

Universidad de Chile
Facultad de Medicina
Escuela de Salud Pública

La composición del material particulado atmosférico y efectos en salud de la población expuesta

Pablo Ruiz

División de Epidemiología

Escuela de Salud Pública

Universidad de Chile

- Pablo Ruiz
 - Bioquímico, Universidad de Chile
 - Doctor Salud Ambiental, Universidad de Harvard
 - Profesor Asistente División Epidemiología



Universidad de Chile
Facultad de Medicina
Escuela de Salud Pública

¿Qué es el material particulado atmosférico?

- Son partículas sólidas o líquidas que se encuentran en suspensión
- Se clasifican como MP2,5 o MP10
- MP2,5: Partículas menores que 2,5 μm
- MP10: Partículas menores que 10 μm

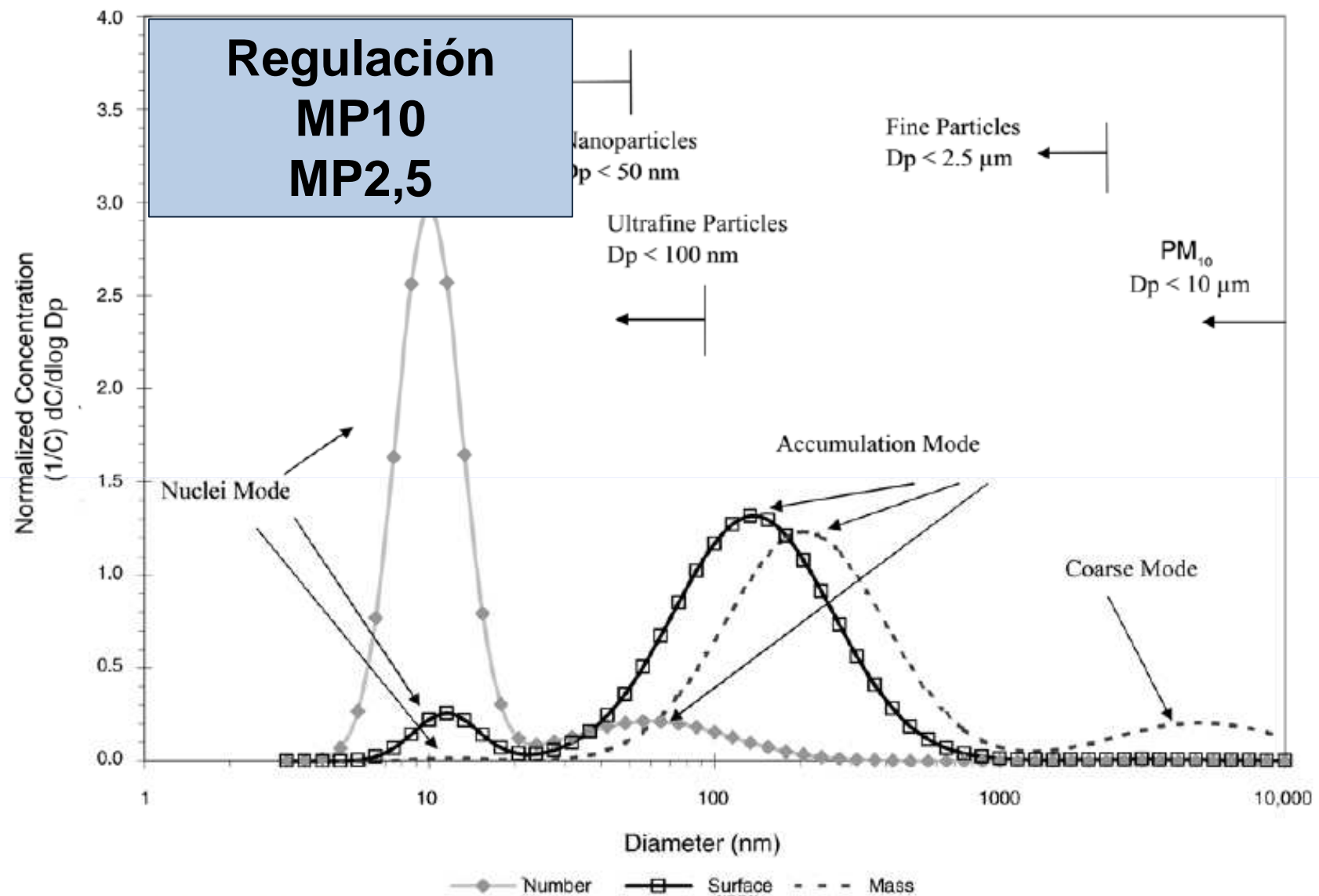


Figure 3.2. Normalized particle size distributions of typical roadway aerosol. D_p represents the particle diameter; $(1/C)dC/d\log D_p$ represents the logarithmic particle-concentration-distribution function weighted by number, volume (surface), and mass. Here, C is the concentration (number, surface, or mass) in a particular size range and C is total concentration summed over all sizes. (Courtesy of David Kittelson and Win Watts 2009.)

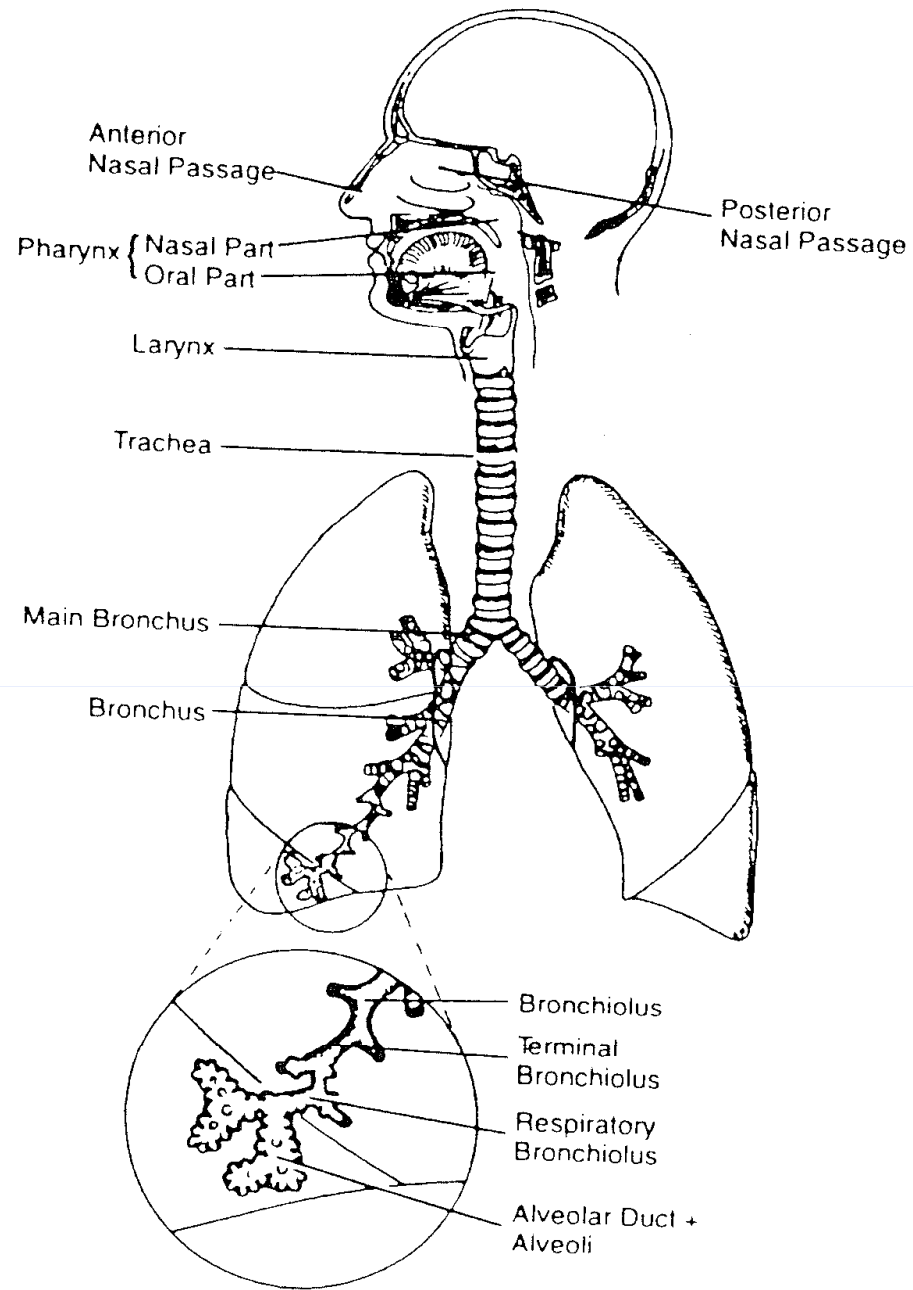


FIGURE 11.1 The respiratory system. Adapted from International Commission on Radiological Protection (1994).

