



**CENTRO DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS “JARAMA”,
TÉRMINO MUNICIPAL DE TITULCIA (COMUNIDAD DE MADRID)**

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

ANEXO III. ESTUDIO DE DISPERSIÓN Y ANÁLISIS DE IMPACTOS ATMOSFÉRICOS

Abril, 2026



HISTORIAL DEL DOCUMENTO

VERSIÓN	FECHA	MODIFICADO POR	PÁGINAS MODIFICADAS	DESCRIPCIÓN
1.0	30/03/2026		N/A	Versión inicial
2.0	15/04/2026	M.G.S		Revisión
2.1	27/04/2026	M.G.S.	Pág. 17	Cambios menores
2.2	29/04/2026	M.G.S.	Pág. 65	Cambios menores
2.3	04/05/2026	M.G.S.	Pág. 65-67	Cambios menores

QUIÉN HA PARTICIPADO EN EL DOCUMENTO

RESPONSABILIDADES	NOMBRE - FUNCIÓN	FECHA	FIRMA
Redacción		30/03/2026	
Revisión y autorización		30/03/2026	

Las conclusiones reflejadas en el presente informe deben entenderse únicamente como el resultado de la información utilizada y de los procedimientos efectuados sobre la misma.

El cliente asume que no se encarga un determinado resultado, sino la elaboración de un estudio que contemple los contenidos o parámetros fijados en la hoja de encargo.

Meteosim S.L. no se responsabilizará de los daños o pérdidas que el contenido del informe pueda ocasionar a los intereses del cliente.

Para la realización del estudio se ha utilizado el modelo de dispersión atmosférica CALPUFF. Todos los parámetros necesarios para la configuración de las emisiones requeridas por el modelo de dispersión han sido suministrados por el solicitante.

Meteosim S.L. no se hace responsable de la veracidad de los datos suministrados y utilizados para la evaluación del efecto de la actividad industrial sobre los niveles de calidad del aire locales.

A los efectos de lo previsto en el Artículo 355 de la Ley 1/2000 de Enjuiciamiento civil, quien suscribe el presente informe manifiesta, bajo promesa, que ha actuado y, en su caso, actuará, con la mayor objetividad posible.

Índice

Índice	4
Acrónimos	5
Resumen ejecutivo	6
1. Introducción	7
2. Metodología y fundamentos de la modelización	8
2.1. Información instrumental	8
2.2. Sistema de modelización	10
2.3. Modelización meteorológica	11
2.4. Modelización de la dispersión	14
3. Inventario de emisiones	17
3.1. Fuentes de emisión	17
3.2. Escenario de emisiones	18
4. Caracterización meteorológica y validación	20
4.1. Caracterización meteorológica	20
4.2. Validación de datos meteorológicos	25
5. Configuración del modelo de dispersión	34
6.1. Escenarios de modelización	35
6.2. Fuentes de emisión	36
7. Resultados	37
7.1 Escenario de operación con valores reales de emisión	41
7.2 Escenario de emisiones máximas semihorarias	54
7.3 Escenario de operación con valores reales de emisión en base a la nueva Directiva 2024/2881	56
7.4. Contribución frente al valor de fondo	67
7.5. Comparación de resultados	70
8. Conclusiones	71
Referencias	73
Lista de figuras y tablas	74
Figuras	74
Tablas	77

Acrónimos

Acrónimos	Definición
3DVAR	Asimilación de datos en 3 dimensiones
4DVAR	Asimilación de datos en 4 dimensiones
AEMET	Agencia Estatal de Meteorología
ARW	Advanced Research WRF
CCI-LC	Climate Change Initiative - Land Cover
CFS	Climate Forecast System
CO	Monóxido de carbono
EEA	European Environment Agency
EMEP	European Monitoring and Evaluation Programme
EPA	Environmental Protection Agency (United States of America)
EF	Factor de emisión
IOA	Índice de ajuste
MAGE	Mean Absolute Error
MB	Mean Bias Error
MNBE	Mean Normalized Bias Error
NCAR	National Center for Atmospheric Research
NCEP	National Centers for Environmental Prediction
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NOx	Óxidos de nitrógeno
RMSE	Root Mean Square Error
SO ₂	Dióxido de azufre
SRTM	Shuttle Radar and Topography Mission
PTS	Partículas totales en suspensión
UTM	Universal Transverse Mercator
WRF	Weather Research and Forecasting

Resumen ejecutivo

El presente estudio evalúa el impacto sobre la calidad del aire asociado a la construcción y operación de un Centro de Tratamiento de Residuos, denominado “Jarama”, con el objetivo de verificar el cumplimiento de la normativa vigente en materia de calidad del aire.

Para ello, se ha llevado a cabo una modelización de la dispersión de contaminantes en la atmósfera mediante el modelo CALPUFF, empleando información meteorológica representativa del año 2025, un inventario detallado de emisiones facilitado por el promotor y datos procedentes de estaciones meteorológicas y de calidad del aire. El modelo meteorológico ha sido previamente calibrado y validado, garantizando la fiabilidad de los resultados obtenidos.

El análisis se ha centrado en las emisiones procedentes de las dos chimeneas de la instalación, considerando tanto condiciones de operación habituales como un escenario conservador adicional basado en emisiones máximas semihorarias, de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 815/2013. Se han evaluado contaminantes regulados y no regulados, incluyendo NO₂, SO₂, CO, partículas, metales pesados, compuestos orgánicos y otros contaminantes específicos, utilizando para estos últimos criterios de referencia basados en valores toxicológicos de organismos internacionales.

Los resultados obtenidos indican que las concentraciones en aire ambiente generadas por la instalación son reducidas en todo el dominio de estudio. En ningún caso se superan los valores límite u objetivo establecidos en la Directiva 2008/50/CE y en el Real Decreto 102/2011, ni en condiciones de operación normales ni en el escenario conservador analizado. Los valores calculados presentan márgenes amplios respecto a los umbrales legales, sin identificarse situaciones de riesgo para la calidad del aire. Del mismo modo, la evaluación de los valores de concentración para la nueva Directiva 2024/2881, la cual será de obligado cumplimiento a partir del año 2030, tampoco muestra ninguna superación.

En conjunto, los resultados del estudio permiten concluir que la instalación proyectada no generará un impacto significativo sobre la calidad del aire en el entorno, garantizándose el cumplimiento de los estándares legales aplicables.

1. Introducción

METEOSIM SL (en adelante, METEOSIM) ha sido contratado por CADEVA CONSULTING, en adelante CADEVA, para realizar el estudio de dispersión de contaminantes atmosféricos asociado a las actividades emisivas derivadas del proyecto de construcción de un Centro de Tratamiento de Residuos, denominado “Jarama”, en el municipio de Titulcia (Madrid). El objetivo del estudio ha sido evaluar si las actividades cumplen con los requisitos de evaluación de impacto de la calidad del aire siguiendo los estándares ambientales nacionales e internacionales.

La modelización se realizó siguiendo las indicaciones y recomendaciones de diferentes guías nacionales e internacionales, así como en base a la experiencia de METEOSIM en otros proyectos similares y en el conocimiento técnico del equipo. El estudio lleva a cabo una evaluación detallada de los valores de inmisión resultantes de la modelización según los criterios y valores límite definidos por la legislación vigente de acuerdo con el Real Decreto 102/2011 (legislación española) y la Directiva Europea EC/2008/50. Asimismo, se incluye la evaluación de los valores de concentración para la nueva Directiva 2024/2881, que sustituirá al RD 102/2011 y será de obligado cumplimiento a partir del año 2030.

En consecuencia, las principales características de la metodología aplicada en el estudio se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 1. Principales características metodológicas del estudio.

Caracterización de las emisiones	Proporcionadas por CADEVA
Enfoque de la solución	Modelización Numérica
Modelización de la Dispersión	Utilización del modelo CALPUFF
Periodo de modelización	1/1/2025 – 1/1/2026
Contaminantes considerados	NO ₂ , CO, SO ₂ , PM ₁₀ , As, Cd, Hg, Ni, Pb, PCDD/F, HCl, HF, NH ₃ y C6H6 y BaP
Localización	Titulcia (Madrid)

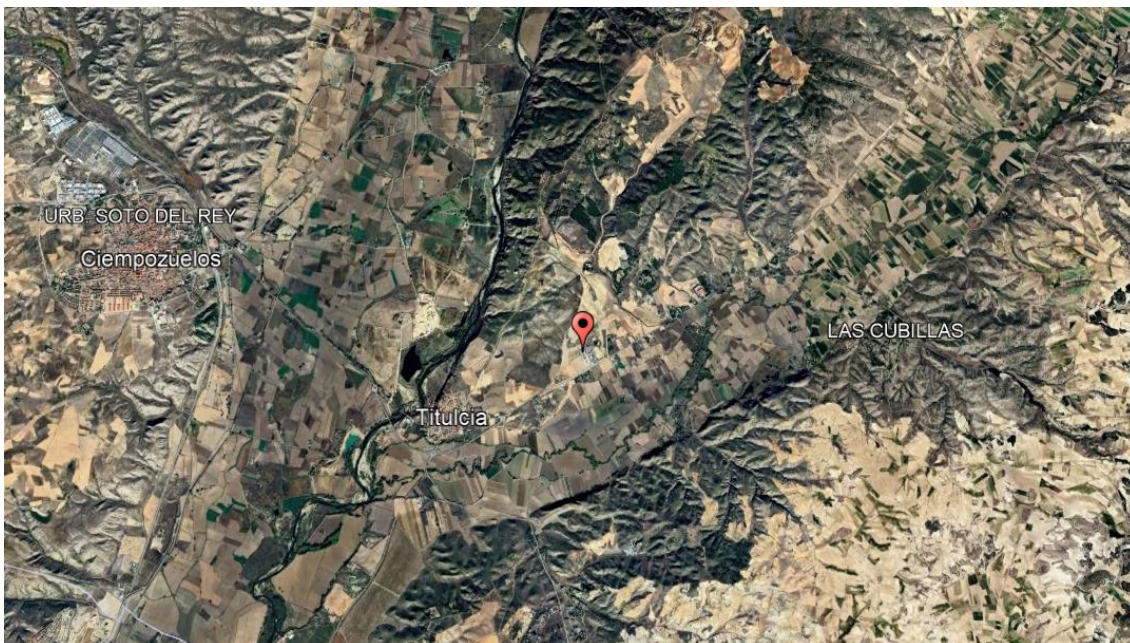


Figura 1. Localización de estudio

2. Metodología y fundamentos de la modelización

Para el cumplimiento de los objetivos esperados por el proyecto se ha enfocado la solución en base al uso conjunto de diferentes técnicas:

- Información instrumental de estaciones meteorológicas y calidad del aire.
- Modelización numérica del tiempo a través de modelos meteorológicos.
- Modelización de la dispersión de contaminantes inyectados a la atmósfera.

En las siguientes secciones se presenta el sistema de modelización integrado realizado, y se describen cómo los diferentes módulos interactúan entre ellos y las características individuales de cada uno.

2.1. Información instrumental

Todo modelo requiere de información instrumental representativa del área de análisis. En este proyecto se ha utilizado la información instrumental para validar el modelo meteorológico y caracterizar meteorológicamente el área de análisis.

Para dicha validación, se han utilizado múltiples estaciones gestionadas por la Agencia Estatal de Meteorología de España (AEMET). La localización de las estaciones meteorológicas consideradas en el análisis se presenta en la Figura 2.

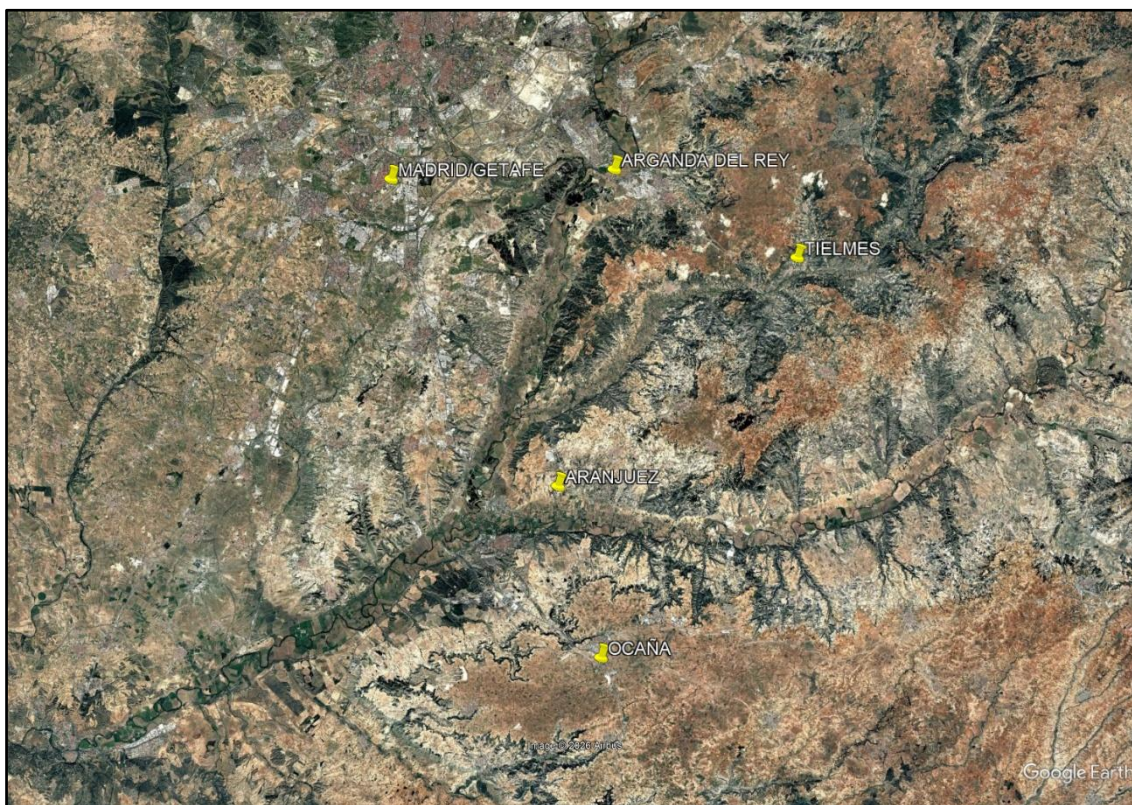


Figura 2. Localización de las estaciones meteorológicas utilizadas como información instrumental.

Tabla 2. Descripción general de la estación meteorológica utilizada. Las coordenadas geográficas se encuentran en la proyección UTM, Zona 30, Datum WGS84.

Red	Estación	Periodo	Variables meteorológicas	UTM X (m)	UTM Y (m)
AEMET	3182Y Arganda del Rey	1/1/2025 – 1/1/2026	Temperatura, velocidad y dirección del viento, humedad relativa	457703	4462469
AEMET	3229Y Tielmes	1/1/2025 – 1/1/2026	Temperatura, humedad relativa	473492	4455243
AEMET	3100B Aranjuez	1/1/2025 – 1/1/2026	Temperatura, velocidad y dirección del viento, humedad relativa	453430	4435361
AEMET	3200 Madrid/Getafe	1/1/2025 – 1/1/2026	Velocidad y dirección del viento	438621	4461243
AEMET	3099Y Ocaña	1/1/2025 – 1/1/2026	Temperatura, velocidad y dirección del viento, humedad relativa	457612	4420692

2.2. Sistema de modelización

Como se ha comentado anteriormente, el enfoque de la solución pasa por la utilización de modelos numéricos, tanto meteorológicos como de dispersión de contaminantes.

Un modelo es una herramienta que pretende reproducir la realidad. Hay modelos de diferentes tipos, pero en el caso que nos ocupa, se han utilizado modelos numéricos determinísticos, que son aquellos que resuelven las ecuaciones que gobiernan la dinámica de la atmósfera (en el caso de la Meteorología) y la ecuación de conservación de las especies contaminantes (en el caso de la Calidad del Aire). La manera de resolver estas ecuaciones ha sido mediante algoritmos y programas implementados en ordenadores de alta capacidad computacional.

En la siguiente figura se presenta un análisis modular descriptivo de cómo interaccionan los diferentes módulos entre ellos y las diferentes entradas y salidas que necesitan y utilizan. La finalidad del sistema de modelización es la de obtener los campos de concentración más representativos y confiables para cada escenario de modelización.

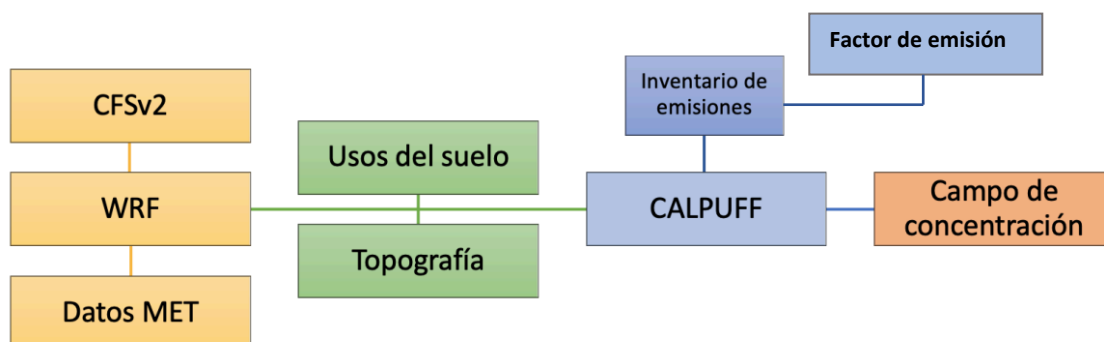


Figura 3. Descripción de los diferentes modelos y módulos utilizados para el desarrollo del proyecto

En las siguientes secciones se detallarán las características de cada uno de los módulos descritos en la sección anterior.

2.3. Modelización meteorológica

Todo modelo de dispersión de contaminantes requiere de información meteorológica caracterizada espacial y temporalmente. Esta información meteorológica puede ser obtenida a través de estaciones de medición o a través de modelos meteorológicos.

La información obtenida a través de las estaciones, si bien es una fotografía de la realidad actual o pasada, tiene ciertos inconvenientes. Por un lado, esta información solo permite modelizar la dispersión en la escala temporal presente o pasada. Así mismo, las estaciones solo ofrecen información del mismo punto donde se realiza la medición. Finalmente, estos datos sólo proporcionan valores de las variables de las que tienen sensores de medición (habitualmente temperatura, viento, humedad, precipitación y presión).

En cambio, los modelos meteorológicos, si bien es cierto que requieren de una calibración en la zona a modelizar, ofrecen la posibilidad de modelizar la dispersión a pasado, presente y futuro; ofrecen información de gran cantidad de puntos alrededor de las plantas cada X km; y ofrecen información de centenares de variables meteorológicas que no pueden ser medidas en las estaciones de medición y que son cruciales para la obtención de una predicción correcta de la dispersión.

Por todo ello, en el presente proyecto se ha utilizado la información instrumental combinada con información procedente de modelización meteorológica de alta resolución.

Para la generación de datos meteorológicos necesarios para la modelización de la dispersión se ha utilizado el modelo numérico Euleriano *Weather Research and Forecasting Model* (WRF¹) mantenido por NCAR (*National Center for Atmospheric Research*) y NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) de Estados Unidos. WRF tiene una estructura modular (Figura 4) y tiene capacidad para ejecuciones en modo multitarea sobre ordenadores con memoria distribuida o compartida. Algunas de sus principales características son:

- Múltiples opciones de proyección geográfica (estereográfica polar, Mercator, Lambert, latitud-longitud) y coordenadas verticales sigma que siguen el terreno.
- Capacidad de anidamiento múltiple entre los dominios, cosa que facilita el estudio de fenómenos atmosféricos de diferentes escalas espaciales y el diseño de predicciones de alta resolución. La interacción entre los dominios puede ser en una dirección (one way nesting) o en dos (two-way nesting), y las mallas anidadas pueden ser móviles.
- Formulación de una dinámica no hidrostática, que permite que el modelo pueda ser utilizado para representar fenómenos de dimensiones inferiores a 10 km.
- Incorporación de esquemas realistas de parametrización de los procesos físicos relacionados con la radiación atmosférica, microfísica de nubes y precipitación, convección, turbulencia y flujos de energía y cantidad de movimiento sobre la superficie terrestre.

Los datos de entrada que necesita el modelo son:

¹ Skamarock, W.C., Klemp, J.B., Dudhia, J., Gill, D.O., Barker, D.M., Wang, W., Powers, J.G., 2005. A description of the advanced research WRF version 2 NCAR Tech Notes-46 +STR.

- Datos fisiográficos sobre el dominio de simulación: elevación digital del terreno, usos del suelo, índice de vegetación, temperatura climática del mar, etc.
- Condiciones iniciales y de contorno. Los datos de reanálisis del CFSv2 (*Climate Forecast System v2*) procedentes de NCEP (*National Center for Environmental Prediction*) han sido los utilizados para la inicialización del modelo WRF. CFSv2² realiza simulaciones atmosféricas para todo el mundo con una resolución de 0,5° (55km aproximadamente). CFSv2 se corresponde con un modelo acoplado ya que acopla en un único modelo un modelo atmosférico y uno oceánico, representando la interacción entre la atmósfera, los océanos, la tierra y la cubierta de hielo. CFSv2 asimila información satelital de los últimos 30 días, lo que le permite proporcionar una descripción completa del estado de la atmósfera. Estos datos proporcionan una descripción completa del estado de la atmósfera. De esta manera la inicialización del modelo WRF se ha realizado a partir de reanálisis CFSv2 con una resolución horizontal de 0,5° y los datos fisiográficos del dominio vienen proporcionados por el propio modelo.

