

# Proyecto Modelo de Calidad del Aire para Bogotá



Departamento Técnico Administrativo  
**MEDIO AMBIENTE**

ALCALDÍA MAYOR SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.



Departamento de Ingeniería  
Civil y Ambiental - CIAA



# Proyecto Modelo de Calidad del Aire para Bogotá



## EQUIPO DE TRABAJO

### Universidad de los Andes

Luis Carlos Belalcazar C, MSc: (investigador principal)  
Diego Echeverry C, PhD: (Coordinador administrativo)

### Swiss Federal Institute of Technology - EPFL

Erika Zarate T, PhD: (investigador principal)  
Alain Clappier, PhD: (Director del proyecto)

### Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente de Bogotá DAMA

Robinson Rodriguez (Profesional especializado DAMA)

# Proyecto Modelo de Calidad del Aire para Bogotá



## Bogotá

### **Población:**

6.710.000 habitantes (2002)

**900.000 vehículos**

**4.000 industrias**

**Una de las ciudades más  
contaminadas de Colombia**

**Se han implementado  
diferentes estrategias para  
mejorar la calidad del aire**



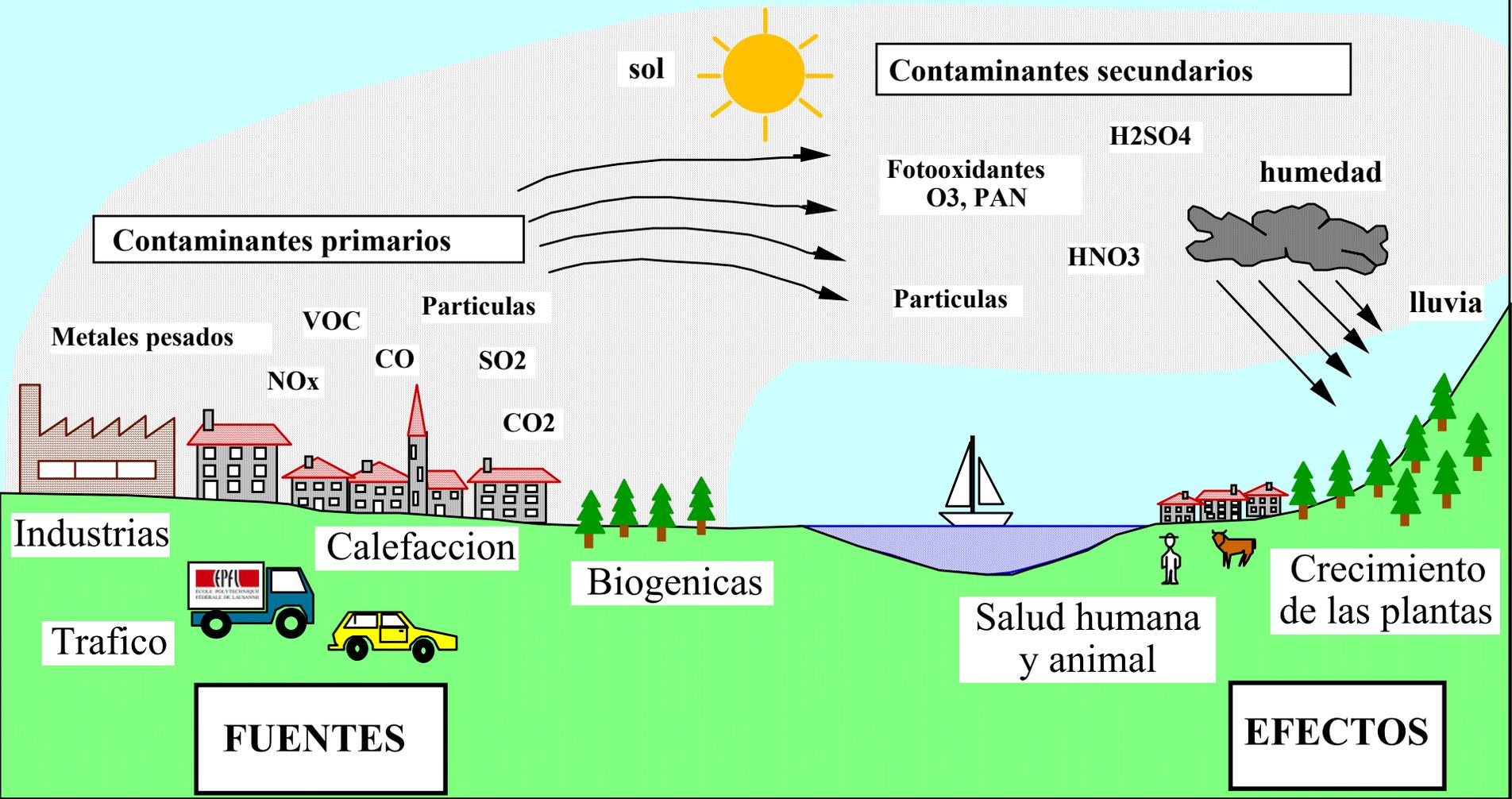
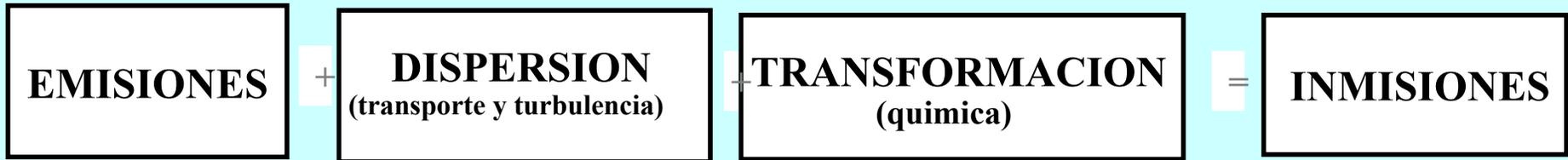
# Proyecto Modelo de Calidad del Aire para Bogotá (2001 - 2005)



**PROYECTO  
MODELO DE  
CALIDAD DEL AIRE  
PARA BOGOTÁ**



# Proyecto Modelo de Calidad del Aire para Bogotá



# Proyecto Modelo de Calidad del Aire para Bogotá



## Causas

-Emisiones

+

## Fenómenos

Química y  
física de la  
atmósfera

=

## Efectos

Concentraciones  
de los  
contaminantes

# Proyecto Modelo de Calidad del Aire para Bogotá



## Objetivos:

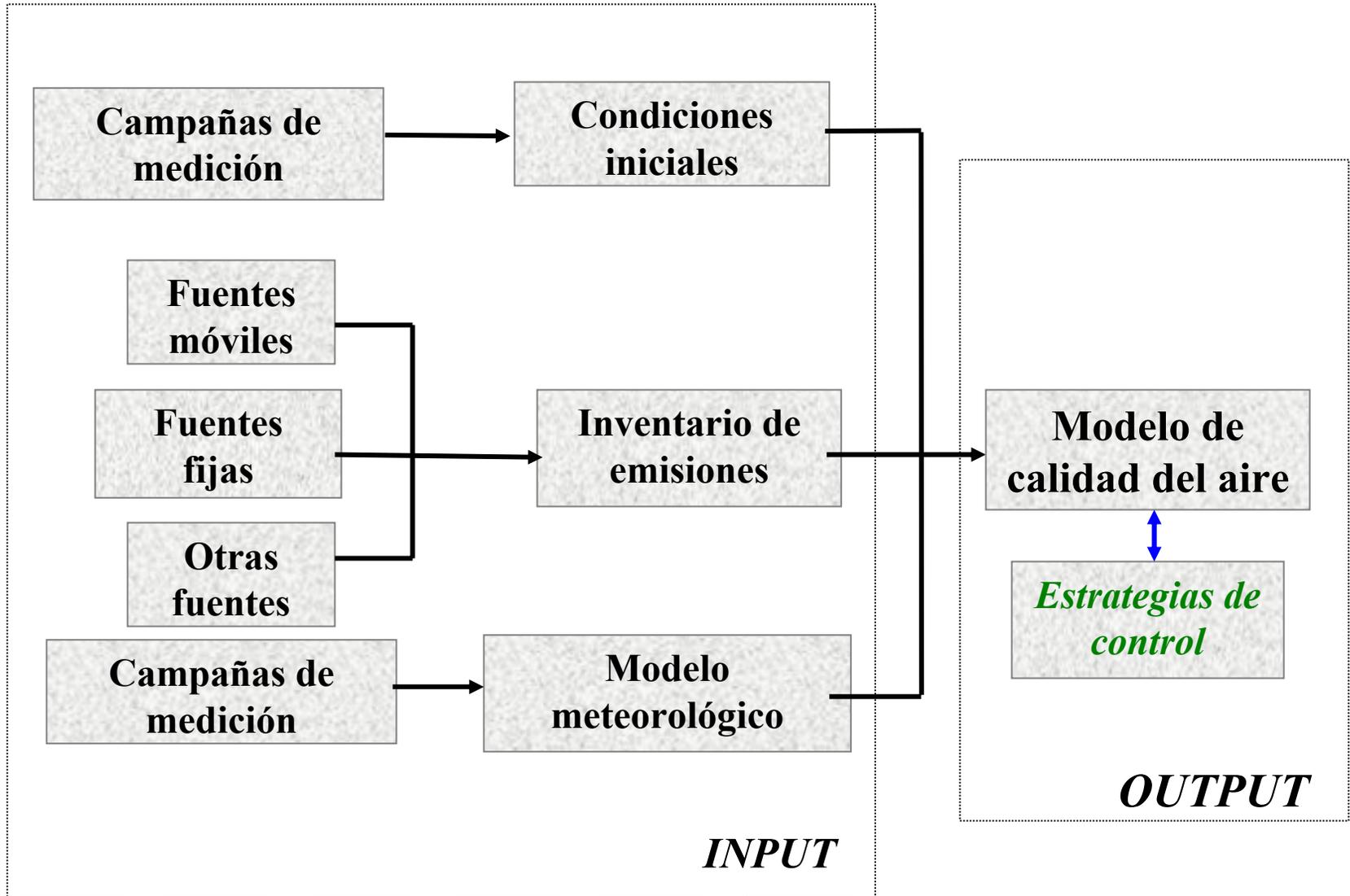
### Inventario de emisiones:

- Desarrollar un inventario detallado de emisiones para Bogotá y la región
- Identificar a las actividades responsables del problema
- Definir prioridades y fijar objetivos

