CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

2026

ECOAIR (EFA 210/06)

ECOsistemas y AIRe limpio en POCTEFA

ECOAIR

Interreg POCTEFA

Cofinanciado por la UNIÓN EUROPEA

Cofinancé par l'UNION EUROPÉENNE

Edita: Fundación Conama

Año: 2026

Este documento está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

Personas autoras de la presente comunicación técnica

Autor Principal de la comunicación: Natividad Miguel Salcedo. Departamento de Ingeniería Química y Tecnologías del Medio Ambiente, Universidad de Zaragoza. Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón (IUCA). Grupo Agua y Salud Ambiental.

Otros Autores:

Enrique Samperio Fernández. Departamento de Ingeniería de Diseño y Fabricación, Universidad de Zaragoza. Group in Product and Project Management.

Rocío López Flores. Departamento de Ciencias Agrarias y del Medio Natural, Universidad de Zaragoza. Instituto Universitario de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón (IUCA). Grupo Restauración Ecológica.

Aitor Serrano Gimeno. Departamento de Física Aplicada, Universidad de Zaragoza. Instituto Universitario de Investigación de Biocomputación y Física de Sistemas Complejos (BIFI).

Miguel Escudero Tellechea. Departamento de Física Aplicada, Universidad de Zaragoza. Instituto Universitario de Investigación de Biocomputación y Física de Sistemas Complejos (BIFI). Grupo Procesos Geoambientales y Cambio Global.

Índice

1. Resumen 1

2. Objetivos 2

3. Plan de trabajo 2

3.1. Red de muestreo 3

3.2. Partículas y amoniaco en el aire (Acción 1) 3

3.3. Deposición y sistemas acuáticos (Acción 2) 4

3.4. Apoyo a la gestión (Acción 3) 5

4. Resultados esperados 5

5. Socios del proyecto 6

6. Bibliografía 6

1. Resumen

La contaminación atmosférica por material particulado fino ($PM_{2.5}$) es el principal riesgo ambiental para la salud en Europa. La Agencia Europea de Medio Ambiente atribuye a la exposición a $PM_{2.5}$ por encima del valor guía de la Organización Mundial de la Salud unas 239.000 muertes prematuras en la UE-27 en 2022 (EEA, 2024). Además de sus efectos sobre la salud, el material particulado (PM) y su deposición constituyen una vía de entrada a los ecosistemas de metales pesados, de compuestos que generan acidificación y de nutrientes que, en exceso, pueden provocar fenómenos como la eutrofización (Bobbink *et al.*, 2010). En los lagos de alta montaña del Pirineo se ha demostrado que los aportes atmosféricos, como el fósforo asociado al polvo mineral, pueden llegar a modificar el estado trófico de estos sistemas (Camarero y Catalán, 2012), y la región recibe de forma recurrente episodios de intrusión de polvo africano (Pey *et al.*, 2013).

A este problema se suman otros contaminantes que han recibido gran atención en los últimos años. El amoniaco (NH_3), emitido principalmente por la actividad agrícola y ganadera, contribuye a la formación de aerosoles secundarios y es una fuente de nitrógeno para los ecosistemas (Behera *et al.*, 2013). Los microplásticos (MP), por su parte, se transportan por la atmósfera y se depositan incluso en zonas remotas alejadas de cualquier foco de emisión (Allen *et al.*, 2019).

El marco normativo también ha cambiado. La nueva Directiva (UE) 2024/2881 relativa a la calidad del aire ambiente impone valores límite más exigentes para el $PM_{2.5}$, que se aproximan a las recomendaciones de la OMS (OMS, 2021), y recomienda monitorizar los niveles y fuentes de NH_3, aunque todavía no fija valores límite para este contaminante (UE, 2024). Todo ello se enmarca en el Plan de Acción «Contaminación Cero» de la UE, que persigue reducir las muertes prematuras por contaminación, las emisiones de microplásticos al medio ambiente y la superficie de ecosistemas amenazados por la contaminación atmosférica (Comisión Europea, 2021).

En este contexto se presenta el proyecto ECOAIR, que estudia esta problemática en la zona transfronteriza entre España y Francia. El proyecto analizará la contaminación por PM en el aire y en la deposición, cuantificará los niveles de NH_3 en la atmósfera y de microplásticos en la deposición en zonas vulnerables, y evaluará el impacto de la deposición sobre lagos. Para ello se medirán estos contaminantes en 13 puntos que van desde zonas naturales alejadas de focos de contaminación hasta zonas urbanas y puntos con actividad agrícola y ganadera.