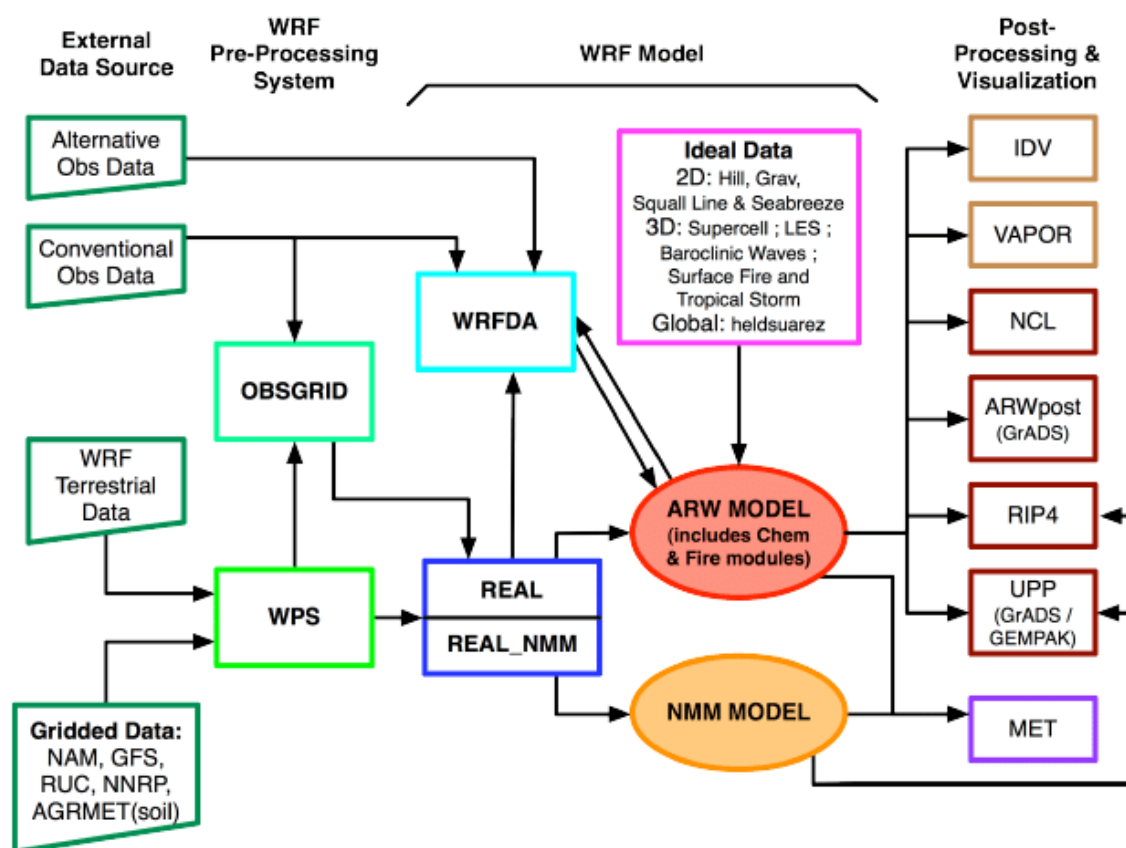


Figura 4. Representación esquemática de funcionamiento de WRF-ARW.

http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users/docs/user_guide_V3/contents.html

Se ha utilizado la configuración WRF específica para la zona de estudio, considerando la realización de simulaciones mediante arquitectura de doble anidamiento, lo que asegura

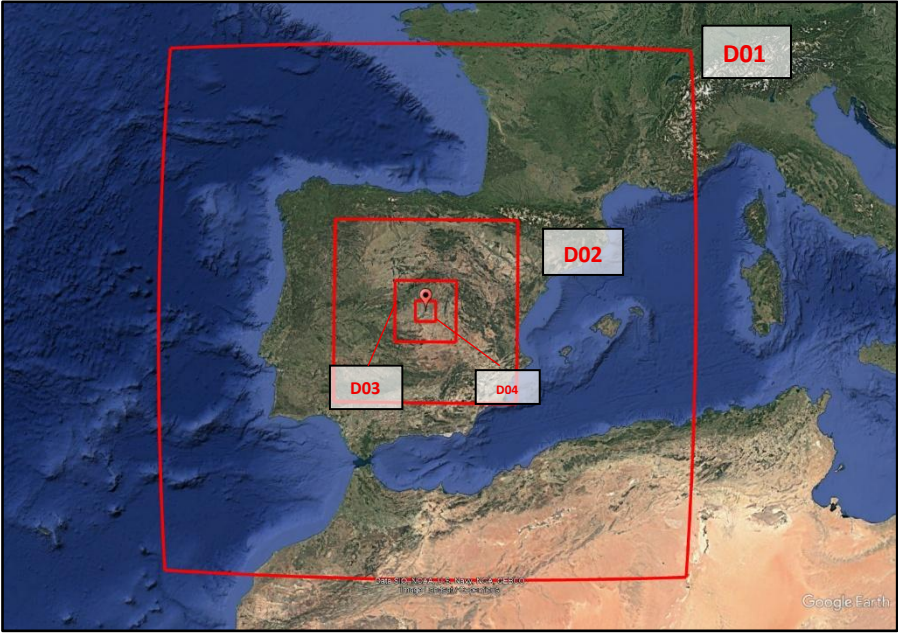
² Saha, S., Moorthi, S., Wu, X., Wang, J., Nadiga, S., Tripp, P., Behringer, D., Hou, Y.-T., Chuang, H.-Y., Iredell, M., Ek, M., Meng, J., Yang, R., Peña, M., Van den Dool, H., Zhang, Q., Wang, W., Chen, M., Becker, E., 2014. The NCEP Climate Forecast System Version 2. *Journal of Climate*, 27, pp.2185–2208.

que la influencia entre los procesos meteorológicos de diferentes escalas y representados en los diferentes dominios de modelización definidos sea biyectiva. Para el presente proyecto, las simulaciones WRF se han realizado trabajando con la versión 3.9.1.1 del modelo, con una resolución horizontal de 1 km.

Para asegurar que el modelo represente la mayor cantidad de fenómenos meteorológicos posibles, representativos de las diferentes escalas meteorológicas (sinóptica, mesoescala, microescala), la modelización meteorológica se ha aplicado sobre una arquitectura de mallas anidadas que definen una serie de dominios. Las principales características de los dominios de modelización diseñados se presentan a continuación.

Tabla 3. Características de cada uno de los dominios de modelización.

CARACTERÍSTICA	DOMINIO D01	DOMINIO D02	DOMINIO D03	DOMINIO D04
Resolución horizontal	27km x 27km	9km x 9km	3km x 3km	1km x 1km
Número de celdas	64x64	64x64	64x64	64x64
Extensión	1728 x 1728 km ²	576 x 576 km ²	192 x 192 km ²	64 x 64 km ²



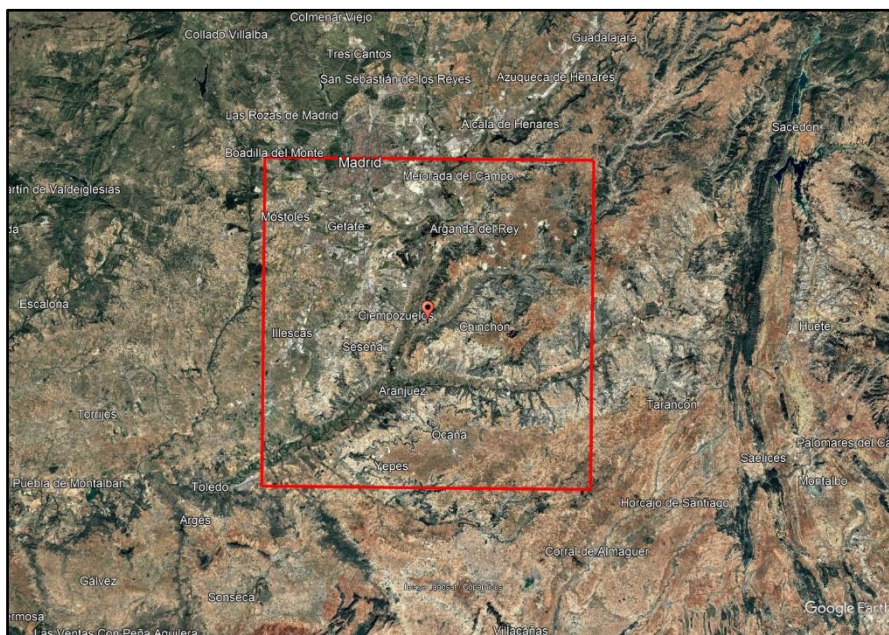


Figura 5. Dominios de modelización. Dominios D01, D02, D03 y D04 (superior). Dominio D04 (inferior).

2.4. Modelización de la dispersión

El modelo CALPUFF (versión 7.2.1) ha sido el seleccionado para la realización de la simulación y análisis de la dispersión de las emisiones generadas por el proyecto. CALPUFF fue desarrollado por el ASG (Atmospheric Studies Group), y es un modelo Lagrangeano de “puffs” gaussianos que permite simular las variaciones temporales y espaciales de los distintos contaminantes en la atmósfera, considerando su transporte, transformación y depósito. Es uno de los modelos recomendados por la Agencia de Protección del Medio Ambiente norteamericana (EPA, www.epa.gov/ttn/scram/dispersion_prefrec.htm) para la evaluación de la calidad del aire, incluso en zonas con topografía compleja, pues es capaz de simular fenómenos de canalización, brisas marinas, cizalladura del viento, etc., con mayor rigor que otros modelos, como AERMOD. Las dos grandes ventajas del modelo CALPUFF frente al modelo AERMOD son:

- El modelo CALPUFF considera la meteorología como heterogénea en el espacio, mientras que AERMOD la considera uniforme espacialmente. Por ello, el modelo CALPUFF es recomendable en zonas de topografía compleja donde el modelo AERMOD presenta carencias.
- El modelo CALPUFF contempla reacciones químicas en la atmósfera, considerando los contaminantes químicos en función de sus características (peso molecular, reactividad, velocidad de deposición, etc.), mientras que el modelo AERMOD trata todos los contaminantes de la misma manera.

El mecanismo con que CALPUFF simula la dispersión de la contaminación se basa en suponer que cada cierto tiempo se emite una nube de contaminantes, distribuidos dentro de la propia nube según una función gaussiana, desde las fuentes emisoras (chimeneas, carreteras, operaciones de carga y descarga, etc.); el tamaño inicial de cada nube emitida va a depender de las características de la fuente. CALPUFF considera el transporte y dispersión de los contaminantes de cada nube de forma independiente, de forma que van a ser transportadas individualmente según las condiciones meteorológicas, mientras van

aumentando de tamaño debido a la difusión (Figura 6). CALPUFF considera también reacciones químicas entre los contaminantes, además de su eliminación, tanto por depósito seco, como por depósito húmedo.

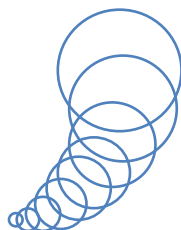


Figura 6. Comportamiento teórico del modelo CALPUFF

El modelo CALPUFF pertenece, en realidad, al sistema de modelización homónimo, el cual integra tres componentes: CALMET, CALPUFF Y CALPOST. El primero de ellos, CALMET, es el modelo de diagnóstico meteorológico tridimensional del sistema, mientras que CALPOST es el módulo de postprocesado, capaz de tratar los resultados de concentración en el aire y depósito de los contaminantes obtenidos con CALPUFF.

CALPUFF necesita determinados datos de entrada para su correcta ejecución, especialmente la información relativa a las fuentes emisoras (dimensiones y caudal de las chimeneas, temperatura de los gases emitidos, tamaño del área emisora, etc.), y la información meteorológica (velocidad y dirección del viento, temperatura, altura de la capa de mezcla, etc.). CALPUFF utiliza esta información meteorológica en tres dimensiones, lo que supone considerar datos en superficie y en altura. Los datos meteorológicos pueden proceder de simulaciones, y a su vez estos datos pueden ser complementados con medidas realizadas en las estaciones meteorológicas disponibles o radiosondeos (temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, información sobre la cobertura nubosa, presión atmosférica y precipitación). El modelo WRF (Weather Research and Forecasting model) ha sido el elegido por Meteosim para realizar dichas simulaciones y generar la información meteorológica en superficie y en altura requerida por CALPUFF.

En cuanto a las salidas, el modelo CALPUFF proporciona datos horarios de concentración, depósito seco y depósito húmedo de cada uno de los contaminantes considerados, tanto en puntos receptores concretos, como en la malla de estudio.

CALPUFF permite tratar un gran número de fuentes o focos de emisión, ya sean de forma puntual, lineal, área o volumen, y además las emisiones consideradas pueden ser constantes o variables. Para ello, necesita ciertos parámetros de entrada:

- Localización y características de las fuentes emisoras incluyendo diferentes parámetros físicos y la intensidad de emisión. En el caso de fuentes puntuales, los datos de la fuente requeridos por el modelo son: altura, diámetro de la fuente, temperatura y velocidad de salida de los gases o partículas contaminantes. Para fuentes de área, son necesarias, además, las dimensiones de estas zonas.
- Definición de un dominio cartesiano de resolución horizontal dada. Se puede incluir también la localización de determinados puntos receptores discretos.
- Datos meteorológicos de todo el dominio a estudiar. Específicamente requiere valores horarios de velocidad del viento, dirección del viento, temperatura, humedad relativa, cobertura nubosa, altura de las nubes, presión y precipitación.

- Información topográfica del terreno a modelar con una resolución dada, así como información de los usos del suelo de todo el dominio.

Siguiendo todos y cada uno de los requerimientos del modelo CALPUFF y considerando las emisiones que se detallarán en la siguiente sección, se ha realizado el escenario de modelización correspondiente, que tendrá en cuenta la dispersión de los contaminantes comunes en los diferentes focos emisores existentes.

Meteosim ha realizado las simulaciones CALPUFF con la versión 7.2.1 utilizando el propio código fuente descargado de la página web de US EPA. Para el análisis de resultados y generación de gráficas se han utilizado diferentes programas informáticos basados en lenguajes Python, Fortran, C++ y R desarrollados por Meteosim.

3. Inventario de emisiones

El cliente ha suministrado información detallada concerniente a las fuentes de emisión, incluyendo su ubicación y las características específicas de cada foco. Este inventario de emisiones ha sido desarrollado para los contaminantes NO_x (óxidos de nitrógeno), CO (monóxido de carbono), SO₂ (dióxido de azufre), partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}), As (arsénico), Cd (cadmio), Hg (mercurio), Ni (níquel), Pb (plomo), PCDD/F (dioxinas y furanos), HCl (cloruro de hidrógeno), HF (fluoruro de hidrógeno), NH₃ (amoníaco) y C₆H₆ (benceno) y B(a)P (benzo(a)pireno), cuya información fue proporcionada por CADEVA.

3.1. Fuentes de emisión

El Centro de Tratamiento de Residuos “Jarama” planteado en la localidad de Titulcia presenta una estructura en la que los gases de combustión resultantes de todo el proceso se emiten a la atmósfera a través de dos chimeneas. Cada una de estas chimeneas se ha considerado como una fuente puntual y se ha incorporado a las simulaciones con CALPUFF mediante los parámetros que describen sus características relevantes, como la altura de la chimenea, el diámetro y la temperatura de salida de los gases.

Como se ha mencionado anteriormente, se ha utilizado el modelo de dispersión de contaminantes atmosféricos CALPUFF para simular la dispersión de emisiones atmosféricas de los contaminantes. Para ello, el modelo tiene en cuenta una serie de parámetros, como la topografía del área, la velocidad y dirección del viento, la altura de la chimenea y las características de las emisiones, para predecir cómo se dispersarán los contaminantes en el aire y cómo afectarán la calidad del aire en las zonas circundantes. La exhaustiva consideración de cada una de las fuentes, junto con sus respectivas emisiones, permitirá una evaluación precisa del impacto ambiental de la industria en el área de estudio. Cada uno de los focos de emisión (chimeneas) se ha modelizado de forma independiente, utilizando sus parámetros geométricos y de emisión específicos, de acuerdo con la información facilitada por CADEVA.

En la Tabla 4 se mencionan las características de las fuentes de emisión consideradas en el proyecto.

Tabla 4. Principales características de las fuentes de emisión.

Fuente	X	Y	Z (cota)	Altura (m)	Diámetro (m)	Temperatura (K)	Velocidad (m/s)	Caudal (m3/s)
Chimenea 1	453267.44	4444068.26	522.1	70	2	408.15	14.644	46.004
Chimenea 2	453271.53	4444070.34	522	70	2	408.15	14.644	46.004

En la figura se muestra la ubicación de las diferentes fuentes sobre el plano de la industria.



Figura 7. Ubicación de las fuentes consideradas

3.2. Escenario de emisiones

La modelización de la dispersión atmosférica se ha centrado exclusivamente en las emisiones procedentes de las dos chimeneas anteriormente descritas. Toda la información y las condiciones de emisión fueron definidas y facilitadas por CADEVA.

Se han considerado unas tasas de emisión ajustadas a la realidad para conocer el impacto de la planta en el entorno. La modelización realizada con estas emisiones servirá para evaluar el cumplimiento de los valores límite y objetivo de calidad del aire, en base al Real Decreto 102/2011, la Directiva Europea 2008/50/CE, y la nueva Directiva 2024/2881. No obstante, se ha incluido un escenario adicional de máximos semihorarios, utilizando las tasas de emisión pico corregidas según RD 815/2013. Estas tasas se modelizarán de forma constante como aproximación conservadora para la evaluación de concentraciones horarias, no representando la operación habitual de la instalación. Únicamente se modelizarán las emisiones máximas semihorarias de tres contaminantes (NO_2 , CO y SO_2), y su análisis se limitará a la evaluación de concentraciones máximas de corta duración.

En la siguiente tabla se presentan las emisiones introducidas en el modelo para cada uno de los contaminantes considerados. Estos valores fueron proporcionados por CADEVA. Las emisiones se repartieron equitativamente entre las dos chimeneas.

Tabla 5. Contaminante; Umbral inferior de los NEAs MTDs (mg/Nm³) normalizadas al 11%; Emisiones mg/Nm³ corregidas al 9,54% de O₂; Tasa de emisión (g/s).

Emisiones				
Contaminante	Umbral inferior de los NEAs MTDs (mg/Nm ³) normalizadas al 11%	Emisiones (mg/Nm ³) corregidas al 9,54% de O ₂	Tasa de emisión (g/s)	Tasa de emisión por chimenea (g/s)
Óxidos de Nitrógeno (NOx)	50	57,9	1,463	0,7315
Partículas PM10	1	1,158	0,029	0,0145
Partículas PM2,5	1	1,158	0,029	0,0145
Dióxido de azufre (SO ₂)	5	5,79	0,146	0,073
Benceno (COV)	0,03	0,03474	0,001	0,0005
Benzo(a)pireno (COV)	0,000003	0,000003474	0,00000009	4,50E-08
Plomo (Pb)	0,0068	0,0078744	0,0002	0,0001
Arsénico (As)	0,00068	0,00078744	0,00002	0,00001
Cadmio (Cd)	0,0016	0,0018528	0,000047	0,0000235
Níquel (Ni)	0,0025	0,002895	0,000073	0,0000365
Mercurio (Hg)	0,005	0,00579	0,00015	0,000075
Dioxinas y Furanos (PCDD/F)	0,00000001	1,16E-08	3,00E-10	1,5E-10
Monóxido de Carbono (CO)	10	11,58	0,293	0,1465
Amoníaco (NH ₃)	2	2,316	0,059	0,0295
Cloruro de Hidrógeno (HCl)	2	2,316	0,059	0,0295
Fluoruro de Hidrógeno (HF)	1	1,158	0,029	0,0145

Tabla 6. Contaminante; VLE 3% semihorario RD 815/2013 (mg/Nm³) normalizadas al 11%; Emisiones mg/Nm³ corregidas al 9,54% de O₂; Tasa de emisión (g/s).

Emisiones semihorarias				
Contaminante	VLE 3% semihorario RD 815/2013 (mg/Nm ³) normalizadas al 11%	Emisiones (mg/Nm ³) corregidas al 9,54% de O ₂	Tasa de emisión (g/s)	Tasa de emisión por chimenea (g/s)
Óxidos de Nitrógeno (NOx)	400	463,2	11,705	5,8525
Dióxido de azufre (SO ₂)	200	231,6	5,852	2,926
Monóxido de Carbono (CO)	100	115,8	2,926	1,463

4. Caracterización meteorológica y validación

En este capítulo se presenta una caracterización meteorológica de la zona de análisis a partir de los resultados de la modelización meteorológica. A su vez, se muestra la precisión del modelo meteorológico utilizado en virtud de la comparación de los valores modelados con valores observados en las estaciones de medición.

4.1. Caracterización meteorológica

La caracterización meteorológica de los datos simulados se ha llevado a cabo utilizando el modelo WRF para todo el año 2025. Esta simulación meteorológica ha sido validada (ver sección 4.2) utilizando las estaciones administradas por AEMET y descritas en la sección 2.1. Todo modelo requiere de información instrumental representativa del área de análisis. En este proyecto se ha utilizado la información instrumental para validar el modelo meteorológico y caracterizar meteorológicamente el área de análisis.

Para el área de estudio, se han obtenido las series temporales meteorológicas. A continuación, se presentan las series anuales de velocidad del viento, los ciclos diarios de velocidad del viento, así como la rosa de los vientos para 16 sectores acompañados de su correspondiente histograma anual de intensidad del viento. Además, la rosa de los vientos está representada para cada uno de los meses del año y para cada hora. Finalmente, también hay un análisis de la variación mensual y diaria de la temperatura y la humedad, así como de la precipitación mensual acumulada.

Se considerarán vientos débiles aquellos entre 1 y 5 m/s, moderados entre 5 y 10 m/s y fuertes de 10 a 20 m/s. Las velocidades del viento por debajo de 0.5 m/s no se han tenido en cuenta, considerando estos vientos como calma.

Todas las variables descritas anteriormente se presentan para el período de referencia y para el punto de cuadrícula del modelo WRF ubicado en la ubicación de la planta.

Del ciclo diario de la velocidad del viento obtenida con el modelado (Figura 8 a la izquierda) se infiere una velocidad muy homogénea a lo largo del día, que varía en promedio entre 2.5 y 3.5 m/s; el valor máximo de la velocidad del viento se observa durante las horas centrales del día. Los valores mensuales promedio poseen también poca variación a lo largo de todo el período y oscilan entre aproximadamente 2 y 4.0 m/s.

Según el histograma de frecuencia (Figura 9 derecha), la mayoría de los vientos durante el año son inferiores a 4 m/s, por lo tanto, son los más frecuentes, siendo más del 60% de las ocasiones inferiores a 3 m/s; alrededor del 15% de las ocasiones ocurrieron, sin embargo, vientos moderados (entre 5 y 10 m/s) y en menos del 5% de las ocasiones se proyectaron vientos fuertes (entre 10 y 20 m/s). La rosa de los vientos para el período estudiado (9, izquierda) indica que los vientos predominantes son del OSO (oeste-suroeste), seguidos inmediatamente por vientos del SO (suroeste), ENE (este-noreste) y del NE (noreste). La mayoría de los vientos son de carácter débil y moderado.

Las rosas de los vientos mensuales muestran que los vientos son, en general, de carácter débil, aunque en meses como enero, marzo, abril y octubre, existe un mayor porcentaje de vientos moderados (Figura 10). La Figura 11 muestra que el componente de viento NE es el predominante durante la mayor parte de las horas nocturnas; sin embargo, en las horas diurnas la componente OSO adquiere mayor importancia, predominando los vientos de carácter moderado.

