

## La biomasa como combustible residencial: una fuente significativa de la contaminación del aire

El desarrollo de una Unión Energética resiliente con una política climática orientada hacia el futuro es uno de los objetivos estratégicos de la UE (Comisión Europea, 2015). Para fomentar la transición hacia un sistema energético más seguro, asequible y descarbonizado, la UE adoptó los objetivos climáticos y energéticos para 2020 y 2030, así como un objetivo a largo plazo consistente en reducir, para 2050, las emisiones de gases de efecto invernadero a escala de la UE en un 80-95% por debajo de los niveles de 1990. Para lograr estos objetivos es necesario recurrir a fuentes de energía con bajas emisiones de carbono y moderar la demanda de energía mediante mejoras en la eficiencia energética y en el uso de los recursos, así como realizar cambios en el estilo de vida. Las fuentes de energía renovables contribuyen ya de manera significativa a esta transición energética. En comparación con las alternativas de combustibles fósiles, su potencial de mitigación de gases de efecto invernadero es alto (EEA, 2016).

La biomasa cubre más necesidades energéticas de la UE que cualquier otro recurso de energía renovable, y una proporción considerable se utiliza directamente para la calefacción de los hogares (EEA, 2016). Muchos ciudadanos europeos perciben la biomasa como una opción de combustible respetuosa con el medio ambiente. Además, la reciente recesión económica también ha contribuido a un mayor uso de biomasa como combustible residencial en algunas regiones europeas (Paraskevopoulou et al., 2015, Saffari et al., 2013).

La biomasa es una fuente renovable de energía con ventajas potenciales desde una perspectiva climática si se cultiva, recolecta y utiliza de manera sostenible<sup>1</sup>. Sin embargo, las políticas orientadas al clima no siempre trabajan en consonancia con las políticas orientadas a la calidad del aire, y viceversa. El uso de biomasa (y otros combustibles, por ejemplo, carbón o gas) como combustible residencial (véase el recuadro 1) genera emisiones de contaminantes atmosféricos que pueden contribuir considerablemente al deterioro de la salud humana. Los principales contaminantes nocivos emitidos durante la combustión de madera y carbón en calderas domésticas son las partículas en suspensión (PM<sub>2.5</sub>), el carbono negro (BC) y, en parte unidos a las partículas, los HAP (hidrocarburos aromáticos policíclicos), especialmente el BaP (benzo-a-pireno). Las PM pueden proceder directamente de las calderas (PM primarias) o formarse a muy corta distancia durante la emisión de gases y en la atmósfera después de la emisión (PM secundarias). En la atmósfera, las PM pueden incluso sufrir transformaciones que producen contaminantes de mayor toxicidad (Nussbaumer et al., 2008). El BC es un componente sólido de PM<sub>2.5</sub> que causa efectos en la salud y efecto climático invernadero.

El BaP es un carcinógeno humano bien conocido. Los efectos en la salud de las PM<sub>2.5</sub> y del BC presentes en el aire están descritos por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2014a, 2014b, 2015). Los estudios epidemiológicos han demostrado que los contaminantes procedentes de la

---

<sup>1</sup> El *Informe de la Comisión Europea relativo a los requisitos de sostenibilidad para el uso de fuentes de biomasa sólida y gaseosa en los sectores de la electricidad, la calefacción y la refrigeración* (Comisión Europea, 2014) describe los riesgos para la sostenibilidad de la producción y el uso de la biomasa. Estos riesgos incluyen la producción insostenible de materias primas; las emisiones procedentes del uso de la tierra, el cambio de uso de la tierra y la silvicultura (LULUCF); el rendimiento en términos de emisiones de gases de efecto invernadero en el ciclo de vida; los impactos indirectos; la generación ineficiente de bioenergía y las emisiones atmosféricas.

combustión del carbón incrementan significativamente el riesgo de padecer enfermedad pulmonar obstructiva crónica y enfermedad cardiovascular (Lighty et al., 2000). En Europa, 61.000 muertes prematuras en el 2010 fueron atribuibles a la contaminación de PM<sub>2.5</sub> en el aire originada por la calefacción residencial mediante la combustión de madera y carbón (OMS, 2015).

