

Estimaciones del impacto de las medidas de mitigación a partir de la técnica del meta-análisis: El caso de la salud y la gasolina

Jimy Ferrer y Karina Caballero

División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos – CEPAL

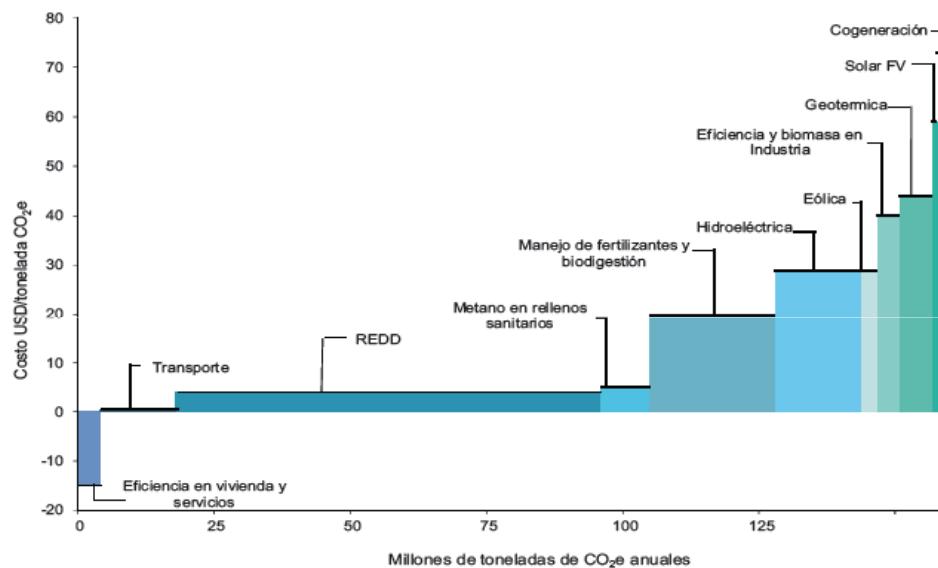
Febrero 2011

Introducción

- Cambio climático es un tema de principal importancia en la agenda pública internacional.
- La magnitud de sus impactos demanda la aplicación de medidas de mitigación de los GEI.
- Co-beneficios importantes a partir de la implementación de políticas públicas.
- Políticas dirigidas al sector transporte tienen bajo costo y beneficios adicionales sobre la salud.

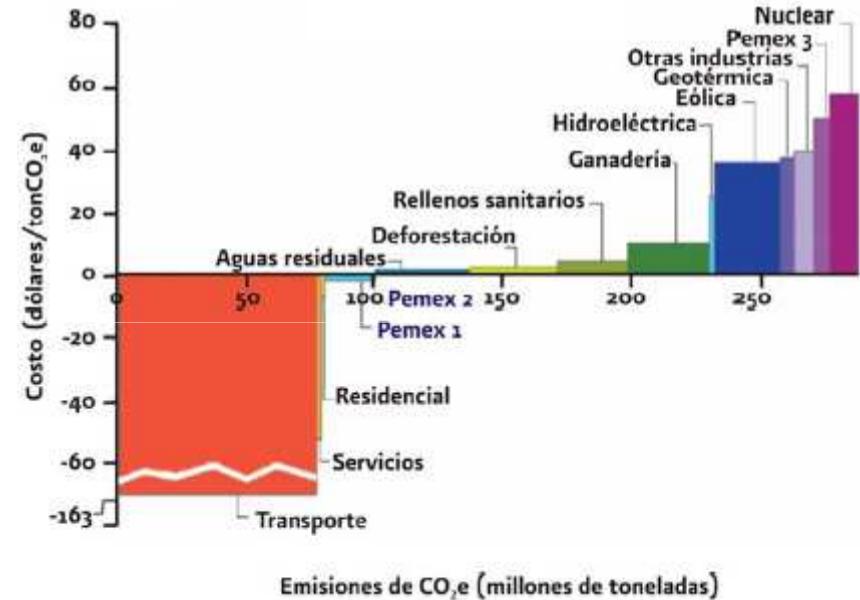
Costos marginales de mitigación

Centroamérica: Curva de costos marginales de reducción de emisiones GEI, 2030



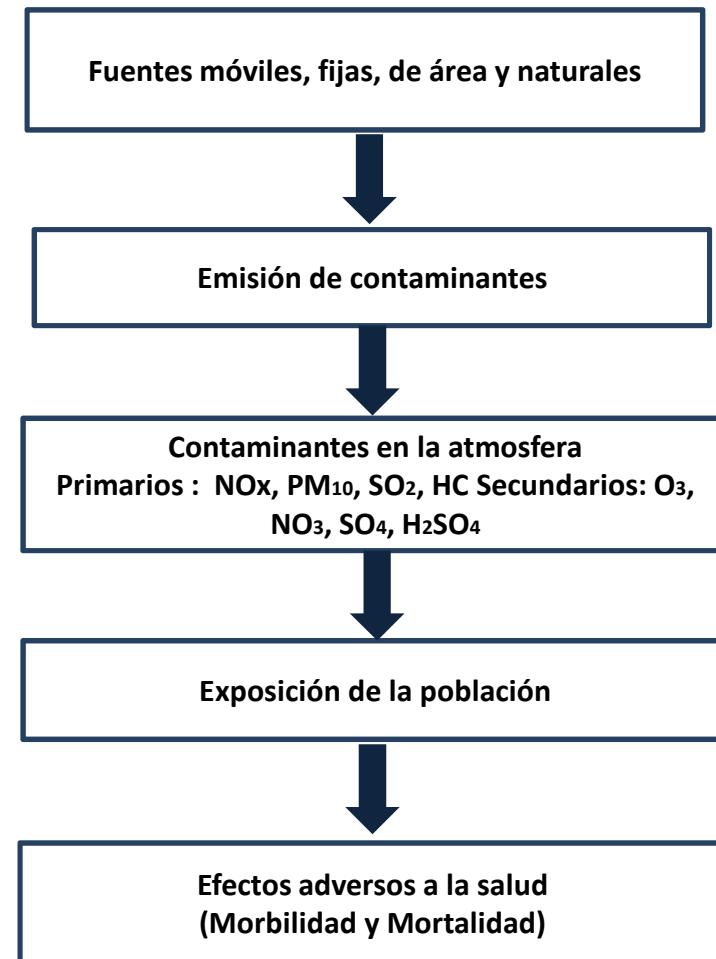
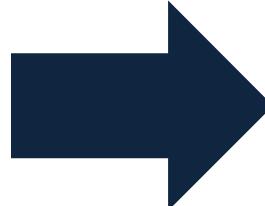
Fuente: CEPAL, (2010), “La economía del cambio climático en Centroamérica, Síntesis 2010”.

México: Curva de costos marginales de reducción de emisiones GEI, 2020



Fuente: Quadri, (2008), en: “La Economía del Cambio Climático en México, Síntesis”. L.M. Galindo (Coord), México, D.F.,2009.

Proceso de afectación a la población

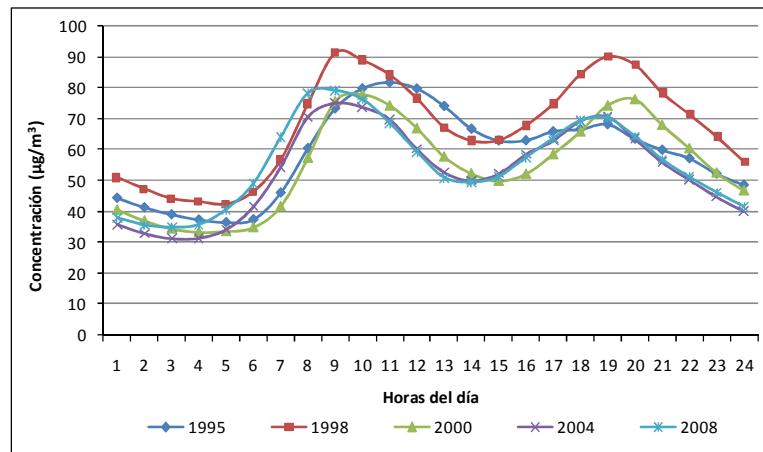
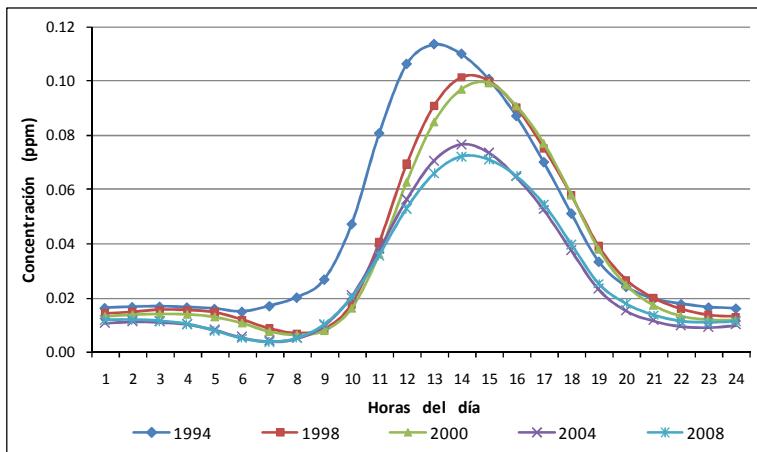
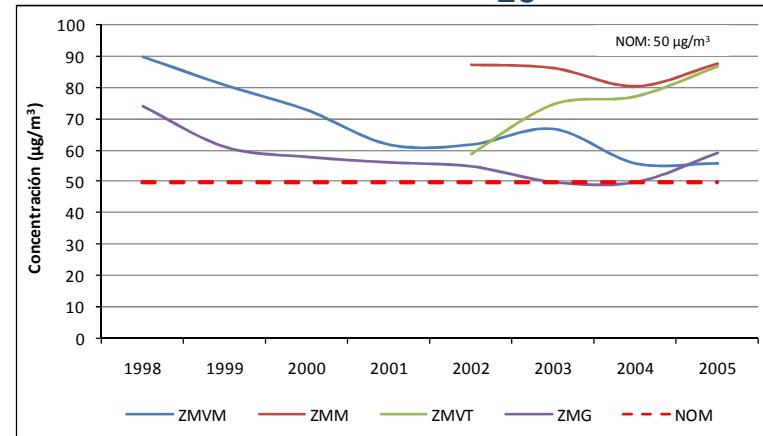
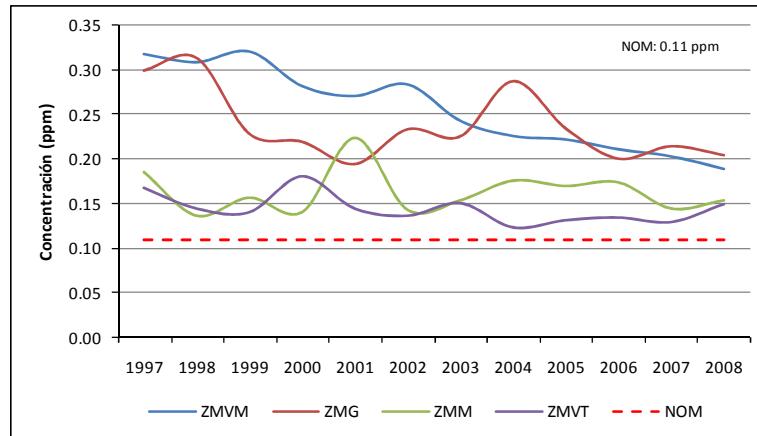


Cómo estimamos los efectos en la salud?

- Cuál es la magnitud del efecto en morbilidad respiratoria de un aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en la concentración del PM10?
- Requiere de información detallada y de calidad para que los resultados sean confiables.
 - ❖ Registros diarios de la calidad del aire.
 - ❖ Información de los ingresos hospitalarios diarios por diferentes causas.
 - ❖ Registros diario de las variables climáticas que pueden afectar los resultados.

Cómo estimamos los efectos en la salud?

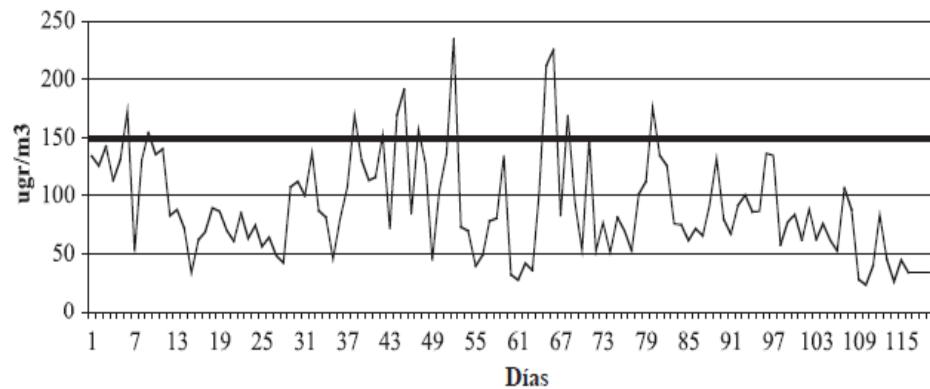
Concentraciones por año y hora Ozono PM₁₀



El ozono y PM₁₀ superan la norma 60% y 9.5% de los días del año en la ZMVM.

