

Mesa de descarbonización

Impacto en salud de fuentes industriales: estudio en áreas pequeñas

Julio del 2018

Pablo Ruiz

Instituto de Salud Poblacional
Universidad de Chile





Contents lists available at ScienceDirect

Environment International

journal homepage: www.elsevier.com/locate/envint



Impact of large industrial emission sources on mortality and morbidity in Chile: A small-areas study



Pablo Ruiz-Rudolph ^{a,*}, Nelson Arias ^{a,b}, Sandra Pardo ^{a,c}, Marianne Meyer ^a, Stephanie Mesías ^a, Claudio Galleguillos ^a, Irene Schiattino ^a, Luis Gutiérrez ^a

^a Instituto de Salud Poblacional, Facultad de Medicina, Universidad de Chile, Independencia 939, Independencia, Santiago, Chile

^b Departamento de Salud Pública, Universidad de Caldas, Carrera 25 N° 48-56, Manizales, Colombia

^c Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma de Chile, Pedro de Valdivia 641, Providencia, Santiago, Chile



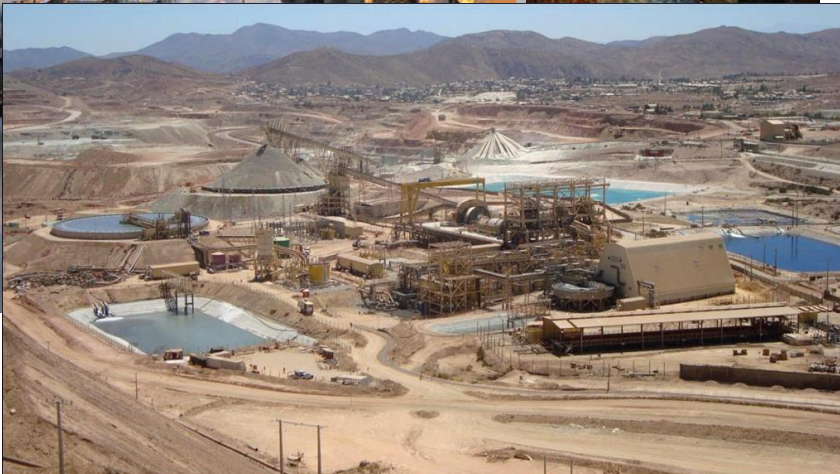
FACULTAD
UNIVERSITARIA

Fuentes industriales

Escuela
de Salud
Pública
DR. SALVADOR ALLENDE
UNIVERSIDAD DE CHILE

- Fuentes

- Termoeléctricas
- Fundiciones
- Papeleras/plantas de celulosa
- Faenas mineras





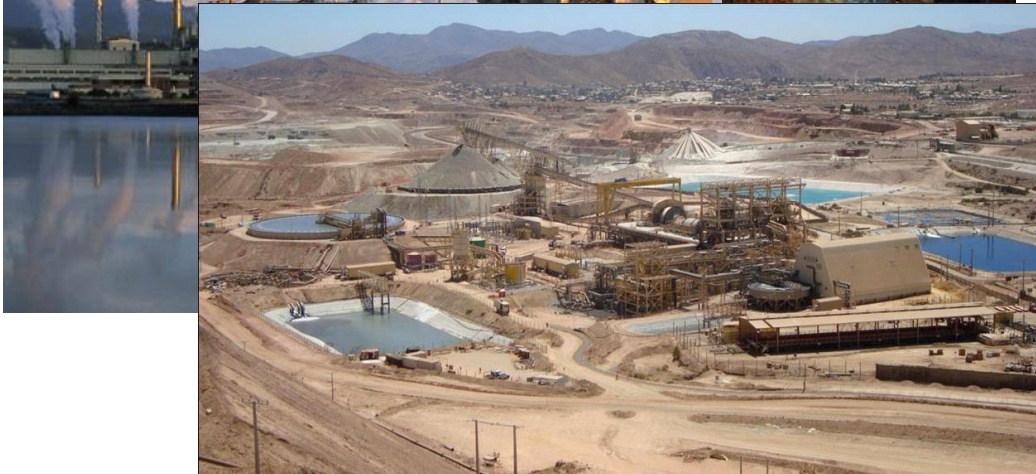
FACULTAD
UNIVERSITARIA

Fuentes industriales

• Contaminantes

– Conocidos

- $MP_{2,5}$, MP_{10}
- SO_2 , NO_2
- Arsénico
- Metales
- Orgánicos
- Cancerígenos





FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Salud Pública

Escuela
de Salud
Pública
DR. SALVADOR ALLENDE
UNIVERSIDAD DE CHILE

Políticas:

Normas de calidad de aire

Normas de emisión

Normas ocupacionales (594)

Inventarios de emisiones tóxicas

Otros...



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Megafuentes

Escuela
de Salud
Pública
DR. SALVADOR ALLENDE
UNIVERSIDAD DE CHILE

Problemas:

- i) Muchas sustancias
 - i) Efectos acumulativos y sinérgicos
- ii) Sustancias desconocidas, sin test
 - i) >50% sustancias no han sido testeadas (US GAO 2005)
- iii) Normas asumen riesgo
 - i) Costo-beneficio



Exposición-Respuesta

Table 5. Risk estimates for PM exposure

Outcome	Source	Reference	Estimate	95% CI
Daily mortality (all-cause)	WHO meta-analysis	WHO (2)	0.6%/10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.4–0.8
Daily mortality (respiratory)	WHO meta -analysis	WHO (2)	1.3%/10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.5–2.09
Daily mortality (cardiovascular)	WHO meta -analysis	WHO (2)	0.9%/10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.5–1.3
Daily mortality (all-cause)	NMMAPS revised	Health Effects Institute (243)	0.21%/10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.09–0.33
Daily mortality (cardiovascular)	NMMAPS revised	Health Effects Institute (243)	0.31%/10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.13–0.49
Long-term mortality (all-cause)	ACS CPS II 1979– 1983	Pope et al. (323)	4%/10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1–8
Long-term mortality (cardiopulmonary)	ACS CPS II 1979– 1983	Pope et al. (323)	6%/10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2–10



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Exposición-Respuesta

Escuela
de Salud
Pública
DR. SALVADOR ALLENDE
UNIVERSIDAD DE CHILE

Efecto	Exposición	Exp-Resp	Norma Chile	Tiempo	Riesgo
Mortalidad total	24h	0,6% / 10 µg/m ³	50	24h	3%
Mortalidad respiratoria	24h	1,3% / 10 µg/m ³	50	24h	7%
Mortalidad cardiovascular	24h	0,9% / 10 µg/m ³	50	24h	5%
Mortalidad total	Anual	4% / 10 µg/m ³	20	Anual	8%
Mortalidad cardiopulmonar	Anual	6% / 10 µg/m ³	20	Anual	12%



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Megafuentes

Escuela
de Salud
Pública
DR. SALVADOR ALLENDE
UNIVERSIDAD DE CHILE

Problemas:

- i) Muchas sustancias
 - i) Efectos sinérgicos
- ii) Sustancias desconocidas, sin test
 - i) >50% sustancias no han sido testeadas (US GAO 2005)
- iii) Normas asumen riesgo
 - i) Costo-beneficio
- iv) Incumplimiento de normas
 - i) Excedencias



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Evaluación en salud

Escuela
de Salud
Pública
DR. SALVADOR ALLENDE
UNIVERSIDAD DE CHILE

- **Estudios Ecológicos:**
 - Comparar áreas pequeñas
 - Con fuentes / sin fuentes
 - Tasas mortalidad / morbilidad