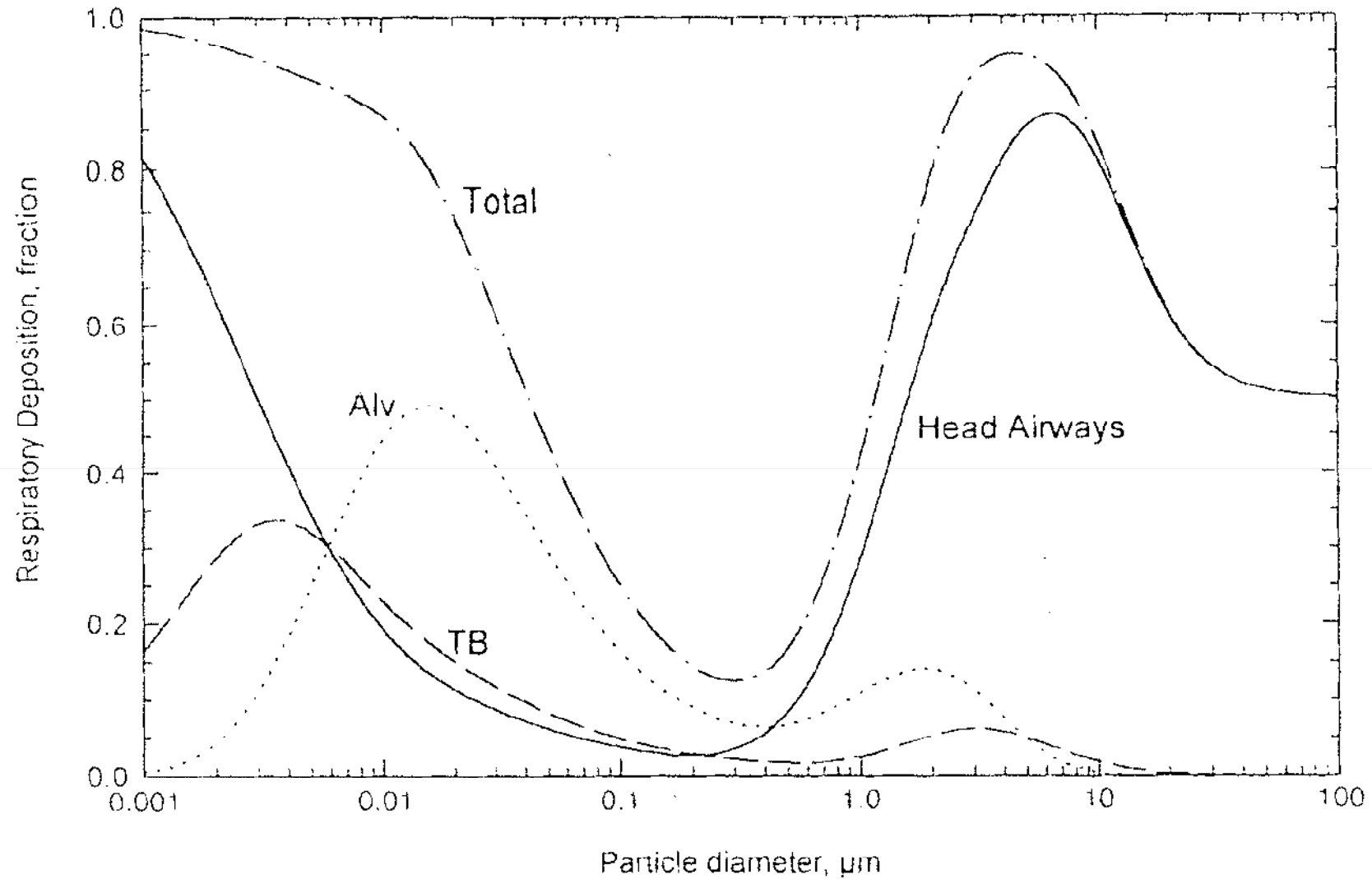
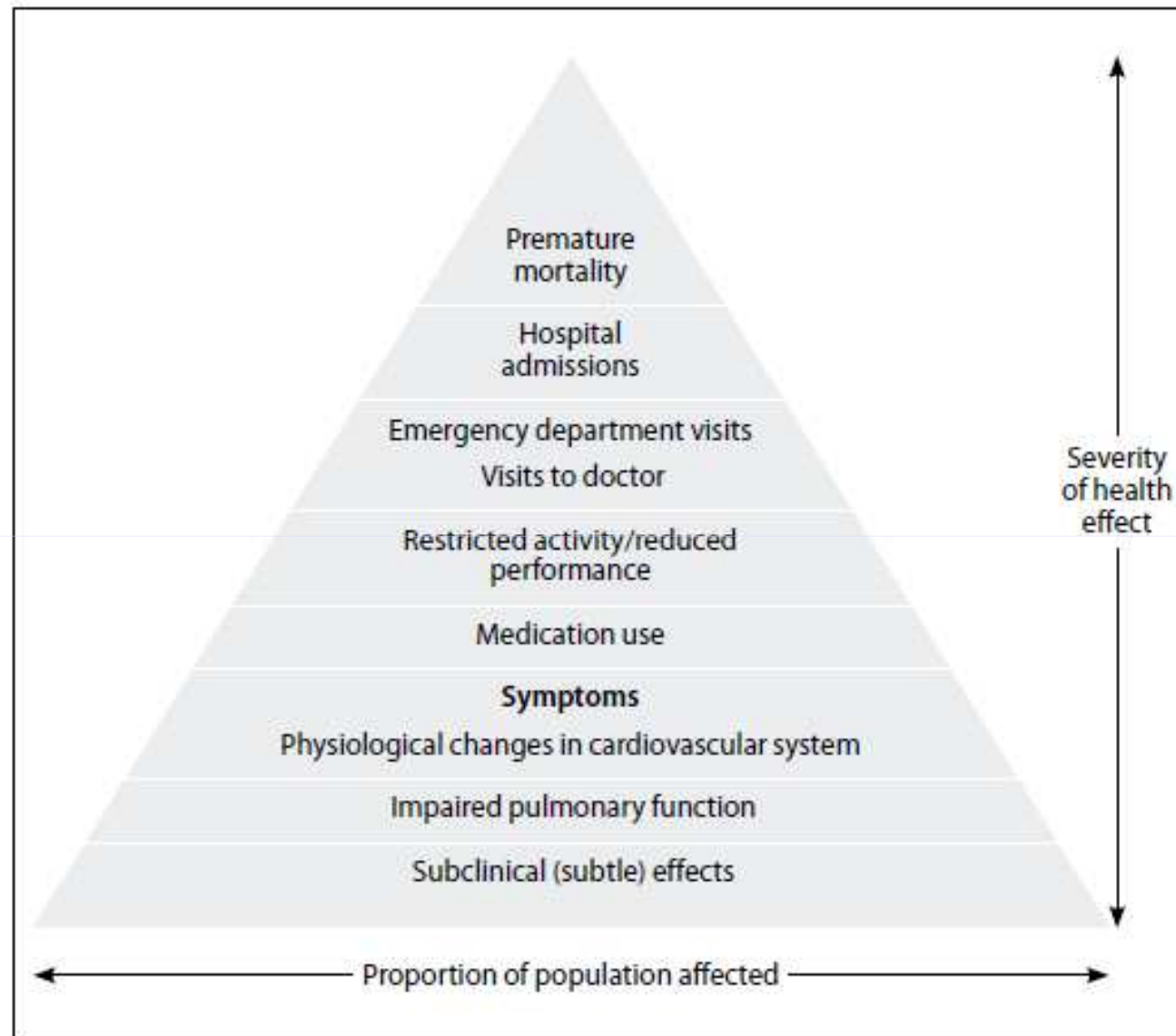


FIGURE 11.3 Predicted total and regional deposition for light exercise (nose breathing) based on ICRP deposition model. Average data for males and females.

¿Qué efectos en salud?

Fig. 1. Pyramid of health effects associated with air pollution



Source: American Thoracic Society (6).



