

Estudio

Análisis de las emisiones de MP10 asociadas a combustión residencial de leña en la RM

Preparado por:



Julio de 2008

Índice

Análisis de las emisiones de MP10 asociadas a combustión residencial de leña en la RM





| 1. | INTRO | DDUCCIÓN1 |
|----------------|----------------|--|
| 2. | EVOL | JCIÓN DE LAS EMISIONES DE MP10 EN LOS INVENTARIOS DE EMISIÓN |
| 3. | NIVEL | ES DE ACTIVIDAD ESTIMADOS EN LOS INVENTARIOS |
| 4. | | DRES DE EMISIÓN MEDIOS UTILIZADOS EN LOS INVENTARIOS |
| 5. | | SIÓN DE CONSUMO DE LEÑA EN ESTUDIOS PUBLICADOS |
| 6. | | TERMINACIÓN DE EMISIONES DE MP10 EN 1997 Y 1999 CON METODOLOGÍA DEL AÑO 20058 |
| 7. | | |
| /. | | TERMINACIÓN DE EMISIONES DE MP10 EN 2005 CON METODOLOGÍA DEL INVENTARIO PUBLICADO 2000 |
| 7 | .1 | |
| - | .2 | Niveles de indigencia y pobreza en la RM |
| | .3 | Deducción de la metodología utilizada en el inventario de 2000 para el consumo |
| - | | informal de leña |
| 7 | .4 | Extrapolación del consumo informal de leña utilizando las metodologías deducidas 14 |
| | .5 | Cálculo del consumo formal de leña14 |
| | .6 | Consumo total de leña del sector residencial |
| 7 | .7 | Cálculo de las emisiones provenientes de la combustión residencial de leña en la |
| | | Región Metropolitana |
| 8. | CONC | LUSIONES |
| | | |
| | | Índice de Figuras |
| Figu | ra 1 | Evolución de la Emisión de MP10 proveniente de la combustión residencial de leña en |
| - | 7 | inventarios de emisiones (ton/año) |
| Figur Figur | | Consumo de Leña considerado en los Inventarios de Emisión RM |
| Figu | | Consumo de Leña considerado en los Inventarios de Emisión RM |
| Figu | | Evolución de la Emisión de MP10 proveniente de la combustión residencial de leña8 |
| Figu | | Evolución de la cantidad de personas en situación de indigencia e pobreza10 |
| Figu Figu | | Evolución de la cantidad de hogares en situación de indigencia e pobreza |
| Figu | | Consumo informal de leña en la RM estimados en el inventario de 2000 |
| | ra 10 | Consumo informal de leña en la RM calculados con consumo por hogar de 0,199 ton/año 13 |
| Figu | ra 11 | Consumo informal de leña con metodologías deducidas14 |
| | ra 12 | Consumo formal de leña presentados en el inventario de 2000 |
| | ra 13 ra 14 | Consumo formal de leña extrapolado |
| _ | ra 15 | Emisiones de MP10 proveniente de la combustión residencial de leña |
| 3.5 | | and the second s |
| | | Índice de Tablas |
| Tabl | a 1 | Estudios que realizan estimación sobre el consumo de leña en la RM5 |
| Tabl | | Personas en situación de pobreza9 |
| Tabl | | Hogares en situación de pobreza |



1. Introducción

1997

1999

El presente estudio corresponde al análisis de las emisiones de PM10 asociadas a la combustión residencial de leña según los últimos inventarios de emisiones de la Región Metropolitana (1997, 1999 y 2005). Se busca identificar la causa del aumento excesivo que dichas emisiones han mostrado entre los inventarios de 1999 y 2005. Se analizan las metodologías utilizadas en cada uno de ellos y se redeterminan las emisiones para todo el periodo de análisis (1997-2005) utilizando cada una de estas metodologías.

2. Evolución de las emisiones de MP10 en los inventarios de emisión

En el siguiente gráfico se puede ver la evolución de las emisiones de MP10 provenientes de la combustión residencial a leña, de acuerdo a los Inventarios de Emisión oficiales para los años 1997, 1999 y 2005 ("Mejoramiento del Inventario de Emisiones del la RM", CENMA, diciembre 2000; "Actualización del Inventario de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos en la RM 2005", DICTUC, 2007.). Se aprecia variaciones en la tendencia durante la última década.



2001

Año

2003

2005

2007

Figura 1 Evolución de la Emisión de MP10 proveniente de la combustión residencial de leña en inventarios de emisiones (ton/año)



En los respectivos inventarios, la emisión total proveniente de la combustión residencial de leña se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

 $E = FE \times NA$

Donde:

- E: Emisión total [ton PM10/año]
- FE: Factor de emisión [g PM 10/kg leña]
- NA: Nivel de actividad; es decir, consumo de leña [ton leña/año]

