

# Contaminación del aire en espacios exteriores e interiores en la ciudad de Temuco

*Estudio preliminar realizado en Temuco demuestra que el problema de la contaminación atmosférica en Chile no es privativo de la ciudad de Santiago. Los resultados de las mediciones arrojaron alta concentración de partículas respirables al interior de las viviendas, mientras que en el exterior se presentaron durante todos los días mediciones que en promedio superan en 2,5 el límite de la norma con índices diarios que en Santiago obligarían a declarar estado de emergencia.*

Lionel Gil\*, Dante Cáceres\*, Luis Quiñones\*, Marta Adonis\*

A medida que las ciudades crecen comienzan a sufrir una serie de problemas ambientales, entre ellos, la contaminación. Este parecería ser el caso de la capital de la Novena Región, Temuco, ciudad que ha crecido en el último tiempo a un ritmo acelerado, lo que ha implicado, entre otras cosas, un mayor tránsito vehicular. Esta situación, junto al hecho de que las industrias y viviendas siguen todavía empleando como principal fuente de combustible la leña, estaría incidiendo en un deterioro de la calidad del aire en la ciudad.

En un intento por conocer la magnitud del problema, se realizó un estudio preliminar durante 1996 el que evidenció que la atmósfera de la ciudad de Temuco podría tener una carga contaminante mayor que la de Santiago, al menos en el período del monitoreo. Los resultados de las mediciones al interior de viviendas arrojaron alta concentración de partículas respirables (PM10), mientras que en sitios exteriores correspondientes a distintos sectores de la ciudad se presentaron índices de calidad del aire superiores a 500, los que de acuerdo a la norma obligarían a declarar estado de emergencia en Santiago<sup>1</sup>.

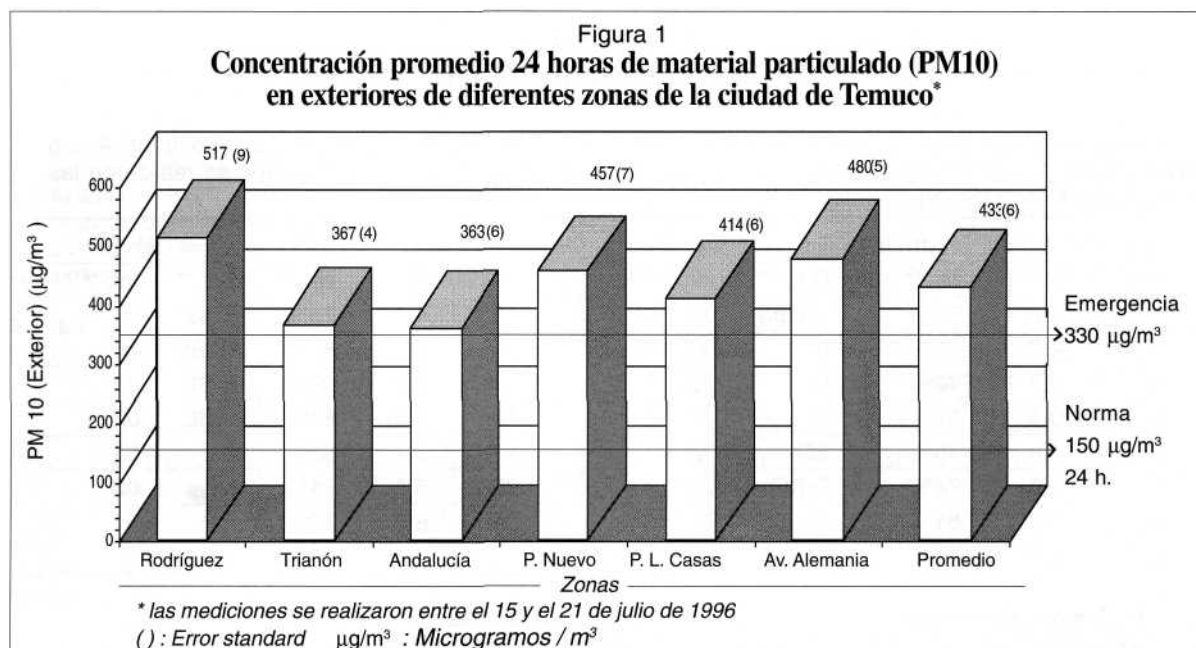
El estudio analizó tanto al interior de viviendas como en exteriores de diversas zonas de la ciudad de

Temuco los niveles de algunos de los contaminantes atmosféricos para los cuales existen en el país normas estándares y otros no regulados, y evaluó la contribución de las principales fuentes de emisión de estos contaminantes.

Tanto en interiores como en exteriores se midieron los siguientes contaminantes atmosféricos: Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), Material Particulado Fracción Respirable (PM10) e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos Totales (HAPs). Estos contaminantes pueden representar grave riesgo para la salud de la población (Recuadro 1).

Las mediciones se realizaron entre el 2 y el 9 de junio y entre el 15 y 21 de julio de 1996. Los resultados discutidos en este estudio sólo representan la calidad de aire interior y exterior durante los días monitoreados, los cuales coincidieron con períodos fríos y de bajas precipitaciones, que no son favorables para la dispersión de los contaminantes (Cuadro 1). Por esta razón, la información proporcionada aquí no debe ser considerada como un diagnóstico de la calidad del aire de la ciudad durante otros períodos, especialmente aquellos con condiciones atmosféricas distintas. Estos estudios tienen carácter preliminar y deben ser complementados con in-

\* Laboratorio de Bioquímica y Toxicología Ambiental, Facultad de Medicina, Universidad de Chile.



vestigaciones que incluyan un mayor número de lugares monitoreados y por períodos más largos de tiempo.

