



Capítulo 2
Descripción de la metodología

2.1. ALCANCE

El presente Inventario de Emisiones a la Atmósfera en la Comunidad Autónoma de Aragón se ha realizado según las recomendaciones recogidas en la Guía Metodológica para el desarrollo de Inventarios de Emisiones, elaborada para su aplicación a nivel nacional por los grupos de trabajo creados entre la Administración Central y las Comunidades Autónomas para la aplicación de la Directiva 96/62/CE del Consejo del 27 de Septiembre de 1996 sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente.

El objeto de este Inventario es el estudio de las principales fuentes de contaminación atmosférica en Aragón en el año 2003 y la evaluación de sus emisiones, desagregándolas a nivel autonómico, provincial y municipal.

En la elaboración del Inventario se han considerado los contaminantes recogidos en el EPER (Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes) y en la Guía Metodológica para el desarrollo de Inventarios de Emisiones, a los que se han añadido otros contaminantes para los cuales ha sido posible calcular las emisiones. Los contaminantes evaluados pueden agruparse en los siguientes grandes bloques:

Contaminantes principales

- CH₄ Metano
- CO Monóxido de carbono
- CO₂ Dióxido de carbono
- HFC Hidrofluorocarbonos
- N₂O Óxido nitroso
- NH₃ Amoníaco
- COVNM Compuestos orgánicos volátiles no metánicos

- NO_x Óxidos de nitrógeno
- PFC Perfluorocarbonos
- SF₆ Hexafluoruro de azufre
- SO₂ Dióxido de azufre
- PM₁₀ Materia particulada menor de 10 micras
- Partículas totales

Metales pesados

- As Arsénico
- Cd Cadmio
- Cr Cromo
- Cu Cobre
- Hg Mercurio
- Ni Níquel
- Pb Plomo
- Zn Zinc

Otros contaminantes orgánicos

- C₆H₆ Benceno
- C₇H₈ Tolueno
- HAP Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
- C₂H₆ Etano
- C₂H₄ Etileno
- C₂H₂ Acetileno
- C₃H₈ Propano
- CH₂O Formaldehído

Otros contaminantes de naturaleza química

- Dioxinas y furanos
- Cl Cloro y sus compuestos inorgánicos
- F Flúor y sus compuestos inorgánicos

En general, son varios los focos que contribuyen a la emisión total de una cierta sustancia, y es necesario analizar de forma separada las aportaciones de cada uno de ellos. La presente Memoria se ha estructurado en función del sector de actividad y del tipo de foco de acuerdo con la siguiente clasificación de las fuentes de emisión:

Fuentes puntuales

- Plantas industriales

 - Producción de energía eléctrica

 - Cemento, cal y yeso

 - Industria química

 - Industria del metal

 - Industria de la madera y el papel

 - Industria alimentaria

 - Fabricación y mantenimiento de vehículos a motor

 - Fabricación de material de construcción, cerámica y vidrio

 - Fabricación de material eléctrico y electrónico

 - Otras actividades industriales

- Plantas no industriales

 - Hospitales

 - Vertederos

 - Estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR)

Fuentes de área

- Fuentes de área móviles

 - Tráfico rodado

 - Maquinaria agrícola

 - Tráfico ferroviario

 - Tráfico aéreo

- Fuentes de área estacionarias

 - Sector doméstico

 - Extracción y tratamiento de minerales

Asfaltado de carreteras
Distribución al por mayor de combustibles
Estaciones de servicio
Limpieza en seco
Uso de disolventes
Empleo de refrigerantes y propelentes
Agricultura
Ganadería
Fuentes biogénicas
Incendios forestales

2.2. RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

La recopilación de la información necesaria para la elaboración del Inventario ha constituido una de las principales tareas del estudio. En todos los casos ha sido necesario disponer de datos procedentes de distintos organismos oficiales (Institutos de Estadística, Gobierno de Aragón, etc) así como de diversos estudios publicados. El listado de todas las fuentes de información consultadas sería demasiado extenso, por lo que únicamente se citarán en los apartados respectivos del Inventario.

Además, en el caso de las plantas industriales, ha sido necesario solicitar información a un gran número de empresas mediante el envío de cuestionarios. Para ello se procedió a la elaboración de una base de datos con las fuentes industriales potencialmente contaminadoras de la atmósfera en Aragón partiendo de los datos de las empresas existentes en el Instituto Aragonés de Fomento (IAF) del Gobierno de Aragón, actualizándose posteriormente con la base de datos SABI del Bureau van Dijk.