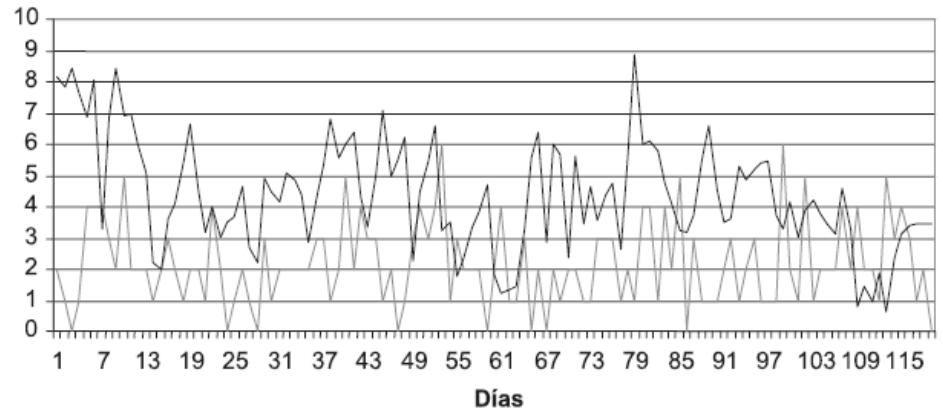
Cómo estimamos los efectos en la salud?

PM10 máximo diario emitido y PM10 máximo diario permitido



Fuente: Dávalos, 2007

Número de consultas IRA y PM10 promedio diario



Fuente: Dávalos, 2007

Funciones concentración - respuesta

$$Morb_t = \beta_0 + \beta_1 PM10_t + \beta_2 Temp_t + \beta_3 Prec_t + \beta_4 Hum_t + \varepsilon$$

Cómo estimamos los efectos en la salud?

- Cuánto tardaríamos en conseguir una base de datos de este tipo y realizar un trabajo con datos primarios?
- Disponen las ciudades de la región con esta información en detalle para realizar trabajos de este tipo?

Qué es un Meta-análisis?

- Método cuantitativo que combina información de diferentes estudios sobre el mismo tema.
- Permite resumir los resultados procedentes de diferentes estudios a través de la *estimación de un efecto combinado*.
- Utilizado en investigación epidemiológica (exposición y enfermedades), medicina (efecto de algún medicamento), educación, psicología, criminología, economía, ecología.

Efectos en salud asociados a PM10

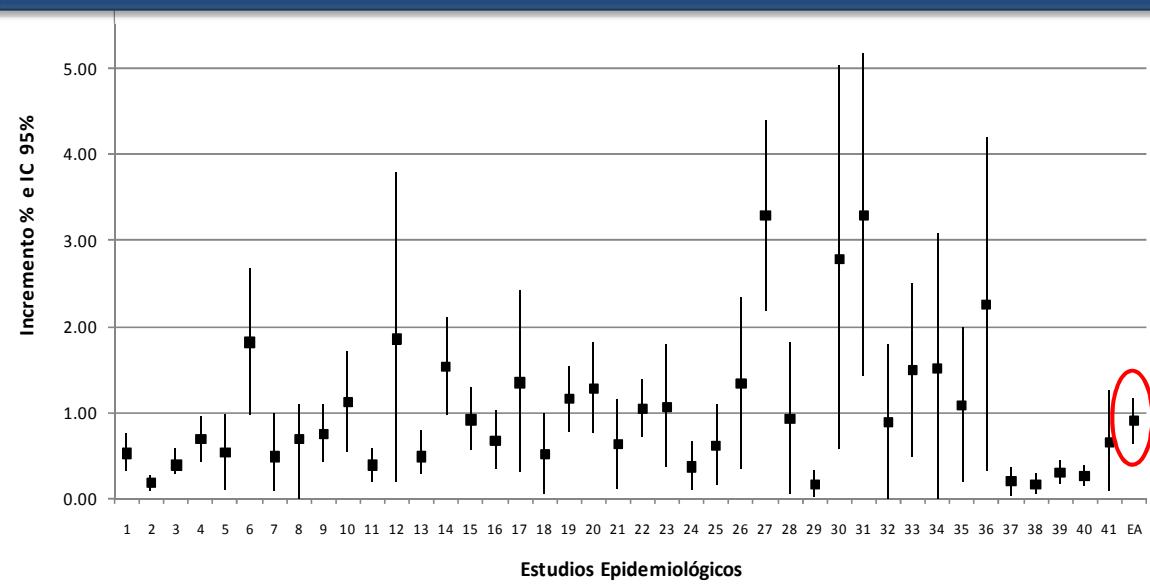
Efectos en la salud humana

Efectos en salud cuantificados	Efectos en salud no cuantificados
Mortalidad	▪ Cambios en la función pulmonar
Morbilidad:	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 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

Efectos sobre la mortalidad

Efecto en la salud	% de cambio ¹	IC 95%	Estudios utilizados ²
Mortalidad			
Por todas las causas	0.91	0.65 - 1.18	1, 3, 4, 8, 10, 11, 13, 16, 17, 18, 23, 26, 27, 28, 29, 29, 29, 29, 29, 29, 29, 29, 29, 29, 30, 31, 33, 34, 37, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 52
Cardiovascular	1.25	0.60 - 1.91	2, 4, 7, 8, 8, 8, 10, 11, 13, 16, 18, 20, 23, 25, 38, 46, 51, 53, 53, 53, 55
Respiratoria	2.08	1.04 - 3.14	2, 4, 8, 8, 8, 11, 12, 13, 15, 23, 28, 31, 33, 38, 41, 46, 49, 51, 55, 56
Personas > 65 años	1.21	0.39 - 2.03	2, 10, 11, 13, 19, 19, 22, 23, 31, 37, 46, 51
Infantil	1.88	0.32 - 3.46	9, 9, 35, 39, 50, 50, 50, 50

Cambio porcentual en mortalidad total por aumento de 10 µg/m³ de PM10



Efectos en salud asociados a Ozono

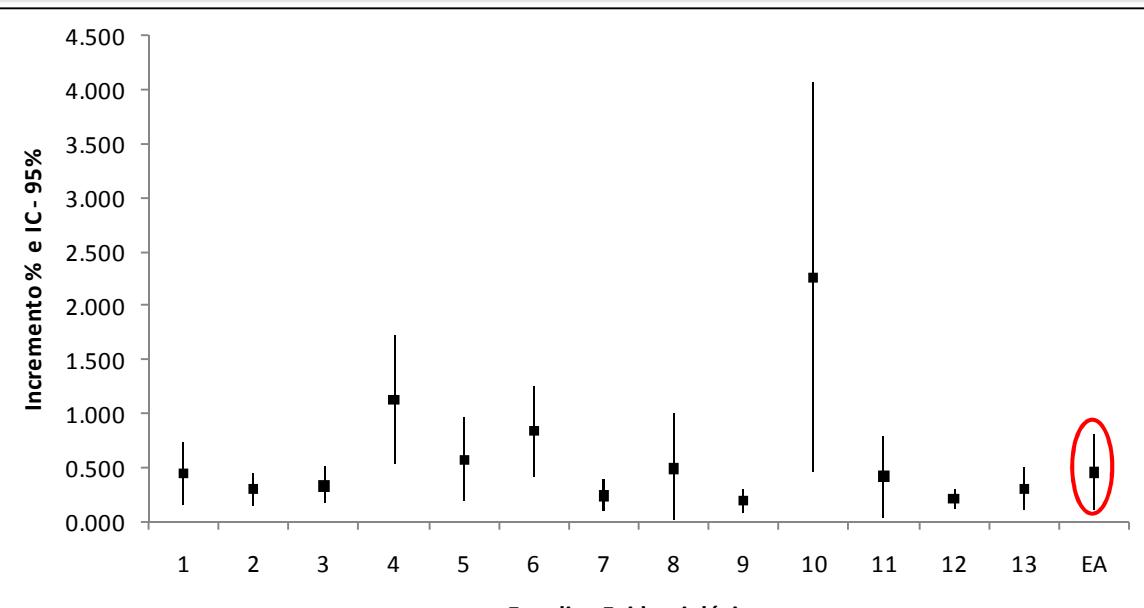
Efectos en la salud humana

Efectos en salud cuantificados	Efectos en salud no cuantificados
Mortalidad	▪ Aumento en la respuesta a los estímulos de las vías respiratorias
Morbilidad:	
▪ Síntomas respiratorios	▪ Respiratoria
▪ Días de actividad restringida	▪ Fibrosis centroacinar
▪ Admisiones hospitalarias	▪ Inflamación en los pulmones
▪ Ataques de asma	
▪ Cambios en la función pulmonar	
▪ Sinusitis crónica	

Efectos sobre la mortalidad

Efecto en la salud	% de cambio ¹	IC 95%	Estudios utilizados ²
Mortalidad			
Por todas las causas	0.46	0.11 - 0.81	1, 5, 6, 11, 21, 24, 26, 31, 32, 33, 34, 38, 43, 47, 54
Cardiovascular	0.69	0.21 - 1.17	1, 6, 10, 11, 12, 21, 24, 26, 31, 32, 38, 43, 54, 55
Respiratoria	0.74	0.13 - 1.35	1, 6, 11, 15, 21, 24, 31, 38, 54, 55
Personas > 65 años	0.50	0.34 - 0.66	6, 11, 19, 21, 22, 54
Infantil	2.78	0.29 - 5.26	36, 14

Cambio porcentual en la mortalidad total por aumento de 10 ppb de O₃

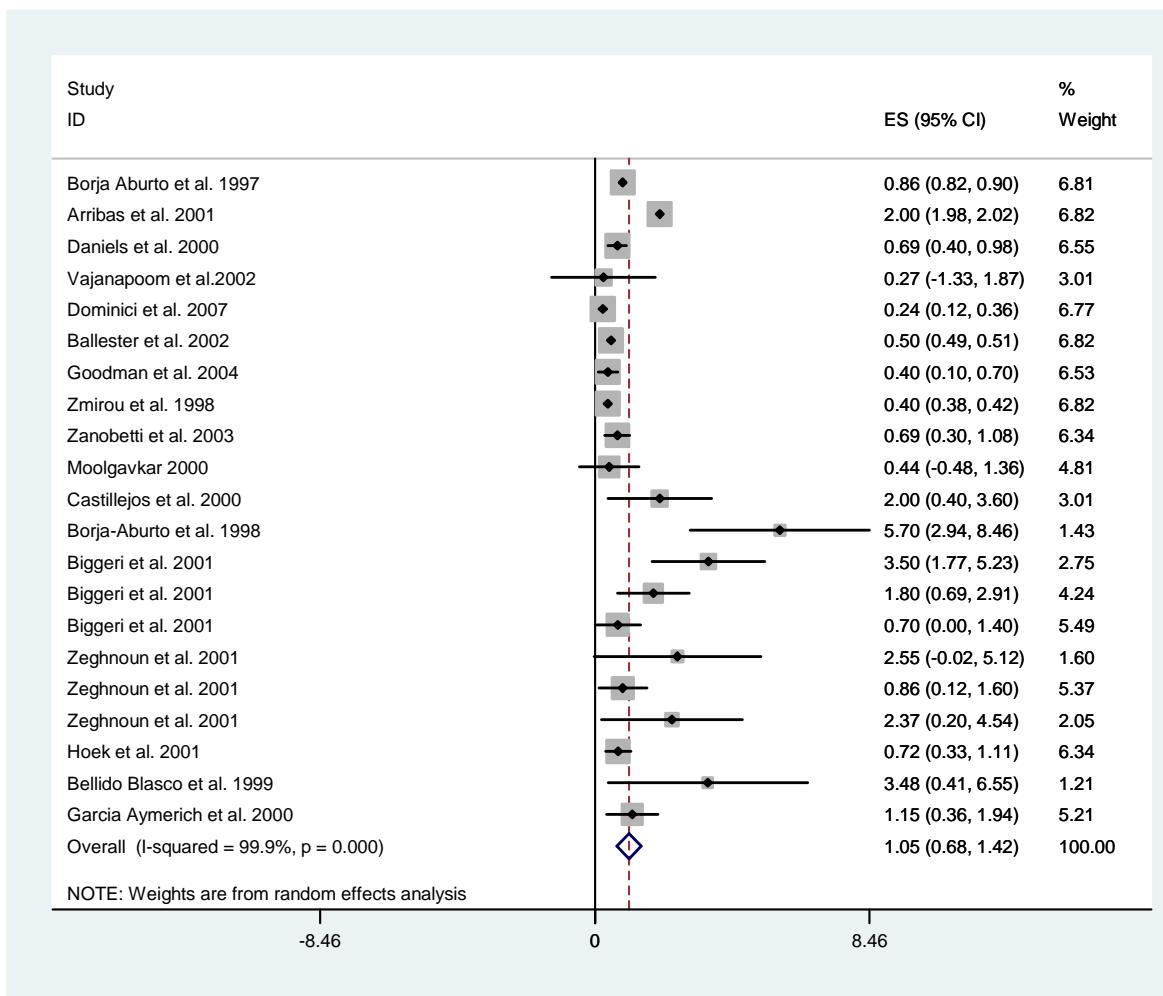


Por qué hacer un meta-análisis?

