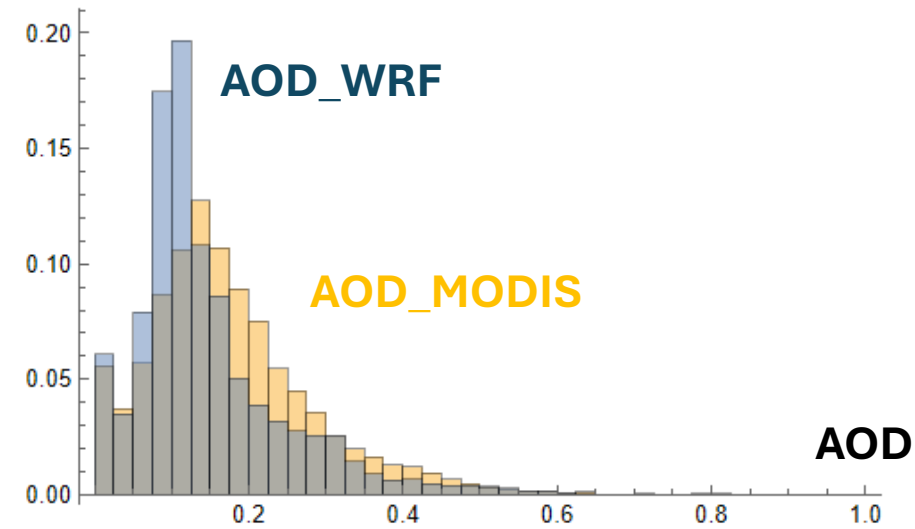


0 0.125 0.25 0.375 0.5 0.625 0.75

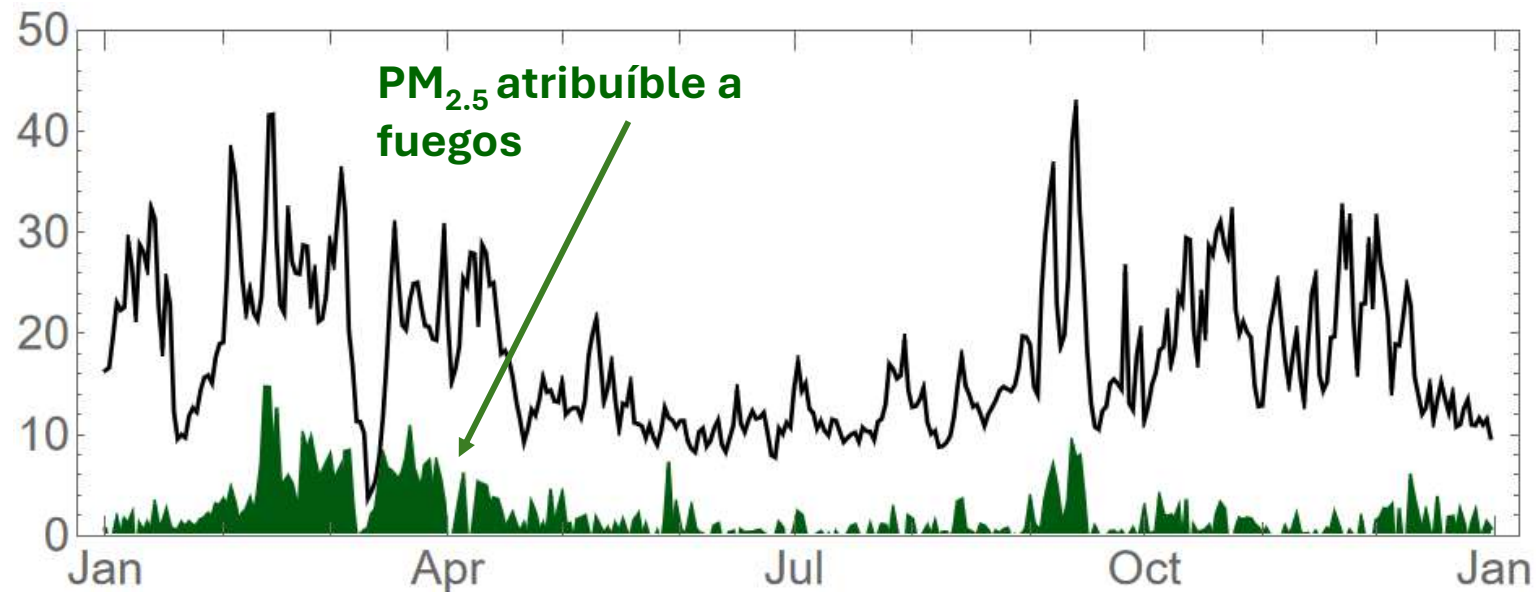


AOD 0.55  $\mu\text{m}$   