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Evaluación en salud

Escuela
de Salud
Pública

DR. SALVADOR ALLENDE
UNIVERSIDAD DE CHILE

Reino Unido

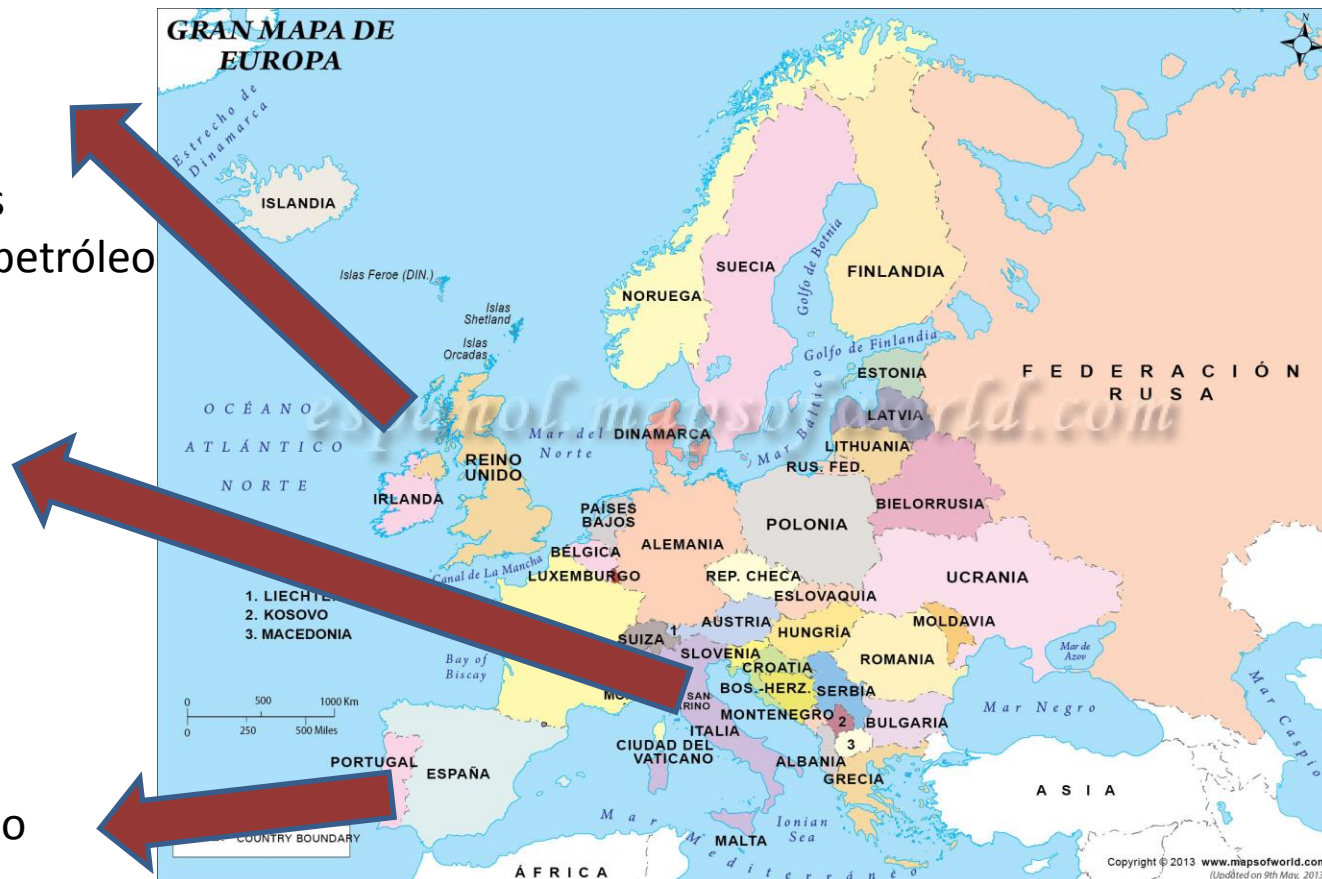
Coke
Solventes
Incineradores
Petroquímicos
Refinerías de petróleo

Italia

Termoeléctrica
Incineradores
Mult. Industrial
Coke

España

Mult. Industrial
Refinería Petróleo
Minera
Combustión
Papel/celulosa
Sustancias peligrosas



Objetivos

- **Objetivo General:**

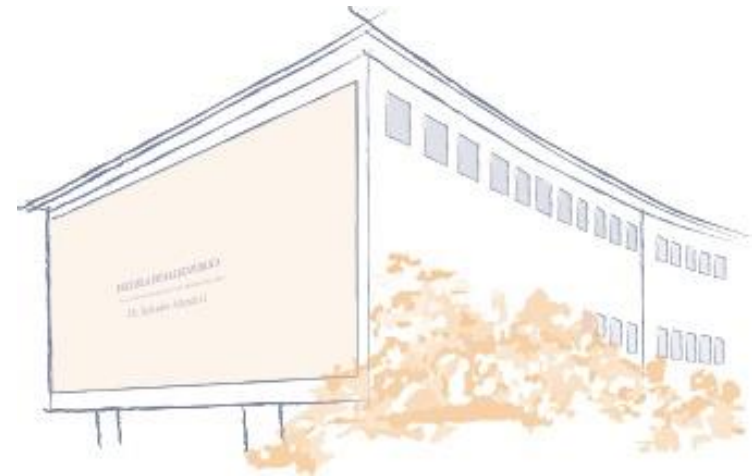
- Determinar si la presencia de grandes instalaciones industriales (megafuentes) (termoeléctricas a carbón o petróleo, papeles y/o plantas de celulosa, faenas mineras y fundiciones) están asociadas con mayores tasas de mortalidad o morbilidad, en un estudio ecológico usando áreas pequeñas (comunas)

Hipótesis

Hipótesis:

Existe aumento de mortalidad/morbilidad en la
cercanía de megafuentes

Metodología



Metodología

Diseño General:

- 1) Estudio ecológico: unidad de observación son comunas en Chile
 - 1) Se comparan tasas entre comunas
- 2) La exposición a estudiar es la presencia de megafuentes
- 3) Datos salud agregados 2000-2010
 - 1) Estabilidad en tasas
- 4) Se estudian desenlaces de mortalidad / morbilidad potencialmente asociados a impactos de contaminantes



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Megafuentes

Escuela
de Salud
Pública
DR. SALVADOR ALLENDE
UNIVERSIDAD DE CHILE

- **Selección de fuentes:**
 - Procesos industriales más frecuentes y contaminantes
 - Identificar instalaciones con mayor impacto
 - Tipo de proceso
 - Más contaminante (Ej: Termoeléctrica carbón vs gas)
 - Inicio de producción
 - Antes 2000
 - Tamaño
 - Siguiendo alguna guía/norma



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Megafuentes

Escuela
de Salud
Pública
DR. SALVADOR ALLENDE
UNIVERSIDAD DE CHILE

- **Termoeléctricas:**

- i) Tipo

- Carbón, Petróleo diésel, Petróleo No 6
 - mayor PM, NO₂, SO₂, metales)

- ii) Tamaño

- Descartar <50MW
 - Instalaciones pequeñas (MMA)





FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Megafuentes

Escuela
de Salud
Pública
DR. SALVADOR ALLENDE
UNIVERSIDAD DE CHILE

- **Fundiciones:**

- i) Tipo
 - Cobre
 - Más grandes
 - MP, metales pesados
- ii) Tamaño
 - Todas
 - (no hay regulación)



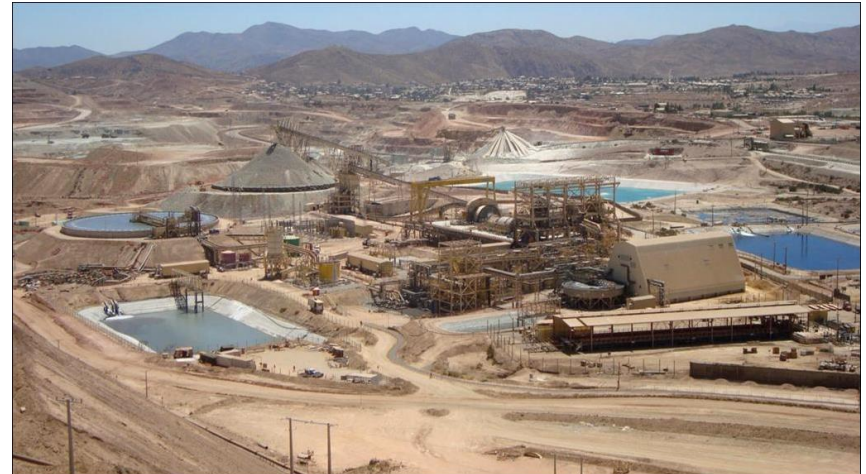


FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Megafuentes

Escuela
de Salud
Pública
DR. SALVADOR ALLENDE
UNIVERSIDAD DE CHILE

- **Faenas mineras:**
 - i) Tipo
 - Cobre
 - Más grandes
 - MP, metales pesados
 - ii) Tamaño
 - 75.000 t/a
 - Gran minería (Ley)





FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Megafuentes

Escuela
de Salud
Pública
DR. SALVADOR ALLENDE
UNIVERSIDAD DE CHILE

- **Papeleras y celulosa:**
 - i) Tipo
 - Papel y cartón no-corrugado
 - Uso químicos/cloro
 - ii) Tamaño
 - Papel 25.000 t/a
 - Celulosa 10.000 t/a
 - IPPC/UE





Megafuentes

Escuela
de Salud
Pública
DR. SALVADOR ALLENDE



KAS
INGENIERIA

Análisis General del Impacto Económico y
Social de una Norma de Emisión para
Termoeléctricas