La principal novedad de ECOAIR es el carácter integral del estudio, que abarca desde las emisiones hasta los efectos sobre los ecosistemas y no tiene precedentes en la zona. Los resultados se trasladarán a propuestas de gestión dirigidas a las administraciones responsables de la calidad del aire y de los espacios naturales, en un momento en que deben adaptarse a los requerimientos de la nueva Directiva. El valor transfronterizo del proyecto radica en abordar de forma coordinada un problema común en ecosistemas compartidos, ya que los contaminantes atmosféricos recorren largas distancias y las emisiones de un lado de la frontera pueden afectar significativamente al otro.

2. Objetivos

El objetivo general de ECOAIR es evaluar la contaminación atmosférica por material particulado, las tasas de deposición y sus efectos sobre los ecosistemas en la zona POCTEFA para proponer medidas de apoyo a los gestores que permitan reducir el impacto negativo sobre los ecosistemas y los seres vivos.

Este objetivo se concreta en tres objetivos específicos, uno por cada acción técnica del proyecto:

- Caracterizar la contaminación atmosférica por $PM_{2.5}$ y por amoniaco en la zona POCTEFA y cuantificar la contribución de las distintas fuentes al PM (Acción 1).
- Caracterizar la deposición de aerosoles, incluidos los microplásticos, cuantificar la contribución de fuentes a la deposición y evaluar su impacto sobre los sistemas acuáticos (Acción 2).
- Elaborar propuestas de medidas para la gestión de la contaminación atmosférica y la reducción de su impacto sobre los ecosistemas y la salud de los seres vivos (Acción 3).

3. Plan de trabajo

El plan de trabajo de ECOAIR se articula en tres acciones técnicas que siguen la cadena que va de las emisiones a los efectos: la caracterización de la contaminación en el aire (Acción 1), su deposición y su impacto sobre los ecosistemas acuáticos (Acción 2) y el traslado de los resultados a herramientas de gestión (Acción 3). La Figura 1 resume este enfoque.

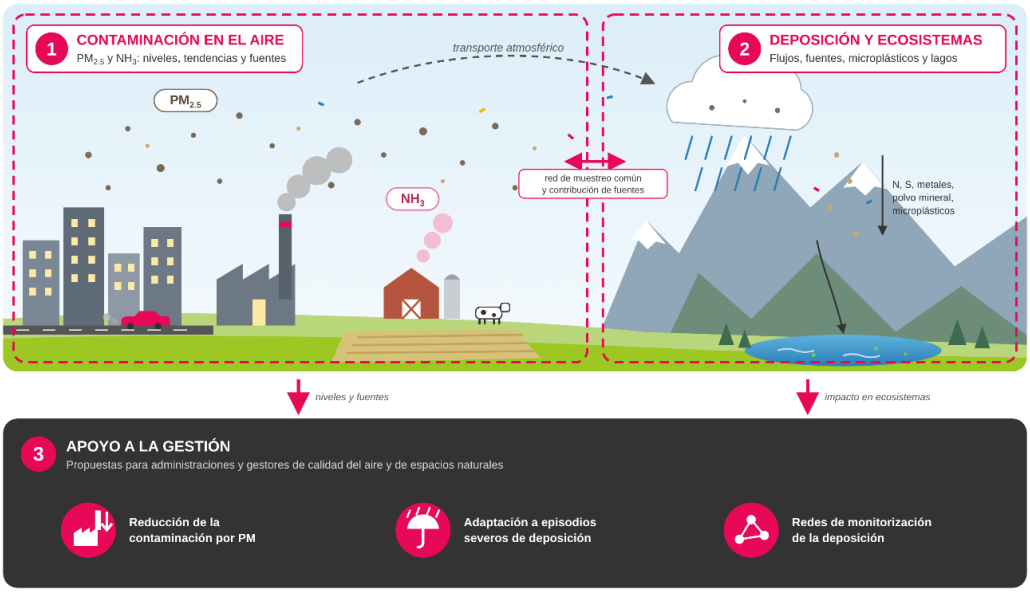


Figura 1. Enfoque integral del proyecto ECOAIR: de las emisiones a los efectos sobre los ecosistemas y la gestión.

