

Efectos del material particulado grueso sobre la salud humana

Dr Claudio Vargas

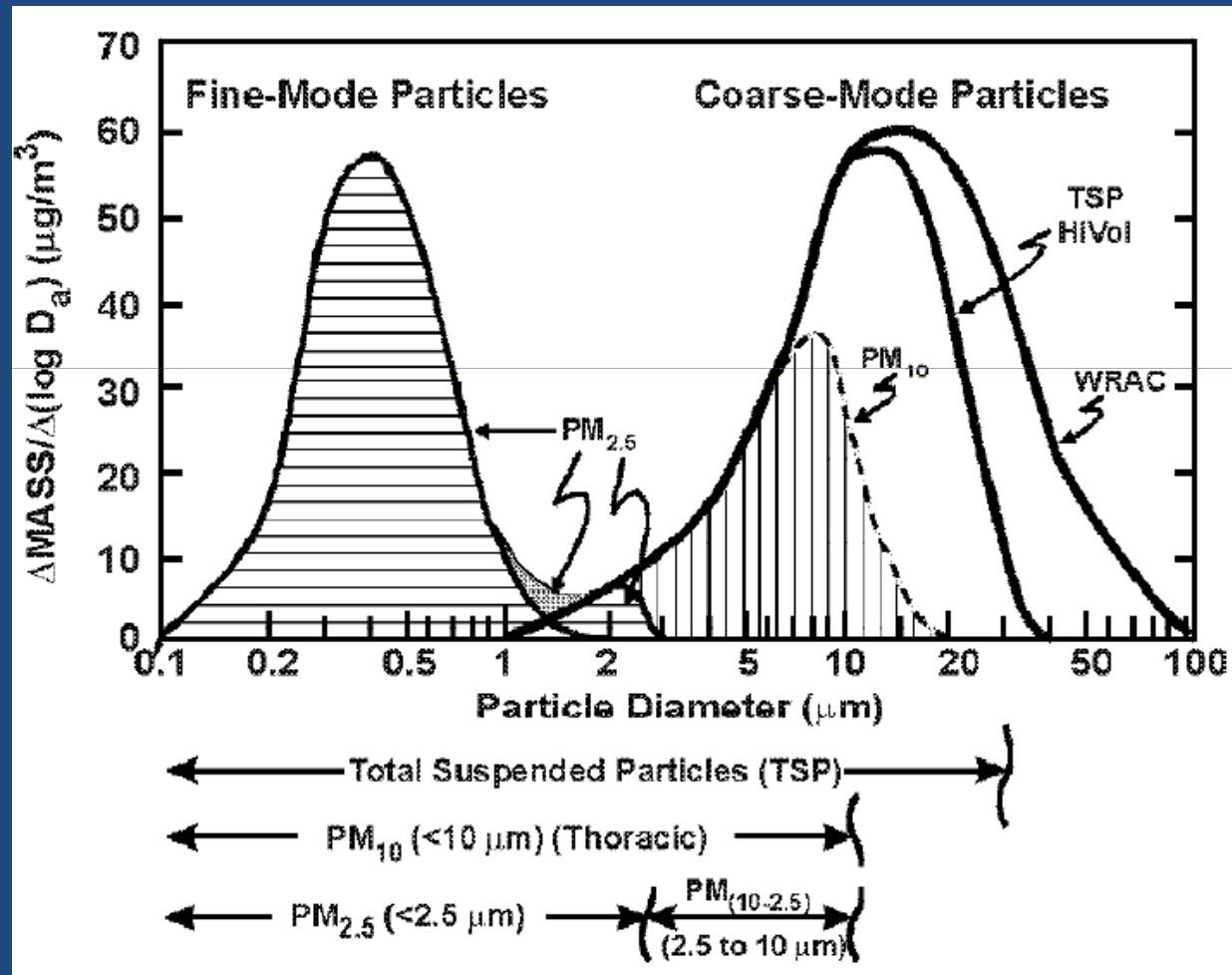
Outline

- **Contexto**
- **Caracterización de las fracciones del material particulado**
- **Efectos de la exposición de corto plazo de la fracción gruesa.**
- **Efectos de la exposición de crónica a la fracción gruesa.**
- **Conclusiones**