ANEXOS

PREPARADO PARA



DICIEMBRE 2009



KAS
INGENIERIA

Empresa	Central	Unidad CDEC	Identificación Chimenea
Campanario Generación S.A.	Campanario	CAMP3	Ch. N° 5
Central Tierra Amarilla S. A.	Tierra Amarilla	Tierra Amarilla	Ch. N° 1
Colbun	Antilhue	Antilhue 1	Ch. N° 1
Colbun	Antilhue	Antilhue 2	Ch. N° 2
Colbun	Candelaria	Candelaria 1 Gas	Ch. N° 1
Colbun	Candelaria	Candelaria 1 Diesel	Ch. N° 1
Colbun	Candelaria	Candelaria 2 Gas	Ch. N° 2
Colbun	Candelaria	Candelaria 2 Diesel	Ch. N° 2
Colbun	Nehuenco	Nehuenco 9BGAS	Ch. N° 5
Colbun	Nehuenco	Nehuenco 9B 01 Diesel	Ch. N° 5
Colbun	Los Pinos	Los Pinos	Ch. N° 1
Empresa Electrica Diego de Almagro S.A.	EMELDA	EMELDA	Ch. N° 1
Empresa Electrica Diego de Almagro S.A.	EMELDA	EMELDA	Ch. N° 1
Endesa	HUASCO GAS	TG3	Ch. N° 3
Endesa	HUASCO GAS	Huasco TG IFO	Ch. N° 3
Endesa	HUASCO GAS	TG4	Ch. N° 4
Endesa	HUASCO GAS	Huasco TG IFO	Ch. N° 4
Endesa	HUASCO GAS	TG5	Ch. N° 5
Endesa	HUASCO GAS	Huasco TG IFO	Ch. N° 5
Energia Verde S.A.	San Francisco	EV25	Ch. N° 1
Enor Chile	Esperanza	Esperanza 01	Ch. N° 1
Gas Sur S.A.	Newen	Newen	Ch. N° 1
Gas Sur S.A.	Newen	Newen	Ch. N° 1
Hidroeléctrica La Higuera S.A.	Colmito	Colmito 1	Ch. N° 1
Soc. Austral de Generacion y Energia Chile S.A.	Coronel	Turbina Coronel	Ch. N° 1
Soc. Austral de Generacion y Energia Chile S.A.	Coronel	Turbina Coronel	Ch. N° 1
AES Gener S.A.	Laguna Verde	Laguna Verde	Ch. N° 1
AES Gener S.A.	Campiche	campiche	Ch. N° 1
AES Gener S.A.	Nueva ventanas	Nueva ventanas	Ch. N° 1

Plantas Celulosas

• La fuente principal (SINIA) → AGIES



DSS
ambiente
ingeniería
innovación



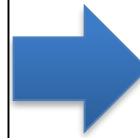
GOBIERNO DE CHILE
COMISIÓN NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE

"ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DE REVISIÓN DE LA NORMA DE EMISIÓN PARA OLORES MOLESTOS (COMPUESTOS SULFURO DE HIDRÓGENO Y MERCAPTANOS: GASES TRS) ASOCIADOS A LA FABRICACIÓN DE PULPA SULFATADA"



INFORME DE FINAL

2009



 DSS ambiente ingeniería innovación  GOBIERNO DE CHILE COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE	
3.2.1. Planta Celulosa Licancel	
Tabla 3-2: Caracterización Planta Licancel	
Nombre de Planta	Planta Celulosa Licancel, Grupo Arauco
Año que entra en operación	1994
Ubicación	Ubicada en VII Región del Maule, Km 3 camino a Iloca, Comuna de Licantén
	
Localidades más cercanas	Licantén, Hualañé, Curepto y Vichuquén
Producto	Celulosa blanqueada de fibra larga y fibra corta.
Producción	145.000 ton/año
Proceso de blanqueo	ECF



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Papeleras

Escuela
de Salud
Pública
DR. SALVADOR ALLENDE
UNIVERSIDAD DE CHILE

Home » Nuestra Empresa

Negocios

- ▶ Historia
- ▶ Misión, Visión y Valores
- ▶ **Negocios**
 - ▶ Forestal
 - ▶ Celulosa
 - ▶ Papel
 - ▶ Tissue
 - ▶ Productos de Papel
- ▶ Colaboradores

Para la empresa es importante servir a un grupo diversificado y global de clientes, esforzándose por desarrollar sólidas relaciones comerciales. Su enfoque hacia el cliente y su red integral de logística son algunos de los recursos que utiliza para satisfacer estas necesidades.

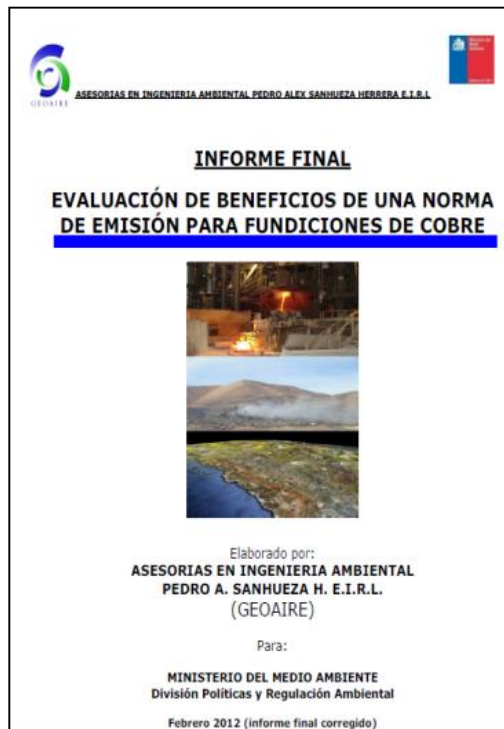


- Plantas
- Ubicación
- Año de inicio
- Producto
- Producción

Fundiciones de cobre

Fuentes de información:

1) Ministerio del Medio Ambiente



ASESORIAS EN INGENIERIA AMBIENTAL PEDRO ALEX SANHUEZA HERRERA E.I.R.L

A.2.2 Fundición Altonorte

La Fundición Altonorte pertenece a Xstrata Copper, es un complejo metalúrgico abastecido por terceros, inició sus operaciones 1988. El proceso actual de fusión consiste en el tratamiento de concentrados de cobre, para producir de ánodos de cobre y ácido sulfúrico como subproducto principal. El año 2010 presentó una capacidad para procesar de 983.167 toneladas de concentrado al año. Las Etapas del proceso se muestran a continuación²:



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Faenas Mineras

Fuentes de información:

1) Portal de datos públicos del Ministerio Secretaría General de la Presidencia

datos.gob.cl

¿qué estás buscando?

INICIO CATÁLOGO DE DATOS RECURSOS APLICACIONES PARTICIPA SITIOS DE INTERÉS MULTIMEDIA NOTICIAS ACERCA DEL SITIO GOBIERNO ABIERTO

Inicio / Catálogo de Datos / Listado de Faenas Mineras del País

LISTADO DE FAENAS MINERAS DEL PAÍS

Valoración: ★★★★★

Institución: Subsecretaría de Minería

Fecha de Publicación: 25 de enero del 2013 a las 14:46

Descripción: Listado de Faenas Mineras del País

Categorías: Geografía, Sociedad

Recursos 0

Actualizados el 25 de enero del 2013

Nombre	Formato	Tamaño	Fecha
Listado de Faenas Mineras del País	xls	3.871 KB	69 Hrs

Documentación Asociada

CATEGORÍAS ver todas

- Gobierno (551) Salud (227) General (150)
- Comunidad (149) Sociedad (130) Finanzas (109)
- Educación (106) Planificación (86) Negocios (82)
- Seguridad (75) Industria (66)
- Comunicaciones (64) Turismo (59) Empleo (59)
- Medio Ambiente (49)

ETIQUETAS POPULARES ver todas

- estadísticas (69) ejecución presupuestaria (93)
- Dataset (51) presupuesto (45) Salud (42)
- gastos (37) educación (36) Ley (31)
- Ingresos (30) turismo (22) seguridad (15)
- FNDR (14) educación superior (14)
- Gobernaciones (14) trabajo (14)

■ Incluye pequeña, mediana y gran minería (3538 Faenas Mineras)



■ Variables

- Propietario
- Nombre Faena
- Ubicación
- Producto

<http://datos.gob.cl/datasets/ver/3628>



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Fuentes de información

Escuela
de Salud
Pública
DR. SALVADOR ALLENDE
UNIVERSIDAD DE CHILE

- Salud:
 - DEIS (Minsal)



Fuentes de información

Waiting for Cousteo x DEIS x

www.deis.cl

DEIS
Ministerio de Salud
Gobierno de Chile

DEPARTAMENTO DE ESTADÍSTICAS
E INFORMACIÓN DE SALUD

Buscador deis.cl

INICIO CONOZCANOS ESTÁNDARES Y NORMATIVAS PUBLICACIONES PREGUNTAS FRECUENTES

- Calendario Estadístico
- Sistemas de Información
- Registro de Sistema de Atenciones de Urgencia

INDICADORES

Indicadores Básicos de Salud

Años de Vida Potencial Perdidos (AVPP)

Esperanza de Vida

Cobertura

DESCARGAR BASES DE DATOS

Acceder a Bases de Datos

NUBE DE ETIQUETAS

NOTICIAS

Curso Virtual "Correcto llenado del Certificado Médico de Defunción" (CMD)

El Departamento de Estadísticas e Información de Salud (DEIS) de este Ministerio tiene el agrado de poner a disposición el curso virtual "Correcto llenado del Certificado Médico de Defunción".

