

Inventario de emisiones a la atmósfera en Andalucía. Año 2003



■ **Inventario de emisiones
a la atmósfera en
Andalucía. Año 2003**



Edita: Junta de Andalucía
Consejería de Medio Ambiente

Autores: Andrés Leal Gallardo
Eva María Vázquez Sánchez
Juan Contreras González
Jose M.^a Cascajo López
Lourdes Moreno Miranda

Impresión: Gráficas Díaz Ledesma, S.C.

I.S.B.N.: 84-95785-42-0

■ Prólogo

Como en ocasiones anteriores, la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía ha elaborado un nuevo inventario de emisiones contaminantes a la atmósfera, cuya cobertura geográfica se extiende a toda la Comunidad autónoma. El anterior inventario se refería al año 1996, publicándose en el año 1998, mientras que el actual se refiere a las emisiones correspondientes al año 2000.

El marco legal en el que se encuadra este trabajo está recogido en el apartado 5 del artículo 17 del Reglamento de la Calidad del Aire, aprobado mediante el Decreto 74/1996, de 20 de febrero. Aunque este precepto sólo se refiere a las actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera, la Consejería ha querido ampliar el alcance del inventario, realizando un esfuerzo considerable para extender el conocimiento de las emisiones al mayor número de fuentes posible, tanto antropogénicas, como las que producen vertidos al aire de forma natural.

Los inventarios de emisiones de contaminantes a la atmósfera constituyen una pieza fundamental para los Organismos encargados de la aplicación de las nuevas políticas comunitarias de protección del medio atmosférico y, en concreto, de la Directiva 96/62/CE, de gestión y evaluación de la calidad del aire, conocida como Directiva Marco, y de las distintas Directivas que la están desarrollando.

De igual modo, ha sido voluntad de la Consejería dar cumplimiento a su decidido afán de poner a disposición del público el mayor volumen de información ambiental posible.

La evaluación de la calidad del aire, que en Andalucía corresponde a la Consejería de Medio Ambiente, encuentra en los inventarios de emisiones unos instrumentos de gran utilidad, que complementan o sustituyen a las técnicas de medición fija. Son muchas las aplicaciones que pueden darse a los inventarios, como por ejemplo, el aporte de datos para los procesos de modelización o para

las técnicas de estimación objetiva de la calidad del aire. Además, resultan imprescindibles en el seguimiento del grado de cumplimiento de los fines perseguidos, tanto en proyectos de nivel global, como los referidos a fenómenos tales como la lucha contra el cambio climático, o en programas de índole local, que en Andalucía se plasman en los distintos planes de mejora de la calidad ambiental impulsados por la Consejería de Medio Ambiente.

En el presente inventario se ha incrementado sustancialmente el número de elementos y compuestos contaminantes de los que se han determinado las emisiones a la atmósfera. No sólo se han incluido, por primera vez, todos los gases de efecto invernadero contemplados en el Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, sino que también se ha realizado un notable esfuerzo en lo que respecta a los vertidos a la atmósfera de compuestos orgánicos volátiles y de metales pesados.

La estructura de esta publicación parte de la definición de los objetivos perseguidos, para pasar a continuación a detallar la metodología utilizada, tanto en general como específicamente para los distintos sectores inventariados. Por último, se procede a mostrar los resultados de manera intuitiva y fácilmente comprensible para lectores no especializados.


El inventario va dirigido a diferentes clases de potenciales usuarios, como el personal técnico de las distintas Administraciones interesadas, el personal investigador de las Universidades, profesionales de empresas relacionadas con el medio ambiente y cualquier ciudadano interesado en el conocimiento de las emisiones contaminantes generadas en el territorio andaluz.

Fuensanta Coves Botella
Consejera de Medio Ambiente

■ Índice

0. INTRODUCCIÓN Y OBJETO	11
I. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA	15
II. EMISIONES DE LAS PLANTAS INDUSTRIALES	27
III. EMISIONES DE LAS PLANTAS NO INDUSTRIALES	53
IV. EMISIONES DE LAS FUENTES DE ÁREA MÓVILES	59
V. EMISIONES DE LAS FUENTES DE ÁREA ESTACIONARIAS	69
VI. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN ANDALUCÍA	87
VII. RESUMEN DE RESULTADOS DEL INVENTARIO DE EMISIONES	91
ANEXO	119

■ 0. Introducción y objeto



0. Introducción y objeto

La progresiva concienciación acerca de la necesidad de proteger el medio ambiente en todos sus ámbitos ha motivado la promulgación de una legislación cada vez más exigente a todos los niveles, tanto autonómico, como nacional y europeo.

La contaminación atmosférica constituye uno de los campos de actuación prioritarios de las políticas en materia de protección medioambiental.

Aunque no pueda afirmarse que la contaminación atmosférica sea un problema generalizado en el territorio andaluz, sí es cierto que pueden existir zonas específicas que presentan riesgos de alcanzar niveles deficientes de calidad del aire.

El origen básico de la contaminación atmosférica en Andalucía lo constituyen, además de determinadas actividades industriales, las concentraciones urbanas y áreas metropolitanas cada vez más congestionadas (a pesar de poseer en Andalucía un tamaño medio en el contexto de las ciudades europeas), lo que supone una significativa concentración en las emisiones de sustancias contaminantes procedentes de vehículos, industrias y usos domésticos.

Para el conocimiento del origen, cuantía y evolución temporal de las emisiones de contaminantes a la atmósfera, se hace preciso elaborar periódicamente inventarios de emisiones, que son unos instrumentos fundamentales de cara a establecer las estrategias de reducción pertinentes y valorar su eficacia con posterioridad.

Por tanto, de acuerdo con el artículo 17 del Decreto 74/1996, por el que se aprueba el Reglamento de la Calidad del Aire, la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía realiza periódicamente un Inventario de Emisiones Atmosféricas, con objeto de dotarse de un instrumento para la gestión ambiental desde el punto de vista de protección del medio ambiente atmosférico.

Debido a la evolución de la normativa sobre calidad del aire, los nuevos inventarios incluyen mayor número de contaminantes y de actividades emisoras. Son una herramienta imprescindible para la evaluación y gestión de la calidad del aire, dentro de las pautas marcadas por la Directiva 96/62/CE y demás Directivas de desarrollo. También constituyen instrumentos fundamentales para la puesta en práctica de sistemas de modelización de la calidad del aire.

El Inventario de Emisiones a la Atmósfera de Andalucía ha contemplado los contaminantes y actividades potencialmente contaminadoras definidos por el Centro Temático de Emisiones Atmosféricas de la Agencia Europea de Medio Ambiente.

El objeto del presente Inventario de Emisiones es:

- Recopilar información sobre el mayor número posible de actividades contaminadoras de la atmósfera, estimando sus emisiones.
- Elaborar una base de datos con los resultados del Inventario.

■ I. Descripción de la metodología

VOLVER

I. Descripción de la metodología

1.1 Alcance

La metodología utilizada para la elaboración del presente inventario se basa 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 Administración Central y Comunidades Autónomas para apoyo en la aplicación de la Directiva 96/62/CE, de evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente. Se han adaptado determinados aspectos de la misma al objeto y alcance del trabajo, así como a la información disponible.

Definición del objeto y alcance del inventario

El objeto de este inventario es tener conocimiento exhaustivo de las fuentes de contaminación atmosférica existentes en Andalucía, tanto fijas como móviles, así como las puntuales y difusas.

Ámbito geográfico

El área de estudio del inventario es la totalidad de la Comunidad Autónoma de Andalucía, desagregando las emisiones a escala provincial y municipal.

Ámbito temporal

El objetivo de este inventario es el conocimiento de las emisiones atmosféricas correspondientes al año 2000. El ámbito temporal a considerar es por tanto el anual.

Contaminantes inventariados

Los contaminantes inventariados son los recogidos en la Guía Metodológica de Inventarios de Emisiones citada con anterioridad, a los que se han añadido otros contaminantes para los que se han podido estimar sus emisiones. En la presente Memoria se muestran los resultados de los principales contaminantes, que se han agrupado en los grandes bloques siguientes:

Contaminantes: acidificadores, gases de efecto invernadero, precursores de ozono troposférico y partículas en suspensión.

PMT	Partículas en suspensión
SOx	Óxidos de azufre (SO ₂ + SO ₃) medidos en masa de O ₂
NOx	Óxidos de nitrógeno (NO + NO ₂) medidos en masa de NO ₂
COVNM	Compuestos Orgánicos Volátiles (excepto el metano)
CH ₄	Metano
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
N ₂ O	Óxido nitroso
NH ₃	Amoníaco
HFC's	Hidrofluorocarbonos
PFC's	Perfluorocarbonos
SF ₆	Hexafluoruro de azufre

Metales pesados

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

Contaminantes orgánicos

Benceno
Tolueno
Otros derivados bencénicos (xileno, etilbenceno, cumeno, estireno, isopreno)
HAP (Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos)
Formaldehido
Ciclohexano
N-hexano
Percloroetileno

Otros contaminantes de naturaleza química

SH ₂	Acido sulfhídrico
Cl/ClH	Cloruros y clorhídrico
F/FH	Fluoruros y fluorhídrico

Adicionalmente, para determinados sectores ha sido posible estimar las emisiones de otros contaminantes tales como otros metales pesados (Al, Ag, Fe, V, Mn, etc), otros compuestos orgánicos (acetona, benzaldehído, clorometano, etc) y otros contaminantes de naturaleza química (H_2SO_4 , NO_3^- , Cl_2 , etc).

Clasificación de fuentes de emisión

La clasificación de las fuentes se ha realizado, atendiendo al sector de actividad y al tratamiento que iban a recibir en la estimación de sus emisiones.

- Fuentes puntuales
 - Plantas industriales
 - Producción de energía eléctrica
 - Industria petroquímica
 - Industria química
 - Industria papelera
 - Cementos, yesos y cales
 - Industria de materiales no metálicos
 - Industria del aceite
 - Industria alimentaria
 - Industria del metal
 - Otras actividades industriales
 - Plantas no industriales
 - Hospitales
 - Plantas de tratamiento de residuos urbanos
 - Estaciones depuradoras de aguas residuales
- Fuentes de área
 - Fuentes de área móviles
 - Tráfico rodado
 - Maquinaria agrícola y forestal
 - Tráfico ferroviario
 - Tráfico aéreo
 - Tráfico marítimo
 - Fuentes de área estacionarias
 - Sector doméstico
 - Extracción y tratamiento de minerales
 - Pavimentación de carreteras con asfalto
 - Redes de distribución de gas
 - Gasolineras

- Limpieza en seco
- Uso de disolventes
- Empleo de refrigerantes y propelentes
- Agricultura
- Ganadería
- Biogénicas
- Incendios forestales

La extracción y tratamiento de minerales se trata como fuentes de área debido al bajo grado de respuesta a los cuestionarios que se mencionan en el próximo apartado y a la disponibilidad de información agregada adecuada.

1.2 Recopilación de información

Elaboración del inventario de fuentes industriales potencialmente contaminadoras de la atmósfera

La recopilación de información se ha realizado por dos vías:

- Envío de cuestionarios a las empresas.
- Recopilación de información estadística para estimación de emisiones de las fuentes de área.

Como paso previo al envío de cuestionarios se ha procedido a la actualización del Inventario de Fuentes Industriales Potencialmente Contaminadoras de la Atmósfera, para lo cual se ha partido del inventario de focos industriales de Andalucía del anterior inventario de emisiones. A partir de éste se ha efectuado una actualización del mismo, añadiéndose nuevos registros de diversas fuentes:

- Relación de industrias a las que se ha realizado inspección por Entidades Colaboradoras de la Administración en los últimos años.
- Central de Balances de Andalucía. Directorio económico-financiero. Editorial Ardán.
- Registro minero.
- Cámaras de Comercio en internet: www.camerdata.com
- Páginas Amarillas en internet: www.paginas-amarillas.es
- Listado general de instalaciones de Estaciones de Servicio de la Consejería de Trabajo e Industria.

- Diversas páginas en Internet (Consejería de Medio Ambiente, Consejería de Obras Públicas y Transporte, Diputaciones Provinciales, empresas, etc).

Elaboración, envío y seguimiento de cuestionarios

La recopilación de información de los focos industriales se ha realizado en base al envío de cuestionarios a las empresas incluidas en el Inventario de Focos Potencialmente Contaminadores de la Atmósfera.

Elaboración de cuestionarios

Al objeto de garantizar un elevado grado de respuesta a las encuestas se han diseñado distintos tipos de cuestionarios adaptados en la medida de lo posible a cada tipo de actividad, facilitando así la cumplimentación del mismo.

El cuestionario de partida para el diseño de los distintos tipos de cuestionarios ha sido el recogido en la Guía Metodológica para el Desarrollo de Inventarios de Emisiones.

Los distintos tipos de cuestionarios que se han elaborado son:

- Cuestionario general con tanques de almacenamiento.
- Cuestionario general sin tanques de almacenamiento.
- Hormigones y canteras.
- Gasolineras.
- Vertederos.

- Depuradoras.
- Limpieza en seco.
- Hospitales.

Envío de cuestionarios

El envío de cuestionarios a las empresas incluidas en el Inventario de Focos Potencialmente Contaminadores de la Atmósfera tuvo lugar entre los meses de julio y noviembre de 2001, realizándose los envíos por tandas. En las primeras tandas se fueron enviando los cuestionarios generales y en las últimas tandas se enviaron los cuestionarios específicos y se reenviaron cuestionarios que no pudieron ser entregados.

En la fase de envío de cuestionarios han ido surgiendo una serie de problemas entre los que destacan:

- Cambio de dirección de las empresas
- Cambio de titularidad
- Cambio de razón social
- Cese de actividad

Como consecuencia de ello ha sido preciso reenviar un porcentaje significativo de los cuestionarios.

Se ha realizado la encuesta a un total de 2.129 plantas, de las cuales 99 son plantas de extracción y tratamiento de minerales, 164 son gasolineras y 80 tintorerías, cuyas emisiones han sido estimadas considerándolas como fuentes de área. Las fuentes puntuales encuestadas y su grado de respuesta al cuestionario se muestran en la Tabla 1.1.

TABLA 1.1 PLANTAS ENCUESTADAS. GRADO DE RESPUESTA

PROVINCIA	N.º DE PLANTAS ENCUESTADAS	GRADO DE RESPUESTA
ALMERÍA	127	49,6 %
CÁDIZ	171	59,1 %
CÓRDOBA	335	59,7 %
GRANADA	294	56,8 %
HUELVA	100	60,0 %
JAEN	193	63,2 %
MÁLAGA	246	56,5 %
SEVILLA	320	62,5 %
ANDALUCÍA	1.786	58,9 %

Seguimiento de cuestionarios

Una vez enviadas las primeras tandas de cuestionarios a las empresas se estimó un período de seis meses para recibir contestación. Tras este período el porcentaje de respuesta fue de aproximadamente el 26%.

Al objeto de aumentar el grado de respuesta se adoptó la medida de realizar llamadas telefónicas a distintas empresas en un número aproximado de 460 llamadas, priorizándose aquellas con mayores emisiones de acuerdo al inventario de 1996. Asimismo a finales de diciembre de 2001 se enviaron cartas de requerimiento a aquellas empresas que no remitieron el cuestionario cumplimentado. Adicionalmente se han realizado un total de 47 visitas a empresas, al objeto de aumentar el grado de respuesta y comprobar in situ datos de la actividad de la planta.

Finalmente el grado de respuesta a los cuestionarios ha sido del 58,9 %. Han suministrado datos el 100 % de las grandes plantas de sectores como centrales de generación de energía eléctrica, refinerías, cementeras, plantas petroquímicas, fábricas de productos químicos y fertilizantes, fundición de metales no férreos, fabricación de pasta de papel, siderurgias, etc. Los sectores con menor grado de respuesta son el sector alimentario (elaboración de productos precocinados, panaderías, fabricación de conservas vegetales, industria cárnica, industria del pescado, industria de bebidas, industria láctea), prefabricados de hormigón y fabricación de hormigón preparado, industria de la piedra, fabricación de pinturas, fabricación de yeso, fabricación de productos de limpieza, almazaras, calderería y hospitales.

Tratamiento de la información

Del análisis de la información recibida se ha obtenido una visión muy amplia del sector industrial en Andalucía, de su distribución por actividades y área geográfica de ubicación, pudiéndose concluir que las industrias de las que se ha obtenido menor porcentaje de respuesta, así como mayor proporción de información insuficiente, corresponden con plantas y actividades con un nivel de emisiones bajo si se compara con el total de emisiones de Andalucía. Por el contrario, los sectores con mayor volumen de emisiones están incluidos prácticamente en su totalidad, por lo que se considera que este

inventario recoge la mayor parte de las emisiones globales de Andalucía.

Cabe destacar que gran número de actividades de escasa relevancia no han aportado datos. A priori podría parecer que estas emisiones escapan al inventario. Sin embargo, las emisiones del sector doméstico han contemplado las emisiones derivadas del empleo de combustibles, cuantificándose este combustible como la resta entre el total suministrado en Andalucía y el consumido por las actividades industriales que han aportado sus datos de consumo. Por tal motivo un porcentaje de las emisiones asignadas al sector doméstico y comercial correspondería en realidad a pequeñas actividades industriales que no han respondido al cuestionario.

1.3 Estimación de emisiones

Los métodos de cálculo de las emisiones dependen de la naturaleza de la actividad considerada y de la información de base, y están orientados a obtener el resultado más completo y preciso de las emisiones de cada actividad. 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.

Para el cálculo de emisiones producidas por focos fijos de industrias, se han considerado en general a éstos como focos puntuales, independientemente de su carga contaminante.

Métodos basados en medidas de emisiones

Con carácter general, el mejor método para estimar las emisiones específicas de un determinado foco de una industria es la medición en chimenea de sus emisiones. Esta medición puede llevarse a cabo en continuo o periódicamente.

Se han presentado las siguientes situaciones según la disponibilidad de datos facilitados en el cuestionario por las empresas:

- a) Plantas que realizan mediciones en continuo.
- b) Plantas que realizan medidas periódicas.
- c) Plantas que no disponen de medidas de emisiones.

Plantas que realizan mediciones en continuo

Las plantas que realizan mediciones en continuo suelen rellenar en el cuestionario el dato de emisiones totales en t/año de aquellos parámetros medidos en continuo.

Se ha comprobado la veracidad de los datos facilitados, realizando para ello estimaciones de las emisiones de contaminantes producidas a partir de los datos de medidas periódicas suministradas o según el balance de materia para el SO₂ (tomando para ello el dato de combustible consumido reflejado en el cuestionario).

Si el resultado de este cálculo era del mismo orden de magnitud que el dato del cuestionario, se aceptaba este último; en caso contrario se consultaba con la empresa o se consideraba el estimado en el balance de materia de la combustión o en base a las medidas periódicas.

Plantas que realizan medidas periódicas

La metodología de cálculo varía en función de los datos suministrados en el cuestionario.

- Datos de emisiones de los contaminantes reflejadas en mg/Nm³, ppm, ó %, dato del caudal de los gases de las chimeneas (Nm³/h o Nm³/s) y horas al año de funcionamiento de los equipos.

En estos casos, se ha efectuado la conversión de dichas unidades de concentración a toneladas/año. Para comprobar la fiabilidad de los resultados obtenidos, se han estimado las emisiones de contaminantes a partir del balance de materia de la combustión, procediéndose de igual manera que en el caso anterior.

- Datos de emisiones de los contaminantes reflejadas en mg/Nm³, ppm, ó %, dato de los consumos anuales de combustibles, % O₂ en los gases salida de la chimenea.

Al no suministrarse el dato de caudal se ha tenido que estimar el caudal de los gases de salida de las chimeneas previamente a la conversión de las emisiones a toneladas anuales. Para estimar el caudal de los gases se precisa la cantidad de combustible empleado y el % O₂ en los gases de escape. Una vez estimado el caudal (en Nm³/año), se ha procedido de forma análoga al caso anterior.

- Datos de emisiones de los contaminantes reflejadas en mg/Nm³, ppm, ó %, dato de los consumos anuales de combustibles, pero ausencia del dato de % O₂ en los gases salida de la chimenea, y del caudal de los gases.

En estos casos, dada la ausencia de datos suficientes para estimar el caudal, no se ha podido realizar la conversión a toneladas/año de las emisiones utilizando los datos de concentración de contaminantes facilitados. Por lo tanto se han obviado dichos datos y se han estimado las emisiones mediante factores de emisión.

Plantas que no disponen de datos de emisiones.

- Plantas que facilitan datos de las cantidades de materias primas y combustibles utilizados en sus procesos productivos:

En estos casos, se han realizado las estimaciones de las emisiones de contaminantes mediante el balance de materia de la combustión de los combustibles consumidos o mediante factores de emisión, considerando los datos facilitados en el cuestionario de materias primas y combustibles utilizados.

- Plantas que no facilitan datos de las cantidades de materias primas y combustibles utilizados en sus procesos productivos y cuyos cuestionarios no tienen datos suficientes para hacer ninguna estimación.

En estos casos y dando prioridad a las empresas cuyas actividades tengan una incidencia ambiental de mayor envergadura, se han realizado llamadas telefónicas para intentar obtener algún dato con el que poder realizar estimaciones de sus emisiones atmosféricas.

Métodos basados en factores de emisión

Dentro de cada sector, se han estudiado todos los procesos generadores de emisiones a la atmósfera y de forma individual los distintos contaminantes emitidos por cada uno de ellos.

La cuantificación de emisiones de determinadas actividades se ha realizado aplicando los factores de emisión recomendados por diversas fuentes, en función de:

- los productos obtenidos.
- las materias primas consumidas.
- los combustibles utilizados.

Se desarrolló una exhaustiva investigación bibliográfica para la selección de factores de emisión adecuados en la que se consultaron diversas fuentes, entre las que destacan:

- Guía Metodológica para el Desarrollo de Inventarios de Emisiones.
- Atmospheric Emission Inventory Guidebook (EMEP/CORINAIR).
- Compilation of Air Pollutant Emission Factors (AP 42- EPA).
- Factor Information Retrieval (FIRE) versión 6.23 (EPA).
- Uncontrolled Emission Factor Listing for Criteria Air Pollutants (EPA).
- Emission Estimation Technique Manuals (National Pollutant Inventory de Australia).
- Libro de Trabajo para el Inventario de Gases de Efecto Invernadero (Directrices del IPCC para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero).

Con carácter general se ha procurado seleccionar la metodología CORINAIR, por ser ésta la metodología recomendada por la Agencia Europea de Medio Ambiente. En numerosas ocasiones esta metodología ha precisado ser complementada con factores procedentes de alguna de las fuentes mencionadas anteriormente, bien por ausencia de factor de emisión para un contaminante en una actividad dada o porque se consideró de mayor fiabilidad el factor procedente de alguna fuente alternativa.

La metodología CORINAIR no aporta factores de emisión de partículas y por tanto los factores de emisión de partículas generalmente proceden de la EPA (Environmental Protection Agency) de EE.UU. Asimismo, para actividades en las que las principales emisiones la constituyen las partículas la fuente de los factores de emisión suele ser la EPA, tanto para partículas como para el resto de contaminantes.

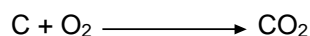
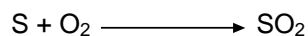
La metodología NPI (National Pollutant Inventory) de Australia ha sido empleada con carácter general

de manera complementaria para especificar los COVNM y calcular los metales pesados como un porcentaje de las emisiones de partículas.

Métodos basados en balances de materia

Puede aplicarse cuando determinados elementos sufren una transformación conocida del 100% a efectos prácticos.

El balance de materia ha sido aplicado para calcular las emisiones de SO₂ y CO₂ en combustiones sin contacto a partir del contenido de S y C en el combustible, teniendo en cuenta las reacciones de combustión:



En algunos casos estos contaminantes han sido estimados por factores de emisión que a su vez se han obtenido aplicando balance de materia.

Métodos basados en modelos informáticos

Existen una serie de aplicaciones informáticas para el cálculo de emisiones de contaminantes atmosféricos procedentes de determinadas actividades.

Las aplicaciones informáticas empleadas son:

- TANKS: permite estimar las emisiones de compuestos volátiles en los tanques de almacenamiento.
- COPERT III: estima las emisiones procedentes del tráfico rodado.
- FAEED: calcula las emisiones del tráfico aéreo en las operaciones de aterrizaje y despegue.

1.4 Aplicación informática

El análisis de la información del Inventario de Emisiones de Andalucía del año 2000 se ha realizado por medio de una aplicación informática, que se ha diseñado de manera que permita su empleo en posteriores actualizaciones del inventario.

La Aplicación Informática del Inventario de Emisiones Atmosféricas de Andalucía ha sido realizada con los siguientes objetivos:

- Actualizar los datos del Inventario de Focos Industriales potencialmente contaminadores de la atmósfera en Andalucía.

- Obtener mediante una aplicación GIS de forma gráfica y visual datos de emisión tanto de las industrias que forman parte del tejido empresarial de cada municipio como de otras fuentes de emisión como el tráfico, actividades agro-ganaderas, etc.
- Capacidad de realizar consultas para conocer los datos de emisión de una determinada industria con la posibilidad de poder disponer de esta información desglosada por procesos o por los diferentes focos de emisión que componen cada instalación.
- Disponer de una base de datos en la cual se refleja el seguimiento hecho a las industrias mediante la utilización de los cuestionarios.
- Mantener un control sobre las empresas que deben realizar informes de Inspección Oficial, para que la administración disponga de una herramienta eficaz para controlar dichas inspecciones.

1.5 Control y garantía de calidad

De acuerdo con la Guía Metodológica para el Desarrollo de Inventarios de Emisiones es preciso implementar procedimientos que permitan garantizar y controlar la calidad del resultado final. Los criterios expuestos en la Guía han sido adaptados a la metodología seguida en el presente inventario.

Es importante puntualizar que un buen procedimiento de garantía y control de la calidad producirá únicamente resultados tan buenos como la metodología de estimación de emisiones permita.

Algunas metodologías de determinación de emisiones son inherentemente más precisas que otras, debido a que están basadas en procesos bien definidos y conocidos y/o en datos específicos de la fuente en cuestión.

