

ANÁLISIS HISTÓRICO DE LOS BENEFICIOS PARA LA SALUD ASOCIADOS A UNA MEJOR CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MÉXICO ENTRE 1990 Y 2015

Campaña Respira Vida para América Latina
Organización Panamericana de la Salud (PAHO)
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP)
Coalición Clima y Aire Limpio para Reducir los Contaminantes de Vida Corta (CCAC)
Clean Air Institute

Webinar Series

Sesión 1: Iniciativa de Salud



HARVARD T.H. CHAN
SCHOOL OF PUBLIC HEALTH

CDMX
CIUDAD DE MÉXICO

Realizado en colaboración con la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno de la CDMX
Recursos del Fondo Ambiental Público



¿Qué tanto ha mejorado la calidad del aire en la CDMX en los últimos 25 años?

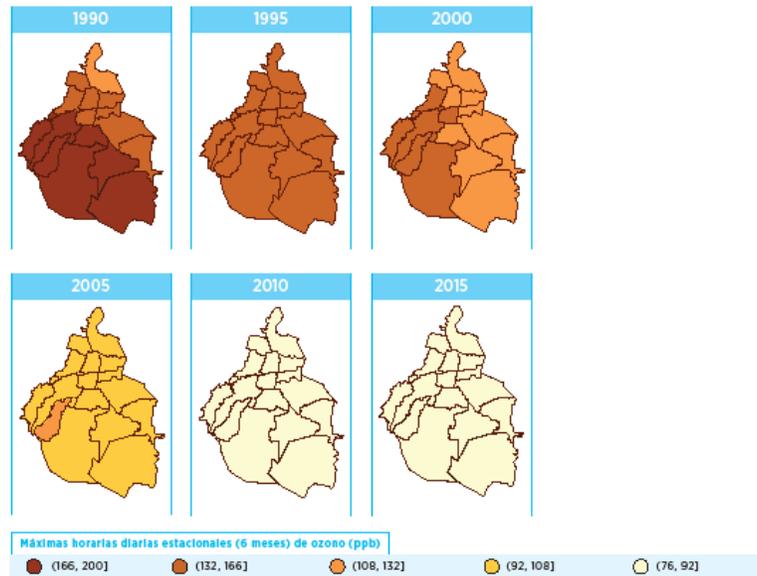
¿Cómo ha beneficiado una mejor calidad del aire a la salud de la población de la CDMX?

¿Qué política de control puede contribuir a mejorar la calidad del aire?

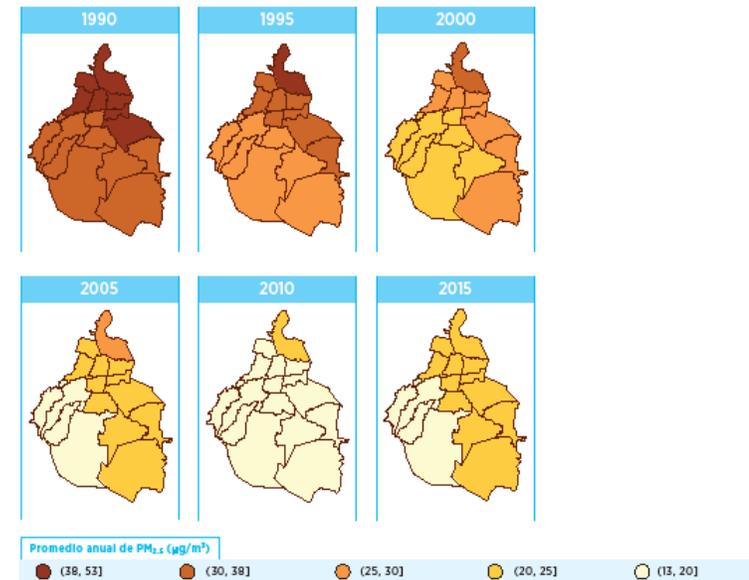
DE ESTACIÓN DE MONITOREO A ALCALDÍA 1990 A 2015



- Inverso de la distancia al cuadrado (IDW) y análisis de proximidad (estación más cercana)
- Reducción de la influencia de estación Xalostoc –representatividad micro-escala



Ozono
160 ppb → 84 ppb



Partículas finas
36 µg/m³ → 21 µg/m³



Análisis histórico de los beneficios para la salud asociados a una mejor calidad del aire en la Ciudad de México entre 1990 - 2015

Beneficios en la salud

Evaluación de riesgos
resultados de estudios internacionales aplicados a la CDMX
'vidas salvadas'

Epidemiología
validación utilizando datos de la CDMX
'incremento en la esperanza de vida'

Política de control

Costo-efectividad
beneficios en la salud por el control de emisiones de vehículos pesados a diésel



Beneficios en la salud pública de la CDMX

¿Cuáles son los beneficios de las mejoras en la calidad del aire en términos de “vidas salvadas”?

