Demanda de gasolina, cambio climático y calidad del aire: Implicaciones de política pública

Jimy Ferrer Carbonell
Oficial de Asuntos Económicos
Unidad de Cambio Climático
División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos
CEPAL

UNITED NATIONS

ECLAC

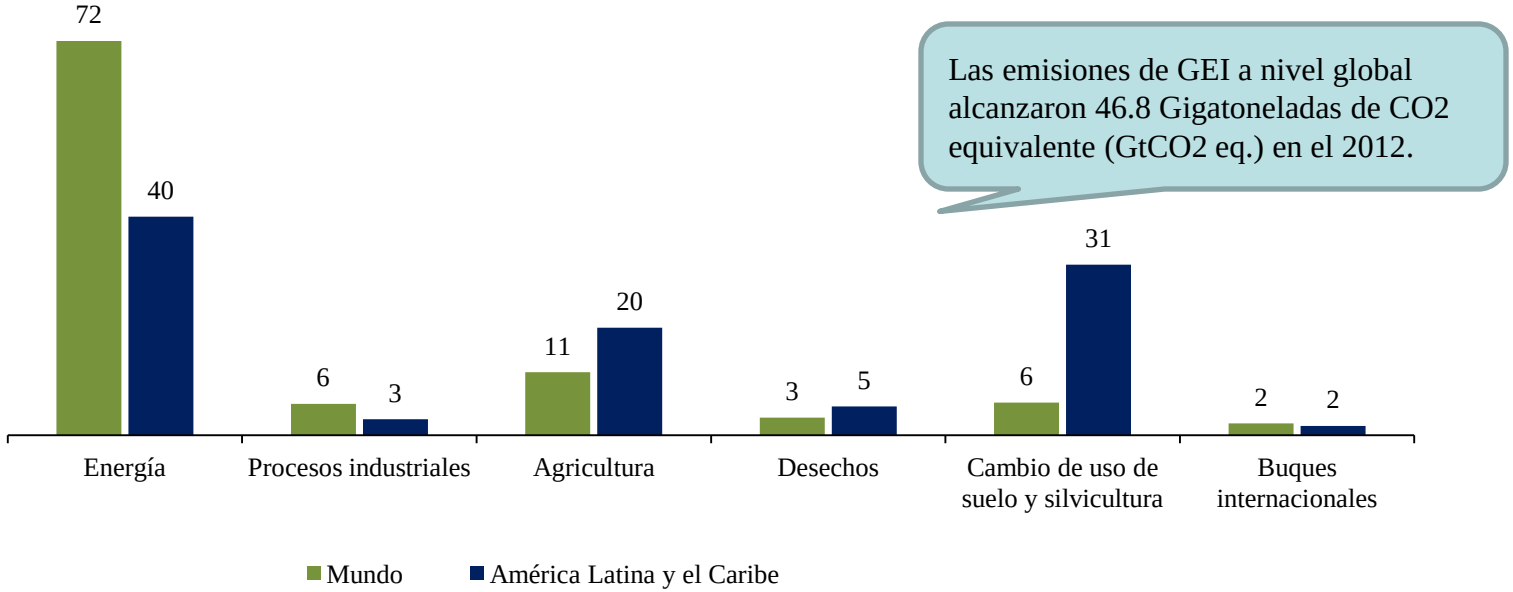
Curso Internacional de Capacitación
Construcción de escenarios económicos y econometría avanzada
Bogotá - Colombia
23 al 25 de septiembre de 2015

Contenido

1. **Contexto regional**
2. **Desafió urbano en el contexto del cambio climático**
3. **Transporte: opciones de política pública**
4. **Modelo de demanda de gasolina**
5. **Co-beneficios sobre las emisiones de GEI**
6. **Impactos en la salud**
7. **Comentarios finales**

Contexto regional

Mundo y América Latina y el Caribe: Participación porcentual de las emisiones de GEI, por sector, 2012



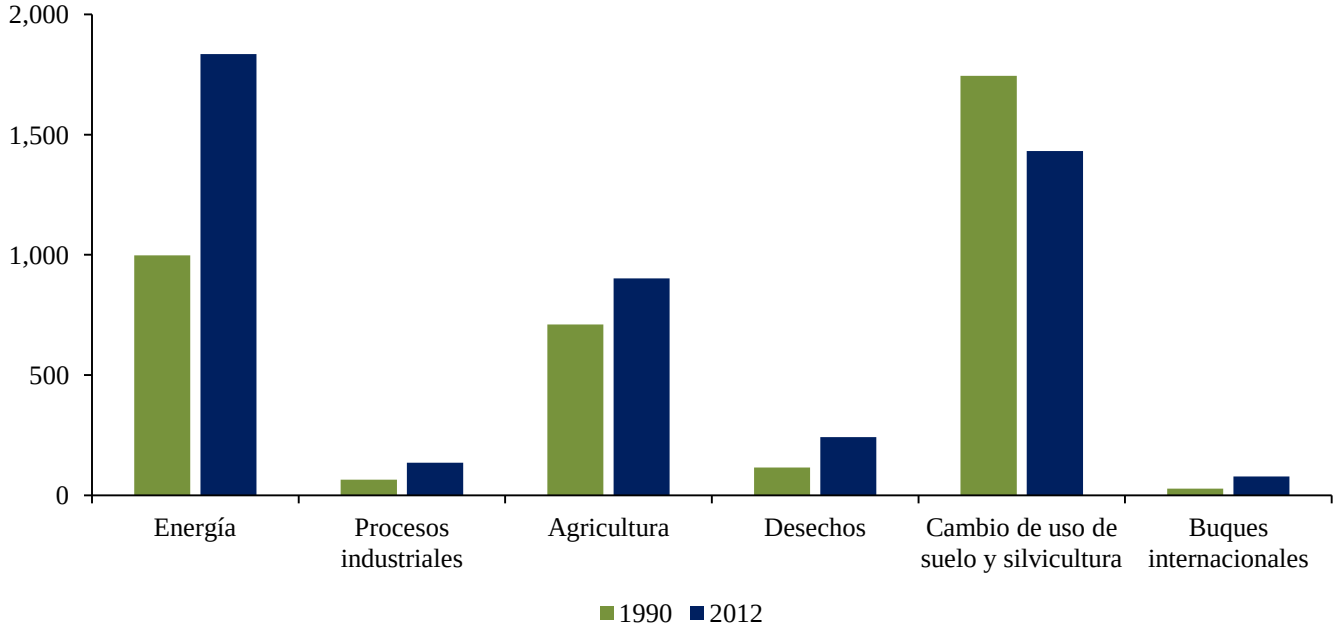
Las emisiones de GEI a nivel global alcanzaron 46.8 Gigatoneladas de CO2 equivalente (GtCO2 eq.) en el 2012.

Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) con datos de Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) 2.0. ©2014. Washington, DC: World Resources Institute. Available online at: http://cait2.wri.org.

La estructura de las emisiones de América Latina y el Caribe muestra que las mayores fuentes corresponden al sector energético (electricidad y calefacción manufactura y construcción, transporte), que participa con el 40% del total de las emisiones de la región

Contexto regional

América Latina y el Caribe: Emisiones de GEI por sector, 1990-2012
(En megatoneladas de CO_2 equivalente)



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) con datos de Climate Analysis Indicators Tool (CAIT) 2.0. ©2014. Washington, DC: World Resources Institute. Available online at: http://cait2.wri.org.

Mientras las emisiones provenientes de la energía continúan aumentando, por el contrario, las emisiones del cambio del uso de suelo muestran en general una tendencia a disminuir tanto a nivel global como en América Latina y el Caribe

Contexto regional

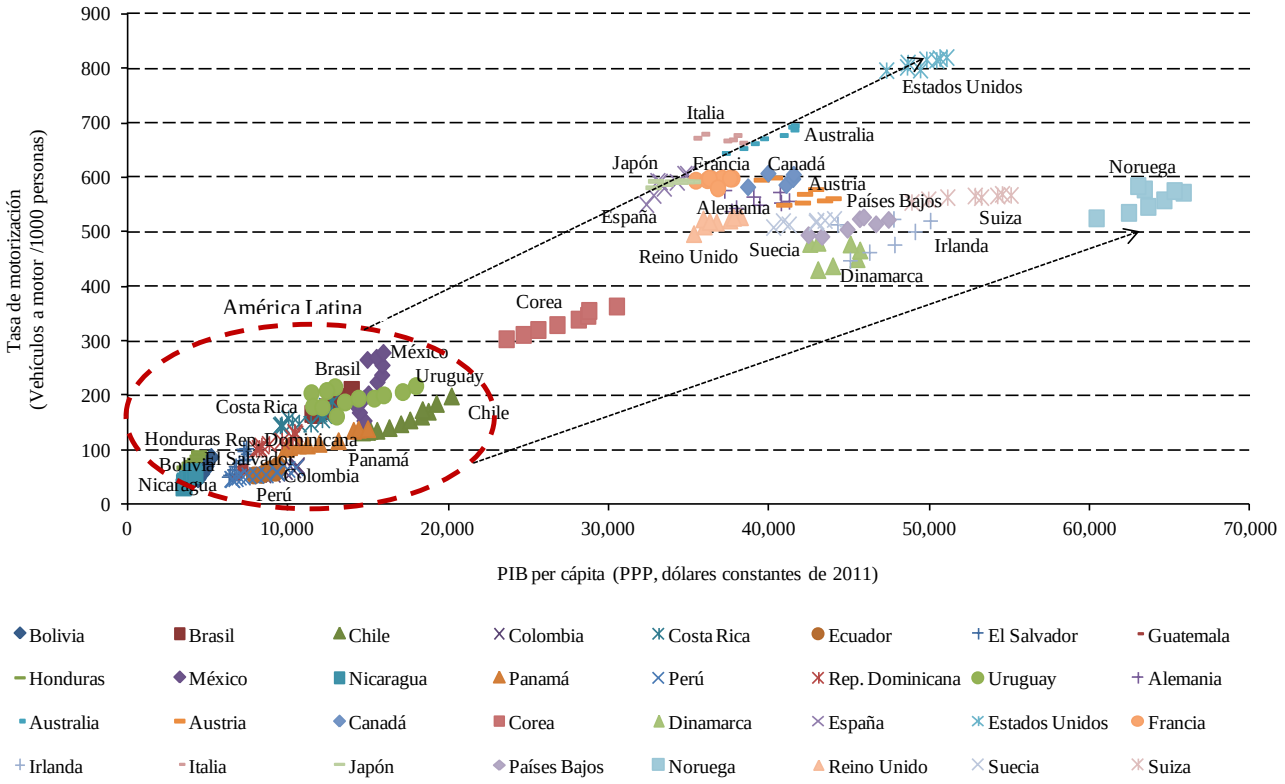
Mientras en 1950 solo el 41% de la población de América Latina habitaba en la zona urbana, actualmente la población que vive en las ciudades en esta región alcanza cerca del 80%.

- Acelerado crecimiento urbano en América Latina.
- Desarrollo urbano con consecuencias económicas y sociales favorables, pero con impactos negativos en el medio ambiente
- Las ciudades acaparan actualmente el 75% del consumo energético y son responsables del 75% de las emisiones de carbono (PNUMA, 2011).
- En ALC por lo menos 100 millones de personas están expuestas a niveles de contaminación del aire por encima de los recomendados por la OMS.
- Por los efectos asociados a la salud, la contaminación del aire es uno de los más importantes en las grandes ciudades.
- A pesar de los avances logrados, la preocupación por la contaminación del aire es evidente: (programas, planes, etc.).