Universidad de Chile
Facultad de Medicina
Escuela de Salud Pública

Efectos

- Mortalidad
 - Pulmonar, Cardiovascular, Cáncer
- Hospitalización
 - Pulmonar, ataques al corazón, embolias
- Síntomas
 - Tos, ataques de asma, medicación de asma



Universidad de Chile
Facultad de Medicina
Escuela de Salud Pública

Efectos

- Alteración funcional
 - Función pulmonar (espirometría)
- Marcador bioquímico
 - NO exhalado (inflamación), células en lavado broncoalveolar, PCR en sangre

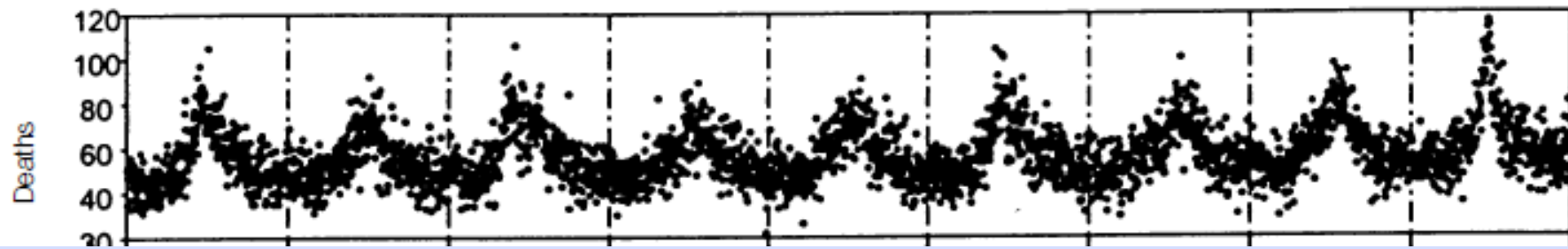
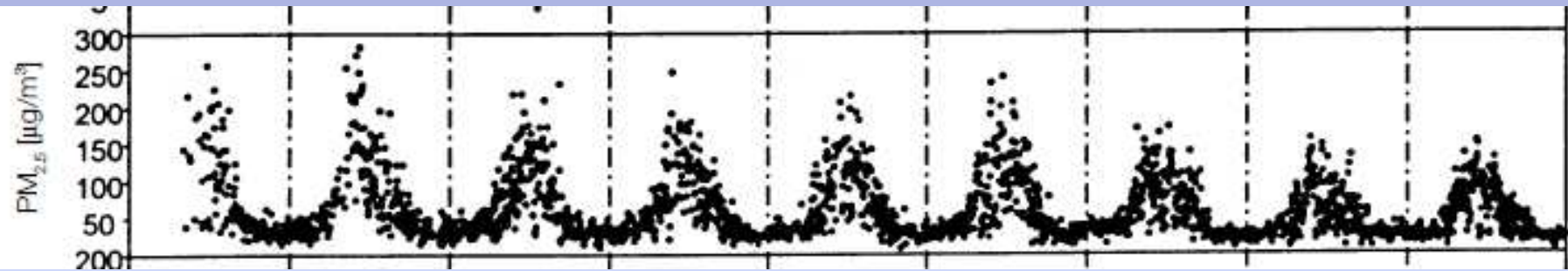


Universidad de Chile
Facultad de Medicina
Escuela de Salud Pública

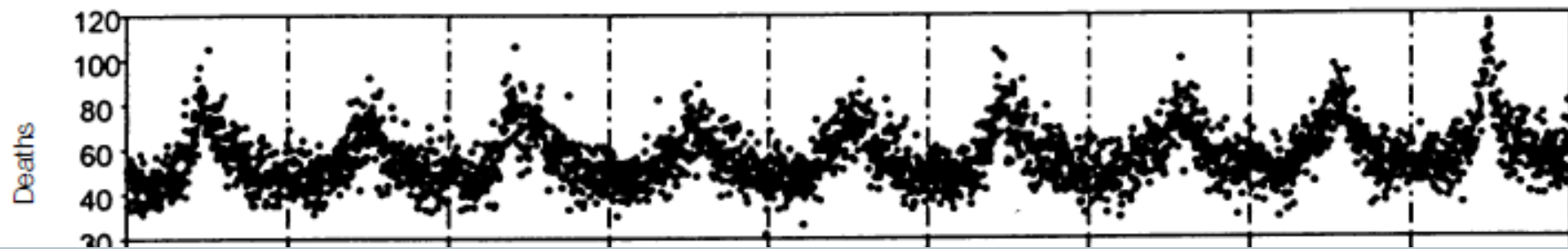
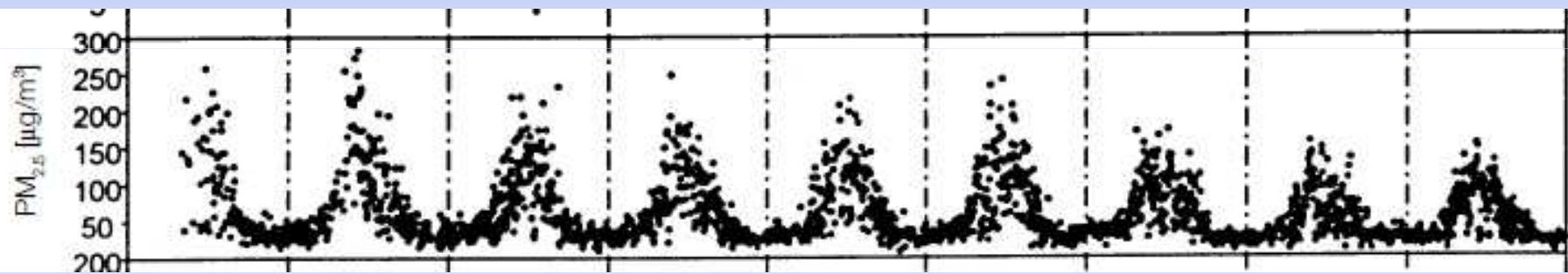
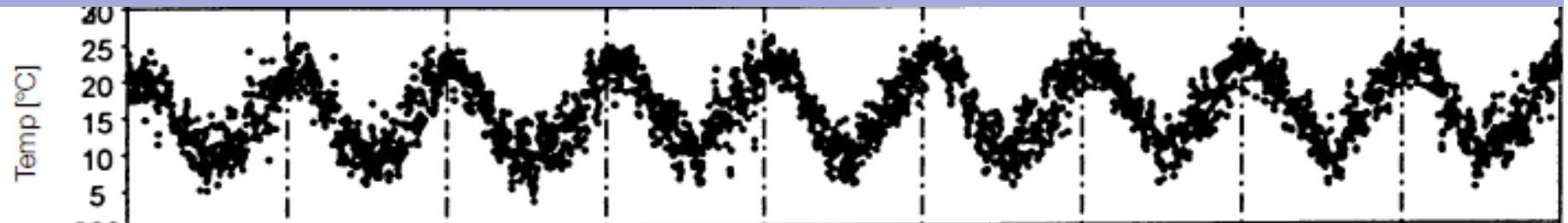
¿Cómo se estudia la mortalidad?

- Series de tiempo

Contaminación



Temperatura



**¿Cómo puedo saber si la
contaminación afecta la mortalidad?**

Modelamiento

- **Regresión de Poisson**
- Modelo estadístico de regresión
- Produce una ecuación (cuantitativo)

$$\text{LOG}(\text{Casos}) = b_0 + b_1 \text{PM}10 + b_2 \text{Temp} + b_3 \text{Polen} + \dots$$

Modelamiento

- **Regresión de Poisson**
- b_1 se interpreta como Riesgo Relativo
 - El efecto es independiente de las otras variables (temperatura!)
 - b_1 tiene e.e.: significancia estadística

Modelamiento

TECHNICAL PAPER

ISSN 1047-3289 *J. Air & Waste Manage. Assoc.* 50:1287-1298

Copyright 2000 Air & Waste Management Association

Effect of the Fine Fraction of Particulate Matter versus the Coarse Mass and Other Pollutants on Daily Mortality in Santiago, Chile

Luis A. Cifuentes, Jeanette Vega, and Katherine Köpfer

Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile

Lester B. Lave

Carnegie Mellon University, Pittsburgh, Pennsylvania

Riesgo relativo para la media

Table 6. Relative risk (RR) and t-ratios

All	PM _{2.5}	t-ratio
PM _{2.5}	1.042	6.7
PM _{10-2.5}	1.006	0.5
CO	1.025	3.5

RR=1,042

Aumento de 4,2% en mortalidad diaria
por cada 64 ug/m³ MP2,5 (media anual)

Resumen OMS (2005)

Table 3. Summary relative risk estimates (and 95% confidence intervals) for a 10- $\mu\text{g}/\text{m}^3$ increase in pollutant for all-cause and cause-specific mortality

Outcome/disease	Age	PM ₁₀	PM _{2.5}	Coarse particles	Black smoke	Ozone (8-hour)
All-cause	All ages	1.006 (1.004–1.008) 33^b	NA ^a	NA	1.006 (1.004–1.008) 26	1.003 (1.001–1.004) 15
Respiratory	All ages	1.013 (1.005–1.020) 18	NA	NA	1.006 (0.998–1.015) 18	1.000 (0.996–1.005) 12
Cardiovascular	All ages	1.009 (1.005–1.013) 17	NA	NA	1.004 (1.002–1.007) 18	1.004 (1.003–1.005) 13

^a NA = insufficient numbers available for meta-analysis (<4).