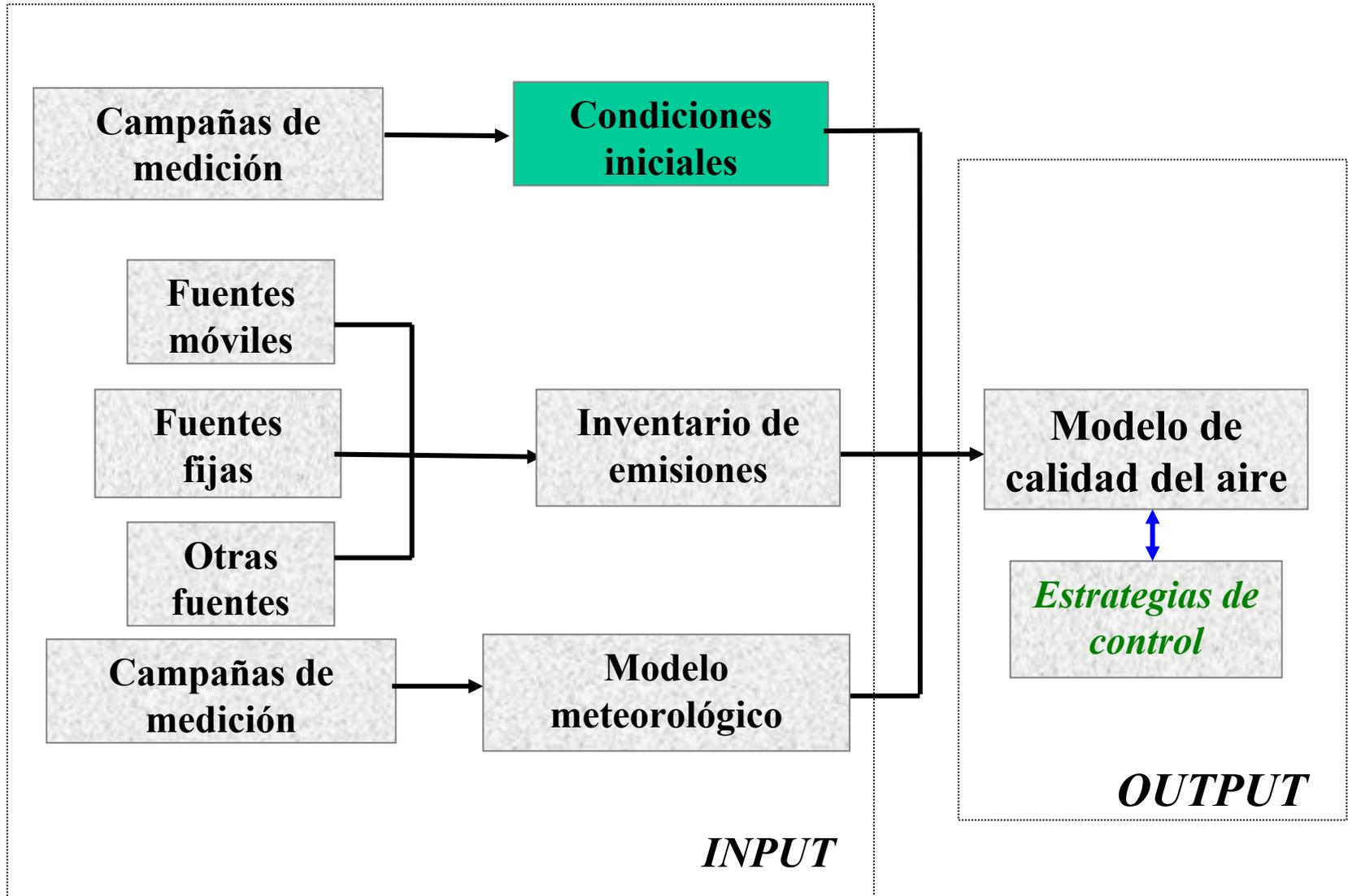
### Modelo de calidad del aire para Bogotá

- Desarrollar una herramienta que permita evaluar diferentes estrategias para mejorar la calidad del aire de la ciudad

# Proyecto Modelo de Calidad del Aire para Bogotá (2001 - 2005)



# Proyecto Modelo de Calidad del Aire para Bogotá





# Condiciones iniciales

- **Modelos utilizados**
- **Resolución temporal y espacial**
- **Campañas de medición/  
selección de los episodios**

# Condiciones iniciales



- **Modelos utilizados\***

## **Modelo meteorológico FVM (EPFL)**

Modelo meteorológico euleriano  
tridimensional

## **Modelo fotoquímico TAPOM (EPFL)**

Modelo de calidad del aire euleriano  
tridimensional

\* <http://lpas.epfl.ch/MOD/index.html>

# Condiciones iniciales



## • Resolución espacial y temporal

### Dominio del modelo

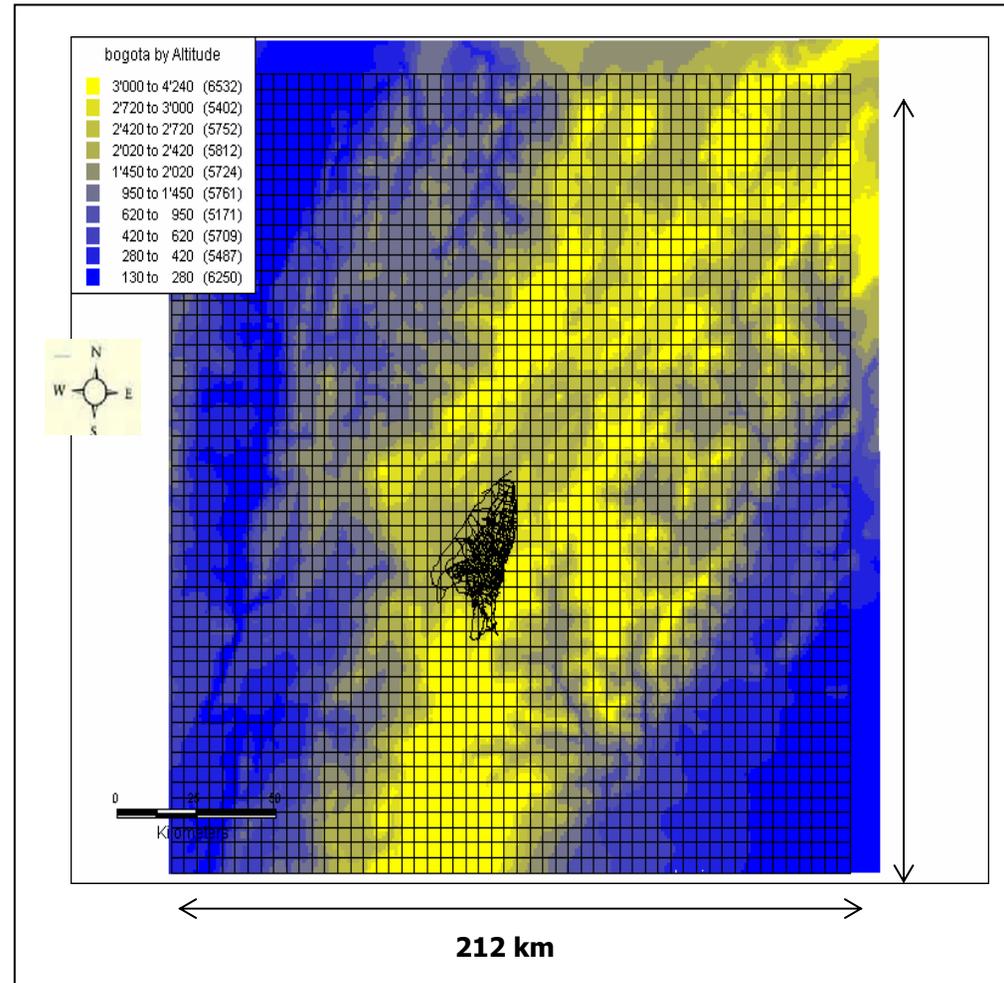
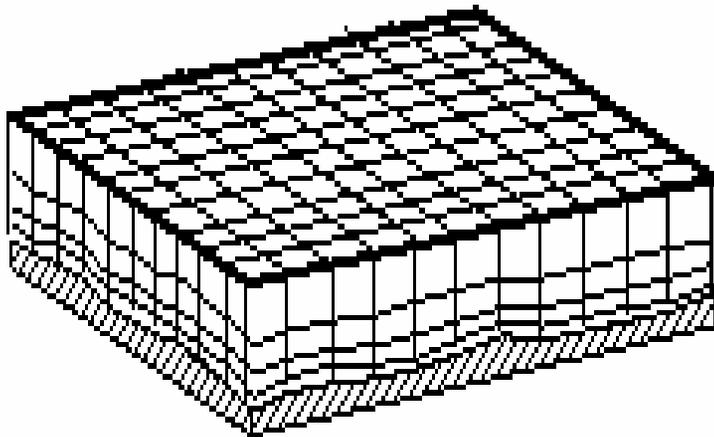
**Area:** 212 x 212 Km