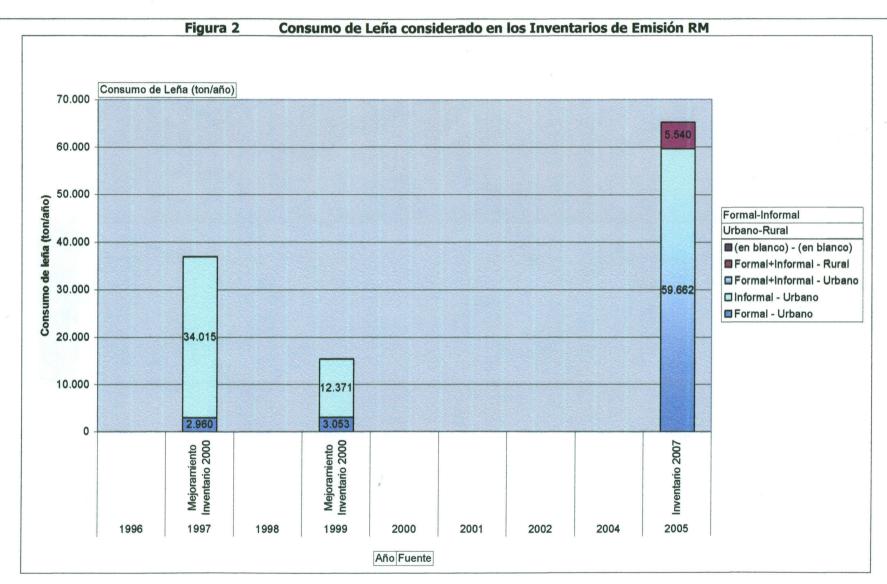
Para efectos de comprender la tendencia que muestran las emisiones totales, se ha revisado tanto NA como los FE utilizados en los inventarios de emisiones oficiales.

3. Niveles de Actividad estimados en los inventarios

Al graficar los niveles de actividad considerados por los distintos inventarios, se puede ver la siguiente evolución:









4. Factores de Emisión medios utilizados en los inventarios

Si se considera el factor de emisión medio utilizado en los últimos inventarios (determinado como la Emisión Total dividida en el consumo de leña total – o nivel de actividad), se puede ver la siguiente evolución:

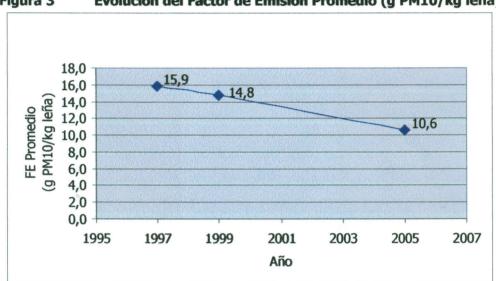


Figura 3 Evolución del Factor de Emisión Promedio (g PM10/kg leña)

Se puede ver que el Factor de Emisión medio que se ha considerado ha descendido progresivamente, lo que es consistente con la incorporación de artefactos de menor emisión al parque total de equipos. Por lo tanto, se podría decir que la evolución poco clara de la emisión total no estaría relacionada con los factores de emisión utilizados.

Sin embargo, al comparar la Figura 1 con la Figura 2, se puede ver claramente que el consumo de leña muestra la misma tendencia que las emisiones totales. De esto se puede deducir que, de haber errores en los cálculos, éstos deberían estar vinculados a los valores estimados para el consumo de leña.

5. Revisión de consumo de leña en estudios publicados

Dado lo anterior se procedió a revisar todos los estudios publicados sobre el consumo de leña en la Región Metropolitana, los que se listan a continuación, indicando la metodología empleada para la estimación del consumo de leña.



Tabla 1 Estudios que realizan estimación sobre el consumo de leña en la RM

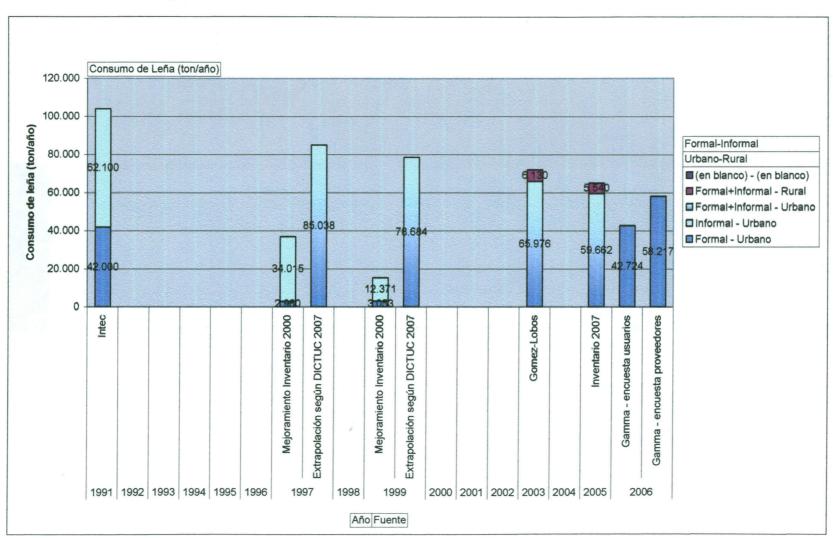
| Nombre del Estudio | Realizado por, en fecha | Consu mo de años | Metodología para la estimación de |
|---|--|------------------------|---|
| Determinación de las Emisiones de contaminantes provenientes de la quema de leña en el área metropolitana de Santiago | Intec Chile para CNE, 1992 | 1991 | Encuesta a 1520 viviendas. Diseño probabilístico, estratificado y bietápico |
| Mejoramiento del Inventario de Emisiones de la RM | CENMA para CONAMA, dic. 2000 | 1997 y 1999 | Correlación de datos de Intec (1991) con índices de indigencia y pobreza |
| Diagnóstico del mercado de la leña en Chile | Economía UChile (Gomez- Lobo) para CNE, 2003 | 2003 | Estimación econométrica a partir de encuesta de la VI Región (Rancagua), considerando índices de CASEN |
| Diseño y evaluación de las nuevas medidas para fuentes fijas contenidas en el PPDA | Gamma para CONAMA, 2006 | 2006 | Entrevistas a 10 fabricantes y distribuidores, encuesta para estimar cantidad de equipos (6.215 viviendas) y encuesta sobre hábitos de uso de equipos (380 viviendas) |
| Actualización del Inventario de Emisiones de contaminantes atmosféricos en la RM 2005 | DICTUC para CONAMA, 2007 | 2005 | Extrapolación lineal utilizando datos de Intec (1991)y de Economía UChile (2003). Verificación con datos de Gamma |

Los valores de consumo de leña indicados por los distintos estudios se muestran en el siguiente gráfico.