3.1. Red de muestreo

Se ha diseñado una red de muestreo que cubre un gradiente de presión antrópica en España y Francia, con emplazamientos urbanos, agrícolas y ganaderos y naturales, estos últimos tanto en el Pirineo como en el litoral mediterráneo (Tabla 1). En 7 de los puntos se recogerán durante un año 100 muestras diarias de PM (PM_{10} o $PM_{2.5}$); en los 13 puntos se tomarán muestras quincenales de NH_3 durante un año, así como muestras de deposición atmosférica cada 15 días. En 4 puntos de alto valor ecológico o con fuerte actividad agroganadera se analizarán además los microplásticos (MP) de la deposición, y en unas 40 muestras de $PM_{2.5}$ se determinarán microplásticos en el aire.

Tabla 1. Red de muestreo de ECOAIR y variables medidas en cada punto.

Punto	País	Tipo de entorno	$PM_{2.5}$	PM_{10}	NH_3	Deposición	MP en deposición
Zaragoza	ES	Urbano	•		•	•	
Barcelona	ES	Urbano			•	•	
Toulouse	FR	Urbano	•		•	•	
Perpiñán	FR	Urbano	•		•	•	
Bujaraloz	ES	Agrícola-ganadero	•		•	•	•
Auradé	FR	Agrícola-ganadero	•		•	•	
Formigal	ES	Natural (Pirineo)			•	•	
Ordesa	ES	Natural (Pirineo)		•	•	•	•
Ena	ES	Natural (Pirineo)			•	•	
Pic du Midi	FR	Natural (Pirineo)		•	•	•	
Ariège	FR	Natural (Pirineo)			•	•	•
Montseny	ES	Natural (litoral)			•	•	
Cap Bear	FR	Natural (litoral)			•	•	•

3.2. Partículas y amoniaco en el aire (Acción 1)

Esta acción, coordinada por el IPE-CSIC en estrecha colaboración con la Universidad de Zaragoza, estudia la contaminación por PM en la región y las fuentes que contribuyen a ella. Se desarrolla en tres actividades:

- **Fenomenología y tendencias de $PM_{2.5}$.** A partir de las series temporales de las estaciones de calidad del aire de la región se describirá la variabilidad estacional, semanal y diaria del $PM_{2.5}$, se compararán los distintos tipos de estación (urbanas, rurales y naturales) y se evaluará si existen tendencias estadísticamente significativas, para extraer conclusiones sobre las fuentes y procesos que controlan este contaminante.

- **Contribución de fuentes de PM.** Con la composición química de las muestras de PM_{10} y $PM_{2.5}$ de los 7 puntos de muestreo se aplicará un modelo de factorización de matriz positiva (PMF; Paatero y Tapper, 1994). Este modelo descompone la matriz de datos de composición en perfiles y contribuciones de fuente, lo que permitirá identificar las principales fuentes en cada emplazamiento (tráfico, industria, combustión de biomasa, emisiones marinas o fuentes naturales) y cuantificar su importancia relativa.
- **Niveles de amoniaco en la atmósfera.** Mediante captadores pasivos se obtendrán muestras quincenales de NH_3 en los 13 puntos, lo que permitirá describir las diferencias entre ubicaciones y su variabilidad estacional, detectar fuentes y estimar tasas de deposición de nitrógeno a partir de los niveles en aire ambiente. No existen estudios previos que hayan caracterizado la variabilidad estacional del NH_3 atmosférico en la zona.

3.3. Deposición y sistemas acuáticos (Acción 23)

Esta acción, liderada por el laboratorio Géosciences Environnement Toulouse (GET-CNRS), estudia la deposición de aerosoles a lo largo de todo el gradiente de la red de muestreo y su efecto sobre los sistemas acuáticos. Comprende cuatro actividades:

