

INTRODUCCIÓN A LA CALIDAD DEL AIRE

— ANTECEDENTES

La calidad del aire está influenciada por una variedad de factores y es un tema complejo. El término calidad del aire se refiere al nivel en que el aire, en un lugar determinado, está libre de contaminantes. Los contaminantes del aire son sustancias presentes en la atmósfera en concentraciones por encima de sus niveles normales que pueden tener un efecto medible en los seres humanos, los animales y la vegetación.

concawe

Contami- nantes habituales del aire

Los contaminantes del aire son sustancias normalmente presentes en la atmósfera que cuando se encuentran en concentraciones superiores a los niveles normales pueden tener efectos sensibles en las personas, los animales y la vegetación. Los contaminantes atmosféricos tienen orígenes diversos y pueden ser generados tanto de forma natural como por la actividad humana. Se destacan los siguientes:

- **Dióxido de azufre (SO₂):** El SO₂ es un gas incoloro y no inflamable. Al ser liberado a la atmósfera, el SO₂ da origen a otros compuestos, sobre todo sulfatos, a su vez importantes precursores de partículas sólidas secundarias. La fuente principal del SO₂ de origen humano se encuentra en los humos producidos por la combustión de combustibles fósiles (como carbón, productos petrolíferos pesados,...) y de biomasa que contenga azufre. La actividad volcánica genera también SO₂ de forma natural.
- **Óxidos de Nitrógeno (NO_x):** Se designa de forma genérica como NO_x a las mezclas de óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO₂). Los NO_x se producen en los procesos de combustión. La mayoría de NOx es emitido como NO, que a su vez se convierte en NO₂ por reacción química con el ozono. El NO₂ es un gas de color rojizo-parduzco. A la luz solar, el NO₂ se descompone nuevamente en NO, por lo que la composición del NOx en el aire ambiente es muy variable. Las normas de Calidad del Aire limitan la concentración de NO₂, pero no las de NO ni de NO_x. Entre las fuentes naturales de NO₂ destacan los incendios forestales y los rayos. Las fuentes de origen humano más importantes son la combustión de combustibles fósiles y de biomasa. Las emisiones de NO_x también son importantes precursoras de partículas sólidas secundarias.

- **Partículas Sólidas (PM):** Las Partículas se clasifican por su tamaño. Las divisiones que se establecen son, en primer lugar, "Partículas Totales en suspensión" (por ejemplo, polvo), PM_{10} (las de diámetro inferior a $10\mu m$), $PM_{2.5}$ (las de diámetro inferior a $2,5\mu m$), y Partículas ultrafinas (las de diámetro inferior a $0,1\mu m$). Las partículas se consideran «primarias» si han sido emitidas al aire directamente como sólidos, o «secundarias» si se han formado por reacciones químicas entre los distintos gases presentes en la atmósfera. Las fuentes más importantes de las partículas atmosféricas son el polvo y el humo: polvo producido por el tráfico, y el generado por las actividades agrícolas, humos del tubo de escape de los vehículos, de la quema de biomasa, de los incendios forestales y la quema de madera y por las actividades industriales. En el Sur de Europa también es relevante el polvo arrastrado por los vientos procedentes del Sáhara. Las partículas secundarias constituyen una fracción considerable de la $PM_{2.5}$, creada a partir de NO_x , SO_2 y amoníaco (NH_3).
- **Monóxido de carbono (CO):** El CO es un gas incoloro e inodoro. La fuente del CO atmosférico es la combustión incompleta de combustibles fósiles, procesos industriales y fenómenos naturales, como incendios forestales.
- **Compuestos Orgánicos Volátiles (VOCs):** Los VOC son sustancias orgánicas cuya composición posibilita su evaporación en condiciones atmosféricas normales. Ejemplos de VOC son el benceno, el etilén glicol y el formaldehído. Los VOCs son importantes porque son los precursores primarios de la formación de ozono y partículas sólidas, que producen el "smog" a nivel del suelo. Las fuentes de VOCs pueden ser naturales (p. ej., la vegetación) o de origen humano (p. ej., la industria química y la quema de combustibles fósiles). Se estima que las fuentes naturales como bosques, praderas y humedales contribuyen considerablemente más que las fuentes de origen humano a las emisiones de VOCs.
- **Ozono (O_3):** No se emite directamente ozono a la atmósfera, sino que aparece en el aire generado por reacciones químicas entre el NO_x y los VOCs en presencia de radiación solar. El ozono está presente de forma natural y es una sustancia muy importante en la alta atmósfera, donde bloquea la radiación ultravioleta, pero puede ser dañino a nivel del suelo.
- **Amoníaco (NH_3):** El amoníaco es un compuesto muy reactivo y no permanece mucho tiempo en la atmósfera. Las emisiones de NH_3 se producen sobre extensas áreas. El amoníaco reacciona produciendo sulfato y nitrato amónicos, que son los componentes principales de las Partículas Sólidas Secundarias. Aproximadamente el 94% de las emisiones de NH_3 en Europa procede de las actividades agropecuarias.

Los Gases de Efecto Invernadero Dióxido de Carbono (CO_2) y Metano (CH_4) no se consideran generalmente contaminantes del aire, aunque de forma errónea se describen como tales en ocasiones.