- Sintetiza la evidencia sobre los efectos (*magnitud*) de una variable sobre otra.
- Permiten resumir la evidencia y contestar preguntas de interés para la elaboración de políticas.
- Cuando no se dispone de información y cuando el tiempo es una limitante para realizar trabajos con datos primarios.
- Cuando los costos de contratar una investigación nos impiden llevar a cabo un estudio amplio.

Cómo se hace un Meta-análisis?

- El efecto combinado se obtiene como una media ponderada de los estimadores de cada estudio.

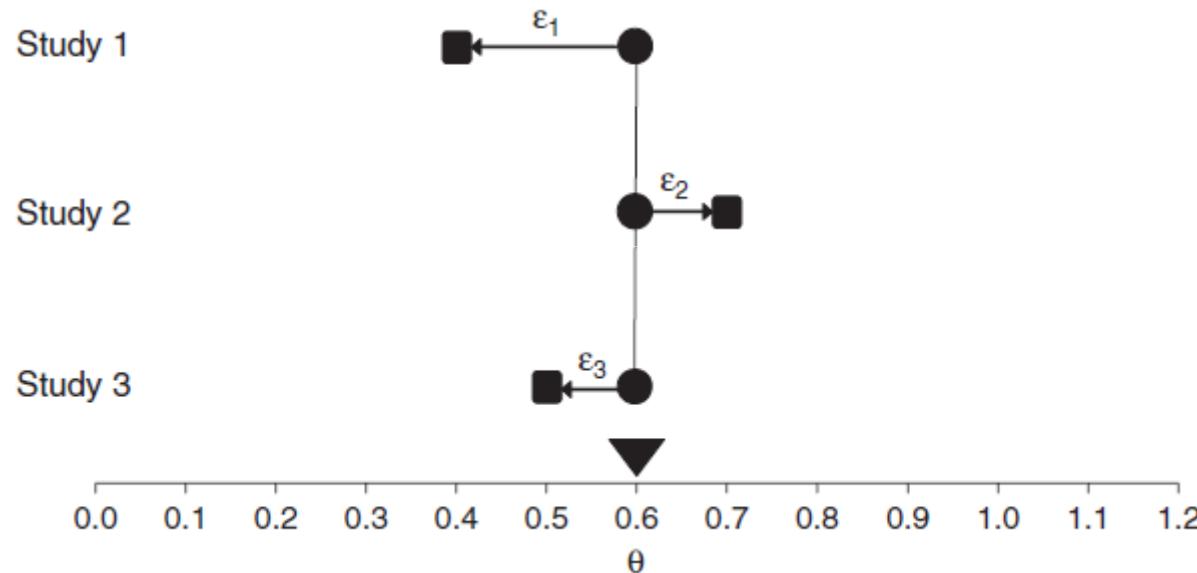


Cómo se asignan los pesos de los estudios?

- Ponderación con base en criterios estadísticos: *la precisión* (varianza o error estándar) de los resultados de cada trabajo o el *tamaño de la muestra*.
- Estimaciones por modelo de efectos fijos y por modelo de efectos aleatorios.
- Las ponderaciones varían de acuerdo con el modelo utilizado.

Modelo de efectos fijos

- Asume que hay un verdadero tamaño del efecto que es compartido por todos los estudios (*efecto común*).



- Las diferencias en los efectos observados se deben a errores de muestreo.

Cómo se estima el efecto combinado en el modelo de efectos fijos?

- *El efecto combinado* (M) se obtiene a partir del promedio ponderado de los efectos de cada estudio.

$$M = \frac{\sum_{i=1}^k W_i Y_i}{\sum_{i=1}^k W_i}$$

- La ponderación de cada estudio (W_i) se hace a partir de la inversa de su varianza (V_{Y_i}) .

$$W_i = \frac{1}{V_{Y_i}}$$

Varianza y Error Estándar en el Modelo de Efectos Fijos

- La varianza y el error estándar del efecto combinado se pueden calcular como:

$$V_M = \frac{1}{\sum_{i=1}^k W_i} \quad SE_M = \sqrt{V_M}$$

- *El intervalo de confianza:*

$$LL_M = M - 1.96 \times SE_M$$

$$UL_M = M + 1.96 \times SE_M$$

Modelo de efectos aleatorios

- Asume que el verdadero tamaño del efecto puede variar entre los estudios incluidos.
- El tamaño del efecto puede ser mayor (o menor) en estudios donde los participantes son ancianos, o personas con mayor escolaridad, con mayor ingresos.
- Los tamaños de los efectos en los estudios incluidos representan una muestra aleatoria de los tamaños del efecto observado.
- Estima el promedio de una distribución de los efectos encontrados en el conjunto de estudios incluidos.

Cómo se asignan los pesos en el modelo de efectos aleatorios?

- La ponderación de cada estudio (w_i^*) se hace a partir de la inversa de *la varianza de cada estudio* ($V_{Y_i}^*$).
- Ahora se necesita conocer *la varianza entre el conjunto de estudios* (τ^2).

$$T^2 = \frac{Q - df}{C}$$

$$Q = \sum_{i=1}^k w_i Y_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^k w_i Y_i \right)^2}{\sum_{i=1}^k w_i}, \quad df = k - 1, \quad C = \sum w_i - \frac{\sum w_i^2}{\sum w_i}$$

- *La varianza de cada estudio es:* $V_{Y_i}^* = V_{Y_i} + T^2$

Cómo se estima el efecto combinado en el Modelo de Efectos Aleatorios?

- *El efecto combinado (M^*)* se calcula a partir del promedio ponderado de los efectos de cada estudio:

$$M^* = \frac{\sum_{i=1}^k W_i^* Y_i}{\sum_{i=1}^k W_i^*},$$

- El peso asignado a cada estudio con efectos aleatorios es:

$$W_i^* = \frac{1}{V_{Y_i}^*}, \quad \text{donde} \quad V_{Y_i}^* = V_{Y_i} + T^2$$

Varianza y Error Estándar en el Modelo de Efectos Aleatorios

- La varianza y el error estándar del efecto combinado se pueden calcular como:

$$V_{M^*} = \frac{1}{\sum_{i=1}^k W_i^*} \quad \text{y} \quad SE_{M^*} = \sqrt{V_{M^*}}$$

- *El intervalo de confianza:*

$$LL_{M^*} = M^* - 1.96 \times SE_{M^*}$$

$$UL_{M^*} = M^* + 1.96 \times SE_{M^*}$$

Cuál modelo debemos usar?

Efectos
Fijos

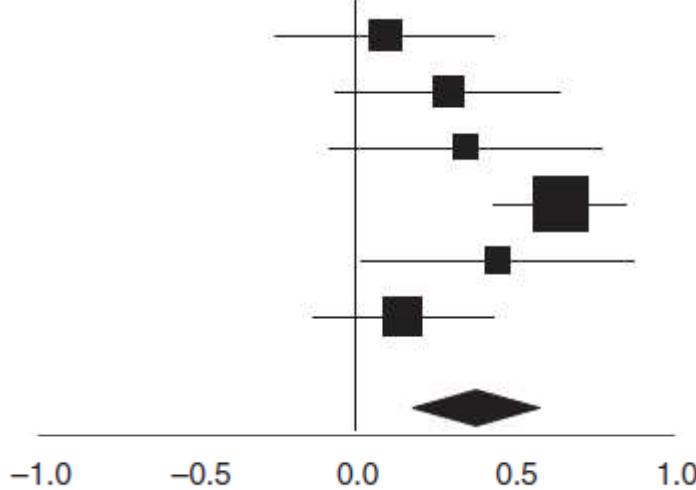
Efectos
Aleatorios

La selección de un modelo puede influenciar el tamaño del efecto combinado?

Cuál modelo debemos usar?

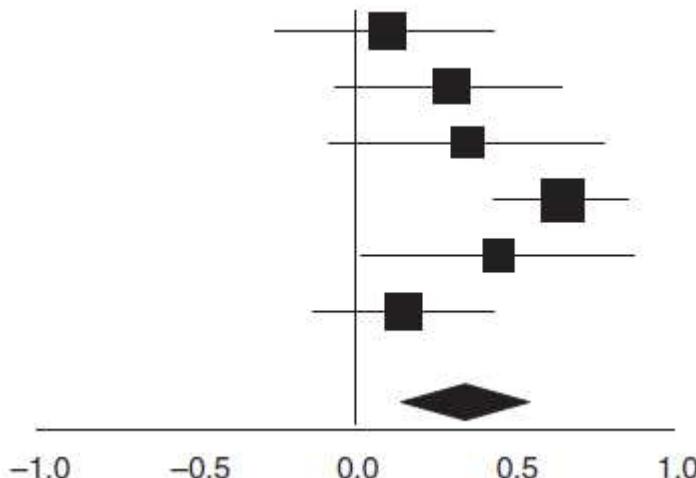
Autor	Efecto	Peso Relativo
Carroll	0.10	12%
Grant	0.28	13%
Peck	0.37	8%
Donat	0.66	39%
Stewart	0.46	10%
Young	0.19	18%
Summary	0.41	100%

Forest Plot con los Pesos Relativos



Efectos
Fijos

Carroll	0.10	16%
Grant	0.28	16%
Peck	0.37	13%
Donat	0.66	23%
Stewart	0.46	14%
Young	0.19	18%
Summary	0.36	100%



Efectos
Aleatorios

Cuál modelo debemos usar?

Tiene sentido utilizar el *modelo de efectos fijos* si se cumplen dos condiciones.

1. Si creemos que todos los estudios incluidos en el análisis son funcionalmente idénticos.
2. Si el objetivo es calcular el tamaño del efecto común de la población utilizada, y no generalizar a otras poblaciones.

Una compañía farmacéutica hará 1000 ensayos para comparar un nuevo medicamento vs. un placebo.

Cuál modelo debemos usar?

Tiene sentido utilizar el *modelo de efectos aleatorios cuando:*

- ❖ El investigador está recopilando datos de estudios realizados de manera independiente.
- ❖ El objetivo del meta-análisis es generalizar los resultados a otros escenarios.

Cuánto se reduciría las visitas a la sala de emergencia por enfermedades respiratoria si se logra implementar una política pública que permita reducir las concentraciones de PM10 en 10 µg/m³?

Cual es la magnitud de la respuesta de la demanda de gasolinas frente a un aumento en el precio de los combustibles en 5% en México?.

Cuál modelo debemos usar?