Como se ha expuesto anteriormente en el presente inventario se ha seguido la metodología de cálculo que produzca los resultados de mayor calidad posible, siendo el orden de prioridad el siguiente:

- Medidas de emisiones en continuo.
- Medidas de emisiones puntuales realizadas por ECAs.
- Factores de emisión.

Con carácter general, los métodos utilizados para la consecución de los objetivos de calidad para los datos utilizados en la elaboración del inventario son:

- Comprobación de los datos correspondientes a las fuentes de mayor importancia por la magnitud de sus emisiones atmosféricas, de acuerdo con los resultados del inventario de 1996.
- Chequeos de veracidad. Este método es empleado para detectar errores de importancia en el cálculo de las emisiones tanto si el dato procede del cuestionario como de los cálculos realizados. Para ello los técnicos responsables tienen conocimiento de los órdenes de magnitud de emisiones para los distintos procesos.
- Chequeos de paridad. Realizado por personas con experiencia técnica en el tema. Estos chequeos se han realizado de forma aleatoria y también en aquellas fuentes donde los datos puedan parecer erróneos.
- Repetición de cálculos particulares. Para detectar errores de computación, se han repetido cálculos particulares de forma aleatoria.
- Chequeos computerizados. Para este tipo de chequeo se han elaborado hojas de cálculo en formato Excel que realizan los cálculos necesarios para la aplicación de los factores de emisión, de manera que se eviten errores propios del proceso de cálculo.

1.6 Análisis de la incertidumbre

Consideraciones generales

La siguiente tabla representa de forma esquemática una aplicación de los conceptos sobre la puntuación cualitativa de los datos para determinados contaminantes considerados en la Guía de Inventarios de Emisiones del CORINAIR.

La Tabla 1.2 se ha organizado en función de la codificación SNAP de los grupos de actividad.

TABLA 1.2 ÍNDICES CUALITATIVOS DE INCERTIDUMBRE

Categoría SNAP	SO ₂	NO _x	VOC	CO	NH ₃	HAP/POP	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
1. Instalaciones de combustión de Centrales térmicas, Cogeneración...	A	B	C	B	-	D	A	C	E
2. Instalaciones de combustión comercial, residencial e institucional.	B	C	C	C	-	E	B	C	E
3. Combustión industrial.	A	B	C	B	-	D	A	C	E
4. Procesos industriales.	B	C	C	C	E	E	B	D	D
5. Extracción y distribución de combustibles fósiles.	C	C	C	C	-	E	D	D	-
6. Uso de disolvente.	-	-	B	-	-	E1	-	-	-
7. Tráfico rodado.	C	C	C	C	E	E2	B	C	E
8. Otras fuentes móviles y maquinaria.	C	D	D	D	-	E	C	D	D
9. Tratamientos de residuos y actividades de eliminación de basuras.	B C	B C	B C	C C	E	D E	B C	C D	E E
10. Actividades agrícolas.	-	D	D	D	D	E	C	D	E
11. Fuentes biogénicas o naturales.	D3	D	D	E	E	E3	D	E	E

NOTAS: 1. En algunos casos los disolventes pueden tener componentes tóxicos
 2. La puntuación en algunos casos puede ser superior.
 3. Las Fuentes Naturales pueden verse contribuidas por las erupciones volcánicas y otros sucesos geotérmicos.

Fuente: Apartado 4.3.3. «Default uncertainty ranges». Good Practice Guidance for CLRTAP Emission Inventories. (Draft chapter for the UNECE Corinair Guidebook on Emission Inventories (ETC-ACC) (EUROPEAN TOPIC CENTRE ON AIR AND CLIMATE CHANGE)).

La puntuación de la incertidumbre mediante la escala de letras mencionada se aplica principalmente en la elaboración de inventarios de emisiones basados en factores de emisión y datos estadísticos, indicadores de actividad. En todos los casos, la aplicación de métodos más directos de estimación de emisiones, como los basados en medidas de emisiones, tendrían unos índices de calidad o fiabilidad superiores.

En la Tabla 1.3 se definen por defecto los rangos de incertidumbre asociadas a cada índice cualitativo (letra). Los rangos de incertidumbre se han obtenido de la «EU Guidance Report on Supplementary Assessment under EC Air Quality Directives».

TABLA 1.3 RANGOS DE INCERTIDUMBRE ASOCIADOS A ÍNDICES CUALITATIVOS

Puntuación	Definición	Rango de error típico
A	Estimación basada en un gran número de mediciones hechas a lo largo de un gran número de instalaciones, de forma que son totalmente representativas del sector.	10-30%
B	Estimación basada en un gran número de mediciones efectuadas a un gran número de instalaciones, de forma que representan a una gran parte del sector.	20-60%
C	Estimación basada en las mediciones efectuadas a un número reducido de instalaciones representativas, o juicio de ingenieros expertos basados en un número de hechos relevantes.	50-150%
D	Estimación basada en mediciones individuales o en cálculos de ingeniería derivados de un número de hechos relevantes.	100-300%
E	Estimación basada en círculos de ingeniería derivados simplemente de una serie de hipótesis.	Otro orden de magnitud

Fuente: Apartado 4.3.3. “Default uncertainty ranges”. Good Practice Guidance for CLRTAP Emission Inventories. (Draft chapter for the UNECE Corinair Guidebook on Emission Inventories (ETC-ACC) (EUROPEAN TOPIC CENTRE ON AIR AND CLIMATE CHANGE)).

Evaluación de las incertidumbres del Inventario de Emisiones de Andalucía

Los aspectos a considerar para evaluar la incertidumbre asociada al Inventario de Emisiones de Andalucía son:

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

Actividades e instalaciones no consideradas

Del análisis del grado de respuesta a los cuestionarios y de las plantas analizadas en base a dichos cuestionarios pudiera parecer que el sector industrial ha sido considerado de forma parcial. Sin embargo, dado que se han analizado las emisiones de todas las plantas de las actividades con mayor potencial contaminante, se considera que las emisiones inventariadas para el sector industrial contempla prácticamente la totalidad de las mismas.

Por otra parte, se supone que en las plantas no analizadas por carencia de datos las principales emisiones corresponderían al empleo de combustibles en pequeñas calderas, hornos o motores. Estas emisiones han sido estimadas y asignadas al sector doméstico y comercial, pues el consumo de combustibles en este sector se ha calculado como la resta entre el total de combustibles consumidos y los consumidos por las industrias que han remitido dicho dato.

Por lo que respecta al resto de fuentes, se han contemplado sus emisiones como fuentes de área para una gran diversidad de actividades, quedando fuera del ámbito tan sólo aquellas actividades que por su escasa contribución a las emisiones globales carecen de una metodología de cuantificación de emisiones.

Incertidumbre asociada a la metodología

La metodología de estimación de las emisiones introduce una incertidumbre asociada a la misma.

En el caso de balances de materia la incertidumbre del método es mínima (la incertidumbre en este caso está asociada a los datos de partida). El balance de materia es aplicable principalmente a combustiones sin contacto para estimación de las emisiones de SO₂ y CO₂ a partir del S y C contenido en los combustibles. El índice cualitativo que se puede asignar es A.

En el caso de mediciones la incertidumbre deriva de la medición de la concentración del parámetro y del caudal de gases. En el caso de medidas discontinuas un factor adicional de incertidumbre viene dado por la representatividad del momento de la medida con respecto a las condiciones medias de funcionamiento de la instalación. El índice cualitativo de fiabilidad asociado a la medición sería de A o B.

La metodología para estimación de contaminantes a partir de factores de emisión presenta un amplio rango de fiabilidad en función del parámetro y la actividad de que se trate, oscilando de A a E.

Incertidumbre asociada a los datos de partida

Los datos de partida proceden de los cuestionarios y de datos estadísticos. Por regla general el nivel de confianza de los datos de partida es elevado. No obstante, se ha detectado en algunos casos inconsistencia de algunos datos e incongruencia entre datos procedentes de diversas fuentes.

Incertidumbre del presente Inventario

La incertidumbre asociada al conjunto de datos del inventario podría resumirse en los valores cualitativos indicados en la Tabla 1.2.

La incertidumbre asociada a cada planta o fuente de área considerada depende de los datos de partida y la metodología empleada.

En algunas actividades contempladas como fuente de área los datos de partida proceden de datos agregados a nivel nacional, autonómico o provincial, habiéndose realizado una serie de hipótesis para la desagregación a nivel municipal. En estos casos la fiabilidad del resultado de emisiones va disminuyendo conforme se aumenta el nivel de desagregación en base a hipótesis de reparto.

■ II. Emisiones de las plantas industriales

VOLVER

II. Emisiones de las plantas industriales

El sector industrial constituye una de las principales fuentes antropogénicas emisoras de los diferentes contaminantes atmosféricos. La utilización de combustibles fósiles en los procesos industriales, así como determinados procesos diferentes de la combustión contribuyen significativamente a dichas emisiones de contaminantes.

Con carácter general, desde el punto de vista de la contaminación atmosférica, los procesos aplicados en los distintos sectores industriales pueden clasificarse en:

- Procesos de combustión sin contacto.
- Manipulación de productos pulverulentos.
- Almacenamiento de compuestos orgánicos volátiles.
- Otros procesos (específicos de cada sector).

Los procesos de combustión sin contacto, la manipulación de sólidos pulverulentos y el almacenamiento de compuestos orgánicos volátiles son actividades comunes a gran cantidad de procesos industriales.

Los procesos de combustión sin contacto se emplean para producir energía térmica en prácticamente todos los sectores industriales.

La manipulación de sólidos pulverulentos implica operaciones de almacenamiento y trasiego de materias primas y productos en gran número de actividades, dando lugar a emisiones fugitivas de partículas.

El almacenamiento de compuestos orgánicos volátiles origina emisiones fugitivas de este tipo de compuestos.

Para la selección de metodologías de cuantificación de emisiones en el sector industrial se ha desarrollado una exhaustiva búsqueda bibliográfica, entre las que destacan las siguientes fuentes:

- Guía Metodológica para el Desarrollo de Inventarios de Emisiones.

- Atmospheric Emission Inventory Guidebook (EMEP/CORINAIR).
- Compilation of Air Pollutant Emission Factors (AP 42- EPA).
- Uncontrolled Emission Factor Listig for Criteria Air Pollutants (EPA).
- Emission Estimation Technique Manuals (National Pollutant Inventory de Australia).
- Libro de Trabajo para el Inventario de Gases de Efecto Invernadero (Directrices del IPCC para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero).

Para aquellos procesos en los que no se dispone de resultados de mediciones representativas, la cuantificación de sus emisiones se ha realizado aplicando los factores de emisión recomendados por estas fuentes, en función de:

- los productos obtenidos.
- las materias primas consumidas.
- los combustibles utilizados.

Procesos de combustión sin contacto

Los factores de emisión de las instalaciones de combustión sin contacto (calderas, hornos de proceso sin contacto, turbinas de gas y motores de combustión interna) vienen dados en función del combustible consumido y de las características del equipo. La bibliografía consultada no hace apenas distinción entre los factores de emisión aplicables a las instalaciones de combustión mencionadas en sectores de actividad diferentes, por lo que, de modo general, el cálculo de las emisiones de los equipos de combustión sin contacto se ha efectuado aplicando los mismos factores, independientemente del sector de actividad al que perteneciera la industria.

Los factores de emisión de NO_x, N₂O, CH₄, CO, CO₂ y COVNM están extraídos de la guía CORINAIR para inventarios de emisiones atmosféricas y de la Guía Metodológica para el Desarrollo de

Inventarios de Emisiones. Los factores de emisión del SO₂ han sido obtenidos en función del contenido medio de azufre en los combustibles. Los factores de emisión de partículas han sido extraídos de la EPA, al no contemplarlos la metodología CORINAIR.

Los factores de emisión para la estimación de metales pesados han sido extraídos tanto del CORINAIR, como de la EPA (Environmental Protection Agency de E.E.U.U.) y NPI (National Pollutant Inventory) de Australia. La especiación de los COVNM se ha efectuado mediante factores de emisión de la EPA y en su defecto del NPI.

Es importante destacar que los factores de emisión adoptados, generalmente, no consideran los dispositivos de reducción de partículas y demás contaminantes presentes en los focos canalizados de las industrias. Ante la disponibilidad de tales mecanismos de control y/o reducción de las emisiones, tales como electrofiltros, filtros de mangas, lavadores de gases, etc, las emisiones estimadas por aplicación de dichos factores se han corregido mediante la aplicación de porcentajes de reducción de contaminantes o eficacias de los mismos.

Manipulación de sólidos pulverulentos

El almacenamiento y trasiego de materiales pulverulentos es una fuente de emisiones fugitivas de partículas que tiene lugar en gran cantidad de procesos industriales.

Las emisiones fugitivas de partículas derivadas del almacenamiento y trasiego de materiales pulverulentos dependen principalmente de los siguientes factores:

- Naturaleza y granulometría del material.
- Velocidad del viento.
- Humedad del material.
- Configuración de la zona de almacenamiento o de carga/descarga.

Con carácter general, las emisiones fugitivas de partículas se producen a baja cota, sedimentando una fracción significativa de las mismas en el entorno de la zona de emisión.

Para estimar las emisiones fugitivas de partículas se han aplicado factores de emisión de la EPA, así como la metodología del manual de técnicas de

estimación «Cement Manufacturing» y «Mining and Processing of Non-Metalic Minerals» del NPI.

Se han aplicado factores de emisión para estimar las emisiones difusas de partículas para las operaciones de almacenamiento, trasiego y descarga de materiales pulverulentos. Los factores disponibles se basan en actividades sin control de reducción de emisiones, aplicándose factores de reducción en función del tipo de control efectuado (barreras cortavientos, riego con agua, cerramiento o cubrición) a las áreas donde se almacenan o trasiegan estos materiales.

Almacenamiento de compuestos orgánicos volátiles

Las emisiones fugitivas procedentes del almacenamiento de compuestos orgánicos volátiles en tanques son el resultado de pérdidas evaporativas durante el almacenamiento y durante las operaciones de llenado y vaciado.

La pérdida durante el almacenamiento consiste en la expulsión de vapor desde un tanque mediante expansiones y contracciones del vapor, que son el resultado de cambios en la temperatura y la presión barométrica. Esta pérdida ocurre sin ningún cambio en el nivel de líquido del tanque.

La pérdida combinada procedente del llenado y vaciado se denomina pérdida durante la operación. A medida que el nivel de líquido sube, la presión dentro del tanque excede la presión de descarga y se expulsan vapores desde el tanque. La pérdida evaporativa durante el vaciado ocurre cuando se extrae líquido del mismo, pues el aire que penetra en el tanque se satura en vapores orgánicos y posteriormente se expande.

Las emisiones fugitivas en tanques varían en función de la capacidad del depósito, la presión de vapor del líquido almacenado, la tasa de utilización del tanque y las condiciones atmosféricas en la localización del tanque.

Las estimaciones de emisiones fugitivas de COVNM procedentes de tanques de almacenamiento han sido efectuados mediante la aplicación informática TANKS 4.0, desarrollada por la Agencia para la Protección del Medio Ambiente (EPA) de Estados Unidos.

Otros procesos

Adicionalmente, en la bibliografía consultada aparecen factores de emisión de procesos, específicos para una actividad industrial determinada, distintos de la combustión en procesos sin contacto, que han sido aplicados para el cálculo de emisiones del correspondiente sector industrial.

2.1 Producción de energía eléctrica

Este sector incluye las centrales térmicas ubicadas en Andalucía y aquellas plantas de cogeneración que han remitido cuestionario como instalación independiente de la planta o empresa a la que suministran energía. Dada la interrelación existente entre las plantas de cogeneración y las industrias a las que suministran el vapor, en la mayoría de los casos, la información relativa a las emisiones de las plantas de cogeneración han sido incluidas en las plantas a las que suministran energía térmica.

Se han inventariado 9 plantas en este sector, con un porcentaje de respuesta al cuestionario del 100%. Estas plantas son cinco centrales térmicas convencionales, tres plantas de cogeneración y una planta de generación de energía eléctrica por valorización energética de aceites usados.

De las cinco centrales térmicas, tres de ellas emplean carbón como combustible (carbón de importación en dos centrales y carbón nacional en la tercera) y las otras dos funcionan con fuel oil BIA (de bajo contenido en azufre) y gas natural.

La tendencia futura para la generación de energía eléctrica en centrales térmicas va encaminada hacia la tecnología de ciclo combinado. Es previsible, por tanto, que en un futuro próximo disminuyan las emisiones de contaminantes a la atmósfera por kWh de energía eléctrica producida.

Dentro de las operaciones desarrolladas en el sector de generación de energía eléctrica, los principales contaminantes se generan en una combustión controlada, en la que generalmente se adoptan medidas primarias y/o medidas secundarias de reducción de la contaminación. Los principales contaminantes generados son SO₂, NO_x, partículas, CO₂ y metales pesados (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni, Zn). Otros contaminantes generados son CH₄, COVNM, CO, N₂O, cloruros, fluoruros y NH₃.

Las emisiones de SO₂ dependen del contenido de azufre del combustible, oxidándose a SO₂ casi la totalidad del S, a excepción de una pequeña fracción que pudiera quedar retenida en las cenizas.

El NO_x se forma por tres diferentes mecanismos: oxidación del N del combustible, NO_x térmico y NO_x súbito.

Para las temperaturas de trabajo en los equipos de combustión, el NO_x súbito es despreciable. El NO_x térmico se produce a elevadas temperaturas, debido a la ruptura de moléculas del N₂ del aire. El contenido en N depende del tipo de combustible. Para combustiones de carbón la mayoría de las emisiones de NO_x proceden del N del combustible (> 80%), mientras que el gas natural carece de N orgánico (el N molecular del gas natural no influye en la oxidación del N del combustible) y en su combustión sólo se produce NO_x térmico.

Las emisiones de COVNM y CH₄ son debidas a combustiones incompletas. Estas emisiones tienden a reducirse conforme se incrementa el tamaño de la planta.

El CO es un producto intermedio de la combustión que aparece en condiciones de defecto de oxígeno, cuyas emisiones son irrelevantes en comparación con las de CO₂. El CO₂ es el principal producto de la combustión de combustibles fósiles, y las emisiones dependen del contenido en C del combustible.

El mecanismo de formación del N₂O no está totalmente claro. A bajas temperaturas se producen mayores emisiones de N₂O.

La mayoría de los metales pesados están formando compuestos y asociados a partículas. Tan solo Hg y Se se encuentran parcialmente en fase vapor.

Para los contaminantes de los que se dispone de medidas en continuo (SO₂, NO_x, partículas), las emisiones han sido calculadas por los operadores e indicados en el cuestionario. Estas emisiones han sido contrastadas por balance de materia (SO₂, CO₂) o a partir de los datos de mediciones periódicas (NO_x, partículas). El resto de contaminantes (CO, CH₄, COVNM, metales pesados, etc) han sido estimados a partir de factores de emisión o a partir de medición de los Informes de Inspección IPPC acometidos por la Consejería de Medio Ambiente.

Los factores de emisión empleados han sido extraídos mayoritariamente de la metodología CORINAIR para instalaciones de combustión con capa-

acidad térmica superior a 300 MWt, empleándose también algunos factores procedentes de la EPA y del NPI australiano.

TABLA 2.1 EMISIONES DEL SECTOR DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

		Emisiones	Ud.	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Andalucía
Contaminantes principales	SO ₂	t	21.928	19.608	4.574	1.343	325	47.777	
	NO _x	t	16.545	14.520	6.321	173	628	38.187	
	Partículas	t	995	725	1.325	32,7	53,1	3.130	
	CO ₂	kt	6.944	4.803	1.986	86,1	283	14.102	
	CO	t	1.288	950	294	491	54,3	3.078	
	COVNM	t	1.478	945	347	1,3	20	2.791	
	CH ₄	t	56,2	36,5	90,8	3,1	4,2	191	
Otros Contam.	N ₂ O	t	119	422	16,8	33,2	51,2	641	
	NH ₃	t	26,8	43,1	10,9	-	2,5	83,3	
	Cloruros/ClH	t	259	88,2	70,6	1,1	4	423	
Especificación de COVNM	Fluoruros/FH	t	386	241	87,6	0,12	2,1	717	
	Benceno	t	1,7	0,94	0,69	-	2	5,3	
	Tolueno	t	0,3	0,33	0,13	-	0,017	0,78	
	ODB	t	0,23	0,21	0,094	-	82	82,5	
	HAP	kg	30,2	42	12,1	-	2,6	86,9	
	Formaldehido	t	0,3	1,2	0,13	-	0,13	1,7	
Materiales Pesados	Percloroetileno	t	0,055	0,037	0,023	-	6	6,1	
	As	kg	80,6	834	193	13,2	24,4	1.145	
	Cd	kg	23	374	11,7	26,4	1,7	436	
	Cr	kg	248	776	140	65,7	35,3	1.265	
	Cu	kg	618	1.307	245	26,4	1.800	3.998	
	Hg	kg	37,2	872	146	26,4	181	1.263	
	Ni	kg	1.356	7.079	251	922	2.155	11.763	
	Pb	kg	450	628	654	34,2	123	1.890	
Zn	kg	844	865	771	26,4	21,6	2.528		

2.2 Industria petroquímica

Dentro de este sector se recogen las actividades de:

- Refino de petróleo.
- Fabricación de productos petroquímicos.
- Extracción de gas.
- Almacenamiento y distribución al por mayor de combustibles.

Refino de Petróleo

En Andalucía existen dos refinerías de petróleo. Ambas plantas han respondido a la encuesta realizada con objeto del Inventario de Emisiones.

El sector del refino de petróleo se caracteriza por la variedad de procesos implicados. En función de los procesos se tendrán unas emisiones características.

Los procesos de separación o fraccionamiento constituyen la primera fase del refino, consistente en la separación del crudo en sus principales constituyentes, empleándose para ello tres procesos principalmente: destilación atmosférica, destilación a vacío y recuperación de fracciones ligeras. El crudo está constituido por una mezcla de compuestos hidrocarbonados que incluyen parafinas, naftas e hidrocarburos aromáticos, con pequeñas cantidades de impurezas tales como azufre, nitrógeno,

oxígeno y metales. Los procesos de separación de la refinería separarán estos constituyentes en fracciones en función del punto de ebullición.

Los procesos de conversión responden principalmente a la necesidad de satisfacer la demanda de combustibles tales como gasolinas de alto octanaje, jet fuel y gasóleo, mediante la conversión de fracciones pesadas en fracciones más comerciales. Los procesos de cracking y visbreaking rompen las moléculas. Los procesos de polimerización y la alquilación, por el contrario, combinan moléculas más pequeñas para formar los productos deseados. Los procesos de isomerización y reformado se aplican para reorganizar la estructura de ciertos compuestos, para producir productos de mayor valor y similar tamaño molecular.

Los procesos de tratamiento estabilizan y mejoran los productos petrolíferos mediante separación de los componentes no deseados. Se incluyen dentro de estos procesos, entre otros, los procesos de desulfuración y furfural.

Las principales emisiones de las refinerías se producen en los hornos de proceso. Estos hornos aportan energía térmica para una serie de reacciones físico-químicas como son: destilaciones, reformado catalítico, hidrotratamiento, alquilación, etc, que dan lugar a las distintas fracciones del petróleo. En estos hornos no se produce contacto de los gases de combustión con el crudo o con sus fracciones resultantes, por lo que las emisiones proceden de la combustión. Asimismo, existen dos procesos característicos de las emisiones en las refinerías como son las plantas de recuperación de azufre (planta Claus) y los hornos de regeneración de los catalizadores utilizados en las unidades de craqueo catalítico. Por último, cabe citar las emisiones procedentes de las antorchas y las emisiones fugitivas de COV en distintas unidades de proceso y por el almacenamiento en tanques.

Los combustibles empleados mayoritariamente son fuelóleos de variable contenido en azufre y gas de refinería.

Los contaminantes más importantes emitidos por este tipo de industria son el dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno derivados de la combustión en hornos de refinería y los compuestos orgánicos volátiles.

La cuantificación de emisiones se basa en la información remitida en los cuestionarios, bien a partir de datos obtenidos por medición (generalmente SO₂, NO_x y partículas, y en algunos focos también CO y CO₂) o, en su defecto, aplicando factores de emisión.

Se han aplicado factores de emisión propios de las combustiones en refinerías para gran cantidad de contaminantes (SO₂, NO_x, partículas, CO, CO₂, CH₄, COVNM, N₂O, cloruros, fluoruros, NH₃, benceno, HAP, metales pesados) y, adicionalmente, factores de emisión específicos de procesos para estimar las emisiones de determinados contaminantes en la destilación a vacío (COVNM, CH₄, benceno), el cracking catalítico (SO₂, NO_x, partículas, CO, CO₂, CH₄, COVNM, N₂O, cloruros, NH₃, HAP, y metales pesados), la alquilación (fluoruros) y las antorchas (SO₂, NO_x, CO, CH₄, COVNM, benceno y HAP). Las emisiones fugitivas de COVNM debidas al almacenamiento en tanques se han estimado utilizando el programa TANKS de la EPA.

Fabricación de productos petroquímicos

Las cinco plantas inventariadas en Andalucía han dado respuesta a los cuestionarios que se les remitieron. Tienen como actividad principal la fabricación de aceites lubricantes, tensioactivos, fenol, acetona y una serie de productos básicos para la química orgánica y de fabricación de plásticos.

En estas plantas se producen una serie de procesos de conversión (tales como oxidación, esterificación, alquilación, hidrogenación, destilación, absorción selectiva, hidrotratamiento, etc) y las combustiones para suministro de energía a dichos procesos.

Con carácter general, las emisiones de SO₂, NO_x, partículas, CO y CO₂ se han estimado a partir de las mediciones que se realizan en los mismos. El resto de los contaminantes cuantificados, como CH₄, COVNM y metales pesados, se han estimado a partir de los factores de emisión de combustión de los combustibles que emplean, o de factores específicos de los procesos implicados (generalmente COVNM y en algún caso benceno). Las emisiones fugitivas de COVNM en los tanques de almacenamiento se han estimado con el programa TANKS.

Extracción de gas

Se han inventariado las plantas de extracción de Marismas y Palancares, en las marismas del Guadalquivir, y Poseidón situada en el golfo de Cádiz, obteniéndose su producción a partir de estadísticas energéticas.

Las emisiones consideradas proceden de los venteos y la quema en antorchas durante la extracción de gas, de las fugas crónicas y de las descargas de las chimeneas de procesos.