Figura 4 Consumo de Leña considerado en los Inventarios de Emisión RM

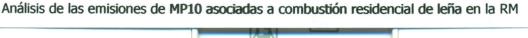




Del análisis de este gráfico se puede mencionar lo siguiente:

- Si se obvian las estimaciones de consumo de leña provenientes del Inventario de Emisiones publicado en diciembre de 2000, se nota una tendencia clara, marcada por una disminución del consumo de leña en la RM.
- Por lo tanto, sería posible inferir que las estimaciones de consumo de leña realizadas en dicho inventario estarían subestimadas. La metodología utilizada consistió en correlacionar los niveles de pobreza e indigencia con el consumo de leña y por lo tanto se focalizó en el consumo informal. El consumo formal se estima casi constante y en un nivel muy bajo de cerca de 3.000 ton/año.
- Personas que participaron en la elaboración de este inventario (Jaime Escobar y Claudia Pfeng) fueron consultadas al respecto de esta posible subestimación, y ellos coincidieron con las conclusiones de los puntos anteriores y con la probabilidad de que los datos presentaran un alto grado de incertidumbre.
- Hay una definición poco clara de "área urbana". El estudio Intec (1992) sólo considera el Gran Santiago (comunas de la Provincia de Santiago más San Bernardo y Puente Alto), mientras que la encuesta del estudio Gamma (2006) también considera las áreas urbanas del resto de las comunas fuera del Gran Santiago.

No obstante las observaciones señaladas, a partir de esta información se procedió a recalcular el consumo de leña para los años 1997 y 1999, utilizando la misma extrapolación lineal que la utilizada por DICTUC 2007. Adicionalmente, se estimó el consumo de leña en el año 2005 utilizando la metodología del inventario publicado en diciembre de 2000.





6. Redeterminación de emisiones de MP10 en 1997 y 1999 con metodología del año 2005

Si se determinan las emisiones totales para los años 1997 y 1999, considerando los consumos de leña recalculados anteriormente y los factores de emisión promedio para los años respectivos, se obtienen los valores que se muestran a continuación.

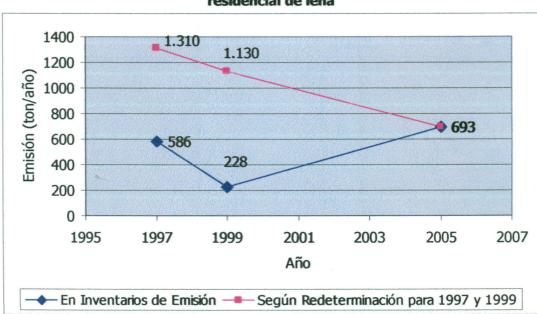


Figura 5 Evolución de la Emisión de MP10 proveniente de la combustión residencial de leña

Como se puede ver, considerando la extrapolación utilizada en el último inventario de emisiones de la RM (DICTUC 2007) para el consumo de leña, las emisiones de MP10 asociadas a combustión residencial de leña muestran una disminución progresiva. Esta se explicaría dada la disminución en el factor de emisión promedio (asociada a la mejora de la tecnología) y la disminución del consumo de leña.



7. Redeterminación de emisiones de MP10 en 2005 con metodología del inventario publicado en 2000

Para estimar el consumo residencial informal de leña, el inventario de emisiones de la Región Metropolitana publicado por el CENMA el año 2000 utiliza una correlación de datos de consumo informal de leña del año 1992 con índices de indigencia y pobreza.

Sin embargo, los profesionales que trabajaron en la elaboración de dicho estudio y que fueron contactados (Jaime Escobar, Claudia Pfeng y Juan Carlos Bordones), no contaban con los antecedentes del caso (la correlación específica utilizada y los datos de pobreza e indigencia considerados).

Por lo tanto, a continuación se analiza dicha metodología buscando deducir la correlación utilizada, y se procede a redeterminar el consumo informal de leña en otros años en base a ella. Se extrapolan además los niveles de consumo formal de leña. Con dicha información se procede finalmente a recalcular las emisiones asociadas a la calefacción residencial de leña en la Región Metropolitana.

7.1 <u>Niveles de indigencia y pobreza en la RM</u>

A continuación se presenta la evolución de la cantidad de personas y hogares en situación de indigencia o pobreza en la Región Metropolitana, desde el año 1992 hasta el 2006.