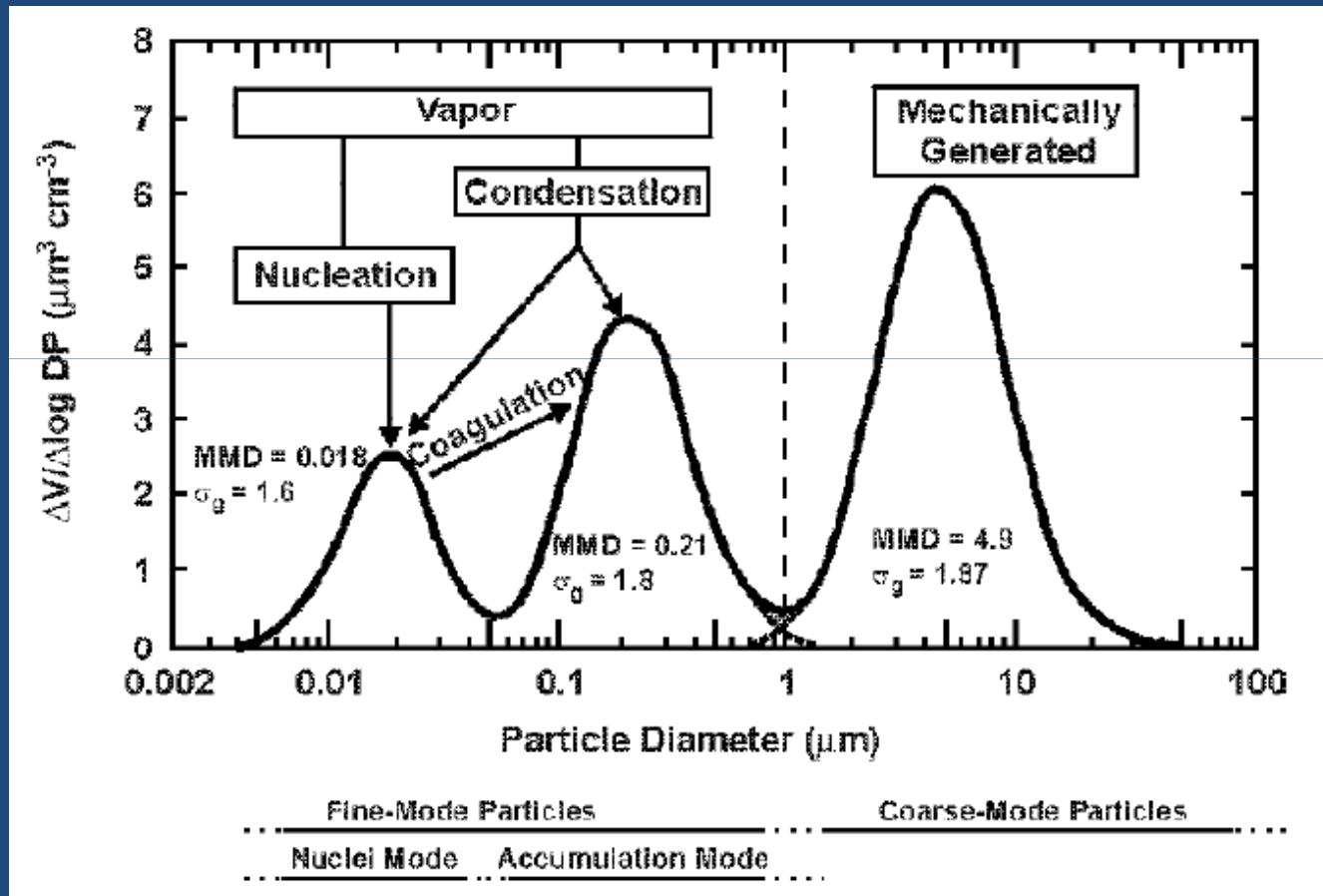
Caracterización de las fracciones del material particulado