- **Flujos, fenomenología y tendencias de la deposición.** Las muestras quincenales se filtrarán para separar la fracción insoluble de la soluble. En la fracción soluble se determinarán aniones y cationes, y en la insoluble elementos mayoritarios y traza, materia orgánica y hollín. Allí donde exista una serie de datos suficiente, los nuevos resultados se contextualizarán para analizar tendencias recientes.
- **Composición y fuentes de la deposición.** Se calcularán los flujos de deposición de compuestos de especial interés, como las especies de nitrógeno (nitrato, nitrito y amonio), los metales pesados (Pb, Cd, Ni, As y Cu, entre otros) y el polvo mineral de origen regional o asociado a episodios de calima. Estos datos alimentarán un modelo PMF para cuantificar la contribución de cada fuente a escala episódica, estacional y anual, e identificar los episodios severos de deposición.
- **Microplásticos en zonas ecológicamente vulnerables.** En cuatro puntos (Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido y Bujaraloz en España; Cap Bear y Ariège en Francia) se recogerán muestras mensuales de deposición total durante un año para determinar la concentración, el tamaño y la composición de los microplásticos. Todas las muestras se analizarán en el mismo laboratorio y con la misma metodología, y el estudio se completará con un análisis del origen de las masas de aire para establecer su procedencia más probable.
- **Variabilidad físico-química de sistemas acuáticos.** Se monitorizará la temperatura del agua de lagos a varias profundidades y, en algunos de ellos, el oxígeno disuelto y el pH, desde el Pirineo hasta zonas más antropizadas. En tres campañas anuales se medirán parámetros in situ y se tomarán muestras de agua para determinar aniones y cationes, materia orgánica disuelta y clorofila. La clorofila se seguirá también mediante teledetección con vuelos de dron con cámara multiespectral, incluidos vuelos tras episodios de deposición extremos, y con imágenes del satélite Sentinel.

3.4. Apoyo a la gestión (Acción 3)

La Acción 3, coordinada por la Universidad de Zaragoza, aporta el valor añadido del proyecto al traducir los resultados de las acciones 1 y 2 en documentos de apoyo para las entidades competentes en calidad del aire y protección del medio natural. Para ello se dispondrá de una evaluación histórica de los niveles de $PM_{2.5}$ y de los flujos de deposición, de un inventario de fuentes y de su contribución relativa, de datos de NH_3 atmosférico, de un análisis detallado de microplásticos en deposición y de una evaluación del impacto de la contaminación sobre lagos. Con esta información se elaborarán tres informes para la gestión:

- **Propuesta de medidas para la reducción de la contaminación por PM**, que incluirá un análisis de la situación y de la normativa, la definición de objetivos, medidas de gestión (monitorización y sistemas de alerta temprana, entre otras), medidas de reducción de emisiones y propuestas de estudios futuros.
- **Medidas para la adaptación de áreas vulnerables a episodios severos de deposición de aerosoles.** Una parte importante de la deposición anual se concentra en un número limitado de episodios de lluvia que aportan grandes cantidades de nutrientes a los lagos. El informe evaluará la frecuencia histórica de estos episodios, identificará las situaciones meteorológicas que los originan y propondrá medidas de gestión para el periodo posterior.
- **Directrices para la implementación de redes de monitorización de la deposición en áreas vulnerables.** A diferencia de las redes de calidad del aire, las redes de deposición no están estandarizadas por la normativa europea. El informe definirá la ubicación de los puntos, los parámetros que deben medirse, la frecuencia de muestreo y la conveniencia de separar la deposición húmeda y la seca, con criterios optimizados en coste para facilitar su implantación.

Los informes se consensuarán entre todos los socios y entidades asociadas y se enriquecerán con tres *workshops* con expertos externos. En esta acción colabora el IDAEA-CSIC, que ha coordinado las bases científicas de los planes nacionales de calidad del aire en España (Plan Aire 1 y 2 y Plan Ozono), en cuya última edición participó también la Universidad de Zaragoza.

4. Resultados esperados

ECOAIR aportará, por primera vez en la zona POCTEFA, una visión integrada de la contaminación atmosférica por partículas, amoniaco y microplásticos y de su impacto sobre los ecosistemas, desde las emisiones hasta los efectos. El conocimiento generado sobre los niveles, las fuentes y la deposición de estos contaminantes, junto con los datos que se pondrán a disposición pública, servirá de base a las administraciones responsables de la calidad del aire y de los espacios naturales para diseñar medidas de reducción de la contaminación y de protección de los ecosistemas vulnerables, y para adaptarse a los requerimientos de la nueva Directiva europea de calidad del aire. Los resultados serán transferibles a otros territorios y contribuirán a los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con la salud (ODS 3), el agua (ODS 6), el clima (ODS 13) y los ecosistemas terrestres (ODS 15).