**Celdas:** 4 x 4 Km

**Nesting:** 1 x 1 Km

**Año base:** 2002

**Resolución temporal:** 1 h

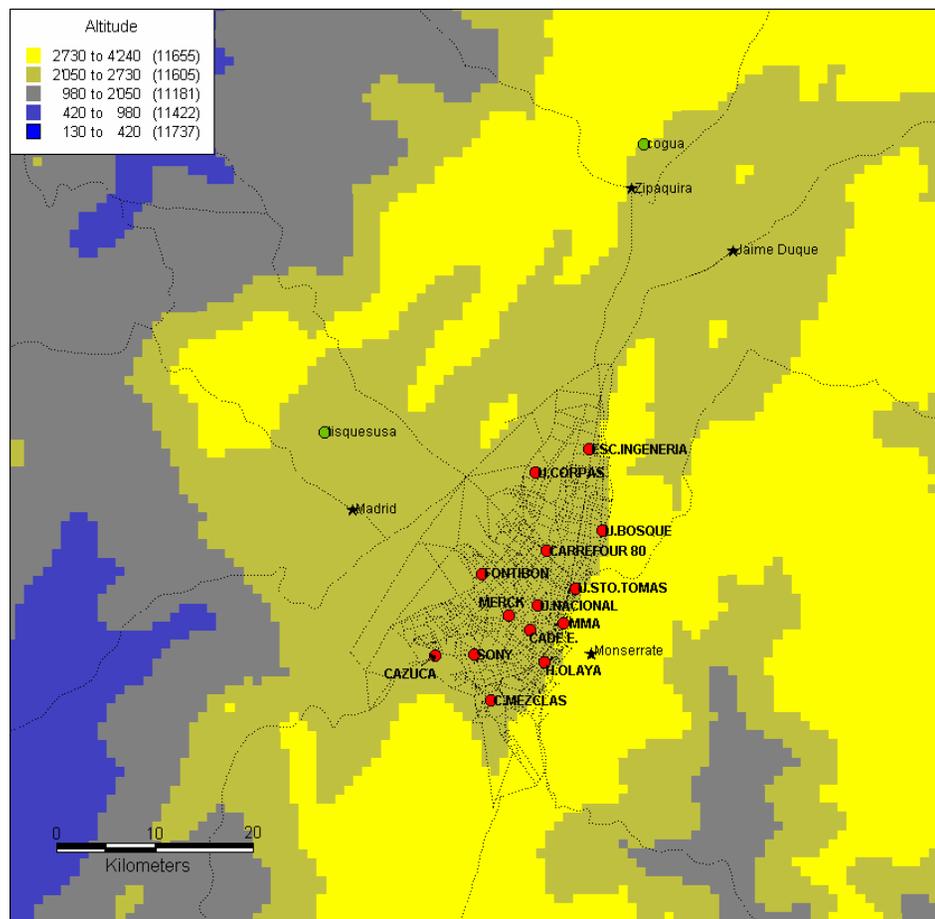


# Condiciones iniciales



- **Campañas de medición**

## Campaña de medición febrero marzo de 2002. Estaciones de monitoreo



# Condiciones iniciales



## • Campañas de medición

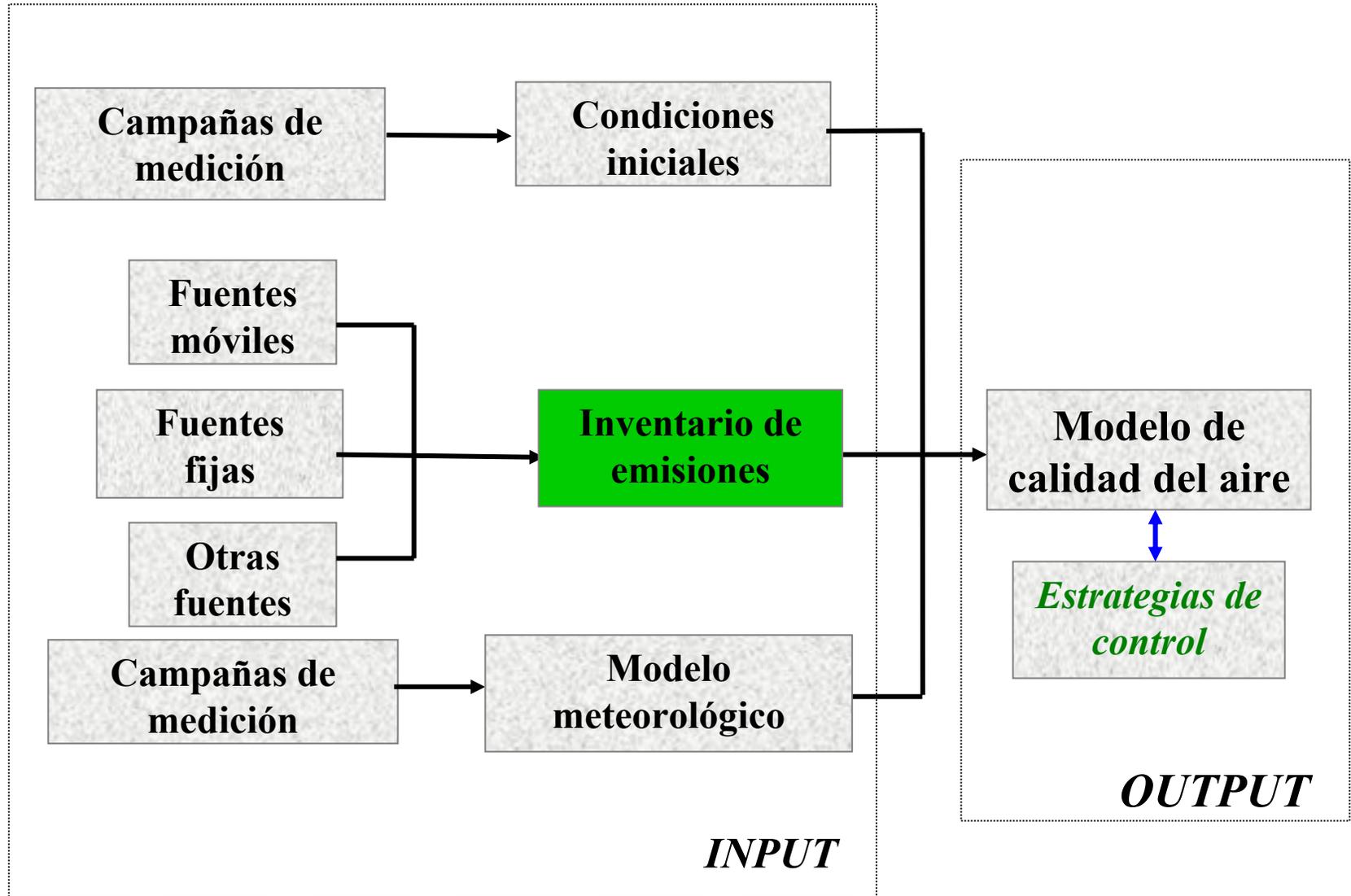


### Campaña de medición febrero marzo de 2002

- 12 estaciones de la red de calidad del aire de Bogotá
- Dos estaciones puntuales de calidad del aire (Monserate y Madrid)
- Dos equipos tipo DOAS (Jaime Duque y Zipaquirá)
- Muestreos analíticos
- Radiosondeos (Jaime Duque)



# Proyecto Modelo de Calidad del Aire para Bogotá





# **Inventario de emisiones**

- **Resolución espacial y temporal**
- **Cálculo de las emisiones**
- **Fuentes y contaminantes incluidos**

**Estadísticas de las fuentes y resultados**

# Inventario de emisiones



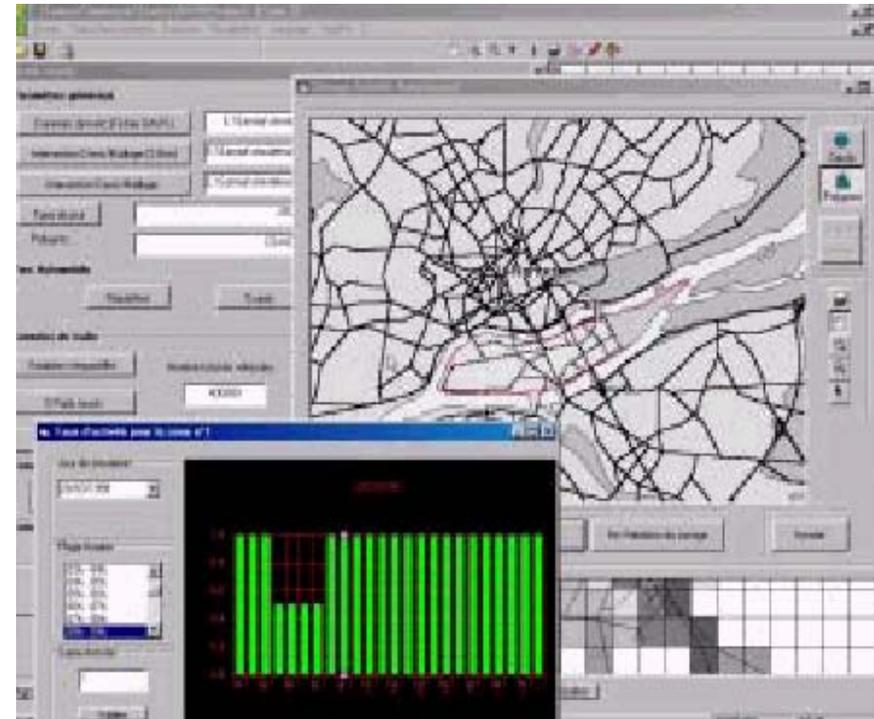
## Cálculo de las emisiones

**Se está utilizando el modelo de emisiones AIREMIS (ACRI)**

**El modelo genera emisiones puntuales, lineales o de área**

**AIREMIS estima las emisiones adaptando la metodología CORINAIR a las condiciones locales**

**Se pueden emplear factores de emisión locales, si están disponibles**



# Inventario de emisiones



## Fuentes y contaminantes incluidos

Las fuentes se clasifican en cuatro categorías



**Fuentes móviles**  
**Fuentes fijas**  
**Fuentes naturales**  
**Fuentes aéreas**

Contaminantes incluidos

<b>CO</b>	<b>SO<sub>2</sub></b>
<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>CH<sub>4</sub></b>
<b>VOCNM</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>
<b>PM<sub>10</sub></b>	

## Fuentes móviles

Las emisiones se calcularon empleando:

- Información del parque automotor
- Malla vial georreferenciada
- Modelo de tráfico
- Variaciones del tráfico
- Factores de emisión
- otra



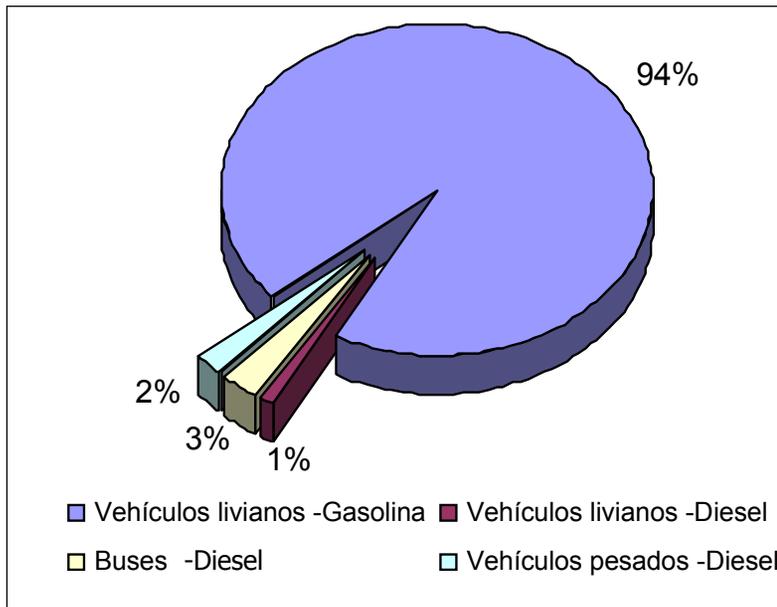
# Inventario de emisiones



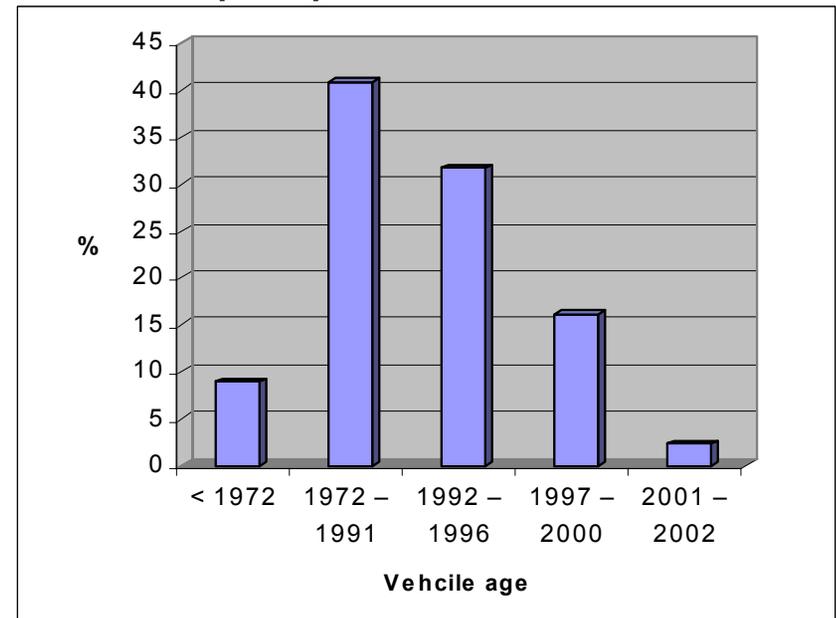
## Fuentes móviles

## Estadísticas de las fuentes

Información del parque automotor de Bogotá



Clasificación por edad del parque automotor



***80 % del parque automotor es < 1996***

# Inventario de emisiones

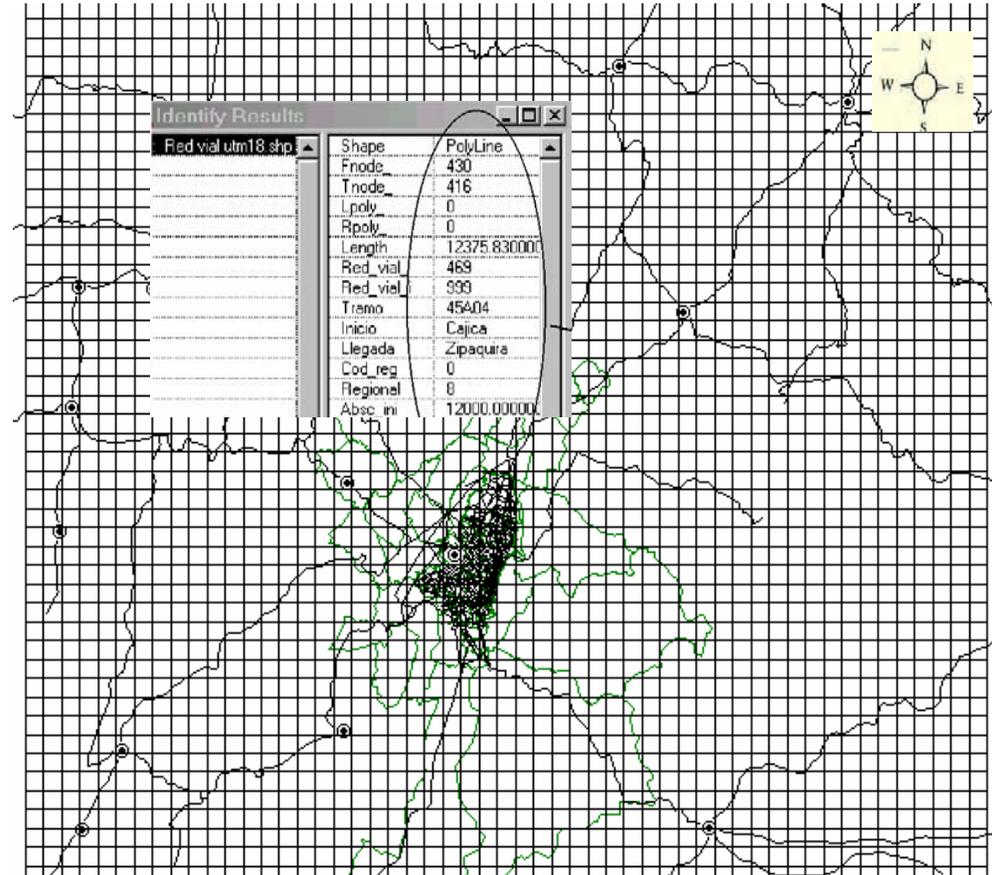


## Fuentes móviles

## Estadísticas de las fuentes

## Malla vial georreferenciada

- La malla vial incluye las vías principales: 2600 segmentos
- También se utilizan las características de los segmentos