#### Contaminación en interiores y exteriores

Se estima que la contaminación atmosférica es responsable del aumento en el número de personas afectadas por conjuntivitis, laringitis, asma y bronquitis crónica en las ciudades. Incluso, a largo plazo, puede observarse un aumento de efisema y cáncer broncopulmonar<sup>2</sup>. En el caso particular de Temuco, cabe mencionar que, aun cuando es difícil determinar si se debió a la contaminación, las consultas por problemas respiratorios en la ciudad aumentaron casi al doble en 1996<sup>3</sup>.

Por otra parte, investigaciones desarrolladas en los últimos 15 años han demostrado que la calidad del aire de espacios interiores es con frecuencia tanto o más mala que la de exteriores, pudiendo implicar grave peligro para la salud humana<sup>4</sup>. Considerando que la mayor parte de la población gasta entre un 75 y un 90% de su tiempo en interiores<sup>5</sup>, pudiendo alcanzar hasta el 100% en los grupos más vulnerables (ancianos, enfermos y lactantes) es indudable que la calidad del aire en interiores es un problema de gran relevancia. El aire en espacios interiores contiene una gran variedad de contaminantes físicos, químicos y biológicos que son liberados por diversas fuentes, entre ellas, el aire exterior, materiales de edificación y alhajamiento (tableros, cielos falsos, pin-

turas, barnices y similares) y actividades que desarrollan las personas (calefacción, enfriamiento, humidificación, cocción, hábito de fumar, uso de fotocopiadoras, otras).

Para realizar este estudio se seleccionaron seis sectores que fueran representativos de la calidad del aire de la ciudad de Temuco. En el caso de la contaminación intradomiciliaria se eligieron cinco hogares de acuerdo a antecedentes de morbilidad de enfermedades respiratorias proporcionados por los consultorios de salud (Recuadro 2).

#### Calidad del aire exterior

De acuerdo al estudio, en todos los sectores analizados los niveles de CO fueron inferiores a la norma de 1 hora y 8 horas. No obstante, la norma de 24 horas para partículas respirables —150 microgramos por metros cúbicos (150 µg/m³)— fue superada todos los días en cada uno de los puntos de monitoreo. Las concentraciones promedio de 24 horas para los HAPs también fueron altas.

A continuación se detallan los resultados específicos para cada uno de los contaminantes estudiados en exteriores:

#### Monóxido de Carbono y Dióxido de Azufre

Los niveles de CO y SO<sup>2</sup> en exteriores en todos los sectores monitoreados fueron inferiores a la norma de 1 hora y de 8 horas para CO y de 1 hora y 24 horas para SO<sup>2</sup>.

Cuadro 1  
Informe Meteorológico

De acuerdo con información proporcionada por la Dirección de Meteorología del Aeropuerto Arturo Merino Benítez, las condiciones meteorológicas en la ciudad de Temuco los días que se realizaron las mediciones fueron las siguientes:

JUNIO					JULIO				
Día	T° *	Hr. **	Dir. ***	Int. ****	Día	T° *	Hr. **	Dir. ***	Int. ****
2	5,3	70%	Calmo	04	15	4,3	75%	E NE	07
3	4,3	75%	N	03	16	7,4	86%	E SE	05
4	7,7	72%	N	02	17	2,7	99%	E SE	03
5	10,4	85%	N	02	18	2,8	84%	E SE	02
6	4,0	75%	SO	02	19	3,4	82%	S	03
7	3,6	73%	O NO	02	20	5,6	74%	NE	02
8	7,1	81%	E	03	21	8,2	75%	E	04
9	6,9	77%	NE	04					

\* T°: Temperatura media (grados celsius), \*\* Hr: Humedad relativa media (%)  
\*\*\*Dir.: Dirección media del viento(grados), \*\*\*\*Int.: Intensidad media del viento (nudos)

**Material Particulado PM10**

En todos los lugares monitoreados se sobrepasó la norma de 24 horas para material particulado PM10 (150 u.g/m<sup>3</sup>). Las concentraciones fluctuaron entre 363 y 517 ug/m<sup>3</sup>. Es decir, la concentración menor fue 242% superior a la norma y la concentración mayor fue 345% superior (Figura 1).

Durante los seis días monitoreados el promedio fue

**Resumen**

Un estudio preliminar realizado en la ciudad de Temuco, Novena Región, durante 11 días en 1996, evidenció que la atmósfera de esa ciudad podría ser más contaminante que la de la capital, al menos en el período del monitoreo. Los resultados de las mediciones arrojaron alta concentración de partículas respirables (PM10), mientras, en el exterior se constataron niveles que superaron el índice de Calidad del Aire 500, que en Santiago implicaría decretar estado de emergencia. En la investigación se midieron monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), fracción respirable de material particulado (PM10) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs). Esta situación sugiere la conveniencia de establecer una red urbana de monitoreo y estudiar la implementación de medidas de pre-emergencia y emergencia para bajar los niveles de contaminantes en períodos de alta contaminación, además de evaluar la posibilidad de regular el uso de la leña como combustible en la ciudad. Se debe destacar que el reglamento que decreta emergencia sólo es válido para la Región Metropolitana. Estos estudios demuestran, sin embargo, que el problema de la contaminación atmosférica no es privativo de la Región Metropolitana, y así como en el caso de Temuco es probable que situaciones similares estén ocurriendo en otras ciudades, especialmente en el sur del país, donde existe un alto consumo de leña.

