



Cofinanciado por  
la Unión Europea



BIRGIT – training on Building InfoRmation  
models integrated with Geographical  
InformaTion

---

Con el apoyo del Programa Erasmus+ de la Unión Europea Asociaciones Estratégicas N° 2021-1-SE01-KA220-VET-000028000

---

# Programas de Calidad del Aire

## Lecture Notes

### **Autor(es)/Organización(es):**

Anders Östman (Novogit AB)

### **Licencia**



<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

### **Versión**

Version 2.0

Date: 2025-05-02

### **Resultados de aprendizaje**

Al final de esta clase, se espera que el alumno sea capaz de

- Explique los motivos de las políticas europeas de aire limpio



Cofinanciado por  
la Unión Europea



BIRGIT – training on Building InfoRmation  
models integrated with Geographical  
InformaTion

---

Con el apoyo del Programa Erasmus+ de la Unión Europea Asociaciones Estratégicas N° 2021-1-SE01-KA220-VET-000028000

---

- Describir los componentes básicos de la Directiva de la UE sobre la calidad del aire ambiente
- Describir las acciones que podrían reducir la contaminación del aire en las ciudades.
- Describir la estructura básica de las redes actuales y futuras de monitoreo de la calidad del aire.

### **Competencias esperadas al ingresar a la clase magistral**

No se requieren requisitos previos específicos.

### **Resumen**

El tema de esta conferencia es la calidad del aire y cómo se abordan este tipo de problemas en las políticas de la UE y relacionadas. Se describen las medidas de calidad del aire, así como las estrategias de seguimiento a escala de la UE. También se describe la red de la UE para proporcionar mediciones de la calidad del aire casi en tiempo real. La conferencia es una introducción a la tarea sobre alarmas de sensores de monitoreo de la calidad del aire.

### **Carga de trabajo esperada**

8 diapositivas con el contenido del curso, 1 hora de clase, 0,1 ECTS (ECVET)

*Financiado por la Unión Europea. Las opiniones y puntos de vista expresados solo comprometen a su(s) autor(es) y no reflejan necesariamente los de la Unión Europea o los de la Agencia Ejecutiva Europea de Educación y Cultura (EACEA). Ni la Unión Europea ni la EACEA pueden ser considerados responsables de ellos.*



Cofinanciado por  
la Unión Europea



## Contenido

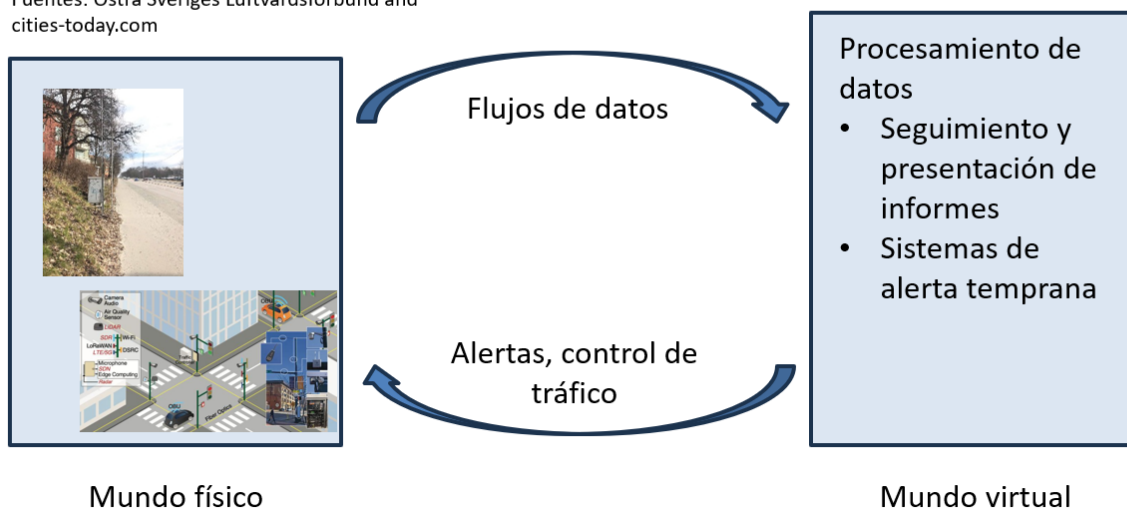
Air quality networks and digital twins	4
EU Clean Air Policy	5
European Ambient Air Quality Directive	6
PM2.5 limits	7
Improving air quality in cities	8
EEA Air Quality Download Services	10
Swedish Air Quality Monitoring Network	11
Local initiatives	11
References	13

