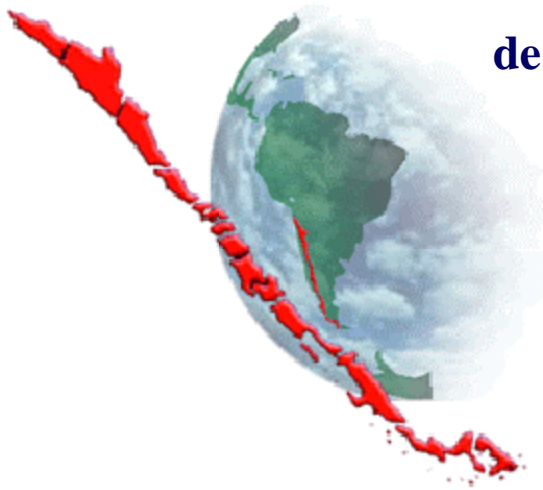


## **Calidad de aire en Chile**

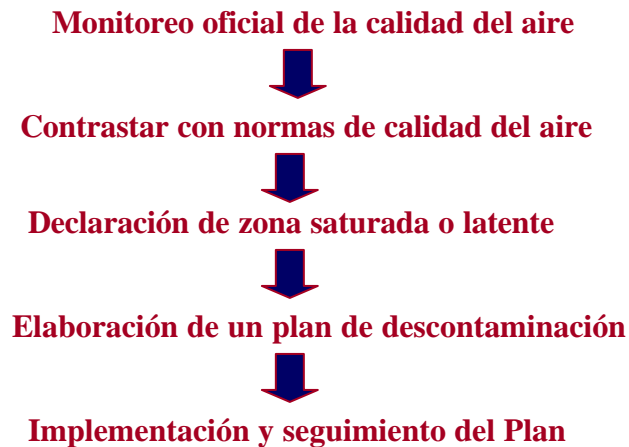


### **Alcances**

- **Zonas saturadas oficiales en Chile**
- **Monitoreo de la calidad del aire**
- **Diagnóstico de la calidad del aire en Chile**
- **Principales problemas identificados**
- **Proyecciones**

Christian Santana O.

**En Chile, para el desarrollo de Planes de Descontaminación la legislación establece el siguiente marco de acción:**



Christian Santana O.

### **Zonas Saturadas oficiales en Chile**

<b>D. Supremo</b>	<b>Fecha</b>	<b>Localidad</b>	<b>Contaminante</b>
1162, MINSAL	11/06/93	<b>María Elena, Pedro de Valdivia</b>	PM10
255, Agricultura	30/09/93	Area de la <b>Fundición Hernan Videla Lira</b>	SO2
346, Agricultura	09/12/93	Area del <b>Complejo Industrial Ventanas</b>	SO2 y PM10
179, Minsegres	06/10/94	Area de la <b>Fundición Caletones</b>	SO2 y PM10
131, Minsegres	12/06/96	<b>Región Metropolitana</b>	PM10, CO, O3, PTS y latente NO2
118, Minsegres	10/02/97	Area de la <b>Fundición Potrerillos</b>	SO2 y PM10

Christian Santana O.

### **Planes de Descontaminación oficiales en Chile**

<b>D. Supremo</b>	<b>Fecha</b>	<b>Descripción</b>
252, Minería	30/12/92	P. Desc. Complejo Industrial Ventanas
132, Minería	07/06/93	P. Desc. División Chuquicamata
180, Minsegres	18/10/94	P. Desc. Fundición Hernan Videla Lira
81, Minsegres	10/05/98	P. Desc. Fundición Caletones
16, Minsegres	06/06/98	Plan de Prevención y Descontaminación de la R.M.
179, Minsegres	04/12/98	P. Desc. Fundición de Potrerillos
164, Minsegres	27/10/98	P.Desc. María Elena y Pedro de Valdivia

Christian Santana O.

**¿Esas son las únicas áreas con  
problemas de contaminación  
atmosférica en Chile?**

Christian Santana O.

## Monitoreo de calidad de aire en Chile

- Durante la segunda mitad de los 80s se consolidó la red de monitoreo de Santiago (MACAM).
- Producto de regulaciones aplicadas en 1992 a megafuentes de SO<sub>2</sub> y PM<sub>10</sub> se instaló un número importante de redes privadas de monitoreo de calidad de aire.
- El Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental desde su implementación (1995) ha generado un número importante de redes privadas semipermanentes.
- Desde 1998 se está ampliando el monitoreo a zonas urbanas distintas de Santiago por medios de estaciones públicas.

Christian Santana O.