**Abstract**

A preliminary study undertaken in Temuco, in the Ninth Region of Chile, during 11 days in 1996, provided evidence that the atmosphere of this city could be more contaminated than that of Santiago, at least for the period monitored. The results of the measurements showed high concentrations of breathable particulates (PM10), verified levels is of the Index of Air Quality above 500, a condition that in Santiago would imply the declaration of a State of emergency. The study measured carbon monoxide (CO), sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), breathable particulate material (PM10), and polycyclic aromatic hydrocarbons. This situation warrants the establishing of an urban monitoring network, and the implementation of pre-emergency and emergency action plans to decrease the pollution levels during periods of high pollution. In addition, the possibility of regulating the use of firewood for heating and cooking should be evaluated. The regulations regarding the declaration of emergency conditions currently only pertain to the Metropolitan Region of Santiago. These studies demonstrate that the problem of atmospheric pollution is not exclusive to Santiago, and as the case of Temuco shows, similar conditions are occurring in other cities, especially those in the south of the country, in which there is a high level of usage of firewood.

de 433 ug/m<sup>3</sup>. Estas concentraciones en todos los lugares monitoreados dan un índice de calidad del aire de partículas superior a 500 ya que este índice se supera a una concentración de 330 (Xg/m<sup>3</sup>). El índice de calidad del aire establece que el nivel 500 es peligroso para la salud humana. A modo de referencia, mediciones realizadas en mayo de 1996 durante 9 días en la Av. Independencia en Santiago, dieron un promedio de 242 u.g/m<sup>3</sup> (figura 2). En tanto, estudios realizados durante el mes de septiembre de 1995 por 9 días en Copiapó y por 6 días en Vallenar dieron promedios de 85 y 78 (ig/m<sup>3</sup>, respectivamente).

**Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos Totales<sup>6</sup>**

Las concentraciones promedio de 24 horas de HAPs (Figura 3) fluctuaron entre 620 y 1.309 nanogramos por metro cúbico (620 y 1.309 ng/m<sup>3</sup>). Durante los seis días monitoreados la concentración promedio diaria fue de 978 |Xg/m<sup>3</sup>. Esta concentración es 13,6 veces superior a las concentraciones de HAPs obtenidas en mayo de 1996 en una zona rural de la Comuna de Chanco (VII Región) y 33% superior a mediciones realizadas en el mismo mes en la calle Independencia en Santiago.

**Calidad del aire interior**

En todas las viviendas estudiadas se encontraron elevados niveles de contaminantes que podrían afectar la salud humana. En el caso de las viviendas que utilizaban estufas a leña, éstas disponían de sistemas

Recuadro 1

## Efectos de los contaminantes en la salud humana y fuentes de emisión

Las principales alteraciones en la salud que provocan los contaminantes del aire analizados en la ciudad de Temuco son las siguientes:

**Monóxido de carbono:** El CO se emite en la combustión incompleta de materia orgánica (emisiones de vehículos, chimeneas, humo de cigarro, entre otros). Los efectos del Monóxido de carbono en la salud se explican principalmente por que éste interfiere con el proceso de transporte de oxígeno a los tejidos, al presentar 240 a 270 veces mayor afinidad que el oxígeno para unirse a la hemoglobina. Elevadas concentraciones de CO pueden causar efectos en la percepción visual, en la audición y en el estado de vigilia. También se pueden presentar debilidad, mareos, dolor de cabeza, efectos neurológicos, inconsciencia y muerte. En pacientes con enfermedades cardíacas puede causar angina y aumentar el riesgo de infarto cardíaco\*.

**Material particulado PM10:** Los componentes del material particulado son principalmente hollín, plomo, sulfatos e hidrocarburos, siendo las fuentes emisoras más importantes el polvo de las calles, los vehículos, especialmente los que utilizan motores Diesel, y los procesos industriales. Las partículas se han asociado con fenómenos irritativos como tos crónica, ronquera, sín-

tomas respiratorios nocturnos, neumopatías, bronquitis, asma bronquial y cáncer pulmonar. Recientes investigaciones realizadas en poblaciones humanas de Estados Unidos y Europa\*\* sugieren que la inhalación de partículas finas a concentraciones menores a la concentración estándar, induce un riesgo elevado de muerte prematura, incremento en las admisiones hospitalarias y una serie de otros efectos adversos para la salud. Se desconoce el mecanismo biológico que podría ser responsable de estos efectos. No está claro si el efecto es producido por la partícula misma, por un componente especial o por una mezcla de contaminantes. Diversos estudios han investigado la asociación entre contaminación y exceso de mortalidad. Un análisis de ocho estudios en diferentes ciudades de Estados Unidos ha calculado que un aumento de PM10 de 10 microgramos/m<sup>3</sup> (como promedio de 24 horas) se asocia con un incremento de 1% en la mortalidad diaria esperada\*\*\*. Un estudio recientemente publicado realizado por el Banco Mundial en Santiago de Chile ha obtenido similares conclusiones\*\*\*\*.

