

# Renovación de la Flota de Transmilenio: Resultados del Impacto Sobre la Calidad del Aire en el Sistema

Ricardo Morales Betancourt<sup>1</sup>, Boris Galvis<sup>2</sup>, Daniela Méndez Molano, Juan Manuel Rincón<sup>1</sup>, Yadert Contreras<sup>1</sup>, Diego Rojas<sup>1</sup>, Thalia Alejandra Montejo<sup>1</sup>, Oscar Casas Leuro<sup>3</sup>, Sandro Faruc Gonzalez<sup>3</sup>

**1 – Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia**

**2- Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia**

**3- Instituto Colombiano del Petróleo, Ecopetrol**

# Equipo Técnico



## **Equipo Técnico:**

Prof. Ricardo Morales, PhD. (Universidad de los Andes)

Prof. Boris Galvis, PhD. (Universidad de la Salle)

Yadert Contreras, M.Sc.,

Daniela Méndez Molano, M.Sc.

Juan Manuel Rincón, M.Sc.

Thalia Alejandra Montejo, M.Sc.

Diego Roberto Rojas, Ing.

## **Participantes en las mediciones:**

Daniel Ramos Bocanegra, Alejandro Manrique, María

Fernanda Olivares, Melisa Negrete, Sandra López, y otros



## **Equipo Ecopetrol:**

Oscar Mauricio Casas Leuro

Sandro Faruc Gonzáles Garnica



# **1. Línea base y estudios previos**

## **2. Impacto de la Renovación de la Flota Troncal**

# Línea base: estudios previos UniAndes



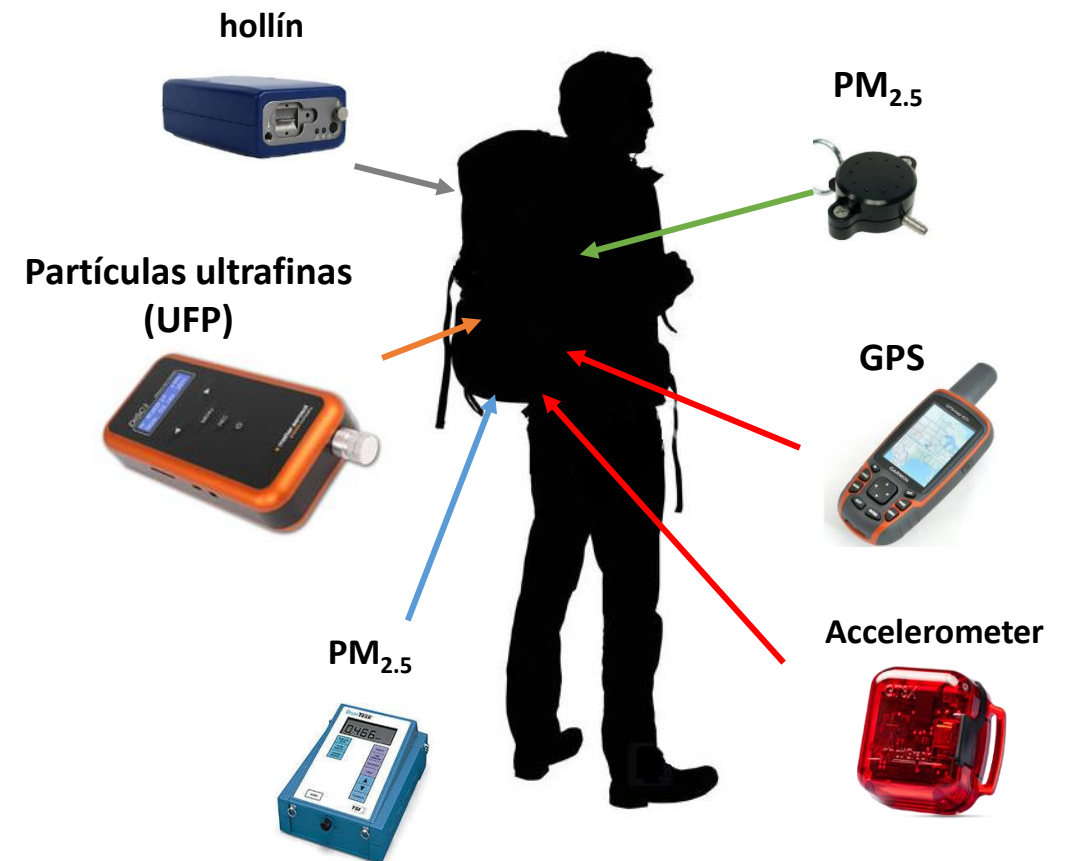
## Enfoque del Proyecto:

### Evaluar la Exposición Personal en TM

Caracterizar la concentración de contaminantes del aire en los entornos del sistema (estaciones, portales, buses, etc.)



## ¿Cómo se mide?



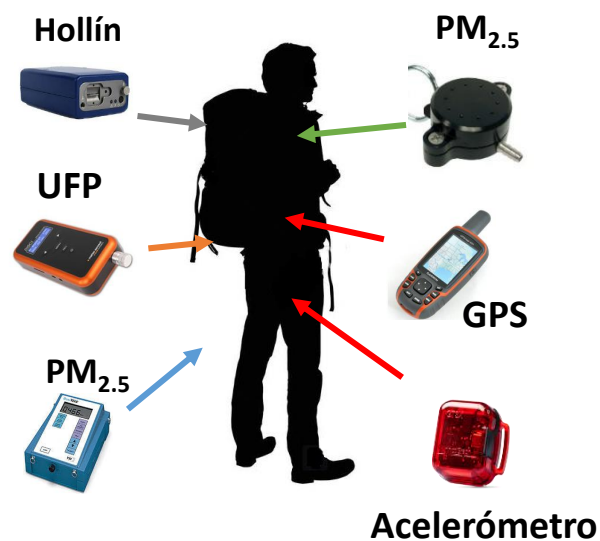
# Estudios previos y proyecto actual:



2015



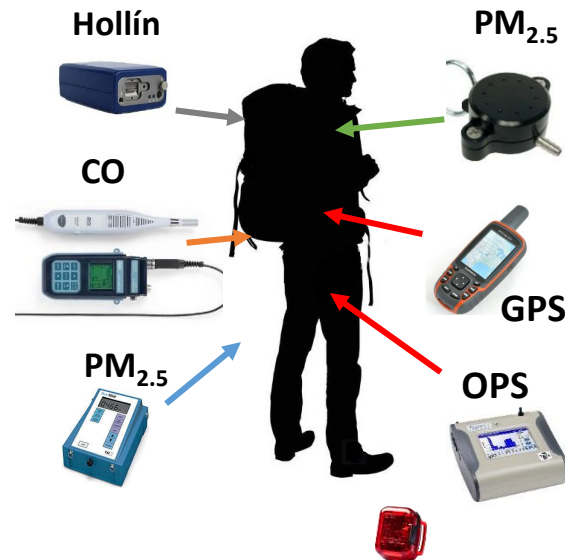
- Solo Calle 80
- 31 buses
- 1 estación
- 1 portal



2017



- 46 sesiones
- 179 buses
- 39 estaciones
- Todos los portales



2019/2020



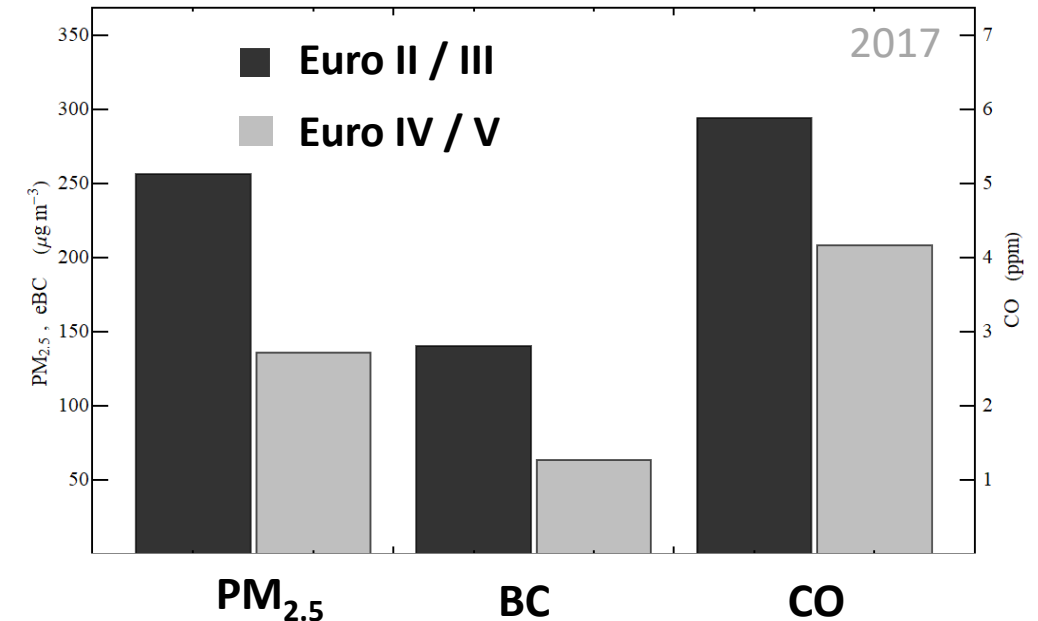
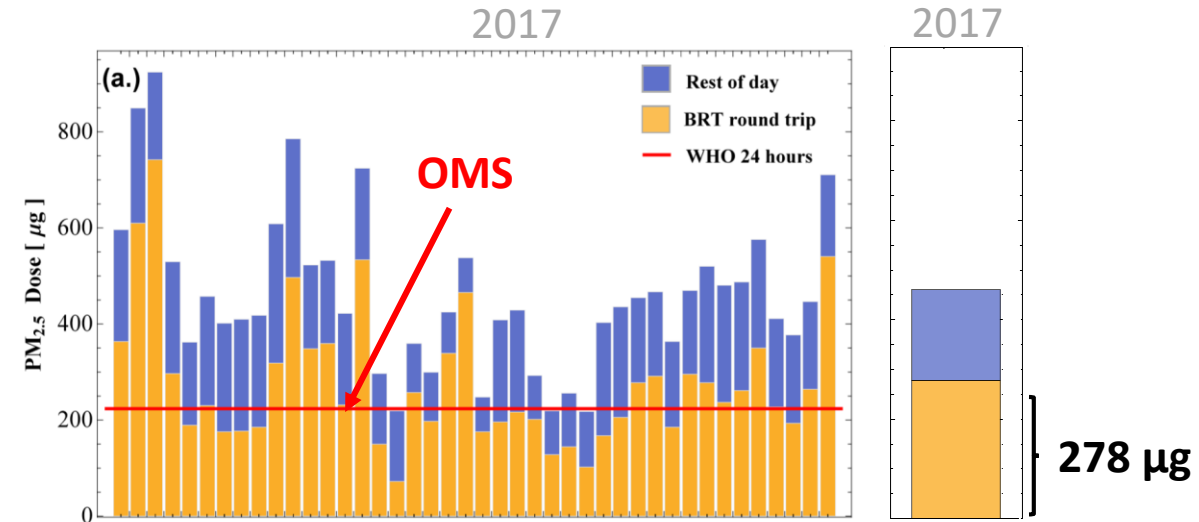
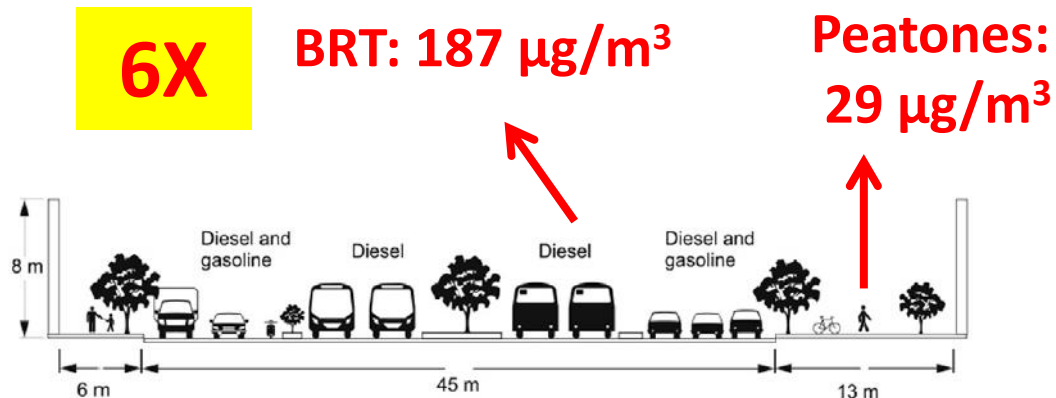
- 97 sesiones
- 438 buses
- 49 estaciones
- Todos los portales