WRF\_FINN\_ALLBB

## Caso Base: Escala Regional



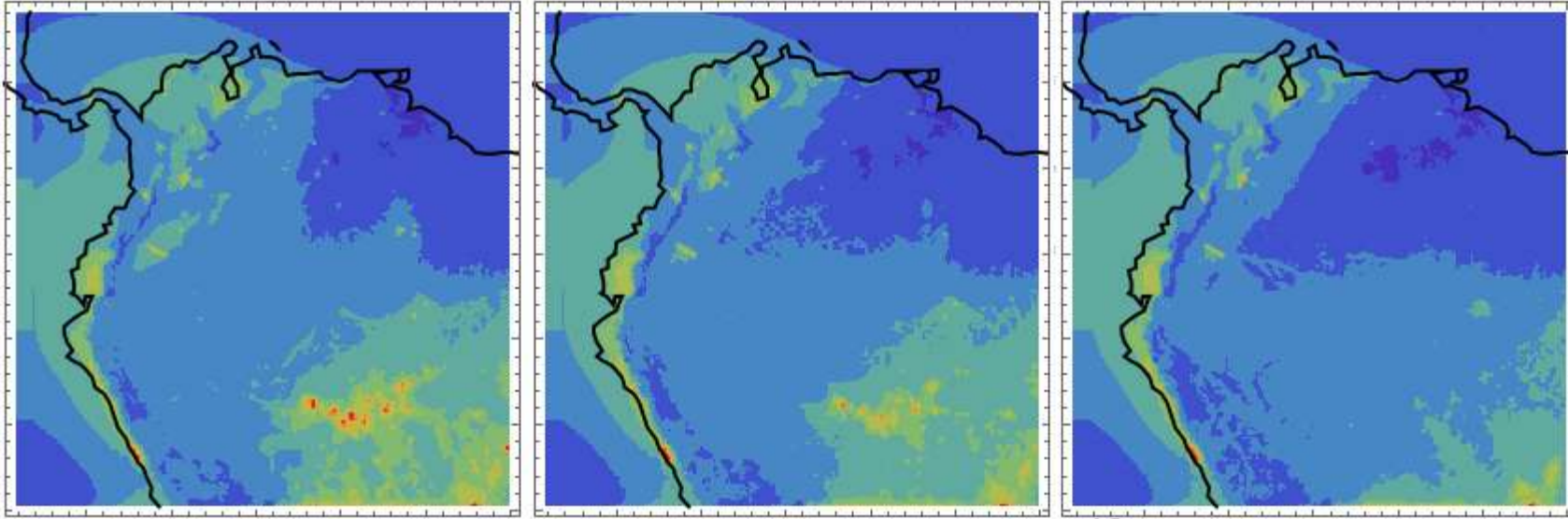
## Asociación entre deforestación, fuegos, y calidad del aire