**Hidrocarburos aromáticos policíclicos, HAPs:** Estos compuestos que se producen en la combustión incompleta de la materia orgánica son generados en la emisión de vehículos motorizados, en las quemaduras de basura y

en las chimeneas en procesos industriales y de calefacción. Los HAPs, que son considerados sustancias químicamente inertes cuando se encuentran en la atmósfera, al ingresar a las células son transformadas en compuestos altamente tóxicos. Estos contaminantes se incluyen entre los de mayor riesgo para la salud humana ya que al menos 6 de ellos presentan actividad mutagénica y carcinogénica\*\*\*\*\*.

**Dióxido de Azufre:** Se produce por combustión de combustibles fósiles (carbón y petróleo) en motores, plantas generadoras de electricidad y procesos industriales. Es irritante de las vías respiratorias, es más tóxico en presencia del material particulado. La respuesta fisiológica umbral para personas sensibles es del orden de 1-5 partes por millón.**AD**

Notas:

\* Como ejemplo, una exposición de 6 horas 30 minutos a una concentración de 91 ppm de CO, como la que se obtuvo en la vivienda del sector Santa Rosa, produce un 8% de carboxihemoglobina lo que se puede traducir en efectos en la percepción visual, en la audición y en el estado de vigilia (Expert Panel on Air Quality Standards, Carbón Monoxide, 1994). **"Friedlander y Lippmann (1994). Expert Panel on Air Quality Standards, Particles. "Pope y col. (1995). "Ostro y col. (1996). "IARC. (1983); Adonis y Gil. (1993).**

de ventilación para eliminación de residuos de combustión, pero en este estudio no se analizó la eficiencia del sistema. En los hogares en que la calefacción era en base a carbón y parafina no existían sistemas de ventilación especiales.

Las mediciones al interior de las viviendas se realizaron en casas que utilizaban para caleccionarse carbón, leña, parafina y leña-parafina.

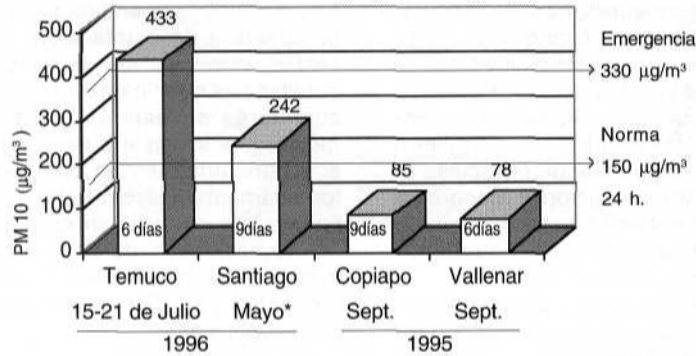
El nivel más alto de CO se encontró en la vivienda que utilizaba carbón, con una concentración prome-

dio de 91,4 partes por millón (ppm) durante el encendido, es decir, 1.000% superior a la norma estándar de 8 horas (9 ppm).

En cuanto al material particulado respirable (PM10), las concentraciones promedio de 24 horas en las viviendas estudiadas fueron superiores a la norma estándar de 150 U.g/m<sup>3</sup>. El combustible que generó el más alto nivel de material particulado fue la parafina (Figuras 4 y 5).

Los resultados específicos para cada contaminan-

Figura 2  
Comparación de promedios de 24 horas de material particulado (PM10) en distintas ciudades de Chile



\* Los datos corresponden a la ciudad de Santiago.



te estudiado en el aire interior son los que se detallan a continuación.

**Monóxido de Carbono**

Las concentraciones promedio de CO variaron entre 8,6 y 91 ppm. En la vivienda que utilizaba carbón, la concentración promedio fue 1.000% superior a la norma estándar de 8 horas (9 ppm). En tanto en la vivienda que usó sólo parafina, los niveles alcanzados fueron levemente superiores a la norma de 8 horas. En cambio en las viviendas que usaron leña, la norma de 8 horas no fue superada, como tampoco en la vivienda que utilizó parafina y leña (Figura 4).

**Material Particulado PMIO<sup>1</sup>**

La parafina generó las mayores concentraciones interiores de PMIO. Durante el período de encendido el promedio fue 670 (ig/m<sup>3</sup> y en 24 horas la concentración promedio fue 642 (Xg/m<sup>3</sup> (Figura 5).

**Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos Totales\***

Las concentraciones más altas de hidrocarburos aromáticos policíclicos se obtuvieron en las viviendas que utilizaron parafina y carbón. Las concentraciones interiores de HAPs fueron muy elevadas en todos los casos estudiados, observándose una buena correlación con la concentración de PM10 ya que estos compuestos se adsorben en las partículas. Estas correlaciones fueron excepcionalmente buenas cuando los combustibles utilizados fueron parafina y leña (Figura 6).

**Dióxido de Azufre**

En general los niveles de este gas no sobrepasaron el nivel de 5 partículas por mil millones (ppb) en ninguno de los lugares monitoreados. En ningún momento fue superada la norma chilena de 24 horas (128 ppb), ni para 1 hora (350 ppb)<sup>9</sup>.

**El problema de la contaminación en Temuco**

Los estudios realizados durante seis días en diversas zonas de la ciudad de Temuco demostraron que la calidad del aire exterior era muy mala. Si bien es cierto que no se sobrepasaron las normas estándar de CO y SO<sup>2</sup>, las concentraciones de HAPs fueron muy altas (Cuadro 2).