## Redes de calidad del aire y gemelos digitales

### Programas de Calidad del Aire

### Redes de calidad del aire y gemelos digitales

Fuentes: Östra Sveriges Luftvårdsförbund and  
cities-today.com



4

S

En la conferencia anterior sobre los estándares de redes de sensores, la atención se centró en los sensores y en cómo acceder a sus mediciones. En esta lección nos centraremos en cómo utilizar los datos y con qué fines, con un enfoque específico en los datos de calidad del aire.

Los límites de contaminantes atmosféricos se especifican en diversas normativas europeas y nacionales. Los datos de los sensores se recopilan, procesan y presentan en varios informes de estado. El número de sensores en una ciudad suele ser bastante limitado, desde uno hasta unos pocos. Si se superan los umbrales de contaminación, es necesario implementar acciones. Este proceso suele ser bastante lento y los informes de estado típicos suelen emitirse una vez al año.

Debido a los recientes desarrollos en las tecnologías de sensores, el precio y la disponibilidad de diferentes sensores que miden la calidad del aire han mejorado considerablemente, aunque la precisión de las lecturas de los sensores puede reducirse. Por ejemplo, IKEA está vendiendo sensores de calidad del aire para ser utilizados en soluciones de hogar inteligente. En consecuencia, varias ciudades están considerando el uso de redes de calidad del aire para evaluar continuamente la calidad del aire y controlar el tráfico. A continuación, se pueden enviar alertas a los viajeros para que tomen rutas alternativas o para que cambien el modo del vehículo al modo eléctrico.



Pero antes de profundizar en este tema, echemos un vistazo a las normas de calidad del aire que sustentan.

## Política de aire limpio de la UE

### Programas de Calidad del Aire



#### Políticas de la UE en materia de aire limpio

- 300 000 muertes prematuras causadas por partículas finas al año
- Objetivo de la UE: reducción del 55 % de aquí a 2030
- Coste económico de la contaminación atmosférica más de 330 B€
- Visión de contaminación cero para 2050
- Principales políticas
  - Normas de calidad del aire (Directiva sobre la calidad del aire ambiente): umbrales de contaminación atmosférica
  - Compromisos Nacionales de Reducción (Directiva NEC)
  - Cooperación Internacional (Objetivos de Desarrollo Sostenible)
  - Contaminación atmosférica procedente de sectores clave (normativa de la UE): energía, transporte, agricultura, industria, residuos, etc.

5

La calidad del aire ha mejorado en la Unión Europea (UE) en las últimas décadas. Desde el año 2000, el PIB de la UE ha crecido un 32 %, mientras que las emisiones de los principales contaminantes atmosféricos han disminuido entre un 10% y un 70%, dependiendo del contaminante. Sin embargo, en la mayoría de los Estados miembros, la calidad de vida de los ciudadanos de la UE sigue estando obstaculizada, ya que todavía no se cumplen las normas de calidad del aire. La situación es especialmente grave en las zonas urbanas, donde vive la mayoría de los europeos (CE, 2018. Una Europa que proteja: Aire limpio para todos). En 2021, se estimaron 300.000 muertes prematuras debidas a cuestiones particulares solo en Europa, con un coste anual de más de 300 B€

Se han puesto en marcha varias iniciativas de la UE con el objetivo de reducir la contaminación atmosférica. En 2008, se adoptó la Directiva sobre la calidad del aire ambiente, que especifica umbrales para los diferentes tipos de contaminantes atmosféricos. También se han aplicado otras legislaciones complementarias de la UE, por ejemplo, relacionadas con la contaminación atmosférica de sectores específicos como el transporte por carretera, la energía, etc.