ESTADÍSTICAS POR TEMA

- Población
- Mortalidad
- Natalidad
- Egresos Hospitalarios
- Enfermedades Notificación Obligatoria
- Centro Chileno de Referencia en Clasificaciones de

ES 4:59 PM 7/29/2016



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Fuentes de información

Escuela
de Salud
Pública
DR. SALVADOR ALLENDE
UNIVERSIDAD DE CHILE

- **Salud:**

- DEIS (Minsal)

- Bases de mortalidad 2000-2010
 - Bases de hospitalizaciones 2000-2010

- Variables

- Comuna (342), región
 - Edad, sexo
 - Código CIE-10
 - Causa de muerte



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Desenlaces

Escuela
de Salud
Pública
DR. SALVADOR ALLENDE
UNIVERSIDAD DE CHILE

Desenlace específico (CIE-10)	
<u>Mortalidad</u>	Total (A00-Q99) Cardiovascular (todo I) Respiratorias (todo J) Cáncer total (todo C) Cáncer al pulmón (C33-34) Infarto al miocardio (I20-24)
<u>Hospitalizaciones</u>	Cardiovascular (todo I) Respiratorias (todo J) Cáncer total (todo C) Neumonía (J12-18) Leucemia (C81-85; C88; C90-96)



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Fuentes de información

Escuela
de Salud
Pública
DR. SALVADOR ALLENDE
UNIVERSIDAD DE CHILE

- **Población:**

- Censo

- 2002 y proyecciones
 - Población y urbanización
 - Todo Chile menos islas

- Índice de Desarrollo Humano (UNDP)

- UNDP
 - SES: ingreso, educación



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Análisis de datos

Escuela
de Salud
Pública
DR. SALVADOR ALLENDE
UNIVERSIDAD DE CHILE

- **Tasas estandarizadas:**

- Tasa nacionales por:

- Desenlace
 - Sexo
 - Grupo quinquenal (0-5,5-10)
 - Año (2000-2010)

$$Tasa = \frac{Casos}{Población * tiempo}$$



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Análisis de datos

Escuela
de Salud
Pública
DR. SALVADOR ALLENDE
UNIVERSIDAD DE CHILE

- Tasa mortalidad/morbilidad estandarizada (TME):

$$TME_i = \frac{O_i}{E_i}$$

- O_i : casos observados
- E_i : casos esperados
- Para cada comuna i

Mortalidad/Morbilidad

TME > 1 Más que país

TME = 1 igual que país

TME < 1 Menos que en país

Modelamiento

- Clave
 - TME vs megafuentes
 - ¿Cuánto aumentan tasas con megafuentes?
 - ¿Es por azar?



Modelamiento

- Modelo estadístico

$$TME_i \sim \alpha + X_i \beta + error$$

- X_i : Covariables
 - Megafuentes, tamaño, nivel SES, otros
- β_i : relación entre covariables y TME



Modelamiento

Modelo Estadístico de Besag, York y Mollié (1991):

$$Y_i | E_i, X_i, W_i, \theta_i \sim \text{Poisson}(\theta_i E_i)$$

$$\text{Donde: } \ln(E_i \theta_i) = \ln(E_i) + \alpha + X_i \beta + u_i + \varepsilon_i$$

$$\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$$

$$[u_i | u_j, i \neq j, \tau^2] \sim N(\bar{u}, \tau_i^2)$$

$$\bar{u}_i = \frac{1}{\sum_j w_{ij}} \sum_j u_j w_{ij},$$

$$\tau_i^2 = \frac{\tau^2}{\sum_j w_{ij}}$$

$w_{ij} = 1$ Si las comunas i, j son adyacentes

Correlación Espacial

Matriz de correlación



Modelamiento

Modelo Estadístico de Besag, York y Mollié (1991):

$$Y_i | E_i, X_i, W_i, \theta_i \sim \text{Poisson}(\theta_i E_i)$$

$$\text{Donde: } \ln(E_i \theta_i) = \ln(E_i) + \alpha + X_i \beta + u_i + \varepsilon_i$$

$$\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$$

Error Aleatorio
Sobredispersión

$$[u_i | u_j, i \neq j, \tau^2] \sim N(\bar{u}, \tau_i^2) \quad Y \bar{u}_i = \frac{1}{\sum_j w_{ij}} \sum_j u_j w_{ij}, \quad \tau_i^2 = \frac{\tau^2}{\sum_j w_{ij}}$$

$w_{ij} = 1$ Si las comunas i, j son adyacentes



Modelamiento

Modelo Estadístico de Besag, York y Mollié (1991):

$$Y_i | E_i, X_i, W_i, \theta_i \sim \text{Poisson}(\theta_i E_i)$$

$$\text{Donde: } \ln(E_i \theta_i) = \ln(E_i) + \alpha + X_i \beta + u_i + \varepsilon_i$$

$$\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$$

Matriz de covariables

Megafuentes

SES

Urbanidad

Etc.

$$[u_i | u_j, i \neq j, \tau^2] \sim N(\bar{u}, \tau_i^2)$$

$$\bar{u}_i = \frac{1}{\sum_j w_{ij}} \sum_j u_j w_{ij}, \quad \tau_i^2 = \frac{\tau^2}{\sum_j w_{ij}}$$