## Redes privadas de monitoreo de calidad de aire

Nombre y/o localización	Región	Nº estación	Parámetros	Dependencia	Fiscalización
Collahuasi	I	5	Pm10, PTS, met.	C.M. Doña Ines de Collahuasi	S. Salud Iquique
Pta. Patache	I	¿2?	SO <sub>2</sub> , PM10	E. Eléc. Pta. Patache	S. Salud Iquique
Chuquicamata	II	5	PM10, SO <sub>2</sub> , meteo.	CODELCO	S. Salud Antofagasta
Antofagasta	II	3	PM10, SO <sub>2</sub> , meteo.	Noranda	S. Salud Antofagasta
Antofagasta	II	3	PM10, PTS	Cia. M. Escondida.	S. Salud Antofagasta
Tocopilla	II	+2	PM10, SO <sub>2</sub> , meteo.	Electroandina Norgener	S. Salud Antofagasta
Ma. Helena	II	+2	PM10, Beta, meteo.	SOQUIMICH	S. Salud Antofagasta
Mejillones	II	3	PM10, Beta, meteo.		S. Salud Antofagasta
Paposo	II	¿?	NO <sub>2</sub>	CELTA	S. Salud Antofagasta
Huacolda	III	2	PM10, Beta, meteo.	E. El. Huacolda	S. Salud Atacama
Huasco	III	2	MPS, PM10, ¿ met?	C. Min.Pacifico	SAG
Paipote	III	6	PM10, SO <sub>2</sub> , meteo.	ENAMI	S. Salud Atacama
Potrerillos	III	2	PM10, SO <sub>2</sub> , meteo.	CODELCO	S. Salud Atacama
Andacollo	IV	3	PM10, PTS, meteo.	C.M. Dayton	S. Salud Coquimbo
Andacollo	IV	2	PM10, PTS.	C.M. C. de Andacollo	S. Salud Coquimbo
El Indio	IV	3	PM10, meteo.	C.M. El Indio	S. Salud Coquimbo
Chagres	V	4	PM10, SO <sub>2</sub> , meteo.	C. Minera Disputada LC	S. Salud San Felipe - Los Andes, SAG
Ventanas	V	5	PM10, SO <sub>2</sub> , meteo.	ENAMI - CHILGENER	S. Salud Viña del Mar - Quillota
Quillota	V	4	NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , meteo., PM10, SO <sub>2</sub>	Colbún E. Eléctrica San Isidro	S. Salud Viña del Mar - Quillota
El Melón	V	2	NO <sub>2</sub> , meteo., PM10, SO <sub>2</sub>	Cemento Melón	S. Salud Viña del Mar - Quillota
Renca	RM	1	COVs, Nox, PM10, meteo., CO	Eléctrica Stgo.	SESMA
Polpaico	RM	4	Nox, SO <sub>2</sub> , PM10, meteo.	Cementos Polpaico	SESMA
Caletones	VI	7	PM10, SO <sub>2</sub> , meteo.	CODELCO	S. Salud Rancagua
Talcahuano	VIII	3	PM10, SO <sub>2</sub> , meteo.	Sid. Huachipato	Discontinuado
Talcahuano	VIII	3	PM10, SO <sub>2</sub> , meteo.	Petrox	S. Salud Talcahuano
Charrúa	VIII	2	PM10, SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , CO, O <sub>3</sub> , meteo.	ENDESA	S. Salud Bio Bio

**Total de estaciones privadas +- 80**

Christian Santana O.

## Redes públicas de monitoreo de calidad de aire

Nombre y/o localización	Región	Nº estaciones	Parámetros	Dependencia	Fiscalización
Gran Valparaíso (1)	V	2	PM10, SO2, CO, NOX, O3, meteo.	S.Salud Viña del Mar	S.Salud Viña del Mar
Rancagua (1)	VI	1	PM10, SO2, CO, NOX, O3, meteo.	S.Salud Rancagua	S.Salud Rancagua
MACAM	RM	8	PM10, PM2.5, SO2, NOX, CO, O3, meteo.	SESMA	SESMA
Santiago Vigil.	RM	4	PM10, PTS	SESMA	SESMA
Talcahuano	VIII	2	PM10, SO2, meteo.	CONAMA VIII	S. S. Talcahuano
Temuco (1)	IX	1	PM10, SO2, CO, NOX, O3, meteo.	S.Salud Rancagua	S.Salud Temuco

(1) Estaciones que operarán a partir del 2002

**Total de estaciones públicas +-18**

Christian Santana O.

### De lo anterior podemos deducir:

- El monitoreo ha estado fuertemente concentrado en torno a Megafuentes y en la Región Metropolitana.
- Salvo la R.M. el desarrollo de redes de monitoreo orientadas a la vigilancia de calidad con fines de salud pública ha sido escaso.
- Pueden haber zonas con poblaciones importantes que tengan problemas de calidad de aire no identificadas a la fecha.
- En los últimos años se ha avanzado en identificar dichas zonas.