	Particulado fino	Particulado grueso
Se forma a partir de:	gases	Sólidos grandes, gotas
Se forma a través de:	Reacciones químicas o vaporización. Nucleación, condensación sobre núcleos, y coagulación. Evaporación de gotitas de neblina y nubes en que se han disuelto gases	Disrupción mecánica (aplastamiento, molienda, abrasión de superficies, etc.). Evaporación de sprays. Suspensión de polvos
Están compuestas de:	Sulfato, nitrato, amonio, carbono elemental. Compuestos orgánicos como los HAP. Metales como plomo, cadmio, vanadio, níquel, cobre, zinc, manganeso, hierro)	Polvo resuspendido del suelo y las calles. Ceniza del carbón y petróleo. Óxidos de elementos de la corteza (sílice, aluminio, titanio y hierro). Sal, carbonato de calcio, polen, esporas de hongos, moho. Fragmentos de plantas y animales. Detritus del desgaste de los neumáticos
Solubilidad	Predominantemente solubles, higroscópico y deliquescente	Predominantemente insolubles y no higroscópicos
Fuentes	Combustión del carbón, petróleo, gasolina, diesel o madera. Procesos a altas temperaturas como fundiciones y siderúrgicas. SO	Resuspensión del polvo industrial y del suelo en carreteras y calles. Suspensión del suelo en minería, caminos no pavimentados. Fuentes biológicas. Construcción y demolición. Spray oceánico. Combustión de carbón y petróleo.
Vida media en la atmósfera	Días a semanas	Minutos a horas
Distancia de viaje	100 a 1000 km	1 a 10 km

La distribución bimodal del MP



Mecanismos de formación de las diferentes fracciones



Correlación entre el PM_{10} y el $PM_{10-2.5}$

- Las altas correlaciones entre el PM_{10} y el $PM_{2.5}$ se deben fundamentalmente a que uno es parte constituyente del otro.
- Las correlaciones entre ambas fracciones es mucho más errática ya que se generan en procesos diferentes. A pesar de ello las correlaciones habitualmente bordean el 0,5

Consideraciones metodológicas de los estudios que evalúan la fracción gruesa del PM_{10}

- En gran parte de los estudios el $PM_{10-2.5}$ se estima de la resta del PM_{10} y el $PM_{2.5}$. Esto trae como consecuencia un error de medición mayor y un sesgo de la estimación del efecto hacia la nula.
- Se agrava esta circunstancia por el hecho que la representatividad espacial de las estaciones de monitoreo es menor para el material grueso debido a que por su tendencia a precipitar su distribución espacial es más heterogénea.
(Problema de mala alineación espacial)

Mortalidad en exposición de corto plazo

- Estudios de una ciudad muestran efectos importantes en Ciudad de México, Phoenix y Santiago. En general ciudades con baja humedad relativa. En el estudio de 47 ciudades de Zanobetti y Schwartz con un total de 5600000 muertes encuentra un efecto de un incremento porcentual de 0,46%; 0,32% y 1,16% para mortalidad total, cardiovascular y respiratoria respectivamente ante aumentos de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