Tabla 2 Personas en situación de pobreza

| rabia 2 Fersonas en situación de pobreza | | | | | | | |
|--|-----------|-----------------------|-----------------|-----------|-----------|--|--|
| | | Situación de pobreza | | | | | |
| Año | Indigente | Pobre no Indigente | Total Pobres | No Pobre | Total | | |
| 1.992 | 317.779 | 1.074.669 | 1.392.448 | 3.914.643 | 5.307.091 | | |
| 1.994 | 250.687 | 840.593 | 1.091.280 | 4.424.590 | 5.515.870 | | |
| 1.996 | 150.873 | 690.515 | 841.388 | 4.867.481 | 5.708.869 | | |
| 1.997 | 178.671 | 697.038 | 875.709 | 4.930.218 | 5.805.926 | | |
| 1.998 | 206.468 | 703.561 | 910.029 | 4.992.954 | 5.902.983 | | |
| 1.999 | 226.825 | 685.787 | 912.612 | 5.070.006 | 5.982.618 | | |
| 2.000 | 247.182 | 668.012 | 915.194 | 5.147.058 | 6.062.252 | | |
| 2.001 | 224.506 | 659.852 | 884.358 | 5.254.204 | 6.138.563 | | |
| 2.002 | 201.830 | 651.693 | 853.523 | 5.361.351 | 6.214.873 | | |
| 2.003 | 179.154 | 643.533 | 822.687 | 5.468.497 | 6.291.184 | | |
| 2.004 | 171.551 | 607.076 | 778.627 | 5.592.106 | 6.370.733 | | |
| 2.005 | 163.948 | 570.619 | 734.567 | 5.715.715 | 6.450.282 | | |
| 2.006 | 156.345 | 534.162 | 690.507 | 5.839.324 | 6.529.831 | | |

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de las encuestas CASEN disponibles, correspondientes a los años 1992, 1994, 1996, 1998, 2000, 2003 y 2006. Para los años en que no se contaba con encuestas, se realizó una interpolación lineal.



Figura 6 Evolución de la cantidad de personas en situación de indigencia e pobreza

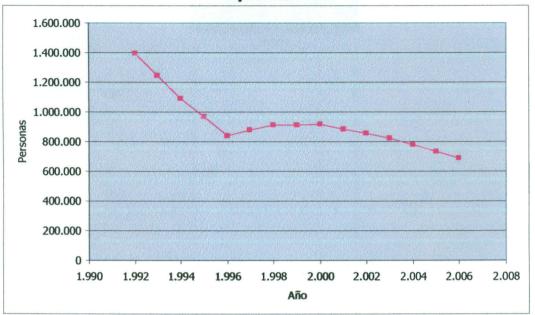


Tabla 3 Hogares en situación de pobreza

| rabia 5 riogares en sicuación de pobreza | | | | | | | |
|--|----------------------|-----------------------|-----------------|-----------|-----------|--|--|
| | Situación de Pobreza | | | | | | |
| Año | Indigente | Pobre no Indigente | Total Pobres | No Pobre | Total | | |
| 1.992 | 68.096 | 235.465 | 303.561 | 1.060.544 | 1.364.105 | | |
| 1.994 | 54.512 | 182.880 | 237.392 | 1.169.593 | 1.406.985 | | |
| 1.996 | 34.636 | 145.645 | 180.281 | 1.275.511 | 1.455.792 | | |
| 1.997 | 40.361 | 145.152 | 185.513 | 1.310.632 | 1.496.145 | | |
| 1.998 | 46.086 | 144.659 | 190.745 | 1.345.752 | 1.536.497 | | |
| 1.999 | 48.515 | 139.636 | 188.151 | 1.364.540 | 1.552.691 | | |
| 2.000 | 50.944 | 134.613 | 185.557 | 1.383.327 | 1.568.884 | | |
| 2.001 | 47.252 | 134.492 | 181.744 | 1.419.081 | 1.600.825 | | |
| 2.002 | 43.559 | 134.372 | 177.931 | 1.454.834 | 1.632.765 | | |
| 2.003 | 39.867 | 134.251 | 174.118 | 1.490.588 | 1.664.706 | | |
| 2.004 | 38.533 | 128.043 | 166.576 | 1.526.793 | 1.693.369 | | |
| 2.005 | 37.198 | 121.836 | 159.034 | 1.562.998 | 1.722.032 | | |
| 2.006 | 35.864 | 115.628 | 151.492 | 1.599.203 | 1.750.695 | | |

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de las encuestas CASEN disponibles, correspondientes a los años 1992, 1994, 1996, 1998, 2000, 2003 y 2006. Para los años en que no se contaba con encuestas, se realizó una interpolación lineal.



350.000 250.000 250.000 150.000 50.000 1.990 1.992 1.994 1.996 1.998 2.000 2.002 2.004 2.006 2.008

Figura 7 Evolución de la cantidad de hogares en situación de indigencia e pobreza

7.2 Consumo informal de leña en inventario del año 2000

Los valores de consumo informal de leña presentados en el inventario del CENMA del año 2000 para varios años se presentan a continuación.

Año

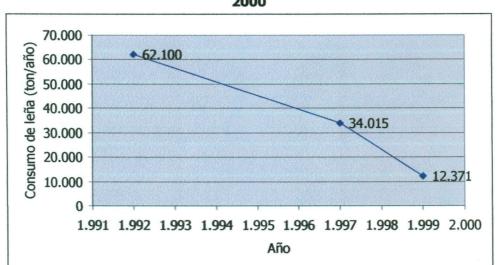


Figura 8 Consumo informal de leña en la RM estimados en el inventario de 2000

7.3 <u>Deducción de la metodología utilizada en el inventario de 2000 para el</u> consumo informal de leña

Con respecto a la correlación utilizada para determinar el nivel de consumo informal de leña, lo único que se menciona en el inventario del año 2000 es que se considera un consumo per cápita de 0,199 ton/año (página 2-72). Considerando esta información, si

Análisis de las emisiones de MP10 asociadas a combustión residencial de leña en la RM





se calcula el consumo informal de leña con el número de personas en situación de pobreza o indigencia (Tabla 2), se obtienen los niveles presentados en la figura a continuación.