Christian Santana O.

## Zonas con problemas de contaminación atmosférica identificados o probables

**Zonas con megafuentes de PM10 y SO2:** Norte y centro de Chile. Actividades mineras y de generación eléctrica.

**Grandes y medianas zonas urbanas, variedad de fuentes:** Santiago, Rancagua, Gran Valparaíso, Talcahuano-Concepción.

**Zonas de uso intensivo de leña:** Depresión central del Sur de Chile. Temuco, Padre Las Casas, Osorno, ¿Los Angeles?, ¿pequeñas localidades?



Christian Santana O.

## Zonas con megafuentes de As.

Análisis de impacto en concentraciones y deposición de As, mediante modelo de dispersión HIRLAM-MATCH

### Configuración del modelo de dispersión

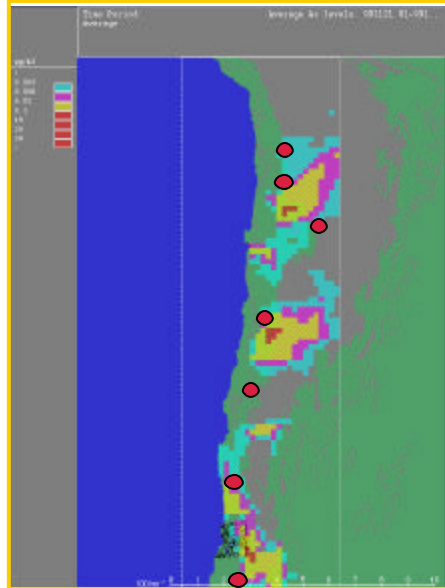
Area	UTM (-69W): X= 100 000 -- 700 000 Y= 6 000 000 -- 8 000 000
Tamaño grilla	20 x 20 km 30 x 100 celdas
Resolución vertical	5 capas* ? 0 a 1 km**
Resolución temporal	Interno: 150 se Output: 1 hora
Mecanismos de deposición y lavado	Coeff. deposición seca: - sobre mar: 0.0005 m/s - sobre suelo: 0.001 m/s  Wet scavenging coeff: - 2.78e-4 s <sup>-1</sup> (mm hour <sup>-1</sup> ) <sup>4</sup>
* Cambiará a 10 capas ** Sobre el suelo en cada punto ("terrain-following coordinate system")	

### Emisiones consideradas 1999

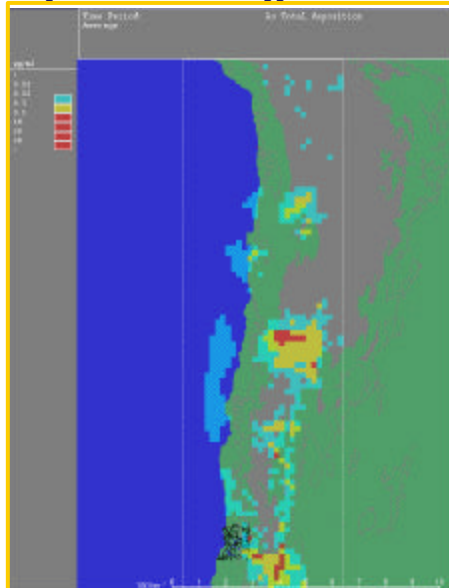
Fundición	Emisión As (ton/año)
Chuquicamata	1.100
Refimet	126
Potrerrillos	1.450
Paipote	42
Indio	200
Chagres	95
Ventanas	120
Caletones	1.180
<b>Suma:</b>	<b>5.013</b>

### As resultados. Período : Nov 21 - 28 de 1999

Concentración promedio (ppbV)



Deposición acumulada (ppbV)