^b Numbers in bold indicate number of European studies available.

Source: Anderson et al. (2).

OMS. 2005. Guías de calidad de aire.

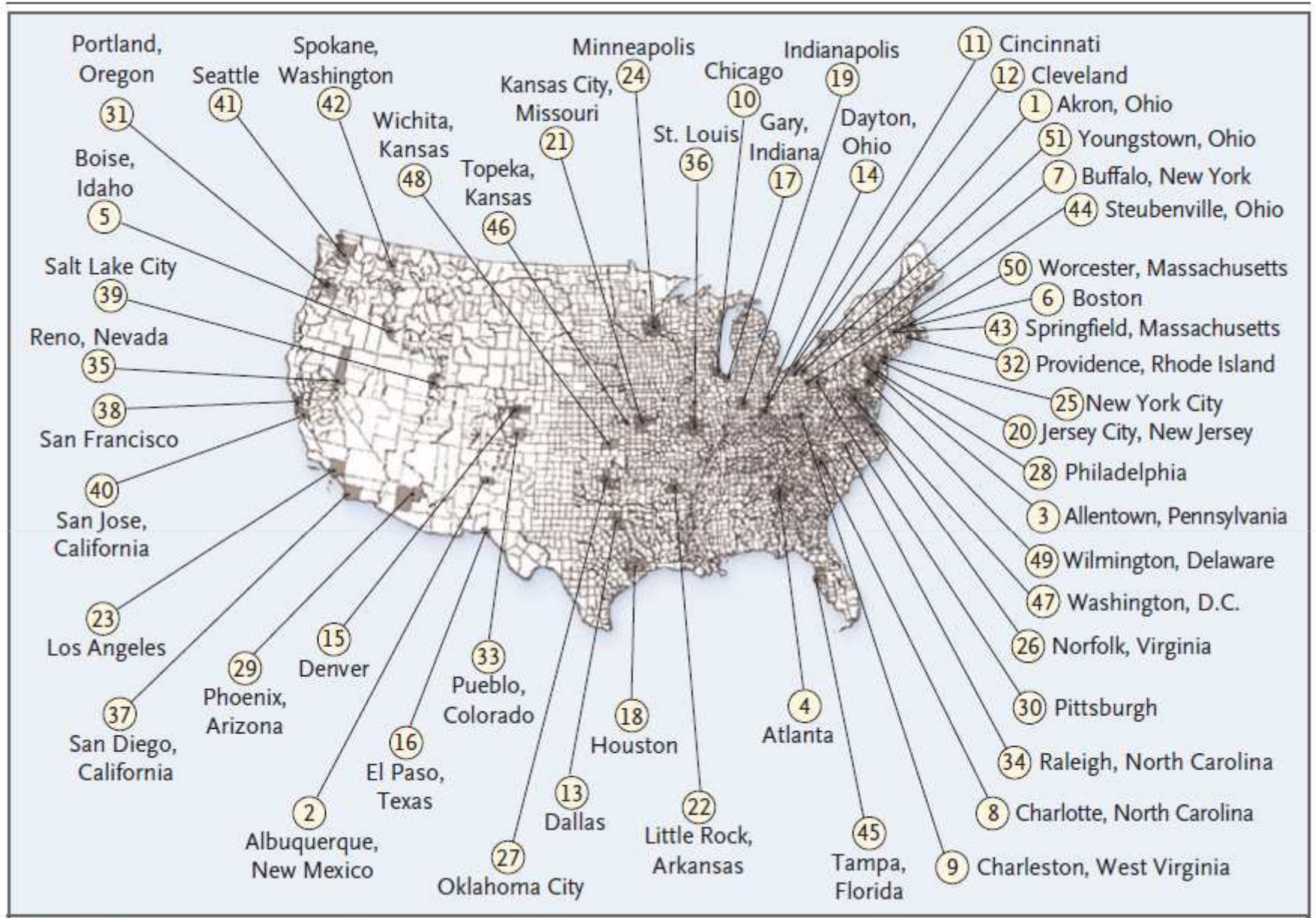


Figure 1. Distribution of Study Areas.

Pope. 2009. NEJM

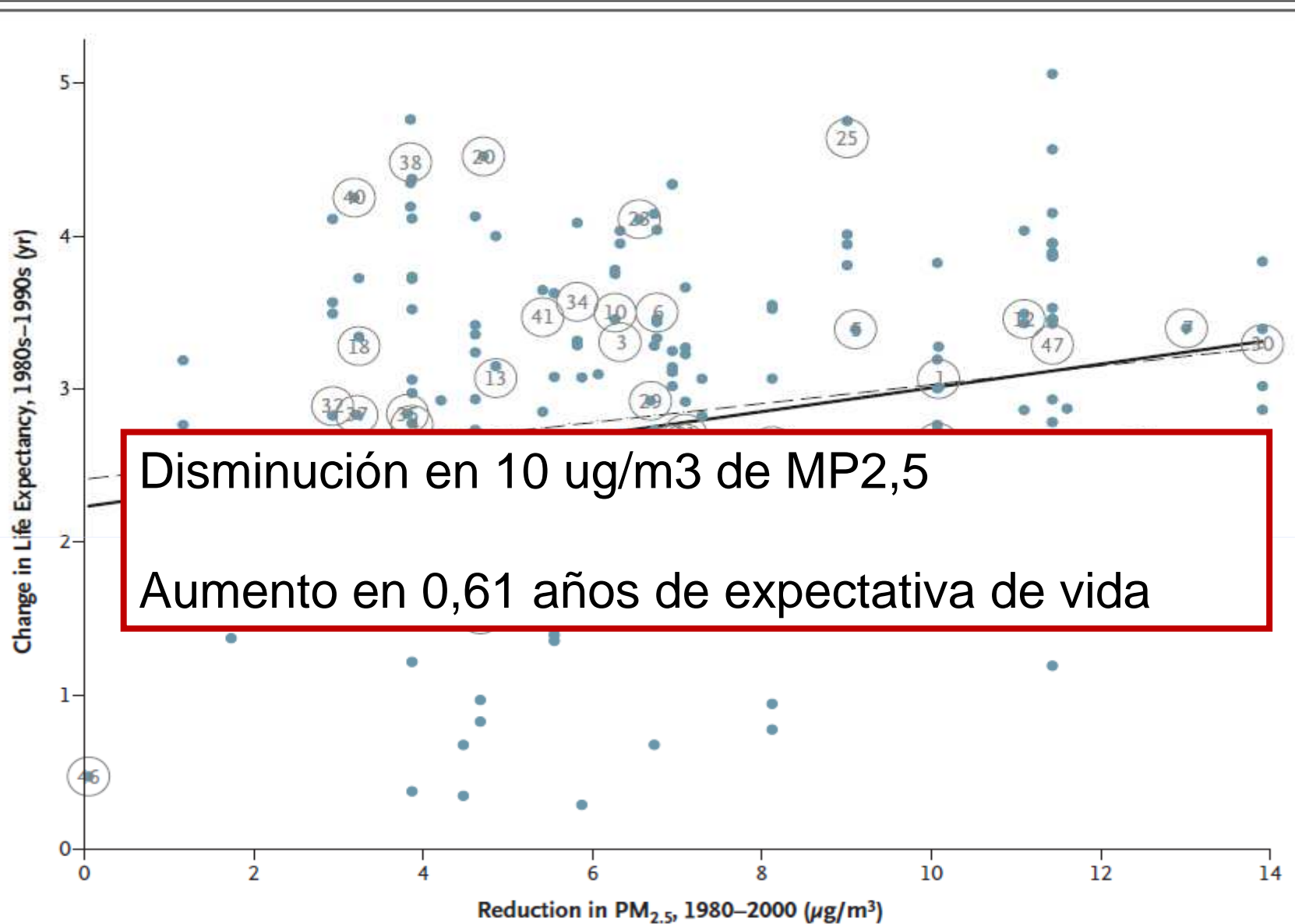


Figure 4. Changes in Life Expectancy for the 1980s–1990s, Plotted against Reductions in PM_{2.5} Concentrations for 1980–2000.