$w_{ij} = 1$ Si las comunas i, j son adyacentes

Modelamiento

- Modelo estadístico

$$RR = \exp(\beta)$$

Riesgo Relativo

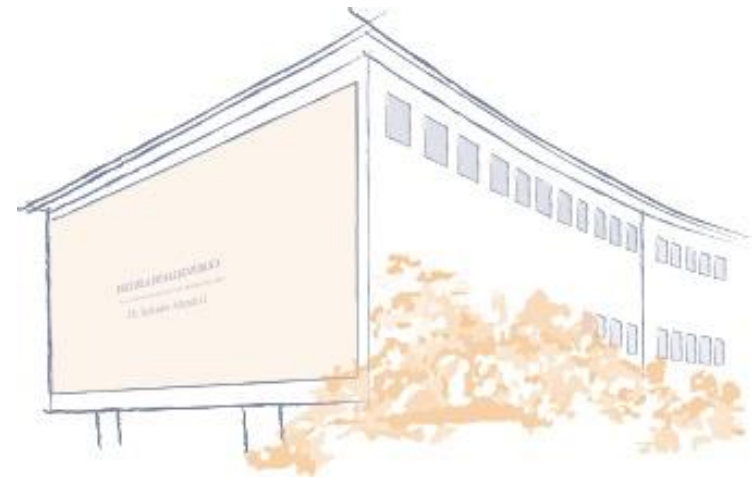
RR > 1 más

RR = 1 nada

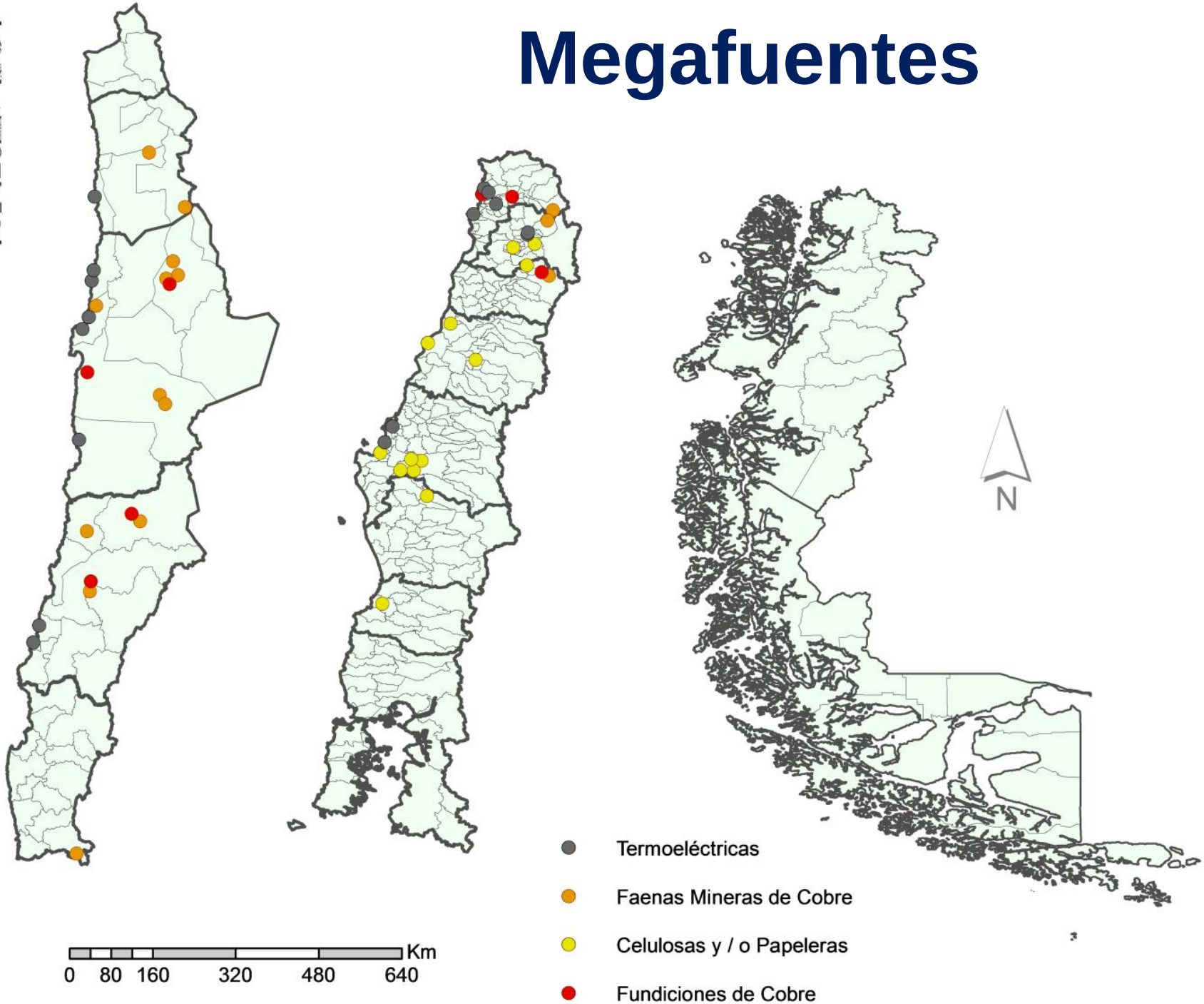
RR < 1 menos

- *RR*: Riesgo relativo
- ¿Cuántas veces más tasa mortalidad/morbilidad en comunas con vs sin?