La elección del modelo no se debe basar en el test de heterogeneidad

$$\begin{aligned}H_0 : Q = 0 \\ H_a: Q \neq 0\end{aligned}$$



study	ES	[95% Conf. Interval]	% weight
Kim et al (2011)	-0.325	-0.565 -0.086	4.02
Berndt y Botero (198	-0.492	-0.706 -0.278	4.24
Akinboade et al. (20	-0.470	-0.642 -0.298	4.61
Alves y Bueno 2003	-0.465	-0.996 0.067	1.97
Eltony y Al-Mutairi	-0.463	-0.567 -0.359	5.12
Eltony (1996)	-0.168	-0.247 -0.089	5.26
Pock (2007)	-0.542	-0.967 -0.117	2.56
Ramanathan (1999)	-0.319	-0.476 -0.162	4.74
Amengual y Cubas (20	-0.770	-1.005 -0.535	4.06
Nappo (2007)	-0.197	-0.352 -0.041	4.75
Reyes (2010)	-0.285	-0.369 -0.201	5.23
Vasquez (2005)	-0.648	-0.725 -0.571	5.27
Vita et al (2006)	-0.794	-1.431 -0.157	1.54
Flood et al (2007)	-1.080	-1.300 -0.860	4.20
Hunt et al (2003)	-0.305	-0.421 -0.189	5.04
Iwayemi et al (2010)	-0.055	-0.204 0.094	4.80
Leesombatpiboon y Jo	-0.170	-0.275 -0.065	5.11
Liao y Lee (sf)	-0.131	-0.384 0.122	3.90
Sa'ad (2009)	-0.160	-0.205 -0.115	5.40
Samimi (1995)	-0.131	-0.264 0.002	4.92
Sultan (2010)	-0.441	-0.613 -0.269	4.61
Sterner, Dahl y Fran	-0.670	-1.336 -0.004	1.44
Baltagi y Griffin (1	-0.620	-0.988 -0.252	2.95
Bentzen (1994)	-0.414	-0.627 -0.201	4.25
D+L pooled ES	-0.386	-0.480 -0.293	100.00

Heterogeneity chi-squared = 243.86 (d.f. = 23) p = 0.000
I-squared (variation in ES attributable to heterogeneity) = 90.6%
Estimate of between-study variance Tau-squared = 0.0414

Cuál modelo debemos usar?

Considere el siguiente caso:

Se necesita conocer el efecto que tendría un aumento del 10% en las concentraciones de ozono sobre el *número de días de actividad restringida*, sin embargo, al revisar la literatura se encuentra que solo existen tres estudios sobre este tema.

Qué modelo considera más apropiado para estimar el tamaño del efecto por medio de un meta-análisis?

Las críticas al meta-análisis

- Un número no puede resumir un campo de investigación
- Sesgo de publicación (investigaciones archivadas)
- Mezclar manzanas con naranjas
- Si entra basura, sale basura
- Importantes estudios son ignorados
- Meta-análisis son mal realizados



Sesgo de
selección

Criterios de Selección

- Evalúan la asociación partículas (PST, PM10, PM2.5, BS) y efectos adversos sobre la salud.
- Controlan por variables meteorológicas (temperatura, humedad, etc).
- Uso de series de tiempo, efecto de corto plazo (Saez, 2001) y modelos poisson.
- Artículos que controlen por otros contaminantes.
- Presentan la precisión de los resultados (intervalos de confianza, varianza, etc.)
- Resultados del efecto en la salud en términos de riesgo relativo (RR) o cambio porcentual.
- Publicados en revistas arbitradas y no arbitradas, en idioma inglés o cualquier otro.

Factores de Corrección

- $PM_{10} \approx TSP * 0.55$
 - $PM_{10} \approx PM_{2.5} / 0.6$
 - $PM_{10} \approx BS$
- 
- Lacasaña *et al*, 2005
Rosales *et al*, 2001
Olaíz *et al*, 2000
OPS, 2005

ESTUDIO DE CASO

Cuál es la magnitud de los co-beneficios en salud (impacto en mortalidad total, por diferentes causas y morbilidad respiratoria) que se obtendrían con una política pública que permitiera reducir las emisiones de GEI por transporte y al mismo tiempo redujera en 10 µg/m³ las concentraciones de PM10?

Base de Datos

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
id	Autor	Ciudad	País	periodo	efecto	d_estandar	mortalidad	region	nacional
1	Borja Aburto et al. 1997	México	México	1990 - 1992	0.320	0.010	1	2	1
1	Borja Aburto et al. 1997	México	México	1990 - 1992	0.860	0.020	2	2	1
1	Borja Aburto et al. 1997	México	México	1990 - 1992	0.520	0.050	3	2	1
1	Borja Aburto et al. 1997	México	México	1990 - 1992	0.320	0.020	4	2	1
2	Kelsall et al. 1997	Estados Unidos	Estados Unidos	1974 - 1988	0.183	0.370	1	1	1
2	Kelsall et al. 1997	Estados Unidos	Estados Unidos	1974 - 1988	0.243	3.600	3	1	1
2	Kelsall et al. 1997	Estados Unidos	Estados Unidos	1974 - 1988	0.342	0.670	4	1	1
5	Arribas et al. 2001	Zaragoza	España	1991 - 1995	2.000	0.010	2	1	3
5	Arribas et al. 2001	Zaragoza	España	1991 - 1995	2.800	0.012	3	1	3
5	Arribas et al. 2001	Zaragoza	España	1991 - 1995	4.800	0.023	4	1	3
9	Daniels et al. 2000	Estados Unidos	Estados Unidos	1987 - 1994	0.540	0.112	1	1	1
9	Daniels et al. 2000	Estados Unidos	Estados Unidos	1987 - 1994	0.690	0.148	2	1	1
11	Vajanapoom et al. 2002	Tailandia	Tailandia	1992 - 1997	0.767	0.510	1	2	1
11	Vajanapoom et al. 2002	Tailandia	Tailandia	1992 - 1997	0.267	0.816	2	2	1
11	Vajanapoom et al. 2002	Tailandia	Tailandia	1992 - 1997	1.700	2.296	3	2	1
11	Vajanapoom et al. 2002	Tailandia	Tailandia	1992 - 1997	0.717	0.870	4	2	1
13	Dominici et al. 2007	Estados Unidos	Estados Unidos	1987 - 2000	0.190	0.046	1	1	1
13	Dominici et al. 2007	Estados Unidos	Estados Unidos	1987 - 2000	0.240	0.061	2	1	1
15	Ballester et al. 2002	España	España	1990 - 1996	0.500	0.003	1	1	1
15	Ballester et al. 2002	España	España	1990 - 1996	0.500	0.003	2	1	1
15	Ballester et al. 2002	España	España	1990 - 1996	1.300	0.007	3	1	1
17	Saez et al. 2001	España	España	1992 - 1994	0.700	0.002	1	1	1
18	Anderson et al. 1996	Londres	Londres	1987 - 1992	1.133	0.449	1	1	1
19	Katsouyanni et al. 1997	Europa	Europa	1991 - 1994	0.400	0.510	1	1	2

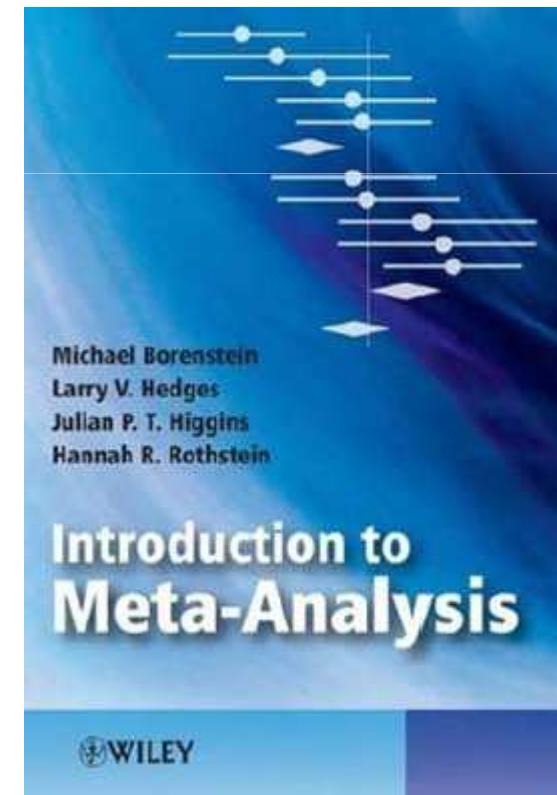
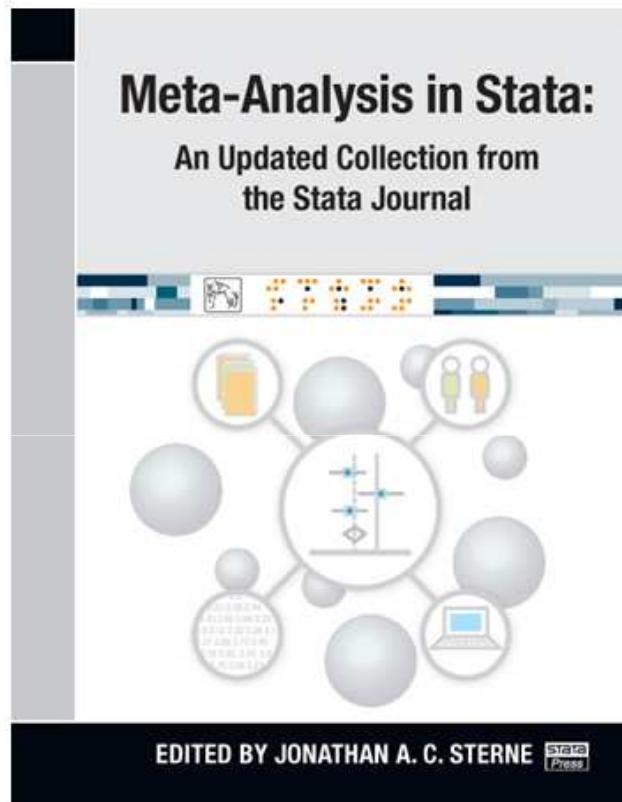
Ingreso de los datos en Stata

edit

	id	autor	ciudad	pais	periodo	efecto	d_estandar	mortalidad	region	nacional
1	1	Borja Aburto et al. 1997	México	México	1990 - 1992	.32	.01	1	2	1
2	1	Borja Aburto et al. 1997	México	México	1990 - 1992	.86	.02	2	2	1
3	1	Borja Aburto et al. 1997	México	México	1990 - 1992	.52	.05	3	2	1
4	1	Borja Aburto et al. 1997	México	México	1990 - 1992	.32	.02	4	2	1
5	2	Kelsall et al. 1997	Estados Unidos	Estados Unidos	1974 - 1988	.183	.37	1	1	1
6	2	Kelsall et al. 1997	Estados Unidos	Estados Unidos	1974 - 1988	.243	3.6	3	1	1
7	2	Kelsall et al. 1997	Estados Unidos	Estados Unidos	1974 - 1988	.342	.67	4	1	1
8	5	Arribas et al. 2001	Zaragoza	España	1991 - 1995	2	.01	2	1	3
9	5	Arribas et al. 2001	Zaragoza	España	1991 - 1995	2.8	.012	3	1	3
10	5	Arribas et al. 2001	Zaragoza	España	1991 - 1995	4.8	.023	4	1	3
11	9	Daniels et al. 2000	Estados Unidos	Estados Unidos	1987 - 1994	.54	.112	1	1	1
12	9	Daniels et al. 2000	Estados Unidos	Estados Unidos	1987 - 1994	.69	.148	2	1	1
13	11	Vajanapoom et al. 2002	Tailandia	Tailandia	1992 - 1997	.767	.51	1	2	1
14	11	Vajanapoom et al. 2002	Tailandia	Tailandia	1992 - 1997	.267	.816	2	2	1
15	11	Vajanapoom et al. 2002	Tailandia	Tailandia	1992 - 1997	1.7	2.296	3	2	1
16	11	Vajanapoom et al. 2002	Tailandia	Tailandia	1992 - 1997	.717	.87	4	2	1
17	13	Dominici et al. 2007	Estados Unidos	Estados Unidos	1987 - 2000	.19	.046	1	1	1
18	13	Dominici et al. 2007	Estados Unidos	Estados Unidos	1987 - 2000	.24	.061	2	1	1
19	15	Ballester et al. 2002	España	España	1990 - 1996	.5	.003	1	1	1
20	15	Ballester et al. 2002	España	España	1990 - 1996	.5	.003	2	1	1
21	15	Ballester et al. 2002	España	España	1990 - 1996	1.3	.007	3	1	1
22	17	Saez et al. 2001	España	España	1992 - 1994	.7	.002	1	1	1
23	18	Anderson et al. 1996	Londres	Londres	1987 - 1992	1.133	.449	1	1	1

Comandos usados en STATA

- meta
- metan
- fixed
- random
- metafunnel
- egger
- metabias



Resultados del modelo

metan efecto d_estandar, random nograph

Results				
. metan efecto d_estandar, random nograph				
Study	ES	[95% Conf. Interval]	% weight	
1	0.320	0.300 0.340	1.53	
2	0.860	0.821 0.899	1.53	
3	0.520	0.422 0.618	1.52	
4	0.320	0.281 0.359	1.53	
5	0.183	-0.542 0.908	0.98	
6	0.243	-6.813 7.299	0.03	
7	0.342	-0.971 1.655	0.53	
8	2.000	1.980 2.020	1.53	
9	2.800	2.776 2.824	1.53	
10	4.800	4.755 4.845	1.53	
11	0.540	0.320 0.760	1.46	
12	0.690	0.400 0.980	1.40	
13	0.767	-0.233 1.767	0.74	
14	0.267	-1.332 1.866	0.41	
15	1.700	-2.800 6.200	0.07	
16	0.717	-0.988 2.422	0.37	
17	0.190	0.100 0.280	1.52	
18	0.240	0.120 0.360	1.51	
19	0.500	0.494 0.506	1.53	
20	0.500	0.494 0.506	1.53	
21	1.300	1.286 1.314	1.53	
22	0.700	0.696 0.704	1.53	
23	1.133	0.253 2.013	0.83	
24	0.400	-0.600 1.400	0.74	
25	1.870	1.678 2.062	1.47	
26	0.400	0.200 0.600	1.47	
27	0.400	0.100 0.700	1.40	
28	0.900	0.600 1.200	1.40	
29	0.500	0.300 0.700	1.47	