Pope. 2009. NEJM

Regulación EPA

	MP2,5	MP10
24 horas	35 ug/m ³	No
Anual	15 ug/m ³	No

Regulación OMS

	MP2,5	MP10
24 horas	25 ug/m ³	50 ug/m ³
Anual	10 ug/m ³	20 ug/m ³

Regulación Chile

	MP2,5	MP10
24 horas	En formación	150 ug/m ³
Anual	En formación	50 ug/m ³

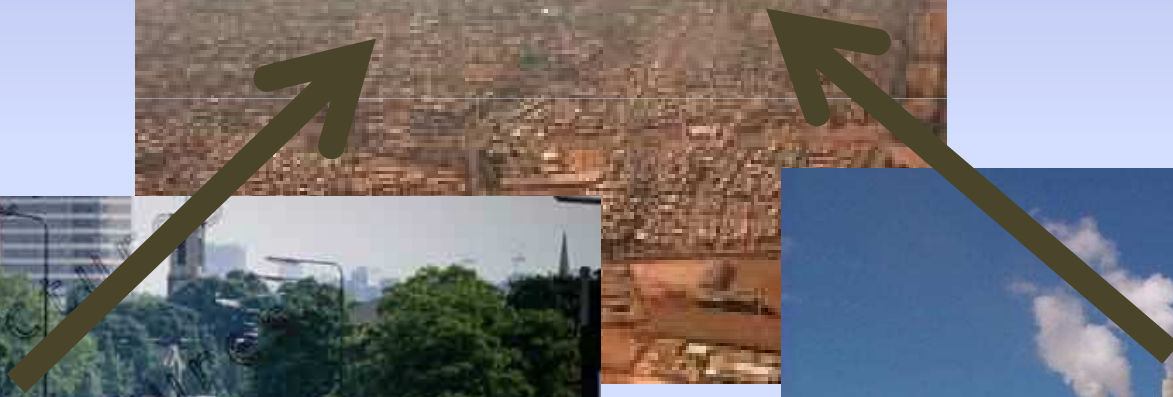
Media anual 35ug/m³ MP2,5

EPA 15 ug/m³

OMS 10 ug/m³

Concentraciones diarias 40% de los días más que 35 ug/m³

Fuentes Material Particulado



Material particulado y origen

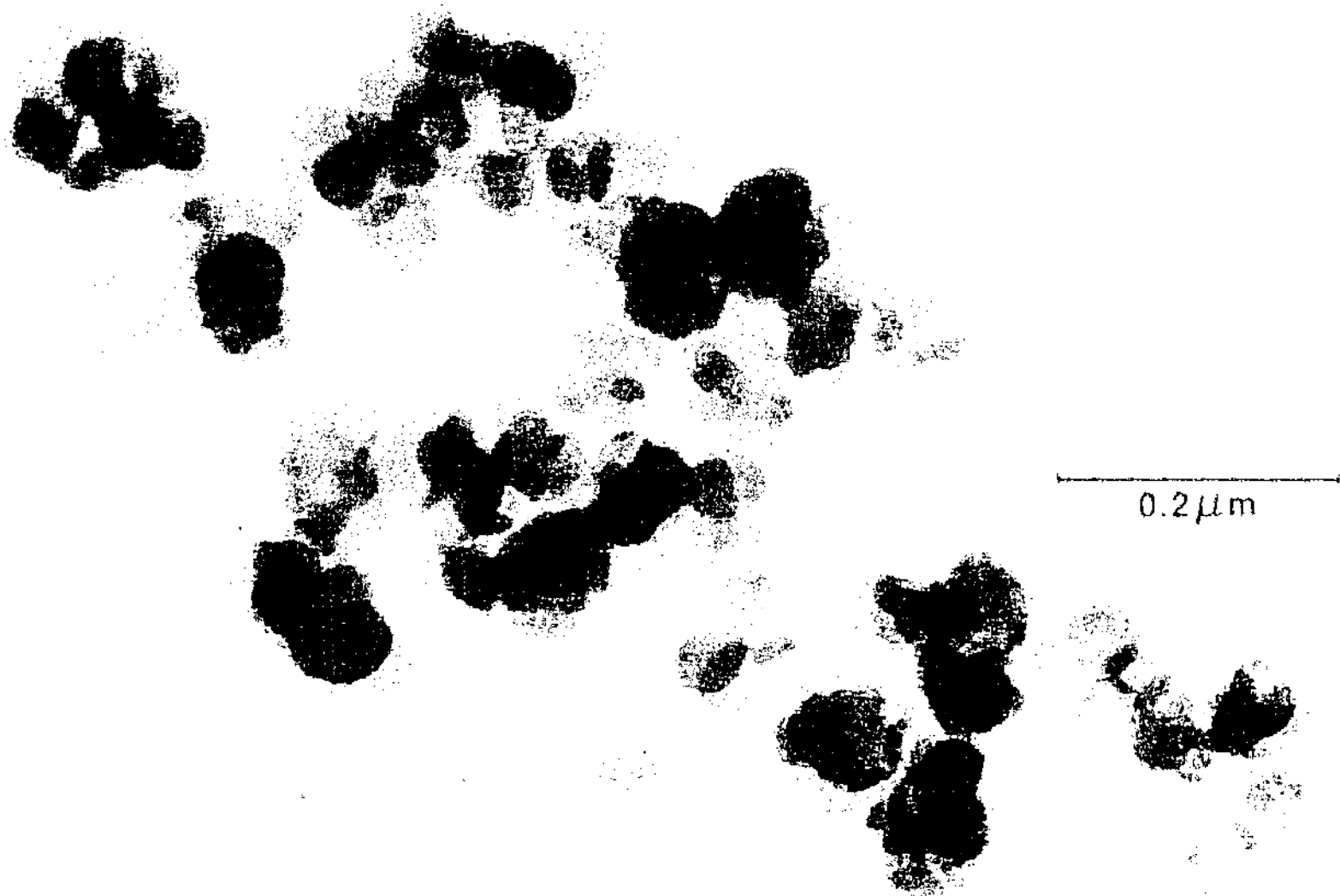
- Primario
 - Directamente emitidas
- Secundario
 - Producido en atmosfera por reacciones de gases

Emisión primaria: Diesel

Does this
look
familiar?



(a)



(b)

Figure 6.10 Transmission electron microscope photographs of soot particles produced in a laminar diffusion flame with acetylene fuel illustrating the agglomerate structure (courtesy of E. Steel, National Bureau of Standards).

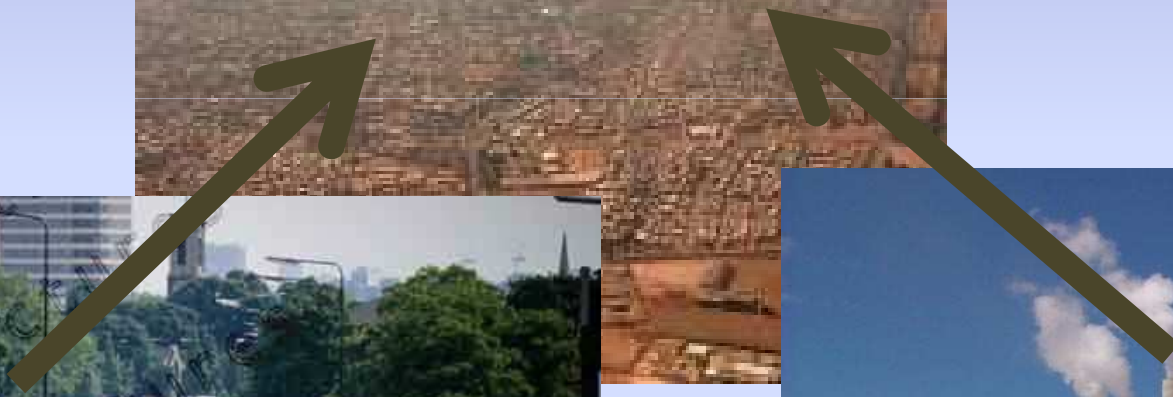
Material particulado y origen

- Secundario
 - SO_2 -----→ Sulfato
 - SO_2 proviene de
 - Carbón de plantas generadoras
 - Diesel
 - Fundiciones
 - Kerosene (indoor)