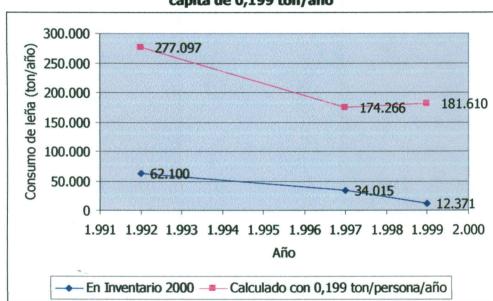


Figura 9 Consumo informal de leña en la RM calculados con consumo per cápita de 0,199 ton/año

Estos valores son hasta un orden de magnitud superiores a los señalados en el inventario, por lo que habría dos alternativas:

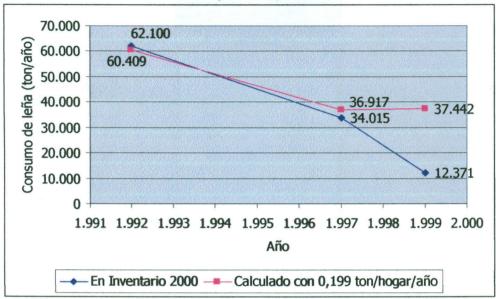
 Que los autores del inventario consideren algún factor de uso de leña, ya que es esperable que no todas las personas en situación de pobreza o indigencia consuman leña. No obstante, de acuerdo al informe, no se menciona fuente de información alguna de donde obtener un dicho factor.

Que el inventario se refiera a 0,199 ton/año por hogar, en vez de per cápita.

En efecto, si se asume como correcta la segunda alternativa y se calcula el consumo de leña con el número de hogares en situación de pobreza o indigencia (Tabla 3), se obtienen los niveles que se muestran a continuación.



Figura 10 Consumo informal de leña en la RM calculados con consumo por hogar de 0,199 ton/año



Se puede ver que el cálculo en este caso es muy cercano al del inventario para los años 1992 y 1997. No obstante, queda también en evidencia que el cálculo para el año 1999 es casi el triple que el estimado en el inventario. Visto de otra manera, considerando que el año 1999 había 188.151 hogares en situación de pobreza, se puede deducir que el consumo por hogar considerado para ese año fue de 66 kg/hogar/año.

A partir de lo anterior, se pueden deducir dos metodologías posibles:

Metodología A

La correlación utilizada fue la de establecer un consumo de leña de 0,199 ton/hogar/año para todos los hogares en situación de pobreza o indigencia y para todos los años considerados. De acuerdo con esto, la estimación para el año 1999 realizada en dicho inventario estaría errada. Lo anterior dado que, como se puede ver en la Tabla 3, entre los años 1997 y 1999 la cantidad de hogares en situación de pobreza e indigencia se mantuvo prácticamente estable, por lo que no hay una explicación para la baja sustancial en el consumo de leña determinada para dicho periodo.

Metodología B

A partir del año 1999, la correlación utilizada fue la de establecer un consumo de leña de 66 kg/hogar/año para todos los hogares en situación de pobreza o indigencia.

A continuación se realiza una extrapolación del consumo de leña considerando ambas posibilidades.



7.4 <u>Extrapolación del consumo informal de leña utilizando las metodologías</u> deducidas

Considerando las dos metodologías antes deducidas, se puede estimar el consumo informal de leña en la RM para todo el periodo para el cual se cuenta con información de la encuesta CASEN, lo que se presenta a continuación.

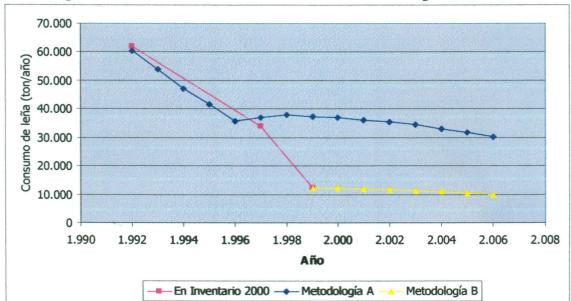


Figura 11 Consumo informal de leña con metodologías deducidas

7.5 Cálculo del consumo formal de leña

Para tener una estimación del consumo total de leña residencial en la Región Metropolitana, además del consumo informal antes calculado, en necesario estimar el consumo formal de leña. En el inventario del año 2000 se presenta la siguiente estimación del consumo formal de leña:



Consumo formal de leña (ton/año) Año

Figura 12 Consumo formal de leña presentados en el inventario de 2000

Se puede ver una tendencia claramente lineal y suavemente creciente. Esta misma tendencia puede extrapolarse en el tiempo, lo que se muestra a continuación.

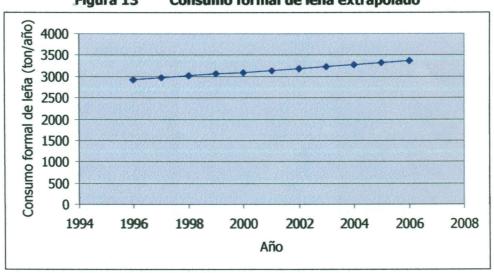


Figura 13 Consumo formal de leña extrapolado

7.6 Consumo total de leña del sector residencial

A partir de los consumos de leña formal e informal antes calculados se puede determinar el consumo total de leña del sector residencial según cada metodología, lo que se presenta a continuación.