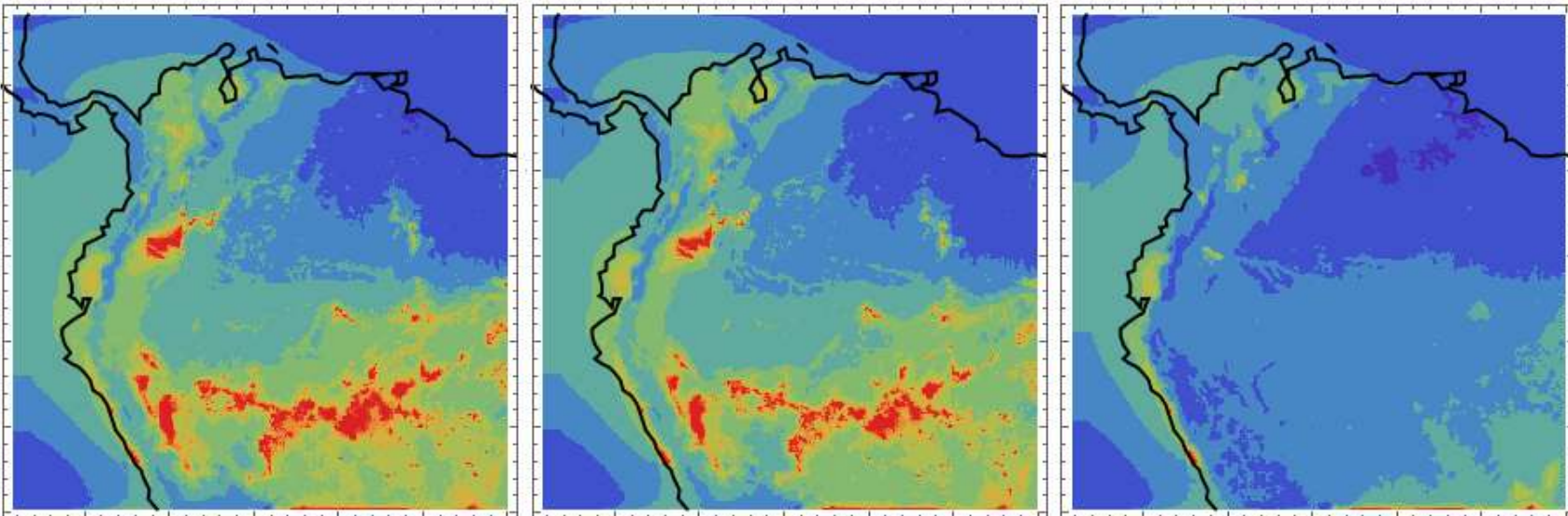
- En promedio anual, el 8.3 % del  $PM_{2.5}$  en Bogotá se atribuye a incendios regionales.
- En los meses de febrero y marzo, la contribución de los incendios podría alcanzar el 22 % y el 26 %, respectivamente.

## Promedios anuales para cada escenario

GFED\_allBB 8.51  $\mu\text{g m}^{-3}$  GFED\_forests 8.20  $\mu\text{g m}^{-3}$  NO\_BB 7.74  $\mu\text{g m}^{-3}$

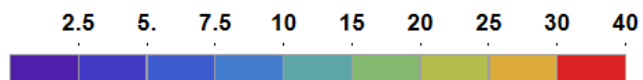
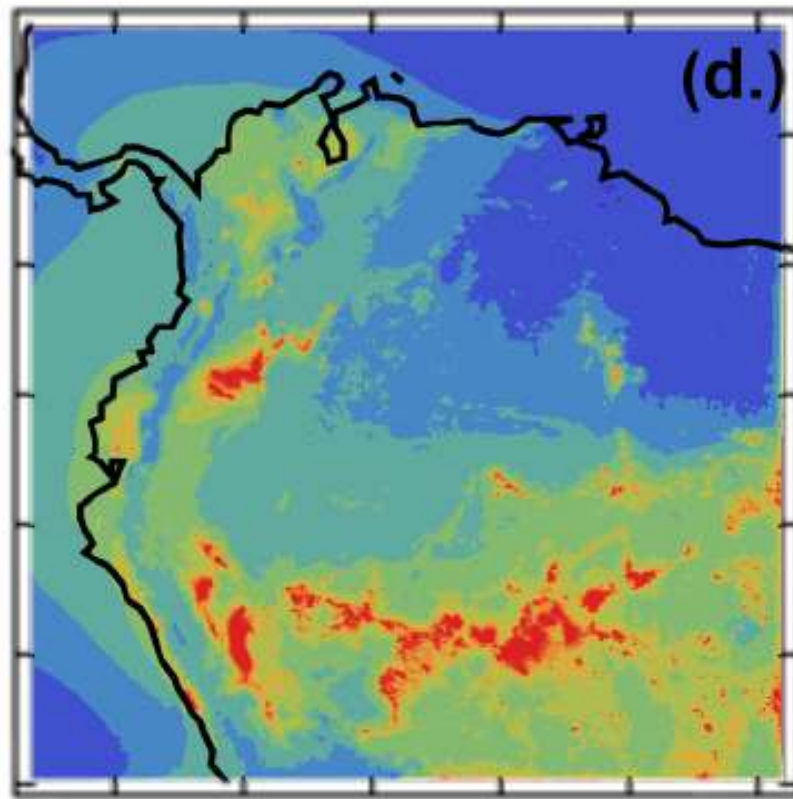


FINN\_allBB 10.90  $\mu\text{g m}^{-3}$  FINN\_forests 10.65  $\mu\text{g m}^{-3}$  NO\_BB 7.74  $\mu\text{g m}^{-3}$