2.3. ESTIMACIÓN DE EMISIONES

Los métodos de cálculo de las emisiones varían en función de la naturaleza de la actividad considerada y de la información de partida. Estos métodos pueden clasificarse en:

- Métodos basados en medidas de emisiones.
- Métodos basados en balances de materia.
- Métodos basados en factores de emisión.
- Métodos basados en modelos informáticos.

2.3.1. Métodos basados en medidas de emisiones

El mejor método para calcular las emisiones de una determinada industria es la medición directa de las mismas, bien sea en continuo o periódicamente.

En función de la disponibilidad de datos por parte de las empresas, pueden distinguirse las siguientes situaciones:

- Plantas que realizan mediciones en continuo.
- Plantas que realizan medidas periódicas.
- Plantas que no disponen de medidas de emisiones.

Plantas que realizan mediciones en continuo

Por lo general, este tipo de instalaciones ha cumplimentado en los cuestionarios el dato de emisiones totales anuales para los diferentes parámetros medidos en continuo.

Para comprobar la veracidad de los datos facilitados, se han realizado una serie de estimaciones de contaminantes a partir de los datos de medidas periódicas suministrados. De este modo, si el resultado era similar al indicado en el cuestionario, se aceptaba este último; en caso contrario se consultaba con la empresa para verificar el valor o bien se consideraba válido el estimado mediante balances de materia en la combustión o en base a medidas periódicas.

Plantas que realizan medidas periódicas

La metodología de cálculo depende los datos suministrados en el cuestionario.

- Para los datos de concentración de emisiones reflejados en mg/Nm^3 , ppm o %, los datos de caudal de gas en la chimenea (Nm^3/h o Nm^3/s) y horas al año de funcionamiento de los equipos, se ha efectuado la conversión de dichas unidades de concentración a $\text{kg}/\text{año}$ de contaminantes. Adicionalmente, para comprobar la veracidad de los resultados, se han estimado las emisiones a partir del balance de materia de la combustión.
- Para los datos de emisiones de contaminantes reflejados en mg/Nm^3 , ppm o % y los datos de consumo anual de combustible, pero en ausencia del dato de $\% \text{O}_2$ y de caudal de los gases de salida de la chimenea, no se ha podido realizar la conversión a $\text{kg}/\text{año}$, debido a la falta de datos. Por ello, en estos casos se ha prescindido de dicha información y se han calculado las emisiones aplicando los factores de emisión correspondientes.

Plantas que no disponen de datos de emisiones

En este caso se han considerado dos tipos de instalaciones:

- Plantas que han facilitado datos de cantidades de materias primas y de combustible utilizados en sus procesos productivos. En este caso se han estimado los contaminantes mediante el balance de materia de combustión de los combustibles consumidos o mediante factores de emisión a partir de los datos de consumo de materias primas y de combustible.
- Plantas que no han facilitado datos de las cantidades de materias primas y combustibles consumidos en sus procesos productivos y cuyos cuestionarios no aportan datos suficientes para hacer ninguna estimación. Para estimar las emisiones en estos casos se ha recurrido a consultas telefónicas con la empresa afectada, dando prioridad a aquellas empresas que supusieran un mayor impacto ambiental.

2.3.2. Métodos basados en balances de materia

Este tipo de métodos se aplican cuando determinados elementos sufren una transformación conocida, muy cercana al 100% de conversión. Así, el balance de materia se ha utilizado para calcular las emisiones de SO₂ y CO₂ a partir del contenido de azufre y carbono en el combustible.

2.3.3. Métodos basados en factores de emisión

Para cada uno de los sectores se han estudiado individualmente las diferentes actividades generadoras de emisiones a la atmósfera y los distintos contaminantes.

La estimación de emisiones se efectúa a partir de los factores de emisión, recomendados por diversas fuentes, determinados en función de los productos obtenidos, de las materias primas consumidas y de los combustibles utilizados.

Para la selección de los factores de emisión más adecuados se consideraron, tras una exhaustiva búsqueda de fuentes bibliográficas, las siguientes metodologías:

EMEP/CORINAIR: European Monitoring and Evaluation Program / CO-ordinated Information on the environment in the european community – AIR.
EPA-AP: Environment Protection Agency – Air Pollutant.