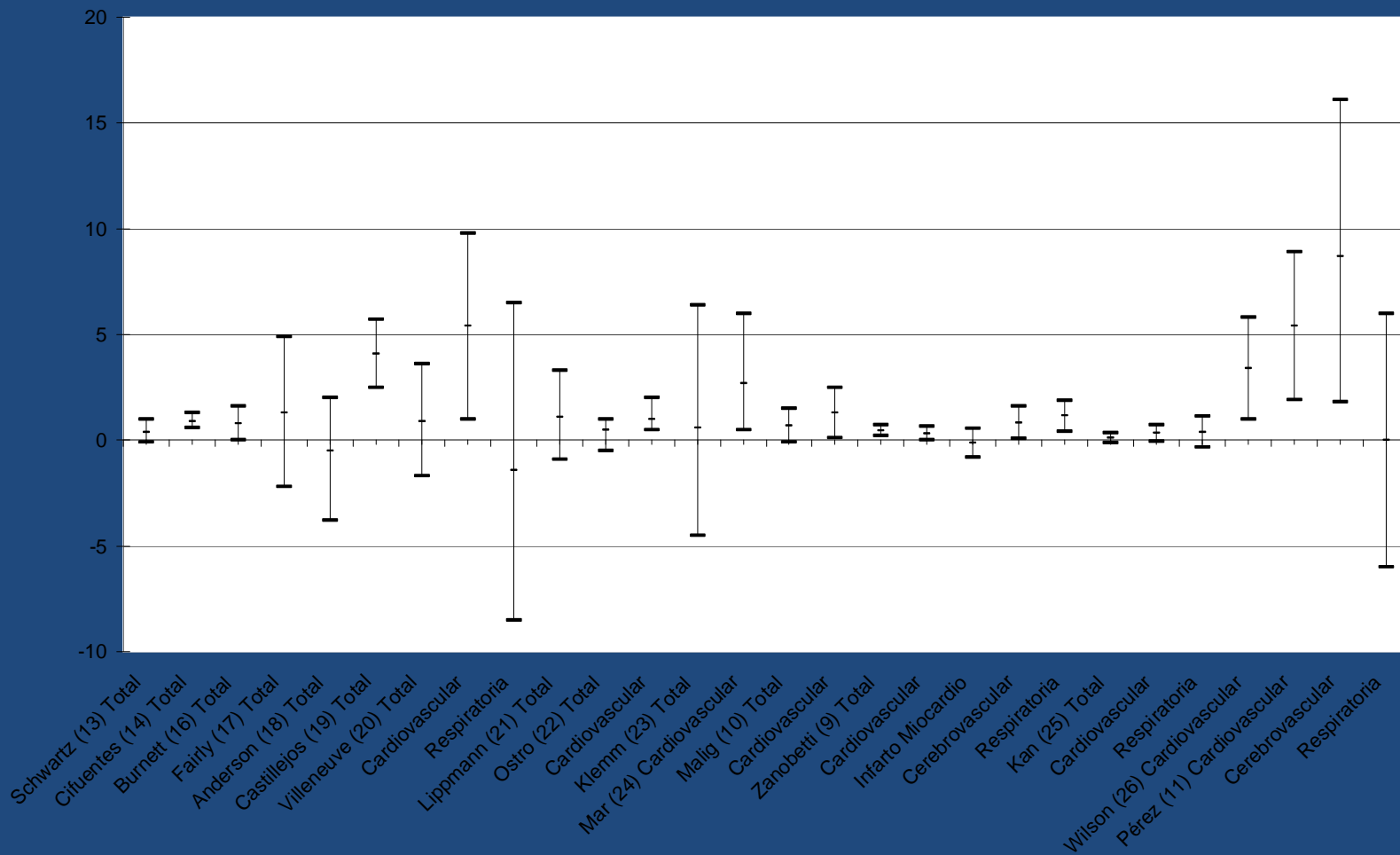
Estudios que evalúan el efecto en la mortalidad de la exposición de corto plazo a PM_{10-2.5}

Estudio	Lugar	End-point	Nº de eventos aprox.	Medición de la fracción gruesa	Estimación de efecto incremento % por 10 µg/m ³	Modelo de dos contaminantes
Schwartz(13)	Seis ciudades USA	Total	190000	Directa	0.4(-0.1-1.0)	No reportado
Cifuentes(14)	Santiago, Chile	Total	186000	Directa	0.9(0.6-1.3)	0.1(-0.3-0.5)
Lipfert (15)	Filadelfia	Total		Directa	No significativo	No reportado
Burnett(16)	Ocho ciudades canadienses	Total	110000	Directa	0.8(0.0-1.6)	No efecto
Fairly(17)	Santa Clara, USA	Total	60000	Directa	1.3(-2.2-4.9)	-2.4(-9.0-4.8)
Anderson(18)	West Midlands, Reino Unido	Total	49000	Directa	-0.5(-3.8-2.0)	No reportado
Castillejos(19)	Ciudad de México	Total	30100	Indirecta	4.1(2.5-5.7)	4.0(2.0-6.0)
Villeneuve(20)	Vancouver, Canadá	Total Cardiovascular Respiratoria	28200	¿?	0.9(-1.7-3.6) 5.4(1.0-9.8) -1.4(-8.5-6.5)	No reportado
Lippmann(21)	Detroit/Michigan, USA	Total	25000	directa	1.1(-0.9-3.3)	No reportado