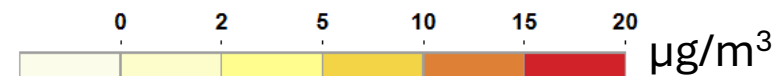
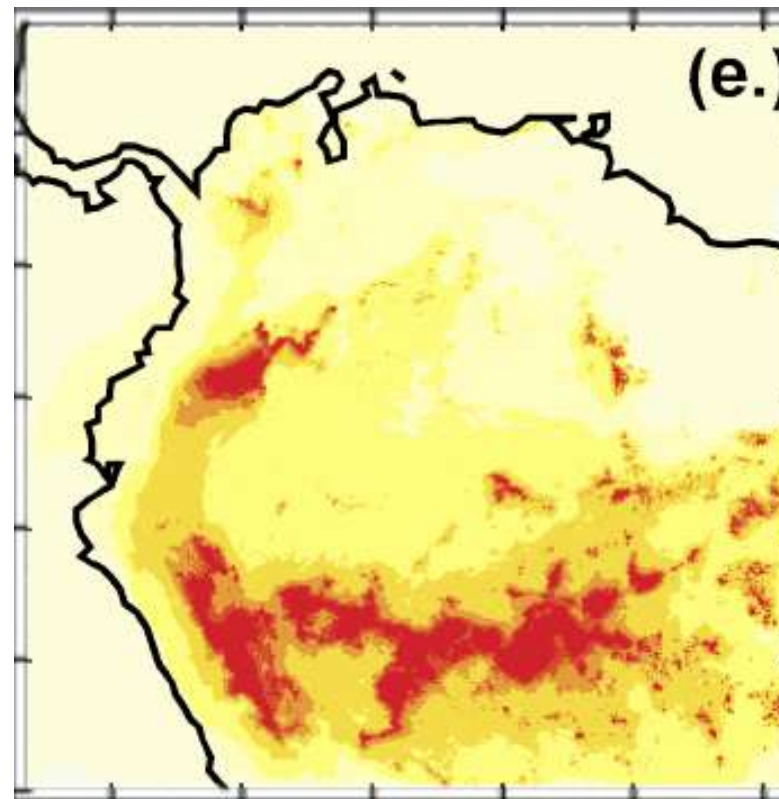
■ Promedio anual: 2018

**PM<sub>2.5</sub> annual (base)**

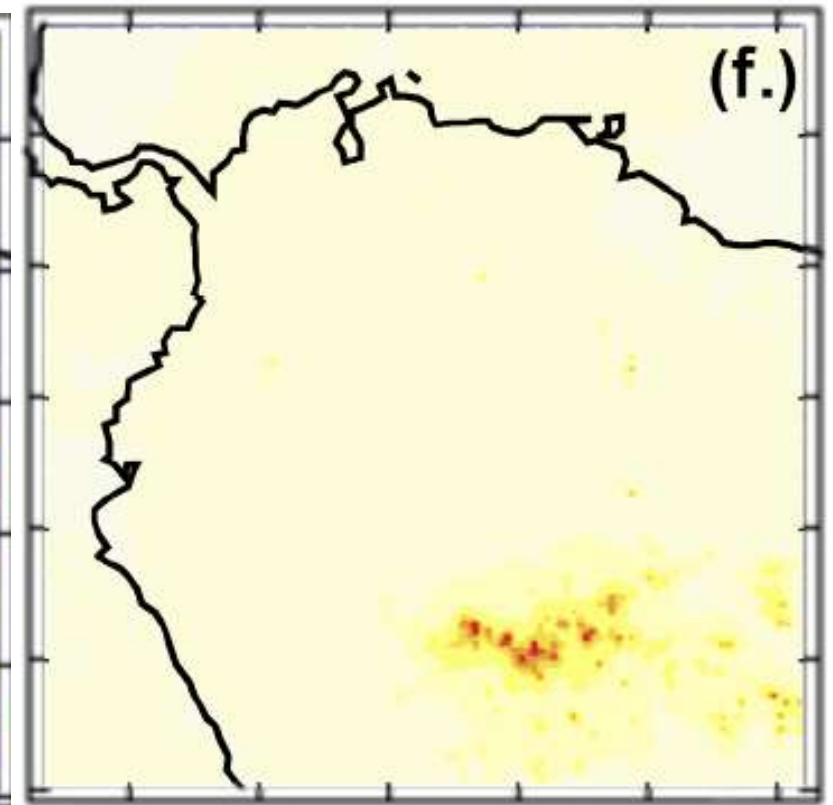


PM<sub>2.5</sub> [μg/m<sup>3</sup>]