Las emisiones de la combustión de calderas domésticas se liberan a través de chimeneas situadas a una altura relativamente baja. De esta manera, contribuyen a la contaminación del aire de las zonas residenciales, donde muchas personas quedan expuestas a menudo. Además, estas emisiones ocurren frecuentemente en áreas donde la circulación de aire es limitada (por ejemplo, en valles) y durante períodos de mayor estabilidad atmosférica, cuando la dispersión es baja, por ejemplo durante períodos de frío o durante la noche. Asimismo, las emisiones son más altas durante el invierno, cuando se usa la calefacción (y los inviernos son más largos y más fríos en el norte de Europa que en el sur).

### **Recuadro 1. Definición de biomasa utilizada para calefacción doméstica**

Las directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2006, cuadro 1.1) proporcionan definiciones detalladas de combustibles formales que se utilizan comúnmente a nivel internacional. De acuerdo con estas directrices, las definiciones para el sector residencial distinguen entre (1) combustibles sólidos, principalmente carbón y briquetas de carbón, (2) combustibles gaseosos, referidos al gas natural, (3) biomasa, que incluye madera y desechos de madera, carbón vegetal y otras biomásas sólidas primarias y (4) combustibles líquidos, principalmente gasolina o gasoil.

En este capítulo se hace hincapié en la biomasa utilizada en las calderas residenciales de Europa, es decir, en madera o desechos de madera (virutas de madera, pellets, etc.) según se definen anteriormente. Además de la madera y sus residuos para la calefacción en viviendas particulares, también se utiliza otros tipos de biomasa, como los residuos agrícolas o de la poda de jardines. En general es difícil cuantificar la cantidad de biomasa quemada en las calderas residenciales.

## **1. Cambio en el consumo de combustibles en los hogares**

En las distintas regiones europeas los hábitos de consumo de combustible en los hogares pueden evaluarse a partir de los datos de uso de combustible residencial. Los tipos de combustibles utilizados para calentar hogares han cambiado en las últimas décadas debido a aspectos económicos y sociales, como respuesta a las políticas nacionales o de la UE, entre ellas la prohibición de determinados tipos de combustible o la promoción del uso de otros. Además, en los inviernos excepcionalmente suaves, como en los de los años 2013/2014, el consumo de combustible en Europa se reduce (EurObserv'ER, 2015).

El consumo de combustible sólido (por ejemplo, carbón) para calefacción residencial se redujo claramente en toda la UE-28 entre 1990 y 2002 para después estabilizarse. En algunos países, esta disminución se debe a la implantación de políticas nacionales dirigidas a controlar el consumo

de carbón en hogares (por ejemplo, la prohibición del consumo de carbón en las ciudades irlandesas que se implementó gradualmente desde 1990; Clancy et al., 2002).

Sin embargo, el consumo de biomasa en los hogares aumentó en la UE-28 en la mayoría de los países (por ejemplo, en Austria, Bulgaria, Dinamarca y Noruega). En países como Croacia, Grecia, Hungría y España, el cambio en los hábitos de consumo condujo a una reducción en el consumo de biomasa desde 1990, aunque a partir de 2005 comenzó a aumentar. Esto podría deberse a la recesión económica, a la inversión en energías renovables realizada antes de la recesión y basada en la percepción ecológica de la biomasa y/o a la implementación de políticas locales como la incentivación para la instalación de calderas de biomasa en viviendas de nueva construcción o rehabilitadas. El consumo de gas se mantuvo en niveles similares en la UE-28 entre 1990 y 2012. El consumo de combustibles líquidos ha disminuido desde 2000, ya que los hogares han abandonado las calderas que usan dichos combustibles en favor de las de gas, de electricidad, etc.