Para el cálculo de las emisiones de metano procedentes de las actividades extractivas de gas natural se ha recurrido a la aplicación de factores de emisión que engloban todas las operaciones de la actividad en función de la cantidad de gas producido.

Almacenamiento y distribución al por mayor de combustibles

Las plantas inventariadas son las plantas de regasificación, compresión y regulación de gas natural y las instalaciones de almacenamiento de combustibles líquidos. Se han estimado las emisiones de las 18 plantas inventariadas.

- Plantas de regasificación y compresión.

Las emisiones más relevantes son de SO₂, NO_x, partículas, CO y CO₂ de los procesos de combustión en las calderas para regasificación del gas natural, y las emisiones fugitivas de metano, debido a los procesos de regasificación y compresión del gas natural.

La única planta de regasificación existente en Andalucía realiza la operación de regasificación de gas natural licuado, suministrado vía marítima por metaneros, a través de un intercambio de calor con agua marina, contando adicionalmente con sistemas de combustión sumergida. Las descargas de contaminantes gaseosos a la atmósfera se han minimizado, en este sector, en los últimos años, gracias a la adopción de sistemas de gestión del gas evaporado procedente de los tanques de almacenamiento y válvulas de seguridad. Los gases evaporados que no hayan podido ser recuperados son evacuados, de forma periódica, para su eliminación mediante combustión en antorcha.

Las estaciones de compresión del sistema de distribución permiten mantener o incrementar la presión de los gasoductos a lo largo de todo su recorrido. Las estaciones de regulación y control aseguran el correcto funcionamiento de la red de distribución de gas natural.

El cálculo de las emisiones fugitivas de CH₄ ha sido realizado mediante aplicación del factor de emisión de la metodología CORINAIR. El resto de los contaminantes se han estimado aplicando los factores de emisión propios de la combustión de gas natural.

- Distribución al por mayor de combustibles líquidos.

En las instalaciones de almacenamiento de combustibles líquidos, las emisiones más significativas son las emisiones fugitivas de COVNM de las operaciones de trasiego y almacenamiento en tanques de los combustibles.

El cálculo de las emisiones se ha realizado utilizando el programa TANKS de la EPA para cálculo de las emisiones fugitivas de COVNM debidas al almacenamiento en tanques.

Una vez obtenidas las emisiones de COVNM, las emisiones de benceno, ciclohexano, HAP, tolueno y otros derivados bencénicos han sido estimados a partir de coeficientes de especificación.

Emisiones del sector petroquímico

Las emisiones globales de la industria petroquímica se muestran en la Tabla 2.2.

TABLA 2.2 EMISIONES DEL SECTOR PETROQUÍMICO

	Emisiones	Ud.	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Málaga	Sevilla	Andalucía
Contaminantes principales	SO ₂	t	–	34.594	–	–	9.593	–	–	44.186
	NO _x	t	–	5.431	0,99	–	3.515	–	–	8.947
	Partículas	t	–	805	–	–	469	–	–	1.274
	CO ₂	kt	–	2.969	0,16	–	1.537	–	–	4.507
	CO	t	–	11.694	0,53	–	348	–	–	12.043
	COVNM	t	2,7	6.776	1.578	1.349	5.811	1.113	834	17.462
	CH ₄	t	–	677	215	–	709	–	178	1.778
	N ₂ O	t	–	269	0,01	–	101	–	–	370
Otros Contam.	NH ₃	t	–	426	–	–	195	–	–	620
	Cloruros/CIH	t	–	40,6	–	–	8,8	–	–	49,4
	Fluoruros/FH	t	–	2,3	–	–	0,8	–	–	3,1
Especiación de COVNM	Benceno	t	0,01	92,1	6,4	13,6	78,7	17,5	15	223
	Tolueno	t	0,01	61,5	4,3	12,6	73	17,3	15	184
	ODB	t	0,03	19,9	15,3	10,8	24,3	7,2	4,9	82,3
	HAP	kg	24,7	2.307	2.032	984	7.613	351	80,9	13.392
	Ciclohexano	t	–	8,6	0,04	1,5	10,1	2,3	2,1	24,6
Materiales Pesados	As	kg	–	247	–	–	102	–	–	349
	Cd	kg	–	504	–	–	206	–	–	709
	Cr	kg	–	1.263	–	–	529	–	–	1.792
	Cu	kg	–	588	–	–	209	–	–	797
	Hg	kg	–	517	–	–	210	–	–	727
	Ni	kg	–	1.591	–	–	1.777	–	–	3.368
	Pb	kg	–	714	–	–	278	–	–	992
	Zn	kg	–	681	–	–	267	–	–	948

2.3 Cemento, cal y yeso

Fabricación de cemento

Actualmente existen 8 fábricas de cemento ubicadas en Andalucía. Todas han respondido a la encuesta efectuada.

En la fabricación del cemento intervienen las siguientes operaciones:

- Producción de crudo: Extracción, trituración y molienda de materias primas (calizas, margas y arcillas).
- Producción de clínker: Transformación del crudo en el horno de clínker a temperaturas del orden de los 1400°C (clinkerización) y posterior enfriamiento brusco de la masa, convertida así en clínker.

- Producción de cemento: Molienda conjunta de clínker, yeso y aditivos para acondicionar físicamente el cemento.

A partir de finales del año 2000 han entrado en servicio varios molinos de cemento, fábricas de cemento que no fabrican clínker, procediendo éste último de suministro externo. Estas plantas habrán de ser tenidas en cuenta en futuros inventarios.

Las fábricas de cemento utilizan como combustible principal carbón, coque y fuel-oil, y algunas de ellas emplean también combustibles alternativos como aceites usados, neumáticos y serrín en menor proporción.

Las emisiones cuantitativamente más relevantes de la fabricación de cemento son las de partículas, NO_x, SO₂, CO y CO₂. Otras emisiones características de este sector, pero de menor cuantía, son

las de COVNM, NH₃ y CIH. Por último, la materia prima y los combustibles empleados en el proceso de clinkerización contienen trazas de metales pesados que pueden ser emitidos en forma de partículas o vapor.

Las estimaciones de las emisiones se han obtenido a partir de datos de mediciones en determinados focos (hornos y enfriadores de clínker, precalcina-dores, molinos de crudo y de cemento) y en su defecto, aplicando factores de emisión EPA.

Las fuentes puntuales más importantes de emisión de partículas son el horno y los enfriadores de clínker. Además, existen otros procesos implicados en la emisión de origen difuso de materia particu-lada, como son las operaciones de manipulación, almacenamiento y transferencia de material pul-vurulento; la extracción, trituración y molienda y mezcla de materias primas en el proceso de pro-ducción de crudo; y la molienda, trasiego y envasado del cemento en la producción de cemento.

Las emisiones de NO_x se forman principalmente en el horno de clínker debido a las elevadas tem- peraturas que se alcanzan en la calcinación del clínker, por oxidación del nitrógeno del combustible y por fijación térmica del nitrógeno contenido en el aire de combustión.

Las emisiones de SO₂ se deben al azufre contenido tanto en el combustible, como en las materias primas. Debido a la naturaleza alcalina del cemento, la mayoría de SO₂ es absorbido en el producto en forma de sulfatos.

Las emisiones de CO₂ en la fabricación de cemento se generan por dos mecanismos: la combustión del combustible y la descarbonatación de la caliza y de otras materias primas calcáreas utilizadas en el proceso. Asimismo, se generan emisiones de CO procedentes de la combustión incompleta de los combustibles y de la oxidación parcial de la materia orgánica contenida en la materia prima.

De forma general, las ocho fábricas de cemento andaluzas están dotadas de mecanismos de re- ducción de partículas en casi todas las operaciones. Los hornos, enfriadores y molinos suelen estar dotados de electrofiltros o filtros de mangas, y el resto de las operaciones de manipulación y trasiego de material pulvurulento están generalmente habi-

litadas con sistemas de ventilación que captan las partículas recogándose con filtros de mangas.

Fabricación de yeso y cal

Se han identificado en Andalucía 20 plantas de producción de yeso y 4 plantas de producción de cal, habiéndose obtenido un grado de respuesta del 50 % para la fabricación de yeso y del 75 % para la fabricación de cal.

La fabricación de yeso consiste en la transformación del sulfato cálcico hidratado (aljez o piedra de yeso) en sulfato cálcico deshidratado, mediante procesos de trituración, calcinación y molienda.

De forma similar, en la fabricación de cal la piedra caliza se somete a una calcinación en hornos convirtiéndose en cal viva, posteriormente sufre procesos de molienda y clasificación mediante cribas y se somete, finalmente, a una hidratación hasta obtenerse la cal comercial.

Las emisiones más significativas de ambos proce- sos industriales son las de partículas de origen difuso en los procesos de almacenamiento al aire libre de materias primas, trituración y molienda, y las derivadas de los hornos calcinadores.

Para el cálculo de emisiones fugitivas de partículas se han aplicado los factores de emisión en función de la operación efectuada, basados en la metodo- logía de la EPA para partículas y en la metodología CORINAIR para el resto de contaminantes (SO₂, NO_x, CO, CO₂, COVNM, CH₄ y N₂O).

Resultados globales del sector de fabricación de cemento, yeso y cal

En la Tabla 2.3 se muestran las emisiones produ- cidas por los procesos de fabricación de cemento así como las de industrias de fabricación de yeso y cal.

TABLA 2.3 EMISIONES PRODUCIDAS POR EL SECTOR CEMENTO, YESO Y CAL

	Emisiones	Ud.	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla	Andalucía
Contaminantes principales	SO ₂	t	109	67,9	32	0,27	468	104	89,6	128	998
	NO _x	t	1.786	1.767	1.686	12,9	832	247	1.639	791	8.760
	Partículas	t	988	53,1	145	5	198	152	245	1.133	2.918
	CO ₂	kt	1.403	548	436	4,8	281	278	786	1.036	4.773
	CO	t	729	2.392	1.818	74,2	20,8	243	426	2.640	8.343
	COVNM	t	156	218	33,5	2,5	18,5	16,1	58,5	55	558
	CH ₄	t	0,44	-	-	1,7	-	-	0,26	1,8	4,1
N ₂ O	t	0,9	-	-	0,21	-	-	4,2	9	14,3	
Otros Contam.	NH ₃	t	8,3	3,1	2,5	-	1,4	1,2	4,4	3,8	24,7
	Cloruros/HCl	t	594	45,7	36,8	-	99,8	87	316	273	1.453
	Fluoruros/FH	t	0,78	0,28	0,22	-	0,12	0,11	0,39	0,33	2,2
Especiación de COVNM	Benceno	t	2,6	4,9	4	-	0,44	0,38	1,4	1,2	14,9
	Tolueno	t	0,16	0,06	0,05	-	0,03	0,02	0,09	0,07	0,48
	ODB	t	0,35	0,13	0,11	-	0,06	0,05	0,18	0,16	1
	HAP	kg	2.011	756	613	-	338	294	1.070	920	6.002
	Formaldehido	t	0,37	0,14	0,11	-	0,06	0,06	0,2	0,17	1,1
Materiales Pesados	As	kg	10,7	3,7	3	-	1,8	1,6	6,8	4,8	32,3
	Cd	kg	7,1	0,67	0,5	-	1,1	1	5,8	3,1	19,4
	Cr	kg	7,1	43	34,7	-	1,1	0,93	9	2,9	98,7
	Cu	kg	4.230	1.591	1.289	-	710	619	2.252	1.937	12.629
	Hg	kg	126	7,3	6	-	30	26,2	97,4	82	375
	Ni	kg	10,5	-	-	-	-	-	77	794	881
	Pb	kg	586	23,3	18,9	-	98	86	315	268	1.395
Zn	kg	439	104	84,3	-	73,8	64,3	236	201	1.203	

2.4 Industria química

Como Industria Química se han englobado las industrias de química inorgánica y orgánica (excepto plantas petroquímicas). Se han enviado un total de 123 cuestionarios de los que se ha recibido respuesta de 81 plantas, siendo mayor el grado de respuesta y la calidad de los datos aportados en las plantas de gran volumen de producción. Las actividades englobadas dentro de este sector son:

- Fabricación de productos químicos básicos.
- Fabricación de fertilizantes y plaguicidas.
- Fabricación de pinturas, barnices, lacas y esmaltes.
- Fabricación de productos farmacéuticos.
- Fabricación de productos de limpieza, jabones y detergentes.

- Almacenamiento y distribución al por mayor de productos químicos.

- Fabricación de plásticos y resinas sintéticas.

- Fabricación de otros productos químicos.

Fabricación de productos químicos básicos

Este sector incluyen actividades como la fabricación de ácido sulfúrico, amoníaco, urea, cloro, sosa cáustica, hipoclorito, ácido clorhídrico, polifosfato sódico, etc. Existen plantas de fabricación de ácido sulfúrico, ácido nítrico y ácido fosfórico que han sido englobadas dentro del sector de fabricación de fertilizantes por encontrarse ubicadas en fábricas cuya actividad principal es la fabricación de dichos productos.

En este sector de actividad se desarrollan procesos muy variados, ligados a la diversidad de productos fabricados. Por regla general, las emisiones de

determinados contaminantes (los más característicos de cada foco) han sido estimadas por medición en los principales focos, recurriéndose al empleo de los factores de emisión para el resto de contaminantes y los focos donde no se dispone de mediciones. Por lo general, estas plantas disponen de dispositivos correctores de la contaminación, como filtros de mangas, lavadores de gases, absorbedores, etc.

Tanto en la fabricación de productos químicos básicos, como en la fabricación de fertilizantes, algunas de las reacciones que tienen lugar en determinados procesos son exotérmicas, lo que da lugar a reducidos consumos de combustibles.

Los parámetros obtenidos por medición en procesos diferentes a la combustión son:

- Fabricación de ácido sulfúrico: SO_2 , SO_4H_2
- Fabricación de ácido clorhídrico e hipoclorito: Cl_2 , ClH
- Fabricación de amoníaco: CO_2
- Fabricación de urea: NH_3 y partículas
- Fabricación de polifosfatos: ClH , fluoruros, partículas, SH_2

Las emisiones características de los procesos estimados aplicando factores de emisión son:

- Fabricación de amoníaco: NH_3 , CO , COVNM
- Fabricación de cloro: Hg

El resto de emisiones del sector proceden de las combustiones precisas para aportar energía a los procesos.

Fabricación de fertilizantes y plaguicidas

Como en el caso anterior, esta industria tiene un gran peso desde el punto de vista de la contaminación atmosférica sobre el total de la industria química.

Las actividades consideradas dentro de este apartado y los contaminantes más característicos calculados a partir de datos de mediciones son:

- Fabricación de ácido fosfórico: partículas y fluoruros.
- Fabricación de ácido sulfúrico: SO_2 y SO_4H_2
- Fabricación de ácido nítrico: NO_x

- Fabricación de fosfatos amónicos: NH_3 , fluoruros, partículas.
- Fabricación de nitrato amónico: partículas
- Fabricación de superfosfato: fluoruros.
- Fabricación de abonos complejos NPK: partículas, NH_3 y fluoruros.
- Fabricación de fitosanitarios: SO_2 , partículas.

Otros contaminantes propios de estos procesos estimados aplicando factores de emisión son:

- Fabricación de ácido nítrico: NH_3
- Fabricación de nitrato amónico: NH_3 , HNO_3
- Fabricación de superfosfatos: partículas.

Adicionalmente se tienen emisiones procedentes de los procesos de combustión que han sido estimados bien a partir de mediciones o de factores de emisión a partir del consumo de combustibles.

Al igual que en el sector de fabricación de compuestos químicos básicos, estas plantas suelen estar dotadas de equipos de reducción de las emisiones, como lavadores de gases y filtros de mangas.

Fabricación de pinturas, barnices, lacas y esmaltes

La fabricación de estos productos consiste en la mezcla de las materias primas hasta conseguir una pasta de consistencia deseada y tinción e igualación de colores. Las emisiones características de este sector son las emisiones fugitivas de COVNM .

Estas industrias generalmente son pequeñas empresas y muchas de ellas no han facilitado datos cuantitativos de producción y consumo de materias primas, por lo que ha sido posible estimar las emisiones fugitivas de COVNM tan solo en aquella minoría de empresas que han respondido aportando datos suficientes para realizar la estimación mediante factores de emisión.

Fabricación de productos farmacéuticos

En Andalucía existen varias empresas dedicadas a la comercialización y logística contando con muy pocas plantas de fabricación de estos productos.

Las emisiones características de la fabricación de productos farmacéuticos son NH_3 , cloruros y ClH ,

derivada de los procesos de elaboración y las de SO₂ y NO_x de los procesos de combustión.

Las emisiones se han estimado a partir de los datos de medidas periódicas facilitadas, y mediante la aplicación de factores de emisión de las instalaciones de combustión.

Fabricación de productos de limpieza, jabones y detergentes

El proceso de fabricación de estos productos consiste, en esencia, en la combinación y mezcla de las materias primas en la proporción adecuada para obtener el producto deseado. Este proceso, por ser básicamente un proceso de mezclado, no supone una elevada incidencia ambiental, salvo las grandes plantas que poseen calderas de potencia significativa.

Almacenamiento y distribución al por mayor de productos químicos

Las empresas de este subsector no son fabricantes, siendo su actividad la comercialización y logística de estos productos. Generalmente son minoristas y comercializan los productos ya envasados, por lo que no son relevantes las emisiones fugitivas. Por tanto, se puede considerar que, desde el punto de vista de la contaminación atmosférica, esta actividad no tiene incidencia medioambiental significativa.

Fabricación de plásticos y resinas sintéticas

La fabricación de materiales plásticos involucra dos procesos principales: inyección y/o extrusión.

El proceso se inicia con el calentamiento del material plástico, haciendo que se funda, para posteriormente introducirlo en moldes por inyección o bien someterlo a extrusión. Tras la etapa de plastificación, se enfrían los moldes y se extraen las piezas.

Las principales emisiones son COVNM generados en el proceso de pintado, si la base de las pinturas son disolventes y, en menor proporción, en el fundido del material plástico.

La mayor parte de estas industrias son pequeñas empresas que no han facilitado datos cuantitativos de producción y consumo de materias primas.

No obstante, se han estimado emisiones fugitivas de COVNM debida a la utilización de agentes de

soplado en los procesos de fabricación de espumas de poliestireno y poliuretano, aplicando metodologías en función de factores de emisión.

Asimismo, se han estimado las emisiones fugitivas de COVNM debidas a los procesos de fabricación de elastómeros de caucho.

Fabricación de otros productos químicos

Los procesos de fabricación implicados en estas industrias químicas, a excepción de la producción de dióxido de titanio, son de forma esquemática: mezcla de materias primas, destilaciones, reacciones fisico-químicas y operaciones de acabado del producto final (como filtrados, purificaciones, concentraciones, etc). De forma general se puede asumir que, en casi todas, es habitual la existencia de instalaciones de combustión tales como calderas de producción de vapor que emplean en las operaciones de destilación.

La fabricación de bióxido de titanio consiste en un proceso de obtención de pigmentos de bióxido de titanio, a partir del mineral ilmenita por ataque del mismo con ácido sulfúrico y posterior separación de la mezcla líquida, calcinación y dotación de propiedades pigmentarias. Las emisiones de SO₂, NO_x, partículas, CO y CO₂ se han obtenido a partir de mediciones. El contaminante principal es el SO₂ procedente del horno de calcinación.

Resultados globales de las emisiones de la Industria Química

De forma general las emisiones de este sector se han estimado en base a cálculos a partir de mediciones periódicas principalmente y mediante la aplicación de factores de emisión.

Las emisiones de este sector se presentan en la Tabla 2.4.

TABLA 2.4 EMISIONES PROCEDENTES DE LA INDUSTRIA QUÍMICA

	Emisiones	Ud.	Almería	Cádiz	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla	Andalucía
Contaminantes principales	SO ₂	t	185	–	160	6.659	38,8	5,2	199	7.247
	NO _x	t	11,1	0,01	32	1.681	5,3	1,4	569	2.301
	Partículas	t	11,6		37,5	716	1,6	0,22	122	889
	CO ₂	kt	29,5	0,01	11,7	1.061	3,8	0,57	30,8	1.137
	CO	t	13,7	–	10,2	3.072	1,1	0,14	7,1	3.104
	COVNM	t	0,31	–	0,21	2.007	0,74	0,01	5,3	2.014
	CH ₄	t	1,1	–	0,43	40,5	0,15	0,02	0,89	43,1
	N ₂ O	t	17,5	–	7	89,2	2,4	0,34	7,7	124
Otros Contaminantes	NH ₃	t	–	–	65,2	1.858	–	–	2.448	4.372
	Cloruros/CIH	t	0,4	–	92,8	33,4	0,05	0,01	1,2	128
	Fluoruros/FH	t	0,04	–	0,47	126	–	–	25,9	152
	Cl ₂	t	–	–	–	0,03	–	–	–	0,03
	H ₂ SO ₄	t	–	–	–	29,5	–	–	0,07	29,6
	SH ₂	t	–	–	–	0,14	–	–	–	0,14
	HNO ₃	t	–	–	–	–	–	–	70,5	70,5
Materiales Pesados	As	kg	1,7	–	1,9	2,5	0,6	–	1,9	8,6
	Cd	kg	9,3	–	3,6	13,2	1,2	–	3,7	31
	Cr	kg	23,2	–	9,2	33,3	3,2	0,4	9,3	78,6
	Cu	kg	9,3	–	3,6	13,2	1,2	–	3,7	31
	Hg	kg	9,3	–	3,6	151	1,2	–	3,7	169
	Ni	kg	325	–	60	465	43,8	6,2	129	1.028
	Pb	kg	12,1	–	4,8	17,3	1,6	0,2	4,7	40,7
	Zn	kg	9,3	–	3,6	13,2	1,2	–	3,7	31

2.5 Industria de materiales no metálicos

Se han enviado cuestionarios a 406 plantas industriales de empresas de este sector, habiéndose recibido respuesta de 242. Se han estudiado las siguientes actividades industriales:

- Fabricación de ladrillos, tejas, terrazo y refractarios.
- Fabricación de cerámicas, loza, porcelana y azulejos.
- Industria del vidrio.
- Fabricación de hormigón preparado.
- Prefabricados de hormigón.
- Industria asfáltica.
- Otros (ej.: Industria del mármol).

Fabricación de ladrillos, tejas y otros elementos de construcción

El proceso de fabricación de ladrillos, tejas, bloques y bovedillas se desarrolla en una serie de etapas sucesivas, que pueden resumirse en preparación de materias primas, molienda y mezcla, ensilado, amasado, moldeo, secado, cocción, clasificación y embalaje.

Entre los combustibles convencionales más utilizados en los hornos de cocción están los fuelóleos, coque y el gas natural, pero además, cabe destacar la frecuente utilización de biomasa como combustible, en especial orujillo y otros restos vegetales, como la cáscara de almendra.

La cocción es la etapa central del proceso de fabricación. En ella se transforman los minerales que constituyen la materia prima para producir los ladrillos. Las sustancias contaminantes proceden tanto de las materias primas empleadas (partículas,

SO₂, F, HCl y vapores alcalinos), como del combustible (SO₂, NO_x, CO, partículas y COVNM).

En los procesos de secado y cocción las emisiones de NO_x, SO₂, CO se han estimado principalmente a partir de mediciones, que también han sido aportadas en algunas ocasiones para partículas y CO₂.

Las emisiones de partículas durante las operaciones de almacenamiento, trasiego y preparación de materias primas (arcilla) se han estimado mediante factores de emisión.

Para los secaderos se dispone de factores de emisión de NO_x, CO, CO₂, CH₄ y COVNM, para su aplicación en ausencia de datos de mediciones. De igual manera, para los hornos de cocción se dispone de factores de emisión de SO₂, NO_x, CO, CO₂, HF, fluoruros, HCl, CH₄, COVNM, benceno, tolueno, otros derivados bencénicos y metales pesados, teniéndose distintos factores en función del combustible.

Dada la inexistencia de factores de emisión específicos para aquellos hornos de cocción que emplean como combustible algún tipo de biomasa (orujillo, cáscara de almendra) se ha optado en estos casos por el empleo de factores de emisión para hornos de serrín.

Fabricación de cerámica sanitaria, loza, porcelana y azulejos

Se han contemplado en este grupo dos tipos de plantas:

- Plantas de fabricación de cerámica sanitaria.
- Plantas de fabricación de productos cerámicos esmaltados o pintados tales como baldosas cerámicas, azulejos y loza.

En la cerámica sanitaria los procesos que tienen lugar son: preparación de materias primas, preparación de pastas, preparación de moldes, colado, secado, preparación de esmaltes, esmaltado y cocción. En la fabricación de productos cerámicos esmaltados y/o pintados los procesos son similares a los de la cerámica sanitaria, diferenciándose en que los materiales pueden someterse a una o más cocciones: una primera cocción para obtener el soporte sobre el que se aplica el esmalte y una segunda cocción (bicocción) una vez que el material ha sido esmaltado.

Las emisiones más relevantes de este tipo de industria cerámica son emisiones difusas de materia particulada procedentes del almacenamiento al aire libre y el trasiego de arcillas y las de SO₂, NO_x, CO, fluoruros, partículas, COVNM y CO₂ emitidas por los hornos de secado y cocción de cerámica. Se generan, además, emisiones de plomo procedentes de los procesos de esmaltado y COVNM en el proceso de decorado artístico de este tipo de artículos, por el empleo de pinturas y disolventes.

Las emisiones han sido estimadas aplicando factores de emisión en función de la producción, a excepción de NO_x, CO y CO₂ que han sido estimados, en algunas plantas, a partir de datos de medición. Los factores de emisión disponibles son de partículas, SO₂, NO_x, CO, CO₂, COVNM, HF, fluoruros y plomo.

Industria del vidrio

La fabricación del vidrio y productos de vidrio consta básicamente de cuatro etapas: mezclado y molienda de materias primas, fusión, moldeo y por último un tratamiento de alivio de tensiones. Las materias utilizadas son principalmente arenas silíceas, ceniza de soda, caliza, feldespato, bórax y vidrio reciclado.

En la recepción y preparación de materias primas se producen emisiones de material particulado, ocasionadas por la manipulación de materias primas de origen mineral finamente molidas.