El desafío urbano en el contexto del cambio climático

Relación entre tasa de motorización y PIB per cápita para países desarrollados y de América Latina, 2000-2011

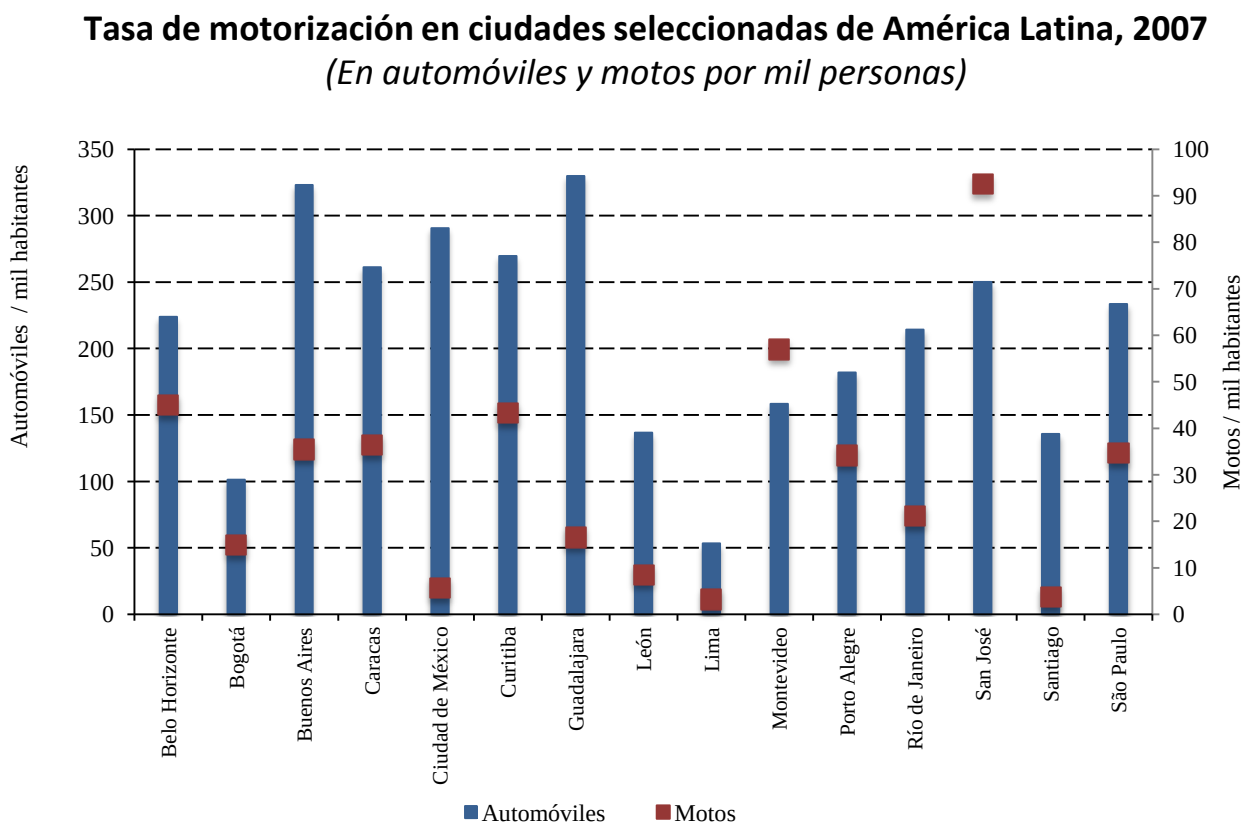
(En vehículos a motor por mil personas y dólares PPA a precios contantes de 2011)



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de Banco Mundial, *World Development Indicators.*

Nota: El limite superior de las líneas punteadas corresponde a países como Australia, España, los Estados Unidos e Italia. El limite inferior corresponde a Dinamarca, Noruega y los Países Bajos.
Las flechas negras no indican proyecciones, sino posibles trayectorias de acuerdo a los estilos de crecimiento que adopte la región.

El desafío urbano en el contexto del cambio climático



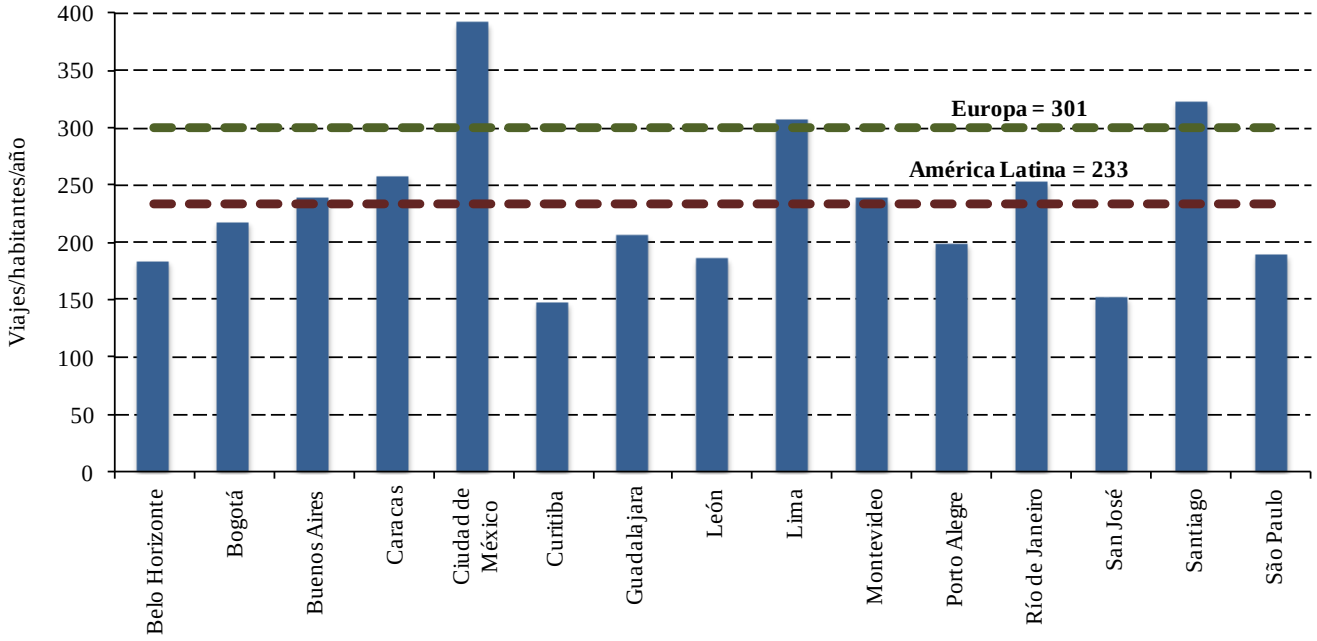
Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de datos de CAF-Banco de Desarrollo de América Latina, Observatorio de Movilidad Urbana (OMU), 2009.

Nota: La tasa de motorización esta expresada en automóviles (eje izquierdo) y motocicletas (eje derecho) por cada 1.000 habitantes.

El desafío urbano en el contexto del cambio climático

Uso del transporte colectivo en ciudades seleccionadas de América Latina, 2007

(En viajes por habitantes al año)



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), sobre la base de datos de CAF-Banco de Desarrollo de América Latina, Observatorio de Movilidad Urbana (OMU), 2009.

Nota: Para obtener el promedio de las ciudades de Europa se tomaron en cuenta Amsterdam y Barcelona.

Transporte: Opciones de política pública

Gestión del transporte

- Corredores de transporte público de pasajeros (BRT)
- Avenidas exclusivas para autos compartidos
- Aumento en el costo del estacionamiento
- Sistema de peaje (Free-Flow)
- Sistema inteligente de administración de tráfico (SIAT)

Relativas a los combustibles

- Reducción gradual de los subsidios a las gasolinas
- Conversión de gasolina a gas natural

Relativas a los vehículos

- Impuesto diferenciado en la compra de vehículos
- Chatarrización de autos viejos

Contexto internacional

Fuente: Ferrer, 2013

Modelo de demanda de gasolinas

Modelo doble logarítmico (Dahl y Sterner, 1990; Eltony, 1996; Johanson y Schipper, 1997; Akinboade, *et al.* 2008; Galindo, 2008)

$$LG_t = \beta_0 + \beta_1 LY_t + \beta_2 LP_t + \sum_{i=1}^{n} \beta_i X_t + \varepsilon_t$$

G es el consumo de gasolina

Y es el ingreso

P es el precio relativo de la gasolina

X otras variables que explican el consumo de gasolina

Donde:

β_1 es la elasticidad ingreso (> 0)

β_2 es la elasticidad precio (< 0)

Evidencia empírica: Demanda de gasolina

$$cg_t = \beta_0 + \beta_1 y_t + \beta_2 prg_t + \beta_3 vau_t + \beta_3 lre_t + \varepsilon_t$$

Pruebas de raíz unitaria sobre estacionariedad

Prueba	ADF			PP (3)			KPSS (5)	
Serie	**A**	**B**	**C**	**A**	**B**	**C**	η_μ	η_τ
lcg	-2.231	-2.583	2.006	-2.139	**-3.037**	1.966	**0.478**	0.131
Δlcg	**-4.981**	**-4.432**	**-3.798**	**-5.021**	**-4.440**	**-3.879**	0.289	0.106
ly	-2.342	0.467	3.334	-2.563	-0.395	3.842	**0.492**	0.119
Δly	**-4.357**	**-4.482**	**-3.111**	**-4.374**	**-4.518**	**-3.175**	0.130	0.130
lprg	-2.696	-1.854	-1.432	**-4.264**	-1.882	-1.296	0.445	**0.146**
Δlprg	**-4.032**	**-4.076**	**-4.180**	**-4.038**	**-4.138**	**-4.274**	0.192	**0.146**
lvaut	-2.330	-2.321	0.737	-2.394	-2.328	0.781	0.366	0.090
Δlvaut	**-4.327**	**-4.291**	**-4.266**	**-4.324**	**-4.281**	**-4.257**	0.171	0.100
lre	-2.086	0.422	2.178	-1.978	0.627	2.334	0.436	0.119
Δlre	**-5.451**	**-5.039**	**-4.135**	**-5.481**	**-5.020**	**-4.277**	0.252	0.107

Notas: Los valores en negritas representan el rechazo de la hipótesis nula. Los valores críticos al 5% de significancia para las pruebas Dickey-Fuller Aumentada (ADF) y Phillips-Perron (PP) tomando una muestra T = 100 son: Modelo A = -3.45 (incluye constante y tendencia), Modelo B = -2.89 (incluye constante) y Modelo C = -1.95 (no incluye constante y tendencia). Fuente: Maddala y Kim (1998), pp. 64. Los valores críticos de la prueba KPSS a un nivel del 5% de significancia son: $\eta\mu$= 0.463 (incluye constante) y $\eta\tau$= 0.146 (incluye constante y tendencia). Fuente: Kwiatkowski, Phillips, Schmidt y Shin (1992). Periodo 1988-2008.

Prueba de cointegración basada en el procedimiento de Johansen

Ho	Traza	Valores críticos -5%	λ-max	Valores críticos -5%
r=0	120.62*	60.06	61.98*	30.43
r≤1	38.63	40.17	19.36	24.15
r≤2	19.27	24.27	15.86	17.79
r≤3	9.40	12.32	12.78	11.22
r≤4	0.62	4.12	0.62	4.13

Notas: * Indica el rechazo de la hipótesis nula al 5% de significancia. Traza: prueba de la traza. λ-max: prueba de la raíz característica máxima. *r*: es el número de vectores de cointegración. Número de rezagos en el VAR: 1. El modelo VAR incluye las variables sin restringir: constante, d94, d00 y d07 (dummys de pulso). Periodo: 1988 – 2008.