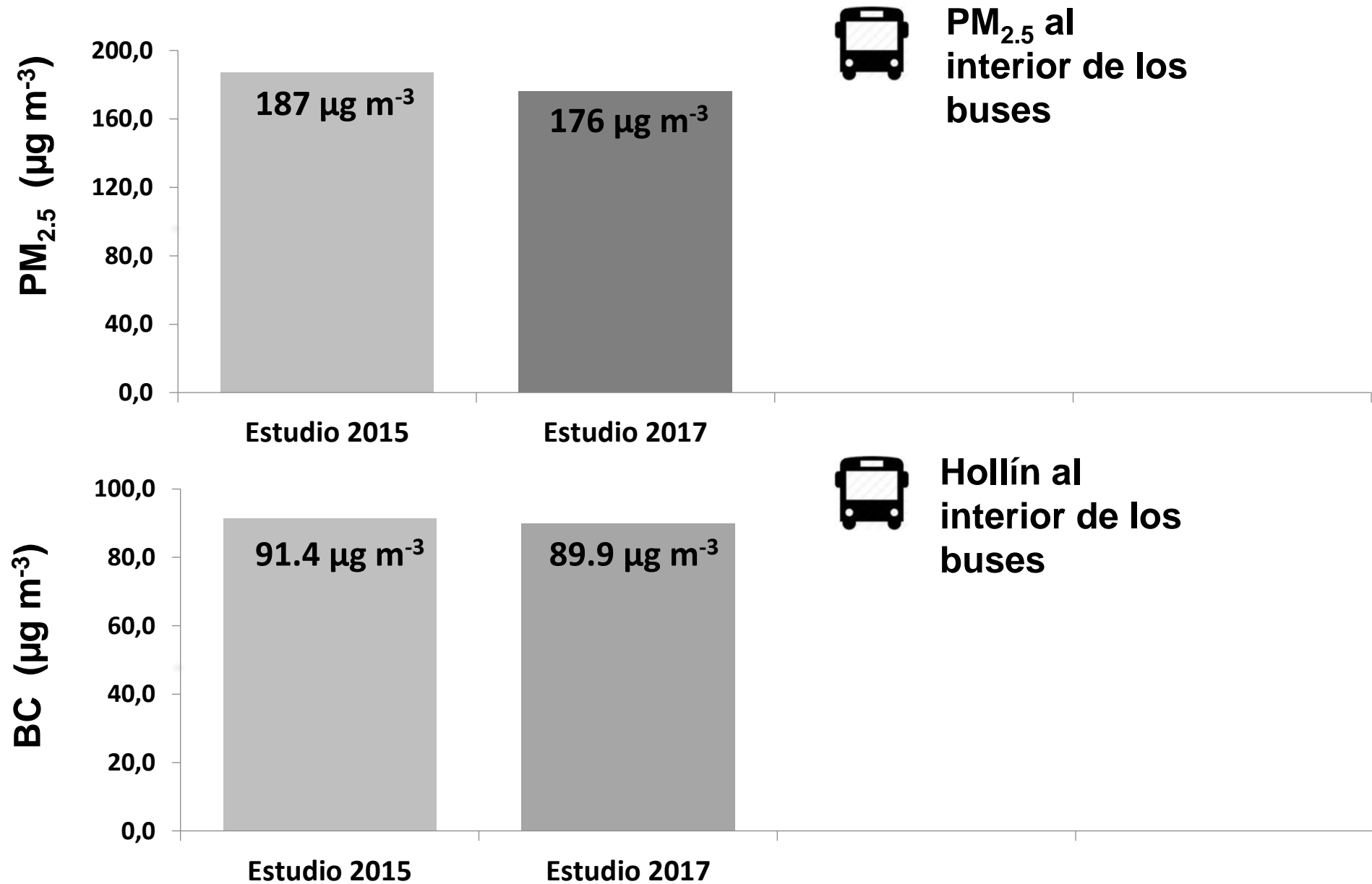
# Línea base: Lecciones aprendidas



- Alta concentración de  $PM_{2.5}$  y hollín al interior de los buses previo a la renovación
- A pesar de lo corto del corto tiempo en el sistema (134 min), la dosis de  $PM_{2.5}$  representaba el 60% de la dosis diaria
- Se observó una dependencia notoria entre tecnología y exposición (mayores concentraciones en buses mas viejos)