CARGA GLOBAL DE ENFERMEDAD

Evaluación de riesgos

- **Método:** evaluación de riesgos que se utilizó para los estudios de la Carga Global de Enfermedad
 - **En el mundo, 2015**
4.2 millones de muertes atribuibles a $PM_{2.5}$ 254,000 muertes atribuibles a ozono
- **Estimaciones de los impactos de contaminación del aire en la mortalidad:** estudios de cohorte de EUA, Canadá, Europa, China, entre otros
- **Calidad del aire:** datos de monitoreo de SEDEMA-CDMX
- **Salud:** datos oficiales de mortalidad por causa

Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015



Aaron J Cohen*, Michael Brauer*, Richard Burnett, H Ross Anderson, Joseph Frostad, Kara Estep, Kalpana Balakrishnan, Bert Brunekreef, Lalit Dandona, Rakhi Dandona, Valery Feigin, Greg Freedman, Bryan Hubbell, Amelia Jobling, Haidong Kan, Luke Knibbs, Yang Liu, Randall Martin, Lidia Morawska, C Arden Pope III, Hwashin Shin, Kurt Straif, Gavin Shaddick, Matthew Thomas, Rita van Dingenen, Aaron van Donkelaar, Theo Vos, Christopher J L Murray, Mohammad H Forouzanfar†



Summary

Background Exposure to ambient air pollution increases morbidity and mortality, and is a leading contributor to global disease burden. We explored spatial and temporal trends in mortality and burden of disease attributable to ambient air pollution from 1990 to 2015 at global, regional, and country levels.

Methods We estimated global population-weighted mean concentrations of particle mass with aerodynamic diameter less than $2.5 \mu m$ ($PM_{2.5}$) and ozone at an approximate $11 km \times 11 km$ resolution with satellite-based estimates, chemical transport models, and ground-level measurements. Using integrated exposure-response functions for each cause of death, we estimated the relative risk of mortality from ischaemic heart disease, cerebrovascular disease, chronic obstructive pulmonary disease, lung cancer, and lower respiratory infections from epidemiological studies using non-linear exposure-response functions spanning the global range of exposure.

Findings Ambient $PM_{2.5}$ was the fifth-ranking mortality risk factor in 2015. Exposure to $PM_{2.5}$ caused 4.2 million (95% uncertainty interval [UI] 3.7 million to 4.8 million) deaths and 103.1 million (90.8 million–115.1 million) disability-adjusted life-years (DALYs) in 2015, representing 7.6% of total global deaths and 4.2% of global DALYs, 59% of these in east and south Asia. Deaths attributable to ambient $PM_{2.5}$ increased from 3.5 million (95% UI 3.0 million to 4.0 million) in 1990 to 4.2 million (3.7 million to 4.8 million) in 2015. Exposure to ozone caused an additional 254 000 (95% UI 97 000–422 000) deaths and a loss of 4.1 million (1.6 million to 6.8 million) DALYs from chronic obstructive pulmonary disease in 2015.

Interpretation Ambient air pollution contributed substantially to the global burden of disease in 2015, which increased over the past 25 years, due to population ageing, changes in non-communicable disease rates, and increasing air pollution in low-income and middle-income countries. Modest reductions in burden will occur in the most polluted countries unless $PM_{2.5}$ values are decreased substantially, but there is potential for substantial health benefits from exposure reduction.

Lancet 2017; 389: 1907–18

Published Online
April 10, 2017
[http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30505-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30505-6)

See Comment page 1862

*Joint first authors

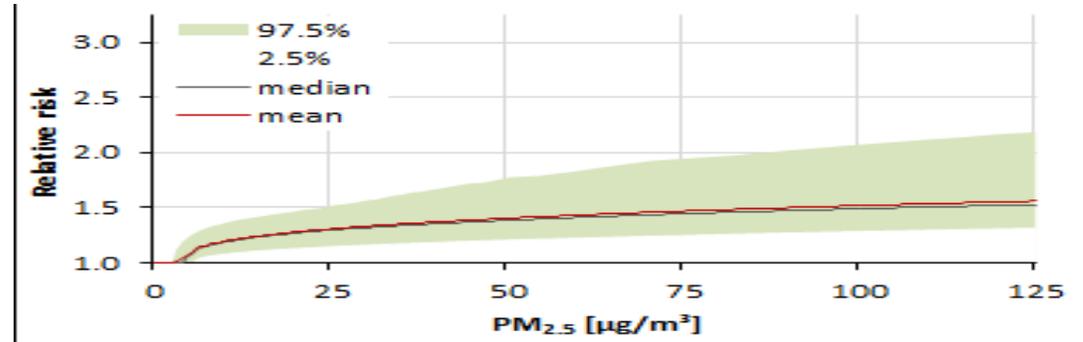
†Senior author

Health Effects Institute, Boston, MA, USA (A J Cohen DSc); University of British Columbia, Vancouver, BC, Canada (Prof M Brauer ScD); Health Canada, Ottawa, ON, Canada (R Burnett PhD, H Shin PhD); St George's, University of London, London, UK (Prof H R Anderson MD); Institute for Health Metrics and Evaluation, Seattle, WA, USA (J Frostad MPH, K Estep MPA, Prof L Dandona MD, G Freedman MPH, Prof T Vos PhD, Prof C J L Murray DPhil, M H Forouzanfar PhD); Sri Ramachandra University, Chennai, Tamil Nadu, India