Fuente: Ferrer, 2013

Evidencia empírica: Demanda de gasolina

Relación de largo plazo: Ecuación de Cointegración

$$cg_t = \underset{(0.027)}{0.686y_t} - \underset{(0.037)}{0.393prg_t} + \underset{(0.009)}{0.049vau_t} - \underset{(0.158)}{0.316re_t}$$

Relación de corto plazo: Modelo de Corrección de Errores

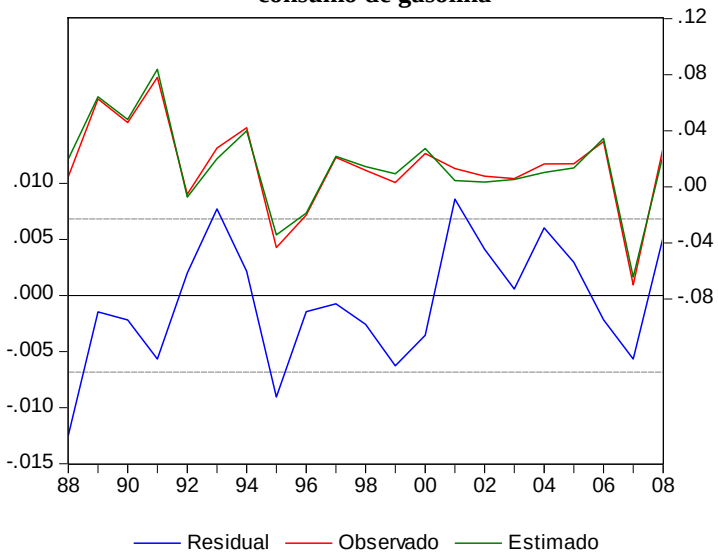
$$\Delta cg = \underset{(8.455)}{0.354 * \Delta y_t} - \underset{(-3.958)}{0.090 * \Delta prg_t} - \underset{(-4.004)}{0.107 * \Delta prg_{t-1}} + \underset{(1.870)}{0.012 * \Delta vau_{t-1}} - \underset{(-1.512)}{0.171 * \Delta re_t}$$

$$\underset{(-3.576)}{-0.165 * ecm_{t-1}}$$

Pruebas de diagnóstico

R^2: 0.871
Normalidad J-B: 0.324[0.850]
Autocorrelación LM (2 rezagos): F: 0.848[0.454]
Heteroscedasticidad ARCH (2 rezagos): F: 1.683[0.217]

Valores observados, estimados y residuales del consumo de gasolina



Fuente: Ferrer, 2013

Elasticidades de la demanda de gasolina y trayectoria del consumo de gasolina al 2030

Elasticidades de largo y corto plazos de la demanda de gasolina

Elasticidad	Largo plazo	Corto plazo
Ingreso	0.69	0.35
Precio	-0.39	-0.20
Venta de autos	0.05	0.01
Eficiencia de la flota vehicular	-0.32	-0.17

Fuente: Ferrer, 2013

Escenarios contemplados en la simulación de la trayectoria de la demanda de gasolina

Escenario	PIB	Precio	Venta de autos	Eficiencia
Escenario Base	3.5	--	--	--
Pesimista	3.5	2.0	3.0	*
Moderado	3.5	3.0	2.0	**
Optimista	3.5	5.0	1.0	***

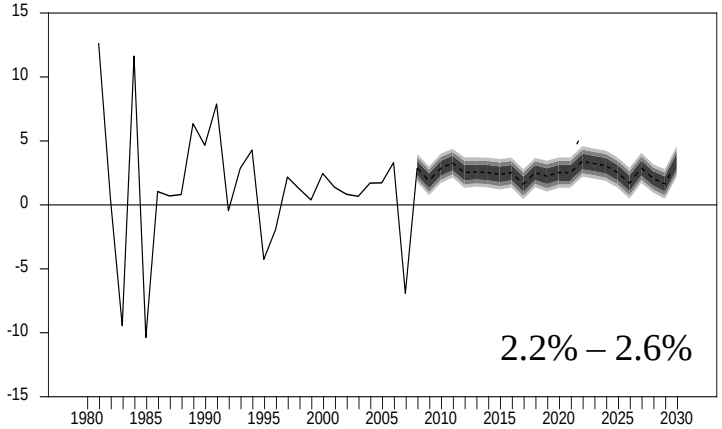
Notas: (--) Indica que la variable no registra ningún cambio entre 2008 y 2030. (*) Indica que el rendimiento de la flota vehicular sigue su comportamiento tendencial. (**) Indica que el rendimiento de la flota vehicular crece a un ritmo menor al señalado en la nueva norma de eficiencia. (***) Indica que el rendimiento de la flota vehicular se ajusta a lo señalado en la nueva norma de eficiencia.

Fuente: Ferrer, 2013

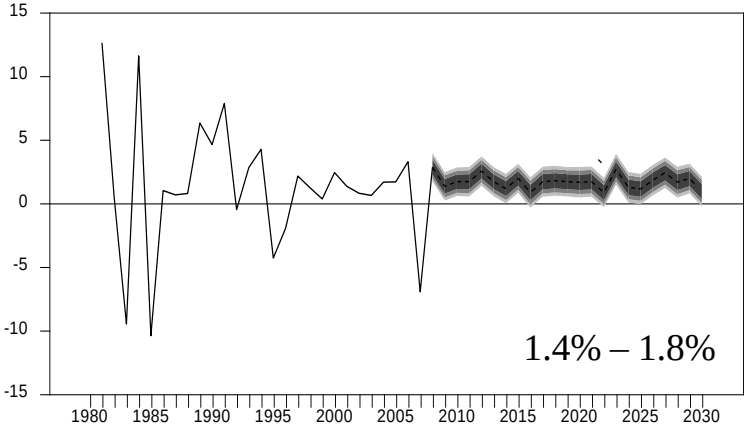
Trayectoria del consumo de gasolina al 2030

Trayectoria esperada de la tasa de crecimiento del consumo de gasolina : BAU y escenarios alternativos
(En porcentaje)

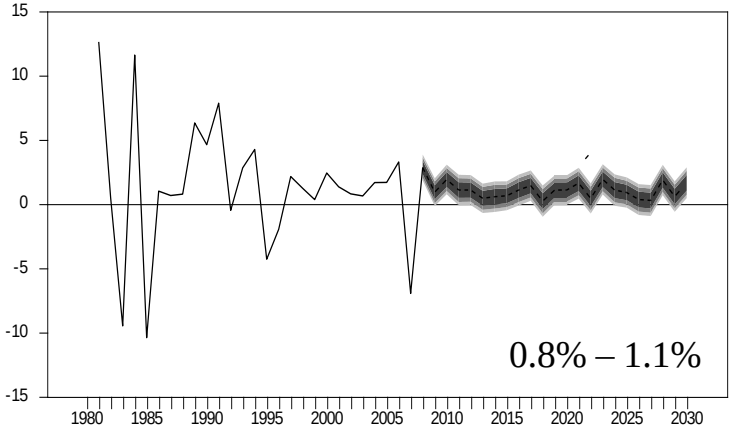
(a) **Escenario base**



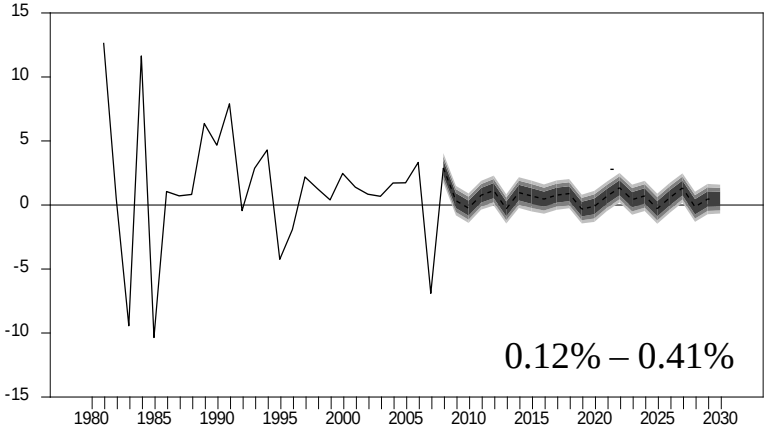
(b) **Escenario pesimista**



(c) Escenario moderado



(d) Escenario optimista



Fuente: Ferrer, 2013

Impacto sobre las emisiones de GEI

Para las emisiones de CO_2 se utilizó:

$$Emisiones\ de\ CO_2 = \sum_j \left(combustible\ consumido_j\right) * \left(factor\ de\ emisión\ j\right) * \left(fracción\ de\ carbono\ oxidada_j * 44/12\right)$$

Donde *j* es el tipo de combustible

Para las emisiones de CH_4, N_2O y CO se utilizó:

$$Emisiones\ de\ gas_i = \sum_j \left(combustible\ consumido_j\right) * \left(factor\ de\ emisión\ ji\right)$$

Donde *j* es el tipo de combustible e *i* es el gas efecto invernadero diferente al CO_2.

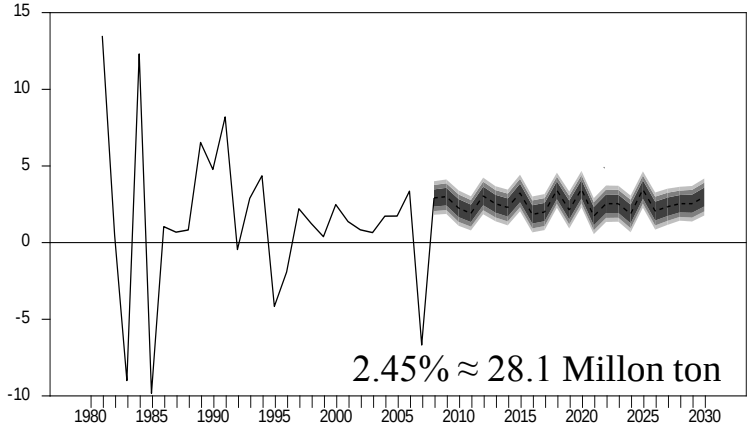
Fuente: Ferrer, 2013

Trayectoria de las emisiones de GEI al 2030

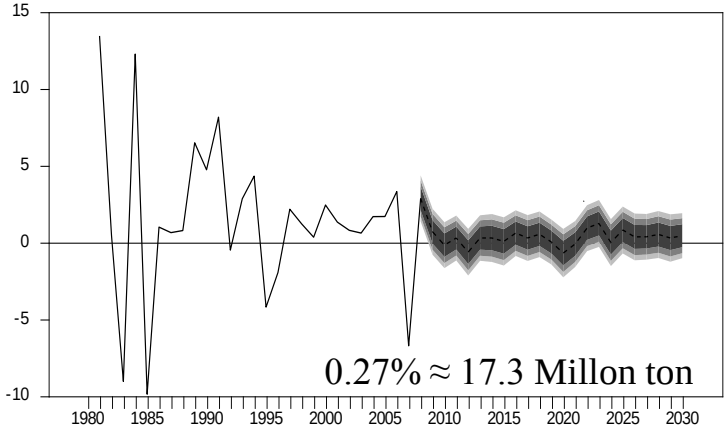
Trayectoria esperada de las emisiones de CO_2 y N_2O: BAU y escenario optimista

(En porcentaje)