# Línea base: Concentraciones observadas





1. Línea base y estudios previos

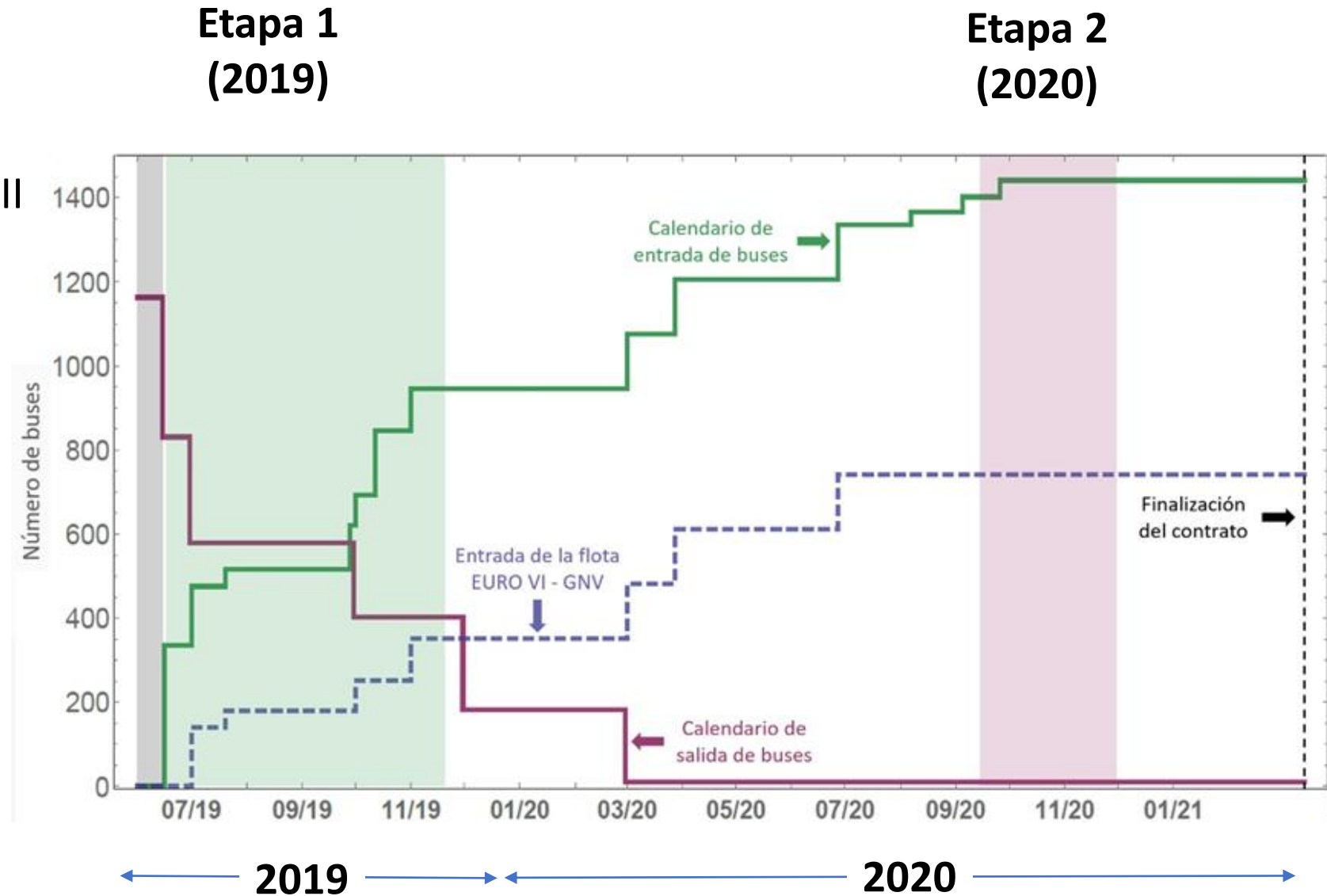
**2. Impacto de la Renovación de la  
Flota Troncal**



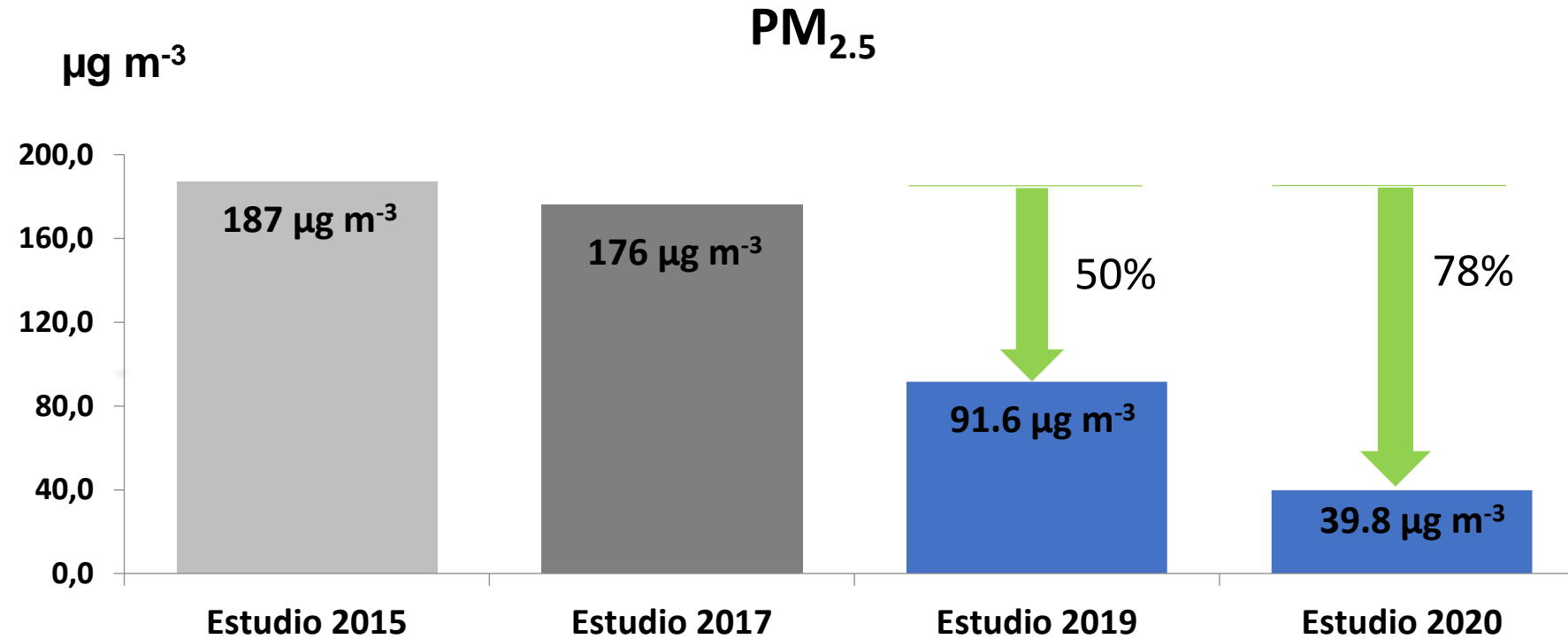
# Este proyecto: Evaluación del Impacto de la Renovación