La Directiva sobre la calidad del aire ambiente se encuentra actualmente en proceso de revisión, en la que se ajustan los objetivos de contaminantes atmosféricos para armonizarlos mejor con las normas internacionales (y más estrictas) de calidad del aire. Estos cambios también están en línea con la visión de contaminación cero, donde se especifica una reducción continua de los contaminantes atmosféricos.

## Directiva Europea sobre la Calidad del Aire Ambiente

### Programas de Calidad del Aire



#### Directiva europea sobre la calidad del aire ambiente

- 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
- Normas para la evaluación de la calidad del aire ambiente en relación con el dióxido de azufre, el dióxido de nitrógeno y los óxidos de nitrógeno, las partículas, el plomo, el benceno y el monóxido de carbono
  - Umbrales
  - Procedimientos
  - Densidad de los puntos de muestreo
  - Air Quality Plans
- Información y presentación de informes
- Aplicación, sanciones, etc.

6

La Directiva Europea sobre la Calidad del Aire Ambiente entró en vigor en 2008. Se ocupa de los principales contaminantes atmosféricos de la época, y especifica los umbrales de concentración, los procedimientos para medir la calidad del aire, la densidad de los puntos de muestreo y muchas otras cosas.

Cabe señalar que el dióxido de carbono no está catalogado como un contaminante tóxico del aire. Sin embargo, dado que el CO<sub>2</sub> es importante para las políticas de cambio climático, se han desarrollado sistemas de vigilancia adicionales para el CO<sub>2</sub> y los gases de efecto invernadero relacionados, como el metano (CH<sub>4</sub>).

La Directiva también exige a los Estados miembros que informen anualmente sobre la calidad del aire. Estos informes son recopilados por la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) y



publicados en el sitio web de la AEMA. Este sistema de presentación de informes también se aplica a nivel nacional y, en consecuencia, las decisiones políticas se toman anualmente, en el mejor de los casos. Pero dado que las nuevas tecnologías permiten obtener una información mejor y más frecuente, también se pueden considerar otras acciones. Sin embargo, estos no se reflejan en la legislación vigente. Pero, como se ha mencionado anteriormente, la Directiva sobre la calidad del aire ambiente se está revisando actualmente (2024).

## PM2.5 limits

### Programas de Calidad del Aire



Co-funded by  
the European Union

## PM 2.5 limits

- PM2.5 (Materias Particulares 2.5  $\mu\text{m}$ ) = Partículas (aerosoles) que tienen un tamaño máximo de 2.5  $\mu\text{m}$ .
- Directiva sobre la calidad del aire (2008): mediciones en estaciones fijas en zonas urbanas
- Promedio anual: 17  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- QUIÉN (2021)
  - Promedio de 24 horas: 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , que no debe excederse más de 4 veces en cualquier año calendario
  - Promedio anual: 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Directiva revisada sobre la calidad del aire
- Adoptada por el Parlamento Europeo el 13/09/2023, pero aún no por los Estados miembros
  - Recomendaciones de la OMS para 2035

7

Un ejemplo que indica que la actual Directiva sobre la calidad del aire está quedando obsoleta son los umbrales de concentración estipulados para los contaminantes atmosféricos. A continuación, examinaremos más de cerca los umbrales de concentración de un contaminante clave, a saber, las Cuestiones Particulares 2,5 (PM2,5). Las materias particuladas son pequeñas partículas, a menudo llamadas aerosoles. En este caso, su tamaño máximo es de 2,5 micrómetros. Respirar niveles poco saludables de PM2.5 puede aumentar el riesgo de problemas de salud como enfermedades cardíacas, asma y bajo peso al nacer.