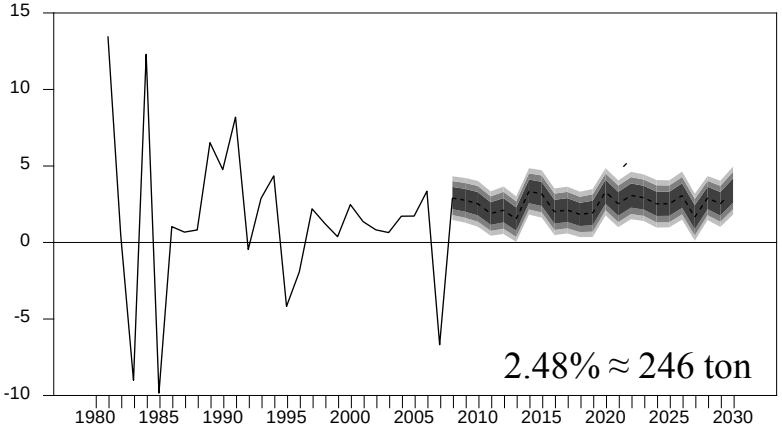
(a) **CO_2 Escenario base**



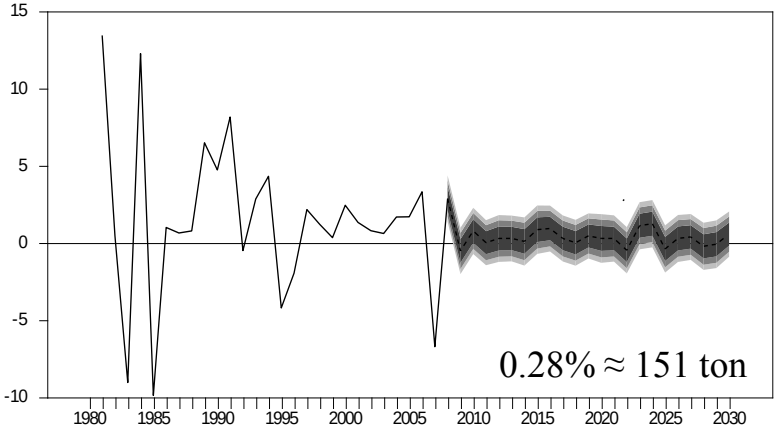
(b) **CO_2 Escenario optimista**



(c) **N_2O Escenario moderado**



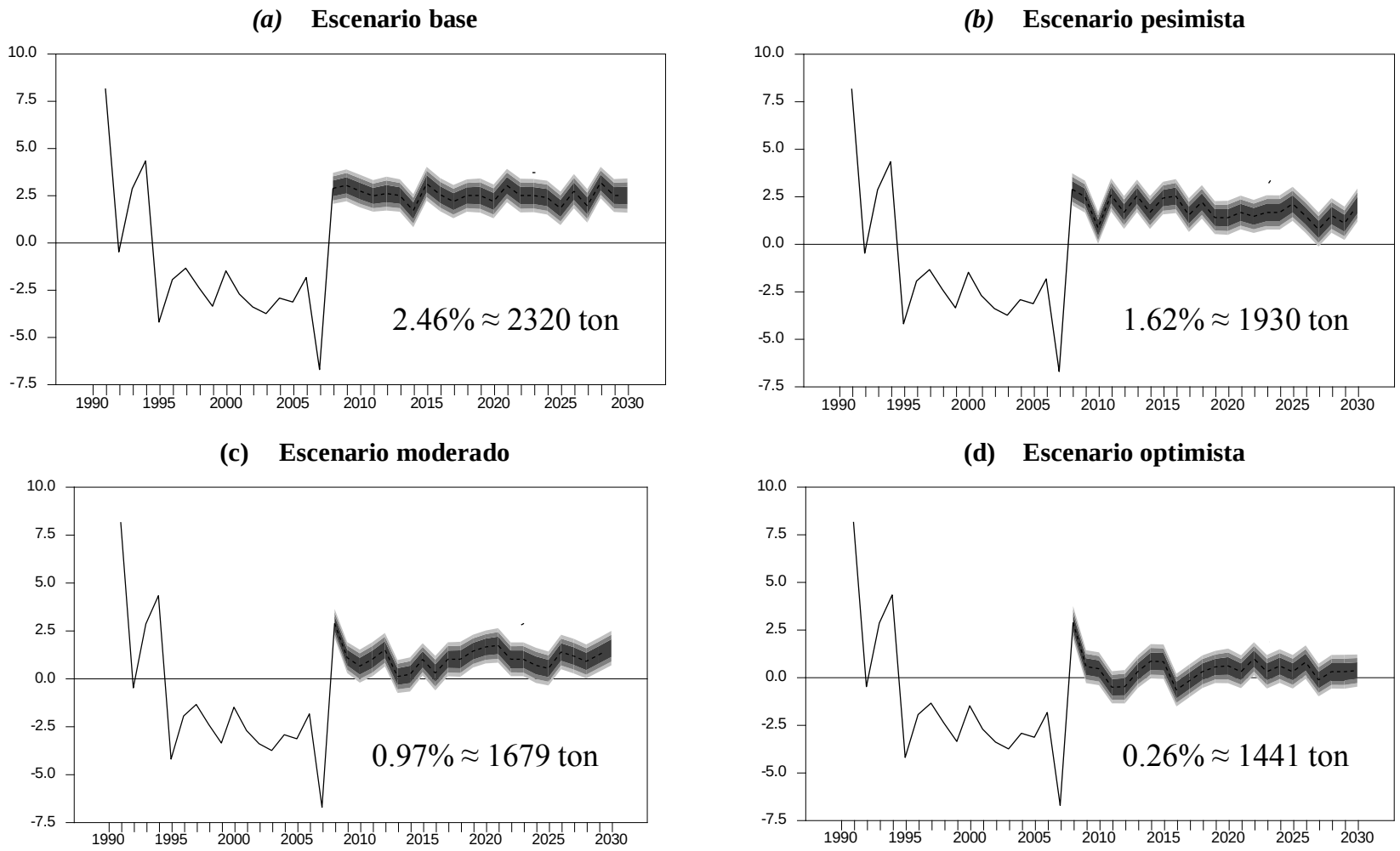
(d) **N_2O Escenario optimista**



Fuente: Ferrer, 2013

Co-beneficios : Impacto en las emisiones de PM10 al 2030

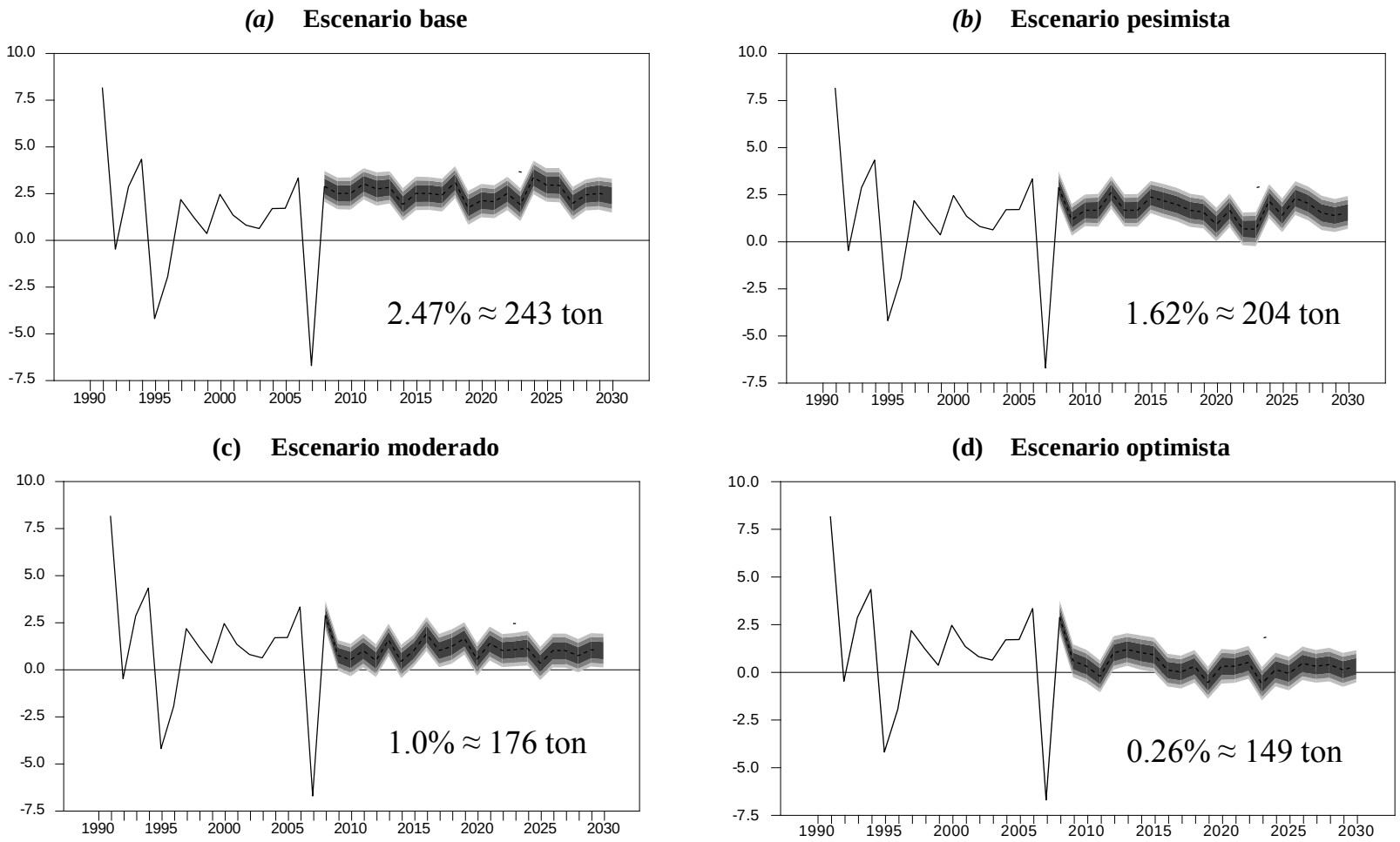
Trayectoria esperada de la tasa de crecimiento de las emisiones de PM10: BAU y escenarios alternativos
(En porcentaje)



Fuente: Ferrer, 2013

Co-beneficios : Impacto en las emisiones de NOx al 2030

Trayectoria esperada de la tasa de crecimiento de las emisiones de Nox : BAU y escenarios alternativos
(En porcentaje)

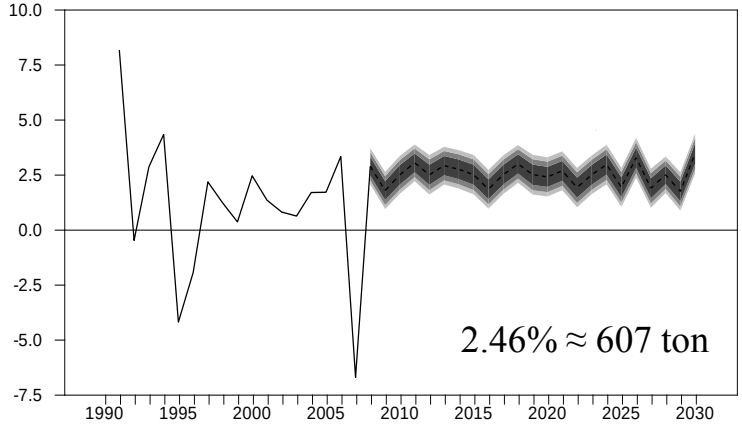


Fuente: Ferrer, 2013

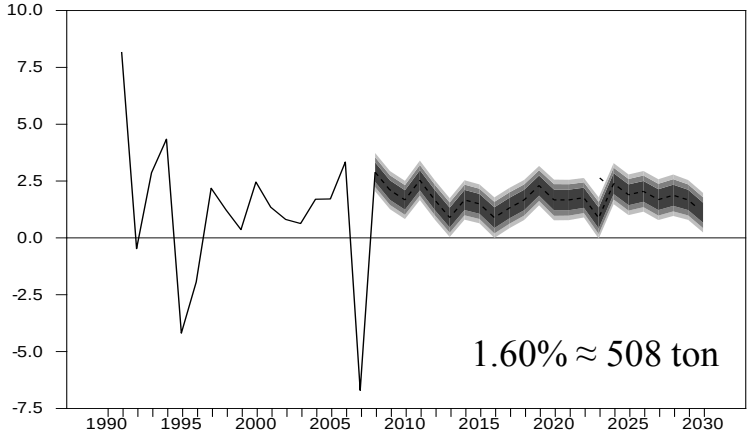
Co-beneficios : Impacto en las emisiones de COV al 2030