Resultados



Megafuentes

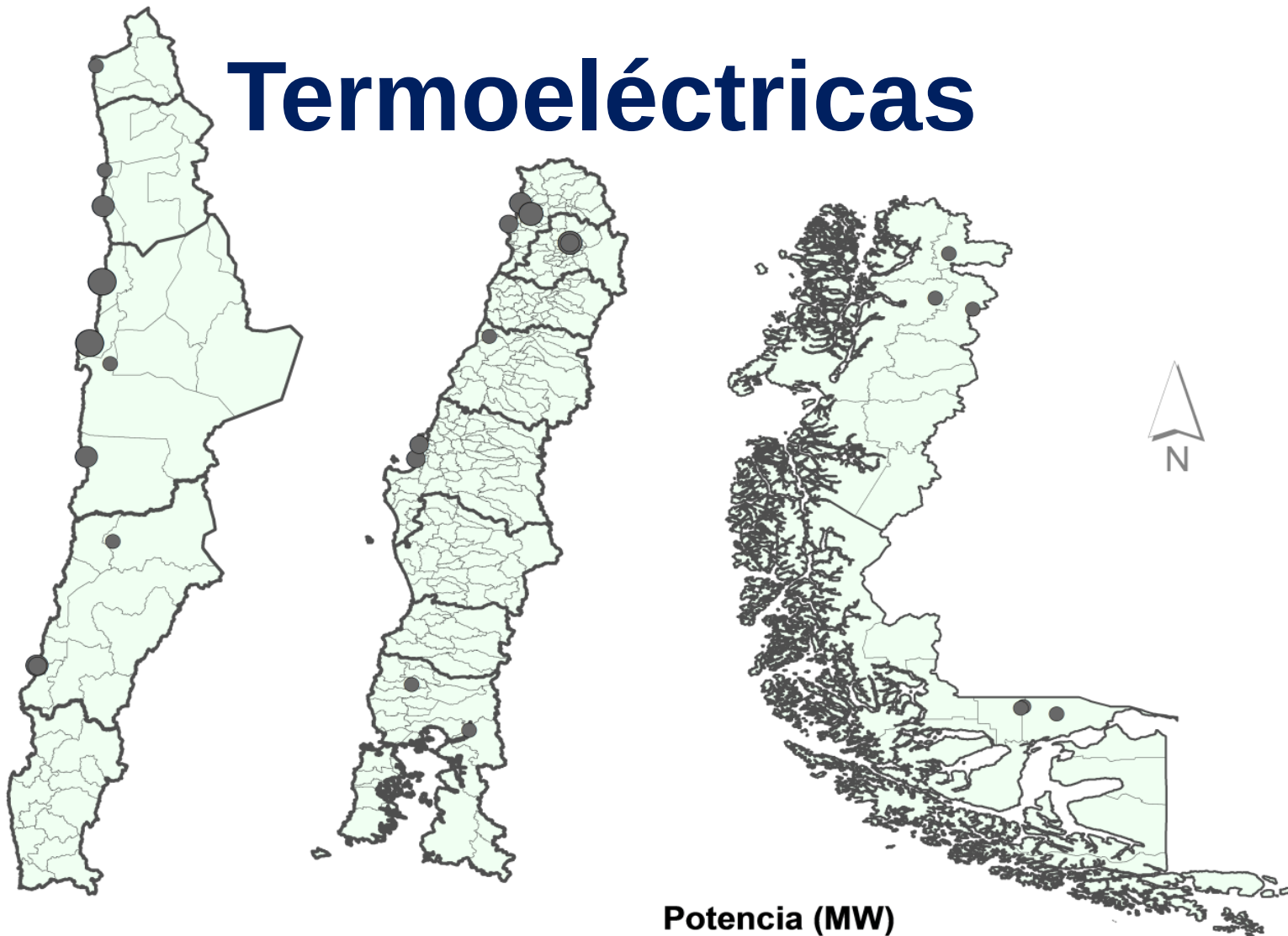




FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Termoeléctricas

ela
alud
lica
R ALLENDE
DE CHILE

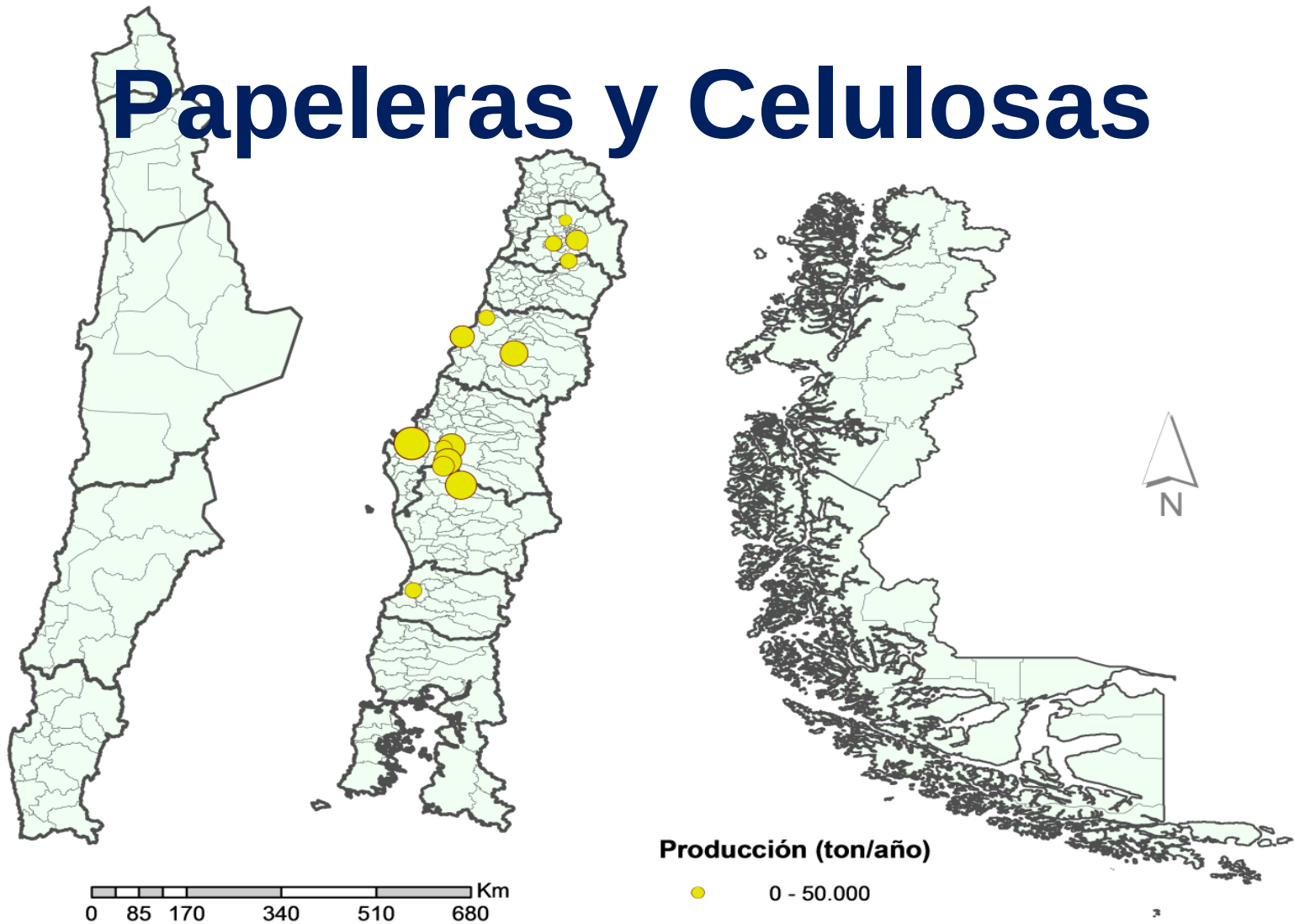


0 85 170 340 510 680 Km

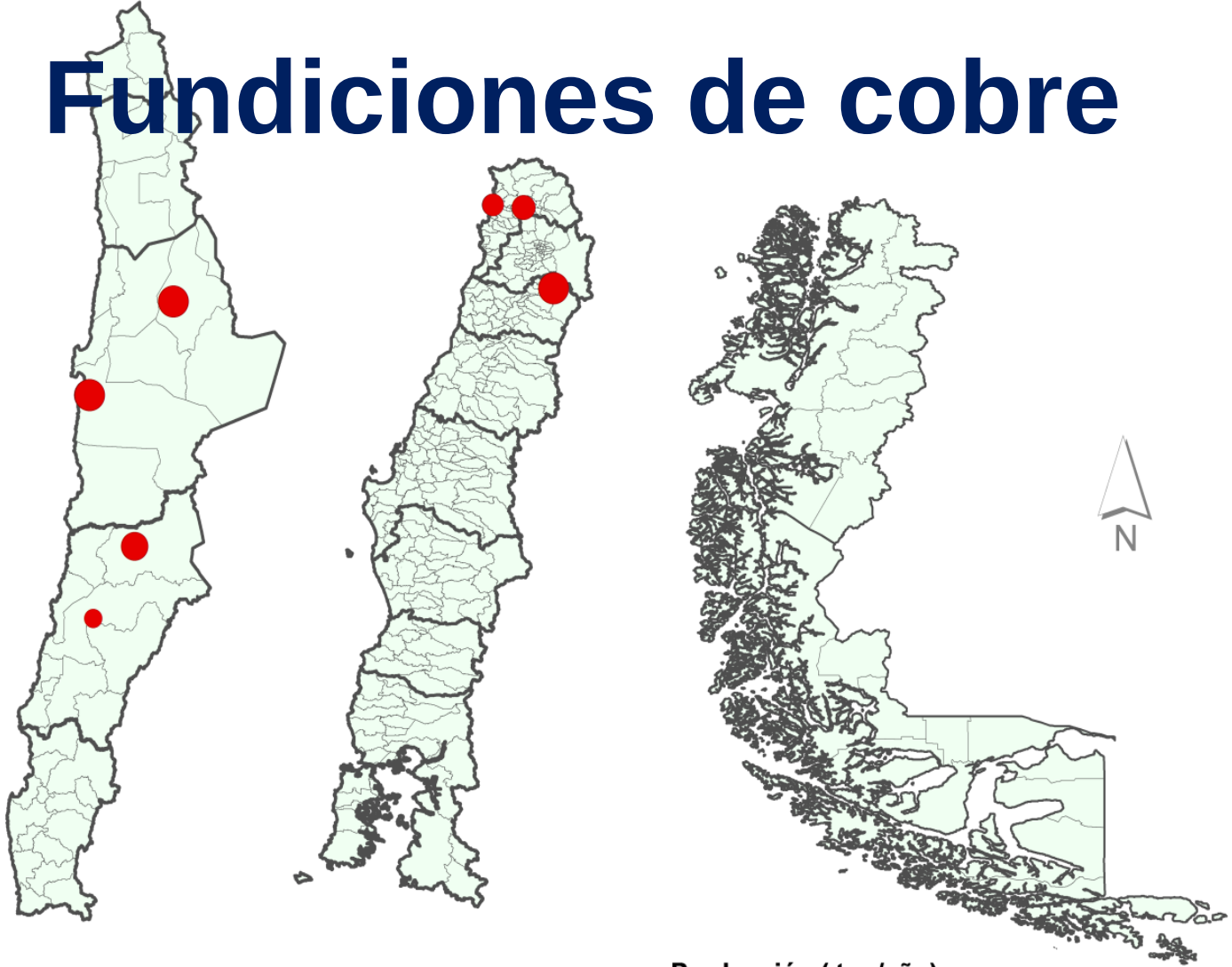
Potencia (MW)

- 0 - 50
- > 50 - 200
- > 200 - 350
- > 350 - 500
- > 500

Papeleras y Celulosas



Fundiciones de cobre

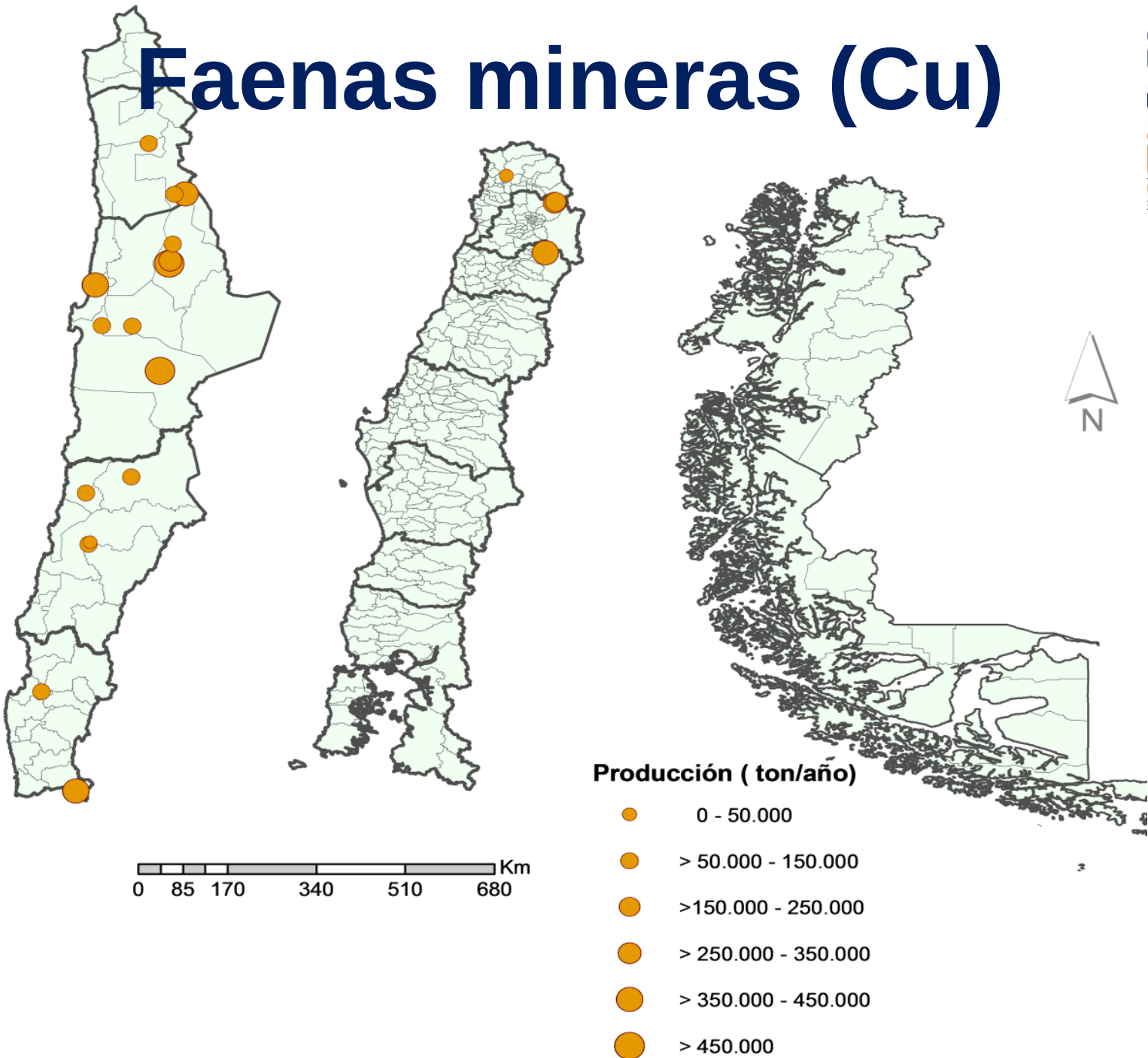


0 85 170 340 510 680 Km

Producción (ton/año)

- > 300.000 - 400.000
- > 400.000 - 500.000
- > 500.000 - 600.000
- > 600.000 - 700.000
- > 700.000

Faenas mineras (Cu)





FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Mortalidad / Morbilidad

Escuela
de Salud
Pública
DR. SALVADOR ALLENDE
UNIVERSIDAD DE CHILE

Desenlace	Tasas anuales (por cada 1000 habitantes), por comuna							
	Hombres				Mujeres			
	Media	DE	Mínimo	Máximo	Media	DE	Mínimo	Máximo
<u>Mortalidad</u>								
Total	5.38	1.71	0.22	13.13	4.73	1.55	0	14.61
Cardiovascular	1.67	0.60	0	3.85	1.42	0.55	0	4.87
Respiratorias	0.59	0.23	0	1.76	0.54	0.25	0	2.61
Cáncer total	1.33	0.45	0	2.89	1.18	0.39	0	2.68
Cáncer al pulmón	0.14	0.09	0	0.78	0.07	0.05	0	0.29
Infarto al miocardio	0.61	0.24	0	1.41	0.38	0.18	0	1.34
<u>Hospitalizaciones</u>								
Cardiovascular	6.20	2.65	0.16	15.18	5.49	2.45	0	16.29
Respiratorias	11.51	6.08	0	35.78	11.00	6.41	0	36.45
Cáncer total	3.00	1.49	0	11.64	3.28	1.60	0	11.25
Neumonía	5.20	2.99	0	16.19	4.95	3.08	0	17.92
Leucemia	0.62	0.48	0	4.09	0.46	0.41	0	3.28