Estudios que evalúan el efecto en la mortalidad de la exposición de corto plazo a PM_{10-2.5}

Estudio	Lugar	End-point	N° de eventos aprox.	Medición de la fracción gruesa	Estimación de efecto incremento % por 10 µg/m³	Modelo de dos contaminantes
Ostro(22)	Coachella, USA	Total Cardiovascular	21000	indirecta	0.5(-0.5-1.0) 1.0(0.5-2.0)	No reportado
Klemm(23)	Atlanta, USA	Total	8400	¿?	0.6(-4.5-6.4)	No reportado
Mar(24)	Phoenix, USA	Cardiovascular	4200	Indirecta	2.7(0.5-6.0)	No reportado
Malig(10)	Quince condados en California	Total Cardiovascular	107200 46000	Indirecta	0,7(-0,1-1,5) 1,3(0,1-2,5)	Disminuye precisión
Zanobetti(9)	47 ciudades en USA	Total Cardiovascular Infarto Miocard Cerebrovascular Respiratoria	5600000 para estudio completo (112 ciudades)	Indirecta	0.46(0.21-0.71) 0.32(0.00-0.64) -0.12(-0.80-0.56) 0.84(0.07-1.62) 1.16(0.43-1.89)	0.47(0.21-0.73) 0.29(-0.04-0.61) 0.04(-0.72-0.81) 0.71(0.02-1.41) 1.14(0.43-1.85)
Kan(25)	Shangai, China	Total Cardiovascular Respiratoria	79600	Indirecta	0.12(-0.13-0.36) 0.34(-0.05-0.73) 0.40(-0.34-1.13)	no
Wilson(26)	Phoenix, USA Anillo medio	Cardiovascular			3.4 (1.0- 5.8)	no
Pérez(11)	Barcelona	Cardiovascular Cerebrovascular Respiratoria		Indirecta	5.4(1.9-8.9) 8.7(1.8-16-1) 0.0(-6.0-6.0)	5.3(1.3-9-4) 10.3(1.3-19.0) 0.2(-6.3-7.1)

Incremento porcentual de la mortalidad ante aumento del $PM_{10-2,5}$ en $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Morbilidad de corto plazo

- Heterogeneidad de los efectos: estudios canadienses muestran impacto mayor. El estudio multi-sitios más grande e importante y metodológicamente correcto encontró un incremento de 0,36% en las hospitalizaciones cardiovasculares de urgencia y 0,33% no significativo en las respiratorias. Al controlar por particulado fino el efecto cayó a 0,25% y 0,26% respectivamente y perdiendo significancia estadística. En un análisis secundario hay modificación de efecto por urbanicidad.