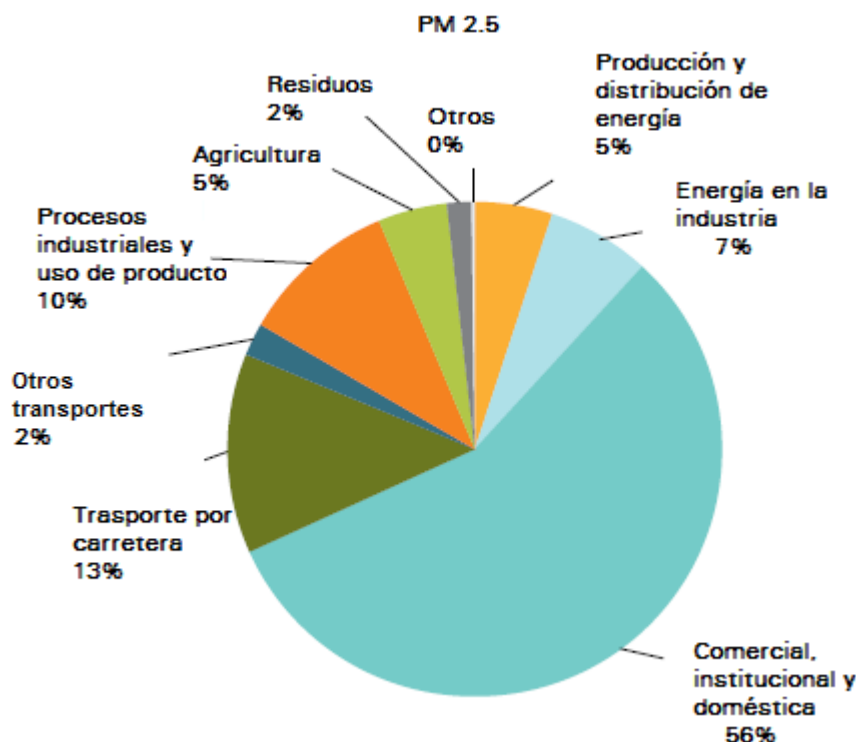
## **2. Emisión de contaminantes en el aire procedentes de la combustión residencial**

En los inventarios europeos de emisiones, el uso de combustibles dentro del sector residencial se encuentra en la categoría o sector «comercial, institucional y doméstico». En la UE-28, la combustión en este sector es la principal fuente de PM<sub>2.5</sub> primarias y de PM<sub>10</sub>, así como de las emisiones de BC y BaP, contribuyendo así al 56%, 40%, 46% y 71% de las emisiones, respectivamente (véase, por ejemplo, la Figura 1). Las emisiones de PM han disminuido ligeramente en los últimos años (EEA, 2016c), mientras que las emisiones de BaP aumentaron en un 3% entre 2000 y 2014.

Los inventarios de emisiones procedentes de pequeñas instalaciones de combustión siguen reflejando incertidumbres, especialmente para las emisiones PM<sub>2.5</sub> primarias, BaP y BC. Esta incertidumbre se debe a la amplia variación de emisiones por unidad de combustible que puede darse, así como a la información estadística sobre los datos de la actividad, es decir, la cantidad estimada de combustible que las personas realmente utilizan en las calderas residenciales. Las emisiones de las calderas domésticas, por ejemplo, dependen en gran medida de la tecnología de la caldera, de su buen mantenimiento, del tipo de madera quemada (ya sea seca o húmeda), de la forma como los consumidores cargan las calderas, etc. Además, existen grandes diferencias entre los inventarios de emisiones de PM declarados por diferentes países con respecto a la inclusión o no de la denominada fracción de PM condensable. Las actuales guías internacionales de notificación informan sobre la fracción más pequeña de PM primaria filtrada, o la PM filtrable y condensable (secundaria) (Véase el recuadro 2).

Figura 1. Emisiones de PM<sub>2.5</sub> en la EU-28: porcentaje por sector en 2014.

Fuente: EEA, 2016c.



## Recuadro 2. Mejoras de los inventarios de emisiones de PM en la combustión residencial

Las PM primarias están constituidas por hollín, partículas orgánicas y cenizas. El hollín se compone principalmente de carbono elemental (EC, también conocido como BC) y de materia orgánica (OM). Ciertos compuestos de alto peso molecular (PAH) están fuertemente asociados a las PM<sub>2.5</sub> (para más detalles véase por ejemplo ETC/ACM 2012b).

Según lo presentado por ETC/ACM (2016a), varios estudios que abordan la dilución de emisiones de la combustión de madera residencial muestran que la fracción orgánica semi-volátil es dominante. Esta fracción se forma casi instantáneamente por dilución y enfriamiento del gas de combustión o de escape, y más de la mitad del OM emitido durante la combustión de madera residencial se evapora a una temperatura de 50°C. La fracción orgánica condensable es difícil de medir. Se puede reducir en gran medida a través de una mejora de las condiciones de combustión.