Durante la operación de fusión es cuando se producen la mayor cantidad de emisiones atmosféricas. Consisten por un lado en emisiones de material particulado debidas a la volatilización del material contenido en el baño fundido, que puede contener metales pesados (arsénico, cadmio, plomo, etc) dependiendo de las materias primas utilizadas; por otro lado se emiten gases, principalmente NO_x (formado debido a las altas temperaturas alcanzadas dentro del horno y a la presencia de nitrógeno en las materias primas en fusión) y SO₂ (procedente del azufre contenido en el combustible y en menor medida en las materias primas).

Normalmente se utilizan equipos de control de emisiones atmosféricas (filtros de mangas, electrofiltros o scrubbers).

Las emisiones de NO_x, SO₂ y partículas emitidas en las chimeneas de los hornos de fundición de vidrio se han calculado a partir de mediciones. En el caso de CO, COVNM, CO₂, N₂O, CH₄, fluoruros y metales pesados, las emisiones se han estimado a partir de los factores de emisión específicos para la fabricación del vidrio.

Fabricación de hormigón preparado

Las instalaciones del sector carecen normalmente de equipos de combustión. Las emisiones características de la industria del hormigón son las emisiones difusas de materia particulada procedentes de los almacenamientos al aire libre y trasiego de materiales pulverulentos (arena y grava) y de las operaciones de trasiego de los silos de cemento.

El cálculo de emisiones de partículas procedentes de la manipulación, trasiego y almacenamiento de material pulverulento se ha realizado aplicando factores de emisión EPA en función de la producción de hormigón.

Prefabricados de hormigón

Esta actividad es similar a la anterior con la salvedad de que el hormigón preparado se vierte sobre unos moldes y una vez fraguado en la planta, se comercializan las piezas prefabricadas. Por lo tanto las instalaciones son similares, siendo las emisiones características de la misma naturaleza, es decir emisiones difusas de materia particulada.

Las emisiones fugitivas de partículas se han estimado mediante la aplicación de los mismos factores de emisión que para la fabricación de hormigón.

Plantas de aglomerados asfálticos y emulsiones

Se incluyen en este sector las plantas de mezclas bituminosas. Estas se pueden dividir en: plantas de emulsiones asfálticas y plantas de aglomerados asfálticos.

En las plantas de preparación de emulsiones asfálticas ésta se obtiene por trituración de betún y adición de un agente tensioactivo.

El aglomerado asfáltico es una mezcla de emulsión asfáltica y grava. Las plantas de aglomerados suelen disponer de zonas de acopio al aire libre de estos áridos, pero las emisiones fugitivas de partículas son poco significativas debido a que la granu-

lometría de este producto es bastante elevada.

Se han estimado las emisiones de SO₂, NO_x, CO y CO₂ derivadas de las combustiones en estas plantas de mezclas bituminosas a partir de las mediciones que se realizan en estos focos.

El resto de contaminantes propios de esta actividad derivados de la manipulación de betún (COVNM, CH₄, HAP, benceno, tolueno, otros derivados bencénicos y formaldehído), y aquellos antes mencionados para los que no se disponía de datos de mediciones, han sido estimados mediante la aplicación de factores de emisión en función de la cantidad de producto obtenido.

Otros materiales de construcción

Bajo este epígrafe se han contemplado las fábricas de materiales de construcción no metálicos no recogidas en ninguna de las divisiones anteriores, como es la fabricación de materiales de madera.

Las emisiones principales son las de la combustión de restos de madera y del fuel oil. Además se generan emisiones difusas de materia particulada como el serrín, siendo estas emisiones poco relevantes debido a que suelen estar dotadas de filtros de partículas.

Resultados globales del sector de materiales no metálicos.

Las emisiones totales del sector de materiales no metálicos se muestran en la Tabla 2.5.

TABLA 2.5 EMISIONES PROCEDENTES DE LA INDUSTRIA DE MATERIALES NO METÁLICOS

	Emisiones	Ud.	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla	Andalucía
Contaminantes principales	SO ₂	t	39,5	24,2	41,6	105	41,4	411	171	737	1.570
	NO _x	t	33,1	567	73,5	319	6,5	288	72,6	833	2.193
	Partículas	t	2.087	459	3.077	1.709	241	14.102	1.510	251	23.436
	CO ₂	kt	38,4	42	91,2	23,1	4,4	153	66,2	133	551
	CO	t	138	32,8	118	2.815	5,1	1.306	296	242	4.954
	COVNM	t	4,5	13,1	9,5	4,4	4,2	22,7	9,8	24,5	92,6
	CH ₄	t	9,2	2,9	23,1	3,8	0,49	35,9	15,4	11,5	102
	N ₂ O	t	0,23	0,6	0,25	0,11		0,21	–	4,7	6,1
Otros Contam.	Cloruros/HCl	t	11,3	2,8	30	7,8	1,5	70	19	5,3	147
	Fluoruros/HF	t	63,8	20,3	166	46,7	16,8	379	107	53,6	854
Especificación de COVNM	Benceno	t	0,04	0,01	0,44	0,05	–	0,8	0,13	0,01	1,5
	Tolueno	t	0,04	–	0,03	0,09	–	0,12	0,16	0,01	0,45
	ODB	t	0,26	–	0,06	0,6	–	0,5	1,1	0,05	2,5
	HAP	kg	44,2	–	2,6	105	–	74,1	183	0,01	409
	Formaldehido	t	0,03	–	–	0,06	–	0,04	0,11	–	0,24
Materiales Pesados	As	kg	2,1	14,7	5,4	1,5	0,5	14,1	3,5	23,3	65,1
	Cd	kg	1	21,5	2,7	0,73	1	7,1	1,7	33,9	69,5
	Cr	kg	3,4	355	–	–	2,6	113	5,7	560	1.040
	Cu	kg		70,8	0,1	–	1	39,5		112	223
	Hg	kg	5	8,4	13,1	3,7	1	38,2	8,4	13,5	91,1
	Ni	kg	4,8	285	12,8	3,5	35,8	306	8,1	449	1.104
	Pb	kg	1	408	2,7	0,73	1,3	182	1,7	1.390	1.987
	Zn	kg	–	–	0,1	–	1	142	–	–	143

2.6 Industria papelera

Este sector se ha clasificado en los siguientes grupos:

- Fabricación de pasta.
- Fabricación de papel y cartón.
- Manipulación de papel y cartón.

Fabricación de pasta

El proceso de fabricación de pasta de papel se inicia con el corte de la madera y una serie de operaciones de preparación como el lavado, el descortezado y el astillado de la madera. El proceso de fabricación acometido es el proceso al sulfato o kraft, en el que la madera astillada se cuece en una mezcla de sosa cáustica y sulfuro de sodio, con objeto de separar las fibras de celulosa del resto de componentes de la madera.

Antes de poder transformar la pasta en papel, se llevan a cabo diversos procesos para eliminar de

la pasta las sustancias extrañas que posteriormente dificultarían la producción del papel. Estos procesos son: lavado, clasificación, blanqueo y depuración por centrifugación o cribado.

El refinado de la pasta de papel consiste en introducir la pasta de papel, junto con agua y una serie de sustancias tales como colas, caolín, talco, yeso, colorantes, etc, en un refinador donde se cortan las fibras de celulosa por acción de diversas cuchillas. A continuación, la pasta de papel se seca por medio de unas prensas y unos cilindros calentados con vapor de agua por los cuales transita la hoja de papel.

La fabricación de papel puede emitir a la atmósfera sustancias contaminantes derivadas de las distintas operaciones de proceso (compuestos orgánicos volátiles, óxidos nitrosos y de azufre, acetona, ácido clorhídrico y sulfúrico, partículas y monóxido de carbono) y de las instalaciones auxiliares de combustión que presentan un elevado consumo

energético (dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno y de azufre principalmente).

Las emisiones se han estimado en base a las mediciones aportadas de sus focos y en su defecto, aplicando los factores de emisión propios de los procesos de combustión en calderas u hornos de proceso sin contacto en función del combustible consumido.

Además, se han estimado las emisiones del proceso de fabricación de pasta Kraft, aplicando los factores de emisión específicos de COVNM, formaldehído, acetona, benceno, tolueno y xilenos.

Fabricación de papel y cartón

El procedimiento para producir papel reciclado o papel proveniente de pasta virgen es muy similar. De las distintas operaciones de proceso implicadas en la fabricación del papel, el que conviene destacar desde el punto de vista de su incidencia atmosférica es el proceso de secado. El proceso de secado de papel es generalmente un proceso con contacto en el cual la pasta de papel se seca con aire caliente.

Para calentar este aire las plantas inventariadas utilizan calderas auxiliares, proviniendo fundamentalmente las emisiones del proceso de secado de la combustión de fuel oil y gas natural (combustibles principalmente utilizados por estas plantas), y siendo las emisiones más características SO₂, NO_x, partículas, COVNM, CO y CO₂.

Las emisiones de estas plantas se han estimado en base a mediciones en el caso de SO₂, NO_x, CO y CO₂ fundamentalmente y para el resto de contaminantes, aplicando los factores de emisión para el proceso de secado del papel.

Manipulación de papel y cartón

Básicamente, esta actividad se caracteriza por sus bajas emisiones difusas de materia particulada, no siendo éstas relevantes en comparación con las emisiones del resto de actividades del sector.

Resultados globales de la industria papelera

Las emisiones totales de la industria papelera se muestran en la Tabla 2.6.

TABLA 2.6 EMISIONES PROCEDENTES DE LA INDUSTRIA PAPELERA

	Emisiones	Ud.	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Sevilla	Andalucía
Contaminantes principales	SO ₂	t	43,2	605	–	368	1.306	1.627	8,6	3.958
	NO _x	t	5,2	69,3	82,6	73,7	385	133	2,7	752
	Partículas	t	1	12,8	74,9	81,7	413	7,8	0,57	592
	CO ₂	kt	2,5	34,1	91,5	95,3	1.464	84,7	2,8	1.775
	CO	t	0,49	48,9	–	44,1	2.479	12,5	3,2	2.589
	COVNM	t	0,026	1,2	0,018	3,3	958	2,5	0,38	966
	CH ₄	t	0,094	1,2	0,45	3,2	10,4	2,4	0,054	17,9
	N ₂ O	t	1,5	5,8	0,082	15,5	59,7	11,7	0,55	94,8
Otros Contam.	NH ₃	t	–	0,83	0,012	2,2	–	1,7	0,028	4,7
	Cloruros	t	0,035	–	–	–	1,1	–	–	1,1
	Fluoruros	t	0,0004	–	–	–	0,011	–	–	0,011
	SH ₂	t	–	–	–	–	3,4	–	–	3,4
Especiación de COVNM	Benceno	t	–	–	–	–	0,013	–	–	0,013
	Tolueno	t	–	–	–	–	0,014	–	–	0,014
	Formaldehído	t	–	–	–	–	0,14	–	–	0,14
	Ciclohexano	t	–	–	–	–	0,0013	–	–	0,0013
Materiales Pesados	As	kg	0,4	–	–	–	12,6	–	–	13
	Cd	kg	0,8	–	–	–	25,1	–	–	25,9
	Cr	kg	2	–	–	–	62,9	–	–	64,9
	Cu	kg	0,8	–	–	–	25,1	–	–	25,9
	Hg	kg	0,8	–	–	–	25,1	–	–	25,9
	Ni	kg	28	–	–	–	879	–	–	907
	Pb	kg	1	–	–	–	32,6	–	–	33,6
	Zn	kg	0,8	–	–	–	25,1	–	–	25,9

2.7 Industria alimentaria

Las industrias de producción de aceites vegetales, debido a su gran importancia en la comunidad andaluza, en especial la producción de aceite de oliva, han sido consideradas como un sector independiente del alimentario, por lo que sus emisiones no se engloban en este apartado.

Dentro de la industria alimentaria se ha hecho la siguiente clasificación de subsectores:

- Industria cárnica.
- Industria del pescado.
- Industria láctea.
- Industria de bebidas.
- Industria de tabaco.
- Industria de café.
- Otras industrias alimentarias.

Se han enviado un total de 447 cuestionarios a empresas del sector, respondiendo un total de 240 empresas.

El sector agroalimentario es el más abundante en Andalucía, presentándose un gran número de plantas industriales con gran diversidad de procesos y emisiones a la atmósfera de índole muy diferente, en función del tamaño y actividad de estas. El 85-90% de estas plantas son pequeñas empresas con incidencia atmosférica poco significativa, siendo relevantes, tan solo, plantas como las azucareras, cerveceras, grandes mataderos, fábricas de piensos, y otras que por su gran tamaño y producción necesitan instalaciones de combustión auxiliares de gran potencia.

Industria cárnica

Las operaciones comprenden el sacrificio y despiece del ganado, así como la posterior transformación de su carne en productos elaborados.

Las fases productivas de cría se han considerado como un sector independiente, la ganadería, presentándose sus emisiones como fuentes de área.

Las plantas de la industria cárnica se pueden dividir en dos grandes grupos: plantas de sacrificio y despiece, cuyas principales emisiones proceden de las instalaciones de combustión, y plantas de elaborados cárnicos: secaderos de productos cu-

rados, plantas de elaboración de productos cocidos y plantas de elaboración de otros productos, cuyas emisiones derivan de las instalaciones de combustión, salvo en los secaderos de productos crudos que no precisan de ellas.

Las emisiones principales (SO₂, CO, CO₂, y NO_x) se generan en las calderas auxiliares, empleadas principalmente para la generación de vapor o agua caliente sanitaria y calefacción. La emisión generada en los ahumaderos (CO y partículas) procede de la combustión de madera o serrín durante el proceso de ahumado en la fabricación de embutidos.

En las marmitas de cocción y en otros procesos de elaboración de los productos cárnicos, las emisiones son de vapor de agua acompañado de grasas generadas en el proceso de cocción y COVNM.

Las emisiones procedentes de procesos de combustión se cuantifican a partir de medidas, o a partir de los factores de emisión para la combustión.

Las emisiones de COVNM generadas en las plantas de producción de productos cárnicos han sido estimadas aplicando un factor de emisión en función de la cantidad de producto cárnico producido.

Industria del pescado

De forma similar a la industria cárnica, se establecen dos grandes segmentos de plantas en la industria del pescado: secaderos de productos curados (no precisan de instalaciones de combustión, limitándose sus emisiones a COVNM) y plantas de elaboración de productos cocidos (cocción y ahumado, con emisiones derivadas principalmente de las instalaciones de combustión).

Las emisiones fugitivas de COVNM se han estimado aplicando un factor de emisión en función de la cantidad de pescado procesado. El resto de contaminantes se han cuantificado a partir de medición en focos o de factores de emisión para la combustión.

Industria láctea

Se incluyen dentro de la industria láctea las actividades de elaboración de leche líquida (entera, semi-desnatada y desnatada), batidos, mantequilla, quesos, cremas, yogur, leche condensada, leche en polvo, helados, sorbetes y otros postres.

Las emisiones a la atmósfera en cada caso dependerán de la capacidad de producción de la misma y de la gama de productos que se elaboren.

Las emisiones atmosféricas en la industria láctea son producidas básicamente por las calderas auxiliares de producción de vapor que emplean en los procesos de pasteurización de la leche, en el secado de la leche en polvo, en la limpieza y desinfección de las instalaciones y demás operaciones de elaboración de productos lácteos. Adicionalmente, se generan emisiones difusas de partículas en los procesos de formulación de secado de leche y suero.

Las emisiones de las calderas presentan como contaminantes principales: SO₂, CO, CO₂, y NO_x, dependiendo del combustible empleado, siendo los más comunes, en este sector, el gas natural y el fuel oil.

El cálculo de emisiones se realiza a partir de datos de mediciones o a partir de los factores de emisión de la combustión.

Industria de bebidas

Formado por:

- Fábricas de cervezas
- Fábricas de refrescos y/o zumos
- Industria enológica
- Destilerías de licores
- Envasadora de agua mineral

Desde el punto de vista de las emisiones a la atmósfera, las más relevantes son las cerveceras y las de menor importancia las envasadoras de agua mineral.

En el proceso de elaboración de la cerveza, la malta una vez germinada y previamente molida se mezcla y macera con agua en un proceso extractivo. El mosto obtenido se filtra y adiciona el lúpulo llevándose a ebullición prolongada. Posteriormente se inocula con levadura para desarrollar la fermentación alcohólica. Después de un periodo de maduración se filtra y envasa.

Las emisiones más características que presenta la producción de cerveza son las derivadas de la combustión de las calderas auxiliares (SO₂, CO, CO₂ y NO_x, dependiendo del combustible consu-

mido) y las propias de la fermentación alcohólica (COVNM y CO₂, principalmente).

Las emisiones características de las plantas de fabricación de refrescos y/o zumos son básicamente las de las calderas auxiliares de producción de vapor.

Las bodegas dedicadas a la elaboración de vinos no suelen presentar instalaciones de combustión, siendo básicamente las emisiones a la atmósfera las de COVNM derivadas de la fermentación alcohólica.

Por último, la elaboración de licores precisa de instalaciones de combustión para el proceso de destilación de los mismos. Las emisiones son las debidas a la combustión (SO₂, NO_x, CO y CO₂), las debidas a la fermentación alcohólica (COVNM y CO₂), y a la destilación (COVNM).

Las emisiones derivadas de los procesos de combustión se han calculado a partir de mediciones y de los factores de emisión de la combustión.

Las emisiones fugitivas de COVNM procedentes de los procesos de fermentación en la elaboración de cervezas, vinos, brandy y licores, se han estimado multiplicando los factores de emisión, recogidos en la bibliografía, por la cantidad de cerveza, vino o licores producidos.

Industria del tabaco

Las hojas de tabaco se someten a unos procesos de acondicionado y fermentación natural en la que se suceden repetidamente una serie de ciclos de humectación y secado de las mismas.

Para estas operaciones se emplean calderas de donde proceden las principales emisiones (SO₂, NO_x, CO y CO₂) a la atmósfera de la industria tabaquera.

Las emisiones se han calculado a partir de los datos de mediciones reflejados en los cuestionarios y mediante el empleo de los factores de emisión de la combustión.

Industria del café

Las emisiones atmosféricas se generan en los procesos de tueste y torrefacción de café. Los combustibles más comunes en este sector son el gas natural y el fuel oil. Además se generan emi-

siones difusas de partículas en los procesos de molienda del café y emisiones fugitivas de COVNM.

Las emisiones fugitivas de COVNM se han estimado aplicando un factor de emisión por las cantidades de café producido. Las emisiones de los procesos de combustión se han calculado a partir de mediciones o aplicando los factores de emisión de la combustión.

Otras industrias alimentarias

Se han incluido bajo este epígrafe a las plantas de las siguientes industrias alimentarias:

- Azucareras y destilerías de alcohol
- Fabricación de conservas vegetales
- Fabricación de piensos
- Harineras
- Panaderías
- Confiterías
- Plantas de elaboración de productos precocinados tales como salsas, patatas fritas, platos preparados, etc.

Desde el punto de vista de la contaminación atmosférica dentro de este sector destacan las azucareras y destilerías de alcohol, y la fabricación de piensos.

En la fabricación de azúcar y melaza, la materia prima (caña o remolacha) es molturada en molinos y el jugo extraído es concentrado en evaporadores para ser cristalizado en tachas. El jugo se trata con lechada de cal para eliminación de impurezas. Los contaminantes característicos de esta operación son el CO y el CO₂.

El secado de la pulpa de remolacha es el principal proceso emisor. Las calderas producen la energía térmica necesaria mediante la combustión de gas natural y bagazo, principalmente. Los gases generados en esta combustión se utilizan en la operación de secado. Las emisiones más típicas son NO_x, CO y el CO₂ de la combustión y COVNM propias de la operación de secado.

Las emisiones de COVNM producidas durante la fabricación de azúcar se han estimado mediante factor de emisión en función de la producción de azúcar.

En la fabricación de alcohol, la melaza es acondicionada para su fermentación por medio de levaduras que convierten los azúcares en alcohol, destilándose a continuación el mosto fermentado. Las emisiones COVNM, CO y CO₂ son características de este proceso. Además de éstas se producen las típicas de la combustión de las calderas auxiliares.

En ausencia de un factor de emisión de COVNM específico para la producción de alcohol a partir de azúcar, se ha aplicado el factor de emisión para la elaboración de bebidas alcohólicas de alta graduación.

En la fabricación de conservas vegetales, las emisiones proceden de la combustión de las calderas auxiliares de los procesos de cocción y apertizado de los productos envasados.

En las fábricas de piensos y harineras, las emisiones características son las emisiones fugitivas de partículas debidas a la manipulación de los productos pulverulentos. Las fábricas de piensos pueden disponer de calderas auxiliares, por lo que podrían presentar emisiones derivadas de la combustión de dichos equipos.

Además, en la elaboración de productos para alimentación animal se producen emisiones fugitivas de COVNM, los cuales han sido estimadas mediante un factor de emisión en función del pienso producido.

En las fábricas de pan, las emisiones son principalmente COVNM de carácter difuso generadas durante la fermentación del pan, calculadas mediante factor de emisión en función de la cantidad de pan producido, y emisiones de CO, CO₂, NO_x y SO₂ típicas de la combustión en los hornos y calderas auxiliares, estimadas principalmente por factor de emisión en función del combustible consumido.

Resultados globales del sector alimentario

Las emisiones globales del sector alimentario se muestran en la Tabla 2.7.

TABLA 2.7 EMISIONES DEL SECTOR ALIMENTARIO

	Emisiones	Ud.	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla	Andalucía
Contaminantes principales	SO ₂	t	9,8	1.428	253	409	74	16,2	103	176	2.469
	NO _x	t	12,4	326	60,6	119	29,3	134	39	85	805
	Partículas	t	0,56	221	534	40,7	5,5	33,6	12,2	27,4	874
	CO ₂	kt	7	294	52,6	46,3	10,8	79	12,1	89,4	591
	CO	t	264	1.167	117	119	7,6	331	59,8	39,9	2.105
	COVNM	t	200	4.158	513	4.819	124	891	348	1.696	12.839
	CH ₄	t	0,17	9,8	1,1	4,6	0,23	1,5	0,6	2,6	20,6
	N ₂ O	t	0,7	63,9	218	24,9	1,7	2,9	7,1	14,2	333
Otros Contam.	Cloruros	t	–	1,3	0,52	0,6	0,02	–	0,15	20,9	23,5
	Fluoruros	t	–	0,01	0,01	0,04	–	–	0,01	0,24	0,32
Materiales Pesados	As	kg	–	14,7	1,1	7,5	0,2	–	1,6	2,6	27,7
	Cd	kg	0,1	30,2	4,4	13,8	0,4	–	3,4	5,4	57,7
	Cr	kg	0,5	75,8	43	35	1	–	8,3	13	177
	Cu	kg	0,1	30,2	4,4	14,7	0,4	–	3,4	5,4	58,6
	Hg	kg	0,1	30,2	4,5	14,4	0,4	–	3,4	5,4	58,4
	Ni	kg	6,2	1.150	154	485	14,7	–	119	187	2.116
	Pb	kg	0,1	39,5	5,3	20,2	0,5	–	4,5	7,1	77,2
	Zn	kg	0,1	30,2	4,5	16,7	0,4	–	3,4	5,4	60,7

2.8 Industria del aceite

Dada la importancia de la industria oleícola en Andalucía, con 484 plantas de esta industria inventariadas, se ha estimado oportuno considerar este sector industrial de manera independiente, en lugar de englobarlo en el sector alimentario.

Este sector se ha dividido, según las actividades llevadas a cabo, en los siguientes grupos:

- Almazaras de aceite de oliva.
- Extractoras y refinerías de aceites vegetales (no de oliva).
- Industria de aderezo de la aceituna.
- Otras (como obtención de ácidos grasos).

Almazaras

La extracción del aceite de oliva es un proceso mecánico consistente en la recepción y limpieza de la aceituna, que una vez molida es sometida a un proceso de batido para facilitar la rotura de las células grasas y la posterior extracción del aceite de la pasta formada. En este proceso de batido, tradicionalmente se adiciona agua y se somete a la pasta a un proceso de extracción, mediante el

uso de prensas y centrifugas en el que se obtienen tres fases, una acuosa (alpechín), una oleosa (aceite) y una sólida (orujo). Actualmente, la tendencia es disminuir el consumo de agua en la fase de batido y llevar a cabo un proceso de extracción en dos fases, mediante el uso de centrifugas de las que se extraen una fase semisólida (alpeorujo) y otra oleosa (aceite).

Independientemente de que la extracción sea en dos o tres fases, la extracción del aceite suele ser en caliente en la mayoría de las almazaras andaluzas, mediante el empleo de termobatidoras, que pueden ser eléctricas, o calentar la pasta mediante unas camisas que recubren exteriormente a las batidoras por las que circula vapor de agua. Los focos emisores de estas plantas industriales los constituyen básicamente las calderas de vapor que alimentan a estas termobatidoras, y el combustible mayoritariamente empleado es el orujillo.

Las emisiones de estas plantas son las producidas por los procesos de combustión de dichas calderas (CO, CO₂, NO_x, COVNM y partículas), y se han estimado a partir de las mediciones efectuadas en estas plantas, o en su defecto, a partir de la aplicación de factores de emisión de la combustión.

Extractoras y refinерías de aceites vegetales (no de oliva)

Este sector engloba las extractoras y refinерías de aceites vegetales (excluyendo al aceite de oliva), como el aceite de orujo y el de semillas oleaginosas.

La extracción realizada en estas plantas es un proceso físico-químico de separación de fases mediante el uso de un disolvente (hexano), en la que se llevan a cabo unas operaciones de secado, previas a la extracción, para acondicionar la materia prima (semillas oleaginosas u orujo) y estandarizar su humedad. Posteriormente se lleva a cabo la molturación y extracción del aceite contenido en las semillas u orujo, calentando la pasta formada con vapor de agua y adicionando hexano. Una vez llevada a cabo la extracción, se separan las fases mediante el uso de procedimientos físicos (filtros o centrífugas), resultando por un lado una torta sólida y por otro una fase oleosa que se somete a un proceso de destilación para retirar el solvente utilizado, condensándolo para su reutilización. De esta forma, queda el aceite crudo listo para ser sometido a los procesos de refinación (desodorizado, neutralizado y blanqueado).