- Se retiraron 1152 buses con estándares de emisión Euro II/III
- Estos fueron reemplazados por nuevos buses:
  - 741 Euro VI – GNV
  - 700 Euro V, Diesel + DPF
- El proyecto se separó en dos momentos (2019 y 2020)

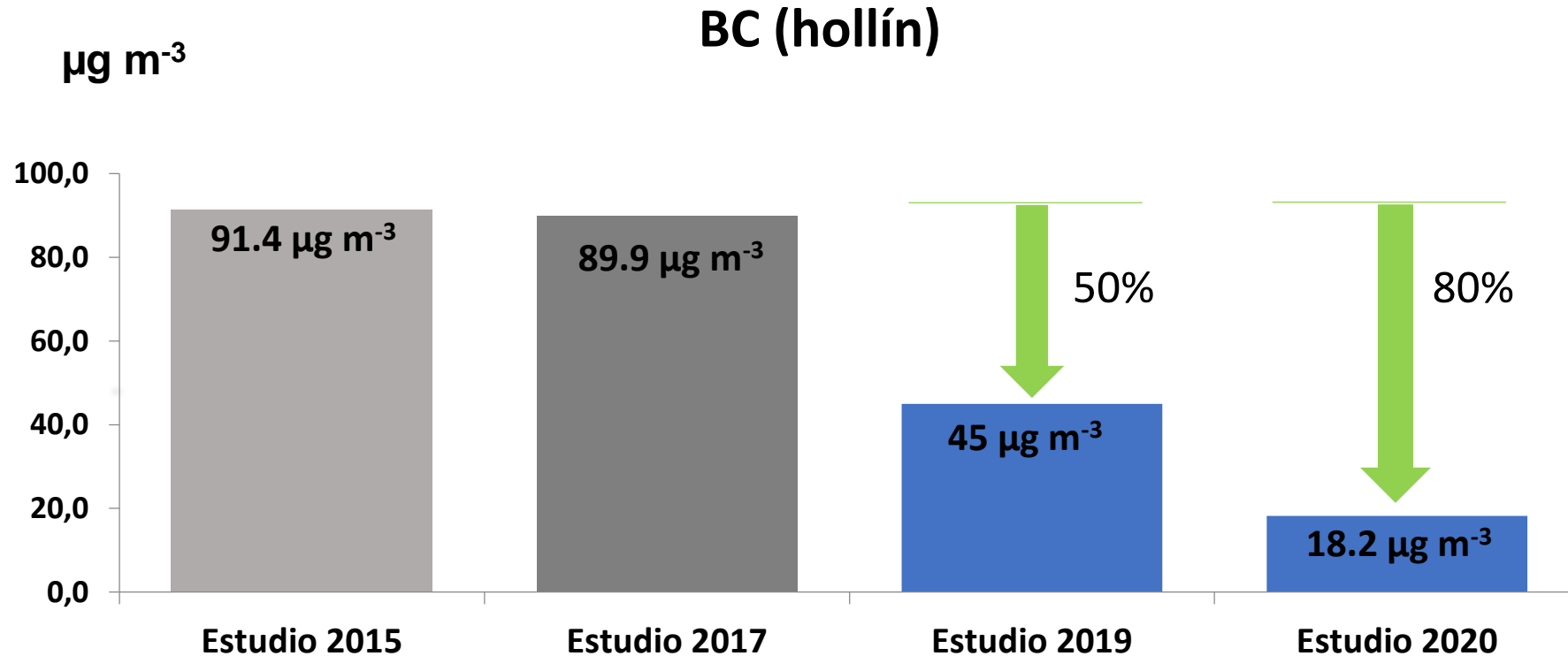


# Resultados: Evolución de la concentración en Buses



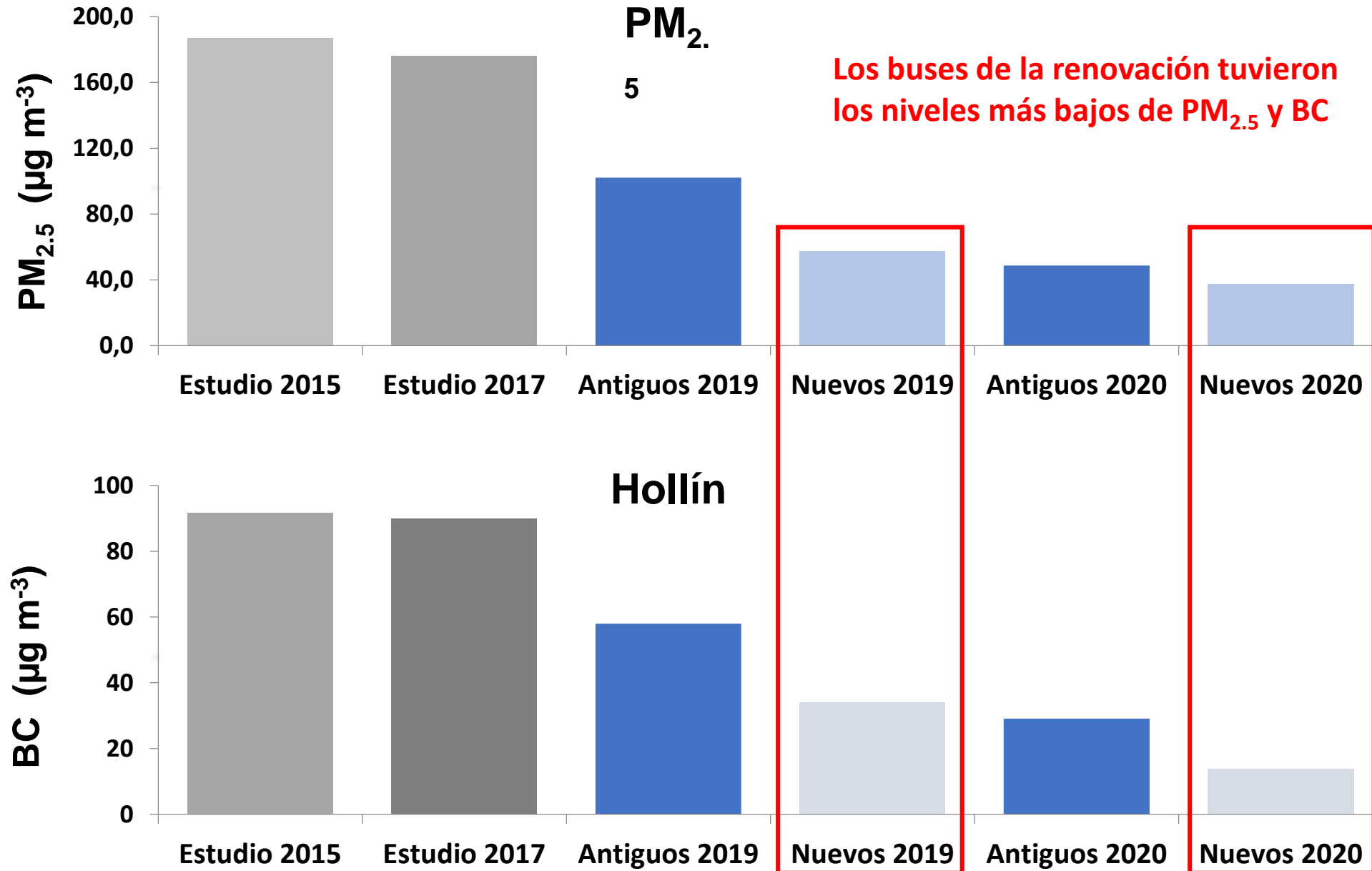
- Se observó una reducción en la etapa 1 del 50% para PM<sub>2.5</sub>
- Al completarse el proceso de renovación (etapa 2) la reducción fue del 78%