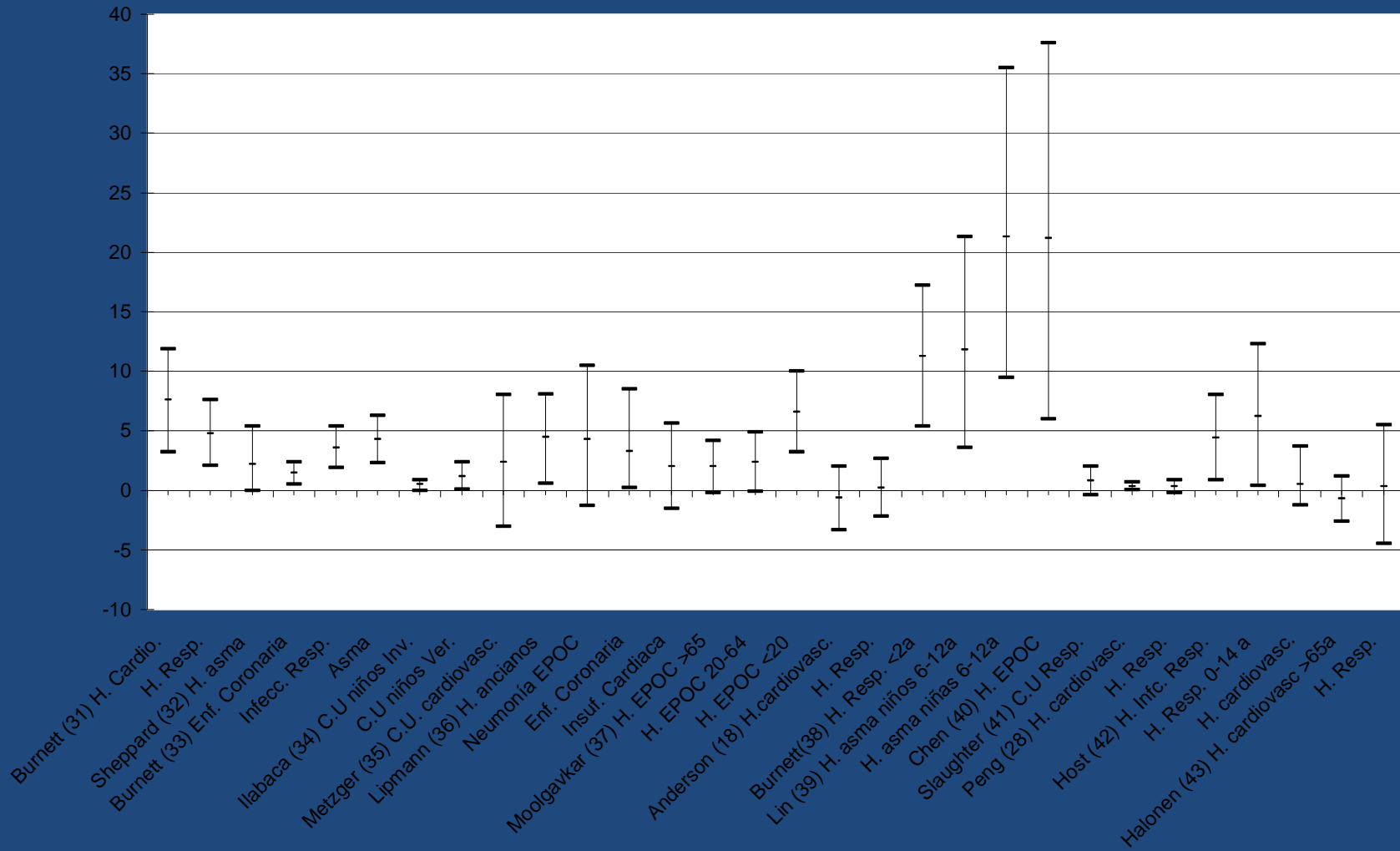
Estudios que evalúan el efecto en la morbilidad de la exposición de corto plazo a PM_{10-2.5}

Estudio	Lugar	End-point	N° de eventos aprox.	Medición de la fracción gruesa	Estimación de efecto incremento % por 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Modelo de dos contaminantes
Burnett(31)	Toronto, Canadá	Hospitalizaciones cardiovasculares Hospitalizaciones respiratorias	16500 9200	Directa	7.6(3.2-11.9) 4.8(2.1-7.6)	No reportado No reportado
Sheppard(32)	Seattle, USA	Hospitalizaciones asma	7800	Indirecta	2.2(0.0-5.4)	No reportado
Burnett(33)	Toronto, Canadá	Enfermedad coronaria Infecciones respiratorias Asma	130000	Directa	1.5(0.5-2.4) 3.6(1.9-5.4) 4.3(2.3-6.3)	Significativo para asma y EPOC
Ilabaca(34)	Santiago, Chile	Consultas de urgencia niños	61000	Indirecta	Inv 0.5(0.0-0.9) Ver 1.2(0.1-2.4)	No reportado
Metzger(35)	Atlanta, USA	Consultas urgencias CV	27000	Directa	2.4(-3.0-8.0)	No reportado
Lipmann(36)	Detroit, USA	Hospitalizaciones ancianos Neumonía EPOC Enf Coronaria Insuficiencia cardiaca	No conocido	Indirecto	4.5(0.6-8.1) 4.3(-1.3-10.5) 3.3(0.2-8.5) 2.0(-1.5-5.6)	No reportado
Moolgavkar (37)	Los Angeles, USA	Hospitalizaciones EPOC >65 EPOC 20-64 EPOC <20	11000	Indirecto	2.0(-0.2-4.2) 2.4(-0.1-4.9) 6.6(3.2-10)	No reportado
Anderson(18)	West Midlands, Reino Unido	Hospitalizaciones CV Respiratorias	47000 16000	Indirecto	-0.6(-3.3-2.0) 0.2 (-2.2-2,7)	No reportado