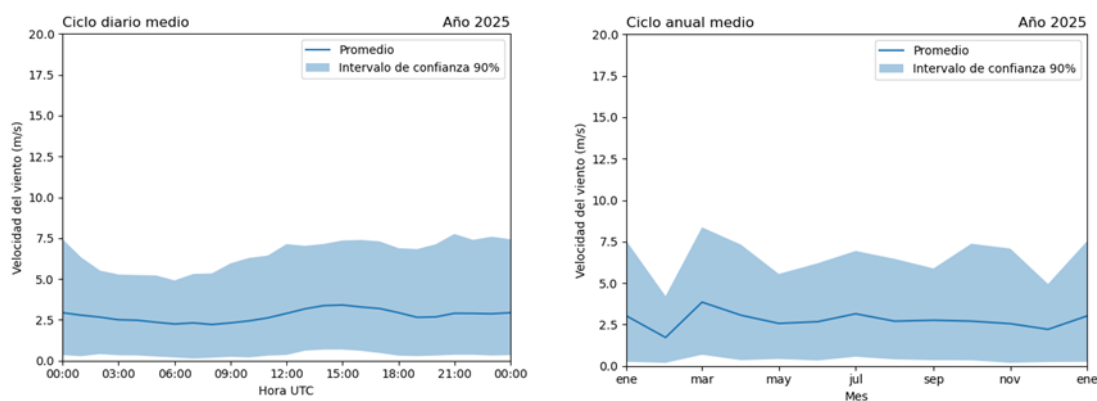


Figura 8. Ciclo diario (izquierda) y ciclo anual (derecha) de la velocidad del viento simulada en el punto de análisis

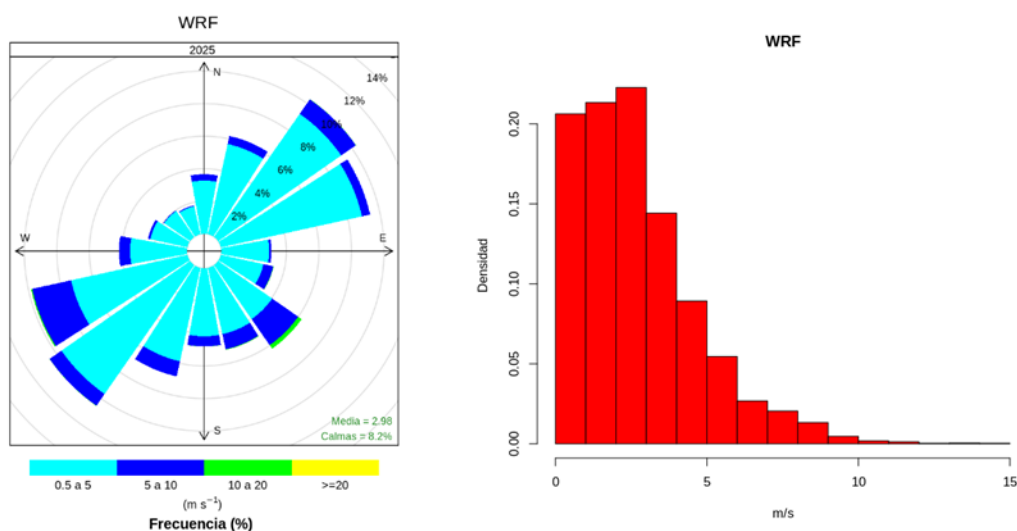


Figura 9. Rosa de vientos (izquierda) e histograma de frecuencia de intensidad de viento anual (derecha) simulado en el punto de análisis. Los porcentajes indican el porcentaje de ocasiones en un año en que se reproduce una dirección e intensidad del viento, respectivamente

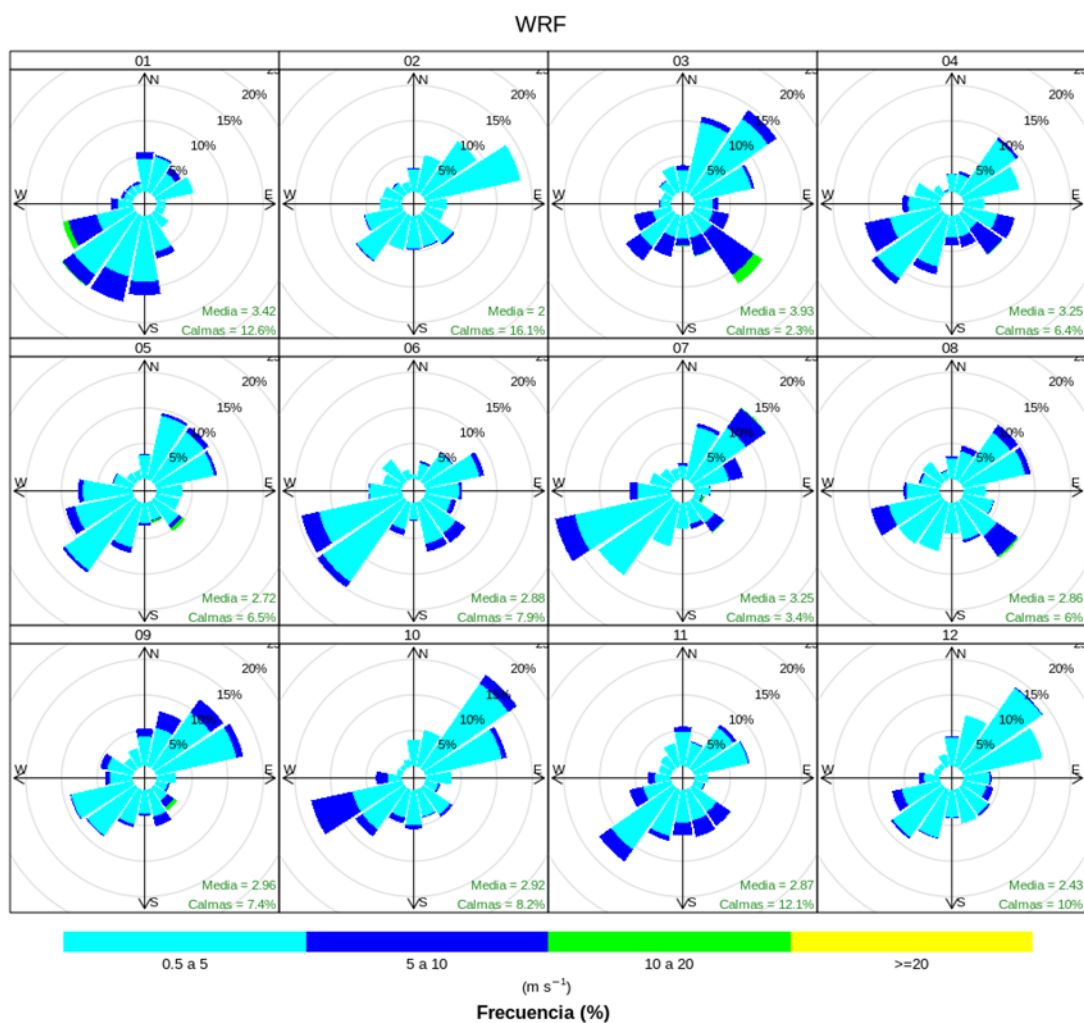


Figura 10. Rosas de viento mensuales en el punto de análisis. Los porcentajes indican el porcentaje de veces en un año que se reproduce una dirección del viento

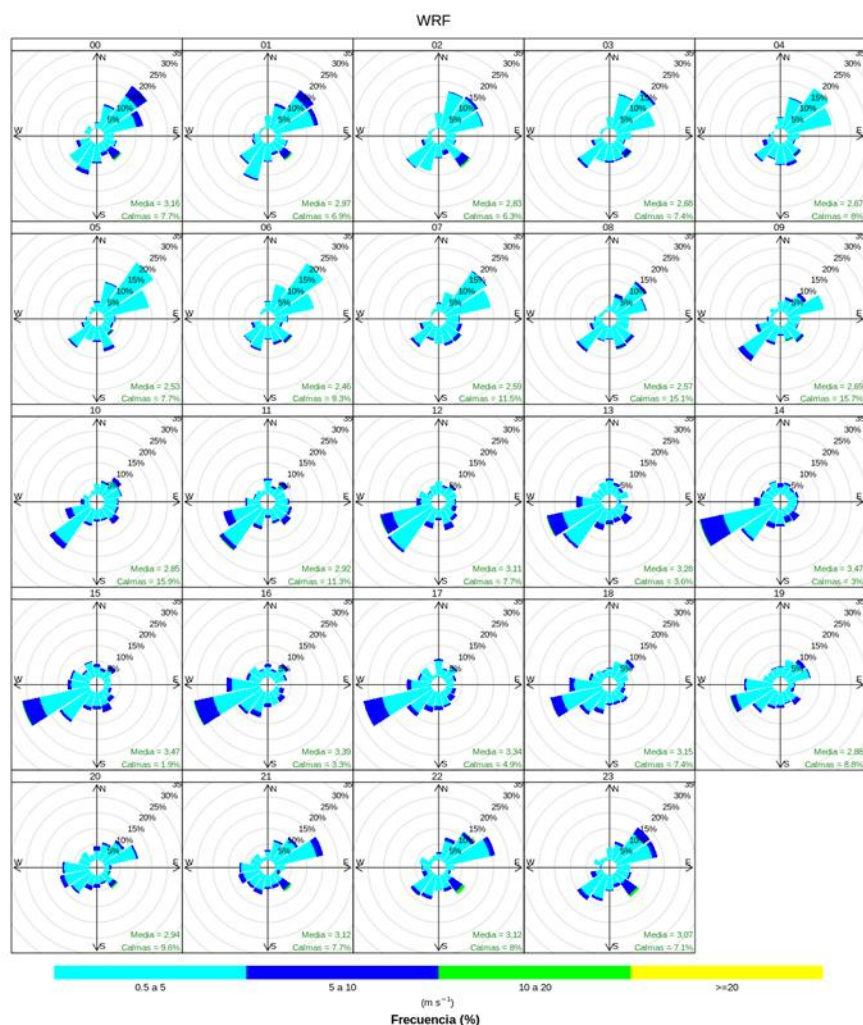


Figura 11. Rosas de viento horarias en el punto de análisis. Los porcentajes indican el porcentaje de veces en un año que se reproduce una dirección del viento

La Tabla 7 muestra los valores medios mensuales de temperatura y los valores mínimos y máximos de cada mes del período estudiado. Las temperaturas mínimas ocurren en enero, con valores mensuales promedio de 6,1°C y una mínima mensual de -3,1°C. Las temperaturas máximas ocurren en agosto, con valores mensuales promedio de alrededor de 27,5°C. Sobre una base diaria (Figura 12), la oscilación de la temperatura es de unos 10°C en promedio entre el día y la noche constante durante todo el año, con valores mínimos a primera hora de la mañana, en torno a los 10°C, y máximos a mediodía, en torno a los 20°C.

Tabla 7. Registros de temperatura mensual promedio, máximo y mínimo (en °C) simulados en el punto de análisis.

Temperatura	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Media	6,1	7,2	8,9	13,1	17,3	26,8	26,4	27,5	20,5	16,5	8,7	5,9
Máx.	17,6	17,7	21,0	25,2	35,0	38,6	37,7	39,6	34,6	27,0	23,0	14,4
Mín.	-3,1	-0,4	0,2	1,1	5,8	12,3	13,2	13,1	6,6	4,1	-0,9	-0,6

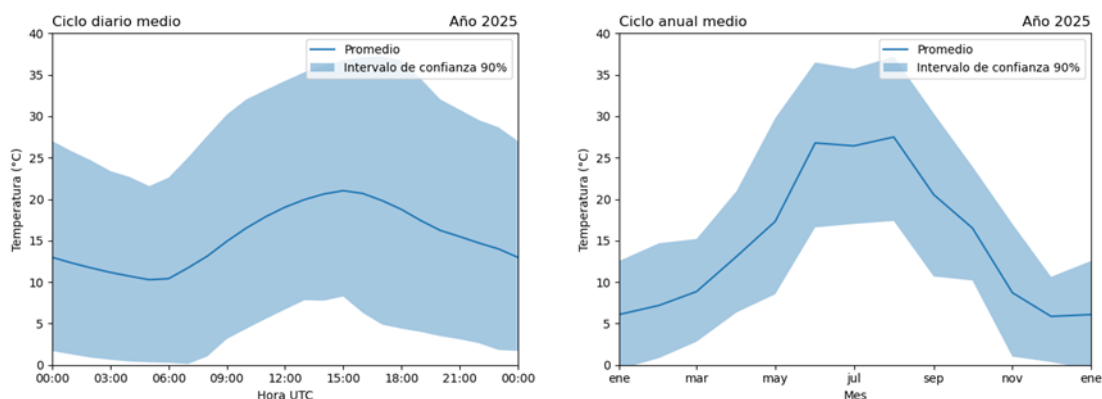


Figura 12. Temperatura simulada del ciclo diario (izquierda) y anual (derecha) en el punto de análisis

De la Figura 13 correspondiente a los valores de precipitación acumulados para cada mes. En la figura se observa que el mes más lluvioso fue marzo, con un valor mensual acumulado superior a 100 mm. Durante el mes de abril también se acumularon importantes cantidades de precipitación, en torno a 80 mm. Junio, julio y agosto fueron los meses más secos donde la precipitación acumulada fue prácticamente nula.

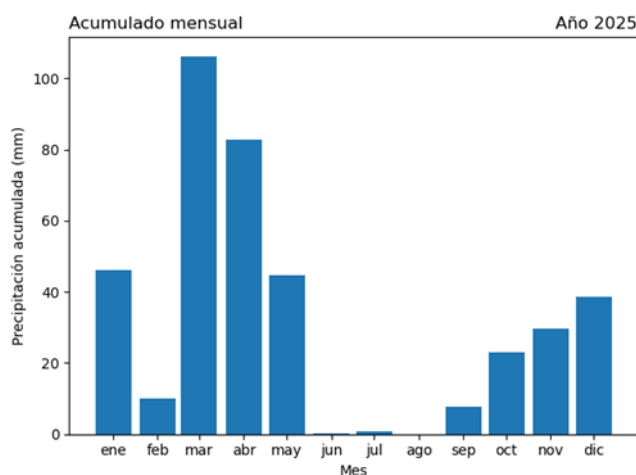


Figura 13. Precipitación mensual acumulada durante el año 2025 en el punto de análisis

La Tabla 7 muestra los valores promedio, máximo y mínimo de la humedad relativa obtenida en el punto de análisis. Se puede observar que los valores máximos casi todo el año son superiores al 95%, a excepción de los meses de junio, julio y agosto en los que baja a 91-92%. Por otro lado, el valor mínimo se registra en julio (7%) seguido del mes de junio (8%).

Tabla 8. Registros promedio, máximo y mínimo de humedad relativa mensual (en %).

Humedad relativa	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Media	77	70	76	68	56	35	36	33	46	65	73	86
Máx.	100	99	99	100	100	91	92	92	96	100	100	100
Mín.	17	27	26	28	13	8	7	9	12	18	29	53

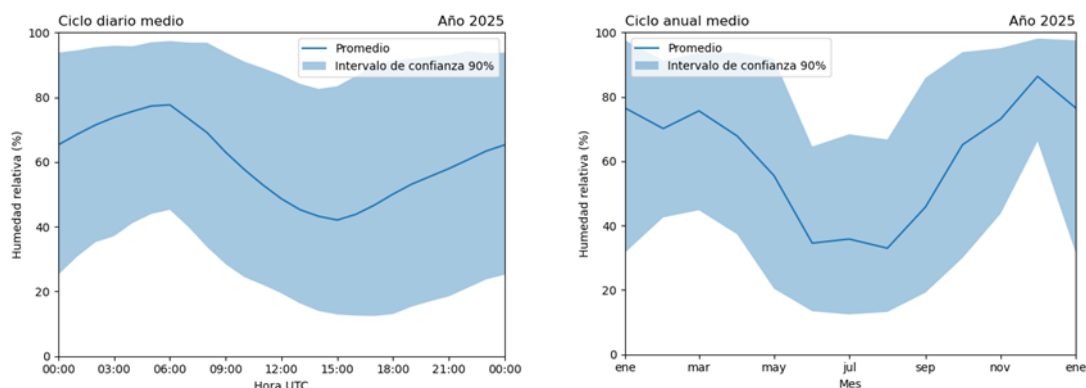


Figura 14. Ciclo diario (izquierda) y anual (derecha) de humedad relativa simulada en el punto de análisis

En el ciclo diario (Figura 14) se observa una oscilación media de la humedad relativa entre el 40% durante las horas centrales del día, y superiores al 70% durante las horas nocturnas, mientras que la tendencia anual media varía entre 35% y 80%.

4.2. Validación de datos meteorológicos

Para la realización de la comparación entre valores observados y modelizados se han utilizado los datos procedentes de las estaciones de Arganda del Rey (3183Y), Tielmes (3229Y), Aranjuez (3100B), Madrid/Getafe (3200) y Ocaña (3099Y), todas pertenecientes a la red de AEMET. Todas ellas se han seleccionado por cercanía al punto de interés. En la Sección 2.1 se presenta la ubicación de la estación considerada.

Para la comparación numérica determinista entre datos observados y modelados, se han utilizado una serie de estadísticos. Según lo definido por la Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA) en su documento técnico No. 10/2011 (<http://www.eea.europa.eu/publications/fairmode>), la selección de estadísticos (que sirven como indicadores de la calidad de modelado) depende de la aplicación del modelo y su motivación, así como de las observaciones disponibles. Para llevar a cabo un análisis de emisiones contaminantes, se han utilizado las estadísticas indicadas en el documento técnico mencionado, a partir del cual se define un valor de referencia recomendado (Tabla A.2.3 del documento técnico No. 10/2011). Estas estadísticas y valores de referencia se incluyen en el documento del Borrador de la Guía del Medio Ambiente de la Agencia del Medio Ambiente de América del Norte (EPA) sobre evaluación de modelos meteorológicos (2009) y fueron sugeridos por Emery et al. (2001)³ Tesche et al. (2002)⁴ y Gavidia-Calderón et al (2020)⁵.

³ Emery C., Tai, E., 2001. Enhanced Meteorological Modeling and Performance Evaluation for Two Texas Ozone Episodes. Final report submitted to Texas Natural Resources Conservation Commission, prepared by ENVIRON, International Corp, Novato, CA.

⁴ Tesche, T.W., McNally, D.E., Tremback, C., 2002. Operational Evaluation of the MM5 Meteorological Model Over the Continental United States: Protocol for Annual and Episodic Evaluation. Prepared for US EPA by Alpine Geophysics, LLC, Ft. Wright, KY, and ATMET, Inc., Boulder, CO. http://www.epa.gov/scram001/reports/tesche_2002_evaluation_protocol.pdf

⁵ Gavidia-Calderón, Mario & Ibarra-Espinosa, Sergio & Andrade, Maria. (2020). Simulation of O₃ and NO_x in Sao Paulo street urban canyons with VEIN (v0.2.2) and MUNICH (v1.0). 10.5194/gmd-2020-282.

Así, por ejemplo, la dirección del viento se ha evaluado con las estadísticas MB (1) y MAGE (2), error medio y error absoluto promedio respectivamente. Se han añadido algunos estadísticos adicionales al análisis como el coeficiente de correlación. Las definiciones matemáticas de cada uno de los estadísticos utilizados se presentan a continuación:

$$\text{Error medio:} \quad MB = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (M_i - O_i) \quad (1)$$

$$\text{Error absoluto medio:} \quad MAGE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |M_i - O_i| \quad (2)$$

$$\text{Error cuadrático medio:} \quad RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (M_i - O_i)^2} \quad (3)$$

$$\text{Índice de concordancia:} \quad IOA = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - M_i)^2}{\sum_{i=1}^N |M_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|^2} \quad (4)$$

donde O_i corresponde a las observaciones; M_i corresponde a los valores modelados; $\bar{O}$ corresponde al valor promedio de las observaciones y $\bar{M}$ al valor promedio de los valores modelados; e i corresponde a cada uno de los N valores por hora de las variables analizadas para las estaciones AEMET durante el período de estudio. La siguiente tabla muestra los resultados de las estadísticas de las estaciones AEMET consideradas.

Tabla 9. Estadística de comparación de modelos de observación evaluados para la estación considerada. Entre los detalles se encuentran los resultados estadísticos que se han recomendado. * Valor recomendado en áreas de topografía compleja.

Variable	Estadístico (unidades) (recomendación)	3182Y Arganda del Rey	3229Y Tielmes	3100B Aranjuez	3200 Madrid/Getafe	3099Y Ocaña	Todas
Velocidad del viento horaria	MB [m/s] ($<\pm 1,5$)*	0,6	--	1,0	-0,4	1,0	0,6
	RMSE [m/s] ($<2,5$)*	1,8	--	1,9	1,8	1,9	1,9
	IOA ($\geq 0,60$)	0,73	--	0,60	0,78	0,76	0,74
Dirección del viento horaria	MB ($^{\circ}$) ($<\pm 10$)	3	--	8	3	2	4
	MAGE ($^{\circ}$) (<50)*	47	--	64	39	34	46
Temperatura horaria	MB [$^{\circ}\text{C}$] ($<\pm 1,0$)*	-0,8	-1,0	-1,3	--	-1,3	-1,0
	MAGE [$^{\circ}\text{C}$] ($<3,0$)*	1,8	1,9	1,8	--	1,8	1,9
	IOA ($\geq 0,80$)	0,99	0,98	0,98	--	0,98	0,98
Humedad relativa horaria	MB (%) ($<\pm 10$)	-4	-1	3	--	-2	-1
	MAGE (%) ($<\pm 20$)	9	8	14	--	8	10
	IOA ($\geq 0,60$)	0,94	0,94	0,81	--	0,95	0,92

En la anterior tabla se observa que, para el conjunto de las estaciones, la velocidad del viento tiene un sesgo medio (MB) de 0,6 m/s (tendencia a la sobreestimación) y el error cuadrático medio (RMSE) de 1,9 m/s, ambos valores por debajo de las recomendaciones para zonas de topografía compleja (aquellas zonas que presentan variaciones significativas en la elevación a lo largo de todo el dominio). Las estaciones de forma individual también muestran valores por debajo de las recomendaciones.

Los valores promedios de la dirección del viento presentan un sesgo medio (MB) de 4° y un error absoluto medio (MAGE) de 46° siendo el valor recomendado de 55° válido para zonas de topografía compleja.

La temperatura presenta una subestimación media de $-1,0^{\circ}\text{C}$ respecto a las mediciones, y los valores del MAGE ($1,9^{\circ}\text{C}$) y del IOA (0,98) respetan el límite recomendado para la temperatura (MAGE de $3,0^{\circ}\text{C}$ máximo, e IOA de 0,80 mínimo). De forma individual, las estaciones también presentan buenos resultados, obteniendo todas unos estadísticos por debajo de los valores máximos recomendados.

Los estadísticos MB, MAGE e IOA correspondientes a la humedad relativa para el conjunto de las estaciones son también buenos: MB de -1% frente al $\pm 10\%$ recomendado, MAGE de 10% frente al 20% e IOA de 0,92 frente a un mínimo aceptable de 0,60. De forma individual, las estaciones también presentan buenos resultados.

La Figuras 15 y 16 muestran la serie temporal y el diagrama de dispersión de la velocidad del viento para todas las estaciones. En estas figuras se observa que el modelo y las observaciones están correlacionadas en cada estación ya que el rango de velocidades es similar y los valores de correlación son fiables.

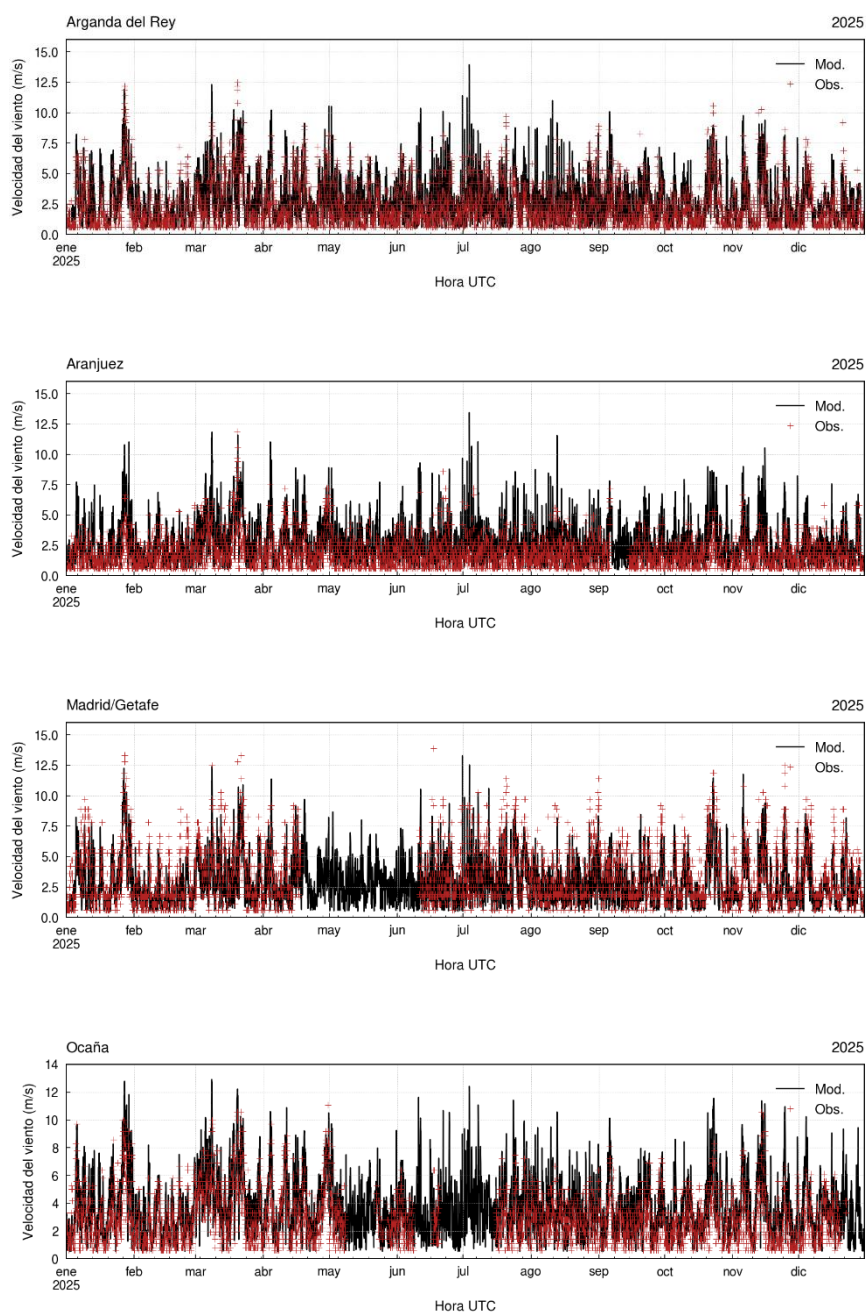


Figura 15. Serie anual de velocidad del viento medida en las estaciones de Arganda del Rey, Aranjuez, Madrid/Getafe y Ocaña diagnosticadas en el punto de malla del modelo coincidente con la localización de dichas estaciones