La situación más crítica observada en la ciudad fue la contaminación por material particulado, debido a que la concentración promedio durante los seis días fue de 433 (J.g/m<sup>3</sup>, es decir, 287% superior a la norma. Si las concentraciones promedio 24 horas de PMIO obtenidas se extrapolan al índice de calidad de partículas establecido para Santiago (Recuadro 3), en todos los días monitoreados éste habría sido supe-

Recuadro 2

### Lugares de medición y contaminantes registrados

Para analizar la calidad del aire interior y exterior de la ciudad de Temuco se seleccionaron ocho sectores: sector céntrico (calle Rodríguez), Santa Rosa, Amanecer, Pueblo Nuevo, Padre Las Casas, Andalucía, Trianón y Avenida Alemania. La elección de los sectores monitoreados se hizo de manera tal que fueran representativos de la calidad del aire de la ciudad. La selección de las viviendas se hizo en base a información proporcionada por los consultorios de salud de la Municipalidad, considerando los antecedentes de morbilidad por enfermedades respiratorias. De un total de 5 viviendas preseleccionadas por sector se eligió una para instalar los equipos, considerando que en el estudio

se pudieran medir viviendas que utilizaran para calefacción ya sea leña, carbón, parafina o sistemas mixtos. Se confeccionó un protocolo de monitoreo ambiental y se recopilaron datos personales de los jefes de hogar, habitantes de la vivienda y ubicación, así como características de la vivienda, del núcleo familiar, sistemas y tipo de combustibles utilizados para calefacción y cocina, además del horario de su uso.

Los contaminantes ambientales monitoreados durante este estudio fueron: Monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (CO<sup>2</sup>), Hidrocarburos aromáticos policíclicos totales (HAPs), material particulado respirable (PM10).

En las mediciones para cada contaminante se obtuvieron 60

datos por hora (1.440 observaciones por cada día de medición). En los estudios de calidad de aire de interiores se obtuvieron 28.800 datos y en los de calidad de aire de exteriores se recolectaron 34.560, lo que da un total de 63.360 datos, los cuales fueron analizados estadísticamente. Para comparar los diferentes periodos de medición, se utilizó la prueba estadística T" de Student. Para analizar el grado de asociación de los diversos contaminantes monitoreados se usó el test de correlación simple de Pearson. Para calcular medias móviles se utilizaron análisis de series de tiempo. Los datos obtenidos se presentan como valores de estadísticas descriptivas. **AD**

rior a 500, lo cual es considerado peligroso para la salud humana.

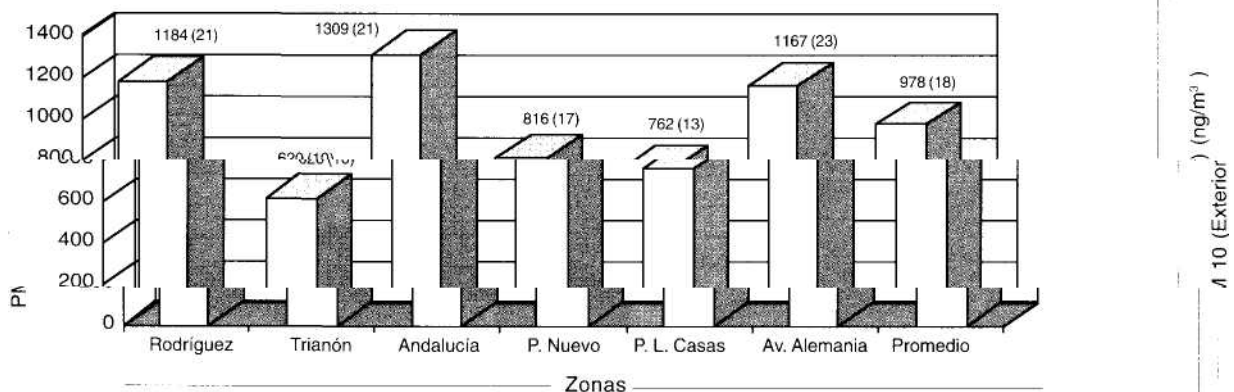
Respecto a la calidad del aire interior, las principales fuentes de emisión de contaminantes en la ciudad de Temuco son los sistemas de calefacción. El carbón es la principal fuente de emisión de CO y produce además elevadas concentraciones de PM10 y de HAPs. En tanto, la parafina es la principal fuente de emisión de HAPs y PM10, aun cuando la leña también genera altas concentraciones de HAPs y

PM10.

En la vivienda que utilizó como fuente de calefacción carbón, la concentración de monóxido de carbono durante el período de encendido sobrepasó en 10 veces la norma de 8 horas.

La leña, el carbón y la parafina utilizados en calefacción generaron durante el período de combustión concentraciones de PM10 superiores a 330 u.g/m<sup>3</sup> nivel considerado peligroso para la salud humana. Los sistemas de ventilación no existían, funciona-

Figura 3  
Concentración promedio 24 horas de Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) en exteriores en diferentes zonas de la ciudad de Temuco\*



\*Las mediciones se realizaron entre el 15 y el 21 de julio de 1996

µg/m<sup>3</sup>: Microgramos/m<sup>3</sup>

Recuadro 3

**Indice de calidad del aire para determinar el nivel de contaminación atmosférica de la Región Metropolitana\***

ICA	CO ppm(8 hrs)	SO <sup>2</sup> µg/m <sup>3</sup> (24hrs)	NO <sup>2</sup> µg/m <sup>3</sup> (1hr)	PM µg/m <sup>3</sup> ** (24hrs)
0	0	0	0	0
100	9	365	470	150
500	50	2.620	3.750	330

Fuente: Resolución n° 1215, Ministerio de Salud, Depto. Programas sobre el Ambiente, so: 12/6/78, Santiago, 22 de junio de 1978.