Resultados del modelo

metan efecto d_estandar, random label(namevar=autor) nograph

Study	ES	[95% Conf. Interval]	% weight
Borja Aburto et al.	0.320	0.300 0.340	1.53
Borja Aburto et al.	0.860	0.821 0.899	1.53
Borja Aburto et al.	0.520	0.422 0.618	1.52
Borja Aburto et al.	0.320	0.281 0.359	1.53
Kelsall et al. 1997	0.183	-0.542 0.908	0.98
Kelsall et al. 1997	0.243	-6.813 7.299	0.03
Kelsall et al. 1997	0.342	-0.971 1.655	0.53
Arribas et al. 2001	2.000	1.980 2.020	1.53
Arribas et al. 2001	2.800	2.776 2.824	1.53
Arribas et al. 2001	4.800	4.755 4.845	1.53
Daniels et al. 2000	0.540	0.320 0.760	1.46
Daniels et al. 2000	0.690	0.400 0.980	1.40
Vajananpoom et al. 2000	0.767	-0.233 1.767	0.74
Vajananpoom et al. 2000	0.267	-1.332 1.866	0.41
Vajananpoom et al. 2000	1.700	-2.800 6.200	0.07
Vajananpoom et al. 2000	0.717	-0.988 2.422	0.37
Dominici et al. 2007	0.190	0.100 0.280	1.52
Dominici et al. 2007	0.240	0.120 0.360	1.51
Ballester et al. 2000	0.500	0.494 0.506	1.53
Ballester et al. 2000	0.500	0.494 0.506	1.53
Ballester et al. 2000	1.300	1.286 1.314	1.53
Saez et al. 2001	0.700	0.696 0.704	1.53
Anderson et al. 1996	1.133	0.253 2.013	0.83
Katsouyanni et al. 1	0.400	-0.600 1.400	0.74
Verhoef et al. 1996	1.870	1.678 2.062	1.47
Goodman et al. 2004	0.400	0.200 0.600	1.47
Goodman et al. 2004	0.400	0.100 0.700	1.40
Goodman et al. 2004	0.900	0.600 1.200	1.40
Goodman et al. 2004	0.500	0.300 0.700	1.47
Zanobetti et al. 2000	0.700	0.430 0.970	1.42

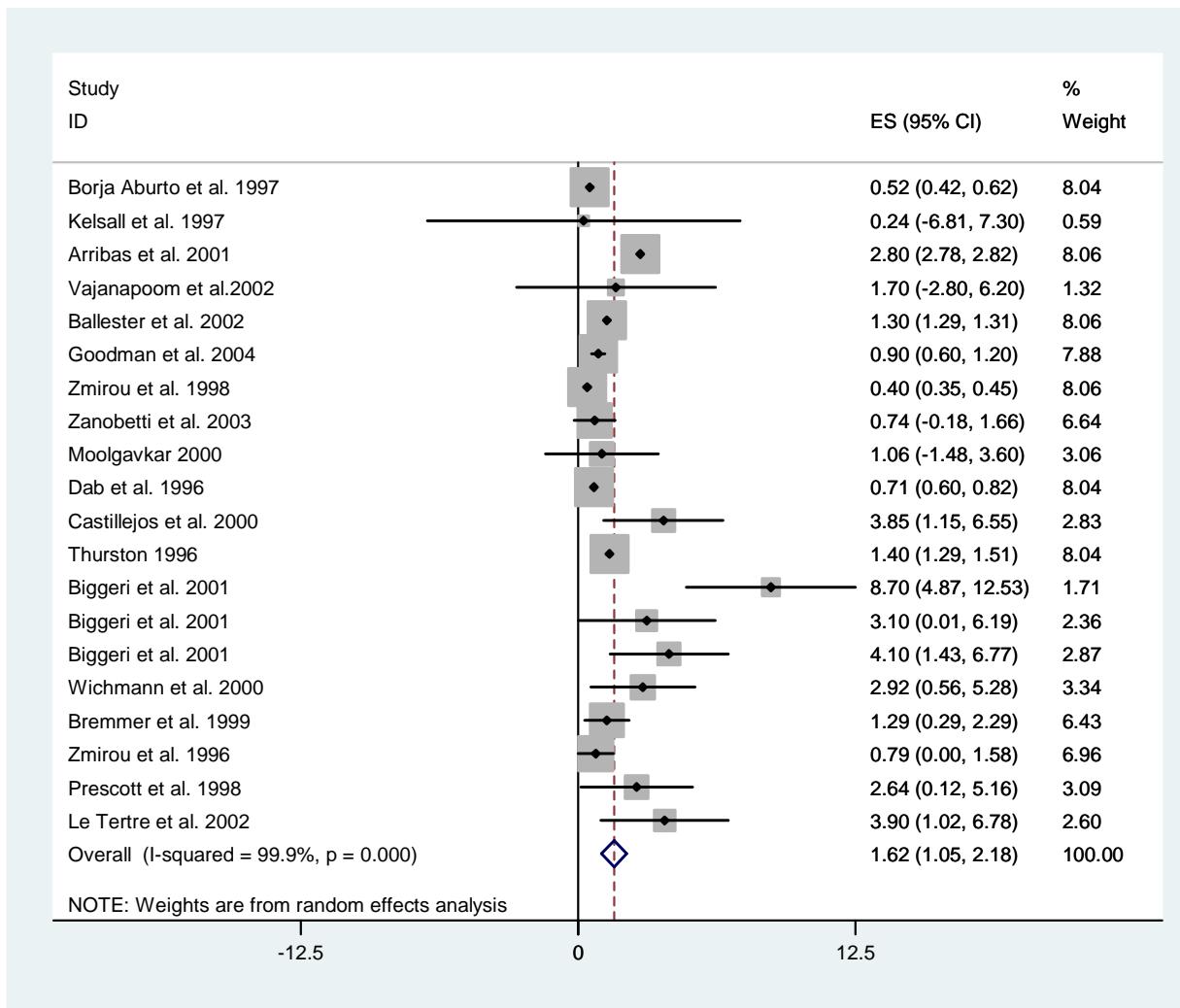
Resultados del modelo para mortalidad respiratoria

metan efecto d_estandar if mortalidad==3, random label(namevar=autor) nograph

Study	ES	[95% Conf. Interval]	% weight
Borja Aburto et al.	0.520	0.422 0.618	8.04
Kelsall et al. 1997	0.243	-6.813 7.299	0.59
Arribas et al. 2001	2.800	2.776 2.824	8.06
Vajananpoom et al. 200	1.700	-2.800 6.200	1.32
Ballester et al. 200	1.300	1.286 1.314	8.06
Goodman et al. 2004	0.900	0.600 1.200	7.88
Zmirou et al. 1998	0.400	0.349 0.451	8.06
Zanobetti et al. 200	0.740	-0.179 1.659	6.64
Moolgavkar 2000	1.064	-1.476 3.604	3.06
Dab et al. 1996	0.710	0.604 0.816	8.04
Castillejos et al. 2	3.850	1.149 6.551	2.83
Thurston 1996	1.400	1.290 1.510	8.04
Biggeri et al. 2001	8.700	4.870 12.530	1.71
Biggeri et al. 2001	3.100	0.009 6.191	2.36
Biggeri et al. 2001	4.100	1.431 6.769	2.87
Wichmann et al. 2000	2.920	0.560 5.280	3.34
Bremmer et al. 1999	1.290	0.290 2.290	6.43
Zmirou et al. 1996	0.790	0.000 1.580	6.96
Prescott et al. 1998	2.640	0.119 5.161	3.09
Le Tertre et al. 200	3.900	1.021 6.779	2.60
D+L pooled ES	1.618	1.054 2.182	100.00
Heterogeneity chi-squared = 14766.05 (d.f. = 19) p = 0.000			
I-squared (variation in ES attributable to heterogeneity) = 99.9%			
Estimate of between-study variance Tau-squared = 1.0273			
Test of ES=0 : z= 5.62 p = 0.000			

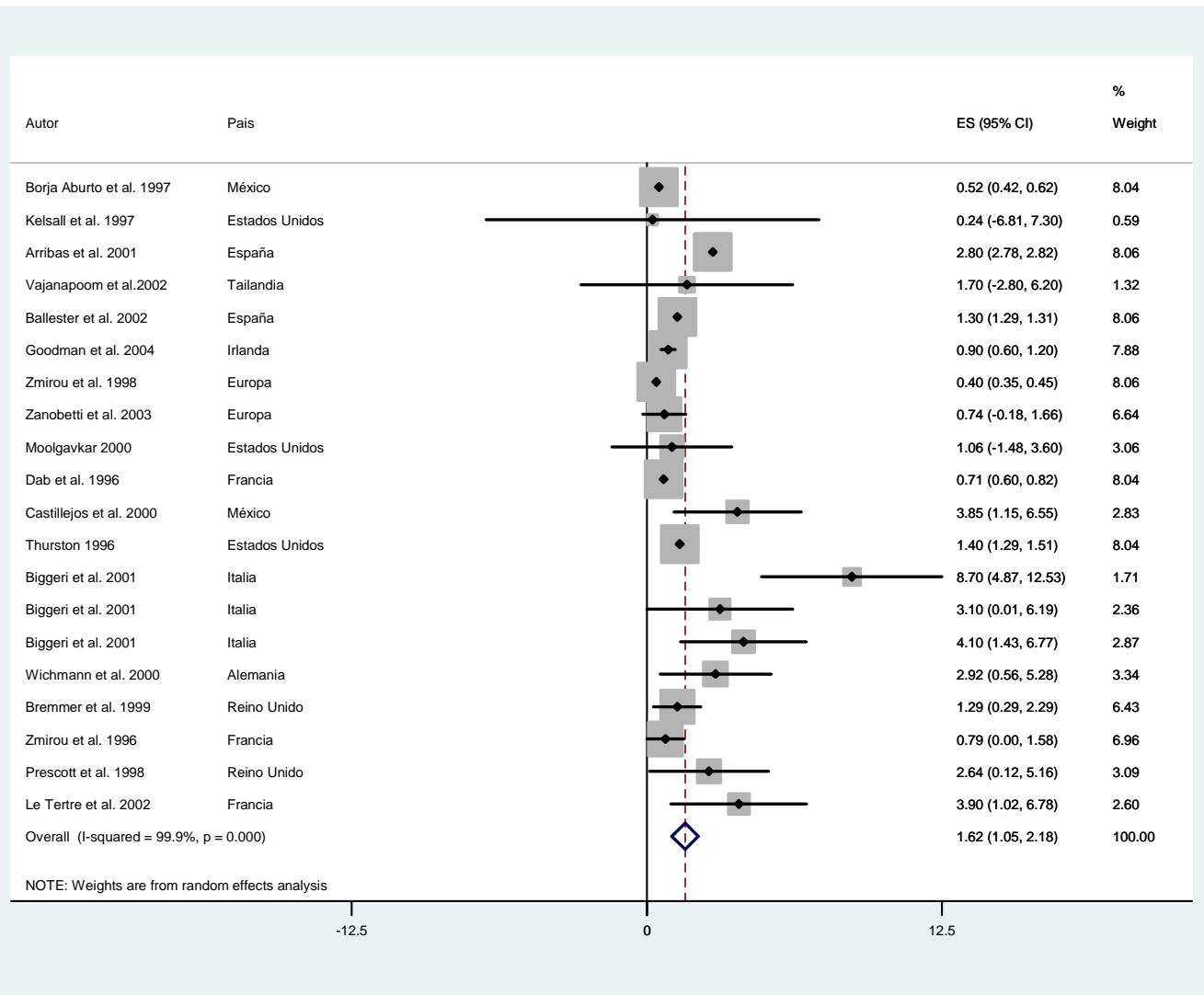
Resultados del modelo para mortalidad respiratoria

metan efecto d_estandar if mortalidad==3, random label(namevar=autor)