Trayectoria esperada de la tasa de crecimiento de las emisiones de COV : BAU y escenarios alternativos
(En toneladas)

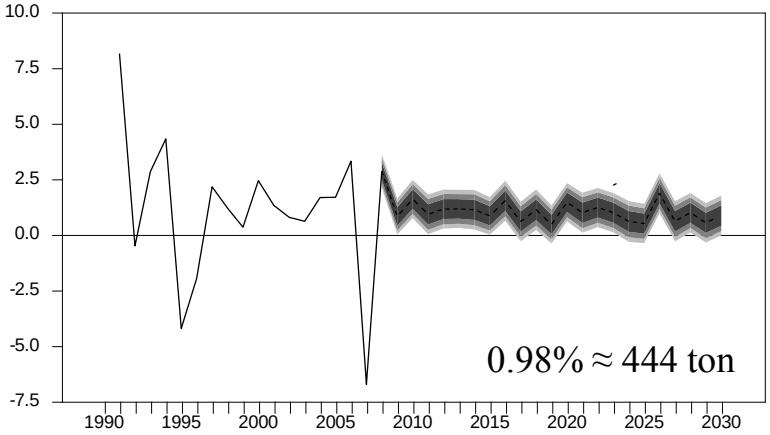
(a) **Escenario base**



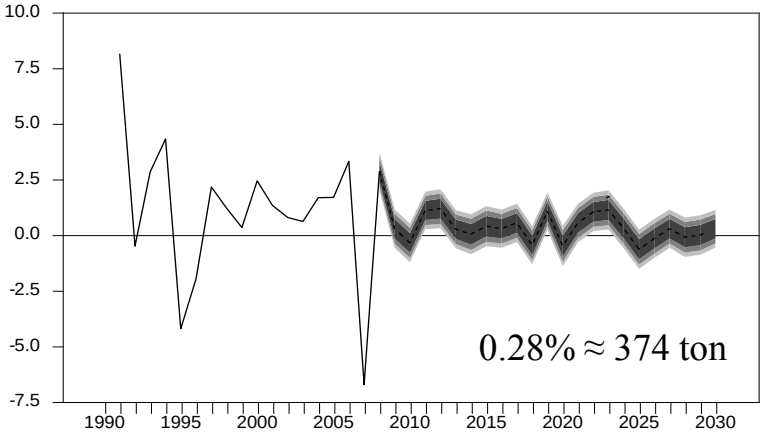
(b) **Escenario pesimista**



(c) Escenario moderado



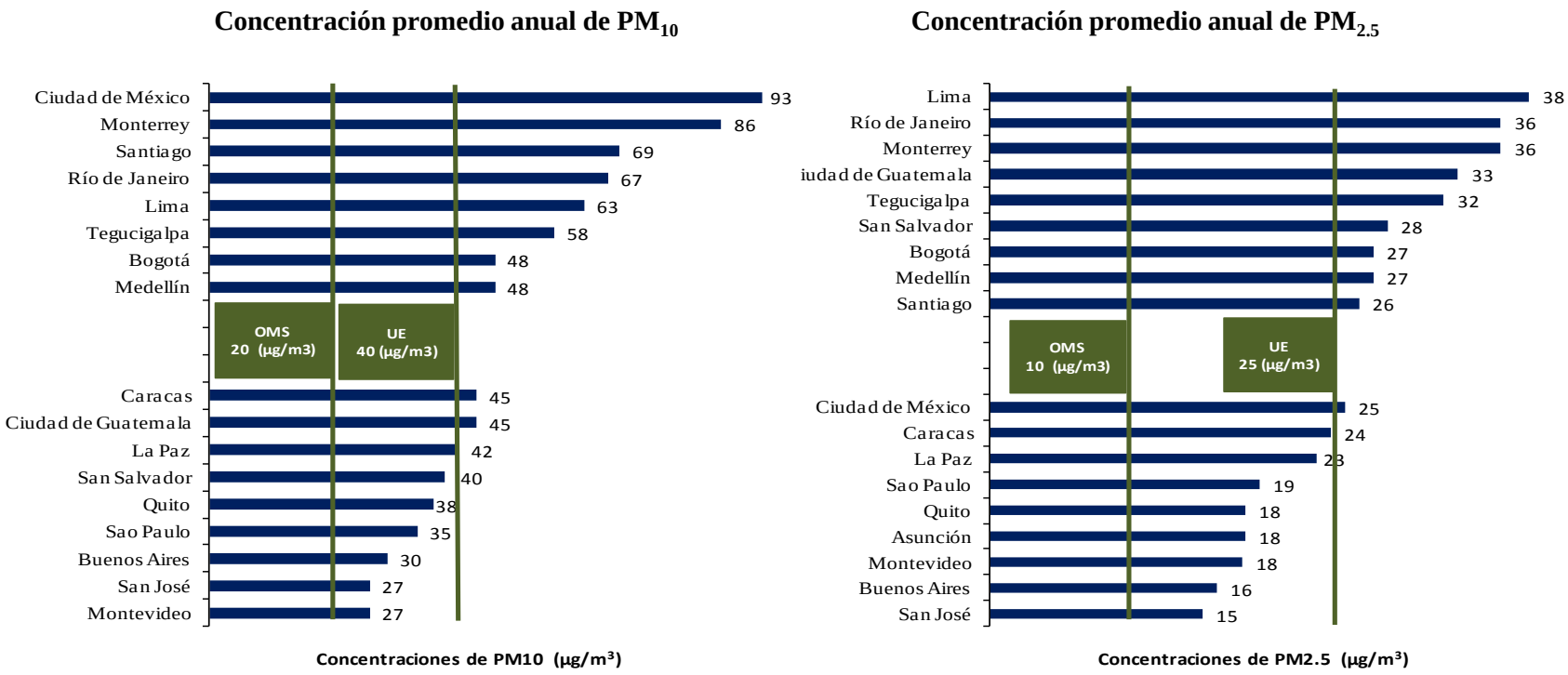
(d) Escenario optimista



Fuente: Ferrer, 2013

El desafío urbano y la salud en el contexto del cambio climático

Concentraciones de PM10 y PM2.5 en ciudades de América Latina, 2012



Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), a partir de la *Ambient Air Pollution Database*, World Health Organization (WHO), Mayo 2014.

Nota: Los datos de las concentraciones de Tegucigalpa corresponden al 2013; los de Ciudad de Guatemala, Bogotá, Buenos Aires, Sao Paulo, Montevideo y Quito a 2012; los de San Salvador, Santiago, Lima, Ciudad de México, Monterrey, San José y Caracas, al 2011; y los de La Paz, Medellín y Río de Janeiro corresponden al 2010.

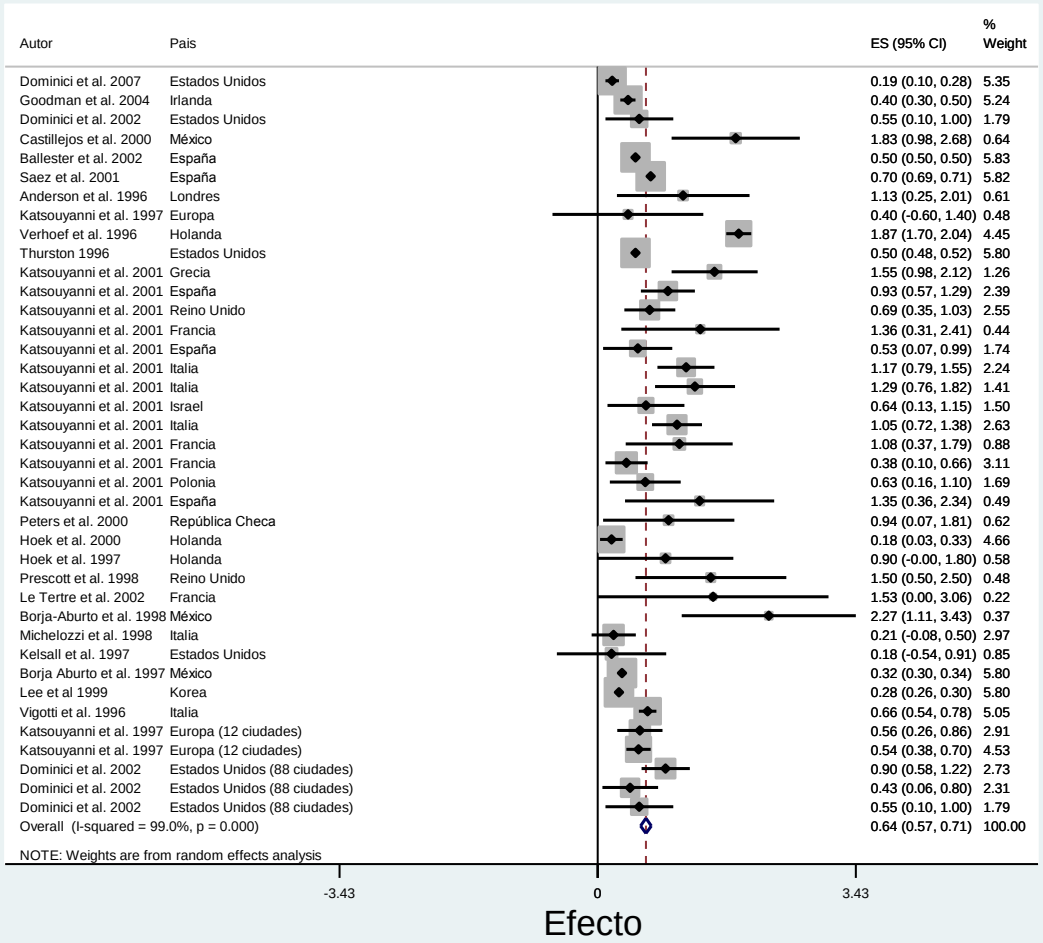
Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud

Contaminante	Efectos en salud cuantificados	Efectos en salud no cuantificados	Otros efectos posibles
Ozono	Mortalidad Morbilidad: ▪ Síntomas respiratorios ▪ Días de actividad restringida ▪ Admisiones hospitalarias ▪ Ataques de asma ▪ Cambios en la función pulmonar ▪ Sinusitis crónica	▪ Aumento en la respuesta a los estímulos de las vías respiratorias ▪ Fibrosis centroacinar ▪ Inflamación en los pulmones	▪ Cambios inmunológicos ▪ Enfermedades respiratorias crónicas ▪ Efectos extra pulmonar (por ejemplo, cambios en la estructura y la función de los órganos)
Material Particulado	Mortalidad Morbilidad: ▪ Bronquitis crónica y aguda ▪ Admisiones hospitalarias ▪ Síntomas en vías respiratorias inferiores ▪ Síntomas en vías respiratorias superiores ▪ Enfermedades del pecho ▪ Síntomas respiratorios ▪ Días de actividad restringida ▪ Días de trabajo perdidos ▪ Efectos en asmáticos	▪ Cambios en la función pulmonar	▪ Enfermedades respiratorias crónicas diferentes a la bronquitis crónica ▪ Inflamación en los pulmones