A la hora de especificar los límites, como el umbral superior de concentración de contaminantes atmosféricos, hay que equilibrar los costes de aplicación con el impacto en la salud. En 2008, la UE consideró que una media anual de 17  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  era un nivel superior adecuado de concentración de PM2,5. A continuación, muchos países especificaron directrices nacionales, basadas en esta directiva europea.



En 2021, la Organización Mundial de la Salud especificó otros niveles apropiados, esta vez basados íntegramente en los impactos en la salud humana, basados en estudios científicos. Como se puede ver en la diapositiva, los límites superiores son mucho menores en comparación con la directiva de la UE de 2008. A modo de ejemplo, la media anual de la concentración de PM<sub>2,5</sub> se considera desde el punto de vista de la salud humana en 5 µg/m<sup>3</sup>, en contraste con los 17 µg/m<sup>3</sup> especificados en la Directiva sobre la calidad del aire.

Esto, junto con otras iniciativas, ha dado lugar a una revisión de la Directiva sobre la calidad del aire, que ya está en curso. En septiembre de 2023, el Parlamento Europeo votó "Sí" a la versión revisada propuesta. Sin embargo, los gobiernos de los Estados miembros (ministerios de consejos) también tienen que estar de acuerdo, y son, como representantes de los Estados miembros, los que tienen que pagar por la aplicación de la directiva revisada. La nueva propuesta de Directiva sobre la calidad del aire se basa en los umbrales de la OMS, que deberían alcanzarse en 2035. Pero ¿qué acciones tenemos que llevar a cabo para cumplir con estos nuevos umbrales?

## Mejorar la calidad del aire en las ciudades

### Programas de Calidad del Aire



### Mejorar la calidad del aire en las ciudades

- El tráfico rodado fue responsable del 56% de las emisiones de NO<sub>x</sub> y del 23% de las emisiones de PM<sub>2,5</sub> en París (2018). Otras fuentes importantes de emisión de PM<sub>2,5</sub> son la calefacción (madera, petróleo, ...), las maquinarias móviles no viales (MMNR) (maquinarias de construcción, transporte fluvial, etc.) y las instalaciones industriales.
- Planificación de la calidad del aire (no existe una herramienta común para evaluar el impacto de los planes de calidad del aire). Se requieren mejores herramientas de modelización y predicción
- Monitorización de la calidad del aire (puntos calientes, microsensors, hogar inteligente (IKEA Vindriktning))
  - Gestión de la calidad del aire
  - Plantar árboles,
  - Redireccionamiento y regulación del tráfico
  - Vehículos nuevos (eléctricos, Euro 6, etc.)
  - Zonas de bajas emisiones (ZBE), Zonas de cero emisiones (ZEZ)
  - Alertas a los vehículos híbridos para que cambien al modo eléctrico

8

Si nos fijamos específicamente en las PM<sub>2,5</sub>, notamos que los mayores problemas están en las ciudades. Y la razón principal de esto es el tráfico rodado. Pero el consumo de energía (calefacción) también es un factor importante, al menos a nivel europeo.



Pero ¿qué hacer? Desafortunadamente, tenemos algunos problemas científicos que abordar primero. La primera es que actualmente es bastante difícil estimar el impacto en la calidad del aire de las diferentes actividades y planes. Necesitamos mejores herramientas de modelización y previsión. Modelar significa aquí que "si hacemos esto, entonces esto sucederá". Y pronosticar significa también "si no hacemos nada, esto sucederá".