Fuentes y composición

Fuente	Composición
Vehiculos Gasolina	Zn, Cd, nitrato, carbono orgánico
Vehiculos Diesel	Fe, Zn, Ba, sulfato, nitrato, Hollín, Carbono orgánico
Plantas generadoras a carbón	Ca, Al, Si, Se, Hg, nitrato, sulfato
Plantas generadoras a petroleo	Ni, V, nitrato, sulfato
Quema de leña	K, Ca, Si, Al, hollín, carbono orgánico
Resuspensión polvo	Si, Al, Ca, Fe

Fuentes Material Particulado



Exposición a emisiones de tráfico

- **¿Cómo estimar la contribución de fuentes a los niveles de material particulado observado en una ciudad?**
- **Análisis de Factores**



Universidad de Chile
Facultad de Medicina
Escuela de Salud Pública

Determinación Fuentes / Modelos de Receptor

- Análisis composición MP
 - XRF, 40 elementos (Al, Si, Fe, As, Cu, etc)
- Series de tiempo
 - Mediciones diarias de composición
- Distintas fuentes
 - Distinta composición
 - Distinto aporte día a día



Universidad de Chile
Facultad de Medicina
Escuela de Salud Pública

Ejemplo

- Temuco. Ciudad de Chile
- 40 muestras de 24 horas de MP2,5 se colectaron durante 1998
- Resultados se usaron para Análisis de Factores

• Kavouras y col., 2001



Universidad de Chile
 Facultad de Medicina
 Escuela de Salud Pública

Temuco (Kavouras y col. 2001)

Table 2. Source contributions to PM₁₀ and PM_{2.5} mass ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) and elemental (ng/m^3) concentrations in Temuco.

	Motor Vehicle	Soil	Sulfur Source	Wood Burning	Calculated Mass	Measured Mass
PM_{2.5}						
Mass	10.9	201	140	132	252	252.3
Mg	-	2	-	-	-	8
Al	-	9	-	-	-	2
Si	-	19	-	-	-	88
P	-	1	-	-	-	5
S	-	-	-	-	-	67
K	201	6	-	-	207	13
Ca	-	6	-	-	-	1
Mn	3	2	-	-	5	4
Fe	44	96	-	-	140	132
Cu	2	-	1	0	3	4
Zn	15	-	4	6	26	29
Br	72	-	-	-	72	67
Rb	0	-	0	1	1	2
Sr	0	1	-	-	1	1
Pb	223	-	29	-	252	252

Motor: Pb, Br, Zn, Fe, Mn

Suelo: Mg, Al, Si, Ca, Fe

Azufre: S, K

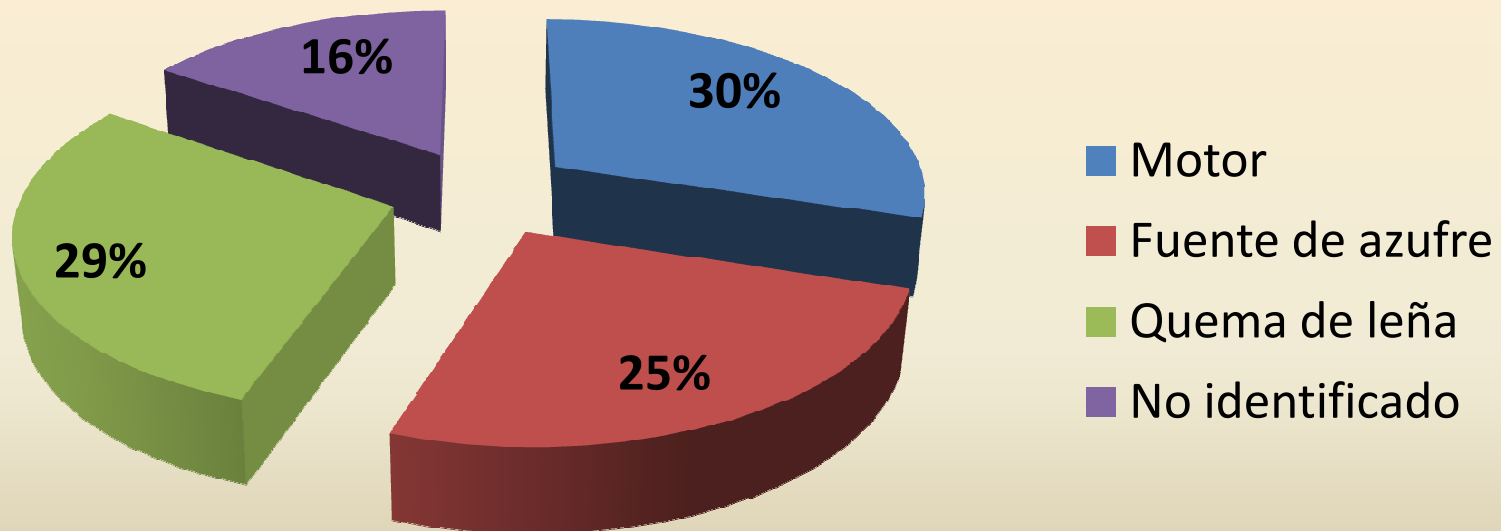
Leña: K



Universidad de Chile
Facultad de Medicina
Escuela de Salud Pública

Temuco (Kavouras y col. 2001)

Porcentaje contribución



Exposición a emisiones de tráfico

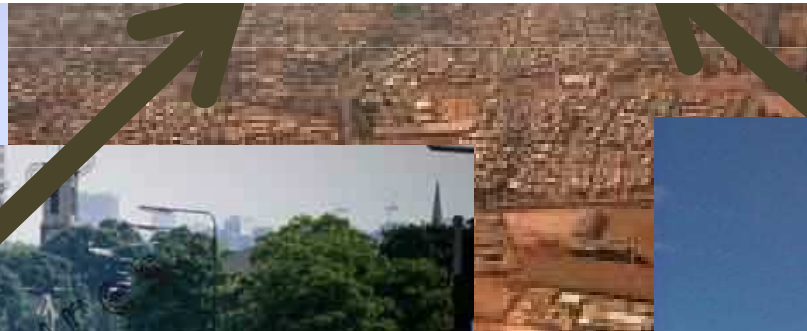
- Si emisiones de fuentes varían en composición y tamaño ¿Es esperable que tengan similares efectos en salud?
 - Son 10 ug/m³ de tráfico igual a
 - 10 ug/m³ de quema de leña?
 - 10 ug/m³ de una planta generadora a carbón?
 - 10ug/m³ de sulfato o nitrato?

Exposición a emisiones de tráfico

- **Legislación actual considera a todos iguales**
- **Interés en estudios que muestren diferencias**

Fuentes Material Particulado

- ¿Cómo afecta la contribución de fuentes en la salud de las personas?





Universidad de Chile
 Facultad de Medicina
 Escuela de Salud Pública

Temuco (Kavouras y col. 2001)