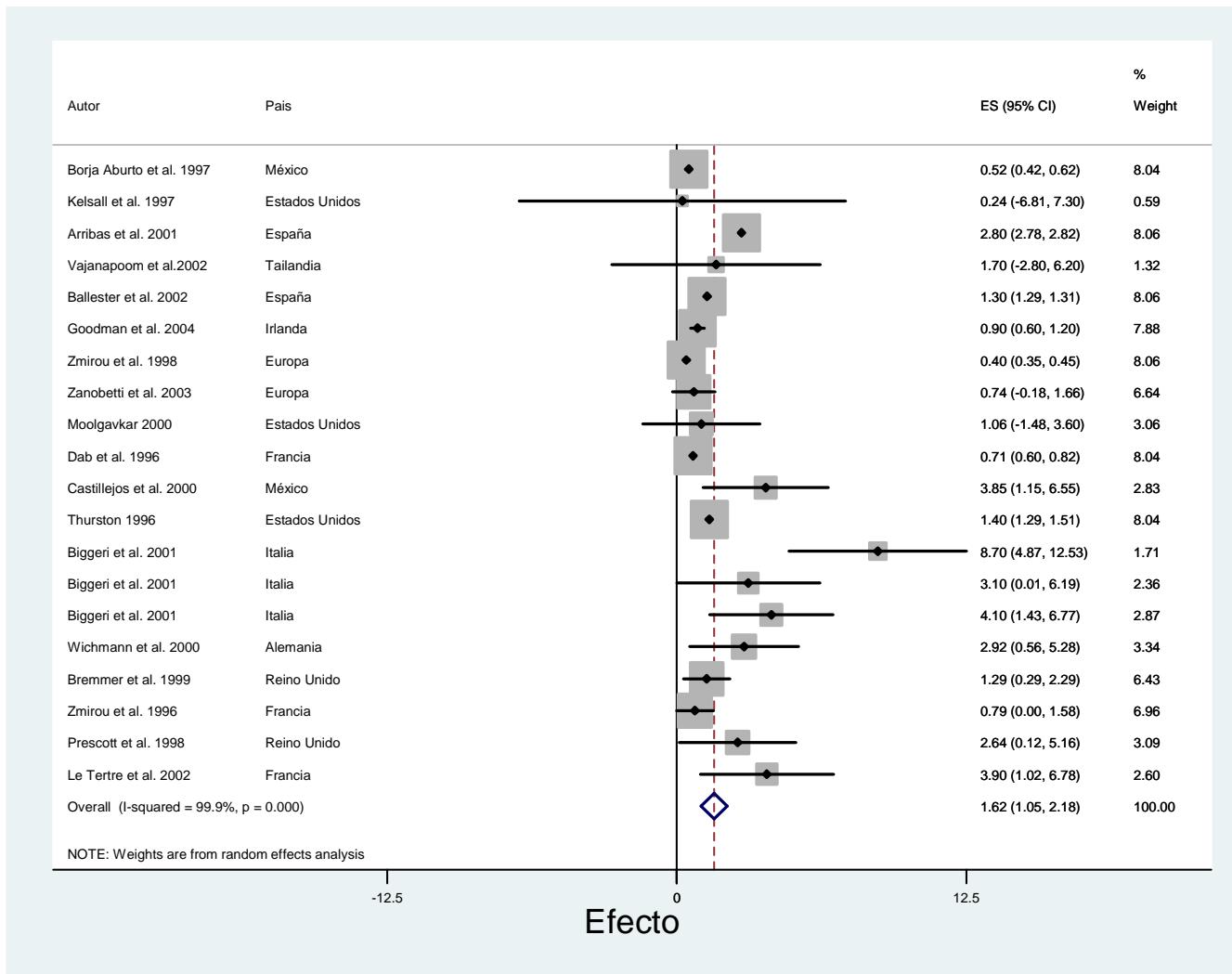
Resultados del modelo para mortalidad respiratoria

metan efecto d_estandar if mortalidad==3, random lcols(autor pais)



Resultados del modelo para mortalidad respiratoria

metan efecto d_estandar if mortalidad==3, random lcols(autor pais) xtitle(Efecto)



Resultados del modelo

meta efecto d_estandar if mortalidad==3, random

```
. meta efecto d_estandar if mortalidad==3, random

Meta-analysis

          | Pooled      95% CI           Asymptotic      No. of
Method   |   Est    Lower   Upper   z_value   p_value   studies
-----+-----
Fixed   |  1.587    1.575   1.598  274.622   0.000      20
Random  |  1.618    1.054   2.182   5.622   0.000

Test for heterogeneity: Q=  1.5e+04 on 19 degrees of freedom (p= 0.000)
Moment-based estimate of between studies variance =  1.027
```

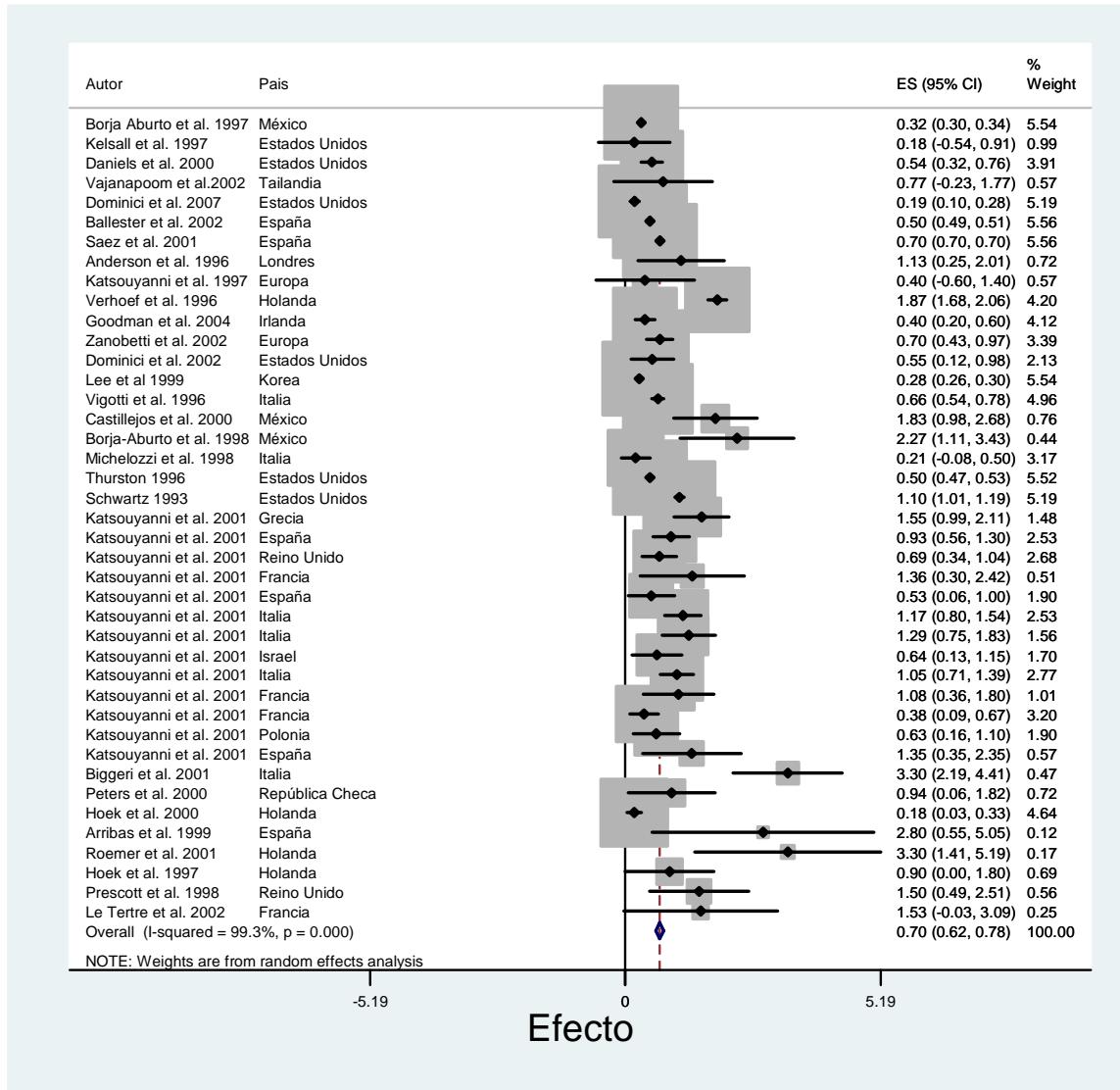
Resultados del modelo para mortalidad total

metan efecto d_estandar if mortalidad==1, random label(namevar=autor) nograph

study	ES	[95% Conf. Interval]	% weight
Borja Aburto et al.	0.320	0.300 0.340	5.54
Kelsall et al. 1997	0.183	-0.542 0.908	0.99
Daniels et al. 2000	0.540	0.320 0.760	3.91
VajanaPoom et al. 2000	0.767	-0.233 1.767	0.57
Dominici et al. 2007	0.190	0.100 0.280	5.19
Ballester et al. 2000	0.500	0.494 0.506	5.56
Saez et al. 2001	0.700	0.696 0.704	5.56
Anderson et al. 1996	1.133	0.253 2.013	0.72
Katsouyanni et al. 1	0.400	-0.600 1.400	0.57
Verhoef et al. 1996	1.870	1.678 2.062	4.20
Goodman et al. 2004	0.400	0.200 0.600	4.12
Zanobetti et al. 2000	0.700	0.430 0.970	3.39
Dominici et al. 2002	0.550	0.121 0.979	2.13
Lee et al 1999	0.280	0.260 0.300	5.54
Vigotti et al. 1996	0.660	0.542 0.778	4.96
Castillejos et al. 2	1.830	0.979 2.681	0.76
Borja-Aburto et al.	2.270	1.114 3.426	0.44
Michelozzi et al. 19	0.210	-0.084 0.504	3.17
Thurston 1996	0.500	0.471 0.529	5.52
Schwartz 1993	1.100	1.010 1.190	5.19
Katsouyanni et al. 2	1.550	0.989 2.111	1.48
Katsouyanni et al. 2	0.930	0.560 1.300	2.53
Katsouyanni et al. 2	0.690	0.339 1.041	2.68
Katsouyanni et al. 2	1.360	0.300 2.420	0.51
Katsouyanni et al. 2	0.530	0.060 1.000	1.90
Katsouyanni et al. 2	1.170	0.800 1.540	2.53
Katsouyanni et al. 2	1.290	0.749 1.831	1.56
Katsouyanni et al. 2	0.640	0.130 1.150	1.70
Katsouyanni et al. 2	1.050	0.711 1.389	2.77
Katsouyanni et al. 2	1.080	0.361 1.799	1.01
Katsouyanni et al. 2	0.380	0.090 0.670	3.20

Resultados del modelo para mortalidad total

metan efecto d_estandar if mortalidad==1, random lcols(autor pais) xtitle(Efecto)