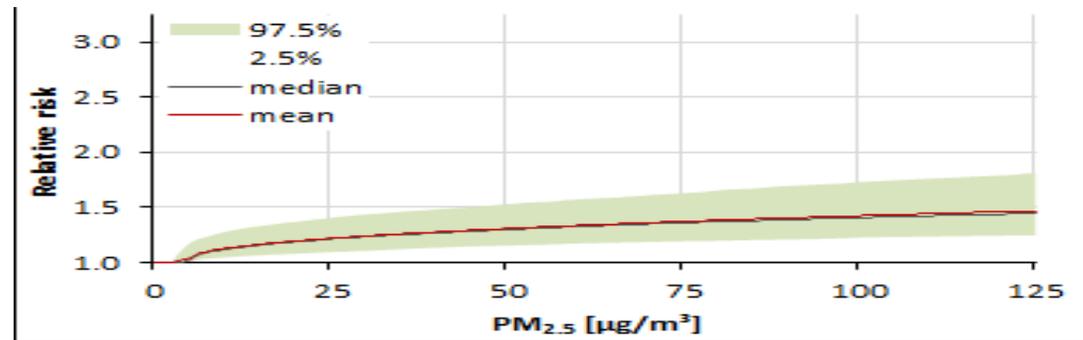
FUNCIONES EXPOSICIÓN-RESPUESTA

- Funciones no lineales
- Concentraciones contrafactuales
 - ~ 6 y 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 - ~ 33 y 42 ppb
- Parámetros por causa y grupo de edad
 - Incertidumbre incorporada con 1000 conjuntos de parámetros igualmente probables

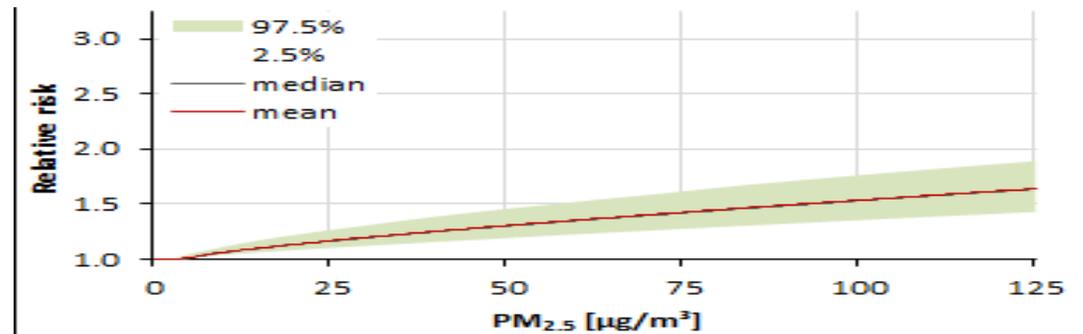
Cardiopatía isquémica



Infarto cerebrovascular



Cáncer de pulmón



BENEFICIOS EN LA SALUD POR MEJORAS EN LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CDMX, 1990 - 2015



Contaminante del aire	Muertes atribuibles evitadas (miles)	IC 95%
Ozono	4.1	(2.7-5.6)
PM _{2.5}	18.2	(14.0-23.5)
PM _{2.5} & ozono	22.5	(17.9-28.0)

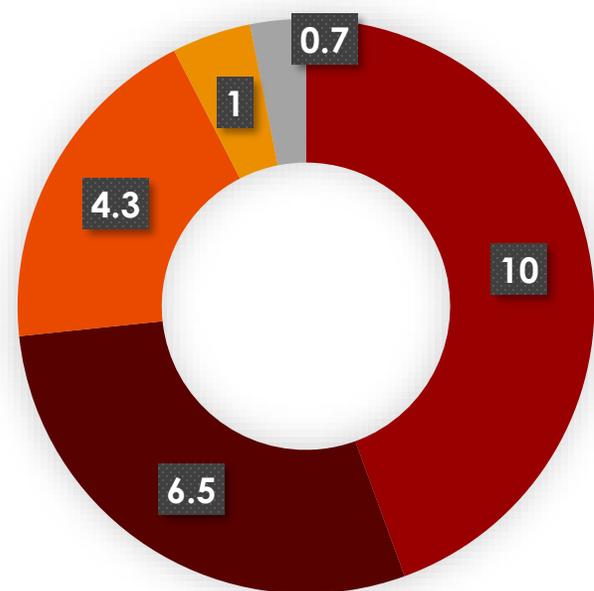
Reducciones en las concentraciones de PM_{2.5} responsables de más del 80% de los beneficios en la salud de la población

CAUSAS ESPECÍFICAS DE MORTALIDAD Y GRUPOS DE EDAD

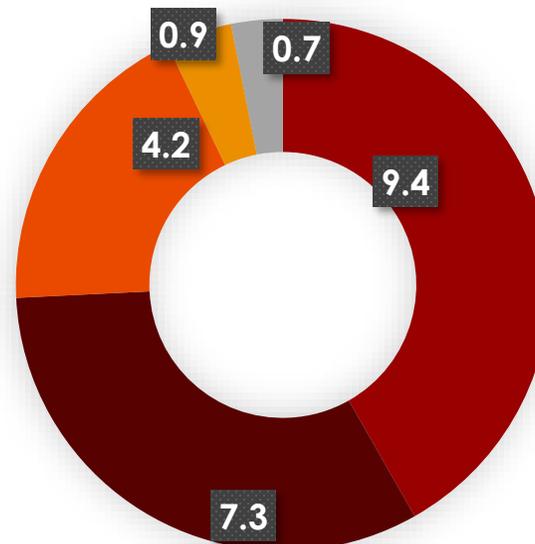
Contribución a los beneficios en salud esperados en la CDMX 1990 a 2014



Muertes atribuibles evitadas (miles)



- Cardiopatía isquémica
- Enfermedad pulmonar obstructiva crónica
- Infarto cerebrovascular
- Cáncer de pulmón
- Infecciones respiratorias agudas