Modelos con vs sin megafuentes

Outcome	RR (IC 95%), Hombres*				RR (IC 95%), Mujeres*			
	Termoeléctricas	Papeleras y celulosas	Fundiciones de cobre	Faenas mineras de cobre	Termoeléctricas	Papeleras y celulosas	Fundiciones de cobre	Faenas mineras de cobre
Mortalidad								
Total	1.11 (0.99–1.24)	1.01 (0.92–1.11)	1.09 (0.96–1.23)	0.99 (0.89–1.11)	1.09 (1.01–1.18)	0.99 (0.932–1.07)	1.08 (0.98–1.20)	0.96 (0.88–1.04)
Cardiovascular	1.08 (0.96–1.21)	1.03 (0.94–1.14)	1.08 (0.94–1.25)	0.99 (0.87–1.11)	1.08 (0.98–1.19)	1.00 (0.916–1.10)	1.12 (0.98–1.27)	0.94 (0.84–1.05)
Respiratoria	1.04 (0.91–1.21)	1.04 (0.92–1.18)	1.18 (0.98–1.42)	1.01 (0.85–1.18)	1.01 (0.90–1.15)	0.97 (0.867–1.10)	1.07 (0.89–1.29)	1.04 (0.90–1.21)
Todo cancer	1.16 (1.03–1.30)	0.94 (0.85–1.04)	1.08 (0.95–1.24)	0.97 (0.86–1.10)	1.09 (1.01–1.19)	0.97 (0.909–1.05)	0.98 (0.88–1.08)	0.99 (0.91–1.10)
Cáncer al pulmón**	1.20 (1.03–1.42)	0.98 (0.83–1.15)	1.02 (0.81–1.29)	0.92 (0.75–1.14)	1.04 (0.91–1.20)	0.85 (0.718–1.00)	1.17 (0.91–1.50)	1.00 (0.81–1.24)
Infarto al miocardio	1.10 (0.95–1.26)	1.02 (0.90–1.16)	0.99 (0.82–1.19)	1.00 (0.85–1.18)	1.16 (0.97–1.37)	0.92 (0.796–1.07)	1.09 (0.86–1.38)	1.04 (0.85–1.27)
Hospitalizaciones								
Cardiovascular	1.28 (1.01–1.62)	0.96 (0.77–1.19)	1.33 (1.00–1.78)	0.77 (0.60–1.01)	1.33 (1.06–1.66)	0.94 (0.754–1.16)	1.15 (0.88–1.52)	0.94 (0.74–1.18)
Respiratoria***	1.46 (1.14–1.90)	1.01 (0.824–1.24)	1.33 (0.95–1.76)	0.92 (0.69–1.20)	1.44 (1.10–1.87)	1.00 (0.802–1.24)	1.22 (0.85–1.76)	1.00 (0.76–1.34)
Todo cáncer**	1.19 (0.98–1.44)	0.94 (0.80–1.010)	1.14 (0.92–1.44)	0.90 (0.71–1.10)	1.09 (0.88–1.32)	0.92 (0.773–1.07)	0.99 (0.77–1.30)	0.97 (0.78–1.20)
Neumonía**	1.33 (1.04–1.72)	1.04 (0.84–1.28)	1.40 (0.98–1.96)	0.95 (0.72–1.26)	1.40 (1.02–1.86)	1.04 (0.816–1.31)	1.23 (0.85–1.77)	0.90 (0.74–1.10)
Leucemia**	0.87 (0.57–1.26)	0.98 (0.71–1.36)	1.44 (0.83–2.40)	0.67 (0.42–1.03)	0.97 (0.65–1.43)	1.03 (0.76–1.43)	0.72 (0.40–1.28)	1.18 (0.71–1.70)

Modelos con vs sin megafuentes

Outcome	RR (IC 95%), Hombres*				RR (IC 95%), Mujeres*			
	Termoeléctricas	Papeleras y celulosas	Fundiciones de cobre	Faenas mineras de cobre	Termoeléctricas	Papeleras y celulosas	Fundiciones de cobre	Faenas mineras de cobre
Mortalidad								
Total	1.11 (0.99–1.24)	1.01 (0.92–1.11)	1.09 (0.96–1.23)	0.99 (0.89–1.11)	1.09 (1.01–1.18)	0.99 (0.932–1.07)	1.08 (0.98–1.20)	0.96 (0.88–1.04)
Cardiovascular	1.08 (0.96–1.21)	1.03 (0.94–1.14)	1.08 (0.94–1.25)	0.99 (0.87–1.11)	1.08 (0.98–1.19)	1.00 (0.916–1.10)	1.12 (0.98–1.27)	0.94 (0.84–1.05)
Respiratoria	1.04 (0.91–1.21)	1.04 (0.92–1.18)	1.18 (0.98–1.42)	1.01 (0.85–1.18)	1.01 (0.90–1.15)	0.97 (0.867–1.10)	1.07 (0.89–1.29)	1.04 (0.90–1.21)
Todo cancer	1.16 (1.03–1.30)	0.94 (0.85–1.04)	1.08 (0.95–1.24)	0.97 (0.86–1.10)	1.09 (1.01–1.19)	0.97 (0.909–1.05)	0.98 (0.88–1.08)	0.99 (0.91–1.10)
Cáncer al pulmón**	1.20 (1.03–1.42)	0.98 (0.83–1.15)	1.02 (0.81–1.29)	0.92 (0.75–1.14)	1.04 (0.91–1.20)	0.85 (0.718–1.00)	1.17 (0.91–1.50)	1.00 (0.81–1.24)
Infarto al miocardio	1.10 (0.95–1.26)	1.02 (0.90–1.16)	0.99 (0.82–1.19)	1.00 (0.85–1.18)	1.16 (0.97–1.37)	0.92 (0.796–1.07)	1.09 (0.86–1.38)	1.04 (0.85–1.27)
Hospitalizaciones								
Cardiovascular	1.28 (1.01–1.62)	0.96 (0.77–1.19)	1.33 (1.00–1.78)	0.77 (0.60–1.01)	1.33 (1.06–1.66)	0.94 (0.754–1.16)	1.15 (0.88–1.52)	0.94 (0.74–1.18)
Respiratoria***	1.46 (1.14–1.90)	1.01 (0.824–1.24)	1.33 (0.95–1.76)	0.92 (0.69–1.20)	1.44 (1.10–1.87)	1.00 (0.802–1.24)	1.22 (0.85–1.76)	1.00 (0.76–1.34)
Todo cáncer**	1.19 (0.98–1.44)	0.94 (0.80–1.010)	1.14 (0.92–1.44)	0.90 (0.71–1.10)	1.09 (0.88–1.32)	0.92 (0.773–1.07)	0.99 (0.77–1.30)	0.97 (0.78–1.20)
Neumonía**	1.33 (1.04–1.72)	1.04 (0.84–1.28)	1.40 (0.98–1.96)	0.95 (0.72–1.26)	1.40 (1.02–1.86)	1.04 (0.816–1.31)	1.23 (0.85–1.77)	0.90 (0.74–1.10)
Leucemia**	0.87 (0.57–1.28)	0.98 (0.71–1.36)	1.44 (0.83–2.40)	0.67 (0.42–1.03)	0.97 (0.65–1.43)	1.03 (0.76–1.43)	0.72 (0.40–1.28)	1.18 (0.71–1.70)