5. Socios del proyecto

El proyecto ECOAIR (EFA 210/06) se desarrolla en el marco del Programa Interreg VI-A España-Francia-Andorra (POCTEFA 2021-2027), dentro de la prioridad de proteger y consolidar los valores ecológicos del territorio transfronterizo, con una duración de tres años (2026-2028) y una cofinanciación del 65 % por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER). Los socios participantes en este proyecto son:

- **Universidad de Zaragoza (UNIZAR)**, jefa de fila. Coordina el proyecto y lidera las acciones de gestión, comunicación y apoyo a la gestión. Participan las áreas de Física Aplicada, Tecnologías del Medio Ambiente, Ingeniería de Proyectos y Ecología, y es responsable del muestreo y análisis de PM, NH_3 y agua de lagos.
- **Instituto Pirenaico de Ecología (IPE-CSIC).** Lidera la Acción 3 sobre PM atmosférico y coordina la deposición de aerosoles en España y la monitorización de sistemas lacustres.
- **Université de Perpignan Via Domitia (UPVD).** Responsable del muestreo y análisis de PM y microplásticos en Perpiñán y Cap Bear, y lidera las directrices para las redes de monitorización de la deposición.
- **Géosciences Environnement Toulouse (GET-CNRS).** Lidera la Acción 4 sobre deposición y se encarga del muestreo y análisis de PM y microplásticos en los puntos de Occitania.
- **Centre de Recherche sur la Biodiversité et l'Environnement (CRBE-CNRS).** Responsable del muestreo, preparación y análisis de microplásticos y de la interpretación de su impacto en los ecosistemas acuáticos de montaña.

Participan además seis entidades asociadas con competencias en la gestión de la calidad del aire y de los espacios naturales: el Gobierno de Aragón, la Generalitat de Catalunya, el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, la Fédération des réserves naturelles catalanes, el Parc naturel régional des Pyrénées catalanes y la Régie du Pic du Midi, gestora del principal observatorio atmosférico de la región. El IDAEA-CSIC colabora en el muestreo de Barcelona y Montseny y en la elaboración de las propuestas de gestión.

Agradecimientos

Al proyecto ECOAIR (EFA 210/06) enmarcado en el Programa Interreg VI-A España-Francia-Andorra (POCTEFA 2021-2027), con un presupuesto de 1.559.578,34 €, de los cuales el 65 % son financiados por fondos FEDER.

6. Bibliografía

[1] Allen *et al.* (2019): Allen, S., D. Allen, V.R. Phoenix, G. Le Roux, P. Durántez Jiménez, A. Simonneau, S. Binet y D. Galop (2019): "Atmospheric transport and deposition of microplastics in a remote mountain catchment", *Nature Geoscience*, 12: 339-344. https://doi.org/10.1038/s41561-019-0335-5

[2] Behera *et al.* (2013): Behera, S.N., M. Sharma, V.P. Aneja y R. Balasubramanian (2013): "Ammonia in the atmosphere: a review on emission sources, atmospheric chemistry and deposition on terrestrial bodies", *Environmental Science and Pollution Research*, 20 (11): 8092-8131.

[3] Bobbink *et al.* (2010): Bobbink, R. *et al.* (2010): "Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis", *Ecological Applications*, 20 (1): 30-59.

[4] Camarero y Catalan (2012): Camarero, L. y J. Catalan (2012): "Atmospheric phosphorus deposition may cause lakes to revert from phosphorus limitation back to nitrogen limitation", *Nature Communications*, 3: 1118. https://doi.org/10.1038/ncomms2125

[5] Comisión Europea (2021): "La senda hacia un planeta sano para todos. Plan de Acción de la UE: «Contaminación cero para el aire, el agua y el suelo»", COM(2021) 400 final. Bruselas.

[6] EEA (2024): European Environment Agency (2024): "Harm to human health from air pollution in Europe: burden of disease status, 2024". Copenhague.

[7] OMS (2021): World Health Organization (2021): "WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide". Ginebra.

[8] Paatero y Tapper (1994): Paatero, P. y U. Tapper (1994): "Positive matrix factorization: a non-negative factor model with optimal utilization of error estimates of data values", *Environmetrics*, 5 (2): 111-126.

[9] Pey *et al.* (2013): Pey, J., X. Querol, A. Alastuey, F. Forastiere y M. Stafoggia (2013): "African dust outbreaks over the Mediterranean Basin during 2001-2011: PM10 concentrations, phenomenology and trends, and its relation with synoptic and mesoscale meteorology", *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13 (3): 1395-1410.

[10] UE (2024): Directiva (UE) 2024/2881 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2024, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa (versión refundida). *Diario Oficial de la Unión Europea*, serie L, 20 de noviembre de 2024.

CONAMA 2026