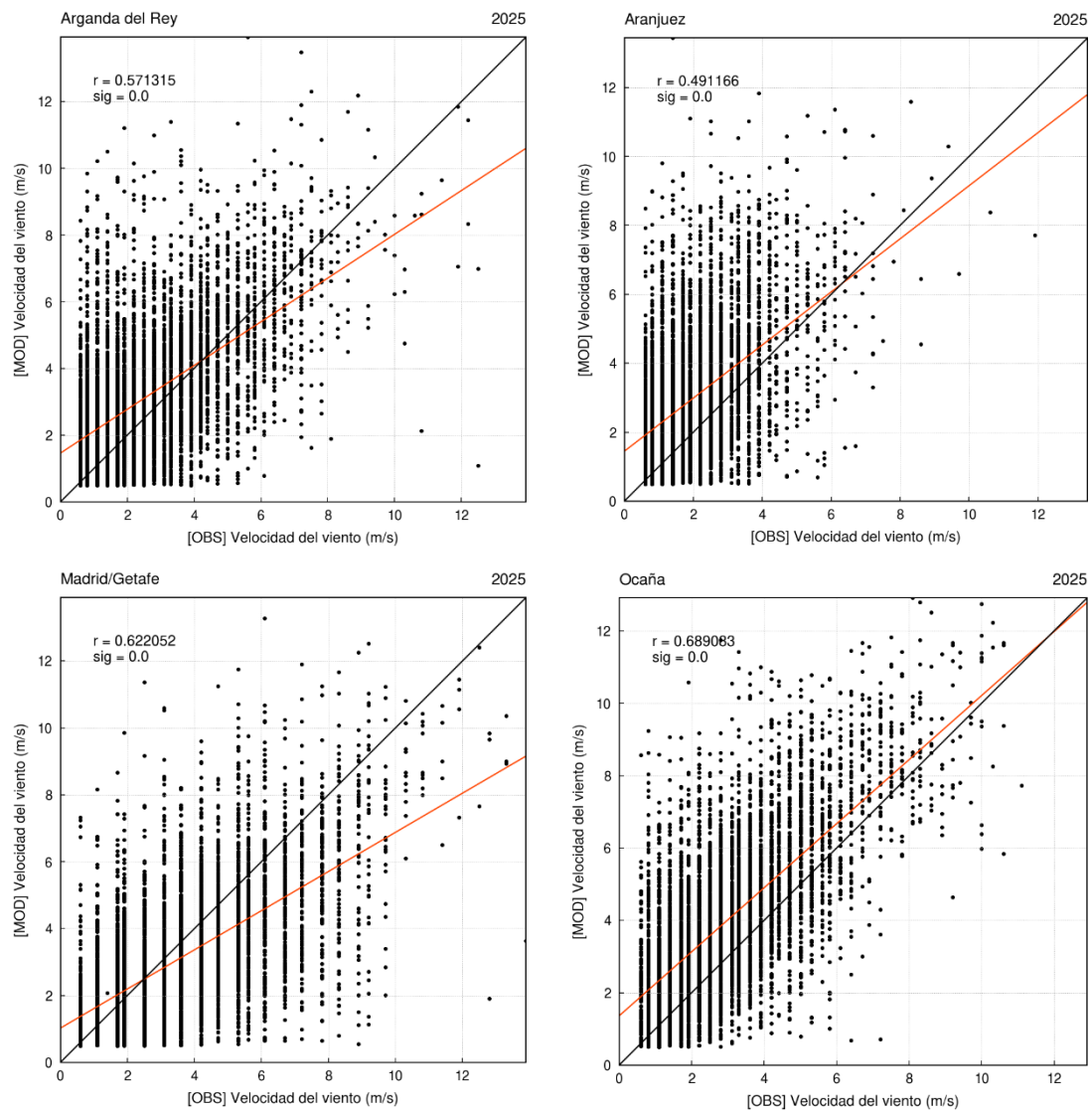


Figura 16. Diagramas de dispersión de velocidad del viento medida en las estaciones de Arganda del Rey, Aranjuez, Madrid/Getafe y Ocaña diagnosticadas en el punto de malla del modelo coincidente con la localización de dichas estaciones

Las series temporales de temperatura, representada en la Figura 17, refleja una notable concordancia entre el modelo y la observación. Además, los diagramas de dispersión (Figura 18) corroboran estos resultados.

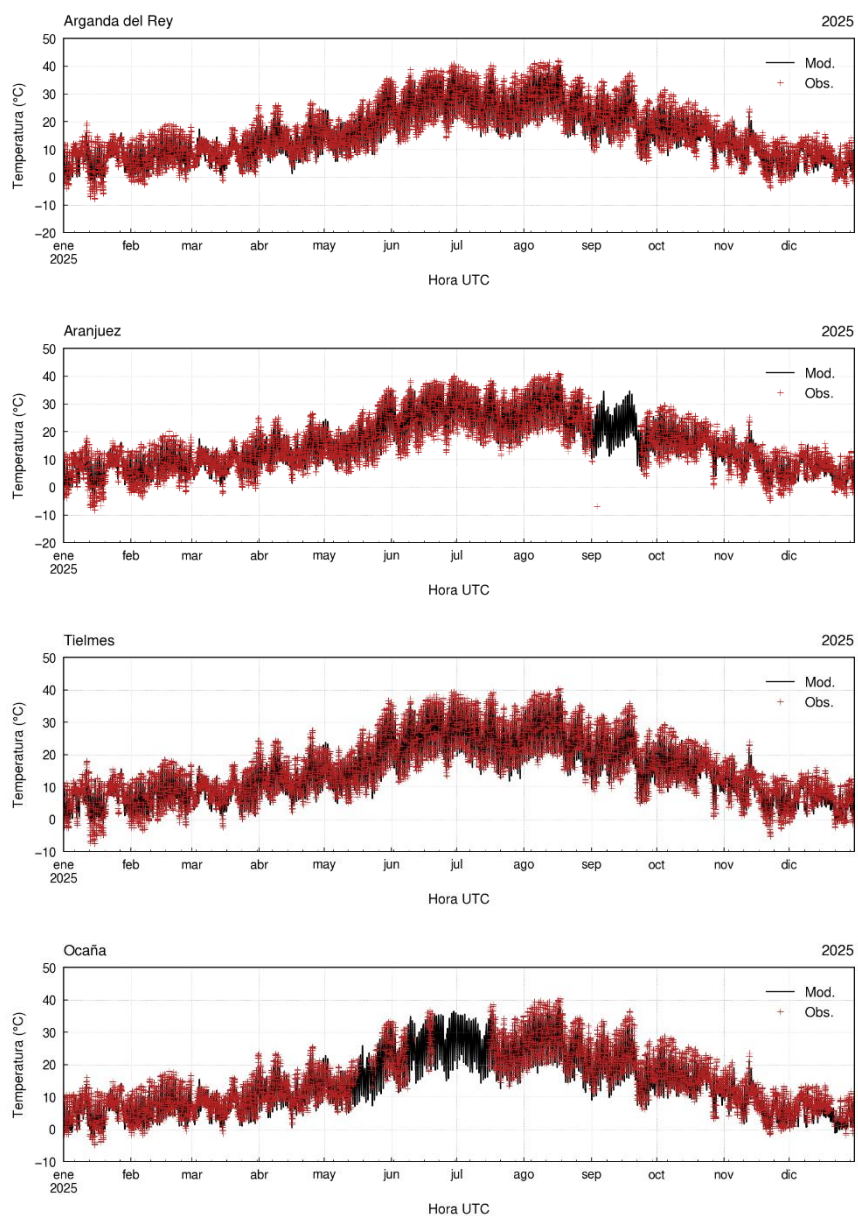


Figura 17. Serie anual de temperatura medida en las Arganda del Rey, Aranjuez, Tielmes y Ocaña diagnosticadas en el punto de malla del modelo coincidente con la localización de dichas estaciones

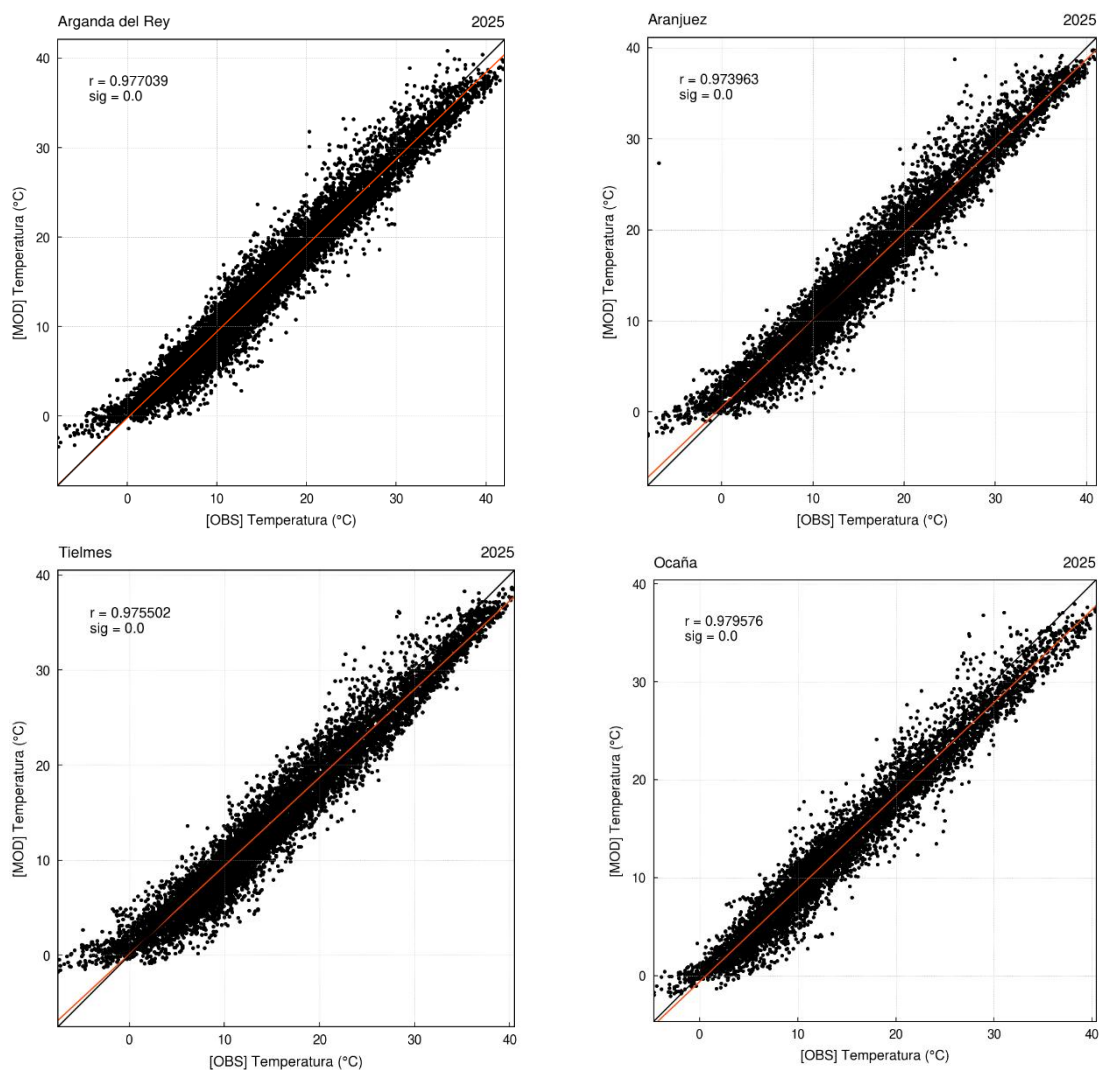


Figura 18. Diagramas de dispersión de temperatura medida en las estaciones Arganda del Rey, Aranjuez, Tielmes y Ocaña diagnosticadas en el punto de malla del modelo coincidente con la localización de dichas estaciones

Las Figuras 19 y 20 muestran las series temporales y el diagrama de dispersión de la humedad relativa, donde puede comprobarse la concordancia entre el modelo y la observación.

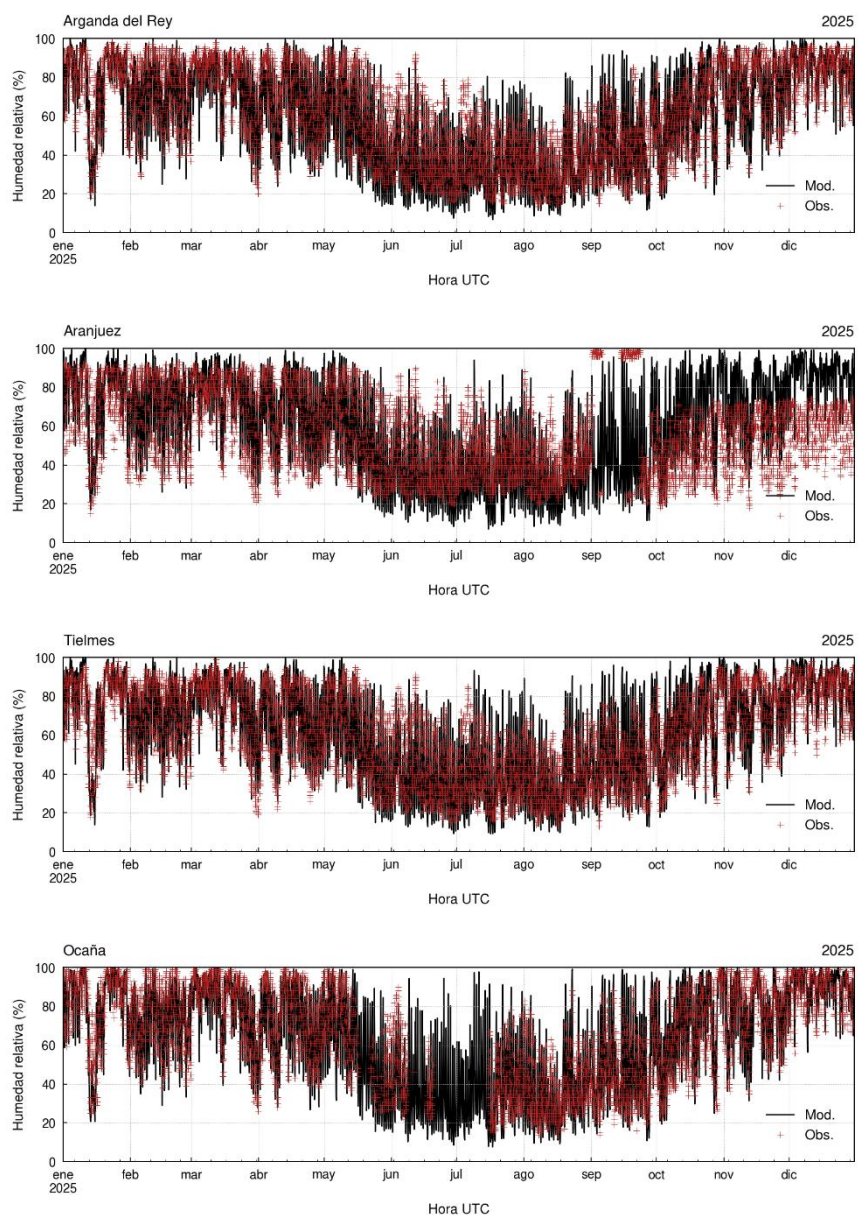


Figura 19. Serie anual de humedad relativa medida en las Arganda del Rey, Aranjuez, Tielmes y Ocaña diagnosticadas en el punto de malla del modelo coincidente con la localización de dichas estaciones

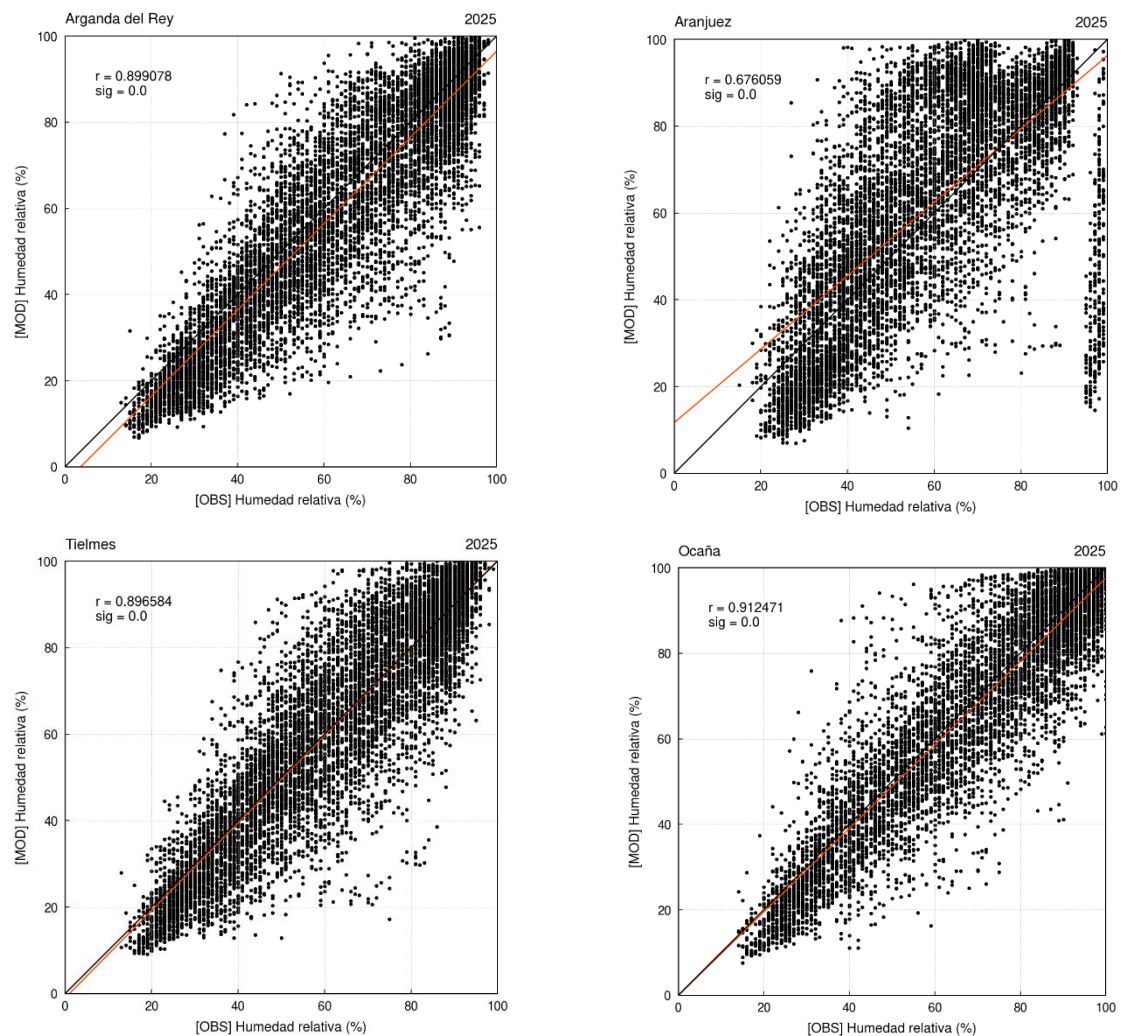


Figura 20. Diagramas de dispersión de humedad relativa medida en las estaciones de Arganda del Rey, Aranjuez, Tielmes y Ocaña diagnosticadas en el punto de malla del modelo coincidente con la localización de dichas estaciones

El conjunto de resultados mostrados brinda suficiente confiabilidad a los resultados del modelo de dispersión, desde el punto de vista de la validación meteorológica.

5. Configuración del modelo de dispersión

La simulación con el modelo de dispersión de contaminantes CALPUFF se ha realizado en un dominio de 8x8 km², de 100 metros de resolución. El dominio está centrado en el punto donde se ubicará la planta. Las características del dominio de modelización se muestran a continuación.

Tabla 10. Propiedades del dominio de simulación CALPUFF. UTM zona 30 y WGS-84.

Campo	Dominio CALPUFF
Centro XUTM (m), YUTM (m)	453267 - 4444068
Extensión	8 x 8 km ²
Número de celdas	80 x80
Espaciamiento	100 m
Niveles verticales	10

La Figura 25 muestra el dominio de simulación y los usos del suelo de la zona. Los usos del suelo se han extraído de la base de datos CCI-LC (<http://www.esa-landcover-cci.org>) con una resolución de 300 m.

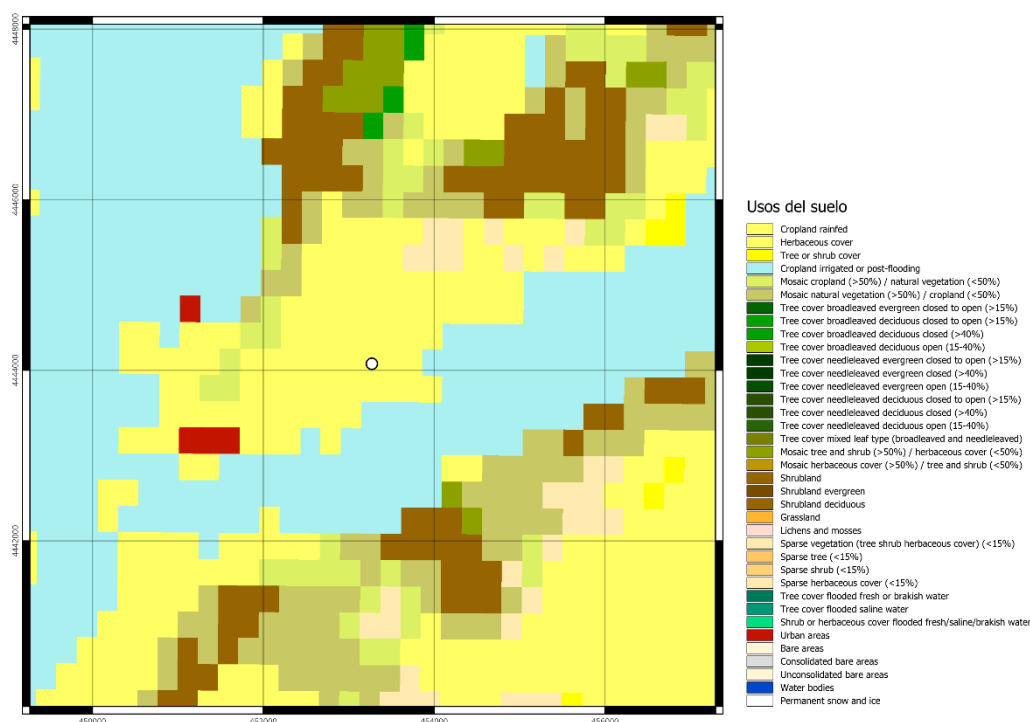


Figura 21. Usos del suelo considerados en la modelización

De la misma manera en la siguiente Figura 26, se muestra el dominio de simulación y la topografía de la zona utilizada, con resolución aproximada de 90 metros (3arc-sec), extraída de la base de datos SRTM (<https://appears.earthdatacloud.nasa.gov/>).

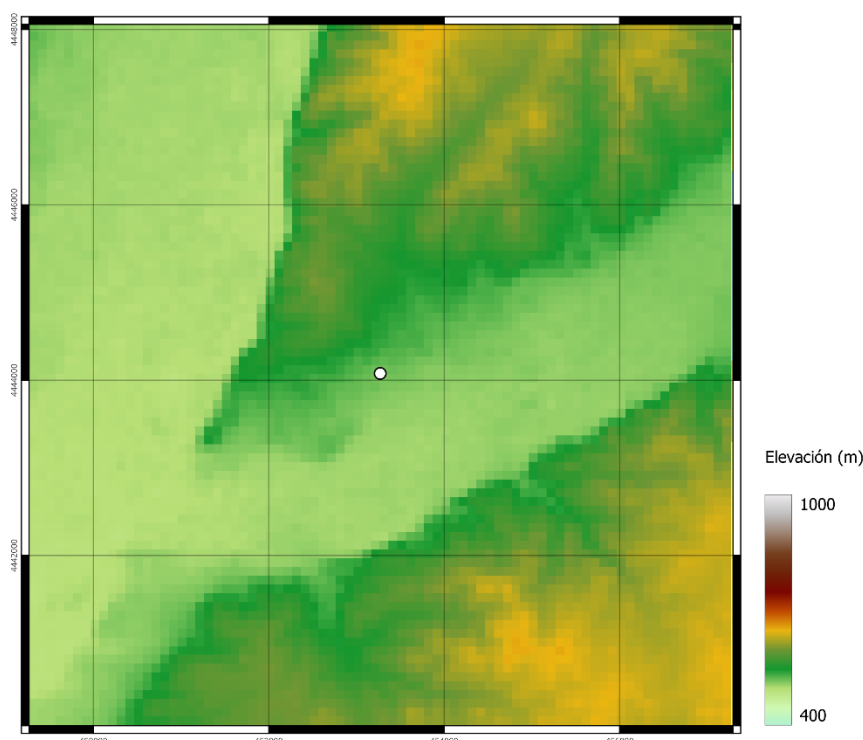


Figura 22. Topografía considerada en la modelización meteorológica

Ambas bases de datos han sido implementadas en el modelo WRF-ARW, considerando así la mayor resolución posible disponible, tanto de topografía como de usos del suelo. Esta consideración ha ayudado a mejorar la representatividad de los parámetros meteorológicos obtenidos con la modelización a 1 kilómetro. Posteriormente, estos parámetros se han adaptado para la realización de las simulaciones con CALPUFF a la resolución horizontal del dominio de 100 metros.