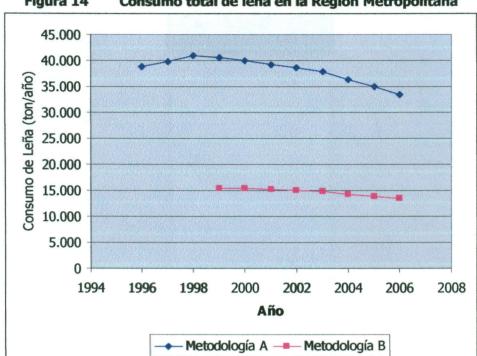


Figura 14 Consumo total de leña en la Región Metropolitana

7.7 <u>Cálculo de las emisiones provenientes de la combustión residencial de leña en la Región Metropolitana</u>

A partir del consumo total de leña y de los factores de emisión utilizados para combustión de leña formal e informal en el inventario de 2000¹, se puede calcular las emisiones provenientes de la combustión residencial de leña en la Región Metropolitana, las que se muestran a continuación. En la figura se incluyen además las emisiones redeterminadas con la metodología utilizada por el DICTUC en su inventario del 2005 (según se mostró en la sección 6).

¹ No están explicitados en el inventario y fueron deducidos a partir de los datos de emisiones y niveles de actividad entregados. Los valores son los siguientes: FE formal: 7,5 g PM10/kg leña; FE informal: 16,6 g PM10/kg leña



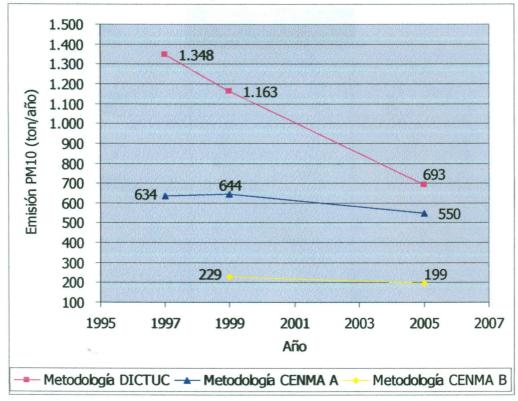


Figura 15 Emisiones de MP10 proveniente de la combustión residencial de leña

En la figura queda en evidencia que las emisiones asociadas a la combustión residencial de leña en la Región Metropolitana, si son calculadas con las metodologías de los años 2000 y 2005 para todo el periodo de análisis, muestran una tendencia a la baja.

8. Conclusiones

A partir del análisis realizado puede concluirse lo siguiente:

- 1. La disminución sustancial en el consumo informal de leña el año 1997 y 1999 presentada en el inventario del año 2000 no tiene un fundamento razonable. Lo anterior se debe a que en el mencionado inventario se menciona una correlación entre dicho consumo y los niveles de pobreza e indigencia, los cuales se mantuvieron prácticamente estables en ese periodo. Por lo tanto, se considera que la estimación del consumo informal de leña para el año 1999 es errada.
- Como consecuencia, de las metodologías deducidas para determinar el consumo informal de leña en la RM, la más razonable es la denominada Metodología A, es decir, considerar un consumo de 199 kg/hogar/año para cada hogar en situación de pobreza o indigencia.



- 3. De acuerdo a dicha metodología, el consumo total de leña del sector residencial en la RM muestra una tendencia a la baja desde el año 1998 hasta el 2006. Con ello, las emisiones de PM10 también presentan una disminución para dicho periodo.
- 4. Las estimaciones realizadas con este tipo de correlaciones presentan un alto grado de incertidumbre. Para realizar estimaciones válidas del consumo residencial de leña se debe contar con información de primera fuente (i.e. encuestas).
- 5. En este sentido, las únicas estimaciones de consumo de leña en la RM consideradas válidas son las realizadas por Intec Chile para el año 1992 (104.100 ton/año) y por Gamma Ingenieros para el año 2006 (entre 42.724 y 58.217 ton/año). Nótese que en estas estimaciones también se verifica una tendencia a la baja en el consumo de leña en la RM.
- Las emisiones asociadas a la combustión residencial de leña en la Región Metropolitana, si son calculadas con las metodologías de los años 2000 y 2005 para todo el periodo de análisis, muestran una tendencia a la baja.

Anexo

Proyección de emisiones de PM10 de combustión residencial de biomasa con las medidas de la propuesta para el PPDA RM

Preparado por:



Junio de 2008



1. Introducción

En este informe se presenta la proyección al año 2015 de las emisiones de PM10 asociadas a la combustión residencial de biomasa en la Región Metropolitana. Esta proyección se ha realizado tomando en cuenta las medidas propuestas por *AMESTI* para su incorporación al Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica (PPDA).

Las medidas propuestas, y que serán analizadas a continuación, corresponden a:

- Venta exclusiva de estufas certificadas (con emisión máxima de 2,5 g/hr de material particulado) desde el año 2009.
- Permiso para funcionar sólo para estufas certificadas desde el año 2011 (estufas vendidas en el período 2006-2008 podrán ser certificables).
- Compensación de emisiones de equipos nuevos en un 100% desde el año 2014.

2. Evolución del parque de equipos de calefacción residencial que utilizan biomasa

2.1. Estimación base

El Estudio Gamma¹ presenta dos estimaciones del parque total de equipos de calefacción, que utilizan biomasa, existentes en la Región Metropolitana. La primera se basa en una encuesta realizada a los usuarios (nos referiremos a ésta como "Encuesta Usuarios") y la segunda en entrevistas a los proveedores de equipos ("Entrevista Proveedores").