# Inventario de emisiones



## Fuentes móviles

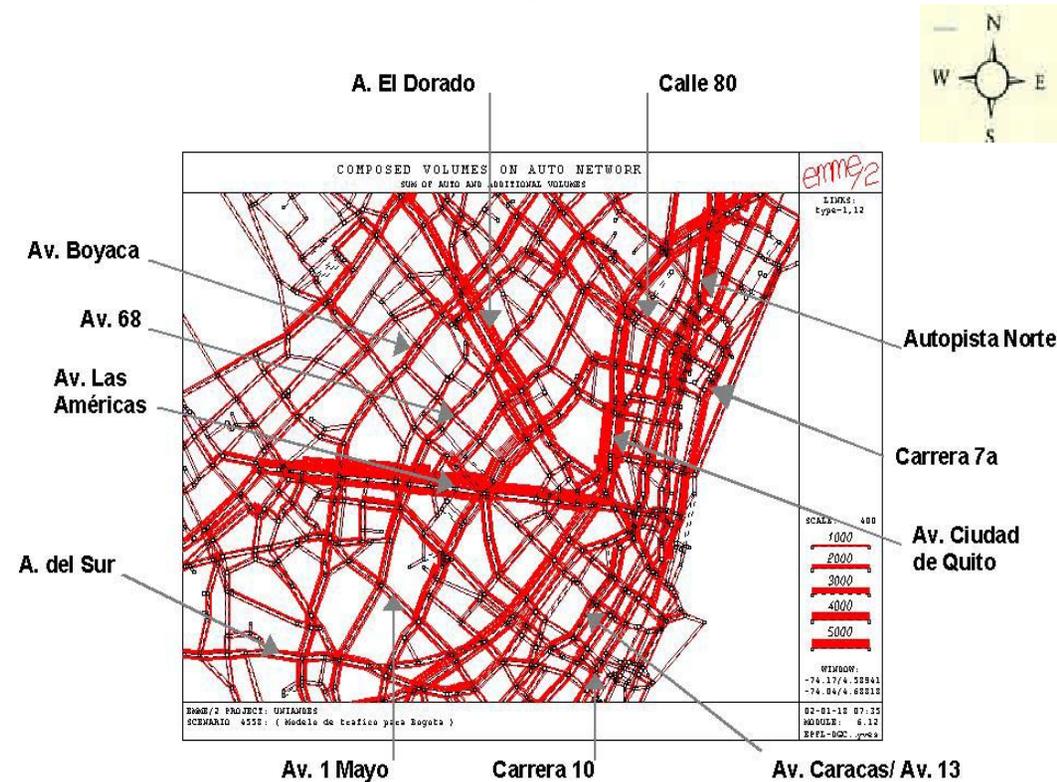
## Estadísticas de las fuentes

### Modelo de tráfico

El volumen de vehículos circulando por la malla vial y su velocidad se estimaron corriendo un modelo de tráfico

Este modelo se validó empleando información de conteos de vehículos

Número de vehículos circulando por cada segmento (veh/h)



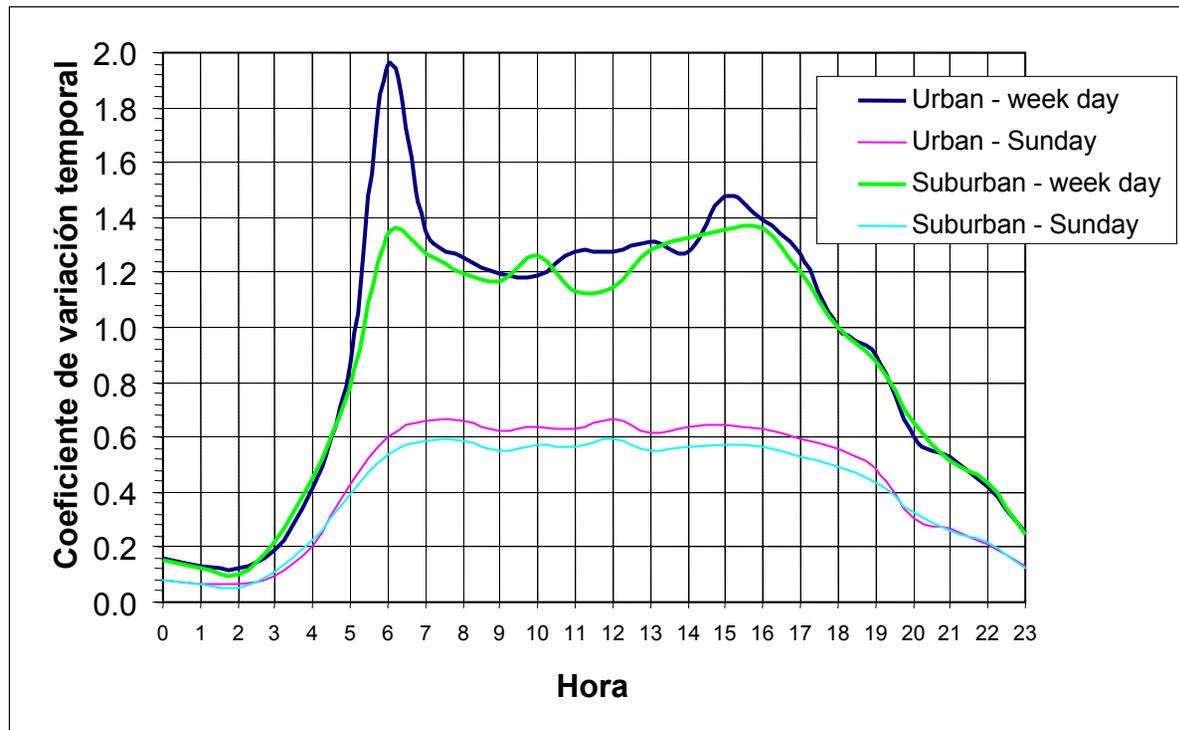
# Inventario de emisiones



## Fuentes móviles

## Estadísticas de las fuentes

### Variaciones temporal del tráfico



Volumen normalizado de vehículos (6 - 7 PM = 1)

# Inventario de emisiones



## Fuentes móviles

## Estadísticas de las fuentes

## Factores de emisión

Se adaptaron los factores de emisión de CORINAIR (COPERT 3) y se estimaron experimentalmente empleando la metodología de *modelación inversa*



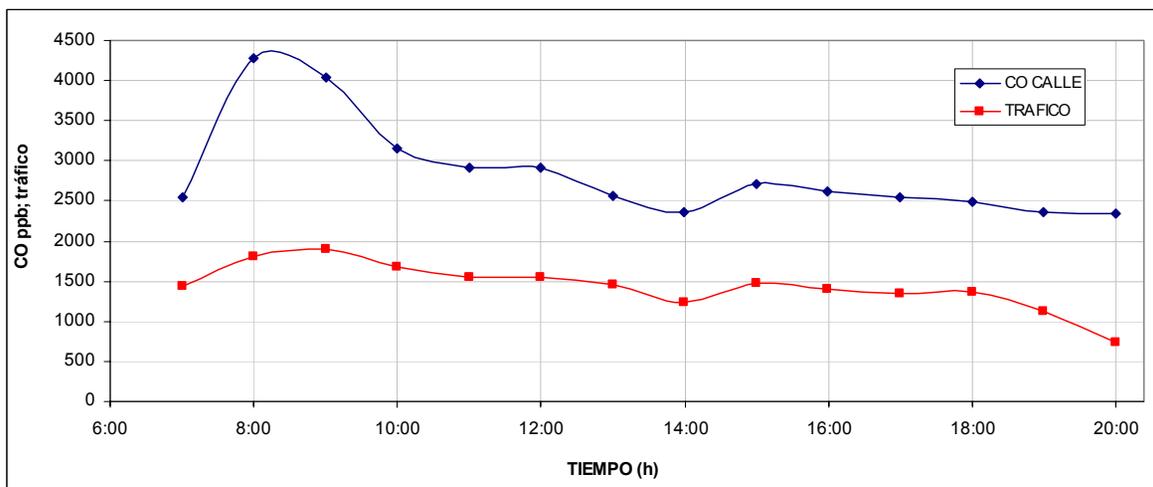
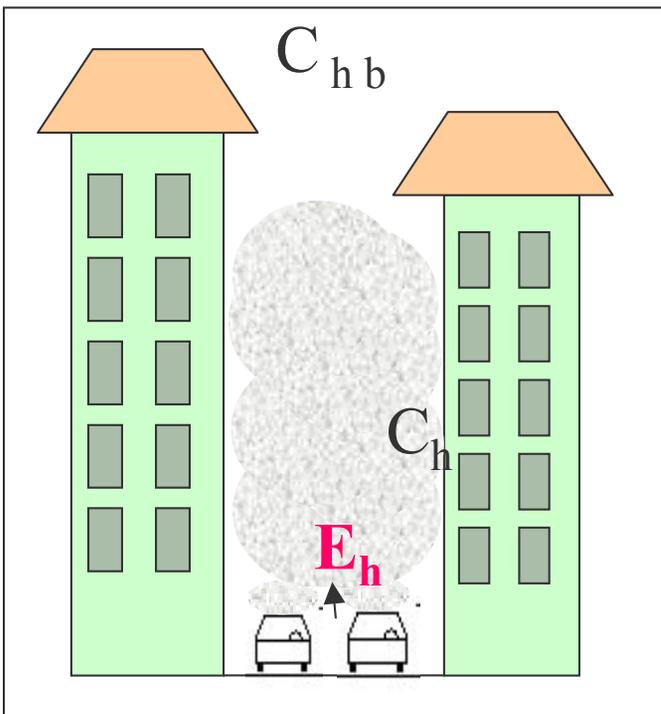
# Inventario de emisiones

## Fuentes móviles



## Estadísticas de las fuentes

Factores de emisión, campaña de medición Dic 2002



Comparación entre volumen de vehículos y concentraciones de CO medidas a nivel de calle

# Inventario de emisiones

## Fuentes móviles



## Estadísticas de las fuentes

Factores de emisión estimados para Bogotá y comparación  
Con otras ciudades del mundo

City	Category	CO	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	VOC	PM10	Métod.	Reference
<b>Bogota (C)</b>	All	15.47 ± 2.84	0.41 ± 0.09	0.10 ± 0.02	5.58	0.35 ± 0.08	IM	This Project
	Light	8.27 ± 1.96	0.11 ± 0.02	0.06 ± 0.02	-	0.27		
	Heavy	385.2 ± 142.3	18.9 ± 0.37	2.82 ± 1.12	-	2.38		
<b>Córdoba (A)</b>	All	21.7 ± 0.3	0.94 ± 0.02	-	-	-	IM	Olsece, 2001
<b>San Petersburg (R)</b>	All	-	-	-	-	-	IM	Bercowicz, 2001
	Light	-	0.63	-	-	-		
	Heavy	-	5.33	-	-	-		
<b>Copenhagen (D)</b>	All	11 ± 2	1.3 ± 0.2	-	-	-	IM	Gramot, 2003
<b>Santiago de Chile</b>	All	-	-	-	-	-	Dynamom.	Corvalán, 2000
	Light*	3.5 ± 3.9	0.6 ± 0.8	-	-	-		
	Light**	28.2 ± 15.5	3 ± 1.1	-	-	-		