### Zonas con megafuentes de PM10 y SO2.

#### Emisiones de SO2: Fundiciones de Cu (1993-2003)

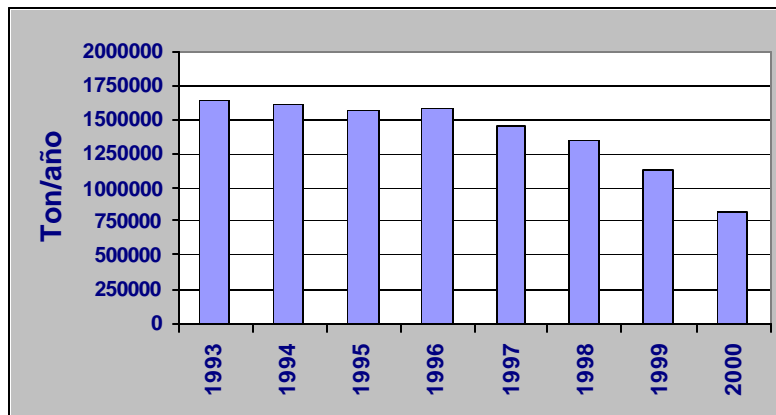
Toneladas / año

Año	Chuquibambilla	Noranda	Paipote	Potrerrillos	Ventanas	Chagres	Caletones	Total
1993	302000	SI	57324	352000	117258	17448	788750	1634780
1994	302000	SI	57324	352000	123052	13496	767294	1615166
1995	274000	SI	57324	352000	118436	10108	760304	1572172
1996	296000	SI	49344	352000	117322	10108	760032	1584806
1997	228000	SI	30900	352000	85218	16976	739771	1452865
1998	186000	43620	35506	352000	44800	11926	710000	1340232
1999	256000	40044	21312	330000	30732	11144	478000	1127188
2000	212000	40000	26000	86000	28000	11000	466000	829000
2003	56000	40000	26000	86000	28000	11000	230000	437000

SI: Sin Información

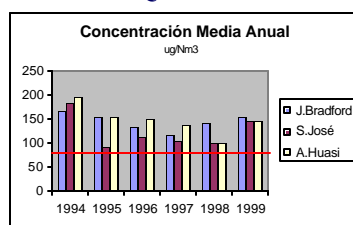
## Zonas con megafuentes de PM10 y SO2.

### Impacto de planes de descontaminación sobre Emisiones de SO2 Fundiciones de Cu (1993-2000)

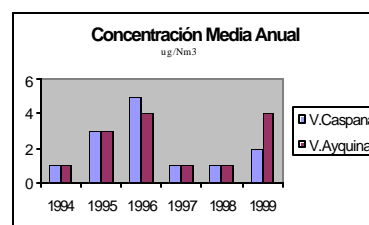


### Impacto en calidad de aire de los planes de control. Norte de Chile, concentraciones de SO2

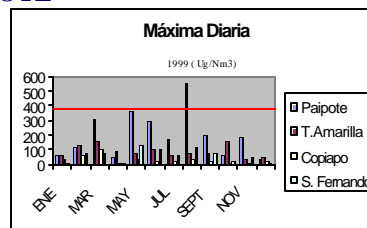
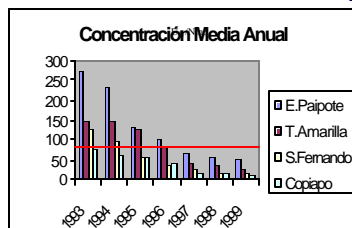
#### CHUQUICAMATA



#### CALAMA



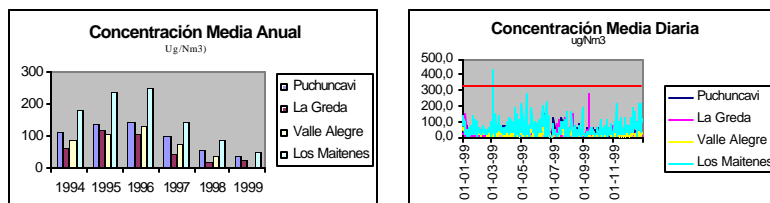
#### PAIPOTE



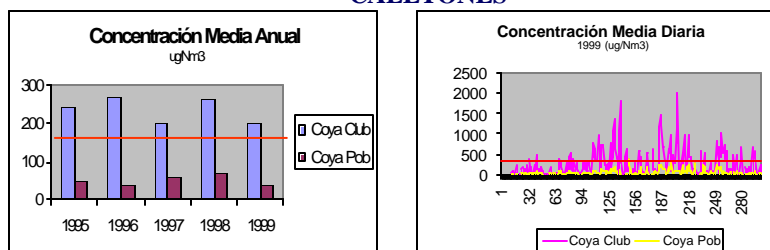


## Impacto en calidad de aire de los planes de control. Centro de Chile, concentraciones de SO<sub>2</sub>

### VENTANAS



### CALETONES



Los Planes de Descontaminación aplicados sobre estas megaindustrias han repercutido en la calidad del aire en grandes zonas urbanas, y no sólo en su entorno inmediato como fue su diseño original.

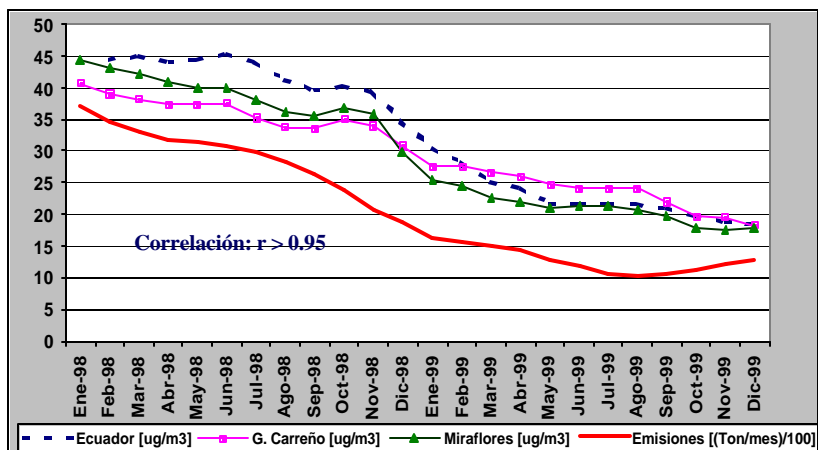
Christian Santana O.