En estas instalaciones industriales, el consumo energético es superior al de las almazaras debido a la gran demanda de energía para los procesos de secado y calentamiento de la pasta, por lo que las emisiones derivadas de las calderas auxiliares para la producción de vapor son de mayor cuantía

que las de las almazaras, a igual volumen de producción de aceite. Además, se generan emisiones de COVMN producidas por la utilización del hexano, habiendo sido estimadas aplicando un factor de emisión en función de la cantidad de semilla u orujo tratado.

Industria de aderezo de la aceituna

Las plantas de aderezo de aceituna emplean calderas para producir agua caliente, que se emplea en los procesos de limpieza de la aceituna, siendo las emisiones más significativas de estas plantas las producidas en la combustión, y habiéndose estimado las mismas a partir de mediciones y en su defecto con los factores de emisión propios de la combustión.

Otros

Se incluyen en este sector plantas de diversas actividades de productos derivados del aceite, como por ejemplo la obtención de ácidos grasos mediante procesos de destilación, y la producción de erraj a partir del hueso de la aceituna.

Las emisiones de estas plantas son, principalmente, las producidas por los procesos de combustión de calderas auxiliares a sus procesos.

Resultados globales de la industria del aceite

Las emisiones procedentes de la industria del aceite se presentan en la Tabla 2.8.

TABLA 2.8 EMISIONES PROCEDENTES DE LA INDUSTRIA DEL ACEITE

	Emisiones	Ud.	Almería	Córdoba	Granada	Jaén	Málaga	Sevilla	Andalucía
Contaminantes principales	SO ₂	t	0,08	101	5,3	713	13,9	312	1.146
	NO _x	t	0,08	62,5	97,4	379	40,8	149	729
	Partículas	t	0,01	393	817	1.718	552	101	3.581
	CO ₂	kt	0,06	110	132	327	62,8	90,6	722
	CO	t	0,01	1.179	895	5.490	1.851	335	9.750
	COVMN	t	–	1.312	1.276	2.176	1.809	834	7.407
	CH ₄	t	–	4,5	6,6	15	3	3,5	32,6
N ₂ O	t	0,01	4,7	5,5	55,3	2,5	20,7	88,7	
Materiales Pesados	As	kg	–	0,8	–	12	–	3,6	16,4
	Cd	kg	–	1,6	–	24,2	–	8,1	33,9
	Cr	kg	–	4,2	–	60	–	24,6	88,8
	Cu	kg	–	1,6	–	24,2	–	7,4	33,2
	Hg	kg	–	1,6	–	24,2	–	8,1	33,9
	Ni	kg	–	57	–	841	–	276	1.174
	Pb	kg	–	2	–	31,2	–	10,4	43,6
Zn	kg	–	1,6	–	24,2	–	8	33,8	

2.9 Industria del metal

Las empresas inventariadas de este sector suman un total de 61, de las que 40 han dado respuesta al cuestionario.

Dentro de este sector se incluyen las siguientes actividades:

- Siderurgia.
- Caldererías.
- Laminados.
- Fundición de metales no férreos.
- Otros procesos con metales.

Siderurgia y Caldererías

Dentro de este sector se encuentran las industrias metalúrgicas del hierro y fabricación de ferroaleaciones, las fundiciones y las caldererías.

En estas actividades destacan las emisiones procedentes de los hornos eléctricos de acerías y otros hornos de fundición y laminación en caliente. Las emisiones más características y relevantes son las emisiones difusas de materia particulada con alto contenido en metales y el SO₂.

Para la estimación de las emisiones del sector de la siderurgia se ha recurrido, en primer lugar, a las medidas suministradas por los cuestionarios. En aquellos casos en que no se disponía de medidas, se han aplicado los factores de emisión de CO₂, CO, CH₄, NO_x, SO₂, COVNM y metales pesados para las instalaciones de fundición en función de la cantidad de producto.

Laminados

Las emisiones más significativas de esta industria metalúrgica son derivadas, fundamentalmente, de los procesos de corte y manipulación de metales (partículas) y las derivadas del empleo de disolventes y pinturas en las operaciones de desengrasado y limpieza y lacado, etc, de las superficies metálicas (COVNM).

Fundición de metales no férreos

Dentro del sector de fundición de metales no férreos se han inventariado dos plantas de producción de cobre: una de producción de cobre primario, a partir de concentrados minerales y otra de fabricación de alambrón, a partir de cátodos de cobre.

Los procesos llevados a cabo en la producción de cobre primario son:

- Secado de los concentrados: los concentrados deben reducir su contenido de humedad hasta el valor requerido para su fusión.
- Fusión: el proceso de fusión permite obtener un producto intermedio, la mata, con un elevado contenido de cobre a partir de una mezcla de concentrados con un contenido medio de cobre. Se genera además un gas de proceso con alto contenido de SO₂, que sirve de alimentación a una planta de ácido sulfúrico.
- Conversión de la mata: es el proceso por el cual se separan del cobre los restos de azufre, hierro y otros metales que no lo hicieron en el proceso de fusión.
- Tratamiento de escorias: la escoria producida en el horno de fusión y en los convertidores se trata en un horno eléctrico para aprovechar el cobre contenido.
- Afino térmico y moldeo del cobre: el oxígeno y azufre disueltos se eliminan del cobre blister.
- Producción de ácido sulfúrico: los gases, con una alta concentración de SO₂ se lavan y secan en una torre de secado, se oxidan a SO₂ en presencia de O₂ y de un catalizador, y se absorben y convierten en ácido sulfúrico en torres de absorción. Las plantas están diseñadas con doble absorción y una conversión de SO₂ superior al 99,6%.
- Refino electrolítico: el proceso consiste en disolver electroquímicamente el cobre impuro del ánodo y en depositar selectivamente el cobre en el cátodo.

El cálculo de las emisiones se han realizado, en primer lugar, a partir de las medidas aportadas en el cuestionario y en el Informe de Inspección IPPC llevado a cabo por la CMA. El resto de contaminantes han sido estimados aplicando factores de emisión para los diferentes procesos involucrados.

La metodología de estimación empleada se basa, principalmente, en el empleo de los datos medidos en combinación con el documento BREF «Reference Document on Best Available Techniques in the Non Ferrous Metal Industries», en el que se indican rangos de concentraciones de los gases

de salida de las plantas de ácido y porcentajes en peso de varios metales para polvos procedentes de diversos procesos.

Para los procesos de combustión sin contacto, los contaminantes no medidos se estiman a partir de los factores de emisión de la combustión.

Otros procesos con metales

Se incluyen empresas de la industria metalúrgica de diversa índole, destacando las que incluyen entre sus procesos la galvanización o deposición metálica electrolítica sobre metales, aleaciones y cuerpos no metálicos. Las emisiones características de estos procesos son: partículas del pulido y abrillantado, humos de HNO₃ en el decapado, HCl de las limpiezas previas, y nieblas y gotas de ácidos y bases y vapores de disolventes en la limpieza y desengrasado, principalmente.

El combustible más generalizado en este sector es el gas natural, aunque también se utiliza fuel oil pesado.

Para la estimación de las emisiones de las plantas de galvanizado se ha recurrido a un factor de emisión específico para partículas en caso de ausencia de datos de medición.

Las principales fuentes de emisión del sector del aluminio son las emisiones debidas a las operaciones de trituración, clasificación, secado y hornos de fundición, así como las debidas a los procesos de lacado, que han sido estimados aplicando factores de emisión.

Dentro del sector de la construcción naval, han sido tenidas en cuenta las operaciones de soldadura, granallado y pintura de los bloques, así como los consumos de combustibles y emisiones de gases de soldadura. Las emisiones de partículas han sido aportados directamente en los cuestionarios o se han estimado con factores de emisión de partículas para las operaciones de soldadura.

Las emisiones de los procesos de aplicación de pinturas y disolventes han sido tenidas en cuenta en las estimaciones efectuadas con datos estadísticos recogidos en el capítulo dedicado a empleo de pinturas y disolventes

Resultados globales de la industria del metal

En la Tabla 2.9 se presentan las principales emisiones de la industria del metal en las ocho provincias andaluzas.

TABLA 2.9 EMISIONES PROCEDENTES DE LA INDUSTRIA DEL METAL

		Emisiones	Ud.	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla	Andalucía
Contaminantes principales	SO ₂	t	349	0,1	0,02	2.924	59,9	0,12	327	3.661	
	NO _x	t	203	9,9	1,7	195	49,6	0,08	294	753	
	Partículas	t	60,2	5	2	176	2,9	10,4	366	622	
	CO ₂	kt	80	22,4	1,9	101	16,3	0,17	131	352	
	CO	t	6.921	396	0,38	13,1	8,4	0,75	6.592	13.931	
	COVNM	t	43,9	16,3	2,4	2	217	1,1	39,4	322	
	CH ₄	t	7,7	0,54	0,04	2	0,35	–	7,4	18	
	N ₂ O	t	2,4	0,92	0,1	3,5	1,1	–	5,8	13,9	
Otros Contam.	NH ₃	t	–	–	–	–	–	–	0,01	0,01	
	Cloruros	t	0,05	–	–	10,5	0,01	–	1,2	11,7	
Materiales Pesados	Fluoruros	t	0,36	–	–	5,8	–	–	0,32	6,5	
	As	kg	0,6	–	–	2.016	0,2	–	0,3	2.017	
	Cd	kg	191	–	0,01	473	0,3	0,1	156	821	
	Cr	kg	753	–	0,04	–	0,8	0,4	648	1.402	
	Cu	kg	601	–	0,01	18.951	0,3	10	504	20.066	
	Hg	kg	111	–	0,006	104	0,3	–	93,6	309	
	Ni	kg	231	–	–	1.882	10,5	0,1	183	2.307	
	Pb	kg	12	–	0,56	4.002	0,4	250	8.905	13.170	
Zn	kg	37.661	–	2	13.553	0,3	900	31.791	83.907		

2.10 Otras actividades

Se han incluido bajo este epígrafe actividades muy diversas como la industria textil, la reparación de vehículos, la gestión de residuos industriales, etc.

Las emisiones producidas por estas actividades se presentan en la Tabla 2.10.

TABLA 2.10 EMISIONES DE OTRAS ACTIVIDADES INDUSTRIALES

	Emisiones	Ud.	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Málaga	Sevilla	Andalucía
Contaminantes principales	SO ₂	t	–	–	0,11	12,1	74,5	111	198
	NO _x	t	0,11	0,04	3,7	2,1	9	12,4	27,3
	Partículas	t	–	–	14	8,3	1,7	5,3	29,3
	CO ₂	kt	0,06	0,03	5,6	6,5	4,4	11	27,5
	CO	t	0,02	0,24	64,4	54,2	0,84	304	423
	COVNM	t	–	0,01	0,25	0,16	0,05	0,04	0,5
	CH ₄	t	–	–	0,16	0,29	0,16	0,15	0,76
	N ₂ O	t	–	0,01	0,24	3	2,6	2,3	8,2
Otros Contam.	Cloruros	t	–	–	–	0,04	0,06	0,07	0,17
	Fluoruros	t	–	–	–	0,01	0,01	–	0,01
Especiación de COVNM	Benceno	t	–	0,001	–	–	–	–	–
	Tolueno	t	–	0,001	–	–	–	8	8
	ODB	t	–	0,002	–	–	–	–	–
Materiales Pesados	As	kg	–	–	–	0,8	0,7	0,6	2,1
	Cd	kg	–	–	–	1,5	1,3	1,4	4,2
	Cr	kg	–	–	0,1	3,9	3,5	4,2	11,7
	Cu	kg	–	–	–	1,5	1,3	1,4	4,2
	Hg	kg	–	–	–	1,5	1,3	1,4	4,2
	Ni	kg	–	–	–	54,2	48,3	58,5	161
	Pb	kg	–	–	–	2	1,9	2,2	6,1
	Zn	kg	–	–	–	1,5	1,3	1,4	4,2

■ III.Emisiones de las plantas no industriales

VOLVER

III. Emisiones de las plantas no industriales

Las plantas no industriales engloban infraestructuras de servicios cuyas emisiones se han analizado como fuentes puntuales.

Las actividades incluidas dentro de las plantas no industriales son:

- Hospitales.
- Plantas de tratamiento de residuos urbanos.
- Estaciones depuradoras de aguas residuales.

3.1 Hospitales

Se han enviado un total de 76 cuestionarios a hospitales y centros periféricos de especialidades, habiéndose recibido respuesta de 40 de ellos.

A partir de los cuestionarios contestados se obtienen las siguientes conclusiones:

- No existen hornos incineradores de residuos hospitalarios en funcionamiento en ninguno de los centros de los que se obtuvo respuesta.

- El número total de horas de funcionamiento y el consumo de combustible anuales de los motores diesel empleados como grupos eléctricos de emergencia es muy reducido.

- Consecuentemente, los únicos equipos responsables de la generación de emisiones son calderas de producción de vapor y/o agua caliente siendo todos ellos de potencia nominal inferior a 50 MWt.

Las emisiones (SO₂, NO_x, partículas, CO, CO₂, CH₄, COVNM, N₂O, Hg, Cd, Pb, Cr) se han estimado aplicando los factores de emisión de la combustión en función del tipo de combustible y tipo de equipo de instalación.

Las emisiones de los hospitales andaluces se muestran en la Tabla 3.1.

TABLA 3.1 EMISIONES PROCEDENTES DE HOSPITALES Y CENTROS DE SALUD

	Emisiones	Ud.	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla	Andalucía
Contaminantes principales	SO ₂	t	1,5	113	2,5	14,8	1,8	11,2	0,46	4,5	150
	NO _x	t	1,4	13,2	19	14,3	15,9	10,9	4,8	48	127
	Partículas	t	-	0,9	-	0,98	-	0,74	-	0,49	3,1
	CO ₂	kt	1,2	10,9	6,2	11,7	5	8,9	1,5	14,6	59,9
	CO	t	0,19	1,8	1,4	1,9	1,2	1,5	0,35	3,4	11,7
	COVNM	t	0,24	2,2	0,49	2,2	0,37	1,8	0,1	0,98	8,4
	CH ₄	t	0,01	0,08	0,12	0,1	0,1	0,07	0,03	0,3	0,8
	N ₂ O	t	0,25	2,3	0,59	2,5	0,45	1,9	0,12	1,2	9,3
Materiales Pesados	Cd	kg	-	0,07	-	0,2	-	0,4	-	0,22	0,89
	Cr	kg	0,1	2,4	0,2	3,5	0,1	2,4	-	1,1	9,9
	Hg	kg	-	0,02	-	-	-	-	-	0,03	0,05
	Pb	kg	0,1	0,06	0,24	0,1	0,18	0,2	0,05	0,1	1

3.2 Vertederos. Plantas de tratamiento de residuos urbanos

En este apartado se consideran las emisiones procedentes de los residuos urbanos depositados en vertederos controlados y las producidas como consecuencia del compostaje.

Se han enviado cuestionarios a 34 vertederos, habiéndose obtenido respuesta de sólo 11. Para aquellos centros de los que no se obtuvo respuesta, la información referente a la cantidad de residuos tratados anualmente se obtuvo del Anuario Estadístico de Andalucía 2001.

Emisiones producidas en vertederos de residuos urbanos

Los principales compuestos gaseosos originados como consecuencia de la descomposición de residuos (llamados conjuntamente gas de vertedero o biogás) son CH₄ y CO₂, en proporciones que rondan el 65% y 35% respectivamente, con posibles trazas de otros compuestos como CO o COVNM.

La descomposición de los residuos en vertedero se produce mediante una serie de reacciones biológicas complejas. Inicialmente, debido a la descomposición aeróbica, se producen dióxido de carbono y vapor de agua. La descomposición anaeróbica comienza a partir de la segunda semana desde que el residuo es depositado en el vertedero, pudiendo continuar durante más de 15 años dicha descomposición, dando lugar finalmente a metano tras una serie de conversiones intermedias.

Este gas de vertedero puede tener varios destinos entre los que se incluyen:

- emisiones directas a la atmósfera.
- recuperación del metano seguido de combustión, produciéndose dióxido de carbono.
- oxidación mediante metanótrofos en la cobertura del suelo, originándose emisiones de dióxido de carbono.

Las emisiones de metano a la atmósfera han sido estimadas mediante un factor de emisión para el CH₄ para plantas sin recuperación de biogás.

En el caso de centros de tratamiento con compostaje, se ha tenido en cuenta el CH₄ que deja de producirse a partir de la materia orgánica que se composta. De igual manera, en los vertederos con recuperación de biogás no se ha considerado el CH₄ del biogás recuperado, que se transforma a CO₂ por medio de una combustión.

Producción de compost

Puede definirse el compost como el producto que se obtiene al someter la materia orgánica a un proceso de fermentación aerobia que la transforma en mezcla estable lo más homogénea posible y que guarde una relación entre sus componentes que le confieran un buen valor agronómico.

Las principales emisiones originadas en este proceso son los olores (COVNM), estando las técnicas de abatimiento (biofiltros) principalmente dirigidas a la reducción de los mismos. No obstante, en condiciones anaeróbicas se desprende amoníaco.

No existe metodología para el cálculo de emisiones de COVNM, pero sí para el amoníaco, la cual consiste en el empleo de un factor de emisión en función de la cantidad de residuo orgánico que va a la línea de compostaje.

Las cantidades de residuos orgánicos que entran a las plantas de compostaje se han obtenido multiplicando las cantidades totales de residuos receptionados en vertedero por los porcentajes medios de contenido en materia orgánica de los residuos en las provincias andaluzas, obtenido del Anuario Estadístico de Andalucía 2001.

Las emisiones asociadas a los centros de tratamiento de residuos urbanos (vertederos y plantas de compostaje) se muestran en la Tabla 3.2.

TABLA 3.2 EMISIONES PROCEDENTES DE CENTROS DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS

	Emisiones	Ud.	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla	Andalucía
Contaminantes principales	CO ₂	kt	4,8	2,8	7,7	6,3	3,7	4,3	13,1	13,2	56
	CH ₄	t	8.976	6.763	13.548	11.665	6.844	7.977	24.320	22.207	102.300
	NH ₃	t	-	-	10,7	20	26,4	-	5,3	10,5	72,9

3.3 Estaciones depuradoras de aguas residuales

Las estaciones de depuración de aguas residuales (EDAR) incluyen tratamiento primario, con operaciones físicas tales como la sedimentación y el desbaste, y tratamiento secundario, que implica una serie de procesos biológicos y químicos empleados para eliminar la mayor parte de la materia orgánica. En ninguna de las EDAR analizadas se lleva a cabo el tratamiento terciario.

Las emisiones generadas en estas operaciones proceden tanto de la línea de aguas como de la línea de fangos, siendo más relevantes las segundas.

Los gases que con mayor frecuencia se encuentran en aguas residuales brutas son el nitrógeno (N₂), el oxígeno (O₂), el dióxido de carbono (CO₂), el sulfuro de hidrógeno (H₂S), el amoníaco (NH₃) y el metano (CH₄). Los tres primeros son gases de común presencia en la atmósfera, y se encuentran en todas las aguas en contacto con la misma. Los tres últimos proceden de la descomposición de la materia orgánica presente en las aguas residuales. La formación de sulfuro de hidrógeno queda inhibida en presencia de grandes cantidades de oxígeno.

El principal subproducto de la descomposición anaerobia de la materia orgánica del agua residual es el gas metano. En las plantas de tratamiento, el metano se genera principalmente en los procesos de tratamiento anaeróbicos empleados para la estabilización de los fangos de aguas residuales.

Si la digestión es aerobia, se consigue la eliminación de la parte fermentable de los lodos, y como resultado de este proceso metabólico se generan emisiones de CO₂ de la respiración endógena y N₂O fundamentalmente y pequeñas cantidades de vapor de agua y otros gases.

Si la digestión de los lodos es llevada a cabo en digestores anaerobios, lo cual es muy frecuente en las EDAR andaluzas, se genera un gas como resultado de la digestión anaerobia cuya composición volumétrica contiene del 65-70 % de CH₄, 25-30 % de CO₂ y pequeñas cantidades de N₂, H₂, H₂S, vapor de agua y otros gases.

El gas generado en los digestores anaeróbicos se recoge bajo la cubierta de los mismos y dada su riqueza en metano y su alto poder calorífico, este gas puede ser aprovechado como combustible con fines cogenerativos en calderas, ser quemado en antorchas, o emitido a la atmósfera directamente. En los dos primeros casos, el metano se consumiría en el proceso de combustión, siendo las emisiones de las EDAR con antorchas o cogeneración de CO₂ principalmente.

Las emisiones de CO₂ y N₂O se han estimado aplicando un factor de emisión en función de la cantidad de agua residual tratada en cada planta.

Las emisiones de CH₄ se han estimado por factor de emisión a partir de la cantidad de agua residual tratada y de la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno) de la misma. En caso que la EDAR estuviese habilitada con antorchas o con instalaciones de cogeneración, entonces el CH₄ generado se quema dando lugar a emisiones de CO₂.

Las emisiones procedentes de la depuración de aguas residuales se muestra en la Tabla 3.3.

TABLA 3.3 EMISIONES PROCEDENTES DE LA DEPURACIÓN DE AGUAS

	Emisiones	Ud.	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla	Andalucía
Contaminantes principales	CH ₄	t	103	24,7	0,019	15,1	12,5	–	–	156
	CO ₂	kt	11,8	0,51	1,1	0,022	5,6	23	41	83,1
	N ₂ O	t	8,2	0,37	0,8	0,016	3,8	3,3	28	44,5



■ IV. Emisiones de las fuentes de área móviles

VOLVER

IV. Emisiones de las fuentes de área móviles

En este capítulo se aborda la estimación de las emisiones de contaminantes a la atmósfera procedentes de las siguientes fuentes de área móviles:

- Tráfico rodado.
- Tráfico aéreo.
- Tráfico marítimo.
- Tráfico ferroviario.
- Maquinaria agrícola.

4.1 Tráfico rodado

Se consideran las emisiones producidas por los vehículos automóviles que circulan tanto por carreteras como en zonas urbanas. Las emisiones debidas a los vehículos agrícolas (tractores y otro tipo de maquinaria) serán tratadas en otro apartado.

Los contaminantes estudiados han sido: NO_x, CO, N₂O, NH₃, CH₄, partículas, CO₂, SO₂, COVNM, plomo y otros metales pesados como cadmio, cobre, cromo, níquel y zinc.

De acuerdo con la aproximación adoptada por la metodología para el cálculo de emisiones, los contaminantes citados se pueden clasificar en los siguientes grupos:

- Grupo 1: Contaminantes para los cuales existe una metodología de cálculo detallada, basada en factores de emisión específicos y que cubren las diferentes situaciones del tráfico y condiciones del motor. Los contaminantes incluidos en este grupo son: CO, NO_x, CH₄, COVNM y partículas.
- Grupo 2: Emisiones que dependen del consumo de combustible y se calculan como una fracción de dicho consumo. Los contaminantes que aquí se incluyen son: CO₂, SO₂, Pb, Cd y Ni.
- Grupo 3: Contaminantes para los que se aplica una metodología simple. Se incluyen aquí: NH₃, N₂O.

Para el cálculo de emisiones se ha seguido la metodología recogida en la Guía Metodológica, desarrollada por la metodología CORINAIR para tráfico rodado. Esta metodología se encuentra completamente incorporada en el modelo informático de la Agencia Europea de Medio Ambiente denominado COPERT III (Computer Programme to Calculate Emissions from Local Transport).

La metodología COPERT III se ha aplicado a nivel provincial. Las emisiones se han desagregado a nivel municipal, considerando el parque de vehículos para las emisiones urbanas, y el número de kilómetros de carreteras de distinto nivel para las emisiones rurales e interurbanas.

Las emisiones estimadas se calculan con la combinación de datos técnicos, factores de emisión y características de los combustibles y datos de actividad como kilómetros totales por vehículo, consumo de combustible, parque de vehículos y pautas de conducción.

Se consideran 3 tipos de fuentes diferentes, llamadas operación del motor en caliente (motor estabilizado), operación del motor en el transitorio térmico (arranque en frío) y evaporación de combustible.

Durante el período del motor estabilizado térmicamente, las emisiones se calculan en base a factores de emisión por vehículo y kilómetro recorrido. Se considera que los factores de emisión para la operación del motor «en caliente» sólo dependen de la velocidad media (para cada categoría y clase de vehículo).

Las emisiones en frío (durante la fase de calentamiento del motor) ocurren en los tres tipos de conducción, aunque son más probables en la conducción urbana. Estas emisiones dependen de la temperatura ambiente y de la distancia media de viaje.

En cuanto a las emisiones por evaporación de combustible en vehículos, se tienen tres fuentes:

- Emisiones diurnas, debido a la expansión de gasolina dentro del tanque cuando la temperatura ambiente varía.
- Emisiones cuando el motor caliente se para y el calor del motor aumenta la temperatura del combustible.
- Emisiones fugitivas del vapor generado en el tanque de gasolina, durante las operaciones de repostaje del vehículo.

Las emisiones por evaporación están fuertemente afectadas por la volatilidad de la gasolina, la temperatura ambiente absoluta, los cambios de temperatura ambiental y por las características de diseño del motor. La metodología seguida por el programa las calcula en base a factores de emisión.

Las emisiones de los vehículos dependen, en gran medida, de las condiciones de operación del motor. Las distintas formas de conducción imponen condiciones de operación del motor muy diferentes y, por lo tanto, lo mismo ocurrirá con las emisiones. Debido a esto, la metodología COPERT III hace distinciones entre pautas de conducción urbana, rural y en autovía.

Para cada pauta de conducción se aplicarán factores de emisión específicos. Por definición, las emisiones del motor «en frío» se atribuyen a la conducción urbana, ya que se asume que la gran mayoría de los vehículos comienza su recorrido partiendo de zonas urbanas.

La información necesaria que ha sido preciso recopilar para hacer uso del programa ha sido la siguiente:

- Parque de vehículos a nivel municipal, distinguiendo entre tipo de vehículos, combustible utilizado y año de matriculación.
- Kilometraje anual promedio para cada tipo de vehículos.
- Caracterización del tipo de conducción (urbana, rural o comarcal, y autovía).
- Temperatura ambiente.
- Características de los combustibles.
- Consumo de combustibles.

La consideración de la pauta de conducción se encuentra determinada por la tipología urbanística y por la red de carreteras. Así, se han tomado para cada categoría de vehículos los porcentajes medios de conducción urbana, comarcal y en autovía indicados en el manual del programa COPERT III para España.