\* With catalytic converter ; \*\* Without catalytic converter

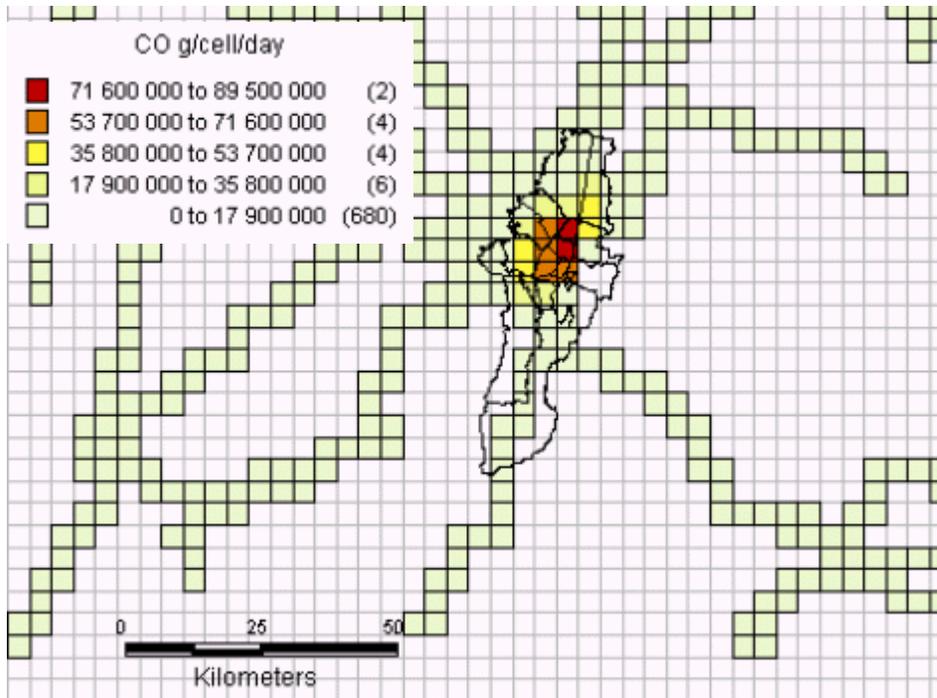
# Inventario de emisiones



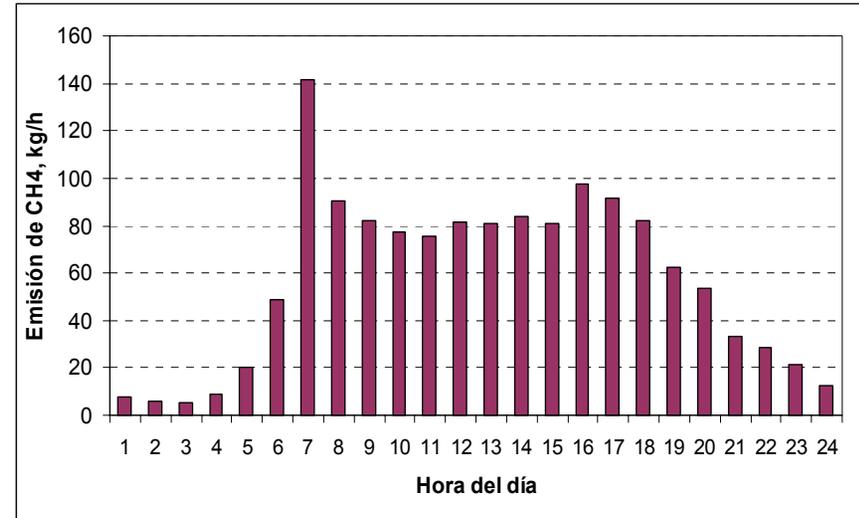
## Fuentes móviles

## Resultados

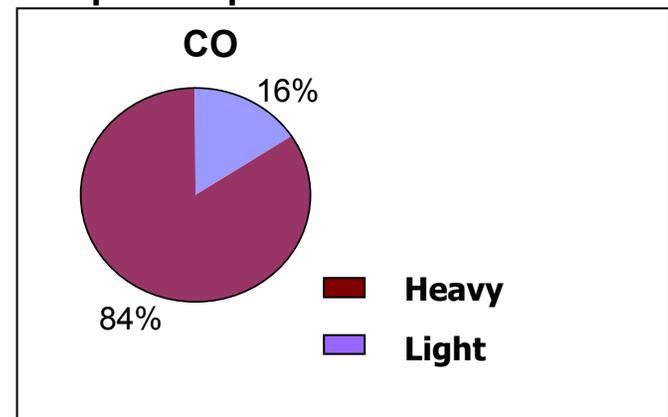
Emisiones vehiculares de CO sobre Bogotá y la región



Distribución horaria de las emisiones de CH<sub>4</sub>



Distribución de las emisiones por tipo de vehículo



# Inventario de emisiones



## Fuentes fijas



# Inventario de emisiones



## Fuentes fijas

## Estadísticas de las fuentes

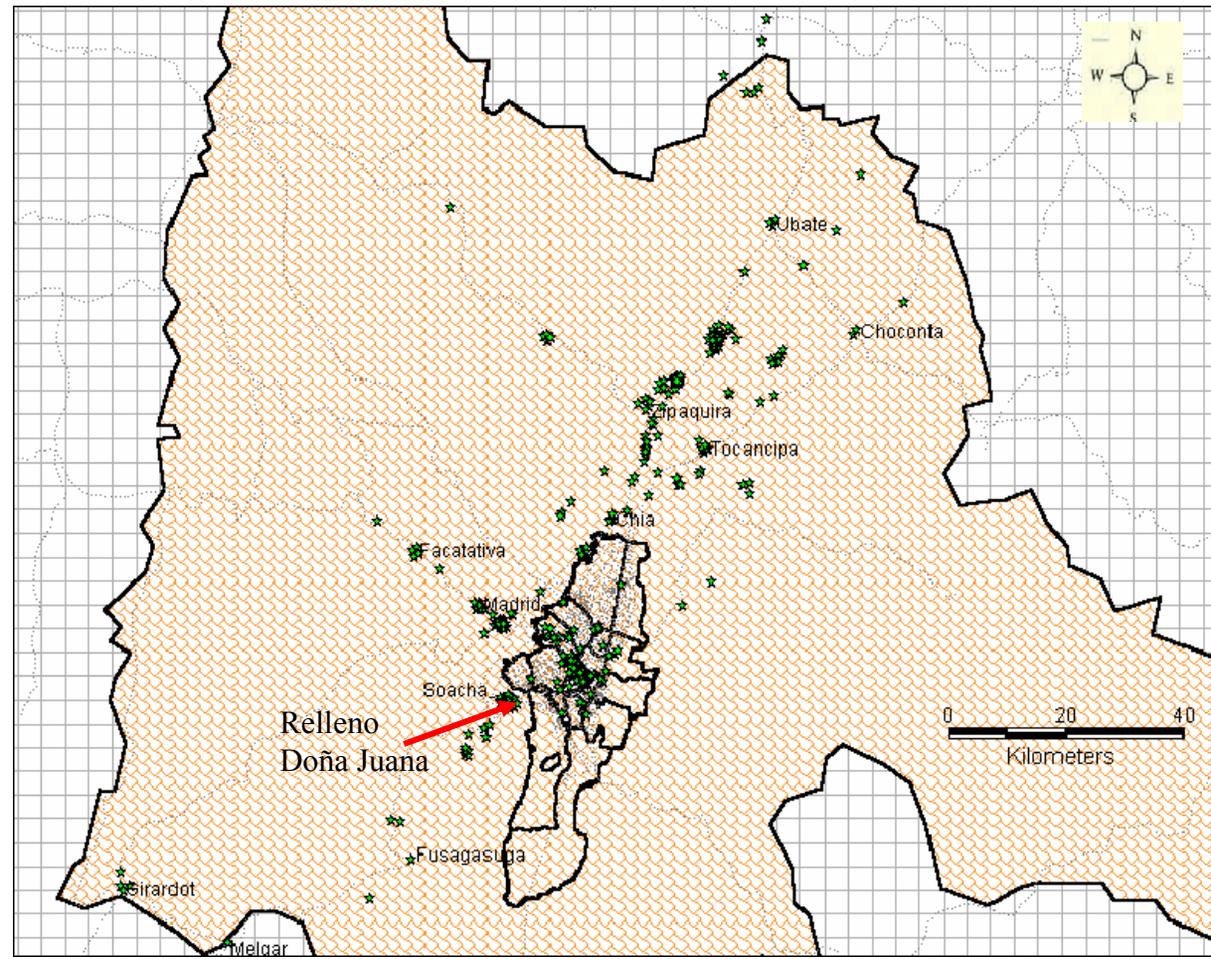
### Fuentes fijas en Bogotá y la región

#### Fuentes puntuales:

- Grandes industrias (106)

#### Fuentes de área:

- Pequeñas industrias (4712)
- Relleno Doña Juana
- Comercialización de combustible



# Inventario de emisiones

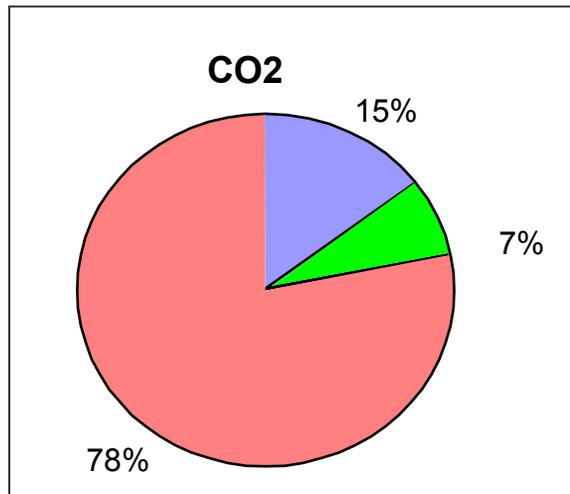


## Fuentes fijas

## Resultados

### CO<sub>2</sub>

#### Distribución de las emisiones de CO<sub>2</sub> por fuentes fijas



- X Industrias de la región (region)**
- X Industrias de Bogotá**
- X Relleno Doña Juana**

### CH<sub>4</sub>

Gran parte de las emisiones de metano son producidas por el relleno Doña Juana

Se encontraron resultados similares en otras ciudades latinoamericanas

Este resultado debe ser validado experimentalmente

# Inventario de emisiones



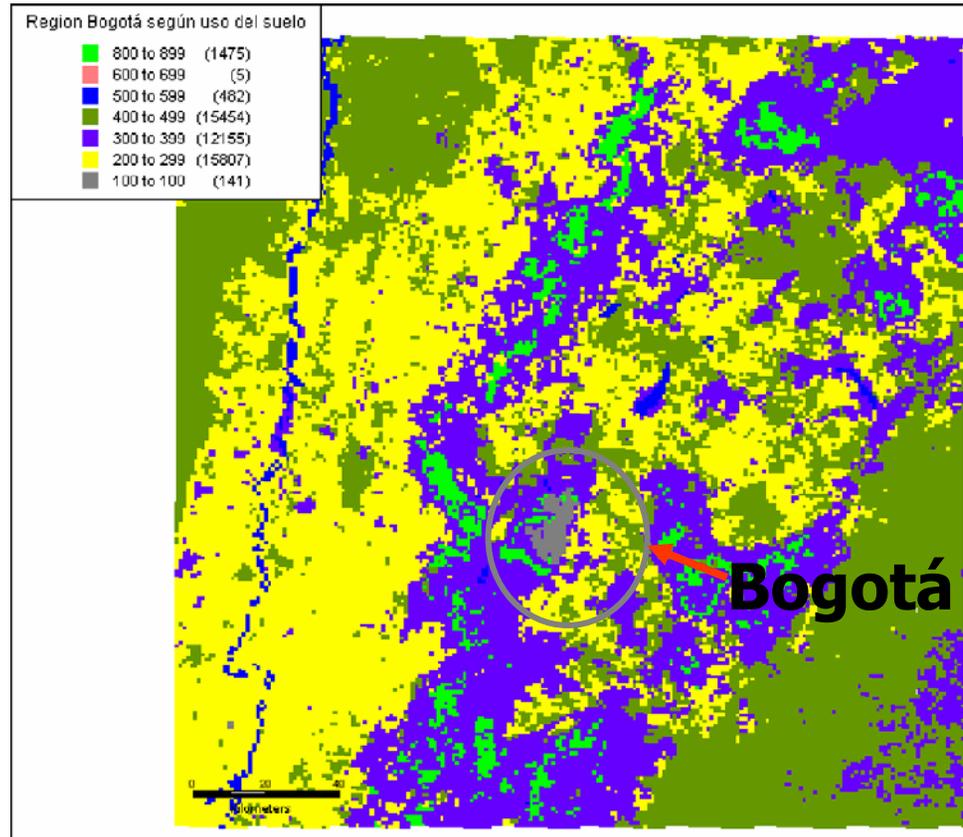
## Fuentes naturales

## Estadísticas de las fuentes

### Usos del suelo sobre el dominio

Incluye fuentes biogénicas, cuerpos de agua y áreas inundadas

- Cuerpos de agua (500-599)
- Humedales (600-699)