# Resultados: Evolución de la concentración en Buses

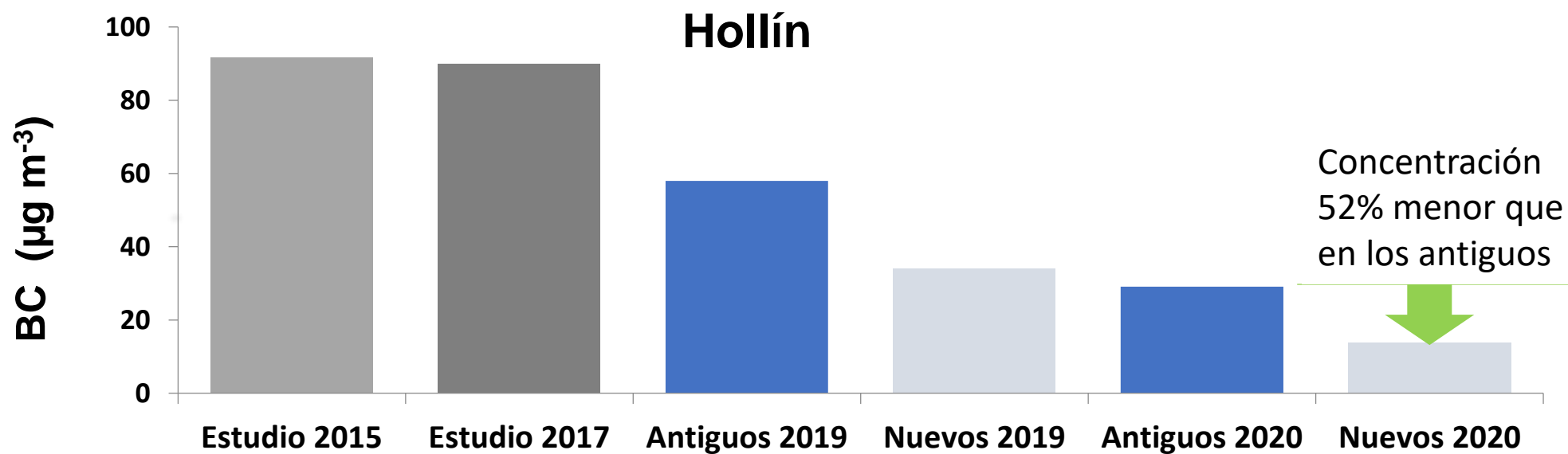
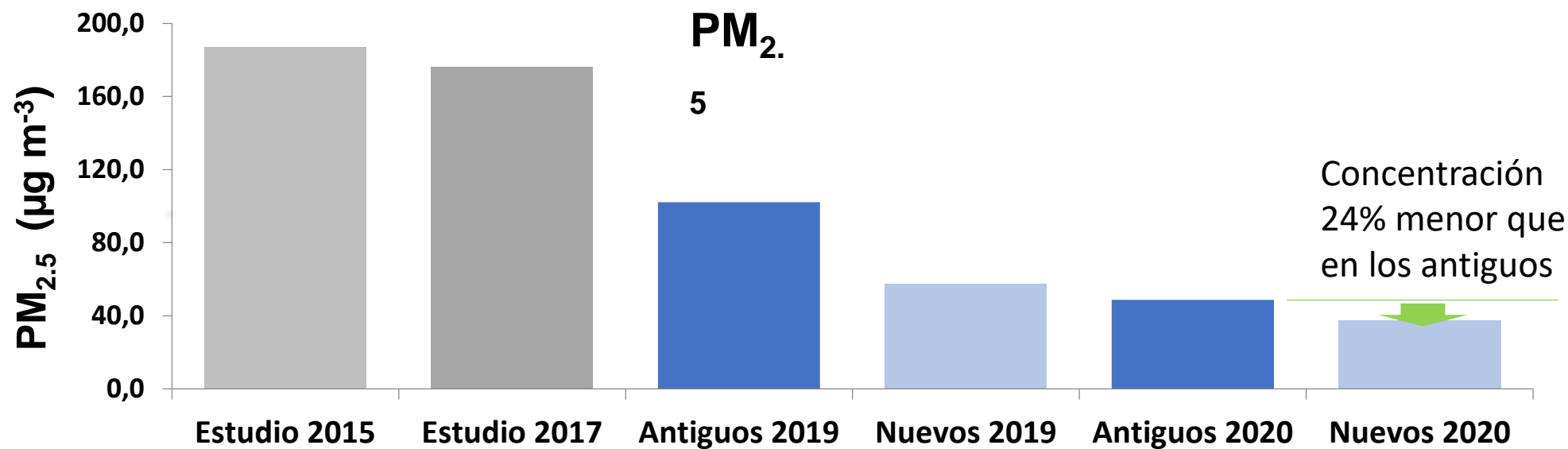


- Se observó una reducción en la etapa 1 del 50% para el hollín