Por otra parte, el crecimiento anual del parque de equipos de calefacción fue estimado en el Estudio Gamma en 8.600 equipos nuevos, con un crecimiento de las ventas del 3,2% por año². A partir de lo anterior, se genera una estimación de la evolución del parque, la que se presenta en la siguiente tabla:

² Estudio Gamma, p. 26.

¹ A lo largo de este informe, Estudio Gamma se referirá al estudio: "Diseño y evaluación de las nuevas medidas para fuentes fijas contenidas en el PPDA. Línea de trabajo N°4: Análisis del mercado de equipos de calefacción residencial a biomasa actualizado al año 2006", desarrollado por Gamma Ingenieros para CONAMA, 2007.



Tabla 1: Estimación base de la evolución del parque de equipos en la RM

| a 2. Estimación base de la evolución des parque de equipos en la | | | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|--|--|
| Encuesta Usuarios | Entrevista Proveedores | | | | | | |
| 44.033 | 60.000 | | | | | | |
| 52.908 | 68.875 | | | | | | |
| 62.067 | 78.034 | | | | | | |
| 71.520 | 87.487 | | | | | | |
| 81.274 | 97.241 | | | | | | |
| 91.341 | 107.308 | | | | | | |
| 101.730 | 117.697 | | | | | | |
| 112.452 | 128.419 | | | | | | |
| 123.517 | 139.484 | | | | | | |
| 134.935 | 150.902 | | | | | | |
| | ## Encuesta Usuarios 44.033 52.908 62.067 71.520 81.274 91.341 101.730 112.452 123.517 | | | | | | |

Para este análisis se considerará como estimación base el caso más desfavorable de este estudio, el que corresponde a "Entrevista Proveedores".

De acuerdo al mismo Estudio Gamma, en el año 2006, del total del parque de equipos, el 81,3% corresponde a equipos de doble cámara³ y el resto a otro tipo de artefactos (salamandras, chimeneas, etc.). Este supuesto también fue considerado como parte de la estimación base.

2.2. Estimación considerando las medidas propuestas

Para proyectar el parque de equipos en este caso, se tomó una serie de supuestos que se señalan a continuación, de manera de incorporar los efectos de las medidas propuestas.

- De las estufas vendidas entre el 2006 y 2008, el 25% corresponde a estufas con un nivel de emisión similar a las certificadas.
- La inminente restricción de las estufas no certificadas incentivará el recambio a estufas certificadas o el cambio a otros combustibles, entre los actuales usuarios de leña. Se ha considerado que, entre el 2009 y 2011, se producirán los siguientes cambios (como proporción del parque existente):

| Acción | 2009 | 2010 | 2011 |
|-----------------------------|------|------|------|
| Cambio a otros combustibles | 5% | 10% | 20% |
| Cambio a estufa certificada | 5% | 10% | 20% |

 Los valores anteriores se consideran de forma incremental a la incorporación de nuevos usuarios, según los supuestos del Estudio Gamma mencionados en la sección anterior.

Considerando estos supuestos, se ha determinado una proyección de los equipos de combustión residencial de biomasa, según se muestra en la siguiente tabla.

³ Estudio Gamma, p. 20.



Tabla 2: Cantidad de equinos nor tino

| Tabla 2. Calludad de equipos por tipo | | | | | | |
|---------------------------------------|--|--|-------------------------|------------------|---------|--|
| Año | Equipos doble cámara antiguos | Equipos doble cámara (vendidas 2006-2008) | Equipos certificados | Otros equipos | Total | |
| 2005 | 38.940 | | 0 | 11.220 | 50.160 | |
| 2006 | 38.940 | 7.380 | 2.460 | 11.220 | 60.000 | |
| 2007 | 38.940 | 14.036 | 4.679 | 11.220 | 68.875 | |
| 2008 | 38.940 | 20.906 | 6.969 | 11.220 | 78.034 | |
| 2009 | 35.046 | 20.906 | 18.929 | 10.098 | 84.979 | |
| 2010 | 28.037 | 20.906 | 33.198 | 8.078 | 90.219 | |
| 2011 | 0 | 20.906 | 50.488 | 0 | 71.394 | |
| 2012 | 0 | 20.906 | 60.877 | 0 | 81.783 | |
| 2013 | 0 | 20.906 | 71.599 | 0 | 92.504 | |
| 2014 | 0 | 20.906 | 82.663 | 0 | 103.569 | |
| 2015 | 0 | 20.906 | 94.082 | 0 | 114.988 | |

En la siguiente figura se muestra una comparación entre el total de equipos según la proyección base y según la proyección con las medidas propuestas.

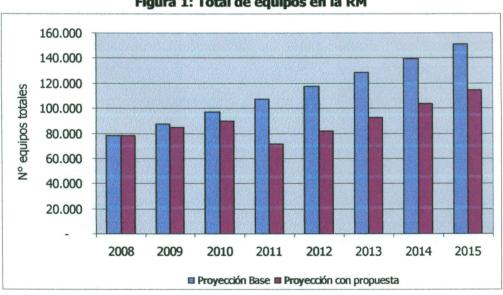


Figura 1: Total de equipos en la RM

3. Estimación del consumo de leña

Para determinar el consumo de leña, se consideraron los siguientes supuestos:



- Para los equipos no certificados, se consideraron los supuestos del Estudio Gamma:⁴
 - El 95,5% de los equipos está en uso.
 - El consumo promedio de leña por equipo es de 1.016 kg/año.
- Para los equipos certificados, se asume lo siguiente:
 - El 100% está en uso.
 - Estos equipos presentan mayor eficiencia de combustión, por lo que el consumo de biomasa es un 20% menor a los equipos no certificados.