6.1. Escenarios de modelización

El modelo de dispersión CALPUFF se ha configurado para un escenario de modelización en el que se consideran las emisiones reales de la planta.

El período de simulación abarca todo el año 2025. La simulación se ha llevado a cabo para el NO_x (óxidos de nitrógeno), CO (monóxido de carbono), SO₂ (dióxido de azufre), partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}), As (arsénico), Cd (cadmio), Hg (mercurio), Ni (níquel), Pb (plomo), PCDD/F (dioxinas y furanos), HCl (cloruro de hidrógeno), HF (fluoruro de hidrógeno), NH₃ (amoníaco) y C₆H₆ (benceno) y B(a)P (benzo(a)pireno), estimando su dispersión con el modelo CALPUFF.

Además, se incluye un escenario adicional de máximos semihorarios, utilizando las tasas de emisión pico corregidas según RD 815/2013. Estas tasas se modelizan de forma

constante como aproximación conservadora para la evaluación de concentraciones horarias, no representando la operación habitual de la instalación. Se han modelizado las emisiones máximas semihorarias de tres contaminantes (NO_2 , CO y SO_2) como una hipótesis conservadora, modelizando de forma continua tasas de emisión pico que no representan condiciones reales de operación, por lo que su análisis se limita a la evaluación de concentraciones máximas de corta duración.

6.2. Fuentes de emisión

Las fuentes emisoras consideradas en la Sección 3.1 se han incluido convenientemente en el archivo de configuración del modelo CALPUFF. El modelo de dispersión diferencia entre emisiones puntuales, lineales, areales y volumétricas, y los datos necesarios para caracterizar cada una de estas emisiones son diferentes. En este proyecto, se evalúa la actividad de las dos chimeneas y, por lo tanto, solo se consideran las fuentes puntuales. Los datos de entrada requeridos para cada fuente puntual (cada chimenea) se especifican a continuación:

- Coordenadas geográficas en UTM
- Altura de la fuente
- Elevación del terreno
- Diámetro de la fuente
- Temperatura de salida de los gases
- Velocidad de salida de los gases
- Intensidad de emisión (masa por unidad de tiempo)

Las fuentes puntuales del inventario de emisiones se han incorporado al modelo CALPUFF de acuerdo con sus características geométricas. Cada fuente se introduce en el modelo con su propia configuración y características.

7. Resultados

En las siguientes secciones se presentan los campos de concentración obtenidos mediante el modelo de dispersión CALPUFF, diferenciando entre:

- Concentración media: corresponde al valor medio del período simulado por el modelo durante el año de simulación para cada punto del dominio considerado.
- Concentración máxima diaria de 8 horas: corresponde a la media móvil máxima de 8 horas durante 24 horas del período simulado por el modelo durante el año de simulación para cada punto del dominio considerado.
- Percentil X⁶: corresponde al valor de la variable de concentración que tiene por debajo de su valor el X% de los valores diagnosticados por el modelo durante el año de simulación para cada punto del dominio considerado.

Los diferentes estadísticos calculados se corresponden con los necesarios para la comparación directa con los valores límites de aplicación en la zona. En la siguiente tabla se muestran los valores límite de aplicación en España para cada contaminante analizado.

Los óxidos de nitrógeno serán evaluados como NO₂, puesto que es el contaminante legislado.

Tabla 11. Límites de inmisión actuales (Real Decreto 102/2011 y la Directiva Europea 2008/50/CE).

Parámetro	Período	Valor	Estadístico
Dióxido de nitrógeno (NO₂)	Anual	40 µg/m ³	Media aritmética
	Horario	200 µg/m ³	Media aritmética. Este límite no puede superarse en más de 18 ocasiones por año civil
Monóxido de carbono (CO)	Diario	10 mg/ m ³	Promedio móvil diario máximo de 8 horas
Dióxido de azufre (SO₂)	Diario	125 µg/m ³	Media aritmética. Este límite no puede superarse en más de 3 ocasiones por año civil
	Horario	350 µg/m ³	Media aritmética. Este límite no puede superarse en más de 24 ocasiones por año civil
Partículas <10µm (PM₁₀)	Anual	40 µg/m ³	Media aritmética
	Diario	50 µg/m ³	Media aritmética. Este límite no puede superarse en más de 35 ocasiones por año civil
Partículas <2.5µm (PM_{2,5})	Anual	20 µg/m ³	Media aritmética
Benceno (C₆H₆)	Anual	5 µg/m ³	Media aritmética
Plomo (Pb)	Anual	0,5 µg/m ³	Media aritmética
Arsénico (As) *	Anual	6 ng/m ³	Media aritmética
Cadmio (Cd) *	Anual	5 ng/m ³	Media aritmética
Níquel (Ni) *	Anual	20 ng/m ³	Media aritmética
Benzo[a]pireno (BaP) *	Anual	1 ng/m ³	Media aritmética

*Valor objetivo

⁶ El valor numérico correspondiente a X es diferente para cada contaminante y se define por el número de excedentes permitidos de acuerdo con el límite de cada uno de ellos.

Dado a que no existen límites legales de calidad del aire para el resto de contaminantes, se han utilizado valores de referencia de inmisión utilizados habitualmente en evaluaciones de impacto y autorizaciones ambientales integradas (AAI) y derivados de criterios toxicológicos de la OMS. Estos valores no constituyen valores legales de calidad del aire ambiente, sino criterios técnicos para la evaluación de impactos locales asociados a emisiones industriales. Se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 12. Valores de referencia de inmisión (AAI / OMS) para el resto de contaminantes.

Contaminante	Periodo	Valor	Referencia habitual
Hg	1 año	50 ng/m ³	OMS
HCl	30 min	100 µg/m ³	OMS
	24 h	20 µg/m ³	OMS
HF	30 min	30 µg/m ³	OMS
	24 h	5 µg/m ³	OMS
NH ₃	24 h	100 µg/m ³	OMS

El estudio se completa con la evaluación de los valores de concentración en cada uno de los puntos de interés receptores, teniendo en cuenta el valor límite establecido en el Real Decreto 102/2011 y la Directiva 2008/50/CE, y los valores de referencia cuando no existían valores límite. Asimismo, se incluye la evaluación de los valores de concentración para la nueva Directiva 2024/2881, pues sustituirá al RD 102/2011 y será de obligado cumplimiento a partir del año 2030.

Tabla 13. Límites de inmisión de la nueva Directiva Europea 2024/2281.

Parámetro	Período	Valor	Estadístico
Dióxido de nitrógeno (NO₂)	Anual	20 µg/m ³	Media aritmética
	Diario	50 µg/m ³	Media aritmética. Este límite no puede superarse en más de 18 ocasiones por año civil
	Horario	200 µg/m ³	Media aritmética. Este límite no puede superarse en más de 3 ocasiones por año civil
Monóxido de carbono (CO)	Diario	10 mg/ m ³	Promedio móvil diario máximo de 8 horas
	Diario	4 mg/m ³	Media aritmética. Este límite no puede superarse en más de 18 ocasiones por año civil
Dióxido de azufre (SO₂)	Anual	20 µg/m ³	Media aritmética
	Diario	50 µg/m ³	Media aritmética. Este límite no puede superarse en más de 18 ocasiones por año civil
	Horario	350 µg/m ³	Media aritmética. Este límite no puede superarse en más de 3 ocasiones por año civil
Partículas <10µm (PM₁₀)	Anual	20 µg/m ³	Media aritmética
	Diario	45 µg/m ³	Media aritmética. Este límite no puede superarse en más de 18 ocasiones por año civil
Partículas <2.5µm (PM_{2,5})	Anual	10 µg/m ³	Media aritmética
	Diario	25 µg/m ³	Media aritmética. Este límite no puede superarse en más de 18 ocasiones por año civil
Benceno (C₆H₆)	Anual	3,4 µg/m ³	Media aritmética
Plomo (Pb)	Anual	0,5 µg/m ³	Media aritmética
Arsénico (As)	Anual	6 ng/m ³	Media aritmética
Cadmio (Cd)	Anual	5 ng/m ³	Media aritmética
Níquel (Ni)	Anual	20 ng/m ³	Media aritmética
Benzo[a]pireno (BaP) *	Anual	1 ng/m ³	Media aritmética

La Tabla 21 muestra los puntos receptores discretos considerados en la evaluación, que corresponden a los sitios más sensibles dentro del dominio, tales como áreas urbanas, áreas naturales protegidas, etc. Todas las coordenadas UTM se referencian de acuerdo con la zona geográfica 30 utilizando el elipsoide de referencia WGS-84.

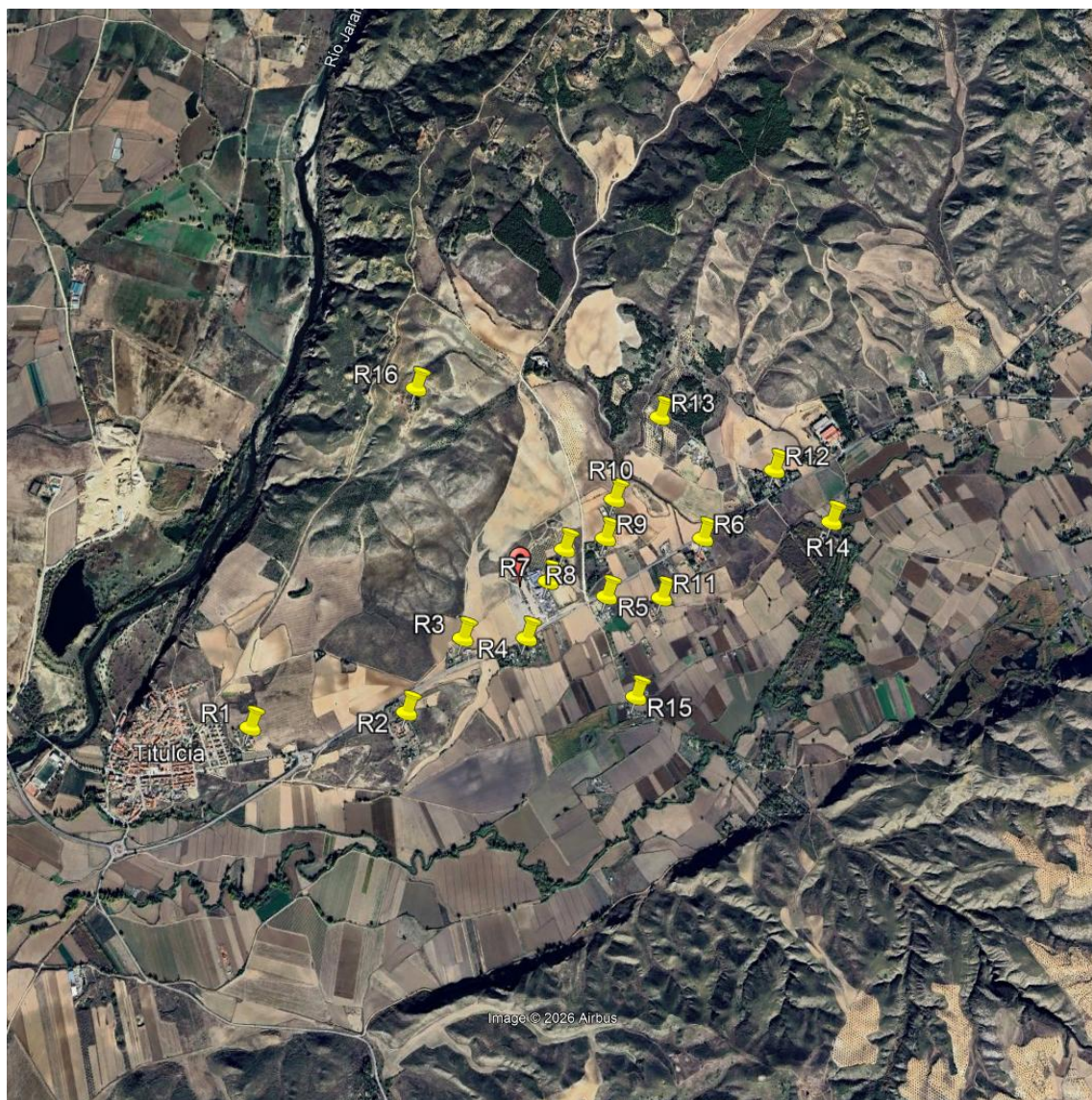


Figura 23. Puntos receptores de interés considerados

Tabla 14. Localización geográfica de los receptores puntuales de interés que representan receptores sensibles a analizar. Huso geográfico 30 y elipsoide de referencia WGS-84.

Receptor	Tipo de receptor	UTMX (m)	UTMY (m)
Receptor R1	Población	451846	4443247
Receptor R2	Zona residencial	452659	4443327
Receptor R3	Zona residencial	452947	4443712
Receptor R4	Zona residencial	453281	4443715
Receptor R5	Complejo rural	453702	4443935
Receptor R6	Complejo rural	454212	4444244
Receptor R7	Zona industrial	453394	4444014
Receptor R8	Zona residencial	453479	4444183
Receptor R9	Zona residencial	453695	4444242
Receptor R10	Zona residencial	453743	4444449
Receptor R11	Zona residencial	453992	4443929
Receptor R12	Zona residencial	454597	4444612
Receptor R13	Finca rural	453988	4444893
Receptor R14	Zona de protección natural	454897	4444335
Receptor R15	Complejo rural	453854	4443411
Receptor R16	Zona de protección natural	452687	4445030

En las siguientes secciones se presentan diferentes tablas y figuras resumen de los resultados de modelización. A continuación, se realiza una breve descripción de los diferentes resultados que se muestran:

- Campos de concentración georreferenciados: se presenta el campo de concentración georreferenciado según los estadísticos definidos en los valores límite para una comparación directa con éstos.
- Tablas de valores en puntos receptores: se presenta el valor de concentración en los puntos receptores de interés definidos según los estadísticos definidos en los valores límite (Tabla 16) para una comparación directa con éstos.

Las representaciones de los campos de concentración, así como las tablas que detallan los valores de concentración en cada punto receptor, han sido obtenidas considerando diversas configuraciones de focos de emisión.