\* Los valores intermedios se interpolan linealmente. \*\* Indice de calidad del aire referido a partículas, ICA.

ppm: Partes por millón µg/m<sup>3</sup>: Microgramos/m<sup>3</sup> x hrs: este valor indica el máximo aceptable en x horas.

ban deficientemente o no eran utilizados, ya que las concentraciones de PM10 en todas las viviendas monitoreadas permanecieron altas varias horas después que los sistemas de calefacción se apagaron.

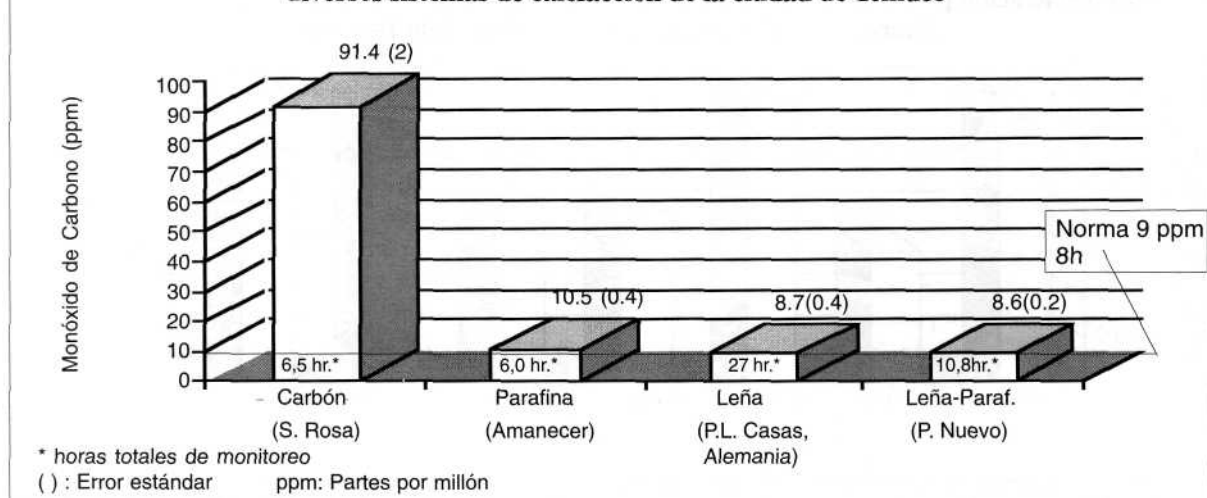
La calidad del aire interior encontrada en 5 viviendas sugiere que las personas que habitan en los lugares monitoreados están expuestas a altas concentraciones de PM10, de HAPs y, en algunos casos, de monóxido de carbono, las cuales constituyen un riesgo para su salud.

Considerando estos antecedentes, se hace necesario complementar estas investigaciones, que tienen carácter preliminar, incluyendo un mayor número de lugares monitoreados, por períodos más largos de tiempo. Además, resulta imprescindible profundizar los estudios sobre la composición del material particulado y establecer su toxicidad. La investigación

realizada en Temuco reveló que tanto en interiores como en exteriores existen sustancias con actividad carcinogénica, las cuales son capaces de alterar el material genético de bacterias, sugiriendo su actividad mutágena<sup>10</sup>.

Asimismo, es necesario establecer una red urbana de monitoreo y estudiar la implementación de medidas de Pre-emergencia y Emergencia para bajar los niveles de contaminantes en períodos de alta contaminación. Se debe destacar que el reglamento que decreta emergencia<sup>11</sup> sólo es válido para la Región Metropolitana. Este estudio demuestra, sin embargo, que el problema de la contaminación atmosférica no es privativo de esa Región, y así como en el caso de Temuco, es probable que situaciones similares estén ocurriendo en otras ciudades, especialmente en el sur del país, donde existe un alto consumo de leña<sup>12</sup>.

Figura 4  
Concentración promedio de monóxido de carbono, en interiores de residencias, con diversos sistemas de calefacción de la ciudad de Temuco





Cuadro 2  
**Normas estándares chilenas para los contaminantes atmosféricos  
 analizados en la ciudad de Temuco**

Contaminante	Tiempo promedio	Norma*
Monóxido de Carbono (CO)	8 horas: 1 hora:	9 ppm** 35 ppm
Material Particulado (PM10)	24 horas:	150 µg/m <sup>3</sup>
Dióxido de Azufre (SO <sup>2</sup> )	24 horas: 1 hora:	128 ppb 350 ppb
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs)**	--	--

\*Máximo aceptable, \*\*No existe norma nacional ni internacional para los HAPs  
 ppm: Partes por millón, µg/m<sup>3</sup>: Microgramos por m<sup>3</sup> ppb: Partes por billón (mil millones).

Con el fin de disminuir los niveles de contaminantes debe estudiarse la posibilidad de regular el uso en la ciudad de la leña, combustible cuya utilización está prohibida o restringida en las grandes ciudades de países desarrollados, debido a que emite altas concentraciones de material particulado y de contaminantes de alta toxicidad. Además, deberían controlarse las fuentes industriales de emisión, especialmente las que usan carbón, leña y petróleo, y las emisiones de vehículos ya sean diesel o a gasolina.