El sistema actual de estaciones de control de la calidad del aire se basa en la Directiva sobre la calidad del aire de 2008. Esta estrategia de monitoreo se basó en el monitoreo de puntos calientes, es decir, lugares donde se esperan altas concentraciones de contaminantes atmosféricos. Debido a la disminución de los umbrales aceptables, inducida por la OMS, podría ser necesario establecer estaciones de vigilancia adicionales. Además, contamos con un desarrollo dentro del sector de la tecnología de sensores y hogares inteligentes. El control de la concentración de PM<sub>2,5</sub> también es de interés para las personas que desean mejorar su propio entorno interno. En consecuencia, empresas como IKEA están vendiendo equipos (sensores y software) que permiten a sus clientes controlar la calidad del aire de sus instalaciones. A diferencia de la tradición de IKEA, no tienes que juntar las piezas tú mismo. Todo se entrega en una sola caja.

Si nos fijamos específicamente en lo que se puede hacer con el tráfico rodado, que es una de las principales fuentes de reducción de la calidad del aire, se pueden identificar las siguientes acciones, vistas desde el punto de vista del urbanismo.

1. La redirección del tráfico es una forma obvia de empezar, en la que reducimos el tráfico alrededor de los puntos calientes. Es necesario investigar hasta qué punto se reduce la emisión total de PM<sub>2,5</sub>.
2. El uso de modelos de automóviles más nuevos sin duda reducirá la cantidad de emisiones. Los coches eléctricos no tienen, en principio, emisiones de PM<sub>2,5</sub>. También se avecinan nuevas regulaciones de motores, como comprometerse con la norma Euro 6 para combustibles.
3. También existe la posibilidad de establecer zonas en las que no se permite la circulación de determinados tipos de vehículos.
4. En caso de que se superen los umbrales, se pueden enviar alertas a los viajeros, pidiéndoles que tomen rutas alternativas o que cambien al modo eléctrico.
5. Plantar árboles no reduce las emisiones del tráfico, pero tiene otros impactos positivos en la calidad del aire.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que, aunque existen algunas soluciones, no existe una forma estandarizada de estimar su impacto global en la calidad del aire, mediante la aplicación de este tipo de medidas.



Cofinanciado por  
la Unión Europea



## Servicios de descarga de la calidad del aire del EEE

### Programas de Calidad del Aire



Co-funded by  
the European Union

## Servicio de descarga de la calidad del aire de la AEMA

- Búsqueda de datos sobre la calidad del aire en cualquier país o ciudad más grande
- Datos comunicados por los países hasta el 30 de septiembre de cada año
- Datos disponibles en archivos Apache Parquet (formato de archivo de código abierto)

Source: <https://discomap.eea.europa.eu/map/fme/AirQualityExport.htm>

9

El Servicio de Calidad del Aire proporcionado por la AEMA proporciona una buena referencia general para la progresión de las mediciones de calidad del aire realizadas en los Estados miembros de la UE. Se basa en los informes anuales de los Estados miembros y contiene, por ejemplo, datos diarios detallados de diferentes estaciones de control. Los enlaces a los conjuntos de datos se proporcionan en un archivo CSV, pero los datos diarios se proporcionan a través de un formato de archivo de código abierto llamado "Parquet".

Estos conjuntos de datos son más adecuados para el seguimiento de las medidas de aplicación llevadas a cabo por los Estados miembros. Los conjuntos de datos son menos adecuados para fines de ciudades inteligentes o gemelos digitales.