7.1 Escenario de operación con valores reales de emisión

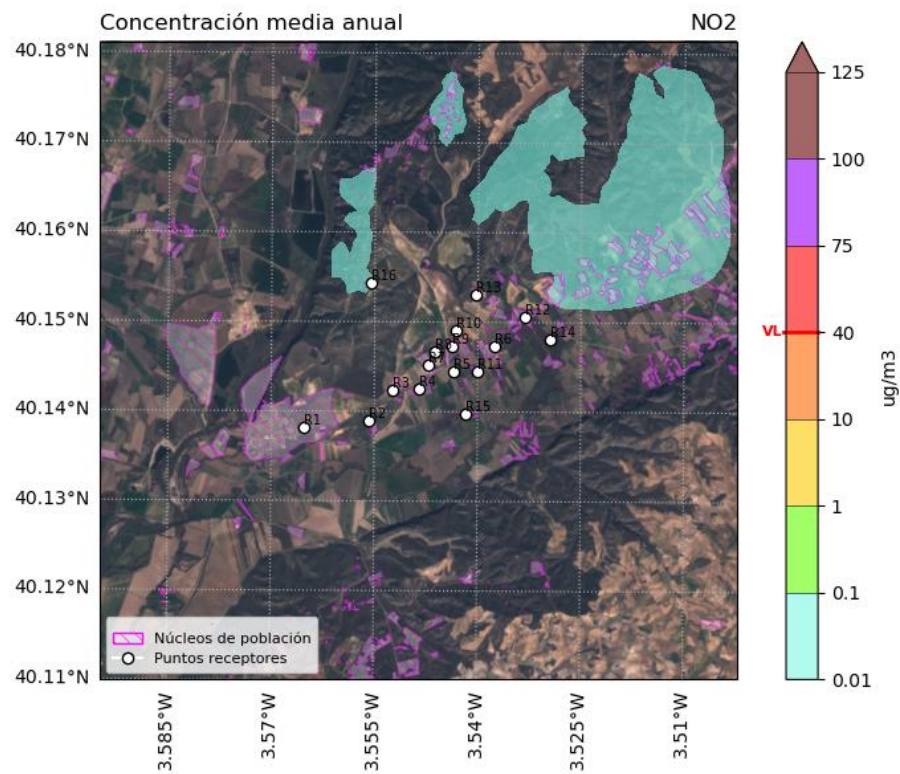


Figura 24. Campo de concentración anual de NO₂

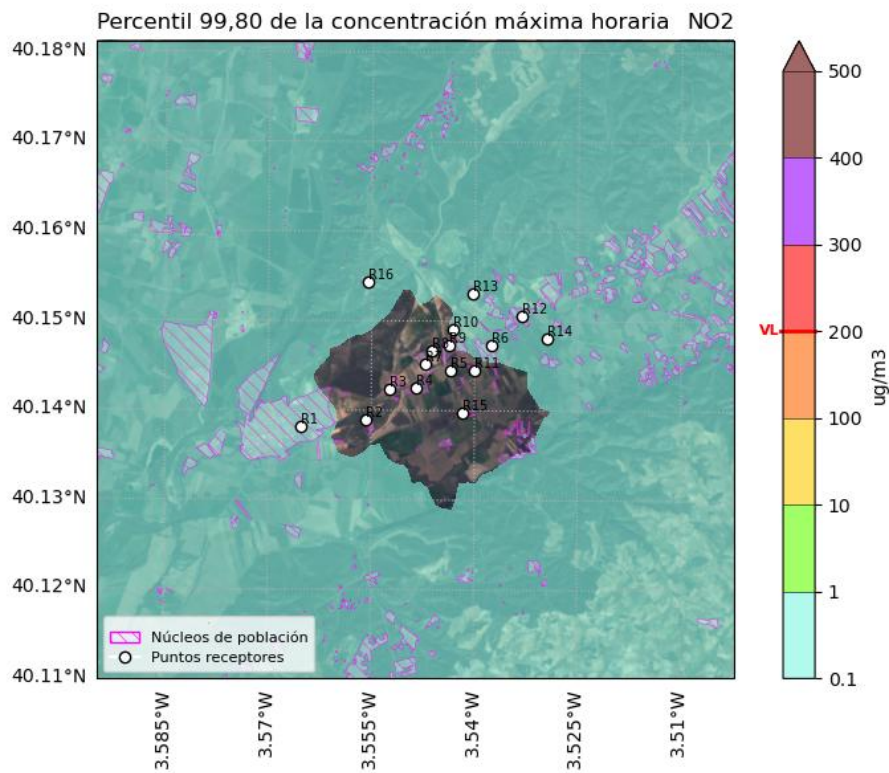


Figura 25. Percentil 99,8 de concentración horaria de NO₂

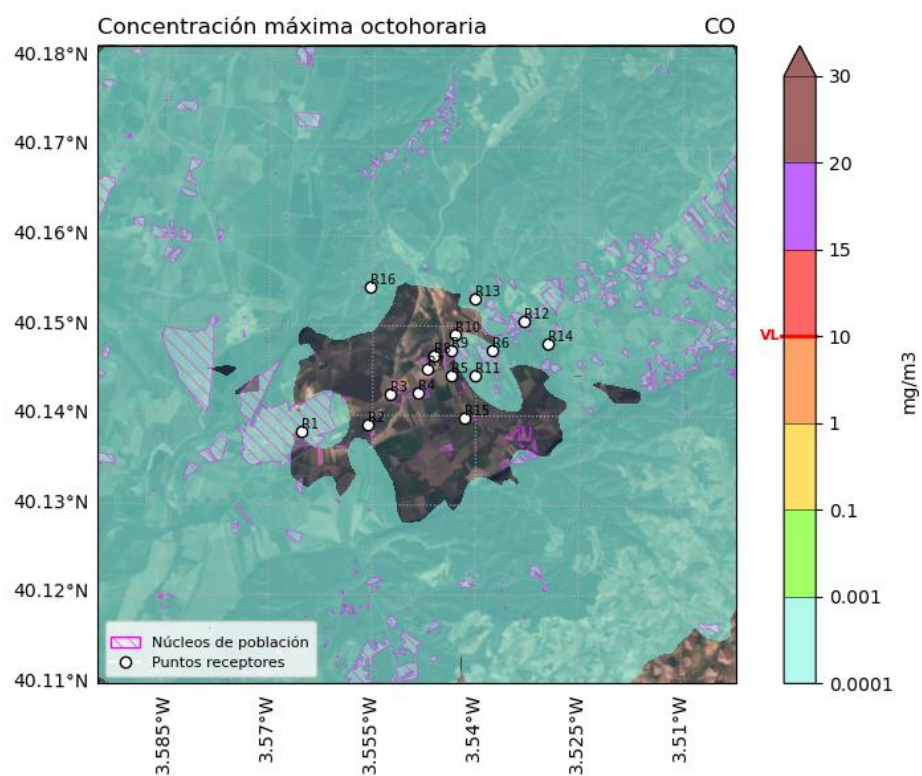


Figura 26. Campo de concentración máxima 8-horaria de CO

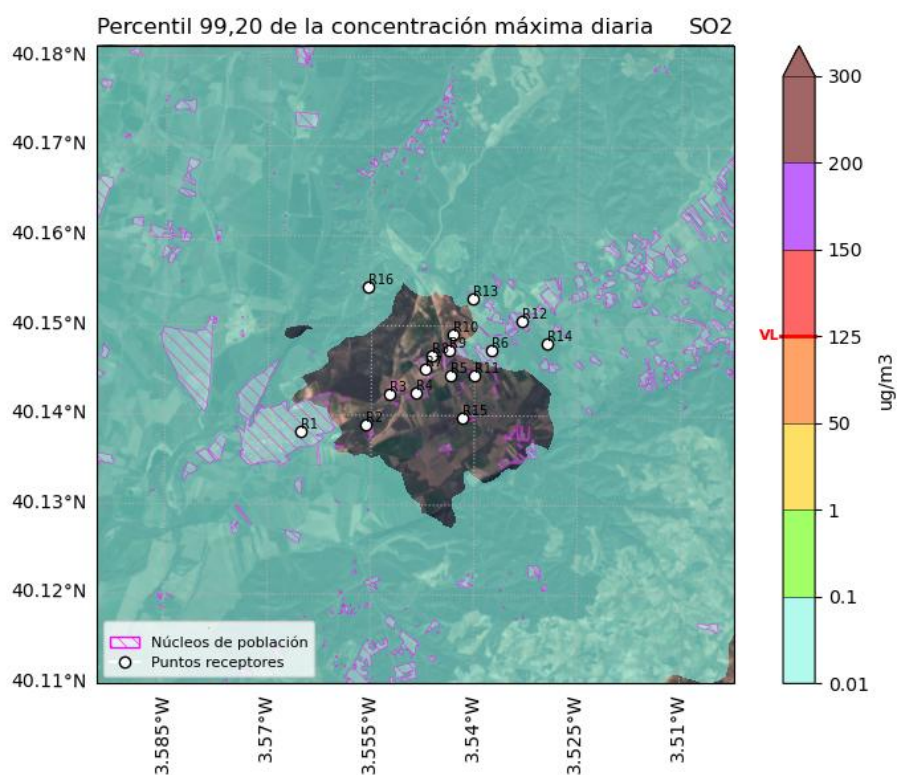


Figura 27. Percentil 99,2 de concentración diaria de SO₂

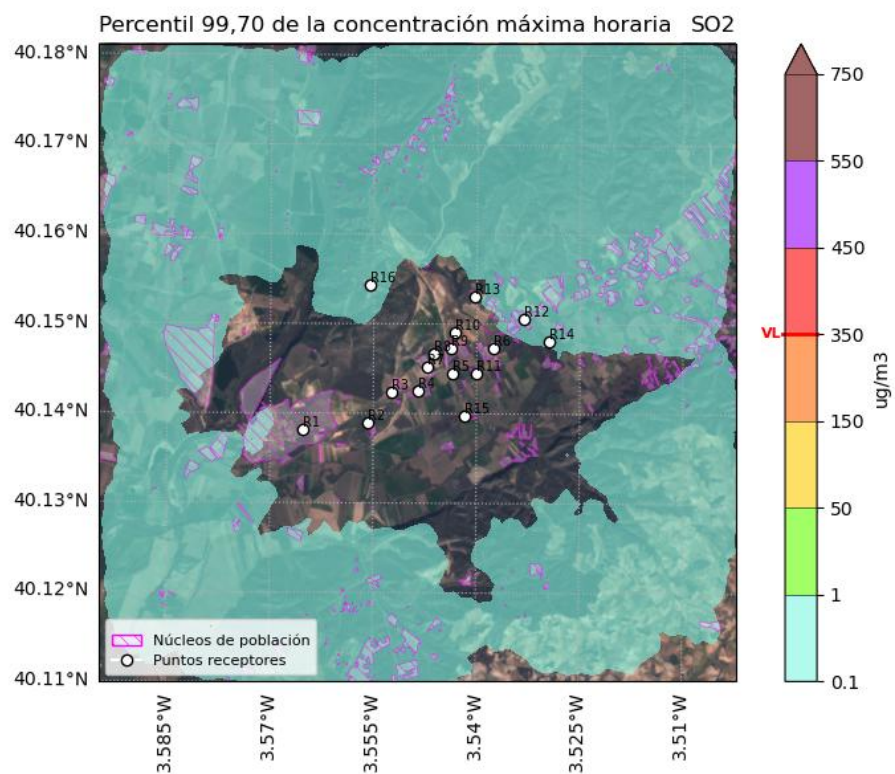


Figura 28. Percentil 99,7 de concentración horaria de SO₂

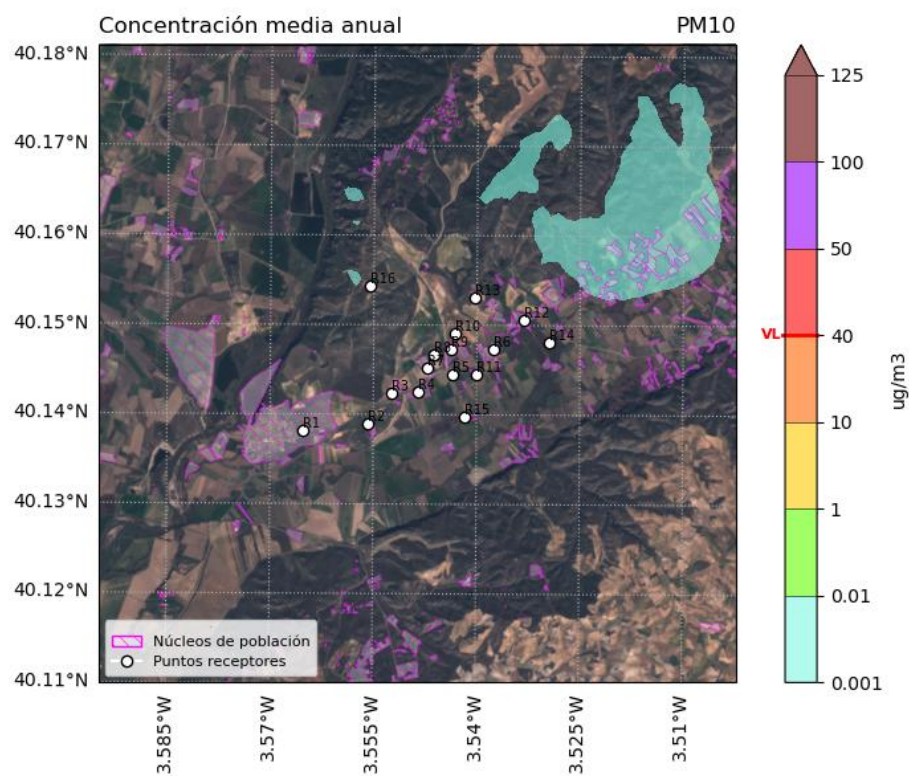


Figura 29. Campo de concentración anual de PM₁₀

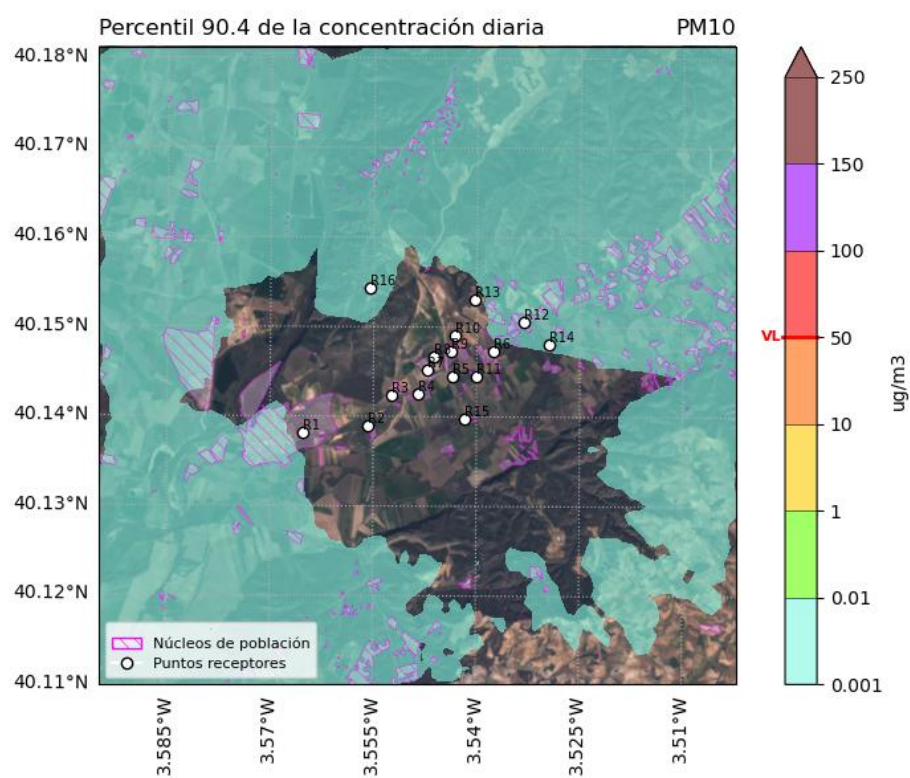


Figura 30. Percentil 90,4 de concentración diaria de PM₁₀

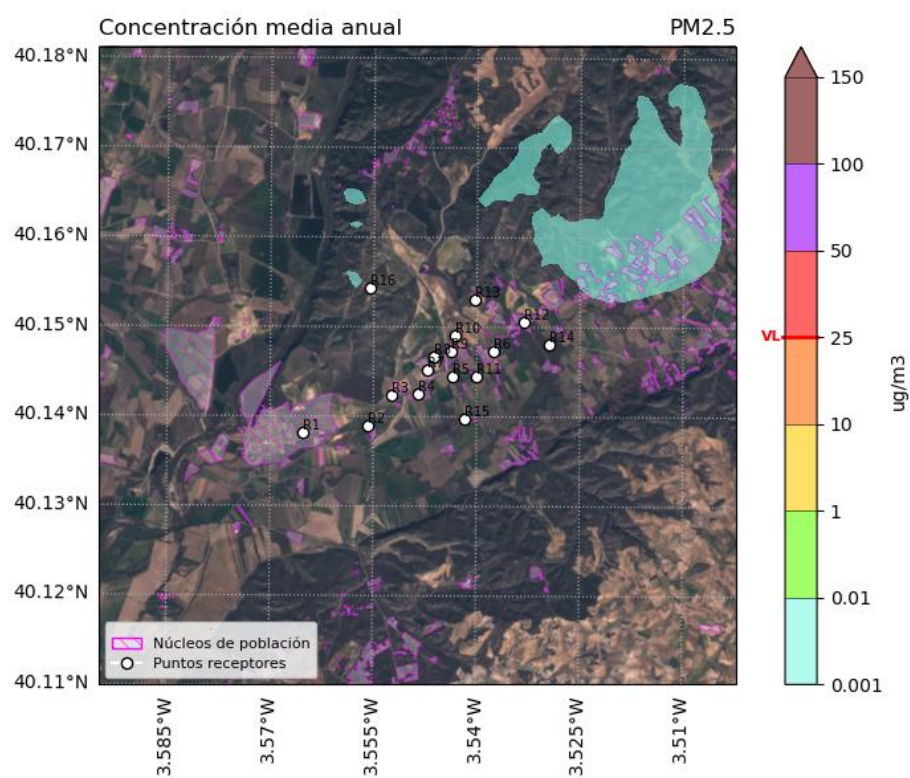


Figura 31. Campo de concentración anual de PM_{2,5}

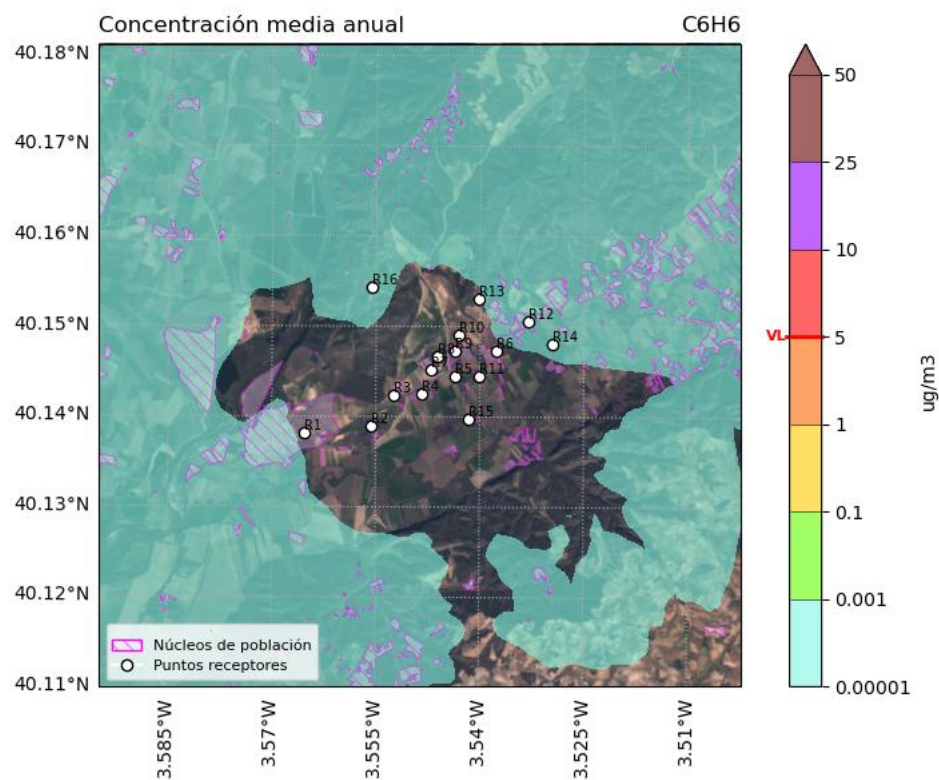


Figura 32. Campo de concentración anual de C₆H₆

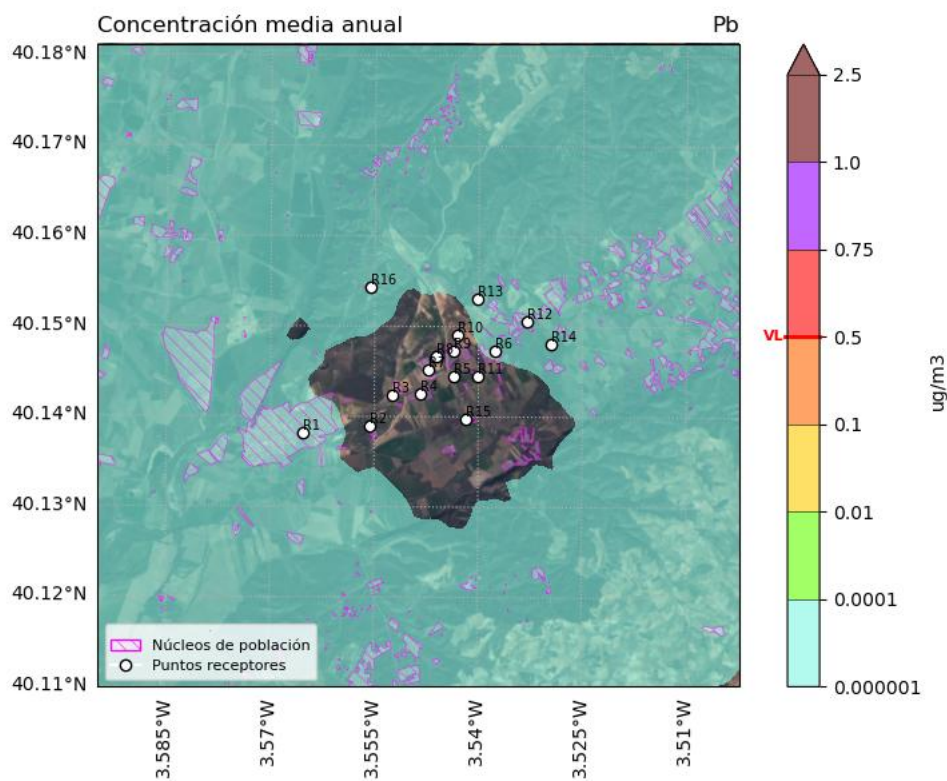


Figura 33. Campo de concentración anual de Pb

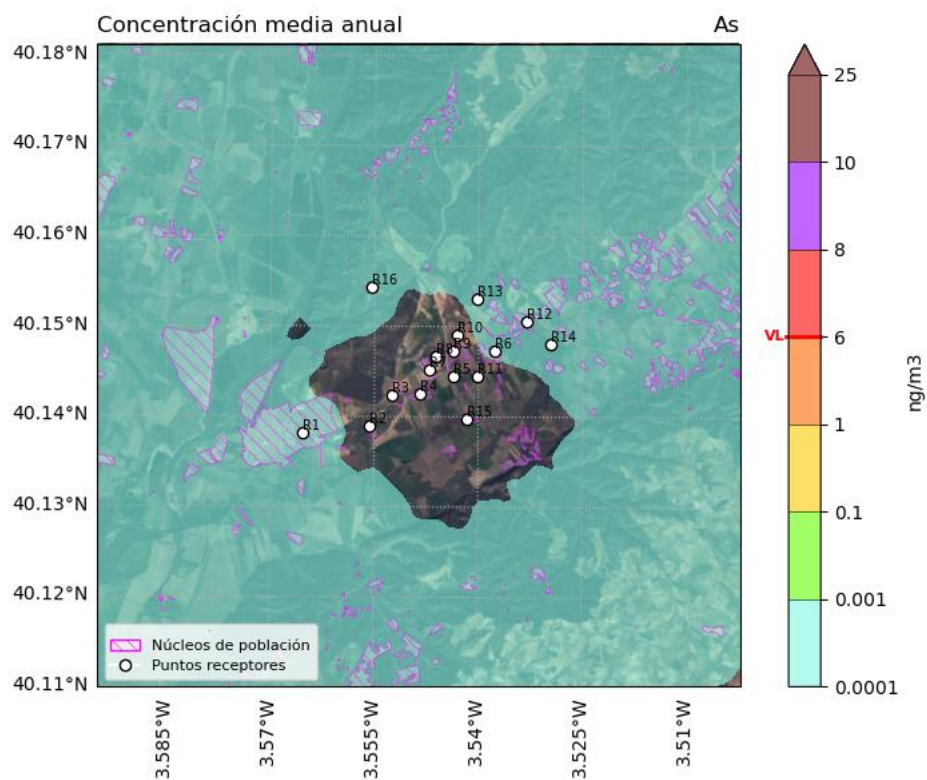


Figura 34. Campo de concentración anual de As

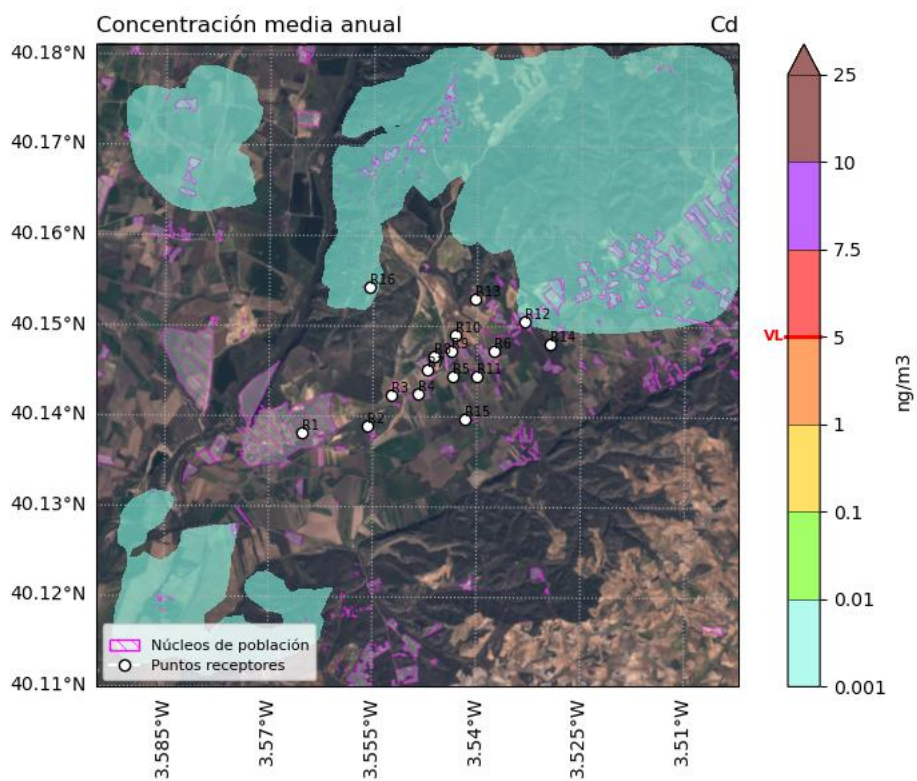


Figura 35. Campo de concentración anual de Cd

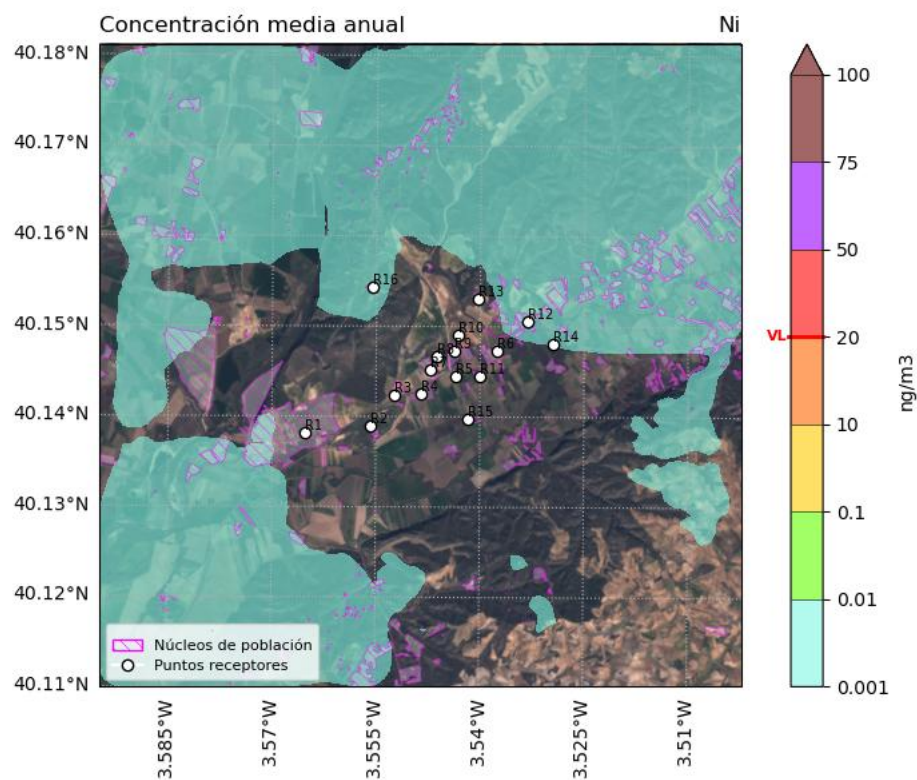


Figura 36. Campo de concentración anual de Ni

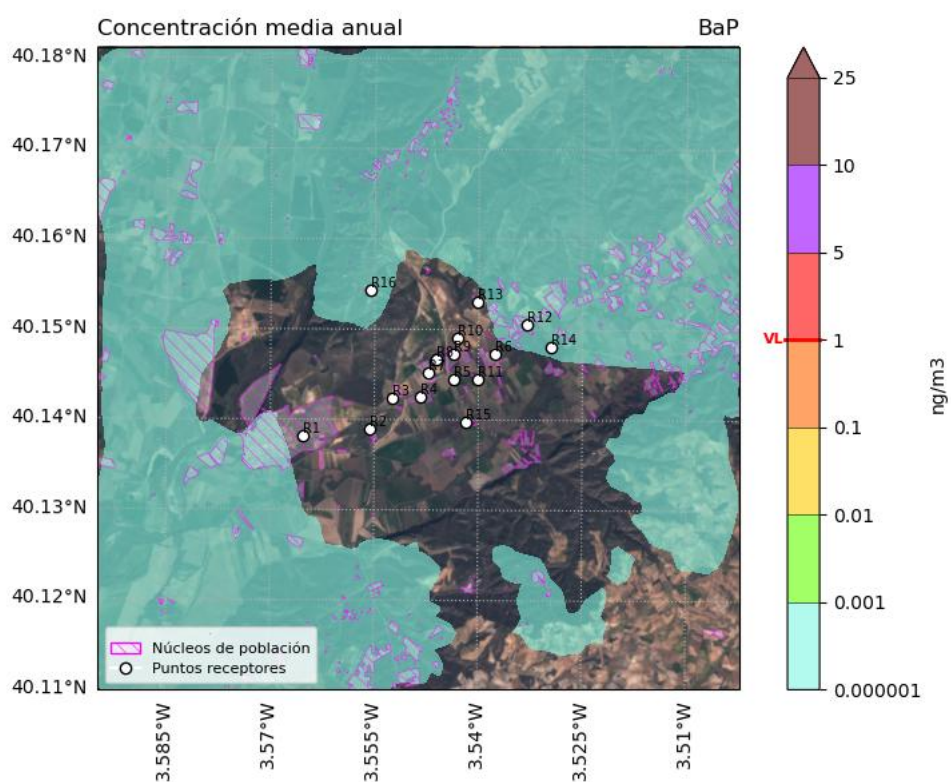


Figura 37. Campo de concentración anual de BaP

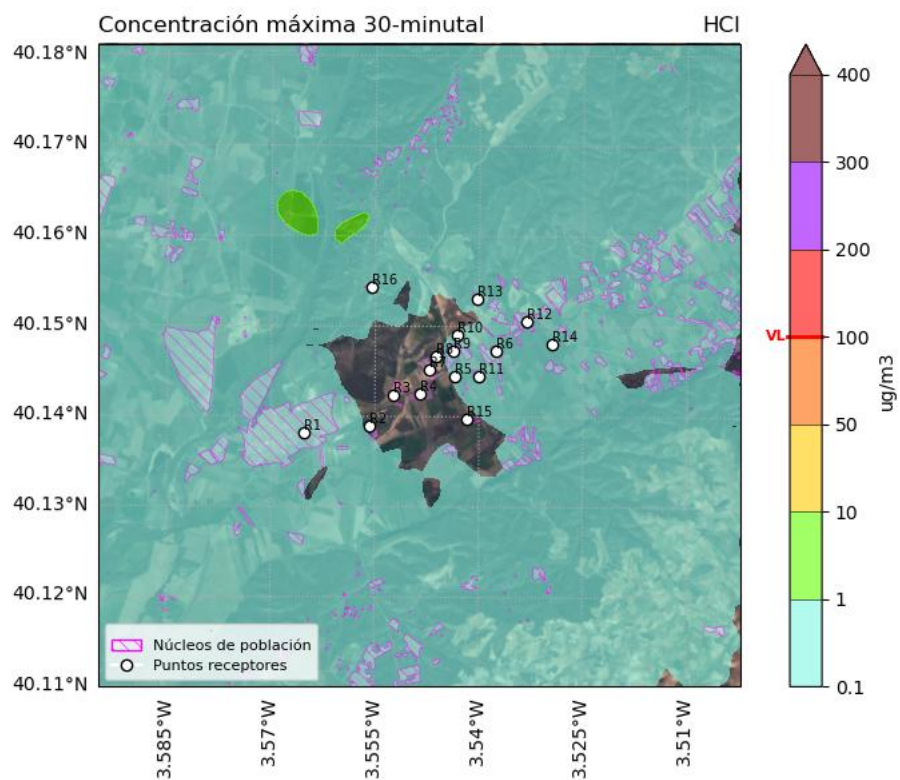


Figura 38. Campo de concentración 30-minutal de HCl

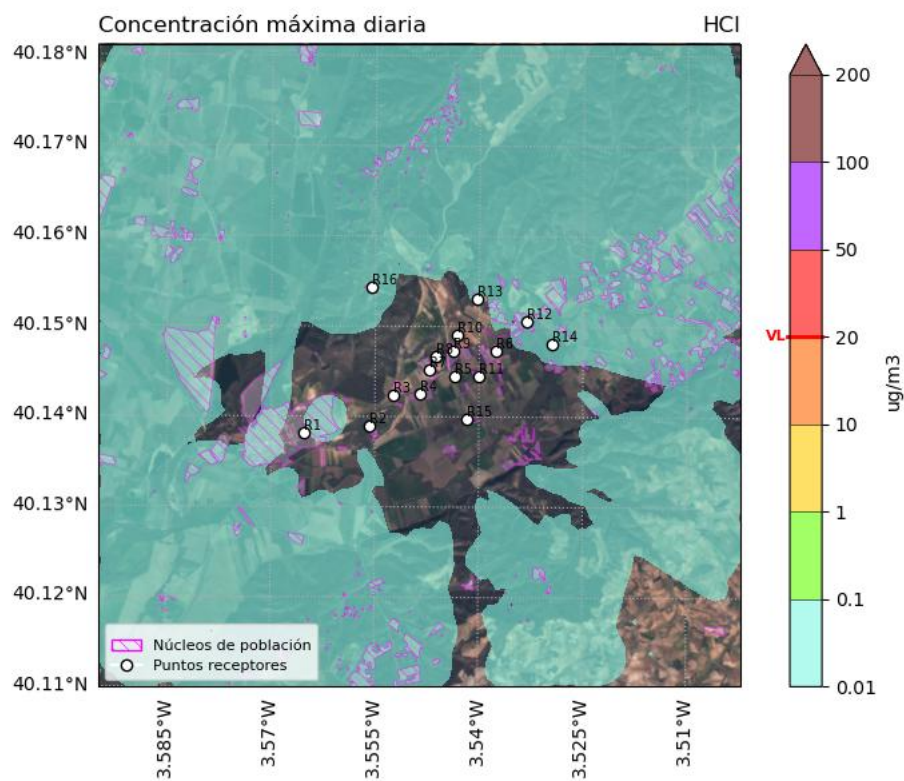


Figura 39. Campo de concentración máxima diaria de HCl

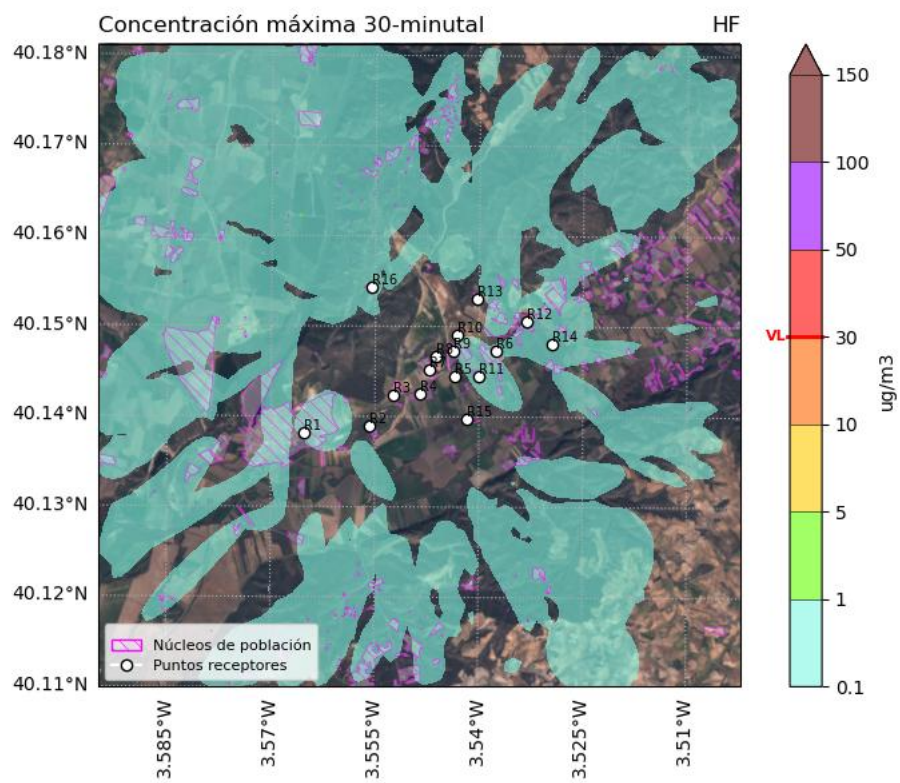


Figura 40. Campo de concentración 30-minutal de HF

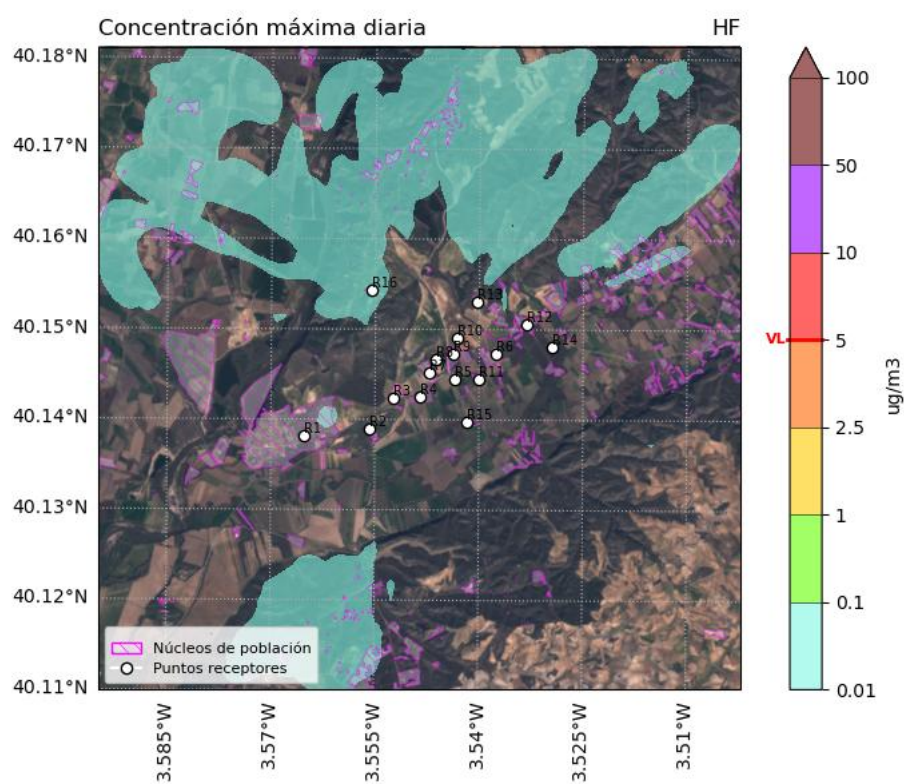


Figura 41. Campo de concentración máxima diaria de HF

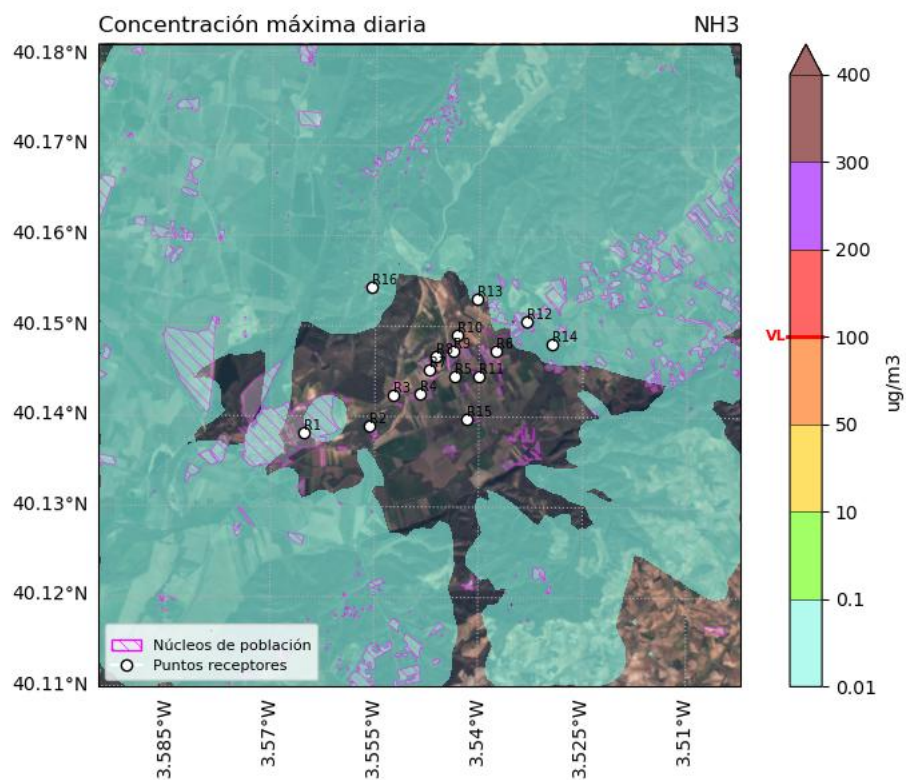


Figura 42. Campo de concentración máxima diaria de NH₃

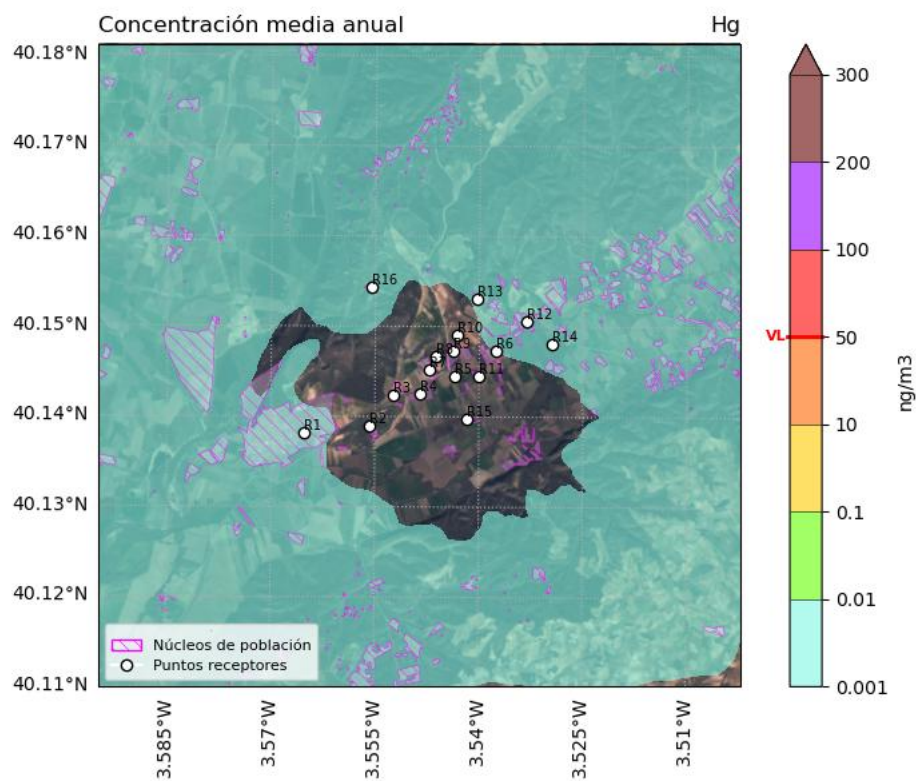


Figura 43. Campo de concentración anual de Hg

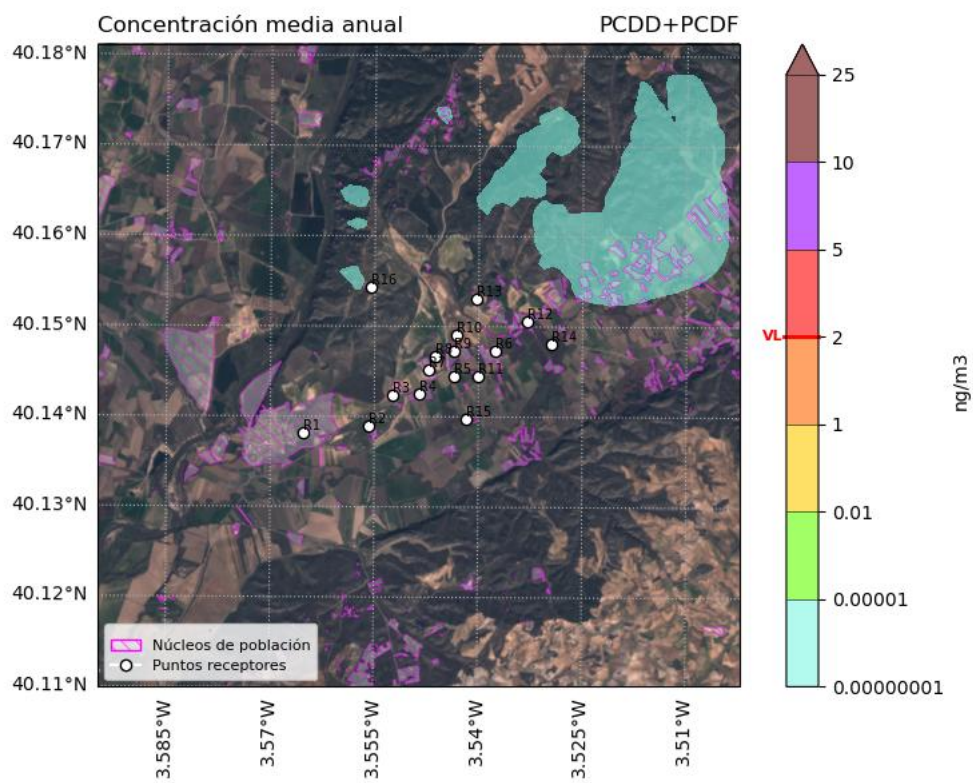


Figura 44. Campo de concentración anual de PCDD/F

Tabla 15. Concentración de cada contaminante en los puntos receptores. Las unidades de los valores de concentración son las mismas que aparecen en su valor límite.

Receptor	NO ₂ Anual	NO ₂ Horario (P99.8)	CO 8-hr	SO ₂ Diario (P99.2)	SO ₂ Horario (P99.7)	PM ₁₀ Anual	PM ₁₀ Diario (P90.4)	PM _{2.5} Anual	C ₆ H ₆ Anual	Pb Anual	BaP Anual
P1	2,98E-03	1,93E-01	1,15E-04	1,42E-02	6,61E-02	2,47E-04	8,62E-04	2,55E-04	9,02E-06	1,76E-06	7,66E-07
P2	8,40E-04	6,53E-02	3,57E-05	4,85E-03	2,12E-02	7,74E-05	2,32E-04	8,11E-05	2,87E-06	5,61E-07	2,41E-07
P3	2,37E-04	3,16E-02	2,60E-05	2,66E-03	1,13E-02	2,94E-05	7,14E-05	3,22E-05	1,15E-06	2,23E-07	9,21E-08
P4	2,43E-04	3,45E-02	2,81E-05	2,54E-03	1,25E-02	3,08E-05	7,67E-05	3,32E-05	1,18E-06	2,30E-07	9,62E-08
P5	3,32E-04	4,75E-02	6,42E-05	5,07E-03	1,73E-02	4,12E-05	9,40E-05	4,36E-05	1,54E-06	3,01E-07	1,29E-07
P6	2,21E-03	2,37E-01	1,06E-04	1,55E-02	6,43E-02	1,97E-04	5,46E-04	2,00E-04	6,94E-06	1,38E-06	6,14E-07