# Inventario de emisiones

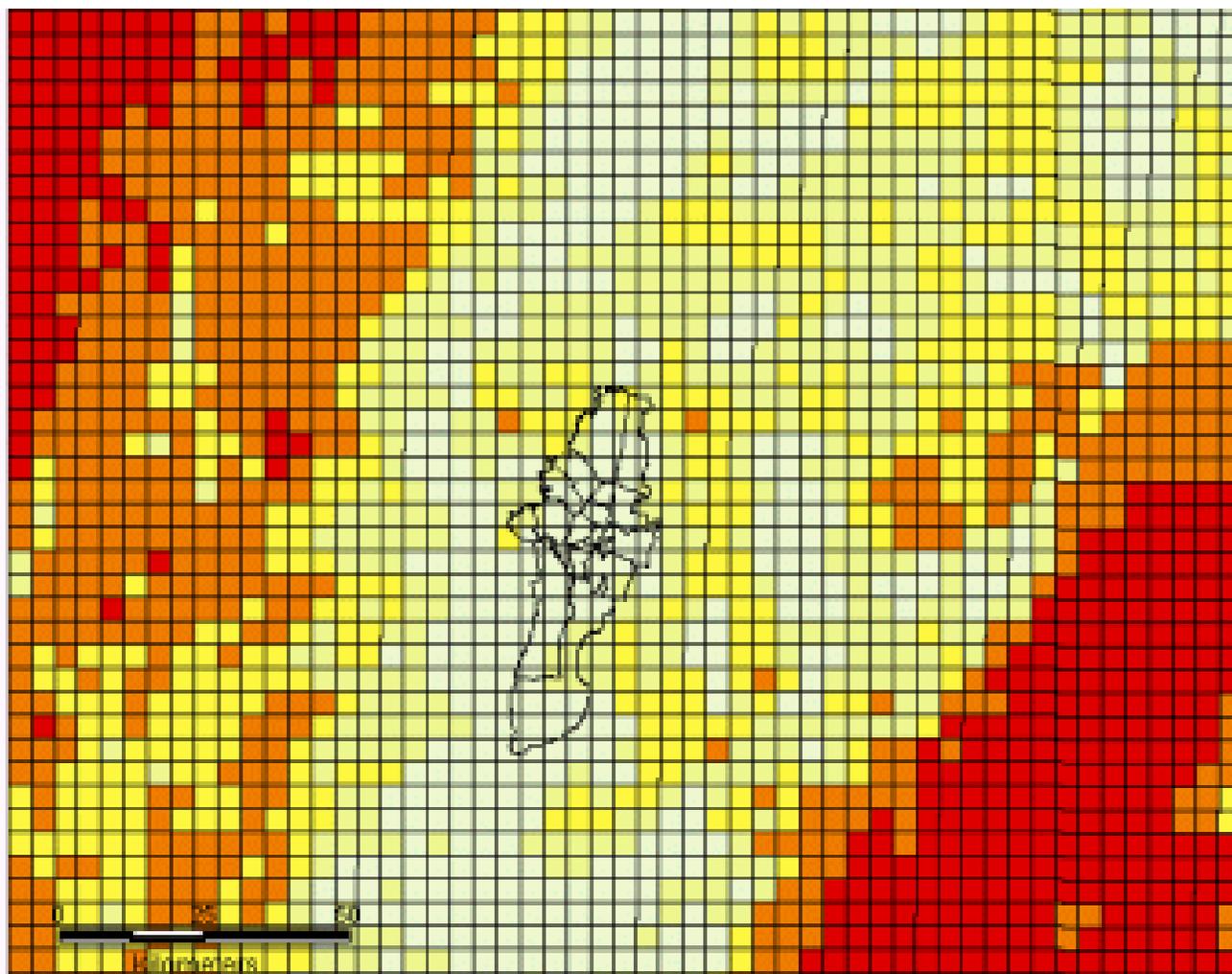
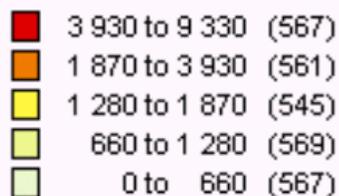


## Fuentes naturales

## Resultados

Emisiones de VOCNM sobre el dominio

Emisión de VOCs en g/d/celda



# Inventario de emisiones



## Emisiones totales

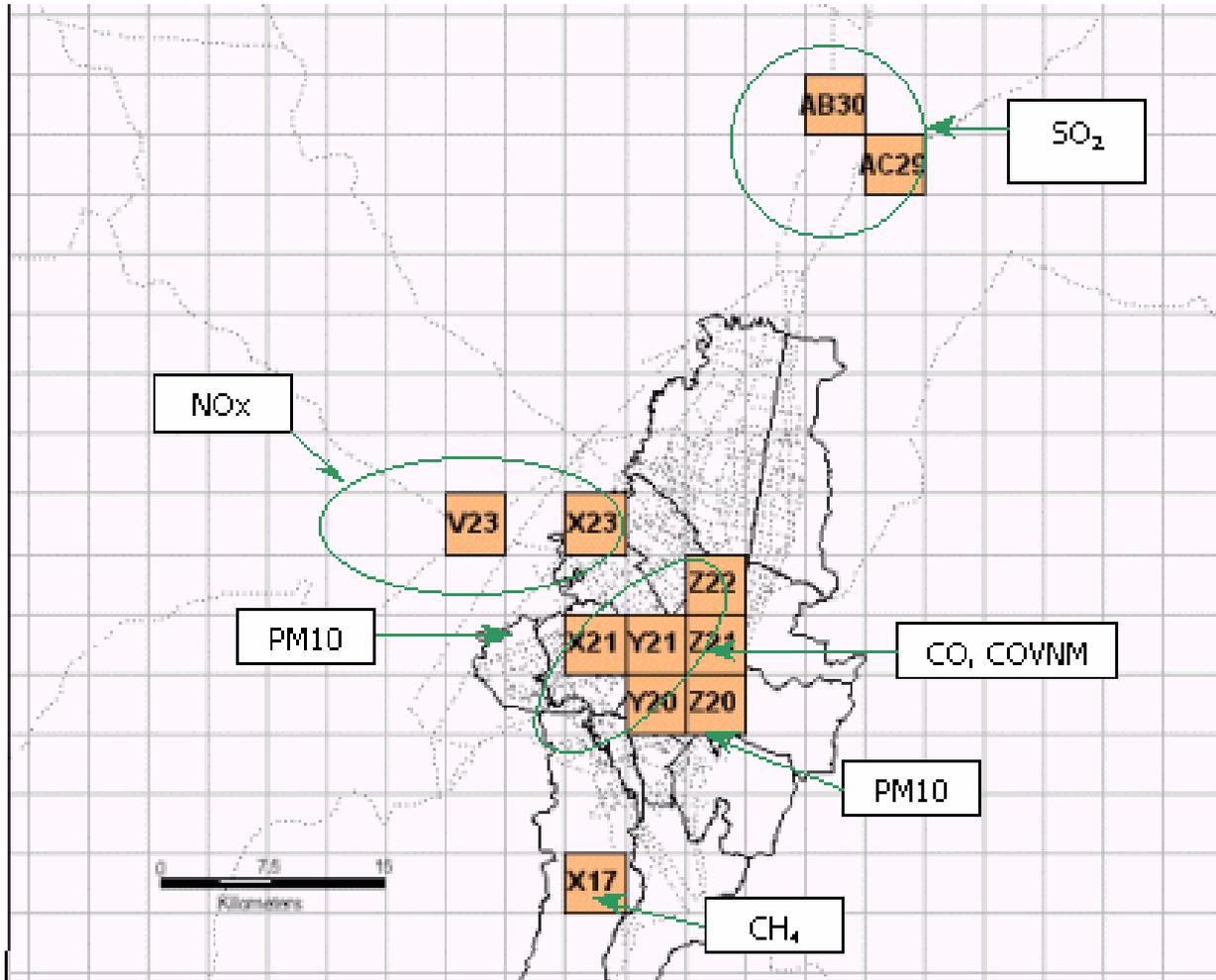


# Inventario de emisiones

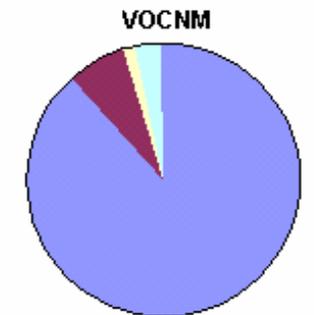
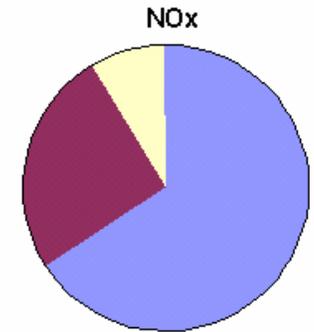