A largo plazo, sería recomendable considerar en los planes de descontaminación de la ciudad el fomento para calefacción de la utilización de combustibles menos contaminantes que la leña, el carbón y la parafina, tales como el gas natural, el gas licuado y la electricidad. Incluso, sería conveniente evaluar el costo en salud que representa la contaminación del aire y estudiar la posibilidad de subsidiar a los estratos so-

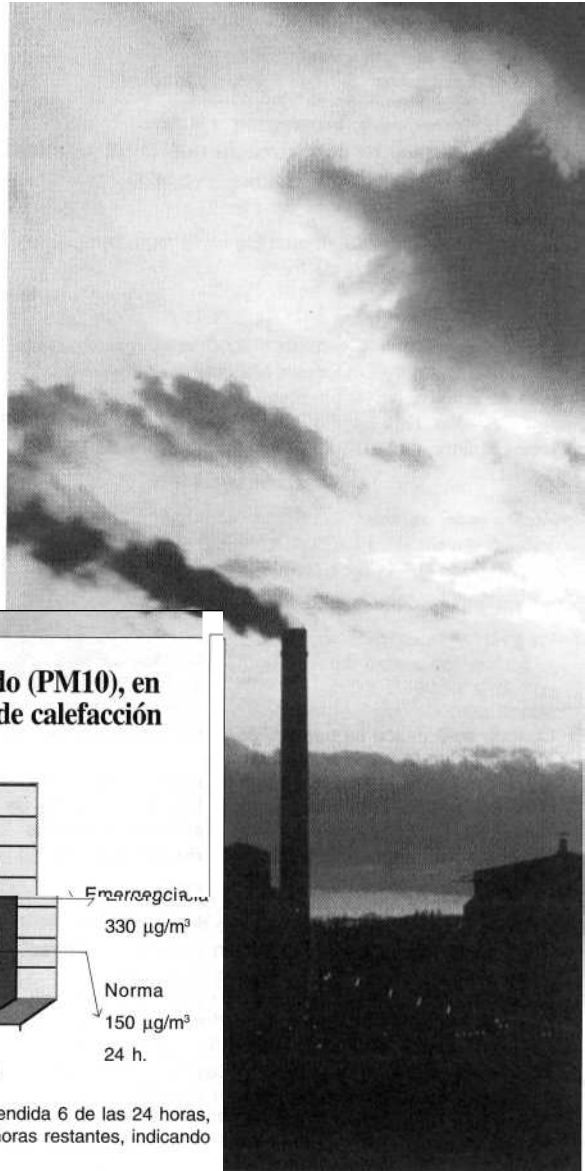
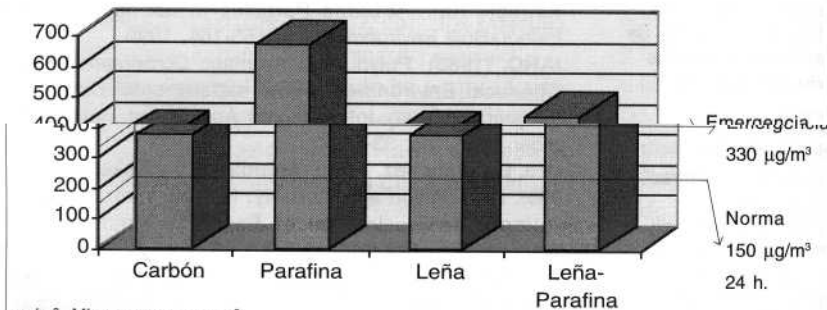


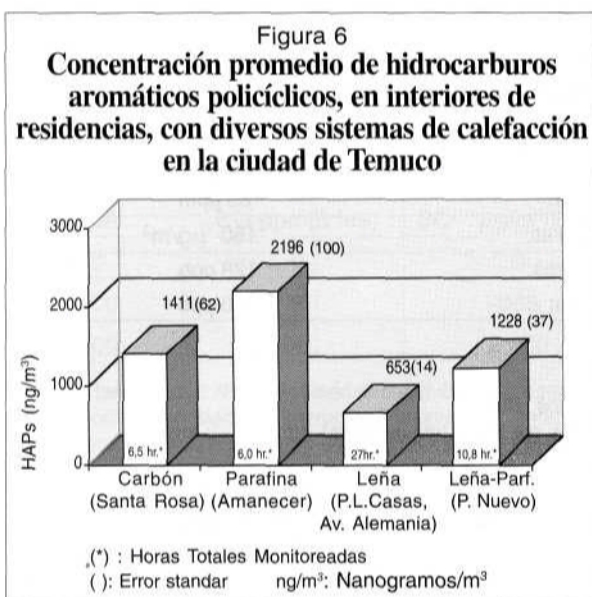
Figura 5  
**Concentración promedio de material particulado (PM10), en  
 interiores de residencias, con diversos sistemas de calefacción  
 en la ciudad de Temuco\***



µg/m<sup>3</sup>: Microgramos por m<sup>3</sup>

\*Estos resultados muestran que aunque la fuente de emisión estuvo encendida 6 de las 24 horas, la concentración de partículas disminuyó sólo levemente durante las 18 horas restantes, indicando una mala ventilación de la vivienda.





ciales más bajos para la utilización de combustibles más limpios al interior de sus hogares.