Estudios que evalúan el efecto en la morbilidad de la exposición de corto plazo a PM_{10-2.5}

Estudio	Lugar	End-point	N° de eventos aprox.	Medición de la fracción gruesa	Estimación de efecto incremento % por 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Modelo de dos contaminantes
Burnett(38)	Toronto, Canadá	Hospitalizaciones respiratorias <2a	16000	Directo	11.3(5.4-17.2)	No reportado
Lin(39)	Toronto, Canadá	Hospitalizaciones Asma niños niñas 6-12a	7300	Directo	11.8(3.6-21.3) 21.3(9.5-35.5)	No reportado
Chen(40)	Vancouver, Canadá	Hospitalizaciones EPOC	4400	Indirecto	21.2(6.0-37.6)	15.9(-0.1-32.6)
Slaughter(41)	Spokane, USA	Consultas urgencia resp	29000	Indirecto	0.8(-0.4-2.0)	No reportado
Peng (28)	108 condados, USA	Hospitalizaciones Cardiovasculares Respiratorias	3700000 1400000	Indirecto	0.36(0.05-0.68) 0.33(-0.21-0.86)	0.25(-0.11-0.6) 0.26(-0.32-0.84)
Host(42)	Seis ciudades , Francia	Hospitalizaciones Infección resp Respirator 0-14a Cardiovasculares	No reportado	Indirecto	4.4(0.9-8) 6.2(0.4-12.3) 0.5(-1.2-3.7)	No reportado
Halonen(43)	Helsinki	Hospitalizaciones Cardiovasculares > de 65a Respiratorias	16200 3700	Directo	-0.70(-2.6-1.2) 0.36 (-4.5-5.5)	No reportado

Estudios de morbilidad y $PM_{10-2.5}$



Tormentas de arena

- Estudios en Asia. Tormentas en China que afectan a Taiwán y Corea del Sur. Se revisan las cifras de mortalidad y morbilidad encontrándose efectos positivos sin significación estadística.
- Estudio en Australia que también encuentra asociación. El grueso del particulado de la tormenta era particulado fino.

Tormentas de arena

- En Barcelona Pérez encuentra que las tormentas de arena del Sahara tienen impacto en la mortalidad hasta de un 8,4%(1,5-15,8).
- En USA estudios contradictorios.
- En suma hay evidencia de efectos deletéreos, cuya plausibilidad biológica debe examinarse.

Conclusiones

- Hay evidencia en estudios de series temporales de asociación sugerente de causalidad entre morbilidad y material particulado grueso, a pesar de las dificultades metodológicas que presenta la medición adecuada de la exposición. La revisión de la ISA más reciente reconoce tal circunstancia.

Exposición crónica a material particulado grueso y mortalidad

- El estudio de cohortes más importante (el estudio de la Sociedad Americana de Cáncer) no encontró asociación significativa entre mortalidad y $PM_{10-2.5}$
- En cambio el de las Seis Ciudades de Harvard, si bien no analizó el punto en particular, una revisión de la EPA encontró un efecto del PM grueso marginalmente no significativo
- En las revisiones ulteriores de estos estudios no se ha vuelto a evaluar el efecto de la exposición al particulado grueso. Las revisiones han confirmado y aumentado el tamaño del efecto del particulado fino.