- Guía Metodológica para el desarrollo de Inventarios de Emisiones.
- Atmospheric Emission Inventory Guidebook (EMEP/CORINAIR).
- Compilation of Air Pollutant Emission Factors (EPA-AP 42).

- Emission Estimation Technique Manuals (NPI).
- Libro de trabajo para el Inventario de Gases de Efecto Invernadero (IPCC).
- Estudio de las Emisiones a la Atmósfera en la Ciudad de Zaragoza. Año 1996.

NPI: National Pollutant Inventory.
IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change.

En la medida de lo posible se ha seleccionado la metodología CORINAIR, por ser la realizada por la Agencia Europea de Medio Ambiente. No obstante, en numerosas ocasiones se ha tenido que complementar dicha metodología con factores procedentes de alguna de las otras fuentes mencionadas debido, principalmente, a la ausencia de factores de emisión para algún contaminante en determinadas actividades. En concreto, dado que la metodología CORINAIR no aporta factores de emisión para las partículas se han utilizado los factores indicados por la EPA. Además, la metodología NPI se ha utilizado generalmente con carácter complementario para especiar los COVNM en sus diferentes compuestos, y para calcular la cantidad de metales pesados como porcentaje de las emisiones de partículas.

Especiar: Desagregar una familia de compuestos en sus distintas especies.

2.3.4. Métodos basados en modelos informáticos

Para el cálculo de las emisiones correspondientes al tráfico rodado se ha utilizado el programa informático COMputer Programme to calculate Emissions from Road Transport (COPERT III) desarrollado por la Agencia Europea de Medio Ambiente. En este programa se integran todos los factores de emisión y correlaciones de la metodología CORINAIR.

2.4. APLICACIÓN INFORMÁTICA

La información del Inventario de Emisiones de Aragón del año 2003 está integrada en una aplicación informática, para facilitar las consultas y las actualizaciones posteriores.

Para el diseño de dicha aplicación se han tenido en cuenta los siguientes criterios:

- Obtener de forma gráfica y visual datos de emisión de las diversas actividades presentes en el Inventario para los diferentes niveles de desagregación territorial contemplados en el estudio.
- Capacidad de realizar consultas para conocer los datos de emisión de un determinado municipio con la posibilidad de poder disponer de esta información desglosada para los diferentes focos de emisión.
- Disponer de una base de datos en la que se disponga de todos los datos recopilados.

2.5. CONTROL Y GARANTÍA DE CALIDAD

Según se indica en la Guía Metodológica para el desarrollo de Inventarios de Emisiones, es necesario desarrollar procedimientos que garanticen la calidad del resultado final. Por otra parte, es importante recalcar el hecho de que un buen sistema de garantía y control de la calidad producirá resultados tan buenos como la metodología utilizada lo permita.

En el desarrollo del presente Inventario se ha optado por el siguiente orden de prioridad dentro de las metodologías de cálculo para las emisiones provenientes de las plantas industriales, con el objetivo de obtener unos resultados de la mayor calidad posible:

- Medidas en continuo.
- Medidas de emisión puntuales realizadas por Entidades Colaboradoras de la Administración (ECAs).
- Factores de emisión.

Para el resto de los sectores, el cálculo de las emisiones se ha realizado únicamente en función de los factores de emisión disponibles en las metodologías, por lo que la calidad de los resultados depende de la calidad de los factores de emisión, además de la fiabilidad de los datos de partida.

En la elaboración de este Inventario se han llevado a cabo las siguientes comprobaciones para asegurar la fiabilidad de los resultados:

- Chequeos de veracidad. Con este método se pretende localizar errores importantes de manera rápida en el proceso de estimación de emisiones. Para ello es necesario que se conozca previamente el orden de magnitud de las emisiones para los distintos procesos.
- Chequeos de paridad. Este tipo de chequeos consisten en una revisión independiente de los cálculos realizada por una persona con experiencia técnica en el tema. Este tipo de revisiones se han realizado en aquellas fuentes en las que los datos pudieran parecer erróneos.
- Chequeos computerizados. Con este método se consiguen evitar errores propios del proceso de cálculo, ya que se han elaborado hojas de cálculo para llevar todos los cálculos necesarios en la aplicación de los factores de emisión correspondientes.