Otro estudio reciente (Denier et al., 2011) analiza las estimaciones de emisiones de PM procedentes de la quema de madera en toda Europa. Se ha desarrollado un nuevo inventario de emisiones antropogénicas de alta resolución (7x7 km) para Europa. El inventario indica que aproximadamente la mitad de las emisiones totales de PM<sub>2.5</sub> en Europa son PM carbonosas y que la combustión de madera residencial es la mayor fuente de PM orgánicas. El nuevo inventario de emisiones utilizado en los modelos de calidad del aire europeos mejora sustancialmente el acuerdo entre los niveles de PM medidos y los obtenidos por modelización. Esto implica que los inventarios primarios de emisiones de partículas orgánicas deben ser revisados para incluir la fracción de PM orgánica semi-volátil. El estudio mencionado anteriormente concluye que las emisiones revisadas de combustión de madera residencial eran de dos a tres veces más altas que en inventarios anteriores si se tiene en cuenta la fracción de PM condensable.

### 3. El impacto en la calidad del aire

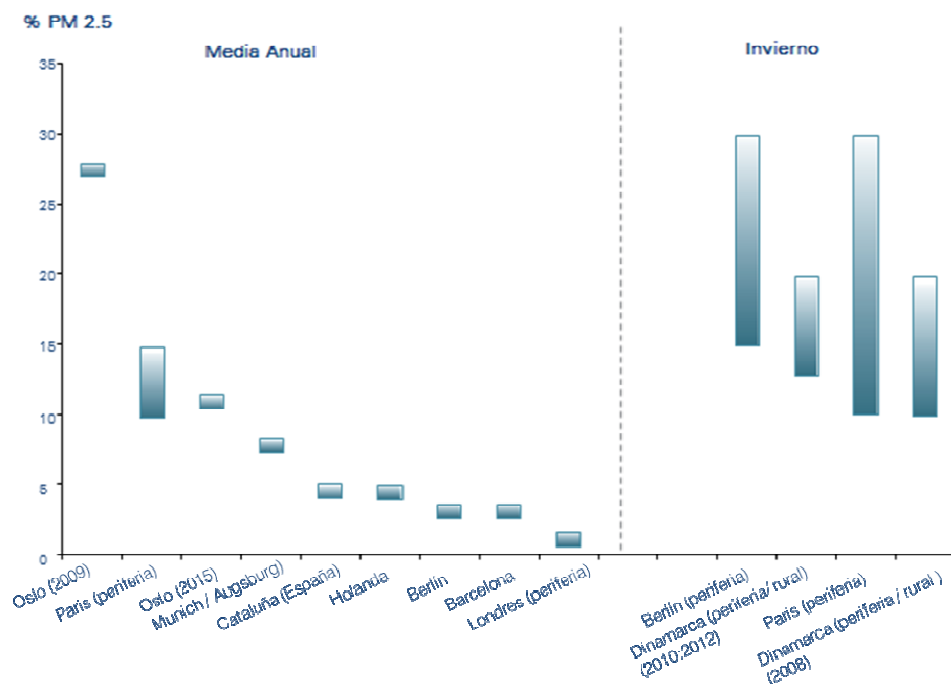
Un estudio reciente muestra la correlación existente entre las emisiones de PM (y de BaP) y los cambios en el consumo de biomasa en algunos países (ETC/ACM, 2016a). No obstante, con los datos disponibles procedentes de la base de datos europea relativos a la calidad del aire que proporcionan los Estados Miembro de la UE y los países miembro del Espacio Económico Europeo, no es posible establecer una relación directa entre las emisiones y las concentraciones de PM (ni de BaP) en el aire.

Los resultados referidos en la literatura científica muestran claramente que la combustión de madera residencial tiene un impacto en la calidad del aire a nivel local y a nivel regional (cuantificado en PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, OC y EC/BC) (ETC/ACM, 2016a). La contribución de la combustión de madera residencial a la concentración de PM<sub>10</sub> y de PM<sub>2.5</sub> en el aire durante el invierno (cuando se usa la calefacción) varía entre el < 5 % y el 40 % de media diaria (véase, por ejemplo, la Figura 2). Las contribuciones más altas durante el invierno se han identificado en los valles alpinos, del Valle del Po, de Oslo, de Zúrich y de las áreas rurales de Austria y de Alemania. Tal y como se esperaba, las contribuciones más bajas a los niveles de PM<sub>2.5</sub> se registran en las regiones del sur de Europa (por ejemplo, Barcelona). Varios estudios llevados a cabo en zonas urbanas (por ejemplo, en Viena, en Berlín y en Zúrich) concluyen que las PM<sub>10</sub> o las PM<sub>2.5</sub> procedentes del combustible residencial tienen su origen, principalmente, en emisiones generadas en las zonas suburbanas y rurales próximas a dichas ciudades (y transportadas a escala regional), y que solo una pequeña proporción se emite a nivel local (dentro de las propias ciudades).