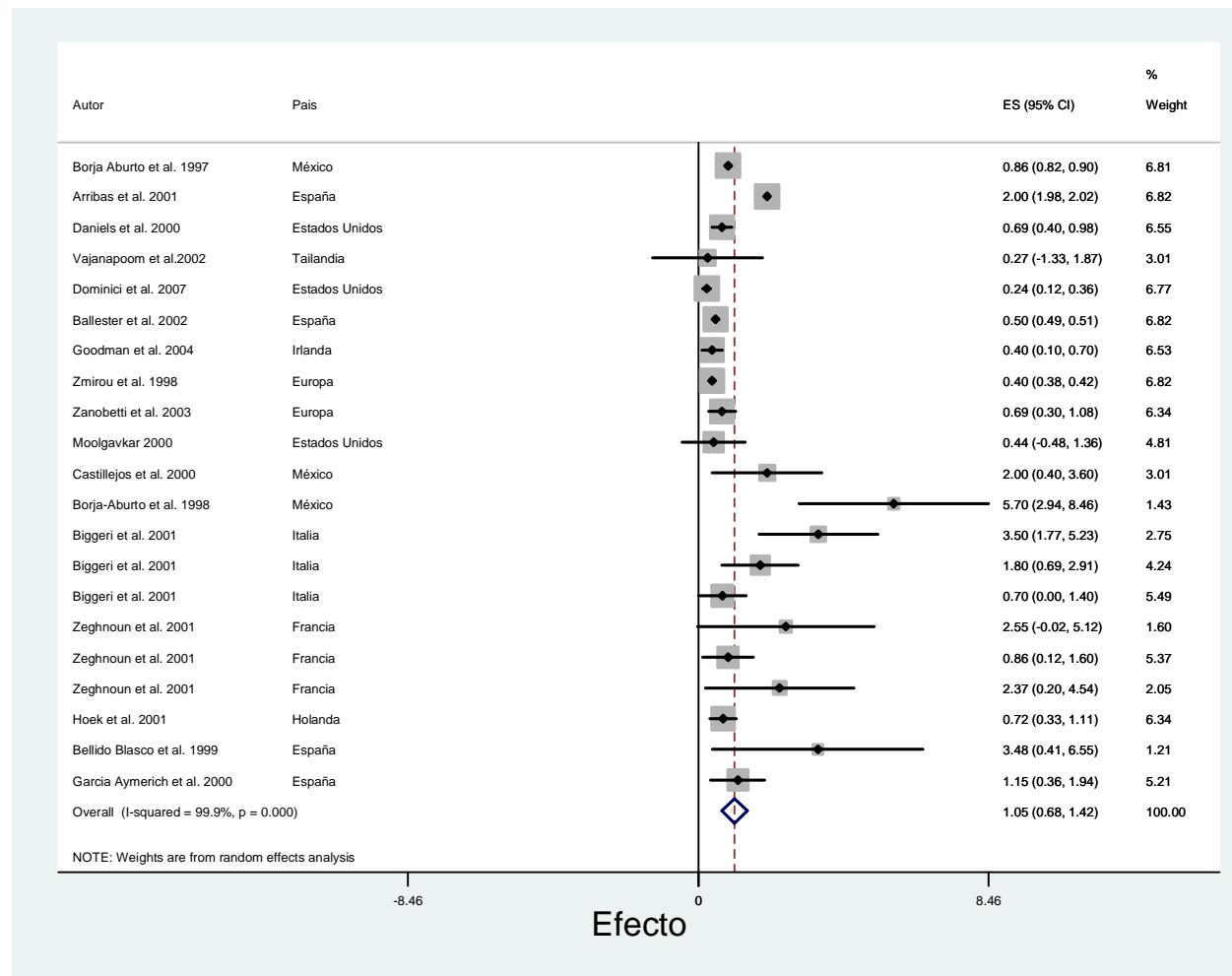
Resultados del modelo para mortalidad cardiovascular

metan efecto d_estandar if mortalidad==2, random label(namevar=autor) nograph

Results				
Study	ES	[95% Conf. Interval]	% weight	
Borja Aburto et al.	0.860	0.821	0.899	6.81
Arribas et al. 2001	2.000	1.980	2.020	6.82
Daniels et al. 2000	0.690	0.400	0.980	6.55
Vajanapoom et al. 2000	0.267	-1.332	1.866	3.01
Dominici et al. 2007	0.240	0.120	0.360	6.77
Ballester et al. 2000	0.500	0.494	0.506	6.82
Goodman et al. 2004	0.400	0.100	0.700	6.53
Zmirou et al. 1998	0.400	0.380	0.420	6.82
Zanobetti et al. 2000	0.690	0.300	1.080	6.34
Moolgavkar 2000	0.440	-0.479	1.359	4.81
Castillejos et al. 2	2.000	0.401	3.599	3.01
Borja-Aburto et al.	5.700	2.936	8.464	1.43
Biggeri et al. 2001	3.500	1.769	5.231	2.75
Biggeri et al. 2001	1.800	0.691	2.909	4.24
Biggeri et al. 2001	0.700	0.000	1.400	5.49
Zeghnoun et al. 2001	2.550	-0.020	5.120	1.60
Zeghnoun et al. 2001	0.860	0.119	1.601	5.37
Zeghnoun et al. 2001	2.370	0.200	4.540	2.05
Hoek et al. 2001	0.720	0.330	1.110	6.34
Bellido Blasco et al	3.480	0.411	6.549	1.21
Garcia Aymerich et a	1.150	0.360	1.940	5.21
D+L pooled ES	1.053	0.681	1.425	100.00
Heterogeneity chi-squared = 21343.76 (d.f. = 20) p = 0.000				
I-squared (variation in ES attributable to heterogeneity) = 99.9%				
Estimate of between-study variance Tau-squared = 0.5276				
Test of ES=0 : z= 5.55 p = 0.000				

Resultados del modelo para mortalidad cardiovascular

metan efecto d_estandar if mortalidad==2, random Icols(autor pais) xtitle(Efecto)



Diferencia en los resultados por causa de mortalidad

label define causa 1 "TODAS" 2 "CARDIOVASCULAR" 3 "RESPIRATORIA" 4 ">65 AÑOS" 5 "<5 AÑOS"

label value mortalidad causa

metan efecto d_estandar if mortalidad==2 | mortalidad==3, by(mortalidad) random lcols(autor pais)

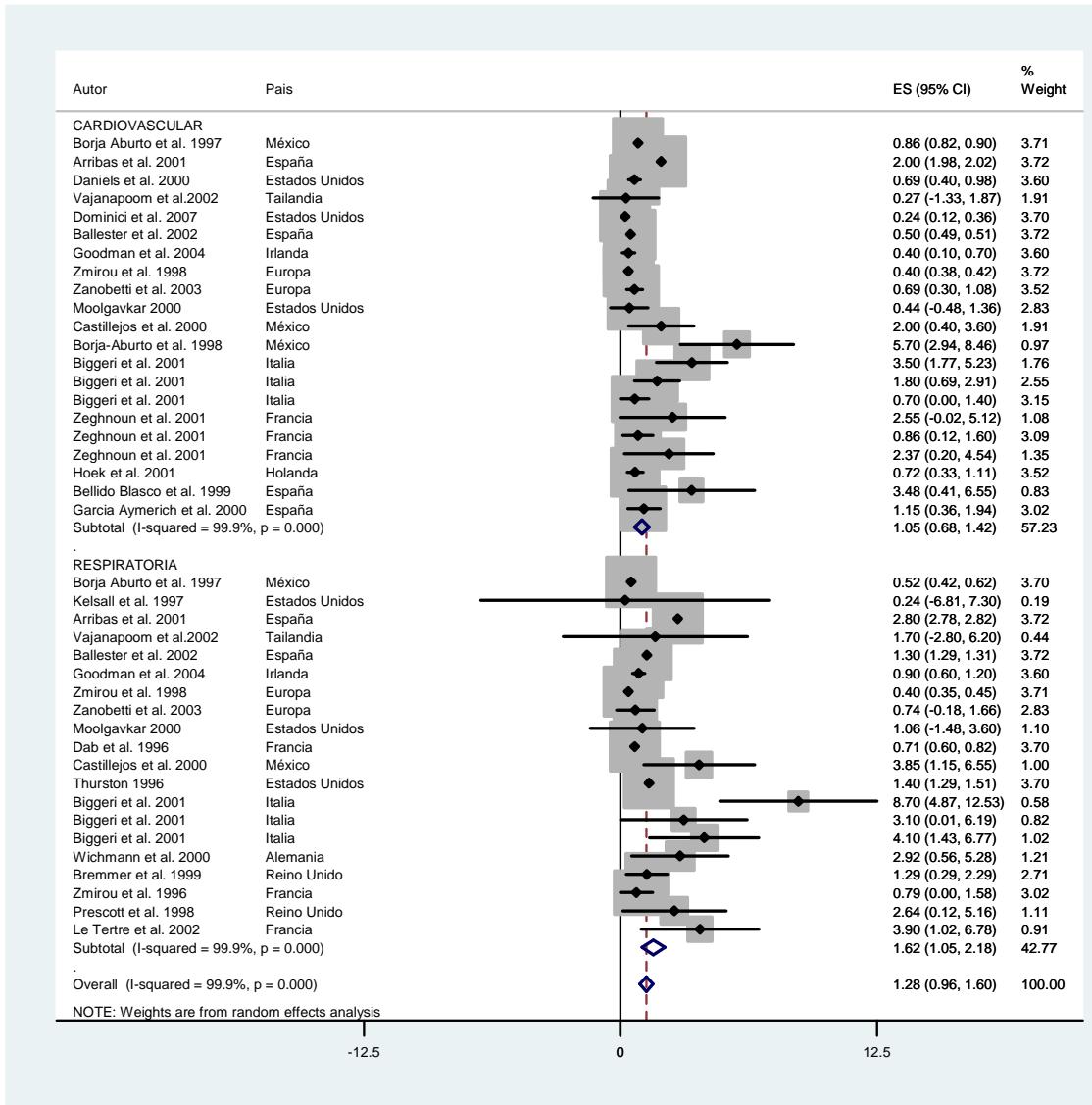
Study	ES	[95% Conf. Interval]	% weight

CARDIOVASCULAR			
Borja Aburto et al.	0.860	0.821 0.899	3.71
Arribas et al. 2001	2.000	1.980 2.020	3.72
Daniels et al. 2000	0.690	0.400 0.980	3.60
Vajananapoom et al. 2000	0.267	-1.332 1.866	1.91
Dominici et al. 2007	0.240	0.120 0.360	3.70
Ballester et al. 2000	0.500	0.494 0.506	3.72
Goodman et al. 2004	0.400	0.100 0.700	3.60
Zmirou et al. 1998	0.400	0.380 0.420	3.72
Zanobetti et al. 2000	0.690	0.300 1.080	3.52
Moolgavkar 2000	0.440	-0.479 1.359	2.83
Castillejos et al. 2000	2.000	0.401 3.599	1.91
Borja-Aburto et al.	5.700	2.936 8.464	0.97
Biggeri et al. 2001	3.500	1.769 5.231	1.76
Biggeri et al. 2001	1.800	0.691 2.909	2.55
Biggeri et al. 2001	0.700	0.000 1.400	3.15
Zeghnoun et al. 2001	2.550	-0.020 5.120	1.08
Zeghnoun et al. 2001	0.860	0.119 1.601	3.09
Zeghnoun et al. 2001	2.370	0.200 4.540	1.35
Hoek et al. 2001	0.720	0.330 1.110	3.52
Bellido Blasco et al	3.480	0.411 6.549	0.83
Garcia Aymerich et al	1.150	0.360 1.940	3.02
Sub-total			
D+L pooled ES	1.053	0.681 1.425	57.23

RESPIRATORIA			
Borja Aburto et al.	0.520	0.422 0.618	3.70
Kelsall et al. 1997	0.243	-6.813 7.299	0.19
Arribas et al. 2001	2.800	2.776 2.824	3.72
Vajananapoom et al. 2000	1.700	-2.800 6.200	0.44
Ballester et al. 2000	1.300	1.286 1.314	3.72
Goodman et al. 2004	0.900	0.600 1.200	3.60
Zmirou et al. 1998	0.400	0.349 0.451	3.71
Zanobetti et al. 2000	0.740	-0.179 1.659	2.83
Moolgavkar 2000	1.064	-1.476 3.604	1.10
Inah et al. 1996	0.710	0.604 0.816	3.70

Diferencia en los resultados por causa de mortalidad

metan efecto d_estandar if mortalidad==3 | mortalidad==2, by(mortalidad) random lcols(autor pais)