## Emisiones del complejo Ventanas v/s Concentraciones de SO<sub>2</sub> en Valparaíso y Viña del Mar



Christian Santana O.

## Emisiones del complejo Ventanas v/s Concentraciones de SO<sub>2</sub> en Valparaíso y Viña del Mar Promedio móvil de 12 meses: Enero 98 - Diciembre 99



Fuente: Fase Intermedia, Estudio de la Calidad del Aire en Regiones Urbano-Industriales de Chile, CONAMA, diciembre 2000.

Christian Santana O.

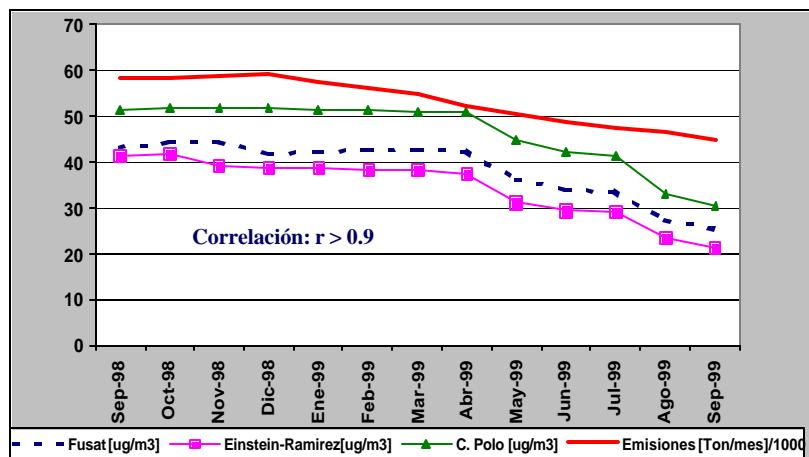
## Emisiones de Fundición Caletones v/s concentraciones de SO<sub>2</sub> en Rancagua



Christian Santana O.

## Emisiones de Fundición Caletones v/s concentraciones de SO<sub>2</sub> en Rancagua

Promedio móvil de 12 meses: Sept. 98 - Sept. 99

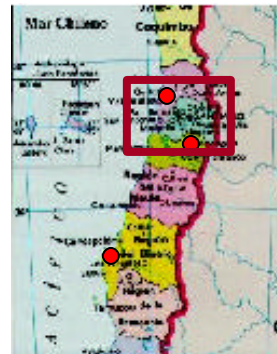


Fuente: Fase Intermedia, Estudio de la Calidad del Aire en Regiones Urbano-Industriales de Chile, CONAMA, diciembre 2000.

Christian Santana O.

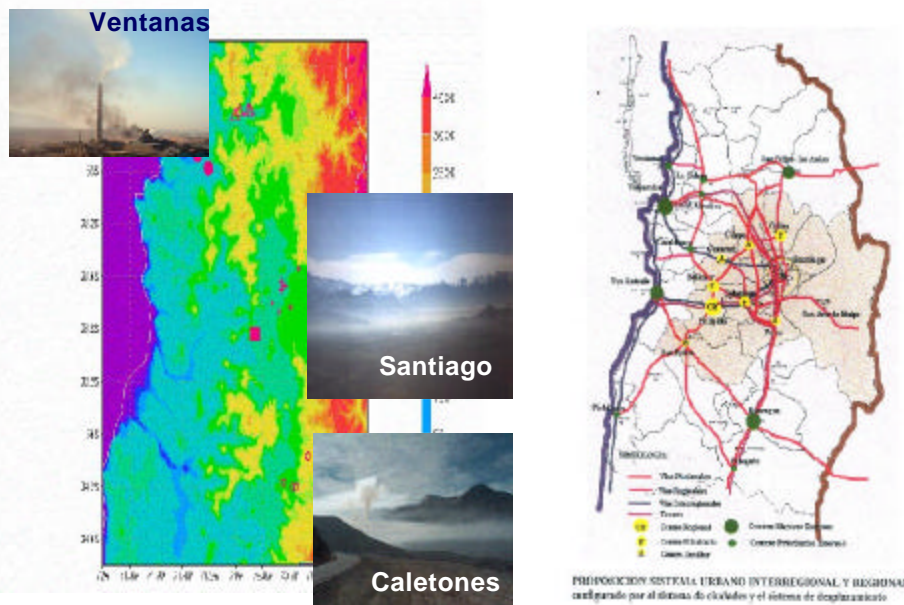
## Zonas urbanas con contaminación causada por múltiples actividades económicas.