Los datos disponibles con respecto a los OC y al EC/BC son más escasos que en el caso de las PM, pero aun así son representativos de sus respectivas áreas de estudio. En regiones como Lombardía (Italia) y Zúrich (Suiza) la combustión de madera es responsable de entre el 25% y el 35% de la concentración en masa de EC. Especialmente en el centro de Europa, la combustión de madera contribuye a más del 50% de la concentración másica de OC durante el período de uso de calefacción en invierno (Austria, Valle del Po) (ETC/ACM, 2016a, y las referencias ahí contenidas).

**Figura 2. Estudios que cuantifican el impacto de la combustión residencial en las PM2.5.**

Fuente: ETC/ACM, 2016a.



#### 4. Mitigación de las emisiones de combustión de biomasa en el sector residencial

Existen cuatro razones principales que explican la elevada contaminación que genera la combustión de biomasa en el sector residencial:

1. el uso de calderas no reguladas en cuanto a emisiones;
2. la combustión en condiciones no óptimas (por ejemplo, malas prácticas de quemado/carga);
3. el mantenimiento inadecuado de calderas tanto antiguas como nuevas, una vez instaladas en los hogares;
4. el uso de biomasa no normalizada (incluida la madera tratada, pintada o insuficientemente seca, o incluso los residuos agrícolas), ya que genera emisiones de contaminantes orgánicos persistentes y de metales, y dificulta una combustión eficiente (AIRUSE, 2015, Viana et al., 2013, Kubica et al., 2007).

Si se reemplazan las viejas calderas domésticas de combustión de biomasa por otras modernas y más eficientes (particularmente las calderas de pellets, EEA, 2013c, Nussbaumer, 2010), la emisión de contaminantes atmosféricos se reduciría considerablemente. Estas calderas modernas, actualmente disponibles en el mercado europeo, cumplen los criterios establecidos por las iniciativas de etiquetado ecológico (véase, por ejemplo, la etiqueta ecológica nórdica, 2014). Desafortunadamente, la sustitución de las calderas es a menudo lento, ya que tienen una larga vida. En lo que respecta a los combustibles, es importante que la biomasa seca se utilice, preferiblemente, si se genera cerca del lugar de consumo para así ayudar a reducir las emisiones

asociadas al ciclo de vida (AIRUSE, 2015; Viana et al., 2013). El mantenimiento adecuado y frecuente de la caldera también es clave para asegurar una correcta combustión y unas mínimas emisiones de contaminantes en el aire. Véanse otros ejemplos de medidas de mitigación en el recuadro 3.

### **Recuadro 3. Mitigación de las emisiones de contaminantes procedentes de la quema doméstica de biomasa**

#### **A nivel de la UE**

La *Directiva sobre diseño ecológico* (UE, 2009b) establece normas a nivel de la UE para mejorar el comportamiento medioambiental de los productos relacionados con la energía mediante el diseño ecológico. Se refiere a productos que consumen energía, es decir, a productos que utilizan, generan, transfieren o miden energía (por ejemplo, calderas), así como a otros productos relacionados con la energía que no la utilizan pero que tienen un impacto en la misma. El objetivo de la directiva es una transición hacia calderas de mayor calidad, es decir, más eficientes y que produzcan emisiones más bajas, durante la próxima década.

La *Directiva sobre el rendimiento energético de los edificios* (UE, 2010b), aunque no apunta específicamente a la quema de biomasa, promueve la mejora del rendimiento energético de los edificios dentro de la UE para reducir el consumo de energía en calefacción.

#### **A nivel nacional**

La reglamentación nacional para las pequeñas instalaciones de combustión varía ampliamente en función de las emisiones que se regulen y de lo estricta que sea dicha regulación, así como de los productos a los que se aplica. Casi todos ellos incluyen únicamente requisitos de pruebas a productos que se comercializan, pero no existen requisitos para las instalaciones existentes. Hasta ahora, Alemania es el único país de Europa con un reglamento que controla explícitamente las emisiones de las pequeñas instalaciones de combustión existentes.