- 60-79
- 80 +
- 40-59
- 20-39
- 0-19

Total: 22.5 mil muertes atribuibles evitadas



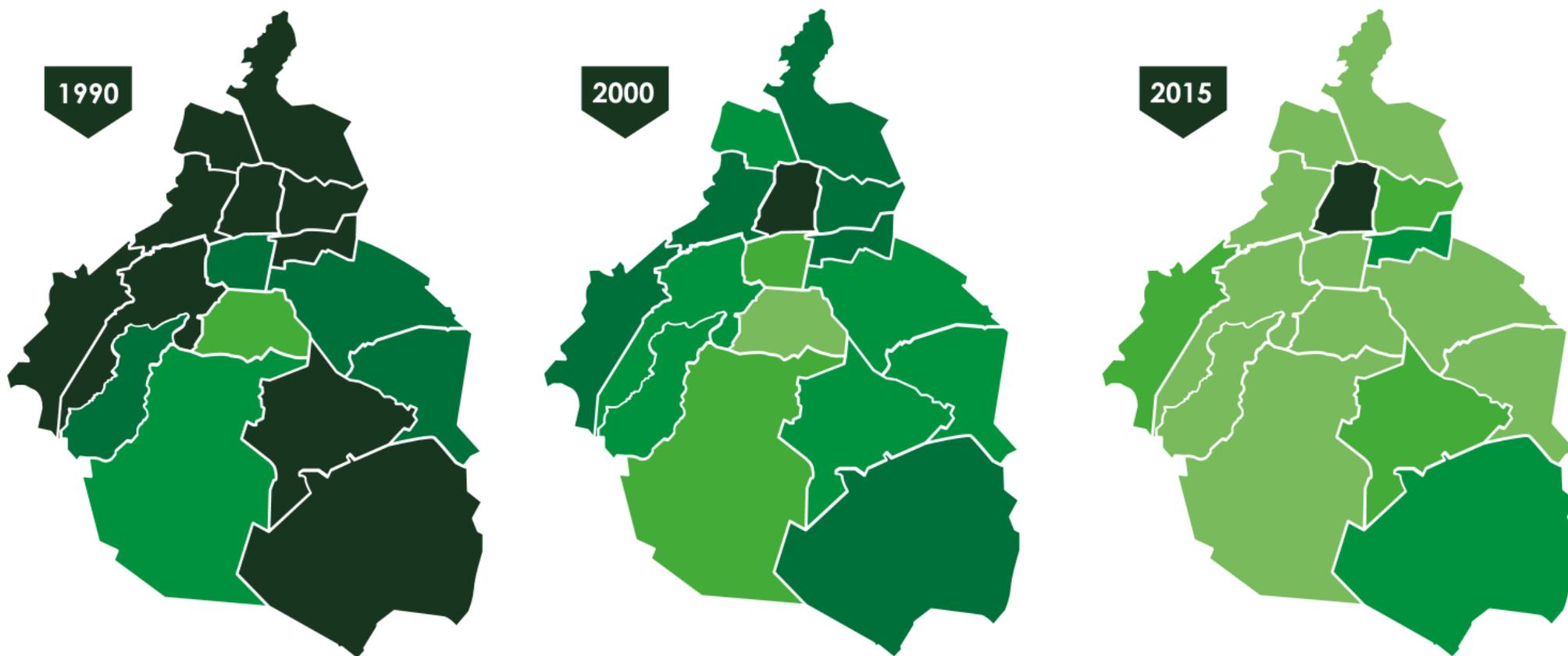
Beneficios en la salud pública de la CDMX