- En la Región Metropolitana se han concentrado las tareas de control de contaminación urbana.
- Debido a la evolución esperada de las actividades económicas y al tipo de contaminantes que persisten en Santiago (O<sub>3</sub> y PM), en un mediano plazo se puede requerir un control sobre la Macrozona Central de Chile.
- Existen pocos antecedentes empíricos sobre la calidad de aire en otras zonas urbanas. La excepción son Talcahuano, Viña del Mar-Valparaíso, Rancagua.



Christian Santana O.

## Contaminación Atmosférica en la Macrozona Central de Chile



## Valparaíso, Viña del Mar y Rancagua 1998 - 1999

### Dióxido de Azufre: SO<sub>2</sub>

- En ninguna ciudad se superó la norma anual (80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
- Las mayores concentraciones están en puntos de Viña del Mar, Rancagua y Valparaíso.

### Dióxido de Nitrógeno: NO<sub>2</sub>

- En ninguna ciudad se superó la norma anual de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

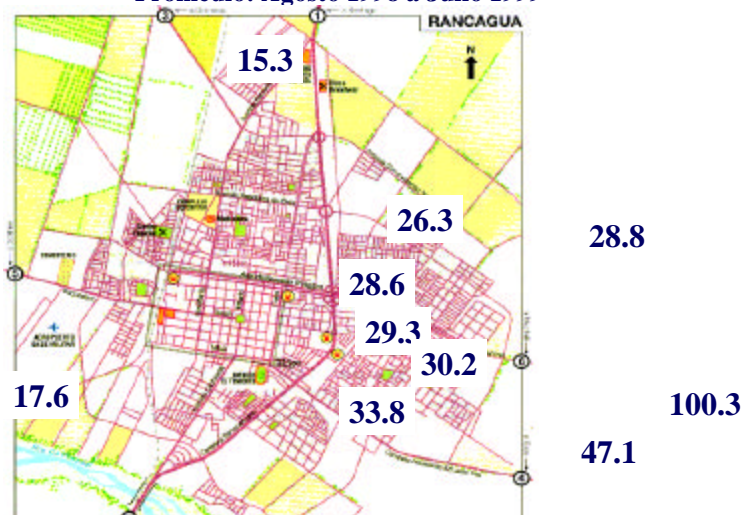
### Material Particulado: PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>

- Todas las ciudades presentan importantes concentraciones.
- Rancagua presenta las mayores concentraciones promedio y días sobre norma de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>.

Christian Santana O.

## Rancagua: Concentraciones de SO<sub>2</sub>

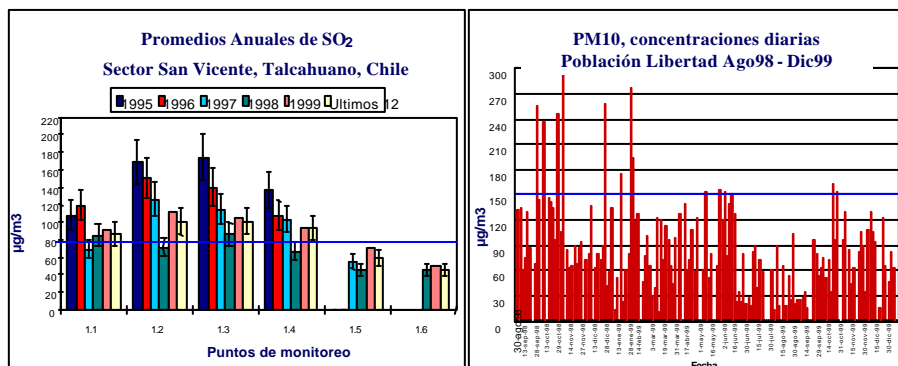
Promedio: Agosto 1998 a Julio 1999



Fuente: Fase Intermedia, Estudio de la Calidad del Aire en Regiones Urbano-Industriales de Chile, CONAMA, diciembre 2000.

Christian Santana O.

## TALCAHUANO



Fuente: “Proyecto Monitoreo del aire en Talcahuano”, COSUDE

Christian Santana O.

### Problemas de Contaminación Atmosférica por uso intensivo de leña como combustible.

- Recientemente se ha comenzado a sistematizar este problema. A la fecha se ha medido exclusivamente en Temuco, Osorno y Coyhaique.
- El problema podría estar extendido en toda la zona del Sur del País (VIII, IX, X y XI Región) en zonas urbanas de la depresión central ( $\approx 1.000.000$ .- a  $3.000.000$  de habitantes?).
- La contaminación es mayoritariamente por PM10, PM2.5 y, eventualmente, CO.
- Si bien son diversas las categorías de fuentes que intervienen, parece ser la leña usada como combustible domiciliario la principal causante del problema.