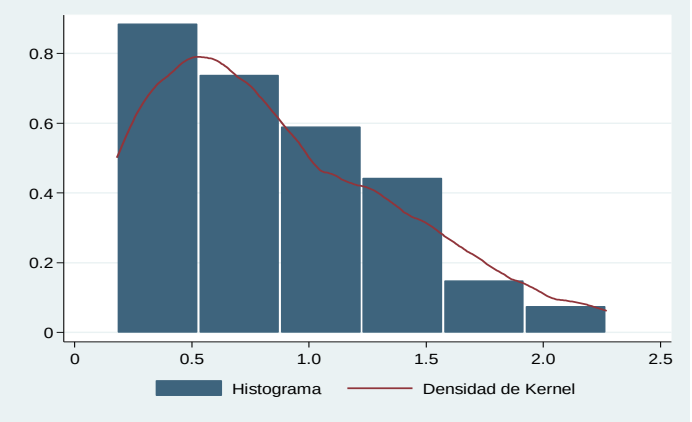
Fuente: The Benefits and Costs of the Clean Air Act, 1970 to 1990 (USEPA 1997). Tomado y adaptado de Economic valuation of the health impacts of air pollution (Clean Air Initiative, s.f)

Mortalidad y PM10

Cambio porcentual en la mortalidad por todas las causas por aumento de 10 µg/m^3 de PM_{10}



Distribución de los efectos del PM10 sobre la mortalidad por todas las causas



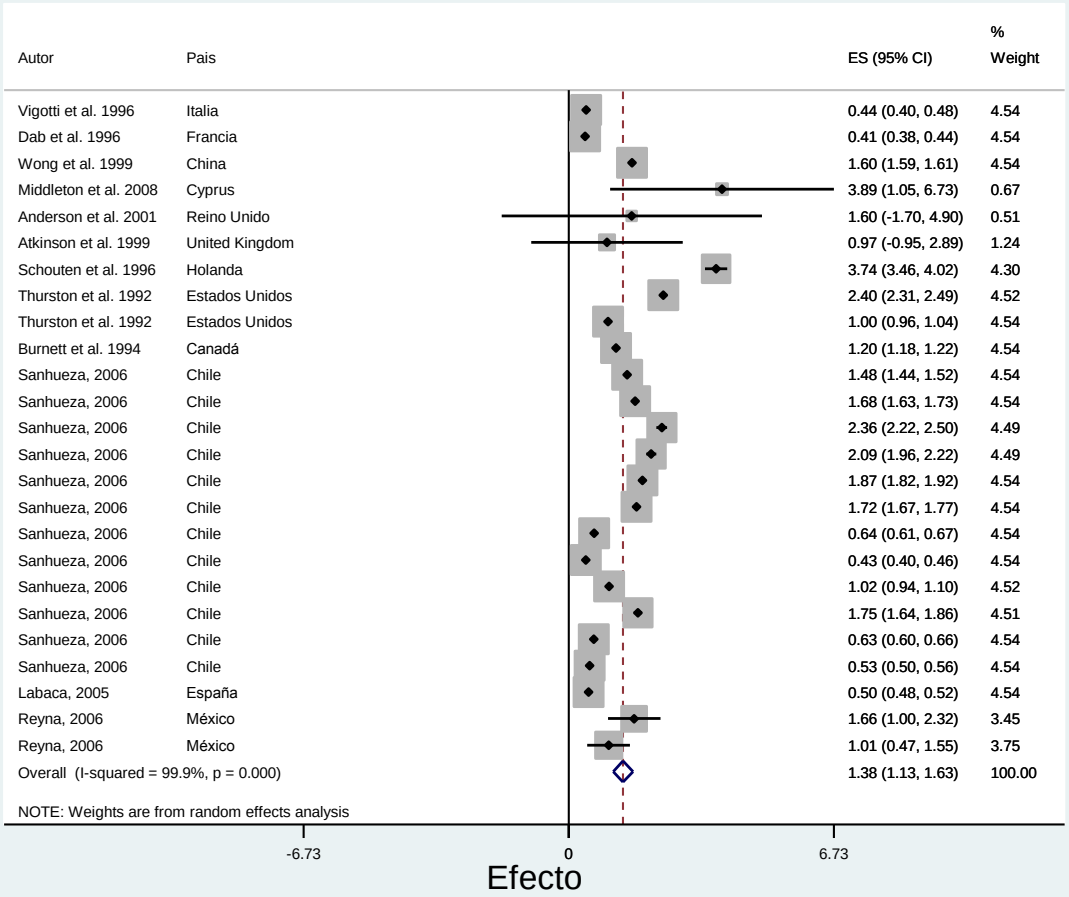
Estadísticos del meta análisis de los efectos del PM10 sobre la mortalidad por todas las causas

Parámetro	Valor
θ	0.64
$z_\theta = \theta/\sigma_\theta$	17.27
$P = 2\left[1_{\bar{Q}}\left(\Phi(\lvert Z\rvert)\right)\right]$	0.000
τ^2	3954.50
I^2	0.023
	99.0%

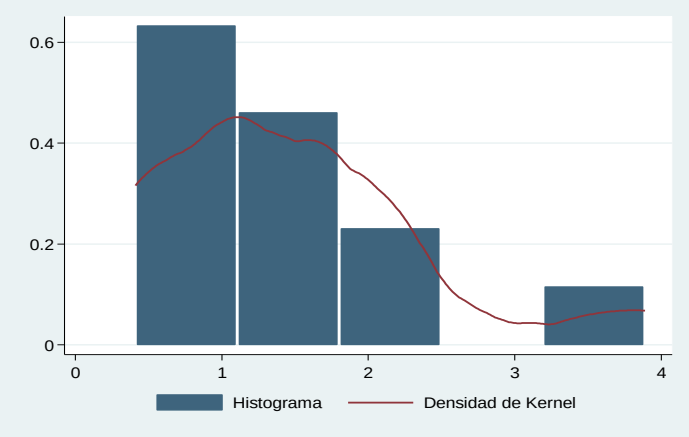
Fuente: Elaboración propia.

Morbilidad respiratoria y PM10

Cambio porcentual en la morbilidad respiratoria por aumento de 10 µg/m^3 de PM_{10}



Distribución de los efectos del PM10 sobre la morbilidad respiratoria



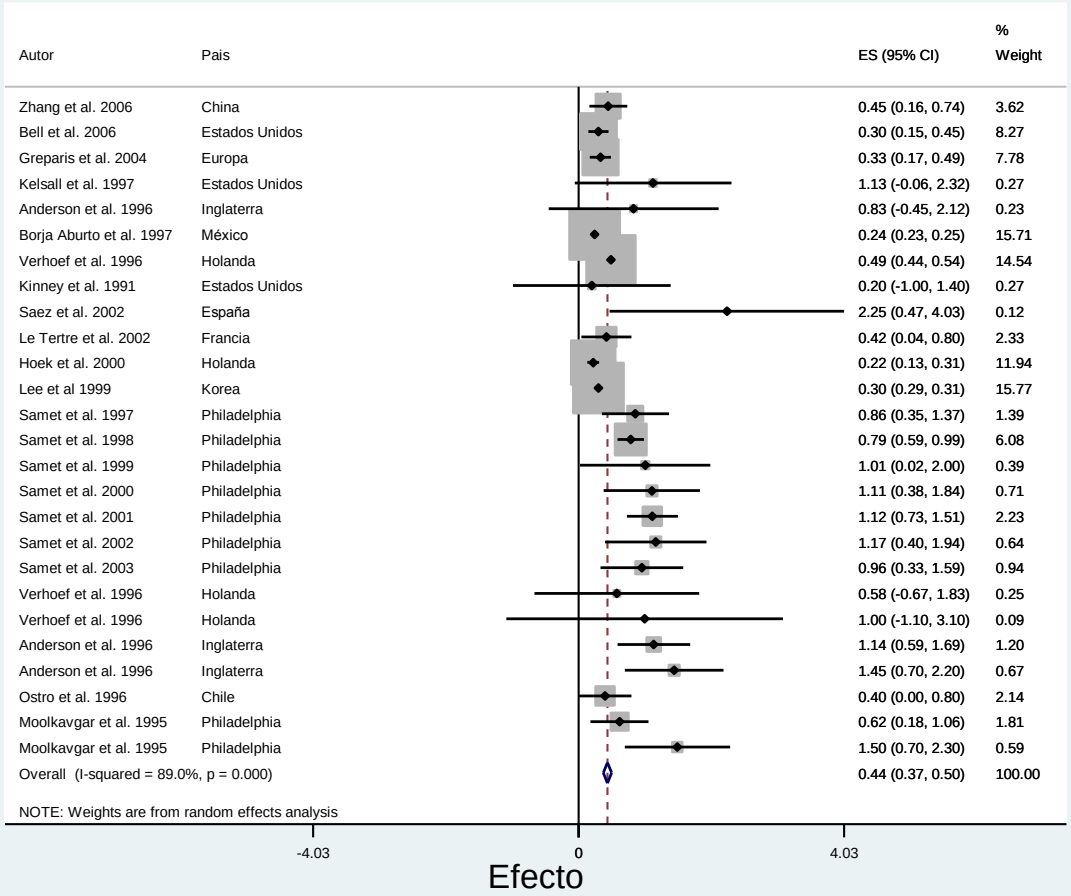
Estadísticos del meta análisis de los efectos del PM10 sobre la morbilidad respiratoria

Parámetro	Valor
θ	1.38
$z_\theta = \theta/\sigma_\theta$	10.75
$P = 2\left[1-\left(\Phi(\lvert Z\rvert)\right)\right]$	0.000
Q	31442.76
τ^2	0.36
I^2	99.0%

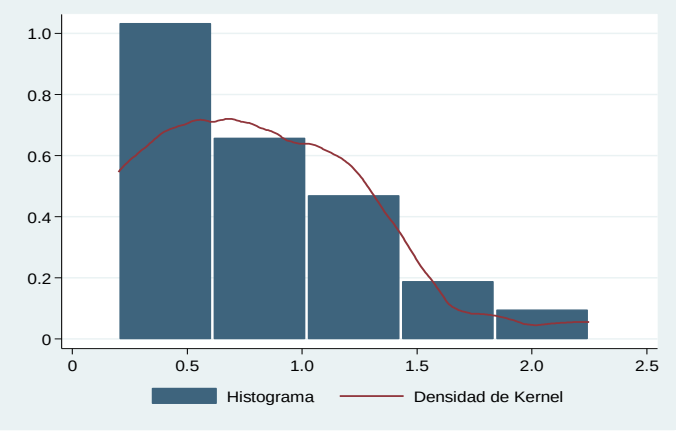
Fuente: Elaboración propia.