**ΔPM<sub>2.5</sub> Bosques (FINN)**



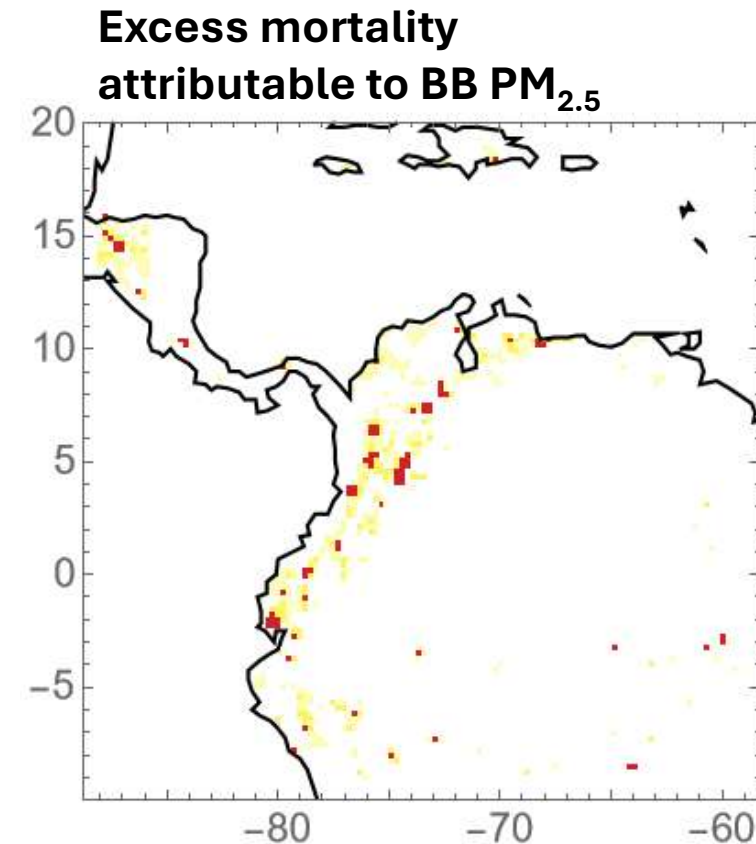
**ΔPM<sub>2.5</sub> Bosques (GFED)**



## Estimación del impacto en salud

Usamos el RR de la última revisión de la OMS  
(8% de incremento en mortalidad por cada 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{2.5}$ )

- **FINN:** Estimamos que **10,042** (C.I. 95% 9856 - 10134) muertes prematuras podrían evitarse si pudieran reducirse las emisiones asociadas a fuegos en zonas de bosque (En Colombia son cerca de 3000 muertes!)
- **GFED:** El inventario GFED, que produce emisiones más bajas, sugiere que prevenir los fuegos asociados a deforestación podría prevenir **920** (C.I. 95% 902 - 932) muertes anualmente en la región





## Mensajes finales y trabajo futuro

---

- Emisiones de los fuegos regionales dominan el patrón anual de contaminación del aire en Colombia (y en general, en Suramérica) y con frecuencia, impulsan a las grandes ciudades a niveles de alerta de contaminación del aire
- Persisten retos grandes en la estimación de las emisiones asociadas combustión de biomasa vegetal (fuegos en zonas de cobertura vegetal).
- **Clasificación por tipo:** Se requiere trabajar en los algoritmos (y las observaciones) para tener mejor clasificación de los fuegos y mejor estimación de sus emisiones atmosféricas de acuerdo a su tipo (e.g., agricultura, deforestación, etc.)



# Gracias!



Karen Ballesteros  
Ph. D



Sebastian Espitia  
M.Sc



Alejandra Montejo  
M.Sc.



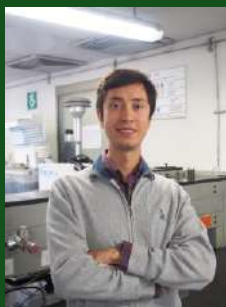
Camilo Moreno  
M.Sc.



Juan Manuel Rincón  
M.Sc.



M. Alejandra  
Rincón



Juan Felipe Mendez  
M.Sc.



Maria Paula Perez  
M.Sc.



Yadert Contreras  
M.Sc.



Juan Pablo Ayala  
M.Sc.



Miguel Quirama  
M.Sc.



Diego Rojas  
M.Sc.



Medellín, Colombia

# CASAP X

CONGRESO COLOMBIANO Y  
CONFERENCIA INTERNACIONAL

DE CALIDAD DE AIRE, CAMBIO CLIMÁTICO Y SALUD PÚBLICA



Más información



<https://casap.science/>



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