Christian Santana O.

### **Desde el punto de vista de salud, además:**

- Por provenir de leña, la toxicidad de este material particulado puede ser alta: presencia de HAPs y elevada proporción PM2.5/PM10 en episodios.
- Se desconocen los impactos agudos de la exposición a altas dosis en corto tiempo, especialmente en la noche.

Christian Santana O.

### **Temuco y Padre Las Casas En primavera**

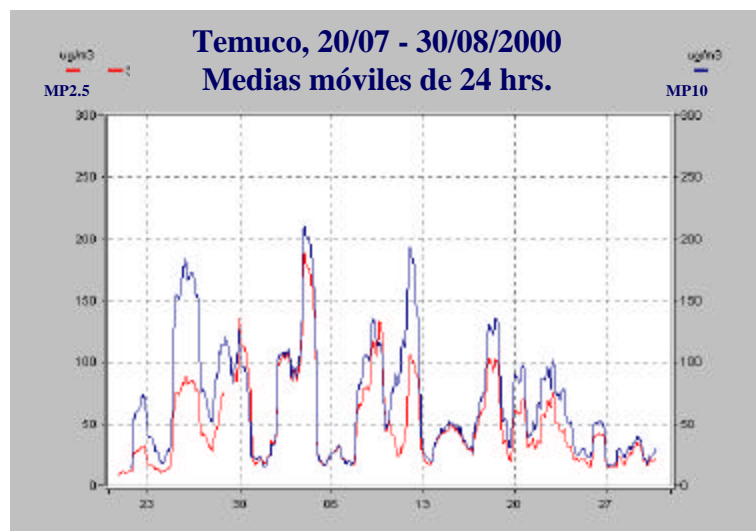




**Temuco y Padre Las Casas**  
**Sábado 16/06/2000 9:00 AM**  
**Vista desde el Cerro Ñielol hacia el Poniente**



**Elevada proporción de MP2.5/MP10  
en periodos de alta contaminación.**

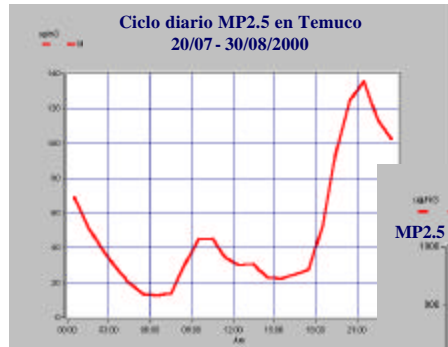


**Monitoreo continuo fines invierno de 2000**

Christian Santana O.

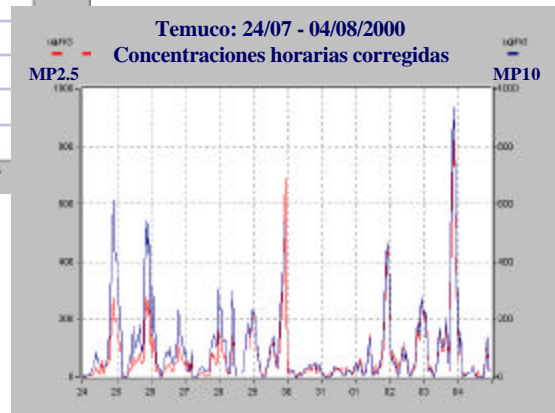


**Los mayores niveles se encuentran concentrados sólo en algunas horas:**



Información preliminar, sin validación

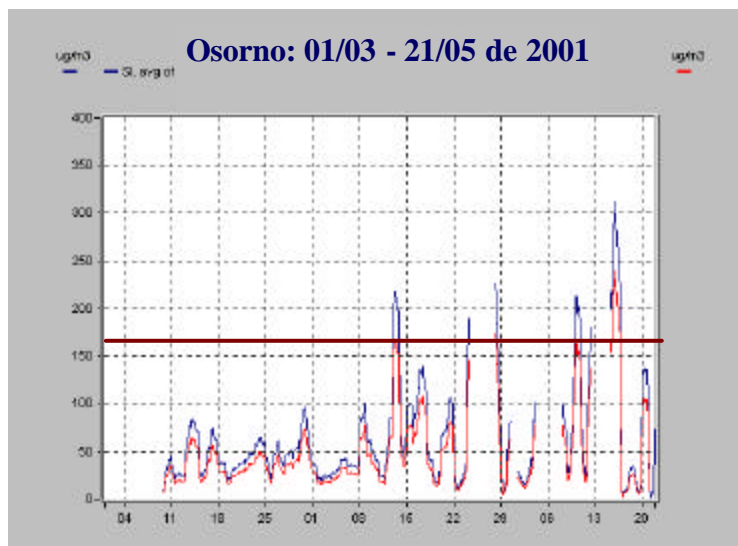
**Por lo tanto, las dosis en cortos periodos también lo son** ➡



Información preliminar, sin validación

Christian Santana O.