**¿Existe evidencia “observacional”
sobre estos beneficios en la salud de
la población?**

INCREMENTO EN LA ESPERANZA DE VIDA EN LA CDMX, 1990 A 2015



~8% de incremento de 1990 a 2015



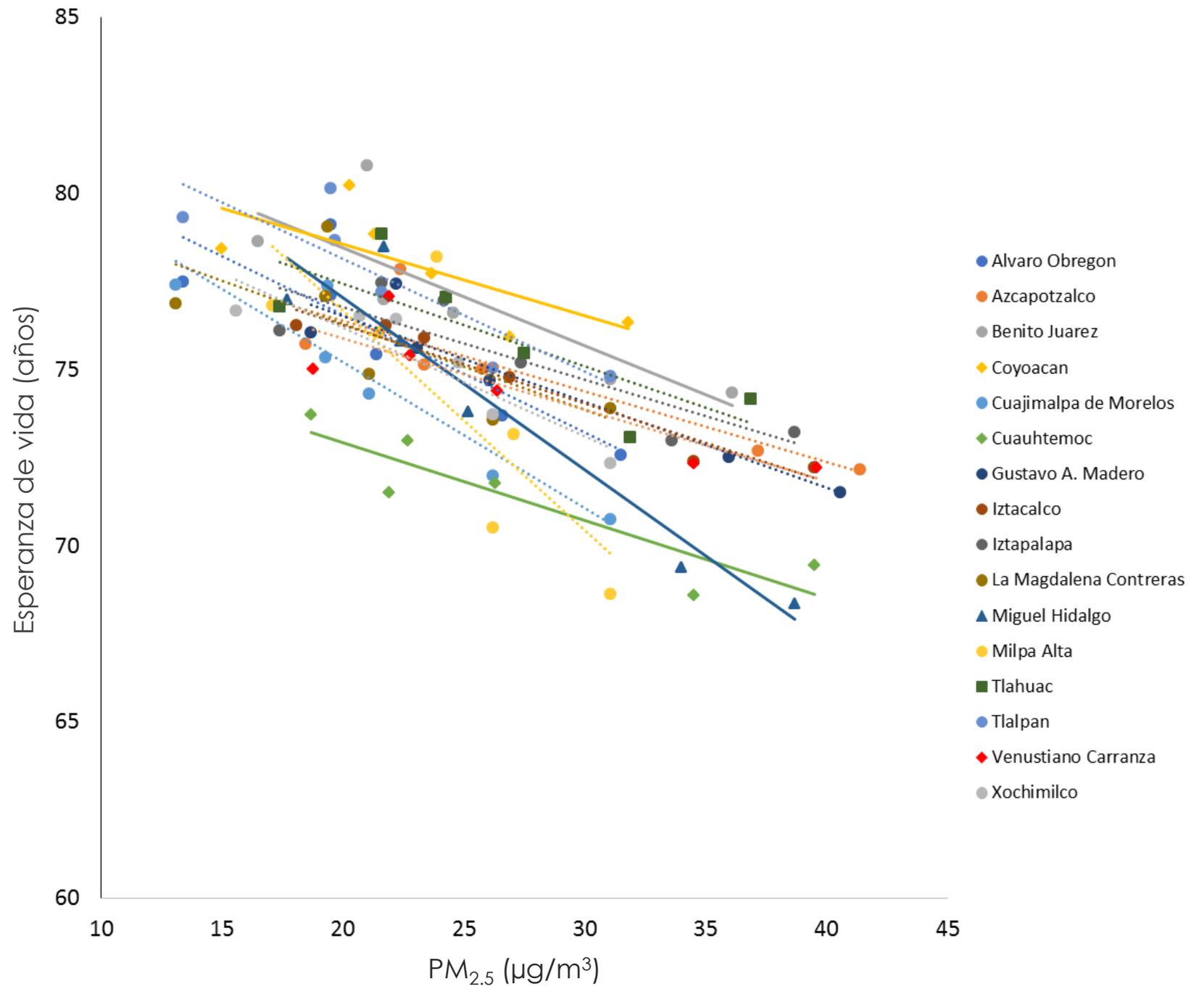
En la CDMX pasó de 72 años en 1990 a 78 años en 2015