Según la interpretación de dicho programa, se podrían definir las pautas de conducción de la siguiente forma:

- Pauta de conducción urbana: conducción típica de las áreas metropolitanas, en las que las velocidades son bajas (no superándose, teóricamente, los 50 km/h), e interrumpida por semáforos, stop, ceda el paso, etc.
- Pauta de conducción comarcal: conducción característica de las redes de carreteras comarcales, normalmente con un solo carril para cada sentido, en los que la velocidad de circulación suele ser moderada (menores a 90 km/h, teóricamente), e interrumpida por cruces, semáforos, etc.
- Pauta de conducción en autovía: en la que la conducción se caracteriza por velocidades en torno a los 100-120 km/h (teóricamente) y de forma general no se ve interrumpida.

Los datos del parque de vehículos se han obtenido a través del Instituto de Estadística de Andalucía.

Los valores de temperaturas medias mínimas y máximas mensuales para cada provincia han sido obtenidas del Instituto Nacional de Meteorología.

Las especificaciones por las que se regulan las características de los combustibles, para vehículos de automoción, se incluyen en el Real Decreto 1485/1987 de 4 de diciembre para la gasolina Súper 97 y el Real Decreto 1728/1999 para gasolinas sin plomo y gasóleo A.

La principal fuente de información acerca del consumo de combustibles para automoción es la Asociación Española de Operadores de Productos Petrolíferos (AOP).

Resultados

Una vez aplicado el modelo de cálculo COPERT III, las emisiones de contaminantes obtenidas desagregadas por provincias se presentan en la Tabla 4.1.

TABLA 4.1 EMISIONES PROCEDENTES DEL TRÁFICO RODADO

	Emisiones	Ud.	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla	Andalucía
Contaminantes principales	SO ₂	t	367	482	348	465	234	328	715	724	3.663
	NO _x	t	8.459	10.818	8.241	10.345	5.215	7.717	15.636	16.676	83.106
	Partículas	t	522	520	486	582	248	521	713	840	4.432
	CO ₂	kt	1.230	1.504	1.113	1.463	726	1.082	2.274	2.313	11.705
	CO	t	25.753	48.661	28.610	45.204	21.606	25.892	70.275	65.211	331.212
	COVNM	t	5.188	9.341	5.477	7.698	3.990	4.777	13.313	13.399	63.182
	CH ₄	t	209	370	224	327	162	193	560	526	2.571
	N ₂ O	t	96,6	135	88	110	60	83	209	207	989
Especificación de COVNM	NH ₃	t	75,7	148	81	101	65	61	260	206	998
	Benceno	t	144	288	166	250	128	150	406	388	1.920
	Tolueno	t	256	514	295	448	229	266	725	690	3.422
	ODB	t	441	835	486	735	374	445	1.181	1.141	5.638
	HAP	kg	3.016	4.092	3.240	3.767	1.812	3.144	5.980	5.909	30.960
	Formaldehído	t	151	180	124	166	84,2	127	261	292	1.385
Materiales Pesados	Ciclohexano	t	31,6	47,6	29,5	42,3	21,8	28,3	69	70,8	341
	Cd	kg	4	5	3	4	3	3	7	7	36
	Ni	kg	26,9	32	24	31	15	23	51	53	256
	Pb	kg	24.325	41.899	26.399	36.899	19.899	23.199	61.798	57.999	292.417

4.2 Tráfico aéreo

En el presente inventario se ha procedido a estimar las emisiones de contaminantes en la baja atmósfera procedentes de las operaciones de aterrizaje y despegue en los aeropuertos comerciales de Andalucía.

La información necesaria para la estimación de las emisiones en los aeropuertos de Andalucía ha sido suministrada por AENA, Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea. Dicha información se refiere al número de aterrizajes y despegues en el año 2000 en función del tipo de avión en los aeropuertos comerciales que se encuentran en el territorio andaluz.

Cabe destacar que los aeropuertos de Málaga, Sevilla y Jerez registran un tráfico más elevado de aeronaves de mayor tamaño y algunos vuelos internacionales. En Almería, Córdoba y Granada las pequeñas aeronaves de vuelos nacionales son las más abundantes.

El modelo de cálculo utilizado ha sido el FAEED (Federal Administration Aircraft Engine Emissions Database), modelo recomendado por la Oficina de

Medioambiente y Energía (Office of Environmental and Energy) y por la FAA (Federal Aviation Administration) de Estados Unidos.

El modelo de cálculo FAEED se basa en factores de emisión de los distintos motores de las aeronaves e incluye una base de datos que correlaciona los motores con las aeronaves. Los datos de emisión procedentes de los motores se obtienen de la información que los fabricantes de los mismos proporcionan a la FAA y a la ICAO (International Civil Aviation Organization), así como de la EPA (Environmental Protection Agency).

Los contaminantes estudiados por el modelo FAEED son:

- Monóxido de carbono.
- Oxidos de nitrógeno.
- Hidrocarburos.
- Dióxido de azufre.

Los hidrocarburos estimados como HC incluyen compuestos orgánicos volátiles como el benceno, tolueno y otros compuestos aromáticos. La guía NPI australiana establece un factor de corrección de 1,0927 para la conversión de los HC en COVNM.

La especiación de COVNM se ha realizado a partir de la composición porcentual indicada en el Manual de Estimación de Emisiones de Aeronaves del NPI.

Para estimar las emisiones de CO₂ en los aeropuertos se consultó la Guía CORINAIR, en la que se describe una Metodología Simple para la estimación de las emisiones de los aviones y su consumo de combustibles y en la que se presentan

factores de emisión para el CO₂ en diferentes tipos de aviones y vuelos.

Resultados

Las emisiones atmosféricas producidas en las operaciones de despegue y aterrizaje en los aeropuertos comerciales de Andalucía se presentan en la Tabla 4.2.

TABLA 4.2 EMISIONES PROCEDENTES DEL TRÁFICO AÉREO

	Emisiones	Ud.	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Málaga	Sevilla	Andalucía
Contaminantes principales	SO ₂	t	0,0014	0,0017	0,0005	0,0007	0,0048	0,0046	0,014
	NO _x	t	61,6	49,2	15,9	23,1	435	132	717
	CO ₂	kt	36,9	68,7	19,9	27,2	256	105	513
	CO	t	63,2	85,6	20,3	28,8	440	180	818
	COVNM	t	9,7	10,4	5,1	6,4	69,4	33,7	135
Especiación de COVNM	Benceno	t	0,19	0,2	0,099	0,13	1,4	0,65	3
	Tolueno	t	0,051	0,054	0,026	0,033	0,36	0,18	1
	ODB	t	0,12	0,13	0,065	0,082	0,89	0,43	2
	HAP	kg	103	110	53,8	68,1	736	357	1.428
	Formaldehído	t	1,5	1,6	0,76	0,96	10,4	5,1	20

4.3 Tráfico marítimo

En el presente inventario se realiza una estimación de las emisiones producidas por el tráfico marítimo en los puertos comerciales de Andalucía. Estos puertos son gestionados por las Autoridades Portuarias que se nombran a continuación:

- Bahía de Algeciras
- Almería-Motril
- Bahía de Cádiz
- Huelva
- Málaga
- Sevilla

Las emisiones consideradas en este apartado, incluyen las debidas al tráfico en canales navegables (río Guadalquivir hasta el puerto de Sevilla) y las producidas por las operaciones de atraque y desatraque en puertos. No se han considerado las emisiones debidas al tráfico marítimo en las rutas entre puertos, debido a que éstas no se generan en el ámbito geográfico de estudio.

Las sustancias contaminantes consideradas en este apartado son: CO, NO_x, SO₂, partículas, metales pesados, COVNM y CO₂.

Las emisiones debidas al tráfico marítimo proceden de las siguientes fuentes:

- Motores diesel usados como motores de propulsión principal o bien como motores auxiliares.
- Calderas, usadas en la propulsión de turbinas de vapor, o en otras funciones.
- Turbinas de gas.

Sólo se van a considerar emisiones producidas en operaciones de atraque/desatraque en puertos y las debidas al tráfico por canales navegables. Estas operaciones se efectúan gracias al funcionamiento de motores diesel auxiliares.

Las emisiones de gases de escape de motores diesel marinos se componen de nitrógeno, oxígeno, CO₂ y vapor de agua, con pequeñas cantidades de CO, SO₂ y NO_x, además de hidrocarburos sin quemar, materia particulada y trazas de metales y contaminantes orgánicos.

Para realizar el cálculo de emisiones procedentes del tráfico marítimo se ha optado por el empleo de la Metodología Detallada que desarrolla CORINAIR, la cual se basa en el empleo de factores de emisión que dependen del tiempo de funcionamiento de los barcos. Existe otra metodología CORINAIR

(Metodología Simple) basada en factores de emisión que dependen del consumo anual de combustible, la cual no ha sido posible emplear dada la inexistencia de datos de consumo durante el tráfico en canales navegables y operaciones de atraque/desatraque.

La metodología empleada, CORINAIR complementada con NPI, se compone de los siguientes pasos:

1. Se estima el tiempo medio de operaciones de atraque/desatraque en 2 horas (a partir de datos de las Memorias Anuales de las distintas Autoridades Portuarias), y en 4,5 horas el tiempo medio de recorrido para el tramo del río Guadalquivir comprendido entre su desembocadura y el puerto de Sevilla.
2. Las operaciones de atraque/desatraque, en función de las toneladas de arqueo de los buques, se han obtenido de las Memorias Anuales para el año 2000 publicada por cada una de las 6 Autoridades Portuarias.
3. Los factores de emisión (t/h) se seleccionan de la metodología CORINAIR, en función de las toneladas de arqueo. Para el caso de los

COVNM, al no existir factores de emisión CORINAIR, se ha optado por el empleo de la metodología NPI.

4. Las emisiones de metales pesados y HAP se obtienen como una fracción en peso de las emisiones de partículas aplicando los factores porcentuales del Manual de Estimación de Emisiones de Buques del NPI. De igual manera, la especiación de COVNM se obtiene como una fracción en peso de las emisiones totales de COVNM según criterios del NPI.
5. Combinando todos los parámetros obtenidos se obtienen las emisiones de los distintos contaminantes considerados.

Resultados

Según la metodología anteriormente desarrollada las emisiones totales para cada una de las 6 Autoridades Portuarias (A.P.) de Andalucía aparecen en la Tabla 4.3. Las emisiones obtenidas en el tramo del río Guadalquivir comprendido entre su desembocadura y el puerto de Sevilla se muestran también en dicha tabla.

TABLA 4.3 EMISIONES PROCEDENTES DEL TRÁFICO MARÍTIMO

	Emisiones	Unidades	AP Algeciras	AP Almería-Motril	AP Cádiz	AP Huelva	AP Málaga	AP Sevilla	Canal río Guadalquivir	Andalucía
Contaminantes principales	SO ₂	t/a	22,8	3,4	2,7	1,9	1,9	1,2	5,2	39,1
	NO _x	t/a	98	15	11,6	8,1	8,3	4,7	21,3	167
	Partículas	t/a	13	2,7	1,5	1,1	1,2	0,36	1,6	21,5
	CO ₂	kt/a	106	15,1	12,3	9,1	8,9	6	26,8	184
	CO	t/a	25	3,6	2,9	2,2	2,1	1,4	6,3	43,5
Especiación de COVNM	COVNM	t/a	16,6	2,1	1,9	1,6	1,4	1,2	5,5	30,3
	Benceno	t/a	0,32	0,04	0,036	0,031	0,026	0,023	0,11	0,58
	Tolueno	t/a	0,32	0,041	0,037	0,037	0,026	0,024	0,11	0,59
	ODB	t/a	0,18	0,022	0,02	0,012	0,015	0,013	0,059	0,32
	HAP	kg/a	0,11	0,022	0,012	0,009	0,01	0,003	0,013	0,18
	Formaldehído	t/a	1,6	0,21	0,19	0,007	0,13	0,12	0,54	2,8
Materiales Pesados	As	kg/a	0,87	0,18	0,097	0,076	0,082	0,024	0,11	1,4
	Cd	kg/a	0,09	0,018	0,01	0,008	0,008	0,003	0,011	0,15
	Cr	kg/a	0,4	0,082	0,045	0,035	0,038	0,011	0,05	0,66
	Cu	kg/a	0,69	0,14	0,078	0,061	0,065	0,019	0,086	1,1
	Hg	kg/a	0,026	0,005	0,003	0,002	0,002	0,001	0,003	0,043
	Ni	kg/a	58,3	11,9	6,5	5,1	5,5	1,6	7,3	96,2
	Pb	kg/a	0,24	0,049	0,027	0,021	0,023	0,007	0,03	0,4
	Zn	kg/a	1,3	0,26	0,14	0,11	0,12	0,036	0,16	2,1

4.4 Tráfico ferroviario

Las máquinas locomotoras empleadas en la actualidad son máquinas con tracción eléctrica o tracción diesel. Las máquinas eléctricas no generan emisiones a la atmósfera. Las locomotoras diesel utilizan un motor de combustión interna. Las emisiones producidas por estos motores diesel son las que se han considerado en el presente apartado.

Para el cálculo de emisiones se ha optado por el empleo de la Metodología Simple desarrollada en CORINAIR, la cual se basa en el empleo de factores de emisión que son función del consumo de combustible (gasóleo B) por el tráfico ferroviario.

Para la realización del cálculo de emisiones de algunos metales pesados, benceno y derivados bencénicos, para los que CORINAIR no aporta factores, se han empleado factores de emisión del Nacional Pollutant Inventory (NPI).

El consumo nacional de gasóleo en trenes con tracción diesel para el año 2000 ha sido obtenido de la Memoria Ambiental 2000, publicada por Renfe.

Para la realización del cálculo de emisiones mediante el empleo de estos factores de emisión ha sido necesario estimar el consumo provincial de gasóleo B debido al tráfico ferroviario, dada la inexistencia de dichos datos a nivel provincial en Andalucía.

Para realizar esta estimación ha sido necesario en primer lugar estimar un consumo medio de gasóleo B por kilómetro. Para ello se ha dividido el consumo total de gasóleo B en España por los kilómetros de la red ferroviaria a nivel nacional.

Una vez obtenido este dato se ha multiplicado el consumo medio de gasóleo B por kilómetro de red por el número de kilómetros de red ferroviaria en cada una de las provincias andaluzas.

Los datos sobre la longitud de la red ferroviaria en las provincias andaluzas se han obtenido del Anuario Estadístico de Andalucía 2000.

Resultados

Los resultados obtenidos mediante la metodología anteriormente descrita se muestran en la Tabla 4.4.

TABLA 4.4 EMISIONES DEBIDAS AL TRÁFICO FERROVIARIO

	Emisiones	Ud.	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla	Andalucía
Contaminantes principales	SO ₂	t	0,57	0,99	2,5	1,6	1,4	1,8	2,3	3,4	14,7
	NO _x	t	22,4	39,3	100	65,3	54,1	73,2	91,3	136	582
	Partículas	t	2,6	4,5	11,6	7,6	6,3	8,5	10,6	15,7	67,3
	CO ₂	kt	1,8	3,2	8	5,2	4,3	5,9	7,3	10,9	46,7
	CO	t	6,1	10,6	27,1	17,7	14,6	19,8	24,7	36,7	157
	COVNM	t	2,6	4,6	11,8	7,7	6,4	8,6	10,7	15,9	68,3
	CH ₄	t	0,1	0,18	0,46	0,3	0,25	0,33	0,42	0,62	2,6
	N ₂ O	t	0,7	1,2	3,1	2	1,7	2,3	2,9	4,3	18,2
	NH ₃	t	0,004	0,0069	0,018	0,011	0,0094	0,013	0,016	0,024	0,1
Especiación de COVNM	Benceno	t	0,029	0,052	0,13	0,086	0,071	0,097	0,12	0,18	0,77
	Tolueno	t	0,03	0,052	0,13	0,087	0,072	0,097	0,12	0,18	0,77
	ODB	t	0,006	0,01	0,026	0,017	0,014	0,019	0,024	0,035	0,15
	HAP	kg	12,6	22,1	56,2	36,7	30,4	41,1	51,3	76,3	327
	Formaldehído	t	0,15	0,26	0,67	0,44	0,36	0,49	0,61	0,91	3,9
Materiales Pesados	As	kg	0,003	0,0049	0,013	0,0082	0,0066	0,0089	0,012	0,017	0,07
	Cd	kg	0,006	0,01	0,026	0,016	0,014	0,019	0,023	0,034	0,15
	Cr	kg	0,028	0,049	0,13	0,082	0,069	0,093	0,11	0,17	0,73
	Cu	kg	0,96	1,7	4,3	2,8	2,3	3,1	3,9	5,8	25
	Hg	kg	0,023	0,041	0,1	0,068	0,056	0,076	0,095	0,14	0,6
	Ni	kg	0,039	0,07	0,18	0,12	0,096	0,13	0,16	0,24	1
	Pb	kg	0,028	0,049	0,13	0,082	0,067	0,091	0,11	0,17	0,72
	Zn	kg	0,57	0,99	2,5	1,6	1,4	1,8	2,3	3,4	14,7

4.5 Maquinaria agrícola

En este apartado se van a considerar las emisiones producidas por la maquinaria agrícola y forestal.

Los contaminantes estudiados han sido: SO₂, NO_x, partículas, CO, CO₂, COVNM, CH₄, N₂O, NH₃ y metales pesados.

El cálculo de las emisiones sigue las directrices de la Metodología Simple CORINAIR. Dicha metodología basa el cálculo de las emisiones de la maquinaria agrícola y forestal en el consumo de combustible de la misma, y consiste en la aplicación de unos factores de emisión por consumo de gasóleo.

Para la especiación de COVNM se han utilizado los criterios de especiación indicados en el Manual de Técnicas de Estimación de Emisiones de Vehículos del NPI.

Los datos sobre el consumo de combustible empleado por la maquinaria agrícola han sido obteni-

dos de las Estadísticas del Consumo de Productos Petrolíferos en España, suministrado por la AOP (Asociación de Operadores del Petróleo). Dado que el gasóleo B es de uso tanto agrícola como pesquero, se ha restado el suministro de gasóleo B a barcos pesqueros en los puertos de Andalucía.

Las emisiones derivadas de la maquinaria agrícola y forestal han sido estimadas a nivel provincial. La desagregación espacial de estas emisiones a nivel municipal se ha realizado en base a la superficie de terreno dedicada a la agricultura o superficie forestal, y considerando una serie de hipótesis acerca del empleo de maquinaria para las distintas actividades agrícolas o de silvicultura.

La superficie dedicada a los distintos tipos de uso agrícola o forestal han sido obtenidos del Sistema de Información Multiterritorial de Andalucía.

Resultados

Las emisiones estimadas para la maquinaria agrícola y forestal se resumen en la Tabla 4.5.

TABLA 4.5 EMISIONES PROCEDENTES DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA

	Emisiones	Ud.	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla	Andalucía
Contaminantes principales	SO ₂	t	68,9	77,3	70,2	73,9	22,7	54,3	34,9	106	508
	NO _x	t	3.463	3.890	3.532	3.718	1.144	2.733	1.755	5.315	25.550
	Partículas	t	404	454	412	434	134	319	205	620	2.982
	CO ₂	kt	219	246	223	235	72,3	173	111	336	1.615
	CO	t	1.102	1.237	1.124	1.183	364	869	558	1.691	8127
	COVNM	t	501	562	510	537	165	395	254	768	3.693
	CH ₄	t	11,7	13,1	11,9	12,6	3,9	9,2	5,9	18	86,3
	N ₂ O	t	88,8	99,8	90,6	95,4	29,3	70,1	45	136	655
NH ₃	t	0,5	0,5	0,5	0,5	0,2	0,4	0,2	0,7	3,5	
Especiación de COVNM	Benceno	t	5,1	5,7	5,2	5,4	1,7	4	2,6	7,8	37,3
	Tolueno	t	7,4	8,3	7,5	7,9	2,4	5,8	3,7	11,3	54,3
	ODB	t	5,9	6,6	6	6,3	1,9	4,6	3	9	43,2
	HAP	kg	3.339	3.750	3.405	3.584	1.103	2.635	1.692	5.124	24.632
	Formaldehído	t	41,4	46,4	42,2	44,4	13,7	32,6	21	63,5	305
	Ciclohexano	t	0,39	0,44	0,4	0,42	0,13	0,31	0,2	0,6	2,9
Materiales Pesados	Cd	kg	0,7	0,8	0,7	0,7	0,2	0,5	0,3	1,1	5
	Cr	kg	3,4	3,9	3,5	3,5	1,1	2,7	1,7	5,3	25,1
	Cu	kg	117	131	119	119	38,6	92,4	59,3	180	857
	Ni	kg	4,8	5,4	4,9	4,9	1,6	3,8	2,4	7,4	35,2
	Zn	kg	68,9	77,3	70,2	70,2	22,7	54,3	34,9	106	504

- V. Emisiones de las fuentes de área estacionarias

VOLVER

V. Emisiones de las fuentes de área estacionarias

En el presente capítulo se aborda la estimación de las emisiones a la atmósfera procedentes de las siguientes actividades:

- 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.

Estas actividades incluyen tanto las fuentes estacionarias de área propiamente dichas como aquellas actividades constituidas por un gran número de fuentes puntuales sobre las cuales se dispone de información de forma agregada.

5.1 Sector doméstico

Se han considerado las emisiones a la atmósfera procedentes de las instalaciones de combustión de uso familiar (calderas de calefacción y agua caliente, chimeneas de leña, cocinas y hornos domésticos), así como las de las instalaciones de generación de calor para servicios auxiliares de los comercios e instituciones (calderas para calefacción y agua caliente, principalmente). Estas instalaciones se caracterizan por ser de baja capacidad calorífica y por carecer de mecanismos de reducción de sus emisiones.

Las emisiones procedentes de las instalaciones de combustión se han estimado siguiendo las directrices de la Guía Metodológica, estimando las emisiones a partir de los consumos de combustibles

del sector doméstico en Andalucía, aplicando factores de emisión para equipos de combustión de reducida capacidad térmica.

Los combustibles considerados han sido los consumidos mayoritariamente en este sector en el año 2000 en Andalucía: biomasa, gasóleo C, gas natural y gases licuados del petróleo (GLP: butano y propano).

Si bien en este sector se emplean minoritariamente otros combustibles como el carbón vegetal, la hulla o la antracita, estos últimos no se han considerado por ser su consumo en el año 2000 poco significativo.

La mayor dificultad surgida a la hora de estimar estas emisiones ha sido obtener fuentes y datos representativos del consumo de estos combustibles en Andalucía en el año 2000 para el sector doméstico.

Las fuentes consultadas para obtener los datos de consumo de estos combustibles en Andalucía en el año indicado son:

- Estadísticas del Consumo de Productos Petrolíferos en España. Asociación Española de Operadores de Productos Petrolíferos (A.O.P).
- Gas Natural.
- Anuario Estadístico de Andalucía. Instituto de Estadística de Andalucía (I.E.A.).
- Evolución del consumo de la energía final según fuentes energéticas en Andalucía. Sociedad para el Desarrollo Energético de Andalucía (SODEAN).
- Estadísticas de Consumo de Hidrocarburos. Secretaría General de Hidrocarburos. Ministerio de Economía.
- Boletín Eficiencia Energética y Energías Renovables. Instituto para la Diversificación y el Ahorro Energético (I.D.A.E.).

Emisiones procedentes de la combustión de gasóleo C

El gasóleo se consume fundamentalmente en las calderas residenciales y comerciales para los servicios de calefacción y agua caliente.

Los únicos datos disponibles en publicaciones sobre el consumo del gasóleo C del sector doméstico andaluz datan del año 1993. Debido a la ausencia de otros datos publicados, para estimar dicho consumo en el año 2000 se ha partido de los datos totales de gasóleo C consumidos en Andalucía en el año 2000 a nivel provincial, restándole los datos de gasóleo C consumido a nivel provincial por el sector industrial.

Las emisiones de las calderas y demás equipos de combustión de gasóleo C domésticos, comerciales e institucionales presentan como emisiones principales las de SO₂, CO, CO₂, NO_x, partículas y COVNM.

Una vez obtenidos los datos del consumo de combustibles del gasóleo C del sector doméstico andaluz en el año 2000, se ha procedido a estimar las emisiones de la combustión del mismo en equipos de combustión de pequeña capacidad térmica de uso residencial y comercial, aplicando los factores de emisión CORINAIR y EPA en función del gasóleo consumido.

Emisiones procedentes de la combustión de biomasa

El dato de consumo de biomasa en el sector doméstico en España en el año 2000 es de 1992 ktep (kilotoneladas equivalentes de petróleo) según el Boletín de Eficiencia Energética y Energías Renovables (I.D.A.E.) de abril de 2001.

El término biomasa engloba todo tipo de restos orgánicos vegetales, como residuos de la industria agroindustrial, restos de poda, madera, etc; sin embargo, la mayor parte de la biomasa consumida en el sector doméstico se emplea en las chimeneas de los hogares principalmente y por norma general es leña. Por lo tanto, a la hora de asignar a la biomasa un poder calorífico y unos factores de emisión a su combustión, se ha asumido que toda la biomasa es madera.

El consumo de biomasa del sector doméstico en Andalucía se ha estimado a partir del dato nacional,

corrigiendo dicho dato en función de las condiciones climatológicas de cada región (mayor consumo per cápita en las regiones más frías).

Para estimar las emisiones a nivel municipal se ha procedido a distribuir geográficamente dicho consumo de biomasa en los diferentes municipios andaluces, teniendo en cuenta que el consumo de biomasa es proporcionalmente mayor en zonas rurales.

Las emisiones más relevantes de la combustión de leña en las chimeneas domésticas son las de partículas, CO₂, CO, COVNM y NO_x. Se han estimado las emisiones de la combustión mediante el empleo de factores de emisión EPA y NPI.

Emisiones procedentes de la combustión de gas natural

Los combustibles gaseosos en el sector doméstico se emplean fundamentalmente en las cocinas y calefacciones de gas y en los termos o pequeñas calderas de calefacción y agua caliente.

Los combustibles gaseosos consumidos por excelencia son el gas natural y los gases licuados del petróleo (butano y propano), existiendo generalmente una relación de exclusión en el consumo de los mismos.