**Osorno:  
concentraciones diarias de PM10**



Datos corregidos por 1.3

Datos sin corregir

## Resumiendo

### MP10: periodo 01/03 - 31/07 de 2001

Parámetro	Temuco	Osorno
Máximo de 24 hrs (ug/m3)	258	290
Máximo horario (ug/m3)	953	1013
N° de días sobre norma	17	18

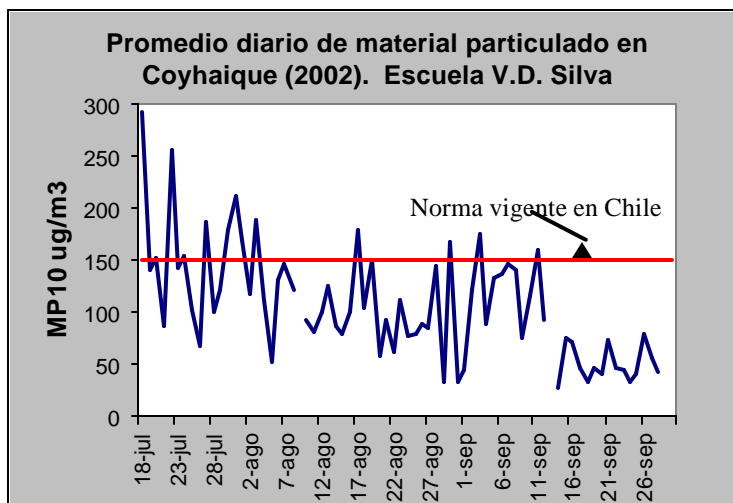
### MP10 corregido: periodo 01/03 - 31/07 de 2001

Parámetro	Temuco	Osorno
Máximo de 24 hrs (ug/m3)	336	377
Máximo horario (ug/m3)	1239	1316
N° de días sobre norma	36	22

Valores corregidos por 1.3

Christian Santana O.

## Resultados de monitoreo de calidad de aire preliminar realizado por CONAMA

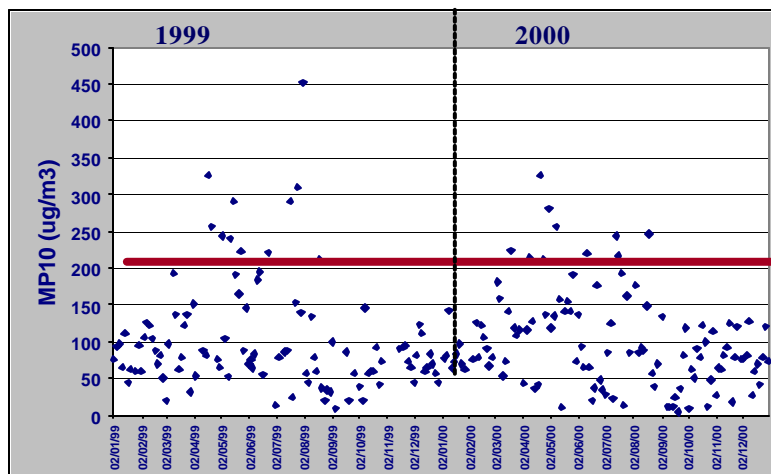


### Otras zonas con probables problemas:

- Areas impactadas por fuentes industriales relevantes:  
Contaminantes tradicionales y otros peligrosos.
- Localidades impactadas por emisiones fugitivas de polvo:  
zonas desérticas, zonas cercana a acumulación de residuos  
posibles de levantarse por acción del viento. Ejem. Chañaral  
(III Región).
- Localidades cercanas a actividades de extracción y  
procesamiento primario de minerales. Ejem. María Elena (II  
Región); El Sauce (Andacollo, IV Región).
- Otros...

Christian Santana O.

### El Sauce (Andacollo): concentraciones de MP10, 1999 - 2000



Christian Santana O.

### **A modo de proyección:**

- Si bien en Chile existe un diagnóstico de la calidad de aire, requiere de una ampliación hacia nuevas zonas urbanas.
- Este diagnóstico debe incluir una profundización del estudio del comportamiento y las causas de la contaminación, única manera de desarrollar políticas de control adecuadas.
- En el corto plazo se requiere del desarrollo de políticas integrales de manejo del recurso atmosférico para la zona de la depresión central del sur de Chile impactada por emisiones provenientes del consumo de leña.

Christian Santana O.