PM_{2.5}

Esperanza de vida
vs.
concentración
promedio anual

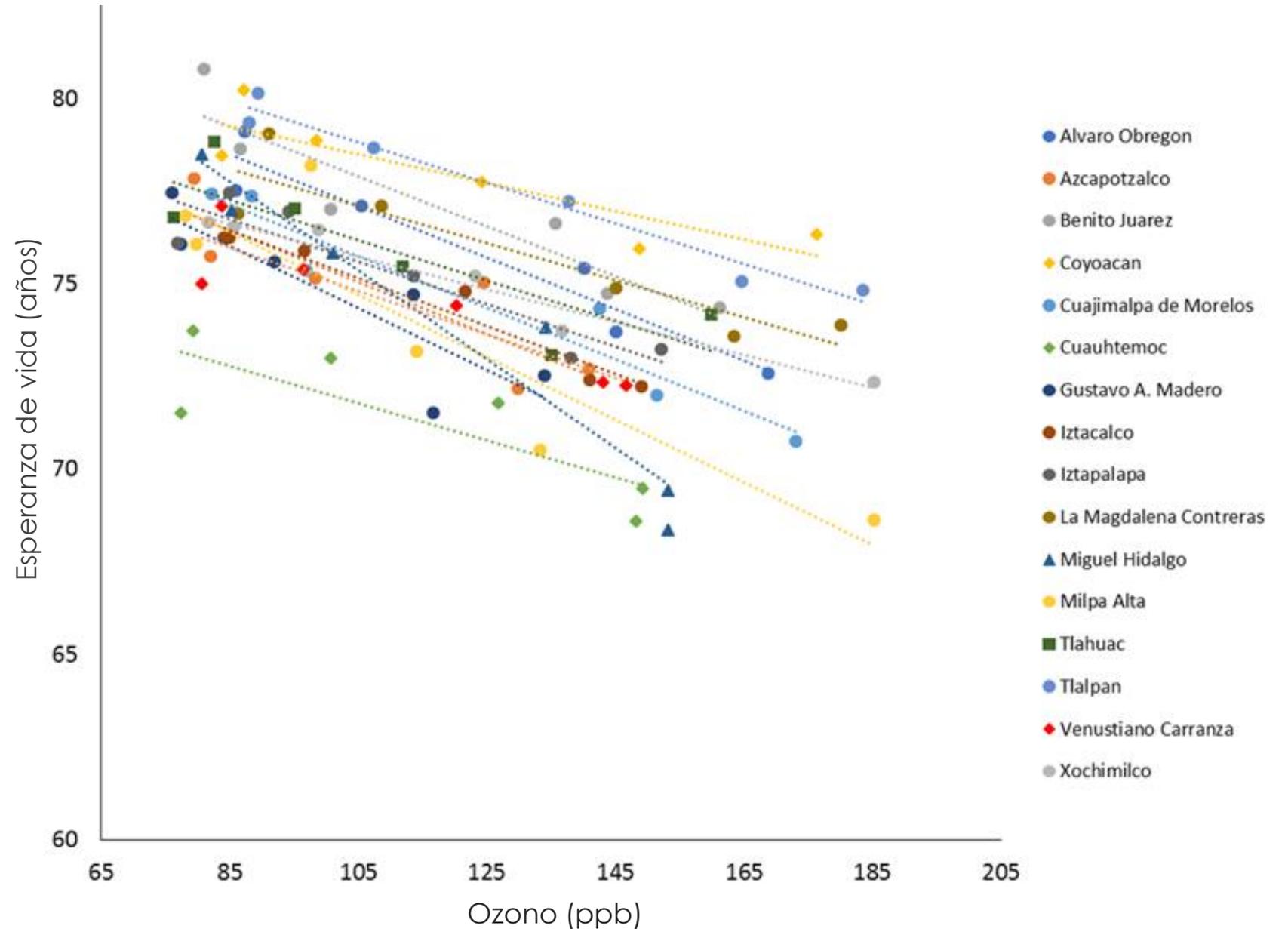
- Líneas ajustadas por alcaldía



Ozono

Esperanza de vida vs.
concentración de
1-h máxima diaria
estacional

- Líneas ajustadas por alcaldía



¿CÓMO AJUSTAR POR ESTAS DIFERENCIAS ENTRE ALCALDÍAS Y AÑOS?



Efectos aleatorios

- alcaldía
- año

Indicadores de posición socioeconómica

Ocupantes de viviendas o viviendas (%)

- hacinamiento
- sin drenaje ni excusado
- sin agua entubada
- bajo ingreso
- analfabetismo
- bajo nivel educativo
- localidades pequeñas

Indicadores genéricos de salud

Tasas de mortalidad por causas comunes no relacionadas con la contaminación del aire

- diabetes
- hipertensión
- cáncer de colon
- cáncer de estómago
- causas externas (homicidios)

Tabaquismo

Tasas de mortalidad por causas asociadas con exposición a tabaco

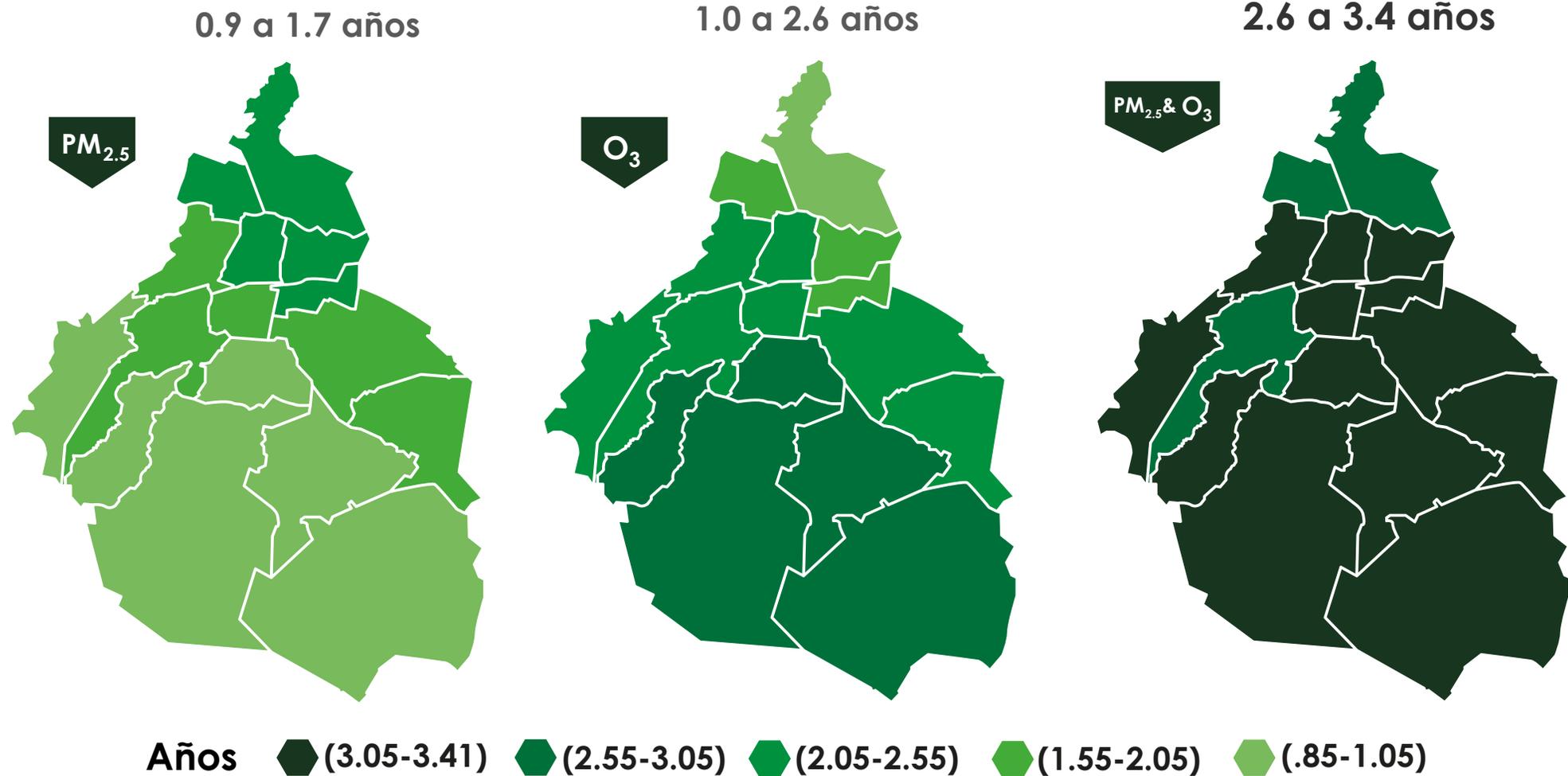
- enfermedad pulmonar obstructiva crónica
- cáncer de pulmón