2.6. ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE

Los principales aspectos a considerar para evaluar la incertidumbre asociada a la elaboración del presente Inventario son los siguientes:

- Incertidumbre asociada a los datos de partida.
- Incertidumbre asociada a la metodología.
- Actividades o instalaciones no consideradas.

2.6.1. Incertidumbre asociada a los datos de partida

Los datos de partida proceden de distintas fuentes y tienen distinto carácter, y abarcan desde la cuantificación de hechos acaecidos realmente, como el número de aterrizajes y despegues en el aeropuerto de Zaragoza, hasta estadísticas realizadas por organismos oficiales, como por ejemplo, la cabaña ganadera municipal en Aragón publicada por el Instituto Aragonés de Estadística (IAEST). En lo referente a datos estadísticos puede considerarse que el grado de incertidumbre es prácticamente nulo. Por otra parte, el nivel de confianza en los datos procedentes de cuestionarios es elevado, habiéndose observado inconsistencias en muy pocos casos.

2.6.2. Incertidumbre asociada a la metodología

La propia metodología de cálculo de las emisiones lleva asociada una incertidumbre. En muchos casos es difícil de obtener el grado de incertidumbre para cada uno de los factores de emisión utilizados. En la Tabla 2.1 se muestran los grados de incertidumbre asociados a todos los contaminantes considerados en la metodología CORINAIR, para los principales códigos SNAP (Selected Nomenclature for sources of Air Pollution).

Tabla 2.1 – Grados de incertidumbre de los distintos contaminantes

CATEGORÍA SNAP	SO ₂	NO _x	COV	CO	NH ₃	Metales pesados	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Instalaciones de combustión para la producción de energía	A	B	C	B	—	D	A	C	E
Plantas de combustión no industrial	B	C	C	C	—	E	B	C	E
Plantas de combustión industrial	A	B	C	B	—	D	A	C	E
Procesos industriales	B	C	C	C	E	E	B	D	D
Extracción y distribución de combustibles fósiles	C	C	C	C	—	E	D	D	—
Uso de disolventes	—	—	B	—	—	E	—	—	—
Tráfico rodado	C	C	C	C	E	E	B	C	E
Otras fuentes móviles y maquinaria	C	D	D	D	—	E	C	D	D
Eliminación y tratamiento de residuos	B	B	B	C	—	D	B	C	E
Actividades agrícolas	—	D	D	D	D	E	C	D	E
Fuentes biogénicas	D	D	D	E	E	E	D	E	E

Cada una de las letras que aparecen en la Tabla 2.2 tiene asociado un nivel de incertidumbre, que se ha obtenido de la “EU Guidance Report on Supplementary Assessment under EC Air Quality Directives” donde han sido definidos para su aplicación en la elaboración modelos de la calidad del aire.

Tabla 2.2 – Definición de los grados de incertidumbre

Puntuación	Definición	Rango típico del error
A	Estimación basada en un gran número de medidas realizadas en un gran número de instalaciones representativas de la totalidad del sector	10 al 30 %
B	Estimación basada en un gran número de medidas realizadas en un gran número de instalaciones representativas de gran parte del sector	20 al 60 %
C	Estimación basada en medidas realizadas en un pequeño número de instalaciones representativas o a criterios de ingeniería basados en un número de hechos relevantes.	50 al 150 %
D	Estimación basada en medidas puntuales o en cálculos de ingeniería derivados de hechos relevantes	100 al 300 %
E	Estimación basada en cálculos de ingeniería basados en hipótesis	Otro orden de magnitud

En todos los casos, se acepta que la máxima fiabilidad se alcanza cuando el cálculo de las emisiones se realiza a partir de medidas directas. En estas situaciones, la incertidumbre se derivaría de posibles errores en la medida de concentración de alguno de los parámetros o del caudal de gases, y se podría considerar que el índice de incertidumbre sería A.

2.6.3. Actividades o instalaciones no consideradas

Durante el periodo de realización del presente Inventario no pudo obtenerse respuesta de todas las empresas a las que fue remitido el cuestionario. No obstante, la información obtenida por este medio incluye la práctica totalidad de las empresas con mayor potencial contaminante dentro de cada sector, por lo que el Inventario recoge un porcentaje muy elevado de las emisiones existentes en Aragón.