P7	2,95E-04	3,72E-02	4,57E-05	3,52E-03	1,51E-02	3,69E-05	8,89E-05	3,94E-05	1,40E-06	2,73E-07	1,16E-07
P8	4,32E-04	6,13E-02	5,34E-05	4,86E-03	1,90E-02	4,90E-05	1,18E-04	5,17E-05	1,82E-06	3,57E-07	1,53E-07
P9	7,61E-04	8,11E-02	9,99E-05	9,17E-03	2,78E-02	7,74E-05	2,07E-04	8,01E-05	2,80E-06	5,53E-07	2,42E-07
P10	1,06E-03	1,16E-01	8,54E-05	7,29E-03	3,44E-02	1,01E-04	2,63E-04	1,04E-04	3,63E-06	7,18E-07	3,15E-07
P11	4,37E-04	4,91E-02	1,30E-04	4,85E-03	1,74E-02	5,16E-05	1,02E-04	5,40E-05	1,90E-06	3,73E-07	1,61E-07
P12	7,53E-03	3,57E-01	1,83E-04	2,49E-02	1,34E-01	6,33E-04	2,26E-03	6,36E-04	2,20E-05	4,39E-06	1,97E-06
P13	2,75E-03	2,10E-01	1,42E-04	1,45E-02	7,65E-02	2,40E-04	9,08E-04	2,43E-04	8,45E-06	1,68E-06	7,47E-07
P14	4,77E-03	3,24E-01	1,52E-04	2,49E-02	1,05E-01	4,13E-04	1,30E-03	4,15E-04	1,44E-05	2,86E-06	1,28E-06
P15	2,81E-04	3,70E-02	3,75E-05	3,51E-03	1,38E-02	3,43E-05	9,04E-05	3,63E-05	1,28E-06	2,51E-07	1,07E-07
P16	1,06E-02	7,06E-01	4,61E-04	6,70E-02	2,45E-01	8,54E-04	2,62E-03	8,60E-04	3,01E-05	5,94E-06	2,65E-06
Valor límite	40 µg/m ³	200 µg/m ³	10 mg/m ³	125 µg/m ³	350 µg/m ³	40 µg/m ³	50 µg/m ³	25 µg/m ³	5 µg/m ³	0,5 µg/m ³	1 ng/m ³

Tabla 16. Concentración de cada contaminante en los puntos receptores. Las unidades de los valores de concentración son las mismas que aparecen en su valor objetivo o de referencia.

Receptor	As Anual	Cd Anual	Ni Anual	Hg Anual	HCl 30-min.	HCl Diario (Máx.)	HF 30-min.	HF Diario (Máx.)	NH ₃ Diario (Máx.)	PCDD/F Anual
P1	1,76E-04	4,14E-04	6,42E-04	1,35E-03	2,60E-01	7,74E-03	1,28E-04	3,81E-06	7,74E-03	2,71E-09
P2	5,61E-05	1,32E-04	2,05E-04	4,30E-04	6,39E-02	2,41E-03	3,14E-05	1,19E-06	2,41E-03	8,60E-10
P3	2,23E-05	5,24E-05	8,14E-05	1,72E-04	4,68E-02	1,77E-03	2,30E-05	8,68E-07	1,77E-03	3,44E-10
P4	2,30E-05	5,39E-05	8,38E-05	1,77E-04	4,36E-02	1,92E-03	2,14E-05	9,43E-07	1,92E-03	3,53E-10
P5	3,01E-05	7,09E-05	1,10E-04	2,31E-04	1,18E-01	4,34E-03	5,78E-05	2,13E-06	4,34E-03	4,62E-10
P6	1,38E-04	3,24E-04	5,04E-04	1,04E-03	2,10E-01	7,48E-03	1,03E-04	3,68E-06	7,48E-03	2,08E-09
P7	2,73E-05	6,41E-05	9,96E-05	2,10E-04	6,84E-02	3,18E-03	3,36E-05	1,56E-06	3,18E-03	4,20E-10
P8	3,57E-05	8,39E-05	1,30E-04	2,73E-04	6,66E-02	3,59E-03	3,28E-05	1,76E-06	3,59E-03	5,47E-10
P9	5,53E-05	1,30E-04	2,02E-04	4,20E-04	1,92E-01	6,74E-03	9,42E-05	3,31E-06	6,74E-03	8,40E-10
P10	7,18E-05	1,69E-04	2,62E-04	5,44E-04	1,49E-01	5,76E-03	7,32E-05	2,83E-06	5,76E-03	1,09E-09
P11	3,73E-05	8,77E-05	1,36E-04	2,85E-04	2,62E-01	8,74E-03	1,29E-04	4,29E-06	8,74E-03	5,70E-10
P12	4,39E-04	1,03E-03	1,60E-03	3,31E-03	2,20E-01	1,28E-02	1,08E-04	6,31E-06	1,28E-02	6,61E-09
P13	1,68E-04	3,94E-04	6,12E-04	1,27E-03	1,49E-01	9,97E-03	7,32E-05	4,90E-06	9,97E-03	2,54E-09
P14	2,86E-04	6,72E-04	1,04E-03	2,16E-03	3,01E-01	1,20E-02	1,48E-04	5,89E-06	1,20E-02	4,31E-09
P15	2,51E-05	5,91E-05	9,17E-05	1,92E-04	6,59E-02	2,54E-03	3,24E-05	1,25E-06	2,54E-03	3,84E-10
P16	5,94E-04	1,39E-03	2,17E-03	4,51E-03	2,39E-01	3,56E-02	1,17E-04	1,75E-05	3,56E-02	9,02E-09
Valor objetivo o referencia	6 ng/m³	5 ng/m³	20 ng/m³	50 ng/m³	100 µg/m³	20 µg/m³	30 µg/m³	5 µg/m³	100 µg/m³	- ng/m³