Los términos emisiones y concentraciones se confunden a veces. La emisión es la cantidad de contaminante descargado a la atmósfera desde una fuente específica en un tiempo determinado y se expresa generalmente en términos de masa por unidad de tiempo (p. ej., kg/h). La concentración es la cantidad de contaminante en la atmósfera en un volumen determinado de aire y se expresa en términos de masa por unidad de volumen (p.ej., $\mu g/m^3$). La Concentración en el Aire Ambiente es el término generalmente empleado para expresar valores de calidad de aire que pueden ser comparados con los límites establecidos por la legislación. En Europa, los valores límite de los parámetros de calidad del aire se establecen para la protección de la salud humana y se publican en la Directiva de Calidad del aire y de aire limpio para Europa (2008/50/EC)¹.

La naturaleza de una fuente emisora (qué se emite, cuánto se emite, cuándo y con qué frecuencia se emite, a qué altura se emite), además de los datos meteorológicos y del clima, la distancia a la fuente y las características del terreno son factores que inciden sobre las concentraciones de calidad de aire. Por tanto, la relación entre emisiones y concentraciones en el aire ambiente no se puede definir con claridad. Generalmente, la concentración de un contaminante determinado en el aire ambiente es la suma de muchas contribuciones de distintas fuentes. La reducción de las emisiones en un determinado porcentaje no reduce por tanto las concen-

Emisiones de Calidad del Aire vs Concentraciones en el Aire Ambiente

¹ Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050&from=EN>.

traciones en el aire ambiente en la misma cantidad. Por esta razón las estrategias de control de emisiones tienen que adaptarse a las condiciones locales y será necesaria la cooperación internacional para actuar sobre la concentración "de fondo".

Dispersión y Deposición

Dispersión es la distribución de los contaminantes del aire en el seno de la atmósfera y deposición la transferencia de los mismos a la tierra y a las aguas superficiales tanto directamente (deposición seca) como mediante la lluvia (deposición húmeda). Las cantidades y pautas de dispersión dependen en gran medida de las condiciones meteorológicas. Por ejemplo, durante un episodio de inversión, cuando una bolsa de aire frío queda atrapada cerca del suelo por una capa de aire más caliente situada encima, el aire no puede ascender y las concentraciones de contaminantes al nivel de suelo aumentan (ver figura).

² Agencia Europea de Medio Ambiente «Dispersión de contaminantes del aire»: <https://www.eea.europa.eu/publications/2599XXX/page005.html>.

En general, temperaturas altas, vientos flojos y ausencia de precipitaciones promueven reacciones químicas en la atmósfera y pueden empeorar la calidad del aire. La dispersión de los contaminantes en el aire también depende del relieve local y regional, la altitud de las fuentes emisoras, el tipo de éstas y los edificios y estructuras vecinos ².



Métodos de Evaluación

El cumplimiento de las condiciones de calidad del aire consiste en establecer la concentración de un contaminante con respecto a su límite permitido. Dos métodos se utilizan comúnmente para ello, y son la monitorización de la calidad del aire y los modelos de dispersión.

- **Monitorización de la calidad del aire:** Este método consiste en la medida directa de los niveles de contaminantes en el aire exterior en un lugar determinado, a lo largo de un periodo de tiempo. La ubicación de las estaciones de medida y el tipo de monitor empleado dependen del objetivo perseguido. Los monitores pueden colocarse en carreteras muy transitadas, en áreas densamente pobladas, en puntos de especial interés o alejados de posibles fuentes de emisión para determinar el nivel de contaminación de fondo. Frecuentemente la monitorización se emplea para evaluar la exposición de las personas a las emisiones y por ello los monitores se sitúan en zonas habitadas. La adecuada colocación de los monitores es crítica porque su ubicación afecta directamente a las medidas. Debido a la estacionalidad de las condiciones meteorológicas la monitorización continua durante prolongados periodos de tiempo es necesaria para poner en evidencia las diferencias en la calidad del aire a lo largo de los días, meses o años.
- **Modelos de Dispersión:** Los modelos de dispersión proporcionan una simulación matemática de cómo los contaminantes del aire se dispersan en la atmósfera. Como la monitorización sólo sirve para medir las emisiones de fuentes existentes, los modelos son una herramienta útil para la predicción del impacto de emisiones futuras y de los efectos sobre la calidad del aire de la eliminación o adición de fuentes. Los modelos también ayudan a predecir la calidad del aire en zonas que no disponen de monitores. Los modelos necesitan datos de entrada muy específicos para establecer las predicciones; entre estos datos se incluyen detalles de las fuentes de emisión (tipo de fuente, altura del vertido y su caudal, velocidad y temperatura, etc.), así como información meteorológica y datos del terreno. Las predicciones de los modelos son tan precisas como lo sean los datos de entrada y las suposiciones en que se basan. La comparación de varios modelos y las validaciones mutuas de sus resultados son una forma de comprobación de la calidad y consistencia de las predicciones. También hay modelos hechos a la medida de diferentes aplicaciones, por ejemplo para modelizar la calidad del aire a escala de un país, de una ciudad, de una instalación individual, de una carretera, etc.,.

En Europa, las concentraciones de contaminantes atmosféricos han ido disminuyendo a lo largo de los años, como resultado de las medidas desarrolladas para la reducción de emisiones. Sin embargo, la contaminación atmosférica es un problema complejo porque los contaminantes emitidos en un país pueden contribuir a la contaminación en el vecino. La mayoría de los problemas de contaminación actuales son una combinación de efectos locales con los de larga distancia. Estos fenómenos de acumulación pueden ser mitigados por cooperación internacional encaminada a la reducción de emisiones totales.

Enlaces de interés

La Agencia Medioambiental Europea publica hojas de información básica para los 28 países de la Unión que presentan resúmenes y tendencias de la calidad del aire en cada uno de ellos. El enlace es el siguiente: <https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-pollution-country-fact-sheets-2014/air-pollution-country-fact-sheets-2014>