El consumo de gas natural se ve limitado por la extensión de la red de suministro del mismo. Dicho consumo en el año 2000 ha sido facilitado por la empresa que lo suministra.

Las emisiones más relevantes de la combustión de gas natural en instalaciones de combustión domésticas e institucionales o comerciales de reducida capacidad calorífica son las de CO₂, CO y NO_x. Se han estimado en base a factores de emisión CORINAIR, EPA y NPI.

Emisiones procedentes de la combustión de gases licuados del petróleo (butano y propano).

No se han encontrado datos sobre consumo de GLP específico del sector doméstico en Andalucía, pero sí de dicho consumo total en Andalucía del año 2000. Puesto que casi todo el butano y propano se consume en instalaciones de combustión familiares, residenciales e institucionales y en una cuantía muy poco significativa en otros sectores de actividad, como el sector industrial, no se comete

mucho error si se asocia el consumo total de GLP en Andalucía al sector doméstico andaluz.

El dato del consumo total de GLP en Andalucía en el año 2000 ha sido extraído del Anuario Estadístico de Andalucía.

La desagregación espacial a nivel municipal se ha efectuado considerando la relación de exclusión que existe entre los consumos de GLP y gas natural. Para ello se ha estimado el consumo energético medio de combustibles gaseosos del sector doméstico por habitante. En aquellos municipios en los que no se tiene suministro de gas natural, todos los combustibles gaseosos corresponden a GLP. En aquellos municipios que disponen de suministro de gas natural, se ha calculado el consumo energético procedente del gas natural y el montante restante hasta alcanzar el consumo energético medio corresponde a GLP.

Las emisiones más relevantes de la combustión de GLP en instalaciones de combustión domésticas e institucionales o comerciales de reducida capacidad calorífica son las de CO₂, CO, COVNM y NO_x.

Como en casos anteriores, las emisiones de la combustión GLP en instalaciones domésticas se han estimado aplicando factores de emisión en función del consumo de combustible.

Resultados

En la Tabla 5.1 se presentan los resultados de las emisiones totales en las diferentes provincias andaluzas debidas a las combustiones domésticas y comerciales.

TABLA 5.1 EMISIONES PROCEDENTES DEL SECTOR DOMÉSTICO Y COMERCIAL

	Emisiones	Ud.	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla	Andalucía
Contaminantes principales	SO ₂	t	64	103	77,3	309	43,5	115	126	99,3	938
	NO _x	t	214	393	302	557	192	336	471	548	3.013
	Partículas	t	564	812	1.107	1.358	846	1.320	1.284	1.811	9.102
	CO ₂	kt	214	392	318	535	206	346	483	588	3.084
	CO	t	4.087	5.877	8.044	9.796	6.154	9.595	9.312	13.165	66.031
	COVNM	t	3.697	5.309	7.277	8.876	5.570	8.690	8.416	11.890	59.726
	CH ₄	t	3,4	7	4,6	6,5	2,8	4,4	7,9	9,7	46,3
	N ₂ O	t	14,1	22,2	19,5	60	12,3	27,2	28,8	27,3	211
Orgánicos	Benceno	t	0,19	0,4	0,26	0,3	0,16	0,23	0,45	0,58	2,6
	Tolueno	t	37,8	54,3	74,4	90,6	56,9	88,8	86	122	610
	ODB	t	28,5	40,9	56,1	68,2	43	67	64,9	91,7	460
	HAP	kg	25,7	36,9	50,8	61,6	38,9	60,6	58,6	83	416
	Formaldehido	t	308	442	606	737	464	724	701	991	4.972
	Ciclohexano	t	0,049	0,11	0,079	0,078	0,046	0,06	0,13	0,19	0,74
Materiales Pesados	As	kg	3,5	5,3	6	11,5	4,3	7,6	7,7	9,4	55,4
	Cd	kg	5,9	9	9,2	21,9	6,3	12,1	12,5	13,7	90,6
	Cr	kg	33,5	61,5	39,2	103	23	48,6	67,8	63,5	440
	Hg	kg	0,79	1,3	0,89	4	0,47	1,4	1,5	1,1	11,5
	Ni	kg	23,1	44,5	27,5	50,2	16,9	30,5	47,6	49,4	290
	Pb	kg	4	7,2	4,8	14,5	2,7	6,1	8,2	7,5	55
	Zn	kg	465	681	909	1.099	691	1.075	1.064	1.504	7.488

5.2 Extracción y tratamiento de minerales

La estimación de las emisiones debidas a la extracción y tratamiento de minerales y productos de minería han sido efectuadas a partir de datos provinciales según grupos de productos. Los datos sobre tipos de minerales y producción han sido obtenidos del Anuario de Estadística Minera de España correspondiente al año 2000.

Para obtener las emisiones a nivel municipal se ha partido de las emisiones estimadas a nivel provincial y se ha desagregado en función de la superficie de cada municipio dedicada a actividades extractivas, obtenida del Mapa de Usos del Suelo de Andalucía.

Las actividades extractivas se han agrupado en cuatro tipos de explotaciones:

- minerales metálicos.
- minerales no metálicos.
- minerales energéticos.
- productos de cantera.

Las emisiones de partículas se estiman aplicando factores de emisión para las distintas operaciones implicadas en las actividades de extracción y tratamiento de minerales (trasiego de minerales, trituraciones, molienda, almacenamiento, etc).

Las emisiones asociadas al consumo de combustibles son debidas al empleo de motores de combustión interna.

Minerales metálicos

El procesado de minerales metálicos engloba las siguientes operaciones: extracción de los minerales (bien en minas a cielo abierto o subterráneas), operaciones de trituración y molienda, y separación, concentración y secado de los metales valiosos que facilitan su posterior manipulación y refinado.

La metodología CORINAIR no cuantifica las emisiones de partículas, principal contaminante atmosférico asociado a la actividad minera. Por tanto, los factores de emisión utilizados para la estimación de las emisiones de partículas son los recogidos en la metodología EPA en función de la cantidad de mineral tratado.

Los factores de emisión de partículas empleados suponen un proceso simplificado compuesto por trituración primaria, secundaria y terciaria dotada de filtro de mangas, molienda en seco dotada de ciclón y manipulación y transferencia de minerales.

Adicionalmente, han sido calculadas las emisiones debidas al consumo de combustibles.

Minerales no metálicos

La mayor parte de los minerales no metálicos son extraídos en minas a cielo abierto. La extracción se lleva a cabo mediante máquinas excavadoras y perforadoras o a partir de pequeñas voladuras (en aquellos casos en los que no se pueda acometer una extracción directa).

Los procesos implicados en el tratamiento de minerales no metálicos son trituraciones o molien-das, cribas y operaciones de separación del mineral valioso. Adicionalmente, se pueden realizar operaciones de secado, calcinación, peletizado y ensacado de los minerales, para facilitar su posterior manipulación o almacenamiento.

Para la estimación de emisiones se ha considerado un proceso estándar compuesto por trituración primaria, trasiego y manipulación de material.

Los factores utilizados para realizar la estimación de las emisiones de partículas de la minería no metálica son factores EPA en función de la cantidad de mineral tratado.

Asimismo, las emisiones asociadas al consumo de combustibles se han calculado aplicando los factores de emisión de la combustión en función del combustible consumido.

Extracción de minerales energéticos

Se han analizado las únicas explotaciones de esta índole existentes en Andalucía, concentradas en el valle del Guadiato, donde en la actualidad la producción de hulla y antracita se destina prácticamente en su totalidad a la generación de energía eléctrica.

Las principales operaciones que tienen lugar son la trituración, el trasiego y el almacenamiento de los productos, estimándose las emisiones de partículas aplicando factores de emisión EPA en función de la cantidad de minerales tratados.

Las actividades asociadas a la extracción, transporte y almacenamiento de carbón conllevan inherentemente emisiones de metano. El metano que permanece almacenado en el carbón depende de la cantidad almacenada, de la presión y de la temperatura de la veta carbonífera. Durante las operaciones de extracción, se reduce la presión a la que está sometido el carbón y se produce la liberación del metano almacenado.

Los factores utilizados para la determinación de las emisiones fugitivas de metano procedentes de la extracción y tratamiento de combustibles sólidos se han obtenido de las directrices IPCC en función de la cantidad de carbón extraído.

Adicionalmente, se han estimado las emisiones procedentes de la maquinaria aplicando factores de emisión en función del combustible consumido.

Productos de cantera

Se consideran dentro de este sector las emisiones de partículas debidas al procesamiento de productos de cantera.

Los principales productos extraídos son: piedra caliza, áridos en general, yeso, arcillas y margas y, en menor cuantía, mármoles y granito.

La estimación de las emisiones de partículas se ha llevado a cabo considerando un proceso tipo de extracción y tratamiento de productos de cantera que engloba las siguientes operaciones: extracción almacenamiento, descarga y trituración de materia prima, y transferencia y carga en camión del producto.

La estimación de la emisión de partículas se ha basado en la aplicación de factores de emisión EPA.

Asimismo, las emisiones asociadas al consumo de combustibles en la maquinaria se han calculado mediante factores de emisión.

Resultados

Los resultados del sector de extracción y tratamiento de minerales se muestran en la Tabla 5.2. Las emisiones de partículas proceden mayoritariamente de las operaciones de tratamiento de minerales y el resto procede del consumo de combustibles en la maquinaria, a excepción del CH₄, cuyo origen es mayoritariamente la extracción y almacenamiento del carbón.

TABLA 5.2 EMISIONES PROCEDENTES DE LA EXTRACCIÓN Y TRATAMIENTO DE MINERALES

	Emisiones	Ud.	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla	Andalucía
Contaminantes principales	SO ₂	t	1,5	0,42	1,1	0,78	0,74	0,21	0,53	1,8	7,2
	NO _x	t	75	20,8	55,1	38,1	36,4	10,5	26,1	90,4	352
	Partículas	t	24.640	16.538	14.592	18.332	11.883	12.370	34.347	16.387	149.090
	CO ₂	kt	4,8	1,3	3,6	2,5	2,4	0,68	1,7	5,8	22,8
	CO	t	6,5	1,8	4,8	3,3	3,2	0,91	2,3	7,9	30,8
	COVNM	t	3,3	0,92	2,4	1,7	1,6	0,47	1,2	4	15,6
	CH ₄	t	0,1	0,03	750	0,05	0,05	0,01	0,03	0,12	750
	N ₂ O	t	0,16	0,05	0,12	0,08	0,08	0,02	0,06	0,2	0,77

5.3 Asfaltado de carreteras

Las principales emisiones del asfaltado de carreteras son debidas a volatilización de COVNM de los productos petrolíferos que se añaden como ligantes a los áridos para formar las mezclas asfálticas.

Las metodologías CORINAIR y EPA para la determinación de las emisiones de la pavimentación y el asfaltado de carreteras se basan en el empleo

de una serie de productos que no se corresponden con los utilizados en España, y en especial en Andalucía, por lo que se cometería un error significativo si se estimasen estas emisiones usando como base de los cálculos los productos descritos en las guías mencionadas.

Los productos principalmente utilizados en Andalucía se engloban en dos grupos: mezclas bituminosas en caliente y mezclas bituminosas en frío. Ambos se componen principalmente de un 95%

de áridos y de un 5% de ligante bituminoso, pudiendo variar ligeramente estos porcentajes en función de las características finales que se deseen conferir a la mezcla.

La falta de datos específicos referentes a producción de mezclas bituminosas en Andalucía ha obligado a estimar las cantidades empleadas en Andalucía a partir de datos estadísticos de producción nacionales.

Para ello, conociendo la producción nacional y el número de kilómetros de carreteras a nivel nacional y en Andalucía, se ha estimado la cantidad de asfalto que correspondería a Andalucía.

Según la normativa vigente (Norma NLT-185), la cantidad media de ligante en las mezclas asfálticas es el 5% de la misma.

El cálculo de la fracción volátil de estos ligantes bituminosos se ha efectuado considerando la variación de masa en el residuo después de aplicar una película fina. Dicho valor depende del ligante empleado, oscilando normalmente la pérdida de masa en torno al 0,8% en el caso de las mezclas en caliente y del 1,4% en el caso de las frías. Las emisiones de COVNM corresponderían a dicha pérdida de masa.

Resultados

La desagregación espacial de estas emisiones a nivel municipal se ha efectuado en función de los kilómetros de carreteras existentes en cada municipio.

Las emisiones estimadas en cada provincia se exponen en la Tabla 5.3.

TABLA 5.3 EMISIONES DEBIDAS AL ASFALTADO DE CARRETERAS

Emisiones	Ud.	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla	Andalucía
COVNM	t	162	150	305	187	152	270	170	267	1.664

5.4 Distribución al por mayor de combustibles

Se engloban dentro de este apartado las emisiones debidas a las redes de distribución de gas natural (y sus instalaciones auxiliares) y las emisiones debidas al trasiego de combustibles líquidos en terminales marítimas.

Las emisiones más significativas de las redes de distribución de gas son las emisiones fugitivas de metano.

Las redes de distribución de gas se pueden clasificar en dos grandes grupos: redes nacionales de distribución, consistentes en líneas de alta presión y grandes diámetros, que se extienden a lo largo de cientos de kilómetros para conectar los puntos de entrada de gas a la red con los centros de distribución regionales y locales; y líneas de distribución comerciales y domésticas, de menor tamaño y operando a medias y bajas presiones para la distribución final del gas natural. Las pérdidas asociadas a la distribución son consideradas según la metodología CORINAIR como inexistentes para las redes de alta presión, habiendo sido conside-

radas por tanto exclusivamente las debidas a la red de media y baja presión.

Las pérdidas en la red de distribución de gas pueden deberse a fugas en las juntas o soldaduras, así como en compresores o válvulas. Cabe destacar que la calidad y reciente construcción de las infraestructuras han sido consideradas en la selección de los factores de emisión asociados a estas actividades.

El cálculo de las emisiones ha sido realizado mediante aplicación de la metodología CORINAIR, que aporta un factor de emisión de CH₄ en función del poder calorífico del gas natural suministrado.

Para efectuar la desagregación espacial a nivel municipal de las emisiones de gas natural se han considerado los municipios en los que el gas natural es consumido.

Las emisiones más relevantes derivadas de la distribución de combustibles líquidos en terminales marítimas son las emisiones fugitivas de COVNM de las operaciones de carga y descarga de combustibles líquidos.

Ante la ausencia de una metodología desarrollada por CORINAIR para estimar estas emisiones se ha seleccionado la metodología EPA. El método de cálculo se basa en factores de emisión en función de la cantidad de combustible trasegados.

Resultados

Las emisiones debidas a la distribución al por mayor de combustibles se recoge en la Tabla 5.4.

TABLA 5.4 EMISIONES PROCEDENTES DE LA DISTRIBUCIÓN AL POR MAYOR DE COMBUSTIBLES

Emisiones	Ud.	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla	Andalucía
CH ₄	t	3	440	51,2	7,4	339	50	74	203	1.107
COVNM	t	-	989	-	57	438	-	133	-	1.617

5.5 Estaciones de servicio

Para el cálculo de emisiones procedentes de las estaciones de servicio se ha partido de los datos sobre consumo de hidrocarburos en las provincias de Andalucía procedentes de la Secretaría General de Hidrocarburos del Ministerio de Economía.

Los cálculos realizados se basan en datos estadísticos provinciales sobre la cantidad de combustible anual vendido y utiliza factores de emisión CORINAIR en función del combustible suministrado y del tipo de descarga desde los camiones cisterna hasta los depósitos de almacenamiento de la estación de servicio.

Con objeto de poder asegurar la correcta elección del factor de emisión, se ha seleccionado aleatoriamente una muestra de gasolineras distribuidas por todo el territorio andaluz a las que se ha enviado un cuestionario específico, en el que se solicitaba información acerca del tipo de almacenamiento, de la operación de descarga del combustible y de la cantidad de combustible suministrado en el año 2000.

Las emisiones características de las estaciones de servicio son emisiones fugitivas de COVNM procedentes de las operaciones de manipulación y trasiego de hidrocarburos. Los factores de emisión de COVNM seleccionados del CORINAIR consideraran unas emisiones por tonelada de gasolina vendida en una estación de servicio, debidas a las operaciones de llenado de los tanques, al repostaje y a los posibles derrames.

Para efectuar la especiación de los COVNM, se ha recurrido a porcentajes en peso de COVNM, obtenidos del Manual de Técnicas de Estimación de Emisiones para Combustibles y Líquidos Orgánicos del NPI, basados en la composición porcentual de la fase vapor para determinados combustibles.

Resultados

Las emisiones estimadas para el año 2000 se presentan en la Tabla 5.5.

TABLA 5.5 EMISIONES PROCEDENTES DE LAS ESTACIONES DE SERVICIO

Contaminantes	Ud.	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla	Andalucía
COVNM	t	1.122	1.334	1.145	1.282	691	1.006	1.944	2.311	10.835
Benceno	t	8,50	12,80	9,00	11,00	6,30	7,90	19,50	20,60	95,70
Tolueno	t	7,2	11,4	7,7	9,5	5,6	6,70	17,4	18	83,50
ODB	t	9,7	10,7	9,8	10,7	5,6	8,7	15,4	19	89,4
HAP	kg	1.078	1.034	1.070	1.117	562	942	1.432	1.937	9.172
Ciclohexano	t	0,4	0,86	0,46	0,61	0,4	0,4	1,4	1,3	5,8

5.6 Limpieza en seco

Los contaminantes mayoritarios emitidos como consecuencia de los procesos de limpieza en seco son COVNM. La limpieza en seco puede definirse como el uso de disolventes orgánicos, principalmente tetracloroetileno, para limpiar ropa y otros textiles. El proceso se puede dividir en cuatro etapas:

- limpieza en un baño de disolvente.
- secado con aire caliente y recuperación del disolvente.
- secado final (desodorización).
- regeneración del disolvente usado

En las máquinas de circuito abierto la desodorización tiene lugar con descarga del aire de secado a la atmósfera, mientras que en las máquinas con circuito cerrado el disolvente contenido en el aire de secado se condensa dentro de la máquina. La emisión de disolvente ocurre mayoritariamente en la etapa de desodorización.

Con objeto de conocer cual era el disolvente mayoritariamente empleado en Andalucía, así como las características de las máquinas empleadas (circuito abierto o cerrado), se enviaron cuestionarios específicos para el sector a una muestra significativa del número total de establecimientos de limpieza en seco de Andalucía.

La totalidad de establecimientos de los que se obtuvo respuesta empleaban como disolvente el

percloroetileno y operaban con máquinas dotadas de circuito cerrado para recuperación de disolvente.

A la hora de elegir la metodología de cálculo de emisiones más adecuada, el principal factor a tener en cuenta ha sido la escasa disponibilidad de datos del sector. Existen factores de emisión CORINAIR en función bien de la cantidad total de disolvente consumido o bien del peso de ropa tratada. Debido a la no disponibilidad de estos datos ha sido necesario recurrir a un factor de emisión CORINAIR per cápita y año.

Los datos de censo poblacional para el año 2000 han sido obtenidos del Instituto de Estadística de Andalucía. A efectos de cálculo sólo se consideraron aquellos municipios cuya población superaba los 5000 habitantes, al ser la densidad de instalaciones establecida para España por CORINAIR de un establecimiento de limpieza en seco por 5.000 habitantes.

Según la metodología CORINAIR, el percloroetileno es el disolvente mayoritariamente empleado en los países de la Unión Europea, y concretamente en España supone el 95% de los disolventes empleados. Además, todas las plantas que han respondido a la encuesta empleaban este disolvente, por lo que se considera que el 95% de los COVNM emitidos son percloroetileno.

Resultados

Las emisiones de COVNM obtenidas según la metodología comentada se muestran en la Tabla 5.6.

TABLA 5.6 EMISIONES DEBIDAS A LA LIMPIEZA EN SECO

Contaminantes	Ud.	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla	Andalucía
COVNM	t	114	297	178	163	96,7	135	308	435	1.726
Percloroetileno	t	103	267	160	147	87	122	277	391	1.554

5.7 Uso de disolventes y otros productos

En este apartado se consideran, de forma general, las emisiones debidas a todos los usos de disolventes, a excepción de la limpieza en seco y a la extracción de aceite de orujo y de semillas, ya tratados en anteriores sectores de actividad. El uso de disolventes es una de las mayores fuentes de emisiones de COVNM.

De acuerdo con la metodología CORINAIR, la estimación de las emisiones derivadas del uso de disolventes se podría realizar a partir de la cantidad de disolvente consumido.

Estos datos de consumo no suelen estar disponibles, de modo que ha sido necesario el empleo de un factor de emisión per cápita para cada actividad en la que se empleen disolventes. Las actividades consideradas son las siguientes:

- pinturas, en todas sus aplicaciones.
- desengrasado industrial.
- uso de pegamentos y adhesivos.
- artes gráficas (empleo de tinta).
- uso doméstico de disolventes (salvo pinturas).

Las emisiones a nivel municipal de cada actividad se obtienen a partir de un factor de emisión per

cápita, multiplicándolo por el número de habitantes en cada municipio. Los datos de censo poblacional a nivel municipal fueron obtenidos del Instituto de Estadística de Andalucía.

Resultados

Los resultados obtenidos aparecen en la Tabla 5.7.

	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla	Andalucía
Pintura	2.332	5.063	3.462	3.641	2.066	2.897	5.755	7.807	33.022
Desengrasado industrial	441	956	654	688	390	547	1.087	1.475	6.237
Artes gráficas	337	731	500	526	298	419	831	1.128	4.770
Pegamentos y adhesivos	311	675	462	485	275	386	767	1.041	4.403
Uso doméstico de disolventes	1.382	2.933	1.993	2.106	1.196	1.670	3.373	4.526	19.179
TOTAL	4.802	10.359	7.070	7.446	4.225	5.919	11.813	15.976	67.611

5.8 Empleo de refrigerantes y propelentes

Se consideran dentro de este sector aquellas aplicaciones que utilizan hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆). Su importancia radica en su amplia difusión como sustitutos de los CFCs desde la imposición de su restricción salvo para aplicaciones de uso esencial, motivada por sus efectos perjudiciales para la capa de ozono. Nos enfrentamos ahora a la problemática de la importancia de estos sustitutos como gases potenciadores del efecto invernadero.

La amplia difusión de los fluorocarbonos se ha debido a sus excelentes propiedades termodinámicas, a ser químicamente estables y no inflamables. Estas, entre otras razones, han motivado su utilización masiva en aplicaciones tales como refrigeración y aire acondicionado, extintores de incendios y protección contra explosiones, aerosoles, limpieza con disolventes y soplado de espumas, entre otros, en el caso de los HFCs y PFCs, y como medio aislante, sustancia trazadora de escapes, aislamiento de gas en conmutadores eléctricos e interruptores automáticos, en el caso del SF₆.

La amplia gama de usos de estas sustancias da lugar a numerosas y variadas fuentes de emisión, difíciles de controlar en su totalidad.

Las guías metodológicas CORINAIR y EPA no presentan medios para estimar estas emisiones, por lo que ha sido preciso recurrir a las Directrices del IPCC para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero.

La aplicación de la metodología IPCC para estimar las emisiones debidas a la producción y utilización de estas sustancias hace preciso cuantificar las producciones de halocarbonos, así como las cantidades importadas y exportadas. En función de las cantidades cuantificadas para cada compuesto, se pueden aplicar factores de emisión basados en un porcentaje de la cantidad total utilizada, o de la producción total de cada uno de los compuestos.

Los datos de importación y exportación, así como las de producción nacional, posibilitan conocer los márgenes de utilización en los que se mueve cada sector, si bien, la difícil trazabilidad del comercio interior dificulta el conocimiento de su uso a nivel autonómico, y más aún a nivel provincial o municipal.

Se ha partido, por tanto, de los datos a nivel nacional del inventario de los gases de efecto invernadero realizado por el Ministerio de Medio Ambiente que fueron estimados aplicando la metodología del IPCC a nivel nacional, correspondientes al año 2000.

Las aplicaciones consideradas para los distintos compuestos son las siguientes:

- Metalurgia.
 - Producción de aluminio.
 - Fundición de aluminio.
 - Fundición de magnesio.
- Producción de halocarbonos y SF₆
 - Producción de HCFC-22
 - Emisiones fugitivas.
 - Otros.
- Consumo de halocarbonos y SF₆
 - Refrigeración y equipos de aire acondicionado.
 - Soplado de espumas.
 - Extintores de incendios.
 - Aerosoles, inhaladores dosificados.

- Disolventes.
- Producción de semiconductores.
- Aparatación eléctrica.
- Otros.

La desagregación a nivel municipal de las emisiones se ha realizado teniendo en cuenta la presencia de plantas de producción de estos compuestos y de plantas que los utilicen en sus procesos productivos. Para compuestos de uso doméstico se han desagregado las emisiones proporcionalmente a la población.

En la Tabla 5.8 se muestran los resultados agregados a nivel provincial.

TABLA 5.8 EMISIONES DE PROPELENTES Y REFRIGERANTES

Emisiones	Ud.	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla	Andalucía
SF ₆	kg	114	242	164	174	99	138	278	373	1.582
HFC	kg	29.445	62.480	42.504	44.879	25.500	35.664	71.918	96.504	408.893
PFC	kg	77	164	112	118	67	94	189	253	1.073

5.9 Agricultura

Las emisiones atmosféricas procedentes de las actividades agrícolas tienen su origen en:

- Cultivos con fertilizantes.
- Uso de pesticidas.
- Degradaciones anaerobias en arrozales.
- Quema de residuos agroforestales.
- Quema de rastrojos y paja.

Cultivos con fertilizantes

Se consideran en este apartado las emisiones de amoníaco (NH₃), óxido nitroso (N₂O) y óxidos de nitrógeno (NO_x) debidas a la aplicación de fertilizantes nitrogenados en los terrenos de cultivo y las debidas al crecimiento y descomposición de las plantas fertilizadas; y las emisiones de CH₄ de las zonas encharcadas de arrozales.

Las emisiones producidas como consecuencia de la aplicación de estiércol animal a los suelos de cultivo se considerarán dentro de las actividades ganaderas, como gestión de estiércol.

Las emisiones de NH₃ dependen del tipo de fertilizante aplicado, del tipo de suelo, de las condiciones meteorológicas y del tiempo de aplicación. En

particular, el tipo de fertilizante tiene un considerable efecto en la magnitud de las emisiones.