- En la etapa 2, al completarse la renovación, la reducción fue del 80%

# Resultados: Concentración en buses nuevos es más baja



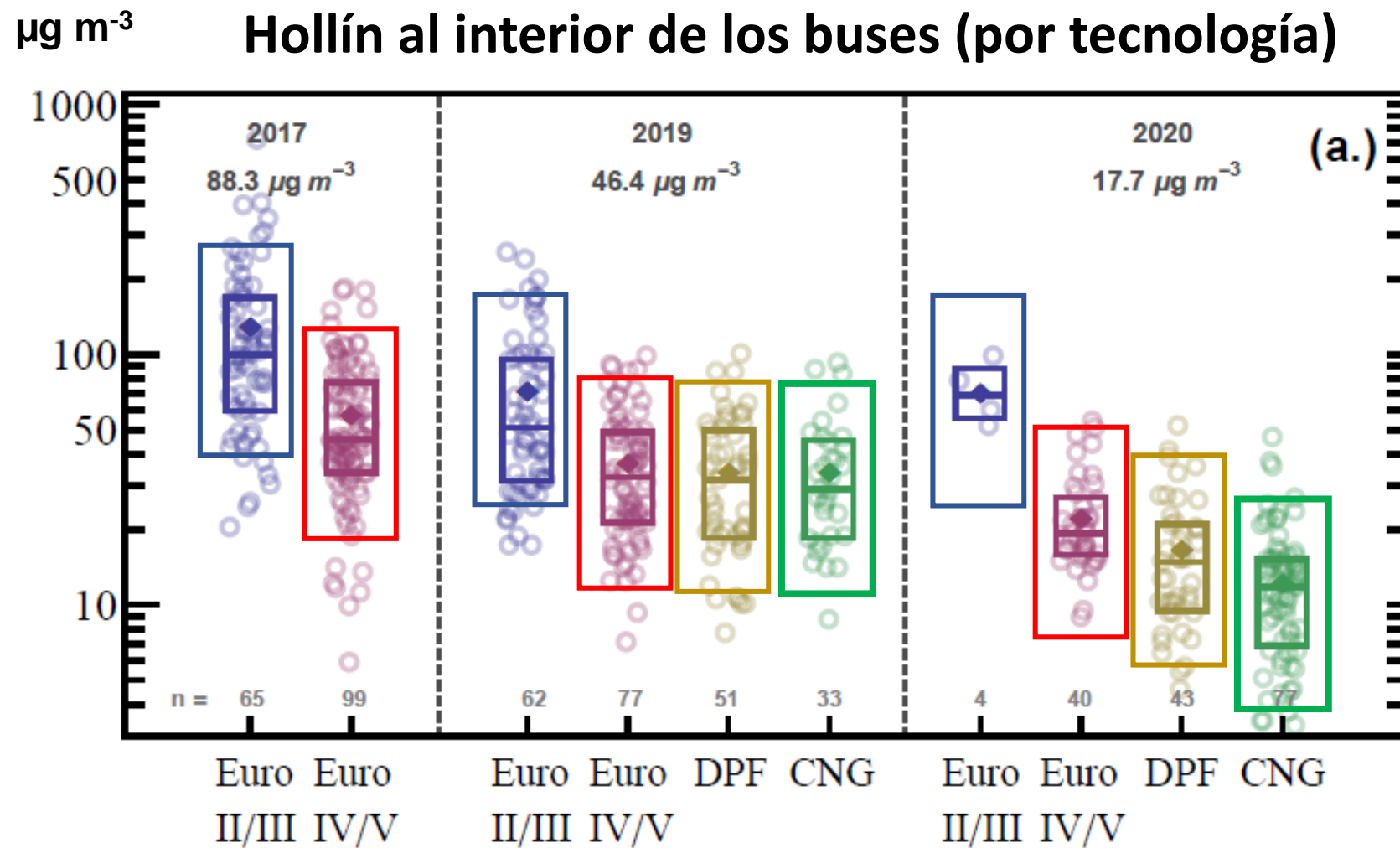
# Resultados: Concentración en buses nuevos es más baja