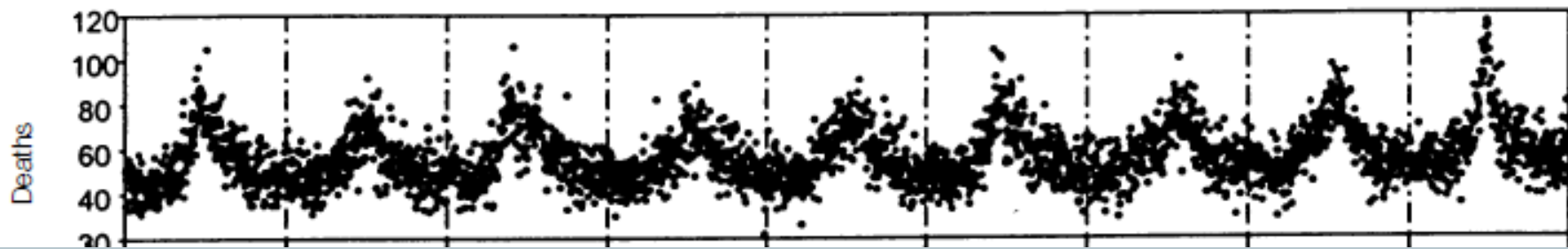
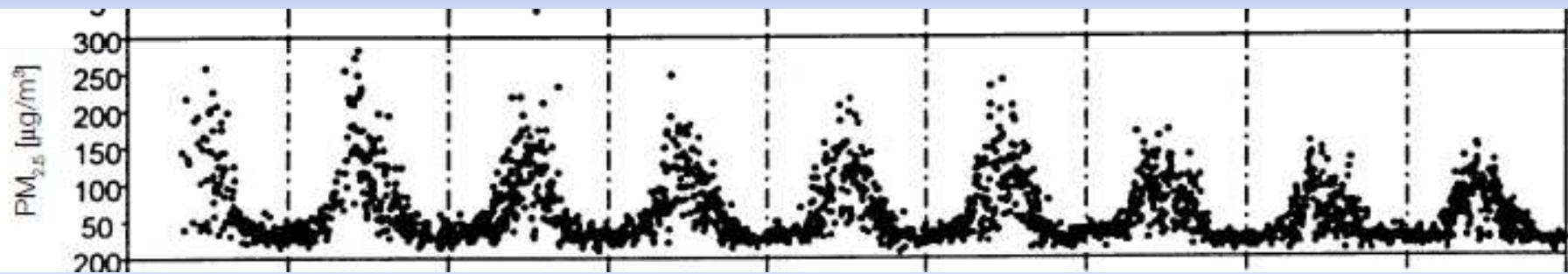
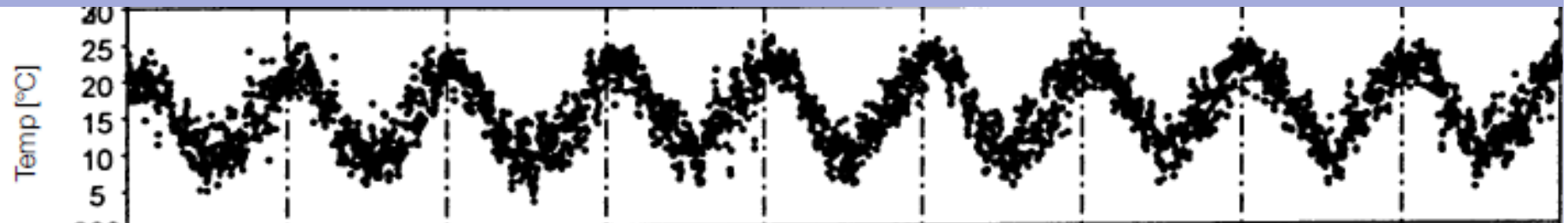
Table 2. Source contributions to PM₁₀ and PM_{2.5} mass ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) and elemental (ng/m^3) concentrations in Temuco.

	Motor Vehicle	Soil	Industry	Residential	Other	Total
Mass	10.9	-	-	-	-	5.3
Mg	-	2	-	-	-	8
Al	-	9	-	-	-	2
Si	-	19	-	-	-	88
P	-	1	1	0	3	5
S	-	-	550	-	550	567
K	201	-	-	-	-	13
Ca	-	6	-	-	-	1
Mn	3	2	-	-	-	4
Fe	44	9	-	-	-	82
Cu	2	-	-	-	-	4
Zn	15	-	-	-	-	9
Br	72	-	-	-	-	7
Rb	0	-	-	-	-	2
Sr	0	1	-	-	1	1
Pb	223	-	29	-	252	252

Motor: Pb, Br, Zn, Fe, Mn
 Suelo: Mg, Al, Si, Ca, Fe
 Azufre: S, K
 Leña: K

“Puntaje” (Score) diario para cada factor
 Cuanto MP2,5 atribuido a cada factor diariamente

Series de tiempo – Mortalidad diaria



Modelamiento

- **Regresión de Poisson**
- Modelo estadístico de regresión

$$\text{LOG(Casos)} = a + B1*\text{Factor1}+B2*\text{Factor2}+\text{etc..}$$

Ejemplo Mortalidad

- **Estudio Harvard 6 ciudades (Laden 2000, EHP)**
- 6 ciudades de en noreste de EEUU
- Mediciones 1979-1988
 - MP2,5 diario. Elementos (XRF)
 - Mortalidad diaria

Ejemplo

- Estudio Harvard 6 ciudades (Laden 2000)

Table 6. Percent increase in daily deaths and 95% CIs associated with a 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ increase in mass concentration from a specific major source of fine particles by metropolitan area, six U.S. cities, 1979–1988.^a

City	Mean daily no. deaths	Crustal (Si)		Motor (Pb)		Coal (Se)	
		Percent increase	95% CI	Percent increase	95% CI	Percent increase	95% CI
Boston ^b	59	—	—	1.2	-1.9–4.3	2.8	1.2–4.4
St. Louis	55	-3.0	-7.7–1.6	4.3	1.6–7.0	0.3	-1.1–1.6
Knoxville	12	-1.7	-20.0–17.0	5.2	1.2–9.2	0.8	-2.7–4.3
Madison	11	40.5	-26.8–112.5	6.3	-3.1–15.8	0.9	-2.5–4.2
Steubenville	3	-1.4	-7.1–4.2	-0.2	-20.5–20.5	1.1	-1.2–3.5
Topoka	3	7.0	42.4–27.0	0.2	29.0–13.1	3.0	11.2–3.5
Summary ^c		-2.3	-5.8–1.2	3.4	1.7–5.2	1.1	0.3–2.0

^aEach multivariate model includes Loess smooth function of date with a span of 0.05, Loess functions of temperature and dew point temperature with spans of 0.80, indicator variables for day of the week, and all source factors simultaneously.

^bThe crustal factor was not a statistically significant predictor of fine mass in Watertown (Boston); therefore, it was not included in the analysis. ^cSummary estimates obtained by combining the city-specific regression coefficients using inverse variance weights.

Estudio en Chile

“Efecto del MP2,5 atmosférico en la función y síntomas respiratorios de niños asmáticos: separación de efectos por masa, composición y potencial toxicológico”