Modelos por producción

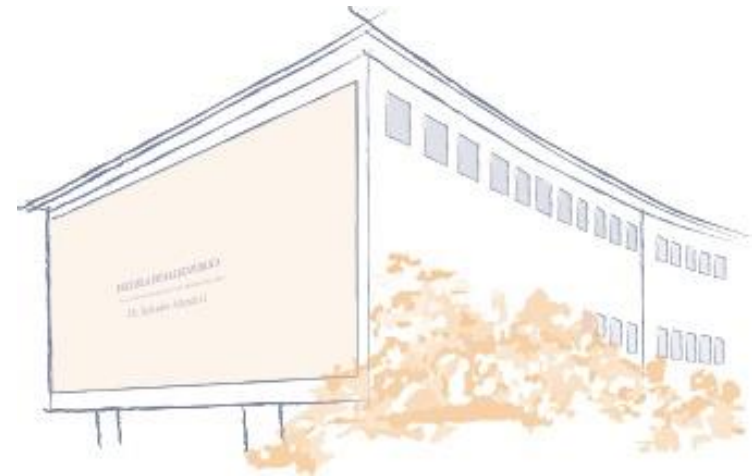
Desenlace	RR (95% CI), Hombres*			RR (95% CI), Mujeres*		
	Termoeléctricas (1000 MW)	Papelereas y celulosas (700Mt/a)	Fundiciones de cobre (100Mt/a)	Termoeléctricas (1000 MW)	Papeleras y celulosas (700MtT/a)	Fundiciones de cobre (1000Mt/a)
<u>Mortalidad</u>						
Total	1.42 (1.16–1.73)	0.93(0.80–1.09)	1.17 (1.03–1.33)	1.19 (1.02–1.37)	0.96(0.84–1.08)	1.09(0.98–1.20)
Cardiovascular	1.26 (1.01–1.60)	0.98(0.83–1.15)	1.15 (1.01–1.31)	1.20(0.98–1.51)	0.96(0.81–1.12)	1.16 (1.02–1.33)
Respiratoria	1.29(0.96–1.72)	0.95 (0.76–1.19)	1.26 (1.06–1.52)	1.03(0.78–1.39)	0.96(0.79–1.17)	1.09(0.93–1.28)
Todo cancer	1.70 (1.36–2.13)	0.87(0.75–1.04)	1.16 (1.01–1.34)	1.25 (1.04–1.50)	0.92(0.82–1.05)	1.03 (0.92–1.15)
Lung cancer pulmón	1.94 (1.36–2.74)	0.83(0.58–1.14)	1.03(0.81–1.29)	1.35(0.87–2.03)	0.64(0.43–0.93)	1.11(0.88–1.40)
Infarto al miocardio	1.27(0.96–1.69)	1.04(0.83–1.30)	1.11(0.93–1.35)	1.16(0.82–1.64)	0.89(0.68–1.16)	1.07(0.87–1.34)
<u>Hospitalizaciones</u>						
Cardiovascular	1.72 (1.12–2.67)	0.93(0.63–1.35)	1.32(0.96–1.78)	1.71 (1.16–2.59)	0.90(0.65–1.30)	1.28(0.96–1.70)
Respiratoria	1.72 (1.05–2.80)	1.14(0.75–1.69)	1.39(0.98–1.95)	2.07 (1.33–3.19)	1.18(0.78–1.82)	1.37 (0.98–1.90)
Todo cáncer	1.78 (1.23–2.59)	0.97(0.70–1.32)	1.28(0.99–1.66)	1.78 (1.23–2.59)	1.09(0.77–1.54)	0.98(0.77–1.25)
Neumonía	1.71 (1.05–2.75)	1.17(0.77–1.83)	1.42 (1.02–2.04)	1.92 (1.16–3.22)	1.27 (0.81–1.93)	1.35(0.93–1.97)
Leucemia	1.08(0.52–2.29)	1.17(0.60–2.23)	1.43 (0.80–2.43)	0.65(0.32–1.36)	0.88(0.45–1.71)	0.88(0.51–1.48)



Modelos por producción

Desenlace	RR (95% CI), Hombres*			RR (95% CI), Mujeres*		
	Termoeléctricas (1000 MW)	Papelereas y celulosas (700Mt/a)	Fundiciones de cobre (100Mt/a)	Termoeléctricas (1000 MW)	Papeleras y celulosas (700MtT/a)	Fundiciones de cobre (1000Mt/a)
<u>Mortalidad</u>						
Total	1.42 (1.16–1.73)	0.93(0.80–1.09)	1.17 (1.03–1.33)	1.19 (1.02–1.37)	0.96(0.84–1.08)	1.09(0.98–1.20)
Cardiovascular	1.26 (1.01–1.60)	0.98(0.83–1.15)	1.15 (1.01–1.31)	1.20(0.98–1.51)	0.96(0.81–1.12)	1.16 (1.02–1.33)
Respiratoria	1.29(0.96–1.72)	0.95 (0.76–1.19)	1.26 (1.06–1.52)	1.03(0.78–1.39)	0.96(0.79–1.17)	1.09(0.93–1.28)
Todo cancer	1.70 (1.36–2.13)	0.87(0.75–1.04)	1.16 (1.01–1.34)	1.25 (1.04–1.50)	0.92(0.82–1.05)	1.03 (0.92–1.15)
Lung cancer pulmón	1.94 (1.36–2.74)	0.83(0.58–1.14)	1.03(0.81–1.29)	1.35(0.87–2.03)	0.64(0.43–0.93)	1.11(0.88–1.40)
Infarto al miocardio	1.27(0.96–1.69)	1.04(0.83–1.30)	1.11(0.93–1.35)	1.16(0.82–1.64)	0.89(0.68–1.16)	1.07(0.87–1.34)
<u>Hospitalizaciones</u>						
Cardiovascular	1.72 (1.12–2.67)	0.93(0.63–1.35)	1.32(0.96–1.78)	1.71 (1.16–2.59)	0.90(0.65–1.30)	1.28(0.96–1.70)
Respiratoria	1.72 (1.05–2.80)	1.14(0.75–1.69)	1.39(0.98–1.95)	2.07 (1.33–3.19)	1.18(0.78–1.82)	1.37 (0.98–1.90)
Todo cáncer	1.78 (1.23–2.59)	0.97(0.70–1.32)	1.28(0.99–1.66)	1.78 (1.23–2.59)	1.09(0.77–1.54)	0.98(0.77–1.25)
Neumonía	1.71 (1.05–2.75)	1.17(0.77–1.83)	1.42 (1.02–2.04)	1.92 (1.16–3.22)	1.27 (0.81–1.93)	1.35(0.93–1.97)
Leucemia	1.08(0.52–2.29)	1.17(0.60–2.23)	1.43 (0.80–2.43)	0.65(0.32–1.36)	0.88(0.45–1.71)	0.88(0.51–1.48)

Discusión



Discusión

- **Hipótesis:**

- Existe aumento de mortalidad/morbilidad en la cercanía de megafuentes

- **Evidencia**

- Impactos termoeléctricas / fundiciones cobre
 - Cardiovascular/Respiratorio/Cáncer
 - Mortalidad/Hospitalizaciones

Discusión

- **Consistencia con hipótesis:**
 - Impactos altos (10%-100%)
 - Mortalidad / Morbilidad
 - Similares desenlaces
 - Hombres > Mujeres
 - Exposiciones ocupacionales

Discusión

- **Consistencia con hipótesis:**
 - Producción > con/sin
 - Mejor estimación de exposición
 - Contaminantes ($MP_{2,5}$, MP_{10} , NO_2 , SO_2)
 - Tipos de desenlaces
 - Magnitudes



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Exposición-Respuesta

Escuela
de Salud
Pública
DR. SALVADOR ALLENDE
UNIVERSIDAD DE CHILE

Efecto	Exposición	Exp-Resp	Norma Chile	Tiempo	Riesgo
Mortalidad total	24h	0,6% / 10 µg/m ³	50	24h	3%
Mortalidad respiratoria	24h	1,3% / 10 µg/m ³	50	24h	7%
Mortalidad cardiovascular	24h	0,9% / 10 µg/m ³	50	24h	5%
Mortalidad total	Anual	4% / 10 µg/m ³	20	Anual	8%
Mortalidad cardiopulmonar	Anual	6% / 10 µg/m ³	20	Anual	12%

Discusión

- **Estudios anteriores:**
 - Similares en España
 - Cambra 2011, García 2009, 2015, Fernandez, Ramis 2012
 - Italia
 - Bilancia 2009, Parodi 2004
 - Magnitud algo menor
 - ¿Mayor regulación?

Discusión

- **Implicancias**

- Si asumimos altos impactos en salud de megafuentes
- ¿Qué hacer?



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Salud Pública

Escuela
de Salud
Pública
DR. SALVADOR ALLENDE
UNIVERSIDAD DE CHILE

Políticas:

- 1) Cumplimiento de normativa
- 2) ¿Norma es protectora?
 - 1) ¿Sinergia?
- 3) Equidad
 - 1) ¿Quién se beneficia? ¿Quién sufre impacto?
- 4) Discusión modelo desarrollo

Discusión

- **Proyecciones:**
 - Estudiar más desenlaces
 - Cáncer sitios específicos
 - Grupos vulnerables (ancianos, niños)
 - Nuevas regulaciones post 2010
 - Expansión termoeléctricas post 2000

Agradecimientos

- Agradecimientos:
 - FONIS por financiamiento (SA12I2046)
 - MMA por acceso a información y asesorías



FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD DE CHILE

Equipo de Trabajo

Escuela
de Salud
Pública
DR. SALVADOR ALLENDE
UNIVERSIDAD DE CHILE

Equipo:

- Nelson Arias
- Claudio Galleguillos
- Paola González
- Luis Gutiérrez
- Stephanie Mesías
- Marianne Meyer
- Claudia Ortega
- Sandra Pardo
- Carolina Posada
- Pablo Ruiz
- Irene Schiattino

Asesores:

- Gloria Icaza
- María Luisa Garmendia
- Garritt Page

¡Gracias!

¿Preguntas?