MODELOS ESPERANZA DE VIDA VS. PM_{2.5} Y O₃

Variables		Simple Beta	Completo Beta	Parsimonioso Beta
Intercepto		81.77 *	90.74 *	90.43 *
PM_{2.5} (10 µg/m³)	Contaminantes atmosféricos	-1.36 *	-0.37	-0.89 *
O₃ (10 ppb)		-0.27 *	-0.29 *	-0.24 *
Bajo ingreso			0.00	
Hacinamiento			-0.18 ⁺⁺	-0.11 *
Baja escolaridad			-0.09	
Analfabetismo	Indicadores de posición socioeconómica		0.94	
Piso de tierra			-0.22	
Sin electricidad			0.59	
Sin drenaje ni excusado			0.01	
Sin agua entubada			0.02	
Diabetes			-0.02 *	-0.02 *
Hipertensión			-0.02	
Cáncer de colon	Indicadores genéricos de salud		-0.09 ⁺	-0.08 ⁺
Cáncer de estómago			0.04	
Causas externas (homicidios)			-0.02 ⁺⁺	-0.02 ⁺
EPOC	Tabaquismo		-0.06 ⁺	-0.05 ⁺
Cáncer de pulmón			-0.03	-0.03
Alcaldía	Efectos aleatorios	*	⁺	*
Año		*		⁺

* <0.05, + <0.1, ++ <0.2

INCREMENTO ESTIMADO NETO EN LA ESPERANZA DE VIDA 1990 A 2015





Política
pública
para
mejorar la
calidad del
aire y sus
beneficios
en la salud
en la CDMX