Estudio en Chile

Financiamiento FONDECYT

Pablo Ruiz

Verónica Iglesias

Daniella Vidal

Cecilia Brea

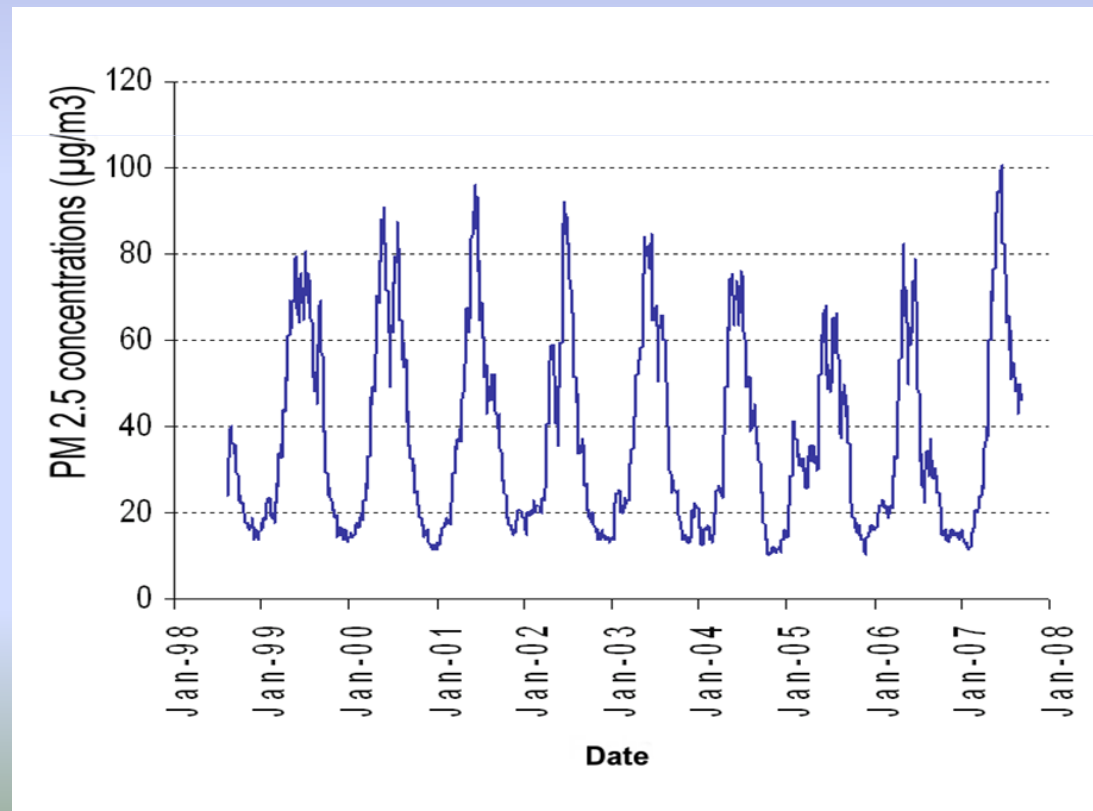
Laura Prieto

Viviana Olave

Jairo Vanegas

Estudio en Chile

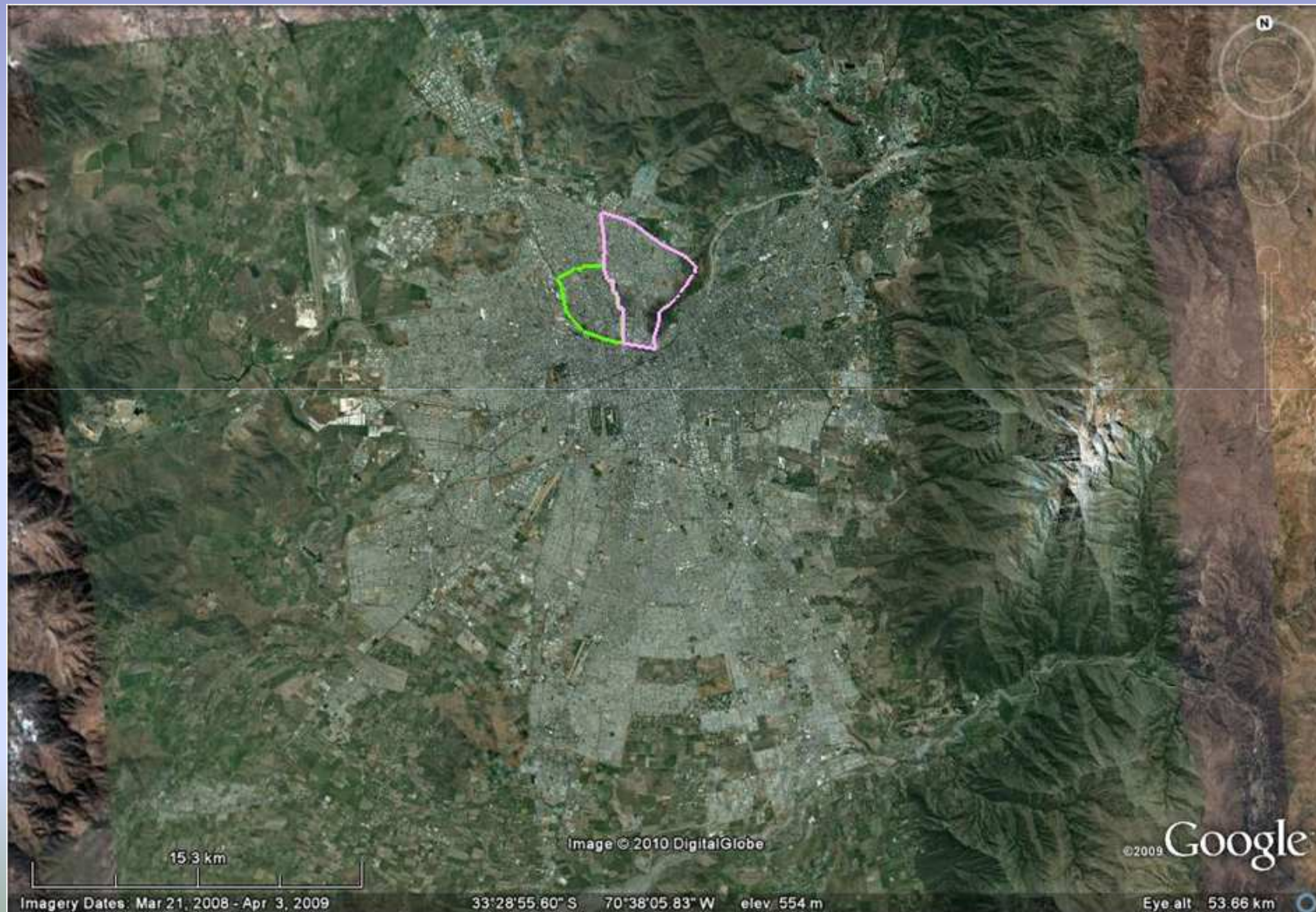
¿Existen componentes o fuentes de MP2,5 que tengan un mayor impacto en función respiratoria y síntomas respiratorios en niños asmáticos y no asmáticos en Santiago?



Estudio en Chile

- Cohorte de niños
 - 100 niños asmáticos
 - 100 niños no asmáticos
 - Vivan y estudien en comuna de Independencia y Recoleta
 - Reclutados en Hospital Roberto del Río y consultorios cercanos

Estudio en Chile



Estudio en Chile

- Seguimiento
- 2010
 - 50 asmáticos y 50 no asmáticos
 - Junio – septiembre
- 2011
 - 50 asmáticos y 50 no asmáticos
 - Abril-Junio

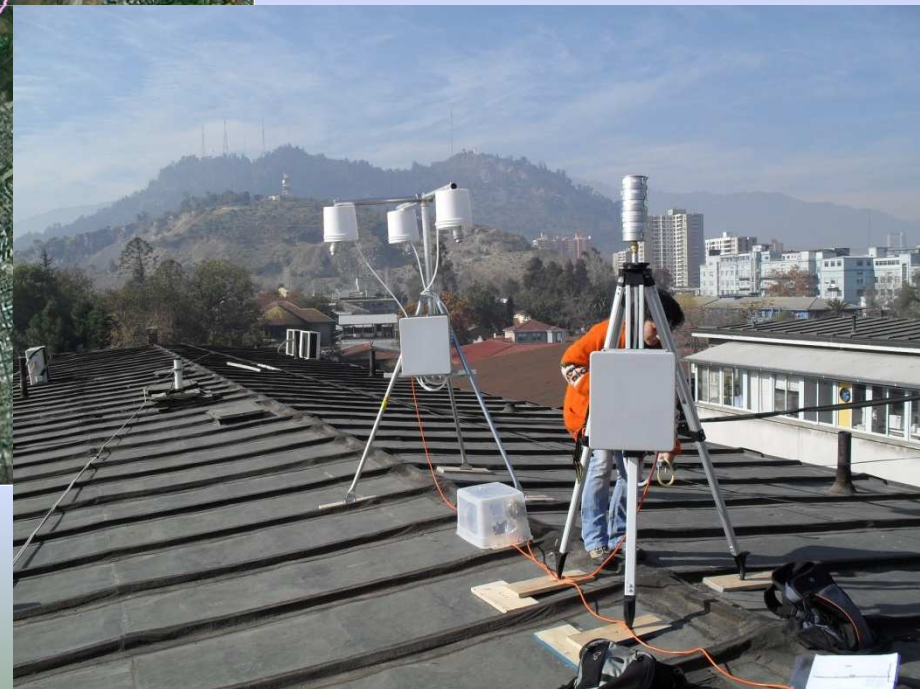
Mediciones



- Efectos en salud
 - Función pulmonar cada 15 días
 - Espirimetría (VEF1)
 - Inflamación pulmonar cada 15 días en subgrupo
 - NO exhalado
- Síntomas respiratorios diarios
 - Sibilancias, tos persistente, pecho apretado, uso de medicación de rescate, etc...

Exposición

- Mediciones diarias de MP2,5 en sitio central



Exposición



- Mediciones con impactadores de Harvard

- Análisis

- Masa (gravimetría)
- Elementos (XRF)
- CECO (TOR)

Análisis

- Asociación entre
 - FUNCIÓN RESPIRATORIA
 - SINTOMAS RESPIRATORIOS
 - **COMPOSICION (FUENTES)**

Resultados esperados

- Orientar medidas de descontaminación para maximizar beneficios ambientales
 - Vehicular (autos/diesel)
 - Quema de leña
 - Industria
 - Polvo suspendido

Conclusiones

- MP2,5 tiene alto impacto en salud de las personas
 - Mortalidad, Morbilidad
- Legislación actual sólo se enfoca en masa
- Nuevos estudios y técnicas permiten comparar el efecto de distintas fuentes y componentes
 - ¿Futuro con estándares específicos para fuentes o componentes?