Algunos países han establecido sistemas de etiquetado para promover el desarrollo de pequeñas tecnologías de combustión de combustibles sólidos de biomasa a través del etiquetado voluntario, principalmente con un enfoque en la eficiencia térmica. Las etiquetas existentes incluyen el 'Umweltzeichen 37' (Austria) para los calderas de madera/pellets, Flamme Verte (Francia), el «Blue Angel» (Alemania) para las calderas y estufas de pellets, marcado "DINplus" para calderas y chimeneas insertables o "inserts" (Alemania), la "etiqueta de seguridad ecológica" para calderas (Polonia) y «P-Marking» (Suecia). Los sistemas transnacionales de etiquetado incluyen el "Cisne Nórdico" para la liberación lenta de calor, calderas y chimeneas insertables o "inserts" (Suecia, Dinamarca, Finlandia, Noruega) y la etiqueta de la European Fireplace Association (EFA) para calderas de combustible sólido en toda Europa.

#### **A nivel local**

Las estrategias a nivel local se centran principalmente en proporcionar orientación sobre el mejor uso y mantenimiento de las calderas. Por ejemplo, el Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales del Reino Unido (DEFRA, Reino Unido), el gobierno regional de Madrid (España) o los municipios noruegos, ofrecen recomendaciones e incentivos para promover la sustitución de calderas viejas y el uso de combustibles recomendados (ETC/ACM, 2016a).

También se aplican prohibiciones o restricciones a la combustión de combustibles sólidos en hogares en determinadas zonas o períodos de tiempo (por ejemplo, durante eventos de fuerte estancamiento del aire) en varias ciudades (por ejemplo, Londres, en Reino Unido, Malmo, en Suecia).

## 5. Resumen

Desde el punto de vista climático, la combustión de biomasa cultivada de forma sostenible es claramente beneficiosa. Sin embargo, también es susceptible de emitir ciertos contaminantes nocivos, por ejemplo PM y BaP. Por tanto, es importante asegurar la coherencia entre las políticas climáticas y de calidad del aire a nivel internacional, nacional y local para evitar interferencias entre ambas, como el empeoramiento de la calidad del aire resultante de la aplicación de políticas climáticas. Las políticas relativas al uso de combustibles residenciales deben asimismo tener en cuenta otras dimensiones, como la desigualdad social, teniendo en cuenta que muchas personas que utilizan biomasa para la calefacción no tienen acceso a otras alternativas como la electricidad o el gas.

La reciente legislación de la UE, como, por ejemplo, los cambios introducidos en la *Directiva sobre diseño ecológico*, desempeñará un papel importante en la fabricación calderas más eficientes y con menores emisiones en los próximos diez años. También se promoverán los sistemas de incentivos que fomenten la sustitución de modelos antiguos por otros más nuevos y más eficientes. Desde el punto de vista del combustible, la promoción de, por ejemplo, la certificación (del origen y de características apropiadas para mejorar la combustión) de pellets de madera, constituye otro paso para garantizar que la biomasa se produzca de forma sostenible y para evitar la combustión de, por ejemplo, madera reciclada tratada químicamente. Por último, las autoridades nacionales y locales pueden implementar asimismo medidas no técnicas, como la comunicación a los consumidores de pautas claras sobre técnicas adecuadas de mantenimiento y quemado a fin de mejorar la calidad del aire procedente de la combustión residencial.

## 6. Referencias bibliográficas

- AIRUSE, 2015, 'Deliverable 26: Biomass burning in Southern Europe' ([http://airuse.eu/wp-content/uploads/2015/02/08\\_B4\\_Biomass-Burning-Southern-Europe.pdf](http://airuse.eu/wp-content/uploads/2015/02/08_B4_Biomass-Burning-Southern-Europe.pdf)) accessed 20 July 2016.
- Clancy, L., Goodman, P., Sinclair, H. and Dockery, D.W., 2002, 'Effect of air-pollution control on death rates in Dublin, Ireland: an intervention study', *Lancet*, (360) 1 210–1 214.
- European Commission, 2014, Commission Staff Working Document 'State of play on the sustainability of solid and gaseous biomass used for electricity, heating and cooling in the EU', SWD (2014) 259 final, European Commission, Brussels ([https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/2014\\_biomass\\_state\\_of\\_play\\_.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/2014_biomass_state_of_play_.pdf)), accessed 28 September 2016.
- European Commission, 2015, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee the Committee of the Regions and the European Investment Bank — State of the Energy Union 2015, COM(2015) 572 final.