**¿Es costo-efectivo reducir las
emisiones de vehículos pesados
en circulación?**

100,000 VEHÍCULOS PESADOS: AUTOBUSES, CAMIONES Y TRACTOCAMIONES A DIÉSEL



- **Inventario de emisiones 2014
SEDEMA, CDMX**

Todos los vehículos pesados
en circulación en la CDMX

- **Partículas primarias**

1,000 toneladas/año

- **Años modelo**

1985 y posteriores

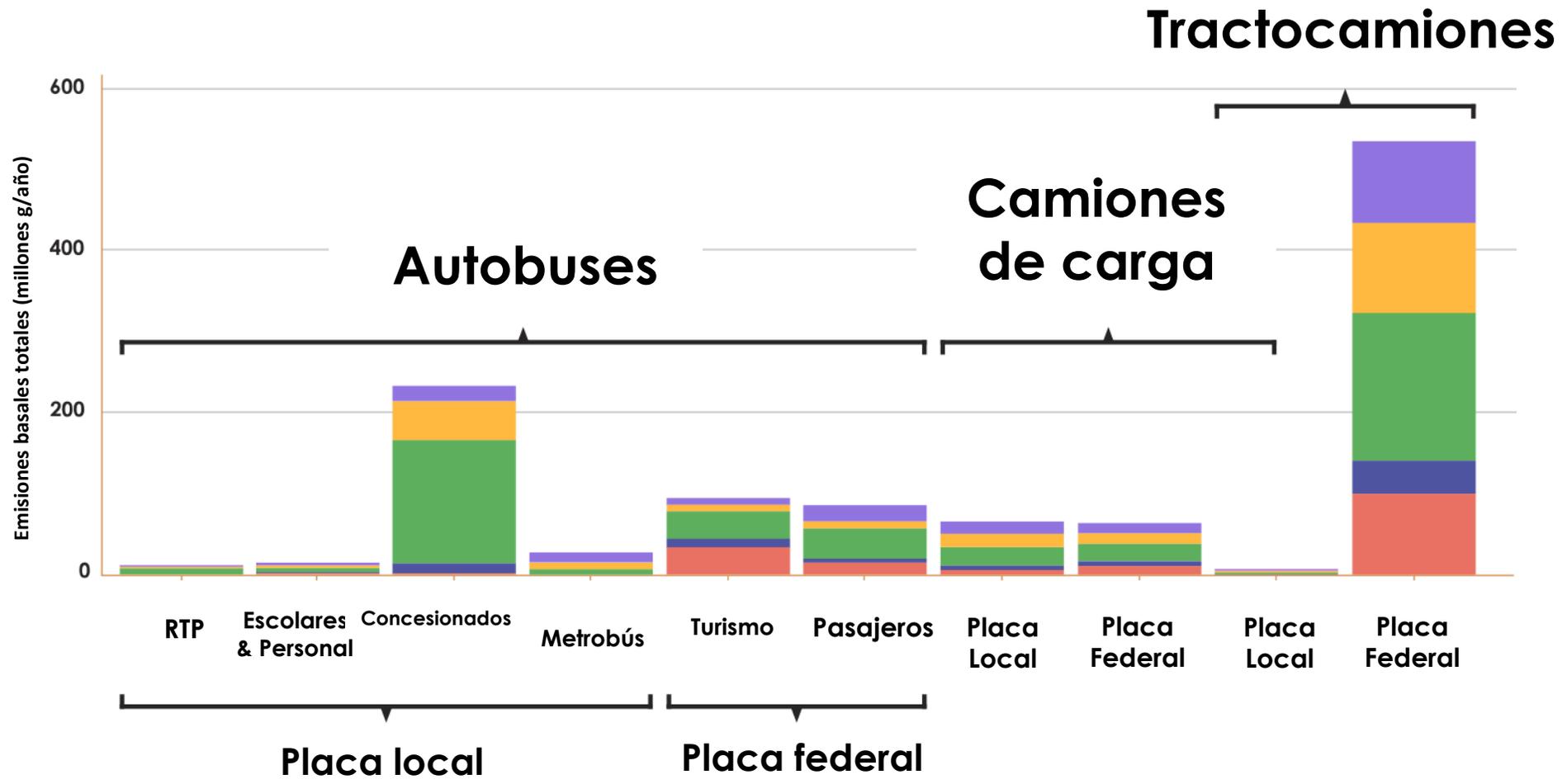


EMISIONES EN 2014 (TONELADAS/AÑO)

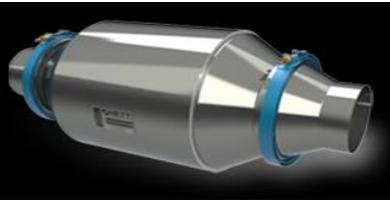
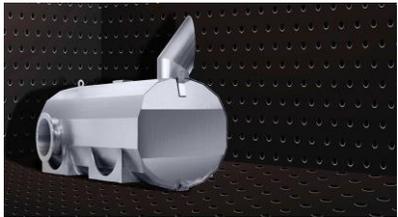


Grupos por año modelo

- 1985-1993/Pre-Control
- 1994-1997 US 1991/Euro I
- 1998-2006 US 1994/Euro II
- 2007-2010 US 1998/Euro III
- 2011-2014 US 2004/Euro IV



¿CUÁLES SON LOS CONTROLES PARA REDUCIR LAS EMISIONES DE PM?



Tecnología de control	Eficacia en control de emisiones (%)	Costo (\$ USD)	Penalización de combustible(%)	Diesel ultrabajo azufre	Otros requisitos
Catalizador oxidativo	~ 20 a 25	~ 500 - 1,500	Ninguna	No requiere	Ninguno
Filtro de partículas Activo	~ 80 a 90	~ 7,000 - 9,000	2	Se beneficia	Mayor temperatura del escape
Filtro de partículas Pasivo		~ 6,000- 8,000	0.4	Requiere	Altas velocidades

BENEFICIOS NETOS MAXIMIZADOS ESPERADOS



Tipo de Vehículo		1985 - 93	1994 - 97	1998 - 06	2007 - 10	2011 - 14	
Autobuses	RTP			DPF-p	DOC		
	Escolares y de personal	DPF-α	DPF-p				← Filtro de Partículas - Pasivo
	Concesionados	DPF-α	DPF-p				
	Metrobús			DPF-p			
	Turismo	DPF-α					← Filtro de Partículas - Activo
	Pasajeros	DPF-α				DOC	
Camiones de carga	Placa local	DOC	DPF-p			DOC	← Catalizador Oxidativo
	Placa Federal	DOC		DPF-α			
Tractocamiones	Placa Local	DOC		DPF-p			
	Placa Federal	DPF-α					

Control de partículas primarias de autobuses, camiones de carga y tractocamiones a diésel

TIPOS DE VEHÍCULOS CON MAYORES EMISIONES

BENEFICIOS NETOS MAXIMIZADOS ESPERADOS



		1985-93	1994-97	1998-06	2007-10	2011-14
	Concesionados Placa local		DPF - Pasivo			
	Autobuses de turismo Placa local	DPF - Activo				
	Tractocamiones Placa federal					

DPF se recomiendan para los tres tipos de vehículos responsables de la mayor parte de las emisiones de PM

¿CUÁLES SON LOS BENEFICIOS Y CUÁL ES LA RELACIÓN CON LOS COSTOS?



Beneficios anuales por el control de emisiones de vehículos pesados a diesel

- Reducir 950 toneladas de emisiones de $PM_{2.5}$
- Salvar 80 vidas

Monetización de beneficios en salud

- ~250 millones de dólares

Costo anual

- ~90 millones de dólares

Beneficios netos: más de \$ 150 millones USD anuales



Mensajes principales



CONCLUSIONES



- En los últimos 25 años, la calidad del aire ha mejorado significativamente en la Ciudad de México.
- Las mejoras en la calidad del aire han salvado 22,000 vidas, principalmente asociadas a las reducciones en las concentraciones de $PM_{2.5}$.
- Nuestro análisis epidemiológico muestra que los habitantes de la Ciudad de México viven en promedio 3.2 años más gracias a las mejoras en la calidad del aire.
- A pesar de las mejoras en la calidad del aire, los niveles actuales aun se encuentran por arriba de aquellos que representan riesgos para la salud.

CONCLUSIONES



- Una de las principales fuentes de emisión de $PM_{2.5}$ son los vehículos pesados a diésel.
- El control de emisiones de $PM_{2.5}$ de vehículos pesados a diésel que están en circulación podría salvar más de 80 vidas por año – estos beneficios en salud representarían de 250 millones de dólares al año y el costo anual sería de menos de 93 millones de dólares.
- El análisis epidemiológico sugiere que los impactos en la salud por ozono son más importantes que los que la evidencia internacional ha revelado hasta el momento.
- Estos hallazgos son relevantes para la Ciudad de México y para el resto de las megaciudades del mundo.