Exposición crónica a material particulado grueso y mortalidad

- Los estudios europeos no han considerado la evaluación de las fracciones del particulado, concentrándose en la medición del $PM_{2.5}$, algunos gases representativos de la contaminación vehicular o la cercanía a vías de alto tráfico.
- Dos estudios norteamericanos han reportado recientemente efectos de la exposición crónica al material particulado grueso: el estudio de los adventistas en California (AHSMOG) y el estudio de una cohorte de veteranos de guerra.

Exposición crónica a material particulado grueso y mortalidad

- En el estudio de los adventistas del séptimo día se encontró una asociación entre material particulado fino y la mortalidad cardiovascular en mujeres, en especial postmenopáusicas, pero no en hombres. El efecto algo menor se repitió para el mismo grupo con el particulado grueso.
- En el estudio de los veteranos el efecto más fuerte se encontró con el particulado fino, pero también se repitió con el particulado grueso.

Exposición crónica a material particulado grueso y mortalidad

- El estudio que sigue una cohorte de 120000 enfermeras de diferentes estados en USA encontró efecto del $PM_{2.5}$ en la mortalidad total (RR=1,26) y la mortalidad de causa coronaria (RR=2,13). El efecto del particulado grueso no alcanzó significancia estadística y fue nulo cuando se incorporaba al modelo el $PM_{2.5}$.

Salud reproductiva

- Estudios llevados a cabo en Europa, USA, Brasil muestran gran heterogeneidad en los efectos de la exposición a CO, PM₁₀ y PM_{2.5} y una serie de outcomes tales como Peso al nacer, Bajo peso para la EG, Prematuridad.
- Si bien el mayor número de los estudios analiza el PM10 , salvo el estudio de Parker no hay literatura que evalúe el efecto diferencial del particulado grueso

Efectos en el desarrollo

- Hay evidencia que el material particulado se asocia a malformaciones congénitas del corazón(Tetralogía de Fallot, CIA)
- No se asocia a labio leporino y otras malformaciones.
- No hay estudios que diferencien el efecto del particulado fino del grueso

Estudios experimentales de exposición humana controlada

- Sammett hace una revisión de los estudios de exposición controlada en el documento de apoyo a las normas europeas. Encuentra en general evidencia de efectos agudos sin que haya unanimidad en los estudios. Hay pocos estudios con material particulado grueso

Estudios toxicológicos

- Múltiples estudios demuestran la capacidad del material particulado grueso de provocar daño tisular, ya sea a través de generar una respuesta inflamatoria o la activación de radicales libres. Parte del efecto se encuentra dado por la presencia de endotoxinas bacterianas. El mayor problema de estos estudios toxicológicos es la manera de exponer a los animales de experimentación al contaminante, habitualmente a través de instilación de una solución del mismo.

Contextualización de efectos en salud del particulado grueso: el caso chileno.

- Estudio de Cifuentes mostró impacto en mortalidad diaria en especial en verano.
- El análisis del mismo autor encuentra beneficios de la mantención temporal de la norma de PM_{10} , asumiendo sólo los efectos del material particulado fino.

Conclusiones

- La caracterización del material particulado grueso muestra gran heterogeneidad a pesar de su origen en la fricción mecánica.
- Hay evidencia toxicológica que diversos componentes de este material son capaces de provocar daño inflamatorio en el árbol respiratorio y sobre el aparato cardiovascular.

Conclusiones

- Estudios epidemiológicos son consistentes en mostrar efectos de la exposición aguda del particulado grueso sobre mortalidad y diversos outcomes en morbilidad.
- La evidencia de efectos crónicos ha sido menos estudiada y los trabajos que muestran efecto en mortalidad no son aún concluyentes.

Conclusiones

- Otros efectos derivados de la exposición crónica: sobre el feto y recién nacido, EPOC y Asma , malformaciones congénitas no han separado adecuadamente el efecto de ambas fracciones de material particulado.
- Se aprecia en la literatura un cambio de actitud frente a los posibles efectos del particulado grueso desde una negación total de los mismos a una mirada menos dogmática que acepta un análisis empírico de los mismos

Conclusiones

- En síntesis hay evidencia creciente de efectos agudos en salud provocados por el material particulado grueso. Los estudios de los efectos de la exposición crónica no permiten descartar su existencia con impactos significativos en la salud pública.