## Emisiones totales

### Celdas críticas en el área de estudio

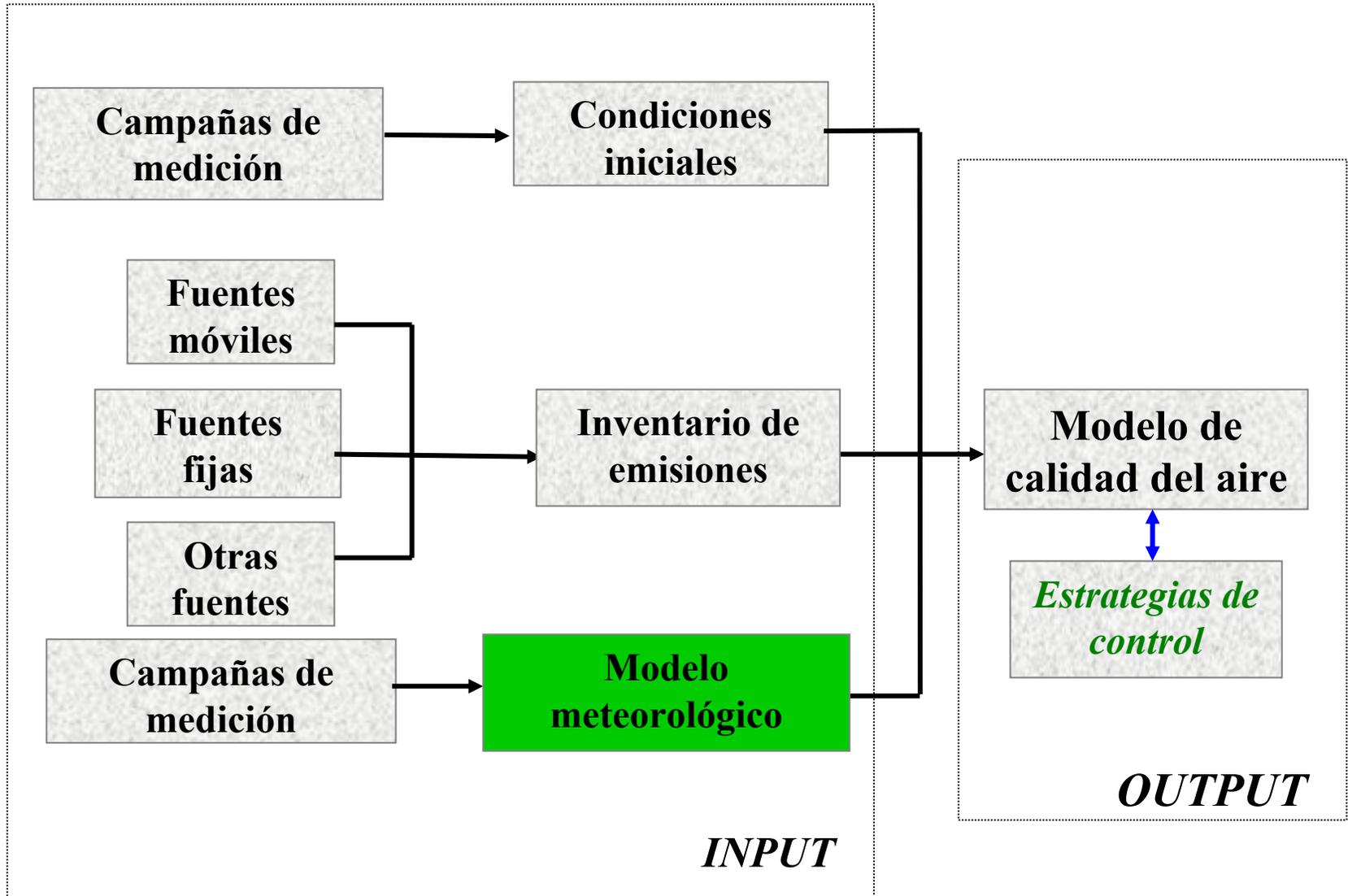


### Distribución de las emisiones totales por fuente



- Móviles
- Fijas
- Aéreas
- Naturales

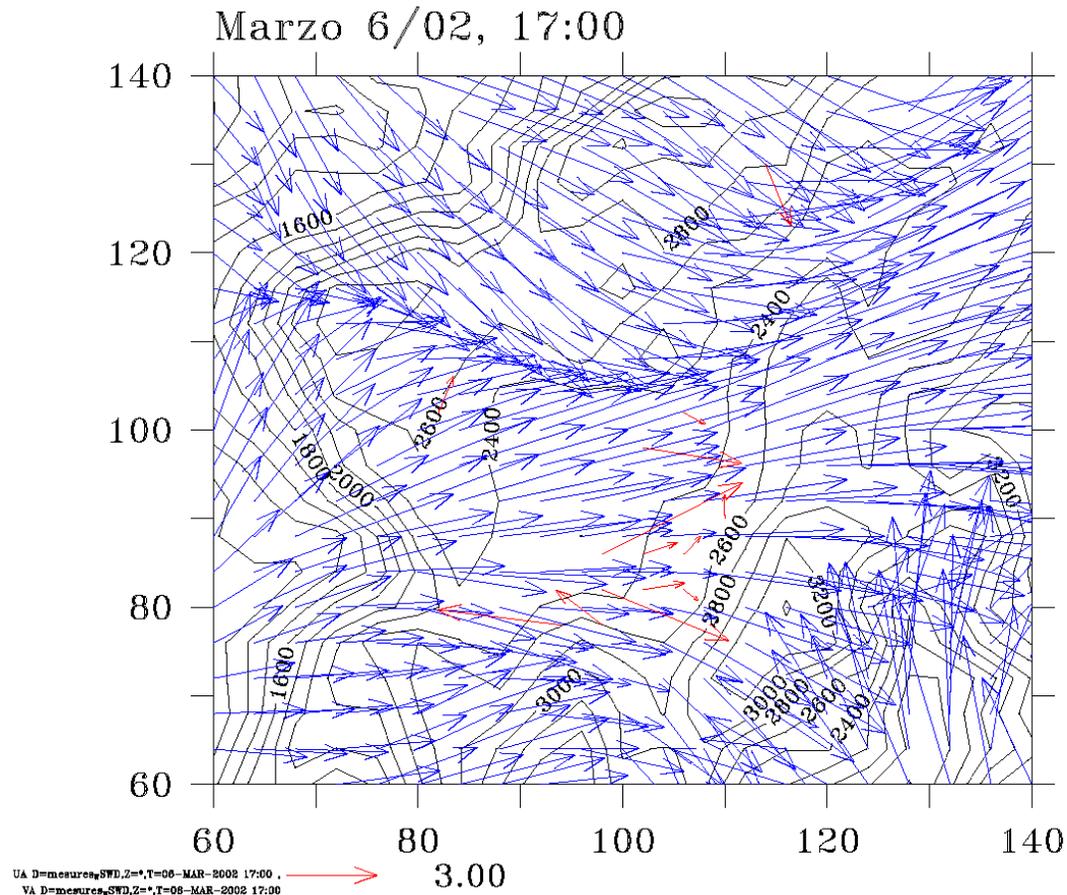
# Proyecto Modelo de Calidad del Aire para Bogotá



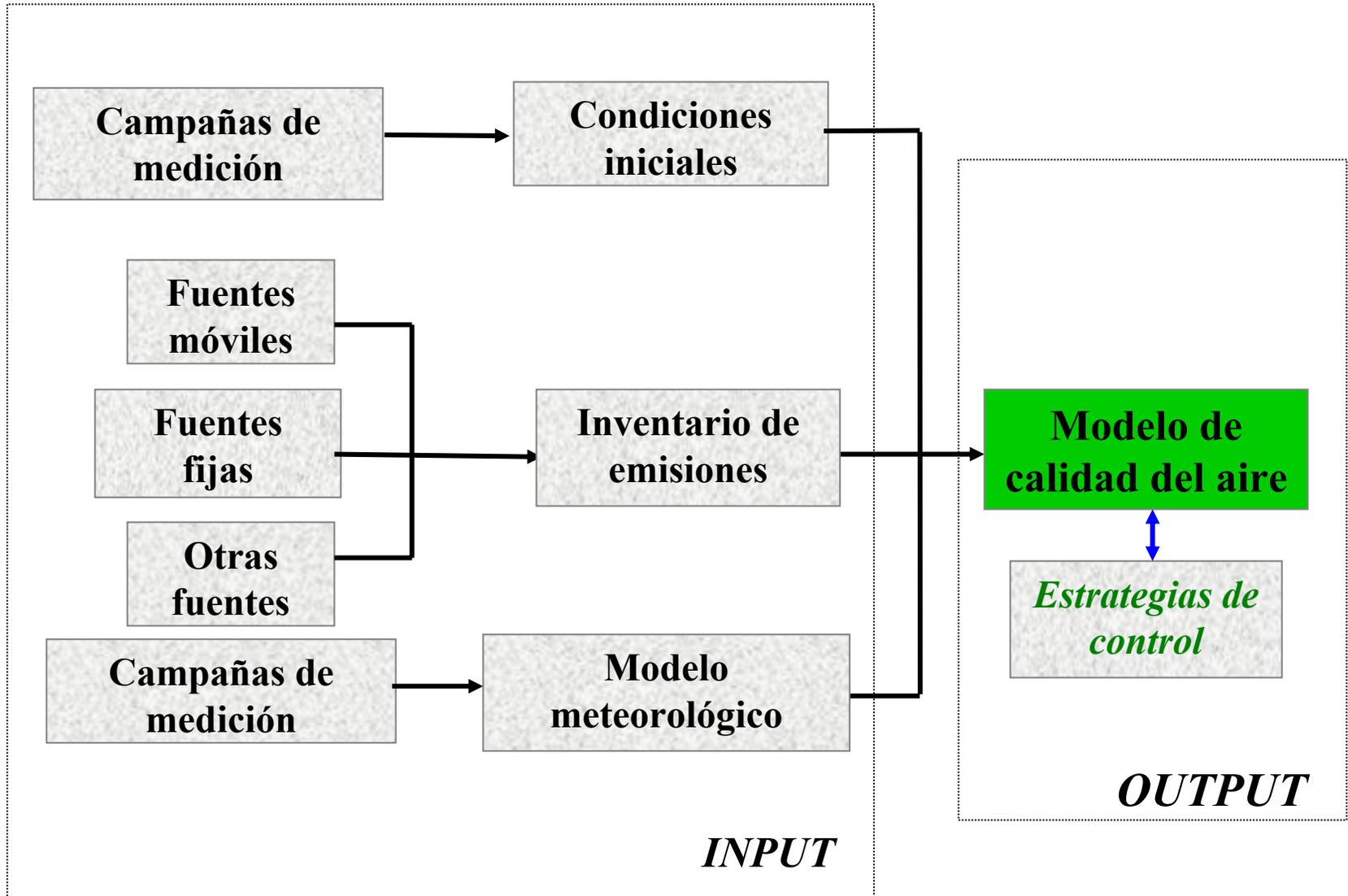
# Proyecto Modelo de Calidad del Aire para Bogotá