# Resultados: Concentración en buses nuevos es más baja



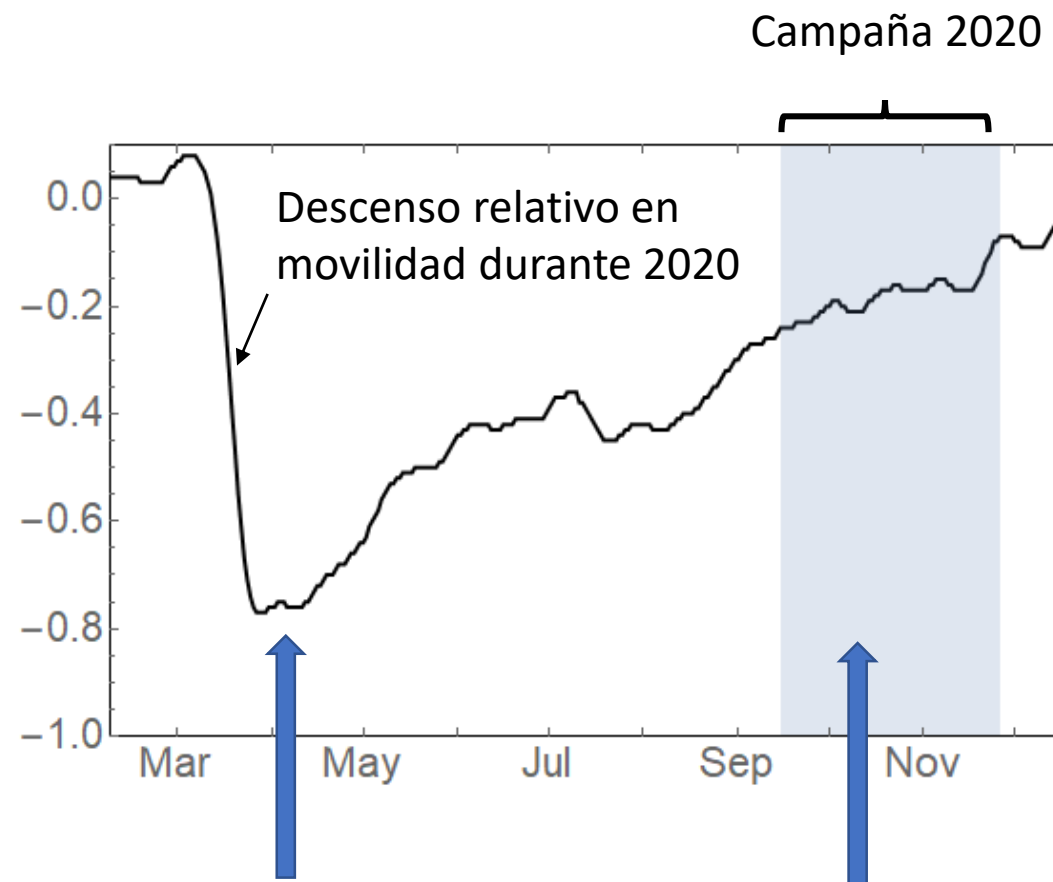
- Buses antiguos (Euro II y III) con las mayores concentraciones
- Se nota reducción inclusive en vehículos Euro IV y V antiguos
- Las segundas concentraciones más bajas son observadas en los buses Diesel DPF.
- Buses GNV presentaron las menores concentraciones en todo el proyecto



# Resultados: Bajo impacto de las restricciones COVID-19



- El proceso de medición en el 2020 se realizó durante la pandemia COVID-19
- Durante la campaña de medición, las restricciones de movilidad se habían aliviado, por lo que su efecto fue menor
- La concentración de  $PM_{2.5}$  en la ciudad se redujo 20.5% para días de semana durante el periodo de muestreo relativo al 2019, lo que corresponde a  **$9 \mu g/m^3$  de reducción atribuible a COVID-19**
- Para las horas específicas de muestreo, la concentración fue  $17.4 \mu g m^{-3}$  en 2019 y  $18.8 \mu g m^{-3}$  en 2020



Reducción de 80% en la movilidad en el pico de las restricciones

El descenso en movilidad fue **18%** durante la campaña

# Conclusiones Principales:



- **Relativo a la situación previa** a la renovación, **la reducción** observada en los buses del sistema **fue del 50% para  $PM_{2.5}$  y BC** (hollín) al finalizar la etapa 1, y de casi **80%** para ambos contaminantes al terminar la etapa 2.
- En ambas campañas, se observaron las concentraciones más bajas en los buses nuevos, en comparación que las que se experimentan en los buses antiguos que aún circulan.