El NH₃ emitido se ha estimado aplicando la metodología CORINAIR, según la cual el tipo de suelo y el clima del país considerado afectan necesariamente a las emisiones. Esta metodología detallada clasifica los países en tres grupos, siendo en el grupo I (países cálidos con alta proporción de suelos calcáreos) donde se encuentra incluida España.

La metodología CORINAIR dispone de factores de emisión de NH₃ para distintos tipos de fertilizantes, debidos a la volatilización de los fertilizantes aplicados, emisiones foliares y a las originadas por la descomposición de la vegetación.

Por tanto, conociendo los consumos de los distintos tipos de fertilizantes a nivel provincial, se han calculado las emisiones de NH₃ aplicando los factores de emisión para países del grupo I. Los datos estadísticos de consumo de fertilizantes han sido obtenidos del Anuario Estadístico de Andalucía 2001.

El N₂O se produce predominantemente en dos procesos biológicos: nitrificación (oxidación de

amonio a nitrato) y desnitrificación (reducción de los nitratos a N_2O y N_2). La magnitud de las emisiones depende, principalmente, de la cantidad y la forma de aplicación del fertilizante, del tipo de cultivo y de la temperatura y humedad del suelo.

La metodología IPCC (Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático) estima las emisiones directas de N_2O del suelo como una fracción del nitrógeno que entra en dicho suelo procedente de los fertilizantes, excluyendo en esa fracción las emisiones de NH_2 .

Los suelos orgánicos (histosoles o turberas) también emiten N_2O . Según la metodología IPCC dichas emisiones se calculan multiplicando la superficie de suelos orgánicos por su correspondiente factor de emisión.

El monóxido de nitrógeno (NO) puede emitirse tanto como consecuencia de la nitrificación, como de la desnitrificación. En cultivos con fertilizantes donde el pH se mantiene ligeramente ácido, la nitrificación suele ser el mecanismo predominante. La producción de NO en suelos dedicados a la agricultura se debe, fundamentalmente, a la concentración de nitrógeno mineral, originándose un aumento de éste debido a la aplicación de fertilizantes nitrogenados.

Para estimar las emisiones de NO se aplica una metodología simple similar a la descrita anteriormente para el N_2O , es decir, las emisiones de NO se calculan a partir del nitrógeno total aplicado al suelo mediante fertilizantes.

De acuerdo con la metodología CORINAIR, los COVNM producidos por el uso de fertilizantes en cultivos pueden estimarse aplicando la metodología de estimación de emisiones biogénicas de la misma guía. Se ha adoptado esta metodología, que se describe en el apartado de cálculo de emisiones de Fuentes Biogénicas del presente documento.

Las emisiones de CH_4 en la agricultura proceden del metabolismo anaerobio de los microorganismos del suelo en las condiciones de anaerobiosis que se alcanzan en los terrenos encharcados de los arrozales.

Para estimar dichas emisiones de CH_4 se ha empleado la Metodología del Libro de Trabajo IPPC para la elaboración de Inventarios de Gases de

Efecto Invernadero. Dicha metodología se basa en un factor de emisión por unidad de superficie.

La superficie total de arrozales en Andalucía se ha obtenido del Anuario Estadístico de Andalucía.

Uso de pesticidas

Las emisiones procedentes del uso de pesticidas en agricultura están influenciadas por:

- La forma de aplicación.
- Su posible aplicación en invernaderos.
- La presión de vapor del pesticida en cuestión
- Los aditivos usados para obtener mejores resultados de aplicación.
- Las condiciones meteorológicas durante la aplicación.
- La altura del cultivo.

Estas emisiones se han estimado siguiendo la metodología CORINAIR a partir de datos de uso de pesticidas en la agricultura en Andalucía, mediante el empleo de un factor de emisión.

Se ha empleado un factor de emisión medio para la multitud de productos fitosanitarios que existen en el mercado y de uso en Andalucía. Este factor medio se ha calculado a partir de los factores CORINAIR para cada producto, de la composición de cada pesticida y del consumo de productos fitosanitarios en Andalucía, cuyos datos de consumo han sido obtenidos del Anuario Estadístico de Andalucía 2001.

Los cálculos de emisiones se han realizado a nivel provincial, desagregándose a nivel municipal de forma proporcional a la superficie destinada a la agricultura.

Quema en campo abierto de residuos agroforestales

Estas emisiones dependen de muchas variables, pero las más importantes son el tipo de residuo quemado y el contenido en humedad del mismo.

Las emisiones más características de la quema de residuos agroforestales son partículas, CO, CO_2 , COV y en menor medida HAP y NO_x .

La metodología CORINAIR propone estimar las emisiones de cada contaminante utilizando factores de emisión en función de la masa de residuo quemado.

Dicha metodología estima que la cantidad media de residuo quemado por hectárea de tierra labrada es de 25 kg.

Los datos estadísticos de superficie de tierra labrada en Andalucía se han tomado del Sistema de Información Multiterritorial de Andalucía (SIMA) del IEA.

Los factores de emisión disponibles en la metodología CORINAIR para la quema de residuos agroforestales en campo abierto son de HAP, COVNM y NH₃. Dada la falta de factores de emisión para otros contaminantes derivados de esta actividad, se ha recurrido a otras fuentes, seleccionándose factores de emisión para partículas, CO y CH₄ de la EPA y para el resto de contaminantes (NO_x, COVNM y metales pesados del «Emissions Estimation Technique Manual for Aggregated Emissions from Prescribed Burning and Wildfires» del NPI.

Las emisiones de CO₂ se han estimado aplicado la misma metodología descrita en el apartado siguiente de quema de rastrojos.

Quema en campo abierto de rastrojos

Esta actividad comprende la quema de rastrojos de cultivos in situ, destacando las emisiones de CO, CH₄, NO_x, NH₃ y CO₂ derivadas de la combustión de la paja seca, principal residuo de los cultivos quemados in situ.

La metodología seleccionada para estimar las emisiones es la metodología CORINAIR. Esta metodología combina el empleo de factores de emisión por cantidad de rastrojo quemado, y el de datos estadísticos sobre superficies de cultivos.

Esta actividad se lleva a cabo principalmente en las tierras labradas de cultivos herbáceos, siendo despreciable en el resto de las superficies agrícolas.

Para poder aplicar la metodología CORINAIR es necesario estimar qué cantidad de residuo se quema por hectárea. Para ello, se han seguido las directrices del CORINAIR que establece que la cantidad media de paja producida por hectárea de cultivos herbáceos es aproximadamente de 5 toneladas por hectárea, destinándose a su quema el 0,5% de la paja producida.

El CORINAIR sólo recoge factor de emisión para el NH₃, y sugiere que se adopte la metodología IPCC para estimar las emisiones del resto de

contaminantes (CH₄, CO, CO₂, N₂O, NO_x).

Adicionalmente, se han seleccionado los factores de emisión EPA para partículas y NPI para metales pesados.

Resultados

Los resultados obtenidos de la estimación de emisiones originadas por las actividades agrícolas descritas se muestran en la Tabla 5.9, donde las emisiones de NH₃, N₂O y NO corresponden principalmente al uso de fertilizantes, las emisiones de COVNM proceden fundamentalmente del empleo de productos fitosanitarios, las emisiones de metano derivan en su mayoría de los arrozales, y el resto de contaminantes de la quema de rastrojos y residuos agroforestales.

TABLA 5.9 EMISIONES PROCEDENTES DE LA AGRICULTURA

	Emisiones	Ud.	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla	Andalucía
Contaminantes principales	NO _x	t	297	107	673	334	78,2	342	244	953	3.030
	Partículas	t	54,3	136	262	184	82,3	183	92,8	352	1.347
	CO ₂	kt	9,3	23,3	45	31,5	14,1	31,4	15,9	60,4	231
	CO	t	641	1.054	2.518	1.972	742	2.352	1.097	2.880	13.257
	COVNM	t	3.463	3.694	11.053	9.318	4.189	11.175	5.728	12.610	61.231
	CH ₄	t	21,4	459	63,2	67,6	21,2	58,4	35,2	6.640	7.366
	N ₂ O	t	511	160	1.129	534	116	540	401	1.620	5.011
NH ₃	t	35,4	42,2	161	75,4	25,7	75	51,2	222	687	
Espección de COVNM	HAP	kg	378	732	1.733	1.228	481	1.624	664	2.022	8.863
Materiales Pesados	As	kg	0,14	0,35	0,67	0,47	0,21	0,47	0,24	0,9	3,4
	Cd	kg	2,9	7,2	13,8	9,7	4,3	9,7	4,9	18,6	71
	Cr	kg	1,4	3,6	6,9	4,9	2,2	4,8	2,5	9,3	35,6
	Cu	kg	1	2,5	4,9	3,4	1,5	3,4	1,7	6,6	25,2
	Hg	kg	0,6	1,5	2,9	2	0,91	2	1	3,9	14,9
	Ni	kg	0,83	2,1	4	2,8	1,3	2,8	1,4	5,4	20,6
	Pb	kg	2,4	5,9	11,4	8	3,6	7,9	4	15,3	58,4
Zn	kg	3,9	9,7	18,7	13,1	5,9	13,1	6,6	25,2	96,1	

5.10 Ganadería

Las emisiones atmosféricas derivadas de las actividades ganaderas son:

- Emisiones de CH₄ procedentes de la fermentación entérica y residuos animales.
- Emisiones de NH₃ y N₂O de la gestión del estiércol.

Emisiones de CH₄ procedentes de la fermentación entérica y residuos animales

La fermentación entérica en los herbívoros produce metano como subproducto. La cantidad de este metano depende del tipo, edad y peso del animal, calidad y cantidad de la alimentación y del consumo de energía del animal.

Se produce también metano por la descomposición de los componentes orgánicos de los residuos animales. Dichas emisiones dependen de la cantidad de residuos producidos y de la fracción de residuos descompuestos de forma anaeróbica. Cuando los residuos animales se almacenan o se tratan como líquidos, éstos tienden a descomponerse de forma anaeróbica.

El cálculo de emisiones se basa en la metodología simple recomendada por el IPCC, la cual usa un factor de emisión medio por animal. Este factor se multiplica por el número de animales de cada clase que aparece en el censo ganadero de Andalucía a nivel provincial del año 2000, Anuario Estadístico de Andalucía 2001.

Para desagregar las emisiones a nivel municipal se han tomado criterios de reparto en base al censo ganadero municipal de 1989, último censo ganadero a nivel municipal disponible.

Gestión de estiércol

Las emisiones de amoníaco procedentes del estiércol del ganado dependen de muchos factores:

- el nitrógeno contenido en la alimentación.
- la cantidad de nitrógeno en los residuos animales.
- el tipo de especies animales, su edad y peso.
- el sistema de almacenamiento de los residuos.
- las condiciones climáticas.

Las emisiones de NH₃ procedentes de los residuos animales tras su esparcimiento en la tierra dependen de:

- las propiedades de los residuos animales.
- las propiedades del suelo.
- las condiciones meteorológicas.

Las emisiones de N₂O procedentes del suelo debidas a actividades agrícolas que emplean el estiércol como fertilizante dependen de muchos parámetros, entre los que se encuentran: características específicas de los suelos, cultivos, tipos de fertilizantes y el clima, el cual influye enormemente en las emisiones biogénicas de N₂O.

Para el cálculo de emisiones de NH₃ se ha aplicado la metodología CORINAIR, la cual consiste en estimar las emisiones procedentes de la ganadería mediante el uso de un factor de emisión medio por animal para cada clase de animal y multiplicar éste por el número de animales.

La metodología adoptada para la estimación de emisiones de N₂O es la desarrollada por el IPCC, según la cual las emisiones de N₂O se estiman como un porcentaje del nitrógeno que entra a formar parte del suelo. La metodología IPCC proporciona factores de emisión para la obtención de estas emisiones para los distintos tipos de gestión de residuos animales.

Las emisiones de N₂O se calculan multiplicando para cada tipo de animal el número de cabezas por el nitrógeno excretado por cabeza y por el factor de emisión de N₂O por nitrógeno entrante al suelo.

Resultados

Los resultados de las emisiones procedentes de las actividades ganaderas se resumen en la Tabla 5.10, donde las emisiones de CH₄ proceden de la fermentación entérica y las de NH₃ y N₂O de la gestión del estiércol.

TABLA 5.10 EMISIONES PROCEDENTES DE LAS ACTIVIDADES GANADERAS

Emisiones	Ud.	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla	Andalucía
CH ₄	t	9.360	14.301	13.440	8.508	12.156	6.816	8.258	29.792	102.631
NH ₃	t	3.454	2.934	3.030	1.431	3.680	1.457	2.546	7.295	25.827
N ₂ O	t	386	345	395	357	382	235	328	957	3.383

5.11 Emisiones biogénicas

Comprende la estimación de las emisiones generadas de forma natural. Incluye las emisiones de compuestos orgánicos volátiles producidos por las hojas de todo tipo de especies arbóreas y de vegetación baja, las emisiones de NO_x generadas en los suelos de las zonas ocupadas por estas mismas especies vegetales, las de CH₄ procedentes de descomposición anaerobia de materia orgánica en zonas húmedas (marismas) y en última instancia, las emisiones de CH₄ y NH₃ de los mamíferos (excepto ganadería).

Emisiones foliares

Proceden de las hojas de todos los tipos de bosques, tanto de especies caducifolias como de especies perennifolias. Las hojas de los árboles son una fuente de compuestos orgánicos volátiles, entre los que se incluyen isopreno, monoterpenos y otros compuestos orgánicos.

Para el cálculo de estas emisiones se ha utilizado la metodología CORINAIR, la cual se basa en que para todos los tipos de vegetación (bosques de coníferas, bosques de frondosas, bosques en galería, matorral y pastizal) se tiene un flujo de emisión por metro cuadrado y hora, que depende de la emisión potencial media horaria por unidad de peso para cada especie, de la densidad de biomasa foliar y de un factor adimensional que representa los efectos de los cambios de radiación y temperatura sobre las emisiones.

La metodología simple CORINAIR consiste en modificar la ecuación anterior para que pueda ser válida a nivel estacional, obteniéndose valores integrados para la emisión potencial y el factor adimensional, en función del tipo de vegetación y la zona geográfica. Se dispone de datos medios para España de emisión potencial, densidad foliar y el factor adimensional mencionado anteriormente. Multiplicando estos factores tenemos para cada

compuesto (isopreno, terpenos y otros COV) y cada tipo de vegetación, la emisión media anual por m² de superficie.

El cálculo de emisiones se ha realizado multiplicando dicha emisión media anual por unidad de superficie por el área de cada tipo de vegetación (bosque de coníferas, bosque de frondosas, bosque de galería, matorral y pastizal), obtenida del Mapa de Usos del Suelo de Andalucía.

Emisiones del suelo

Son las emisiones producidas biogénicamente por los suelos en áreas no cultivadas, principalmente emisiones de NO_x en forma de NO que son producidas por microorganismos en el suelo.

Para el cálculo de emisiones de NO se ha empleado la metodología CORINAIR, comúnmente conocida como «Second-version of the Biogenic Emissions Inventory System (BEIS-2)», mediante la cual se pueden estimar las emisiones de cultivos, bosques, matorrales y pastizales. BEIS-2 calcula un flujo de emisiones basado en el tipo de uso y temperatura del suelo.

Para aplicar esta metodología ha sido preciso disponer de las temperaturas medias anuales provinciales, obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología.

Aplicando esta metodología se obtiene un flujo de emisión por unidad de superficie, realizándose la estimación de las emisiones a partir de las superficies de los distintos tipos de bosque y del pastizal y matorral a partir del Mapa de Usos del Suelo de Andalucía.

Descomposición anaerobia en zonas húmedas

Se engloban en este apartado las emisiones de metano producidas en suelos saturados de áreas permanente o estacionalmente inundadas. No se consideran en este apartado las emisiones de los arrozales, por estar recogidas en las emisiones de los suelos agrícolas.

El metano es producido por el metabolismo de las bacterias anaerobias gracias a las condiciones de anaerobiosis que se alcanzan en el suelo de las zonas de marismas.

Para la determinación de las emisiones de metano se ha seguido la metodología CORINAIR que

estima las emisiones de metano como el producto de los siguientes factores: área de cada tipo de zona húmeda, factor de emisión diario por unidad de superficie y factor de estacionalidad (días/año).

Los factores de emisión se seleccionan según el tipo de zona húmeda que contempla la metodología CORINAIR. De todos los tipos contemplados en dicha metodología el único que se aproxima a las características de las zonas húmedas en Andalucía es el de marisma.

El área de marisma existente en la Comunidad Autónoma de Andalucía se obtuvo del Mapa de uso del suelo de la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

Emisiones de los mamíferos (excepto ganadería)

Se recogen en esta sección las emisiones derivadas del metabolismo de los mamíferos, a excepción de la ganadería. Las emisiones son producidas en los procesos metabólicos en los intestinos de los animales y en la excreción. Son fundamentalmente emisiones de CH₄ y NH₃.

Según la metodología CORINAIR, los principales grupos de mamíferos a considerar en esta estimación son los animales salvajes (ciervos, osos, jabalíes, ratones, pájaros, etc) y los humanos.

Ante la falta de datos sobre la densidad de población de los animales referidos, se han considerado solamente las emisiones de CH₄ y NH₃ procedentes del metabolismo y excreción humanas.

Estas emisiones de CH₄ y NH₃ se han estimado multiplicando los factores de emisión por el número de habitantes en cada municipio.

Resultados

Las emisiones biogénicas de NO procedentes del suelo, de CH₄ procedentes de zonas húmedas y mamíferos y las emisiones foliares de COVNM (isopreno, terpenos y otros compuestos orgánicos volátiles) se muestran en la Tabla 5.11.

TABLA 5.11 EMISIONES BIOGÉNICAS

	Emisiones	Ud.	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla	Andalucía
Contaminantes principales	NOx	t	15	3	3	8	6	5	3	3	47
	COVNM	t	11.286	4.341	9.713	18.356	11.615	20.238	8.594	3.788	87.931
	CH ₄	t	54	990	78	134	3.073	64	77	2.642	7.112
	NH ₃	t	27	57	39	67	23	32	38	87	370

5.12 Incendios forestales

Las emisiones consideradas en este apartado proceden de los incendios de los bosques, monte bajo (matorrales) y pastizales, excluyendo la quema de rastros.

Los productos mayoritarios de la quema de biomasa son CO₂ y vapor de agua. Se producen también partículas y trazas de gases, incluyendo productos de combustión incompleta (CO, hidrocarburos) y compuestos de nitrógeno y azufre.

Para el cálculo de las emisiones se ha aplicado la metodología CORINAIR siguiendo dos pasos:

- (i) Estimación de las emisiones de carbono de la superficie quemada.
- (ii) Estimación de las emisiones de otros gases traza utilizando ratios de emisión con respecto al carbono.

El cálculo básico de la masa de carbono emitido es el producto de una serie de factores:

- Fracción media de carbono en la madera.
- Superficie incendiada (m²).
- Biomasa media total del material combustible por unidad de superficie (kg/m²).
- Fracción de la biomasa media aérea sobre la biomasa media total.
- Eficiencia de la combustión de la biomasa aérea.

Todos estos factores han sido recopilados de la metodología CORINAIR para bosque mediterráneo y matorral, a excepción de la superficie incendiada, que ha sido suministrada por la Consejería de Medio Ambiente.

Resultados

Las emisiones procedentes de incendios forestales se muestran en la Tabla 5.12.

TABLA 5.12 EMISIONES PRODUCIDAS EN LOS INCENDIOS FORESTALES

	Emisiones	Ud.	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla	Andalucía
Contaminantes principales	SO ₂	t	4,6	2,2	1,6	12,4	5,6	4	2,7	1,2	34,2
	NOx	t	19,5	9,5	7,1	55,5	25,5	18,1	11,5	5,4	152
	CO ₂	kt	24,2	11,5	6,8	57,3	24,1	18,2	14	5,7	162
	CO	t	556	271	204	1.585	728	516	328	153	4.341
	COVNM	t	51	24,8	18,6	145	66,6	47,1	30	14,1	397
	CH ₄	t	36,3	17,7	13,3	103	47,5	33,6	21,4	10	283
	N ₂ O	t	1,1	0,53	0,42	3,2	1,5	1,1	0,65	0,31	8,8
	NH ₃	t	4,6	2,2	1,6	12,4	5,6	4	2,7	1,2	34,2

■ VI. Emisiones de gases de efecto invernadero en Andalucía

VOLVER

VI. Emisiones de gases de efecto invernadero en Andalucía

Los seis gases que contribuyen, en mayor medida, al efecto invernadero son:

- CO₂ - N₂O - HFC
- CH₄ - SF₆ - PFC

En la Tabla 6.1 se muestran las emisiones de estos gases inventariadas en Andalucía en el año 2000.

TABLA 6.1 EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

	CO ₂ kt/a	CH ₄ t/a	N ₂ O t/a	SF ₆ kg/a	HFC kg/a	PFC kg/a
PLANTAS INDUSTRIALES	28.537	2.208	1.695	–	–	–
Generación energía eléctrica	14.102	191	641	–	–	–
Sector petroquímico	4.507	1.778	370	–	–	–
Cemento, cales y yesos	4.773	4,1	14,3	–	–	–
Sector químico	1.137	43,1	124	–	–	–
Materiales no metálicos	551	102	6,1	–	–	–
Industria papelera	1.775	17,9	94,8	–	–	–
Industria alimentaria	591	20,6	333	–	–	–
Industria del aceite	722	32,6	88,7	–	–	–
Industria del metal	352	18	13,9	–	–	–
Otras plantas industriales	27,5	0,76	8,2	–	–	–
PLANTAS NO INDUSTRIALES	199	102.457	54	–	–	–
Hospitales	59,9	0,8	9,3	–	–	–
EDAR	83,1	156	44,5	–	–	–
Plantas de Tratamiento	56	102.300	0,28	–	–	–
FUENTES ÁREA MÓVILES	14.063	2.660	1.662	–	–	–
Tráfico rodado	11.705	2.571	989	–	–	–
Tráfico aéreo	513	–	–	–	–	–
Tráfico marítimo	184	–	–	–	–	–
Tráfico ferroviario	46,7	2,6	18,2	–	–	–
Maquinaria agrícola	1.615	86,3	655	–	–	–
FUENTES DE ÁREA ESTACIONARIAS	3.499	119.296	8.615	1.582	408.893	1.073
Sector doméstico	3.084	46,3	211	–	–	–
Extracción y tratamiento de minerales	22,8	750	0,77	–	–	–
Distribución de gas	–	1.107	–	–	–	–
Uso refrigerantes y propelentes	–	–	–	1.582	408.893	1.073
Agricultura	231	7.366	5.011	–	–	–
Ganadería	–	102.632	3.383	–	–	–
Fuentes biogénicas	–	7.112	–	–	–	–
Incendios forestales	162	283	8,8	–	–	–
TOTAL	46.298	226.621	12.026	1.582	408.893	1.073

En la Tabla 6.2 se muestra el potencial de calentamiento global (GWP, Global Warming Potential) de los distintos gases de efecto invernadero (GEI).

El potencial de calentamiento global (GWP) es un concepto desarrollado para poder comparar la contribución al efecto invernadero de los distintos GEI. La referencia de comparación es el CO₂ y el GWP de cada gas se refiere a la cantidad de CO₂ equivalente en términos de capacidad de absorción de calor en la atmósfera.

En la Tabla 6.3 se muestran las emisiones de GEI en Andalucía y su contribución al efecto invernadero en términos de CO₂ equivalente.

**TABLA 6.2
POTENCIAL DE CALENTAMIENTO
GLOBAL DE GEI**

Gases	GWP
CO ₂	1
CH ₄	23
N ₂ O	296
HFC ⁽¹⁾	1.300
PFC ⁽²⁾	8.600
SF ₆	22.200

⁽¹⁾ HFC-134a

⁽²⁾ C₄F₁₀

TABLA 6.3 EMISIONES DE GEI EN ANDALUCÍA

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	SF ₆	HFC	PFC
Emisiones totales (t)	46.295.694	226,6	12,03	1,58	408,9	1,07
Contribución al efecto invernadero (kt equivalentes de CO ₂)	46.295,7	5.212,3	3.559,7	35,12	531,6	9,23
Contribución al efecto invernadero (%)	83,20%	9,37%	6,40%	0,06%	0,96%	0,02%

Como se puede observar, el CO₂ es el principal GEI, tanto cuantitativamente como en términos de contribución al efecto invernadero, seguido a gran distancia por CH₄ y N₂O y en menor medida por HFC, SF₆ y PFC.

Las principales fuentes de emisión de CO₂ la constituyen las combustiones, tanto en instalaciones industriales como en motores de combustión interna de vehículos. Las principales fuentes de emisión de CO₂ son la generación de energía eléctrica y el tráfico rodado, seguidos de las industrias petroquímica y cementera, el sector doméstico y la maquinaria agrícola.

El segundo GEI que más contribuye al calentamiento global de la atmósfera es el CH₄, que procede principalmente de la ganadería y las plantas de tratamiento de residuos urbanos, seguida a distancia de las emisiones biogénicas en marismas, del sector petroquímico y de la distribución de gas natural.

El tercer GEI en importancia es el N₂O cuyas principales fuentes de emisión son la agricultura y la ganadería, seguido del sector industrial en su conjunto y del tráfico rodado.

Por último, la contribución de los HFC, PFC y SF₆ se limita a aproximadamente el 1 % de la contribución al calentamiento global de la atmósfera, originándose dichas emisiones principalmente en el uso de refrigerantes, aerosoles y extintores de incendios en el caso de HFC y PFC, y en aparataje eléctrica en el caso del SF₆.

Finalmente, cabe destacar que parte de las emisiones de CO₂ se deben a la combustión de biomasa en instalaciones industriales, sector doméstico o incendios forestales, así como a transformaciones de la materia orgánica en CO₂ en vertederos y estaciones depuradoras de aguas residuales. Estas emisiones no contribuyen al efecto invernadero ya que proceden de la transformación de materia orgánica, que a su vez se ha generado a partir de la absorción de CO₂ de la atmósfera en un horizonte temporal cercano. Estas fuentes suponen un total de 2.399 kt de CO₂, por lo que restando su aporte se reduce la contribución al calentamiento global (considerando todos los GEI) en un 4,6 %.