A partir de estos supuestos, se determina el consumo de leña por cada tipo de equipo, lo que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3: Consumo de leña por tipo de equipo (ton/año)

| Año | Equipos doble cámara antiguos | Equipos doble cámara (vendidas 2006-2008) | Equipos certificados | Otros equipos | Total |
|------|--|---|-------------------------|------------------|--------|
| 2008 | 37.771 | 20.278 | 5.662 | 10.883 | 74.595 |
| 2009 | 33.994 | 20.278 | 15.381 | 9.795 | 79.448 |
| 2010 | 27.195 | 20.278 | 26.975 | 7.836 | 82.284 |
| 2011 | 0 | 20.278 | 41.024 | 0 | 61.302 |
| 2012 | 0 | 20.278 | 49.466 | 0 | 69.744 |
| 2013 | 0 | 20.278 | 58.177 | 0 | 78.456 |
| 2014 | 0 | 20.278 | 67.168 | 0 | 87.446 |
| 2015 | 0 | 20.278 | 76.446 | 0 | 96.724 |

4. Factores de emisión

Los factores de emisión que se utilizan para la estimación de las emisiones, se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4: Factores de Emisión considerados para el análisis

| Tipo de equipo | Valor | Unidad | Referencia |
|----------------|-------|----------------|---|
| Doble cámara | 8,70 | g MP10/kg leña | Inventario de emisiones 2005 ⁵ |
| Otros equipos | 17,30 | g MP10/kg leña | Inventario de emisiones 2005 |
| Certificados | 2,5 | g MP10/hr | Presente propuesta |

En el caso de los equipos certificados, para transformar el factor de emisión a unidades de g/kg, se consideró que el consumo de leña típico es del 1,6 kg de leña por hora. Además, se aplicó un factor de seguridad de un 100%, para incorporar las diferencias en el uso de

4

⁴ Estudio Gamma, p. 24.

⁵ Corresponde al estudio: "Actualización del Inventario de Emisiones de contaminantes atmosféricos en la RM 2005", desarrollado por DICTUC para CONAMA, 2007



los equipos respecto de las condiciones de medición en el laboratorio. Con ello, se obtuvo un factor de emisión de 3,13 g/kg.

5. Proyección de las emisiones

5.1. Sin considerar compensación

A partir de todos los supuestos señalados en las secciones anteriores, se pueden proyectar las emisiones de PM10, lo que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 5: Emisiones de PM10 sin considerar compensación (ton/año)

| Año | Equipos doble cámara antiguos | Equipos doble cámara (vendidas 2006-2008) | Equipos certificados | Otros equipos | Emisión Total | Variación respecto 2008 |
|------|--|--|-------------------------|------------------|------------------|-------------------------------|
| 2008 | 329 | 176 | 18 | 188 | 711 | |
| 2009 | 296 | 176 | 48 | 169 | 690 | -3% |
| 2010 | 237 | 176 | 84 | 136 | 633 | -11% |
| 2011 | 0 - | 176 | 128 | 0 | 305 | -57% |
| 2012 | 0 | 176 | 155 | 0 | 331 | -53% |
| 2013 | 0 | 176 | 182 | 0 | 358 | -50% |
| 2014 | 0 | 176 | 210 | 0 | 386 | -46% |
| 2015 | 0 | 176 | 239 | 0 | 415 | -42% |

5.2. Considerando compensación

Al incorporar la compensación de emisiones para los equipos nuevos en un 100% desde el año 2014, se obtiene el resultado que se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 6: Emisiones de PM10 considerando compensación (ton/año)

| Año | Compensación acumulada | Emisión total | Variación respecto 2008 |
|------|------------------------|------------------|-------------------------|
| 2008 | - | 711 | |
| 2009 | - | 690 | -3% |
| 2010 | - | 633 | -11% |
| 2011 | - | 305 | -57% |
| 2012 | - | 331 | -53% |
| 2013 | - | 358 | -50% |
| 2014 | 28 | 358 | -50% |
| 2015 | 57 | 358 | -50% |

En la siguiente figura se grafica la evolución del nivel de emisiones (considerando la compensación) y del parque de equipos.

5



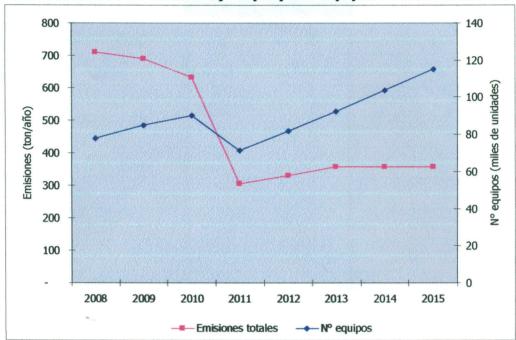


Figura 2: Evolución de las emisiones y del parque de equipos de calefacción a biomasa

6. Conclusiones

Las estimaciones realizadas en el presente informe permiten concluir lo siguiente:

- Las medidas incluidas en la propuesta de AMESTI permitirán reducir, al año 2015, en un 50% el nivel de emisiones del año 2008 del sector de calefacción residencial a biomasa. Esto es considerando un factor de seguridad del 100% en el factor de emisión.
- Las medidas contempladas permiten reducir sustancialmente las emisiones asociadas a la leña mientras que permiten mantener e incluso aumentar el parque de equipos. Es decir, las medidas permitirán brindar a los usuarios la posibilidad de calefaccionarse de forma limpia en base a biomasa.