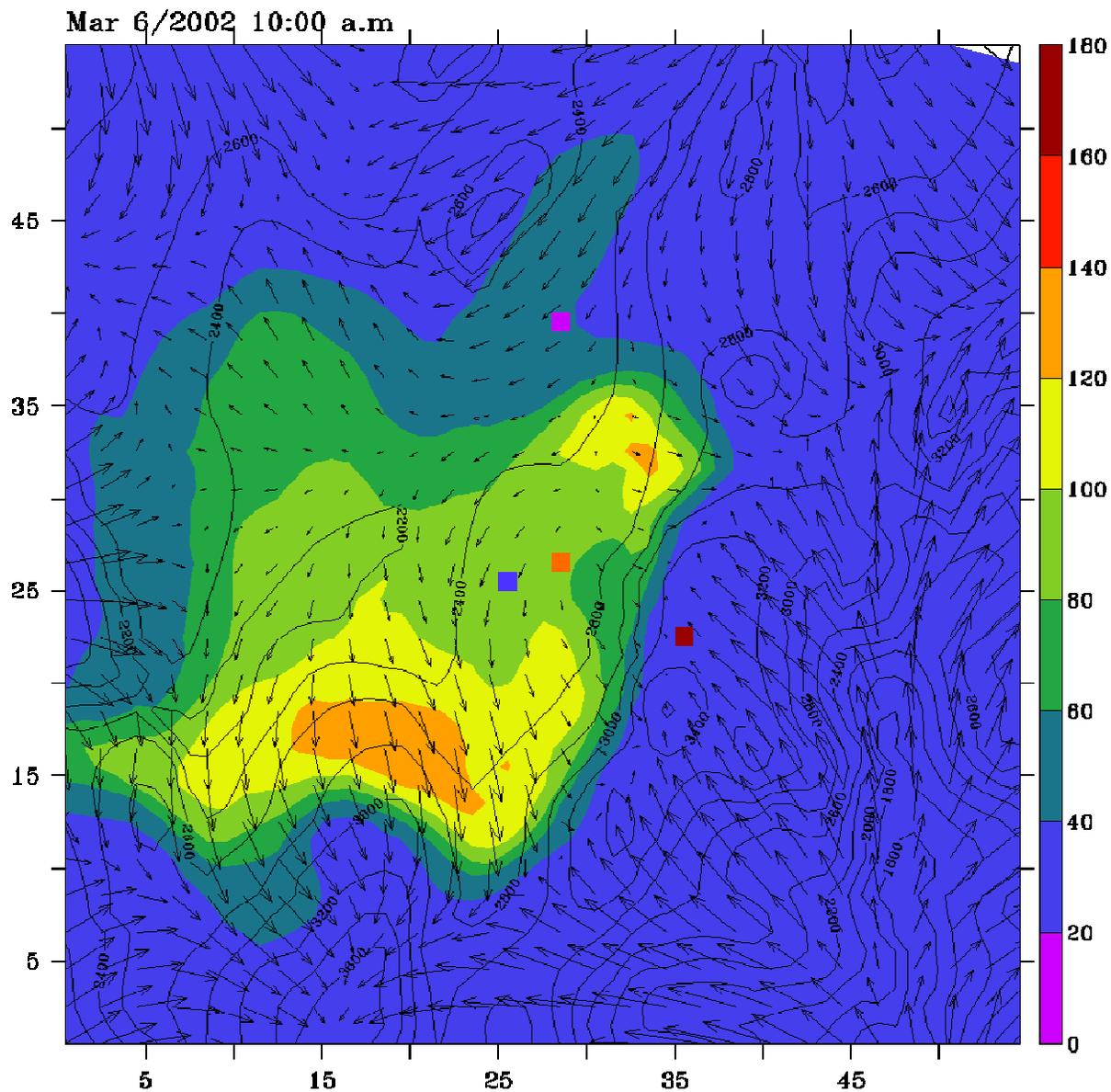
## Modelo meteorológico



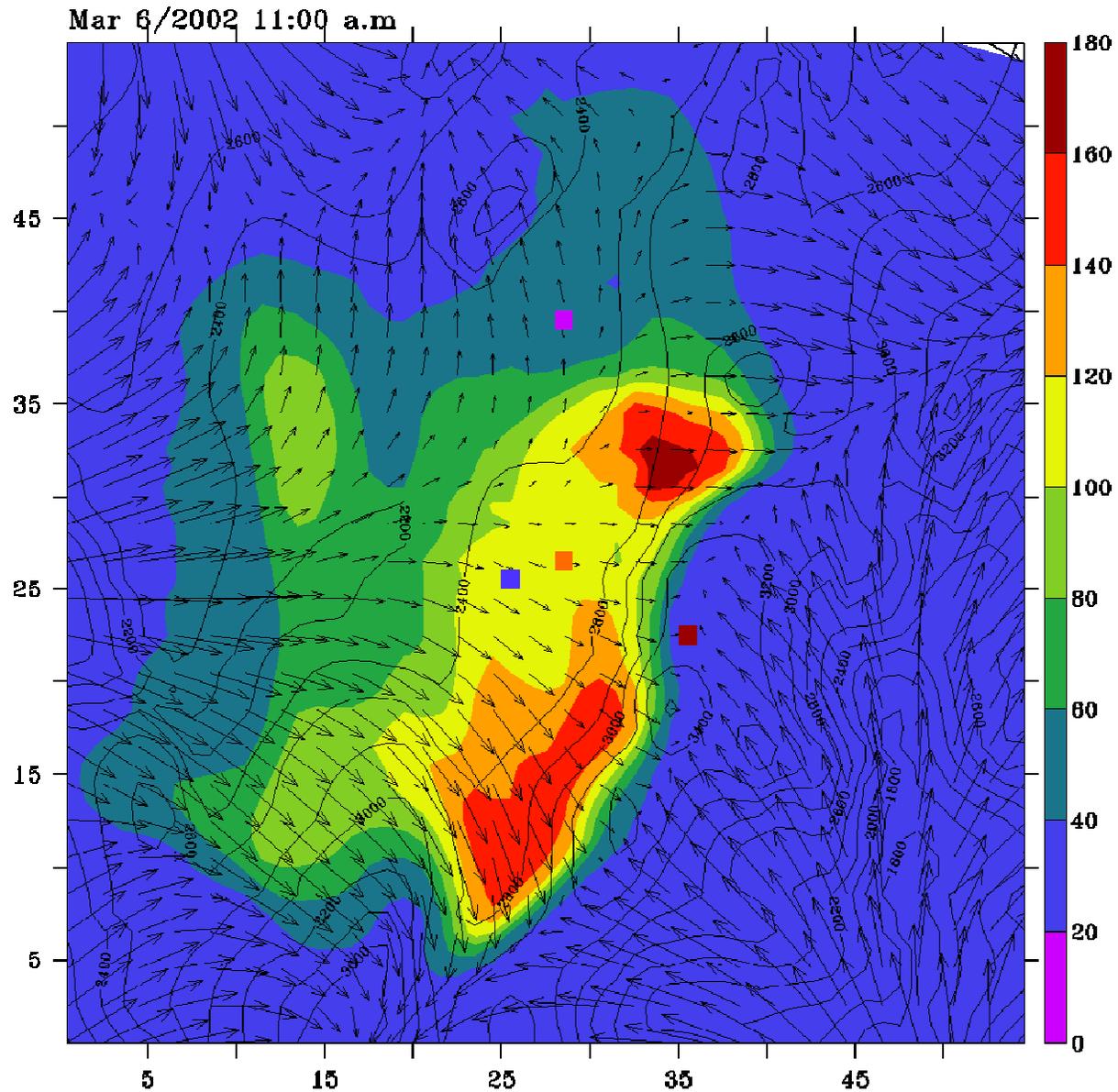
# Proyecto Modelo de Calidad del Aire para Bogotá



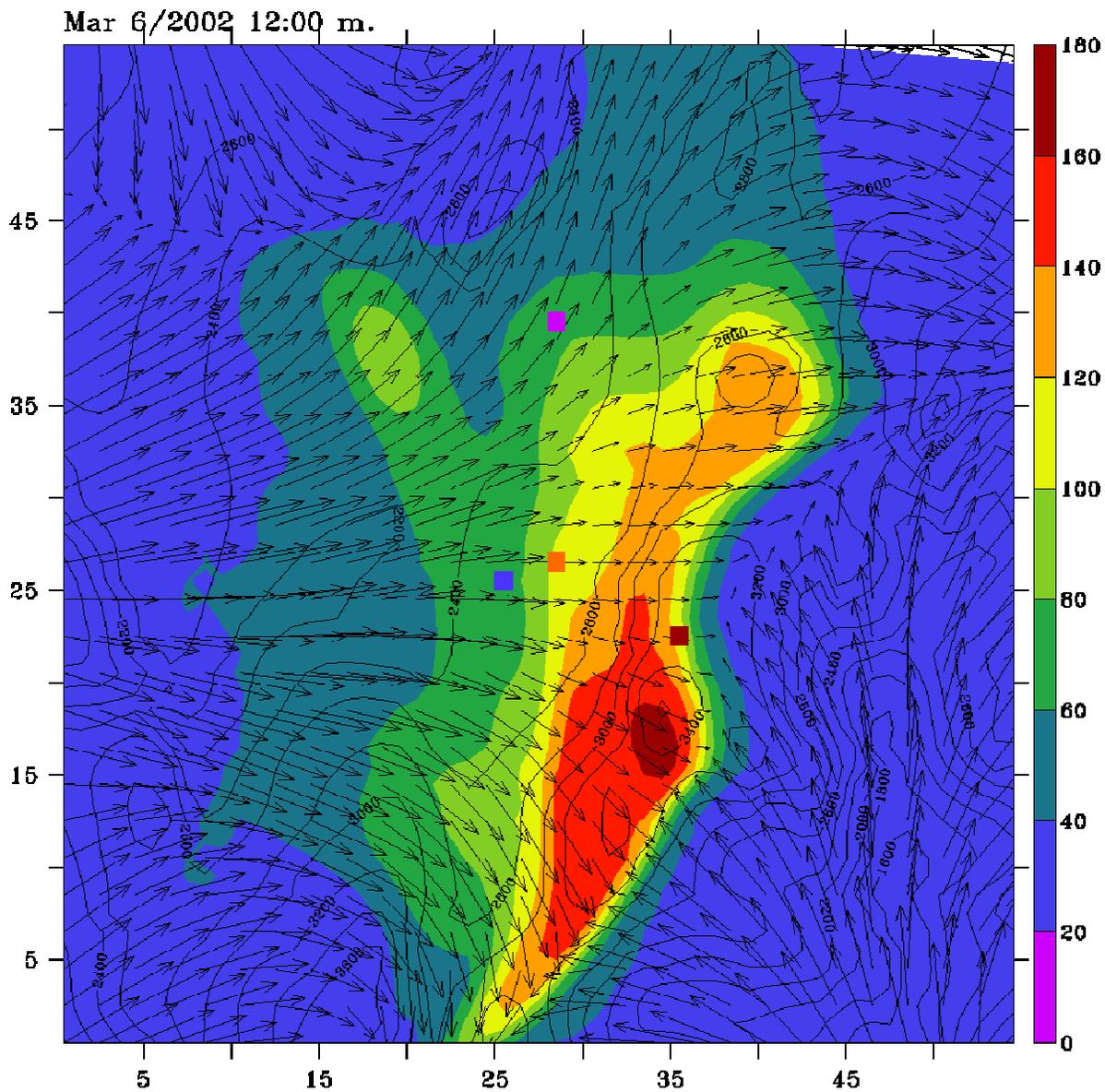
# Concentraciones de O<sub>3</sub> sobre Bogotá (55 x 55 Km)



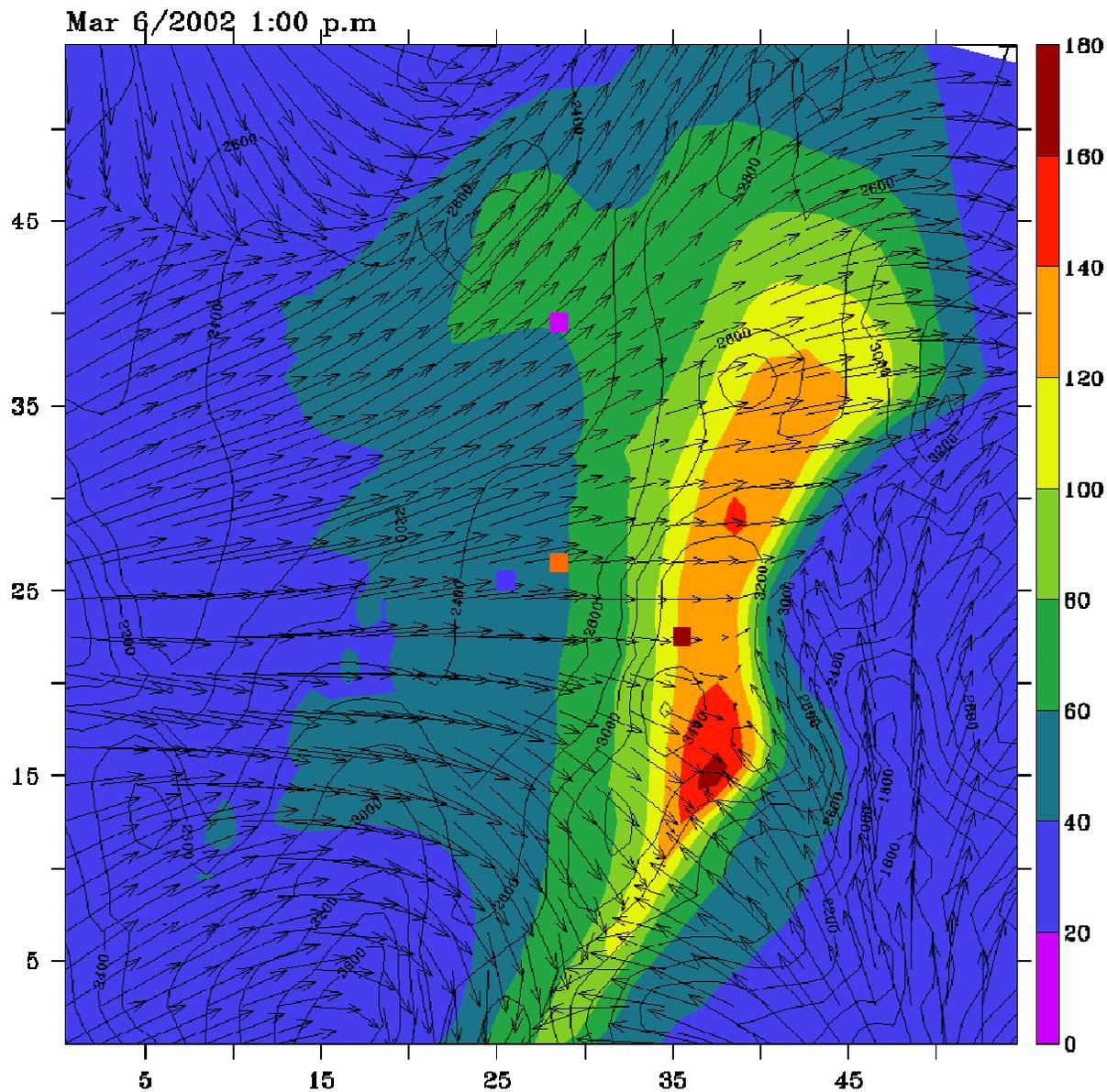
# Concentraciones de O<sub>3</sub> sobre Bogotá (55 x 55 Km)



# Concentraciones de O<sub>3</sub> sobre Bogotá (55 x 55 Km)



# Concentraciones de O<sub>3</sub> sobre Bogotá (55 x 55 Km)



# Proyecto Modelo de Calidad del Aire para Bogotá



## Perspectivas

### Inventario de emisiones

- Evaluar el presente inventario de emisiones
- Actualizar periódicamente el inventario de emisiones
- Validar experimentalmente las emisiones de las principales fuentes
- Incluir nuevas fuentes
- Incluir más contaminantes

# Proyecto Modelo de Calidad del Aire para Bogotá



## Perspectivas

### Modelo de calidad del aire

- Finalizar la implementación del modelo y realizar simulaciones con el modelo a mesoescala y a escala urbana
- Evaluar los resultados del modelo y realizar recomendaciones
- Evaluar estrategias de control



**Gracias por su atención !**

**Preguntas,  
Sugerencias,  
Comentarios..**