Efecto del PM10 en la Mortalidad

**Existen diferencias en la magnitud
del efecto por grupos de edad?**

Diferencia en los resultados por edad de la población

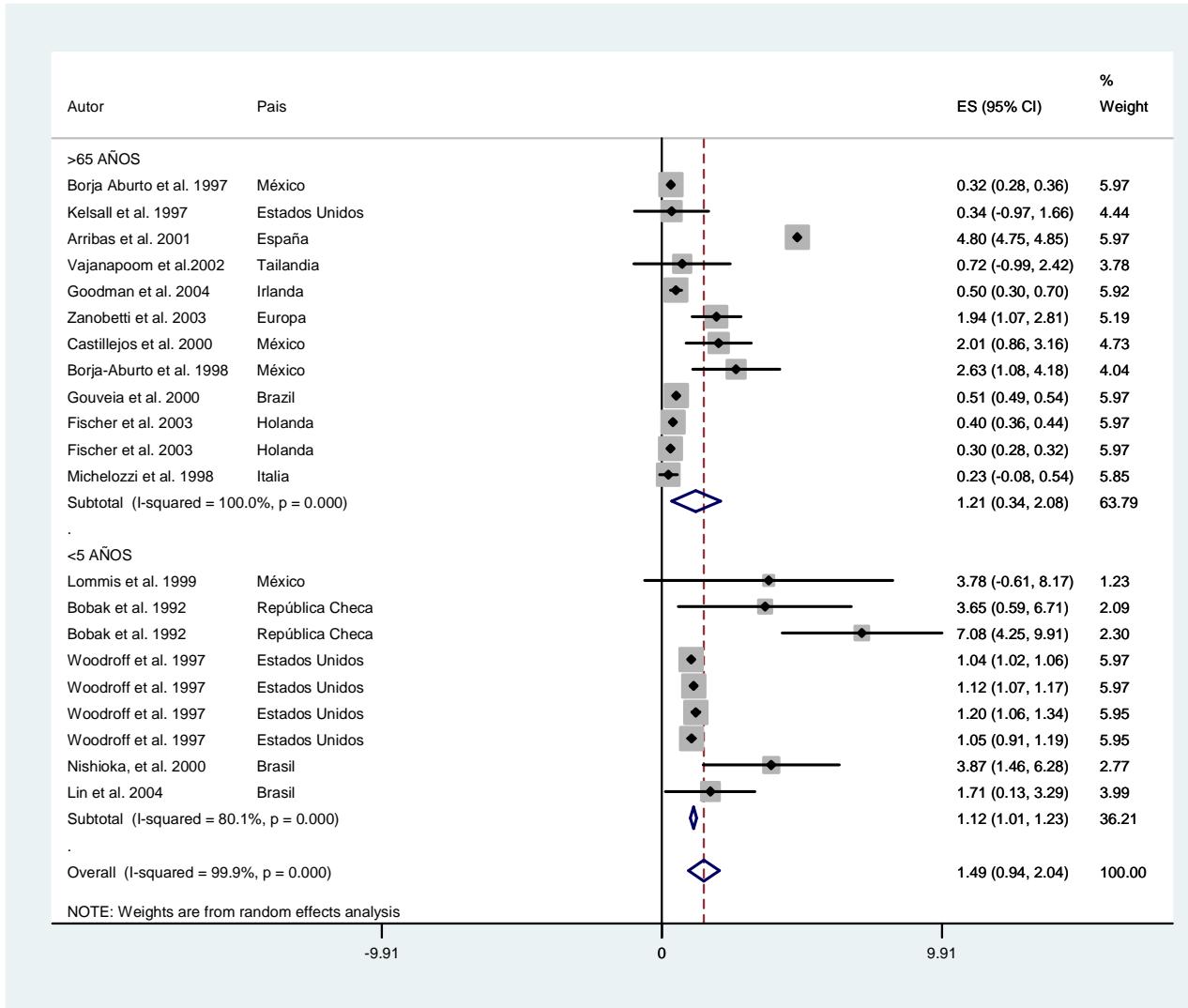
metan efecto d_estandar if mortalidad>3, by(mortalidad) random lcols(autor pais)

metan efecto d_estandar if mortalidad==4 | mortalidad==5, by(mortalidad) random lcols(autor pais)

Results				
Study	ES	[95% Conf. Interval]	% weight	
>65 AÑOS				
Borja Aburto et al.	0.320	0.281 0.359	6.11	
Kelsall et al. 1997	0.342	-0.971 1.655	4.55	
Arribas et al. 2001	4.800	4.755 4.845	6.11	
Vajananapoom et al. 2000	0.717	-0.988 2.422	3.87	
Goodman et al. 2004	0.500	0.300 0.700	6.06	
Zanobetti et al. 2000	1.940	1.070 2.810	5.31	
Castillejos et al. 2	2.010	0.860 3.160	4.84	
Borja-Aburto et al.	2.630	1.082 4.178	4.14	
Gouveia et al. 2000	0.514	0.487 0.541	6.11	
Fischer et al. 2003	0.400	0.365 0.435	6.11	
Fischer et al. 2003	0.300	0.278 0.322	6.11	
Michelozzi et al. 19	0.230	-0.084 0.544	5.99	
Sub-total				
D+L pooled ES	1.209	0.342 2.075	65.30	
<5 AÑOS				
Lommis et al. 1999	3.780	-0.610 8.170	1.26	
Bobak et al. 1992	3.650	0.590 6.710	2.13	
woodroff et al. 1997	1.040	1.020 1.060	6.11	
woodroff et al. 1997	1.120	1.069 1.171	6.11	
woodroff et al. 1997	1.200	1.061 1.339	6.09	
woodroff et al. 1997	1.050	0.911 1.189	6.09	
Nishioka, et al. 200	3.870	1.459 6.281	2.83	
Lin et al. 2004	1.710	0.130 3.290	4.08	
Sub-total				
D+L pooled ES	1.101	1.021 1.182	34.70	
Overall				
D+L pooled ES	1.357	0.803 1.911	100.00	

Diferencia en los resultados por edad de la población

metan efecto d_estandar if mortalidad>3, by(mortalidad) random Icols(autor pais)

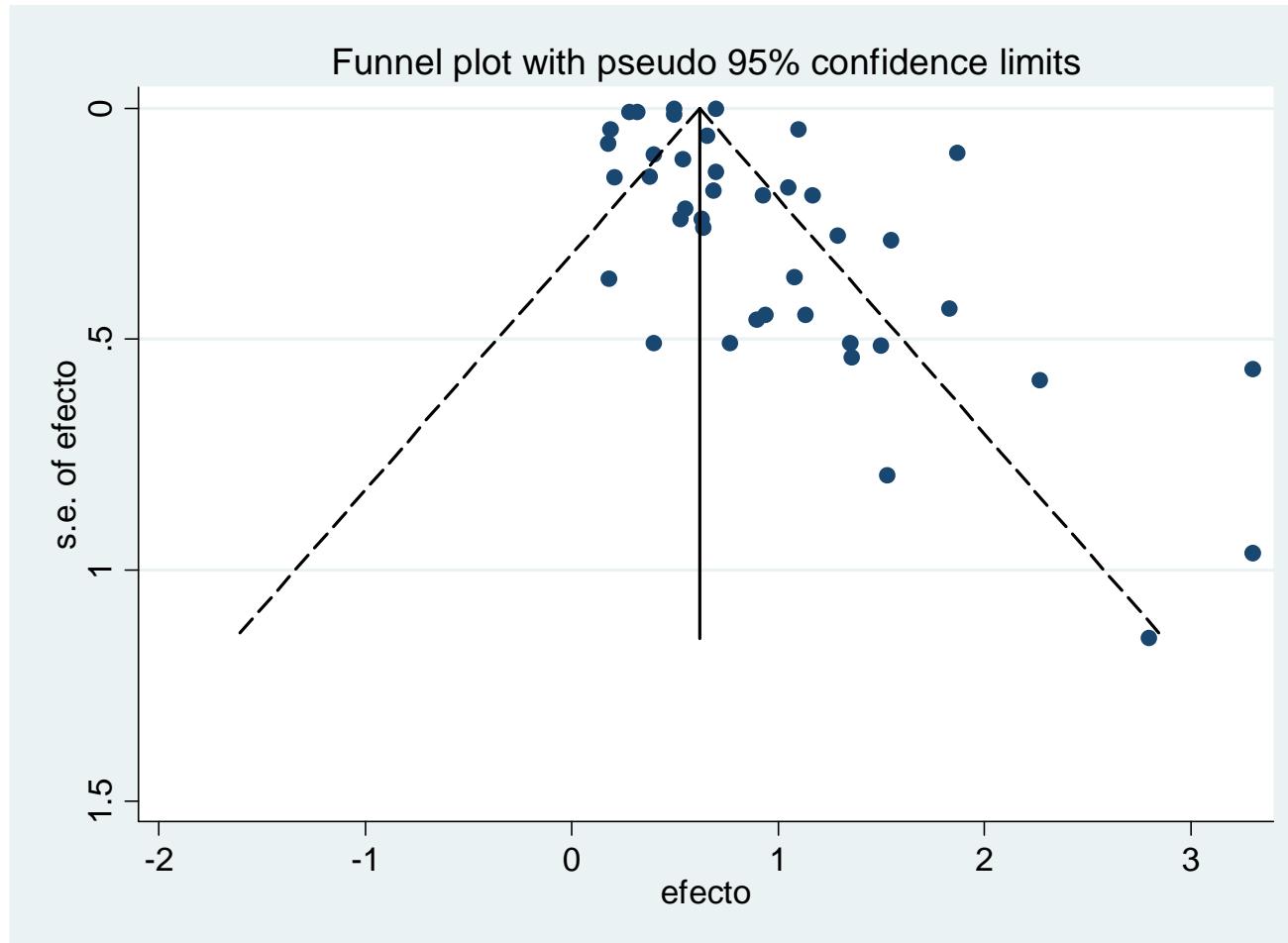


Efecto del PM10 en la Mortalidad

**Existen diferencias en la magnitud
del efecto por grupos de países:
OCDE vs NO OCDE?**

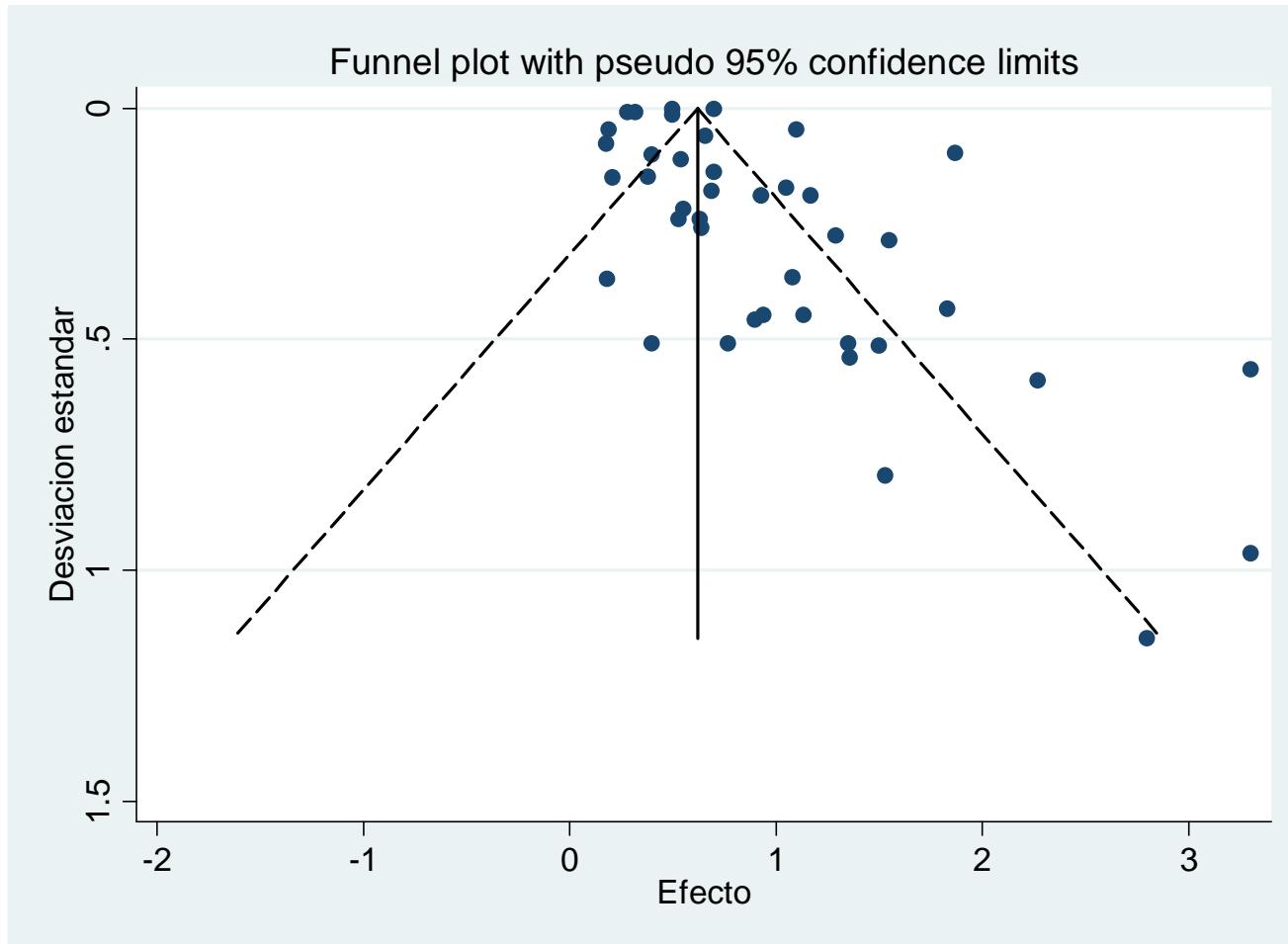
Existe sesgo de publicación?

metafunnel efecto d_estandar if mortalidad==1



Existe sesgo de publicación?

metafunnel efecto d_estandar if mortalidad==1, xtitle(Efecto) ytitle(Desviacion estandar)



Estimaciones del impacto de las medidas de mitigación a partir de la técnica del meta-análisis: El caso de la salud y la gasolina

Jimy Ferrer y Karina Caballero

División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos – CEPAL

Febrero 2011