Mortalidad y Ozono

Cambio porcentual en la mortalidad por todas las causas por aumento de 10 ppb de OZono



Distribución de los efectos del Ozono sobre la mortalidad por todas las causas



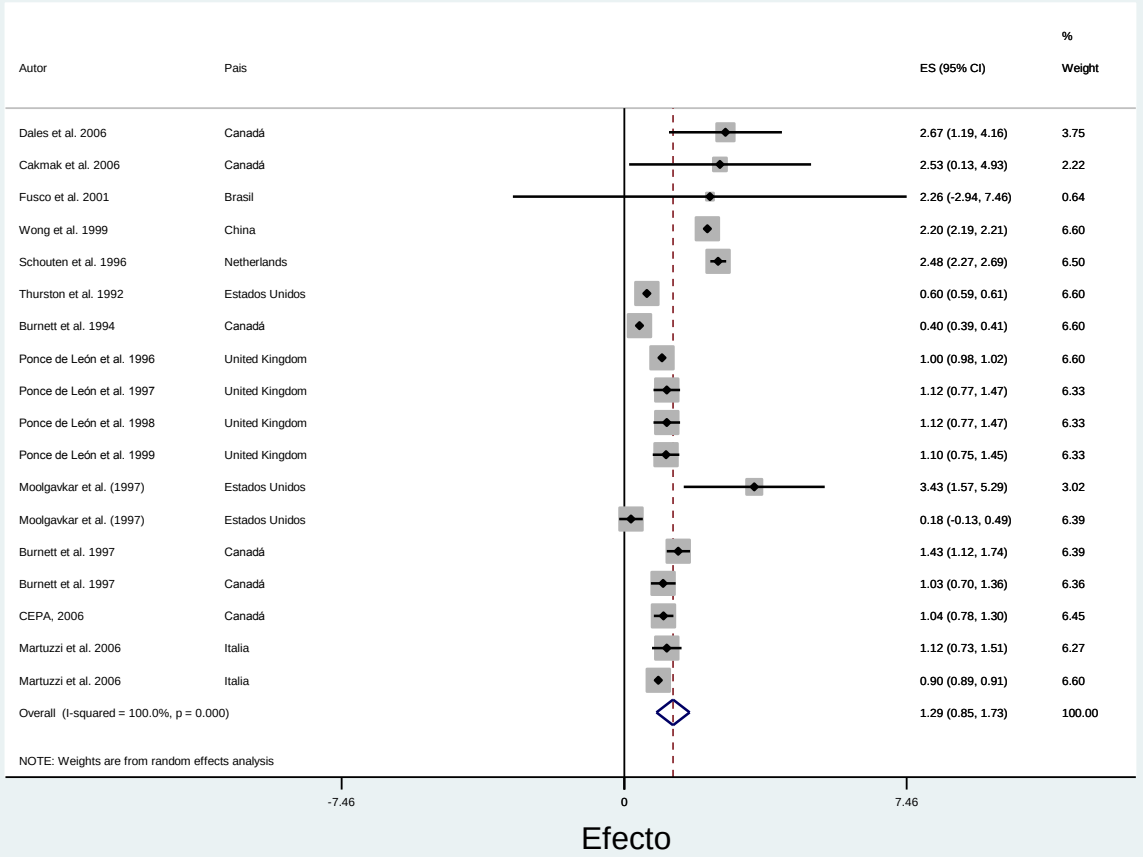
Estadísticos del meta análisis de los efectos del Ozono sobre la mortalidad por todas las causas

Parámetro	Valor
θ	0.44
$z_\theta = \theta/\sigma_\theta$	13.58
$P = 2\left[1-\left(\Phi(\lvert Z\rvert)\right)\right]$	0.000
Q	228.31
τ^2	0.006
I^2	89.0%

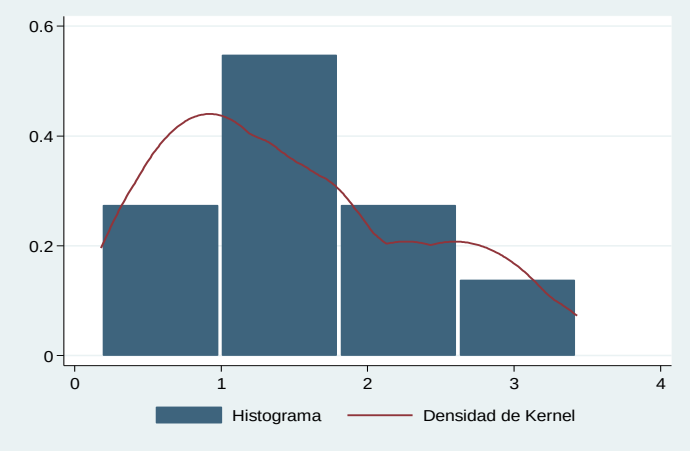
Fuente: Elaboración propia.

Morbilidad respiratoria y Ozono

Cambio porcentual en la morbilidad respiratoria por aumento de 10 ppb de Ozono



Distribución de los efectos del Ozono sobre la morbilidad respiratoria



Estadísticos del meta análisis de los efectos del Ozono sobre la morbilidad respiratoria

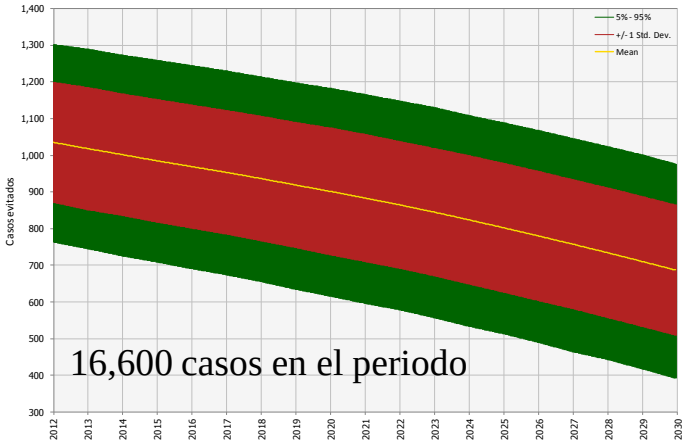
Parámetro	Valor
θ	1.29
$z_\theta = \theta / \sigma_\theta$	5.76
$P = 2\left[1 - \left(\Phi(\lvert Z \rvert)\right)\right]$	0.000
Q	1.100
τ^2	0.759
I^2	99.0%

Fuente: Elaboración propia.

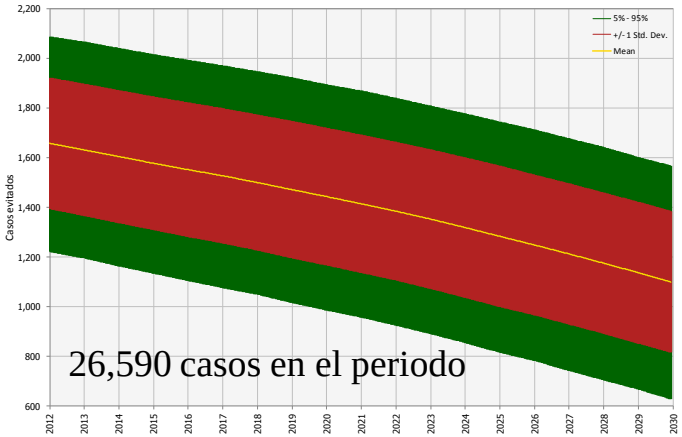
Beneficios en la salud: Mortalidad evitada por mejorar la calidad del aire por PM_{10} y Ozono

Casos de mortalidad evitados por reducción de la contaminación por PM_{10}

Mortalidad total

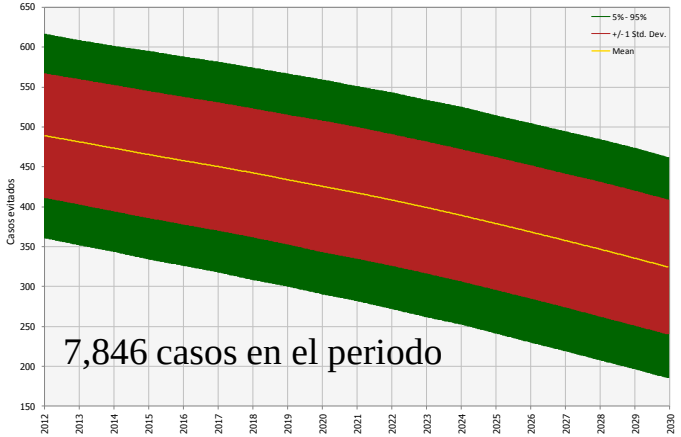


Mortalidad respiratoria

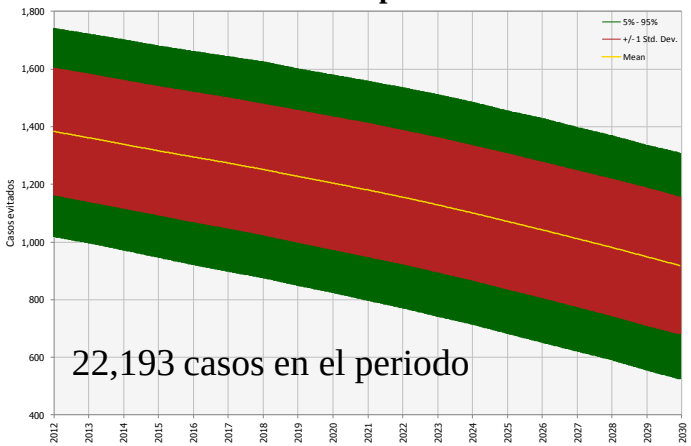


Casos de mortalidad evitados por reducción de la contaminación por Ozono

Mortalidad total



Mortalidad respiratoria

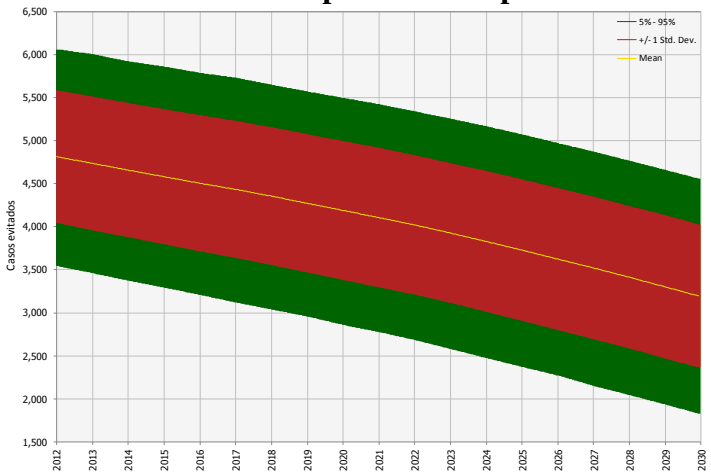


Fuente: Ferrer, 2013

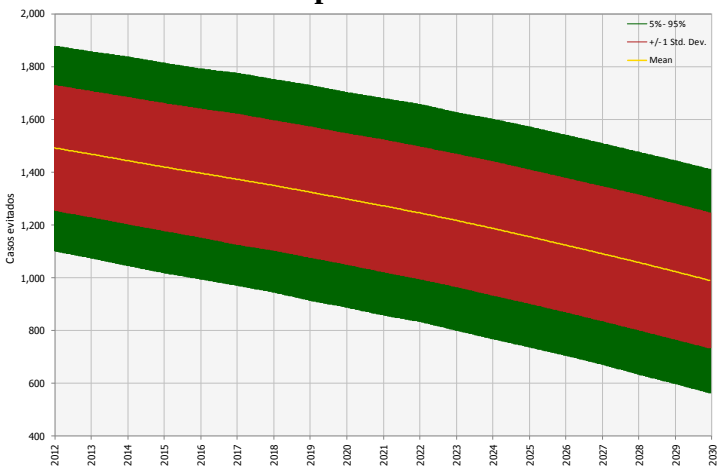
Beneficios en la salud: Morbilidad evitada por mejorar la calidad del aire por PM_{10}