- EEA, 2013c, *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook — 2013*, EEA Technical report No 12/2013, European Environment Agency (<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013>) accessed 20 July 2016.
- EEA, 2016c, *European Union emission inventory report 1990–2014 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (LRTAP)*, EEA Report No 16/2016, European Environment Agency.
- ETC/ACM, 2012a, *AirBase: a valuable tool in air quality assessments at a European and local level*, Frank de Leeuw, Technical Paper 2012/4, European Topic Centre on Air Pollution and Climate Change Mitigation.
- ETC/ACM, 2012b, *Particle number (PNC) and black carbon (BC) in European urban air quality networks*, Viana, M., Querol, X., Alastuey, A., Reche, C., Favez, O., Malherbe, L., Ustache, A., Bartonova, A., Liu, H-Y., Guerreiro, C., Technical Paper 2012/6, European Topic Centre on Air Pollution and Climate Change Mitigation.
- ETC/ACM, 2016a, *Contribution of residential combustion to ambient air pollution and greenhouse gas emissions*, Viana, M., Alastuey, A., Querol, X., Guerreiro, C., Vogt, M., Colette, A., Collet, S., Albinet, A., Fraboulet, I., Lacome, J., Tognet, F., de Leeuw, F., Technical Paper 2015/1, European Topic Centre on Air Pollution and Climate Change Mitigation.
- EU, 2009b, Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 establishing a framework for the setting of eco-design requirements for energy-related products (OJ L 285, 31.10.2009, pp. 10–35) (<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0125&from=EN>) accessed 21 July 2016.
- EU, 2010b, Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (OJ L 153, 18.6.2010, pp. 13–35) (<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&from=EN>) accessed 7 July 2016.
- EurObserv'ER, 2015, *Solid Biomass Barometer*, December 2015 (<http://www.eurobserv-er.org/solid-biomass-barometer-2015/>) accessed 28 September 2016.
- IPCC, 2006, *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Volume 2 — Energy)*, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds.) Published: IGES, Japan.
- Kubica, K., Paradiz, B. and Dilara, P., 2007, *Small combustion installations: Techniques, emissions and measures for emission reduction*, EUR 23214, JRC, Ispra, Italy.
- Lighty, J. S., Veranth, J. M. and Sarofim, A. F., 2000, 'Combustion aerosols: factors governing their size and composition and implications to human health', *Journal of the Air & Waste Management Association*, (50) 1 565–1 618.

- Nussbaumer, T., 2010, Overview on Technologies for Biomass Combustion and Emission Levels of Particulate Matter - Prepared for Swiss Federal Office of Environment as a Contribution to the Expert Group on Techno-Economic Issues (EGTEI) under the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, Zürich.
- Nussbaumer, T., Czasch, C., Kippel, N., Johansson, L. and Tullin, C., 2008, 'Particulate emissions from biomass combustion on IEA countries — Survey on measurements and emission factors', on behalf of International Energy Agency (IEA) Bioenergy Task 32, Swiss Federal Office of Energy (SFOE), Zürich.
- Paraskevopoulou, D., Liakakou, E., Gerasopoulos, E. and Mihalopoulos, N., 2015, 'Sources of atmospheric aerosol from long-term measurements (5 years) of chemical composition in Athens, Greece', *Science of the Total Environment*, (527–528C) 165–178.
- Viana, M., Karanasiou, A. and Querol, X., 2013, 'Biomass burning practices in 11 major European cities and their impact on PM<sub>x</sub> and BaP', Workshop 'Wood burning, Elemental/Black/Brown Carbon', Ghent, Belgium, 2–3 December.
- WHO, 2014a, *Burden of disease from Ambient Air Pollution for 2012 — Summary of results*, World Health Organization ([http://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair/databases/AAP\\_BoD\\_results\\_March2014.pdf](http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/AAP_BoD_results_March2014.pdf)) accessed 4 September 2015.
- WHO, 2014b, *Ambient (outdoor) air quality and health*, Fact sheet No 313, Updated March 2014, World Health Organization (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/>) accessed 4 September 2015.
- WHO, 2015, *Residential heating with wood and coal: health impacts and policy options in Europe and North America*, World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen.

Traducción por parte de la Fundación Gas Natural Fenosa del capítulo 3 “Residential biomass combustion: an important sources of air pollution”, Report No 28/2016 “Air quality in Europe”, European Environment Agency. <http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2016>

La European Environment Agency no se responsabiliza ni de la utilización de este documento ni de su traducción.