**Nota de la Redacción:** El artículo fue recibido por Ambiente y Desarrollo en noviembre de 1996.

**Agradecimientos**

Los autores agradecen al Centro de Educación y Tecnología, a la Sociedad de Desarrollo Campesino Mapuche y a la sociedad Traficín de Temuco, por el financiamiento proporcionado para pasajes y estadías. Este estudio fue realizado en el marco de los proyectos Fondecyt 1940321 y Comunidad Europea CI 1 -CT93-0051-CHI.

**Contacto con los autores:** Laboratorio de Bioquímica y Toxicología Ambiental, Facultad de Medicina, Universidad de Chile. Fax: 7356373. Fono: 6786068. E-mail: lgil@machi.med.uchile.cl

**Notas y Referencias Bibliográficas**

- (1) El índice de Calidad del Aire en Chile tiene valores que van de 0 a 500. El índice 100 está representado por la norma estándar para el respectivo contaminante. Cuando este índice se supera, se estima que comienza el riesgo para la salud humana.
- (2) **Gil, Lionel et al.** (1993) "Santiago de Chile, Ciudad de México y ciudades de Estados Unidos: Comparación de niveles de los principales contaminantes atmosféricos regulados". En *Ambiente y Desarrollo*, Vol. IX N° 4, diciembre.
- (3) Diario EL MERCURIO, 16 de mayo de 1996.
- (4) **Adonis, Marta et al.** (1995). "El caso del centro de Santiago: Contaminación del aire en espacios interiores". En: *Ambiente y Desarrollo*, Vol. XI N° 1, marzo.
- (5) **Lebowitz, et al.** (1985). Respiratory symptoms and peak flow associated with indoor and outdoor air pollutants in the south west J. Air Pollut. Control Ass. 35, 1154-1158. En **Adonis, Marta et al.** (1995). "El caso del centro de Santiago: Contaminación del aire en espacios interiores". *Ambiente y Desarrollo* Vol. XI N° 1, marzo.
- (6) Las concentraciones de PM10 y HAPs en el sector céntrico de Temuco se incrementaron sobre el promedio entre la 7 y las 11 hrs. y entre las 17 y las 21 hrs., lo que

sugiere que estos aumentos están relacionados con el flujo vehicular. En cambio, en sectores alejados del centro las concentraciones se mantuvieron altas durante casi todo el día, pero las máximas concentraciones se obtuvieron entre las 20 y las 24 horas, lo que sugiere una relación más directa con los sistemas de calefacción.

- (7) El material particulado contiene una fracción soluble en agua que consiste principalmente en sulfatos, nitratos, cloruros, sales de amonio y una fracción insoluble que contiene minerales, carbón, gases adsorbidos, plomo, dioxinas, HAPs, etc. En este estudio no se hizo un análisis de la composición química del material particulado.
- (8) Los HAPs se producen en la combustión incompleta de materia orgánica y son abundantes en ciudades industrializadas y con alto tráfico vehicular como Santiago de Chile (Gil y Adonis, 1996). En estos estudios se ha determinado la concentración total de HAPs sin establecer individualmente cuáles y en qué concentraciones se encuentran. Tampoco se han determinado específicamente las concentraciones de HAPs cancerígenos. No existe una norma nacional ni internacional para HAPs y por lo tanto, éstos corresponden a contaminantes no regulados.
- (9) No se muestran resultados.
- (10) Estos resultados, que no han sido aún dados a conocer, serán ampliados en un próximo artículo.
- (11) Decreto Supremo N° 32 de 1990.
- (12) La red de monitoreo de la calidad del aire funciona desde hace ocho años en Santiago y uno en Concepción y Talcahuano. En febrero de este año la Conama anunció que la red se extenderá a Iquique, Rancagua, Temuco, Viña del Mar y Valparaíso. Este es el primer paso para conocer cuáles son los contaminantes que afectan el aire en una determinada zona, lo que permite elaborar planes para controlar la emisión de esas sustancias.

**Referencias bibliográficas complementarias**

- Adonis, M. y Gil, L.** (1993). Mutagenicity of organic extracts from Santiago (Chile) airborne particulate matter. *Mutation Research* 292: 51-61.
- Expert Panel on Air Quality Standards. Carbón Monoxide** (1994). Department of Environment HMSO pp. 1 -24.
- Expert Panel on Air Quality Standards. Partíoles** (1995). Department of Environment HMSO pp. 1 -30.
- Friedlander S. K. y Lippman M.** (1994). Revising the particulate ambient air quality standard. *Environmental Science and Technology* 28: 148A -150A.
- Gil, L. y Adonis, M.** (1996). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Levels and Mutagenic Activities of Organic Extracts from Airborne Particles in Santiago of Chile. *Indoor+Built Environment* . 5: 155-164, 1996.
- IARC.** (1983). Polynuclear Aromatic Compounds, Part 1. Chemical Environmental and experimental Data, IARC Monographs 32. International Agency for Research on Cancer, Lyon, pp. 33-68.
- Ostro, B.; Sánchez, J. M.; Aranda, C. ; y Eskeland, G.S** (1996). Air pollution and mortality: Results from a study of Santiago, Chile. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology* 6 (1): 97-114.
- Pope, C.A.; Thun, M.J.; Namboodiri, M.M.; Dockery, D.W.; Evans, J.S.; Speizer, F.E.; Heath, C.W.** (1995) Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. adults. *Am J. Respi. Crit. Care Med.* 151: 669-674.