Casos de morbilidad evitados por reducción de la contaminación por PM_{10}

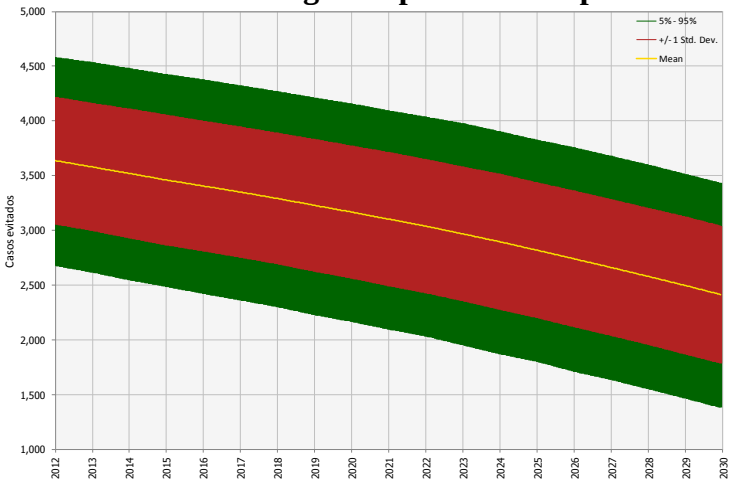
Admisiones hospitalarias respiratoria



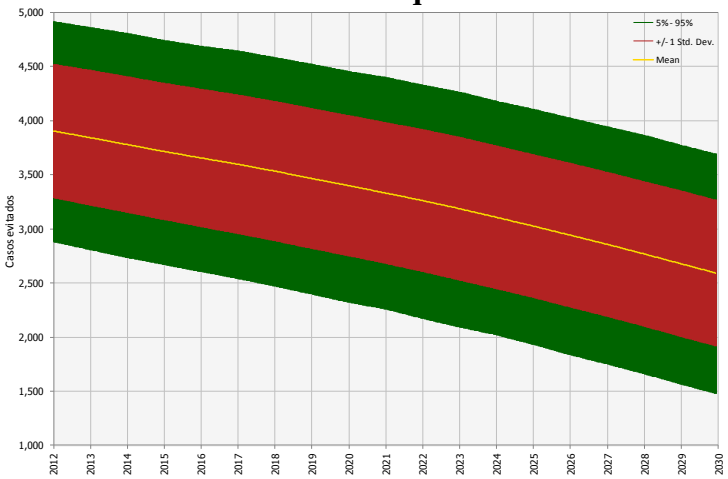
Admisiones hospitalarias cardiovascular



Visita a sala de urgencia por causa respiratoria



Morbilidad bronquitis crónica

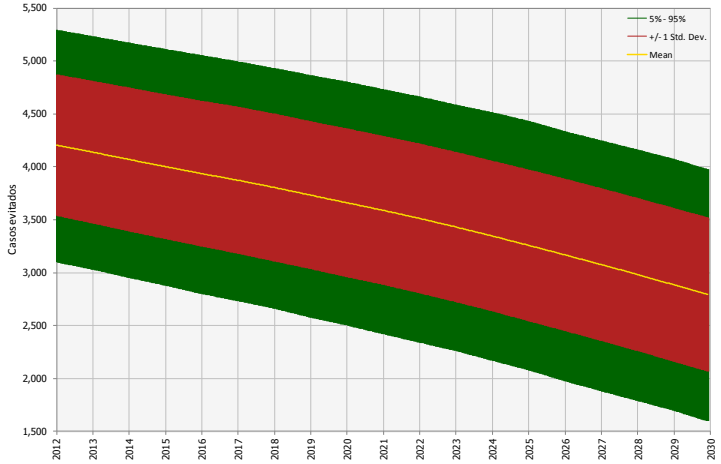


Fuente: Ferrer, 2013

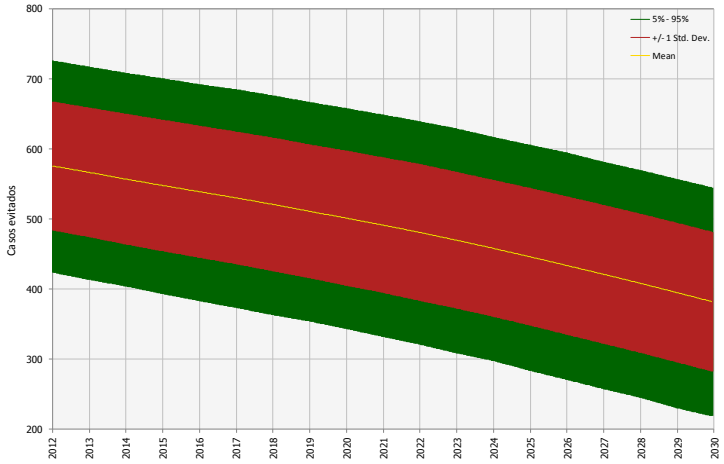
Beneficios en la salud: Morbilidad evitada por mejorar la calidad del aire por Ozono

Casos de morbilidad evitados por reducción de la contaminación por Ozono

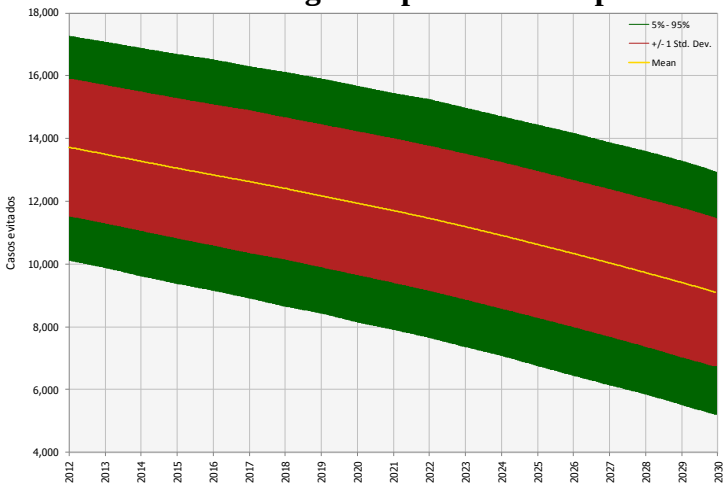
Admisiones hospitalarias respiratoria



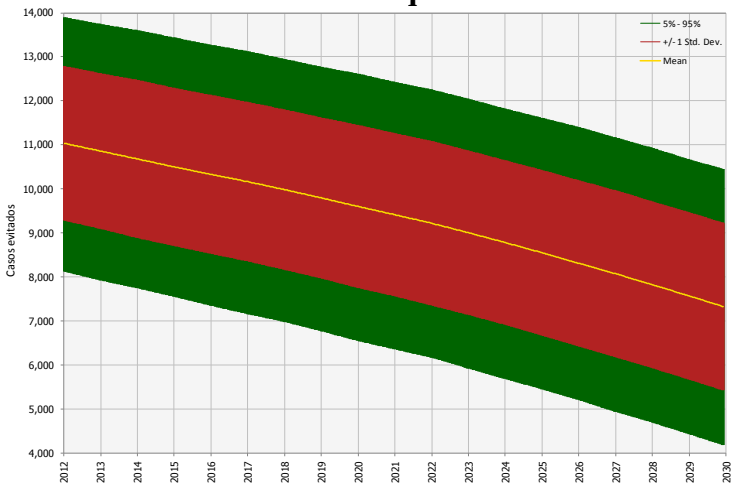
Admisiones hospitalarias cardiovascular



Visita a sala de urgencia por casusa respiratoria



Morbilidad bronquitis crónica



Fuente: Ferrer, 2013

Resumen de casos evitados

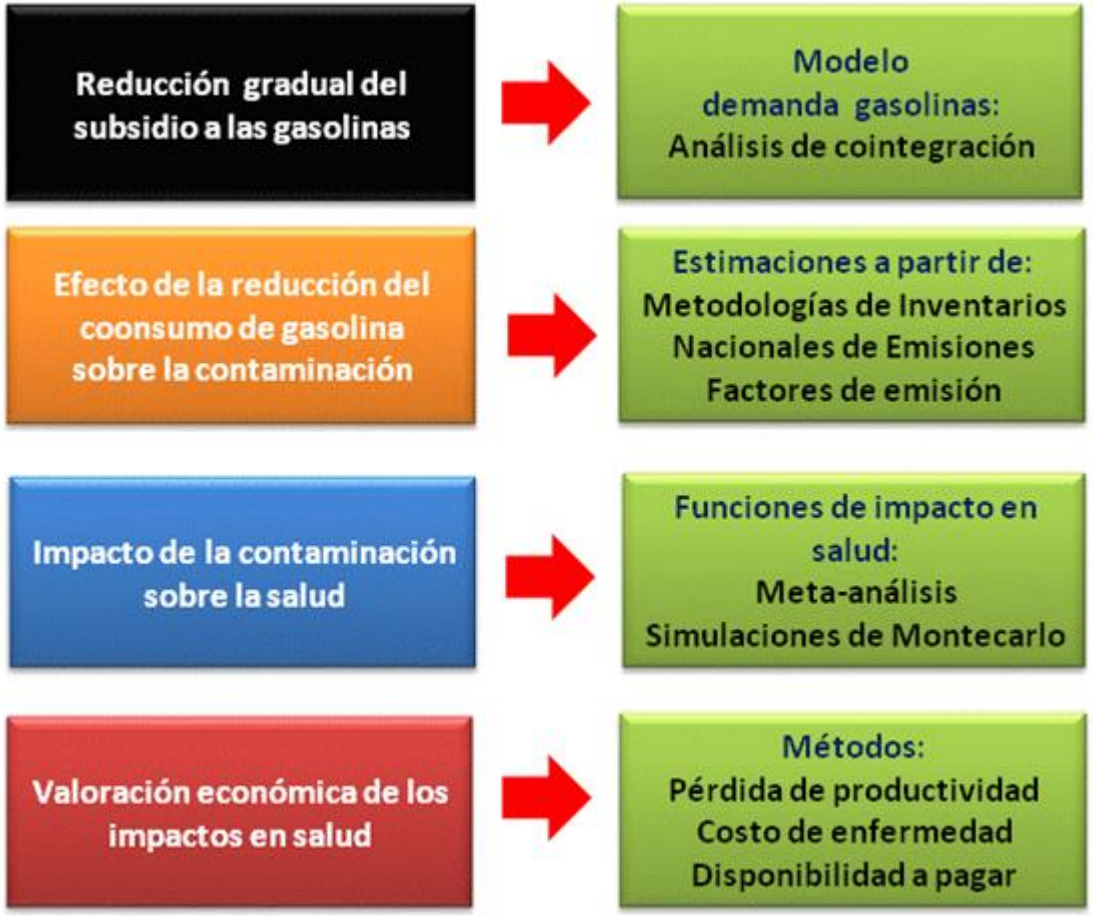
Los beneficios en salud que se lograrían por la disminución de las emisiones de PM_{10} y ozono como efecto del menor consumo de gasolina son:

Resumen de casos evitados de morbilidad y mortalidad entre 2012 -2030 por la menor contaminación por ozono y PM_{10}

Efecto en la salud	Número de casos evitados
Admisiones en hospitales por causa respiratoria	70,628
Admisiones en hospitales por causa cardiovascular	33,172
Visitas a salas de urgencia por causa respiratoria	278,378
Bronquitis crónica	239,672
Muertes por todas las causas (excluyendo las accidentales y violentas)	24,446
Muertes por causas respiratorias	48,783

Fuente: Ferrer, 2013

Metodología



Fuente: Elaboración propia

Comentarios finales

- La tasa de motorización en los países de América Latina es aun baja y se espera que aumente en los próximos años.
- La capacidad de incidir a través de mecanismos de precios no es suficiente.
- La baja elasticidad precio de la demanda de gasolina es el reflejo de la existencia de pocos sustitutos para el transporte particular (transporte público ineficiente).
- La baja elasticidad precio de la demanda de gasolina es buena en términos de recaudación fiscal.
- Necesidad de invertir en infraestructura para el transporte público sostenible (nuevas rutas, ciclo-rutas, promoción transporte público no motorizado).
- Las medidas analizadas deben complementarse con medidas de regulación (normas oficiales, verificación vehicular, calidad de los combustibles, etc.).
- Las medidas analizadas deben complementarse con medidas de compensación focalizadas a los grupos de más bajos ingresos.

- *“Se prevé que la contaminación del aire se convertirá en la causa ambiental principal de mortalidad prematura, duplicándose el número de muertes prematuras en el mundo por la exposición a material particulado, pasando de más de 1 millón hoy en día, a aproximadamente 3.6 millones al año en 2050.” (OCDE, 2012)*

Demanda de gasolina, cambio climático y calidad del aire: Implicaciones de política pública

Jimy.Ferrer@cepal.org

Jimy Ferrer Carbonell
Oficial de Asuntos Económicos
Unidad de Cambio Climático
División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos
CEPAL

UNITED NATIONS

ECLAC

Curso Internacional de Capacitación
Construcción de escenarios económicos y econometría avanzada
Bogotá - Colombia
23 al 25 de septiembre de 2015