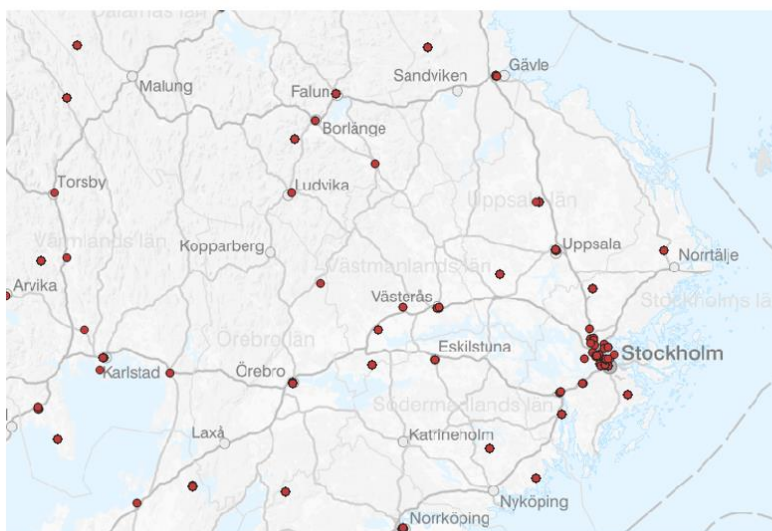


## Red Sueca de Monitoreo de la Calidad del Aire

### Programas de Calidad del Aire



### Red Sueca de Monitoreo de la Calidad del Aire



10

De acuerdo con la Directiva de Calidad del Aire, cada estado miembro europeo debe establecer una red nacional de estaciones de monitoreo de la calidad del aire. La red sueca está gestionada por la Agencia Sueca de Protección del Medio Ambiente, pero se gestiona mediante acuerdos de subcontratación. De todos modos, los datos de estas estaciones de monitoreo están disponibles a través de los servicios OGC WMS, WFS y SWE. Esto significa que podemos monitorear la calidad del aire en muchas ciudades suecas casi en tiempo real. Sin embargo, la densidad de la red de sensores es limitada y muchas ciudades tienen solo una (o en algunos casos ninguna) estaciones de monitoreo de la calidad del aire.



## Iniciativas locales

### Programas de Calidad del Aire



#### Caso de estudio: Ciudad de Bristol

Fuente: <https://www.smartcitiesworld.net/news/bristol-reports-10-per-cent-improvement-in-air-quality-9811>



- El gobierno nacional ordenó a la ciudad de Bristol que redujera la contaminación por NO<sub>2</sub>
  - Coches más limpios tarifa reducida para entrar en el centro de la ciudad
  - Transporte público modernizado
- Establecimiento de 170 estaciones de monitoreo de la calidad del aire (fuera de línea)
- Después de 1 año, reducción del 10 al 15 % de la contaminación por NO<sub>2</sub>

11

La ciudad de Bristol es un ejemplo de cómo las autoridades locales pueden abordar el problema de la mala calidad del aire. El gobierno nacional ordenó a la ciudad que redujera la contaminación por NO<sub>2</sub> en la ciudad lo más rápido posible. Este dictamen se basó en el informe anual de la calidad del aire.

La ciudad decidió entonces implementar una serie de medidas, por ejemplo, establecer peajes con tarifas reducidas para automóviles más limpios y modernizar el sistema de transporte público. Además, se establecieron varias estaciones de monitoreo de la calidad del aire. Sin embargo, estas estaciones no estaban conectadas a lecturas en línea, por lo que tuvieron que ser visitadas una por una.

Las mediciones de la calidad del aire mostraron que las medidas aplicadas surtieron efecto y que se pudo observar una reducción del 10 % de la contaminación por NO<sub>2</sub>.



## Referencias

EC, 2008. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050>

EC, 2018. A Europe that protects: Clean Air for All. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0330>).

EC, 2023. EU Clean Air Policy. [https://environment.ec.europa.eu/topics/air\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/air_en).

EEA, 2022. Sources and emissions of air pollutants in Europe. <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2022/sources-and-emissions-of-air>

EuroCities, 2022. Hope is in the air (quality). <https://eurocities.eu/wp-content/uploads/2022/04/Eurocities-policy-statement-on-air-quality-AAQ-directives.pdf>

SmartCitiesWorld, 2024 Bristol reports 10 percent improvement in air quality. <https://www.smartcitiesworld.net/news/bristol-reports-10-per-cent-improvement-in-air-quality-9811>

WHO, 2021. Global Air Quality Guidelines. <https://iris.who.int/handle/10665/345334>.