7.2 Escenario de emisiones máximas semihorarias

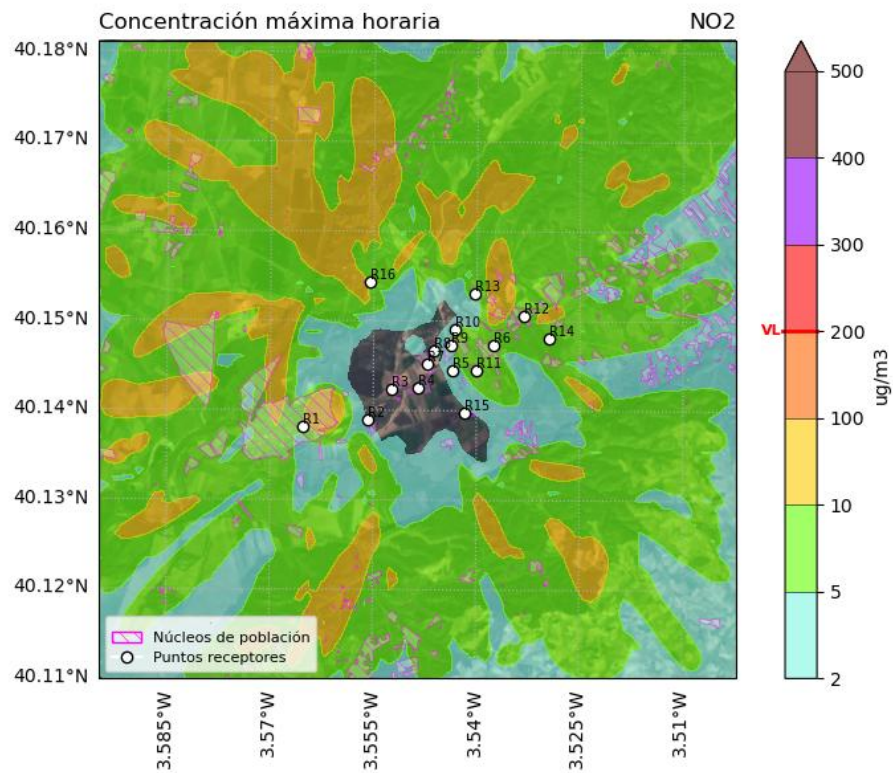


Figura 45. Campo de concentración máxima horaria de NO₂

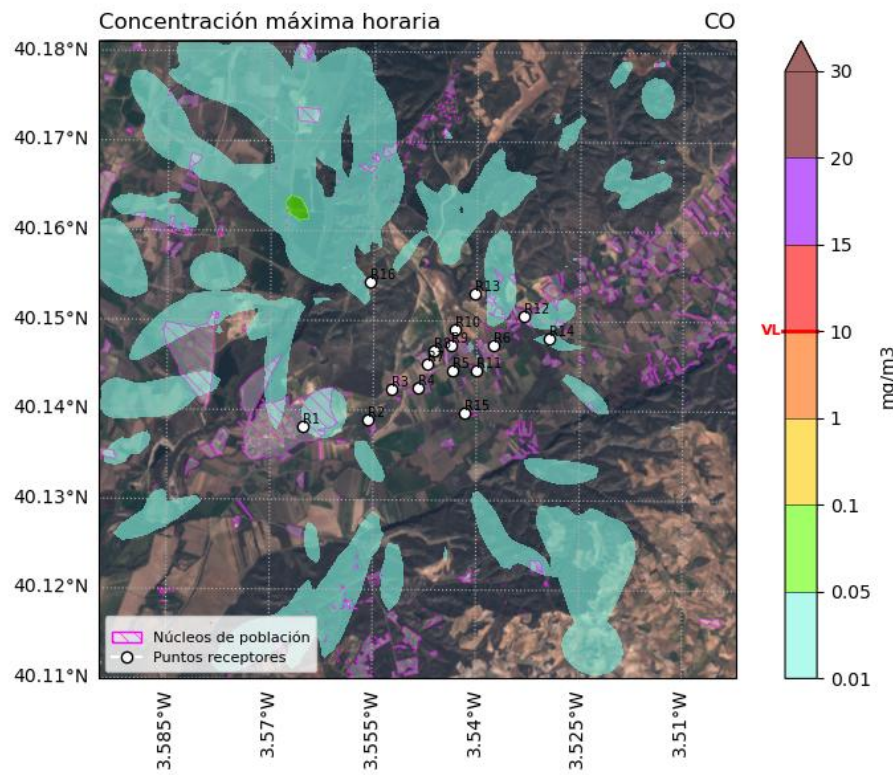


Figura 46. Campo de concentración máxima horaria de CO

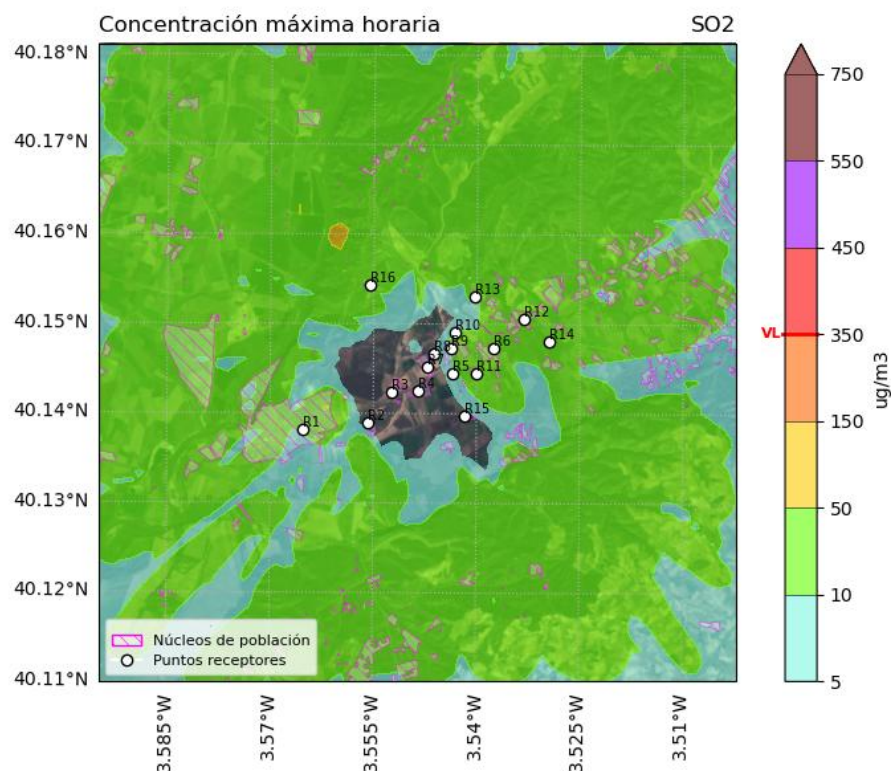


Figura 47. Campo de concentración máxima horaria de SO₂

Tabla 17. Concentración de cada contaminante en los puntos receptores considerando el escenario de emisiones máximas semihorarias.

Receptor	NO ₂ Máximo Horario	CO Máximo Horario	SO ₂ Máximo Horario
P1	7,37E+00	9,09E-03	1,15E+01
P2	1,94E+00	2,23E-03	3,96E+00
P3	1,14E+00	1,64E-03	2,57E+00
P4	9,92E-01	1,52E-03	2,47E+00
P5	3,19E+00	4,12E-03	7,40E+00
P6	5,97E+00	7,34E-03	1,45E+01
P7	1,86E+00	2,39E-03	4,75E+00
P8	1,80E+00	2,33E-03	4,63E+00
P9	5,71E+00	6,72E-03	1,26E+01
P10	4,45E+00	5,22E-03	9,67E+00
P11	7,38E+00	9,19E-03	1,75E+01
P12	6,95E+00	7,70E-03	1,53E+01
P13	5,15E+00	5,22E-03	1,04E+01
P14	8,18E+00	1,05E-02	2,08E+01
P15	1,57E+00	2,30E-03	3,80E+00
P16	8,37E+00	8,37E-03	1,67E+01

7.3 Escenario de operación con valores reales de emisión en base a la nueva Directiva 2024/2881

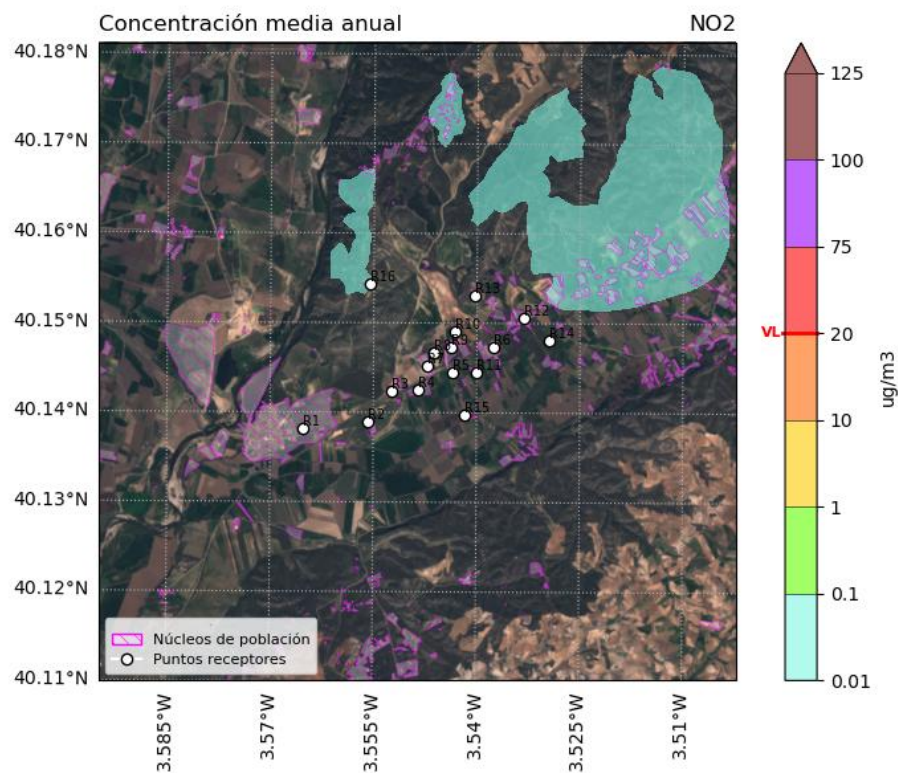


Figura 48. Campo de concentración anual de NO₂

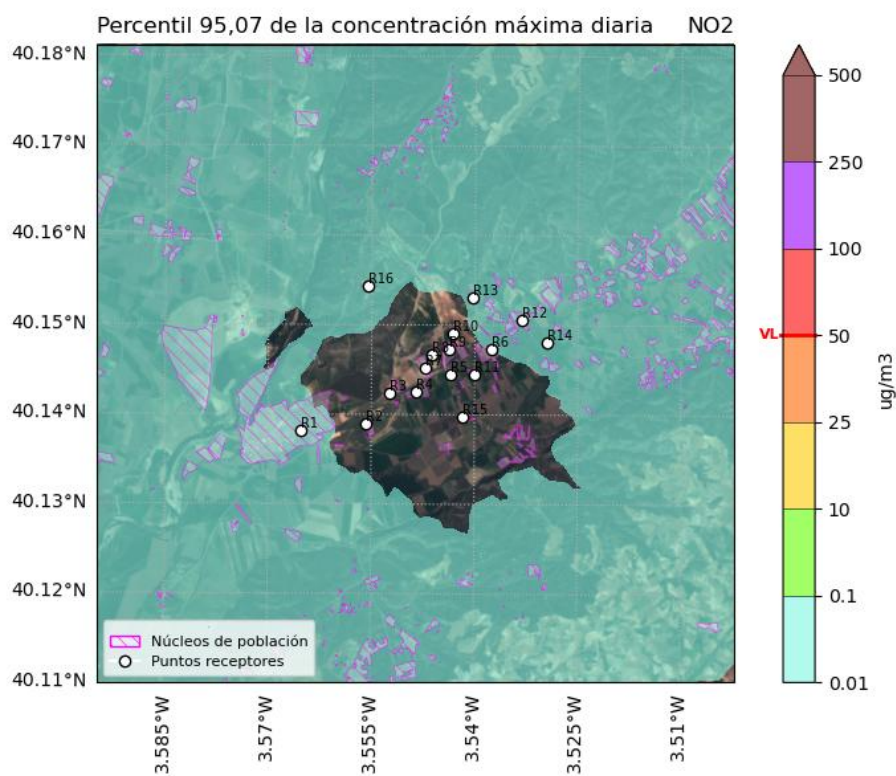


Figura 49. Percentil 95,07 de concentración diaria de NO₂

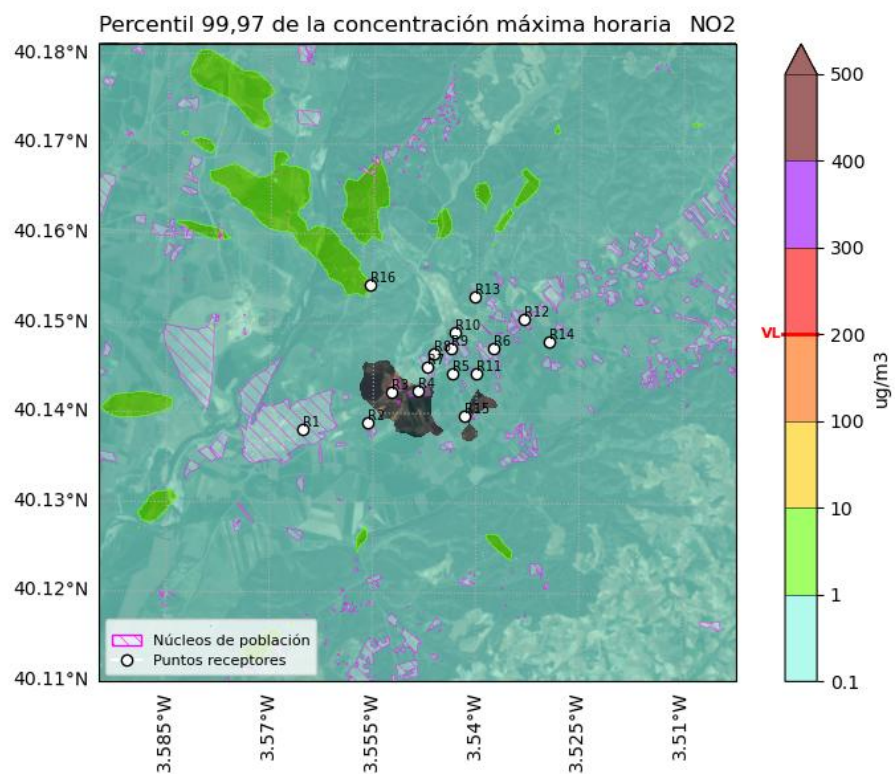


Figura 50. Percentil 99,97 de concentración horaria de NO₂

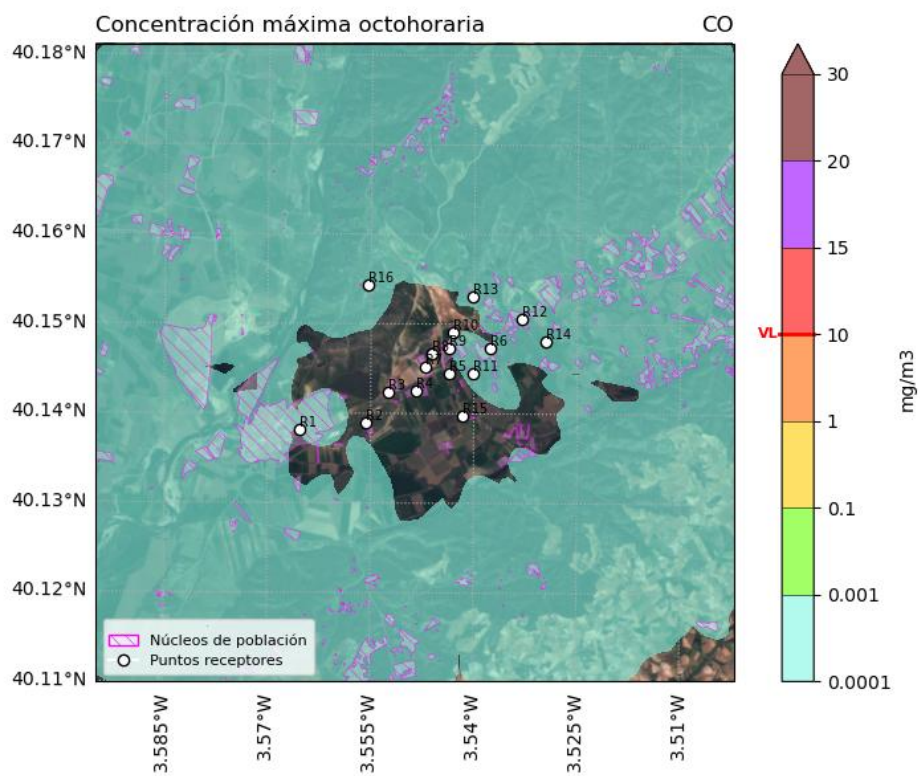


Figura 51. Campo de concentración máxima 8-horaria de CO

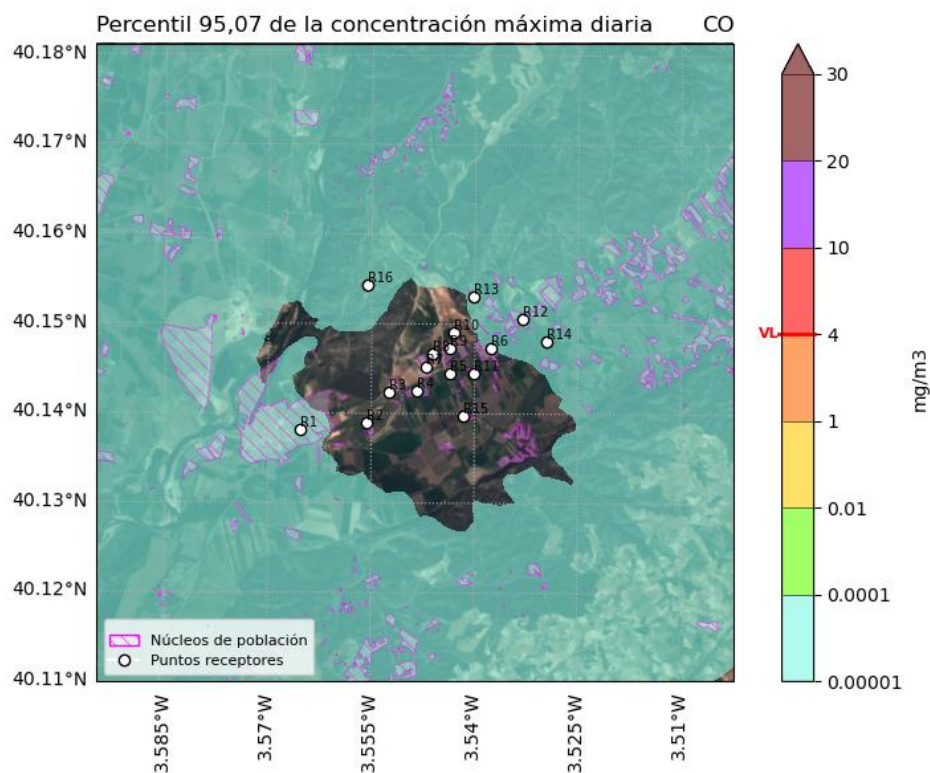


Figura 52. Percentil 95,07 de concentración diaria de CO

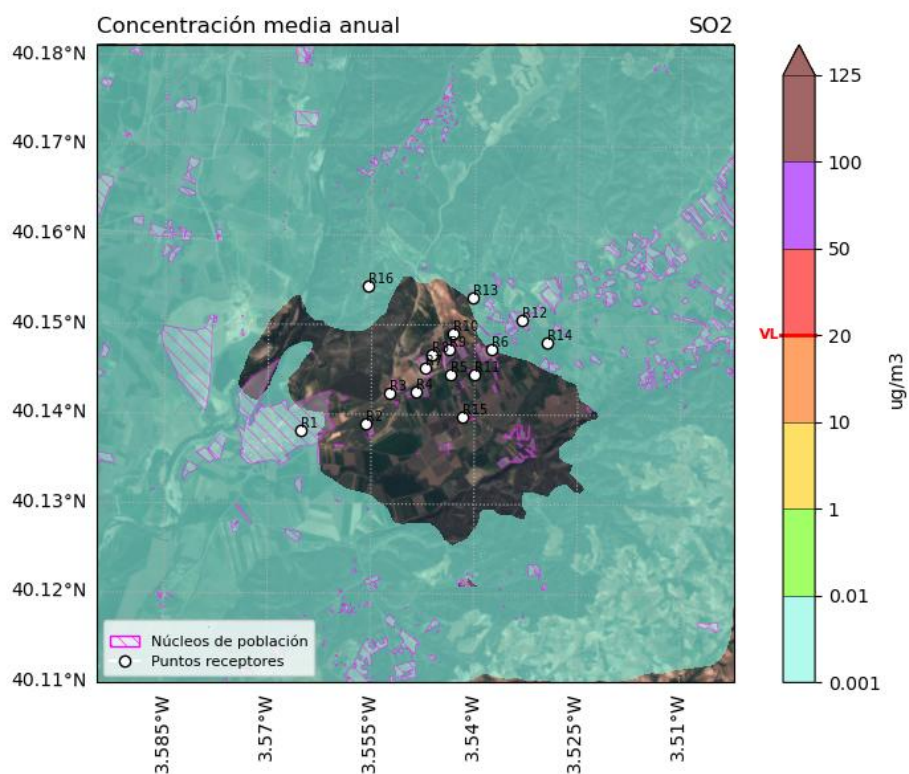


Figura 53. Campo de concentración anual de SO₂

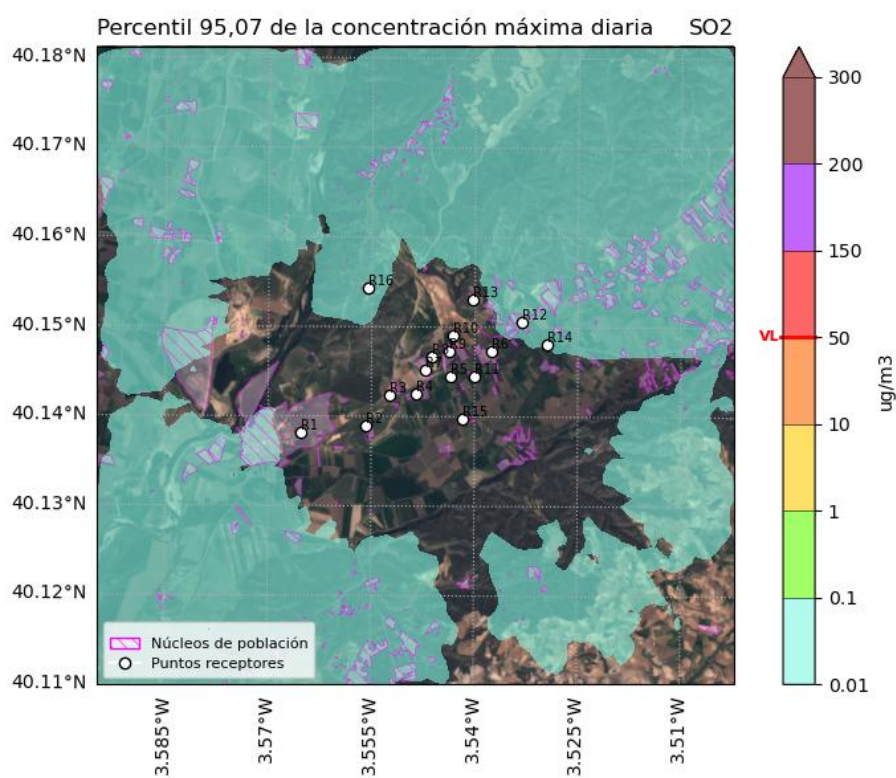


Figura 54. Percentil 95,07 de concentración diaria de SO₂

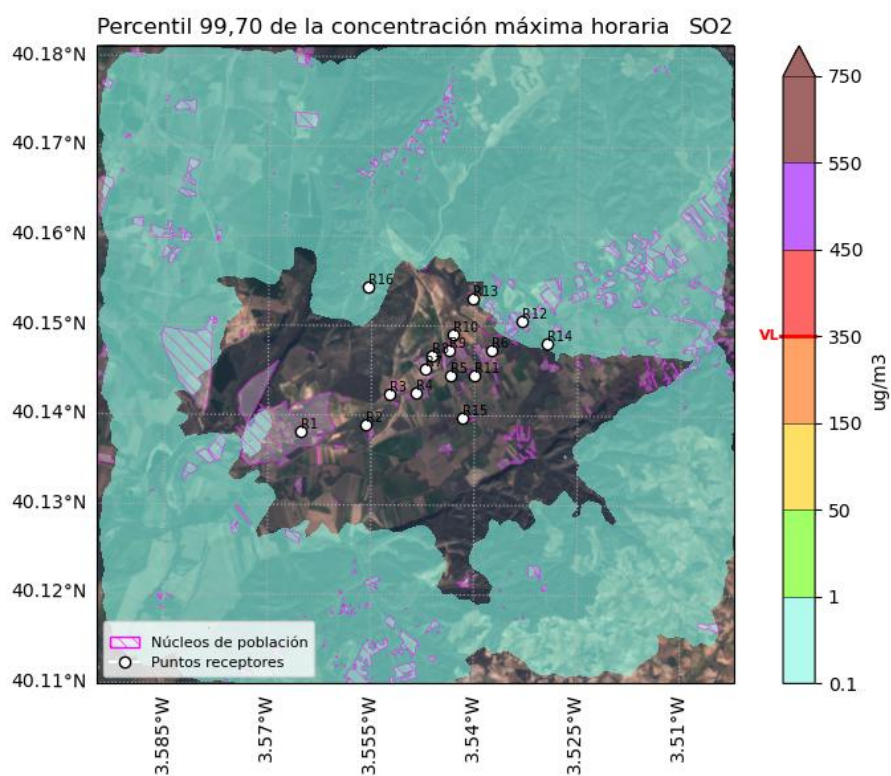


Figura 55. Percentil 99,97 de concentración horaria de SO₂

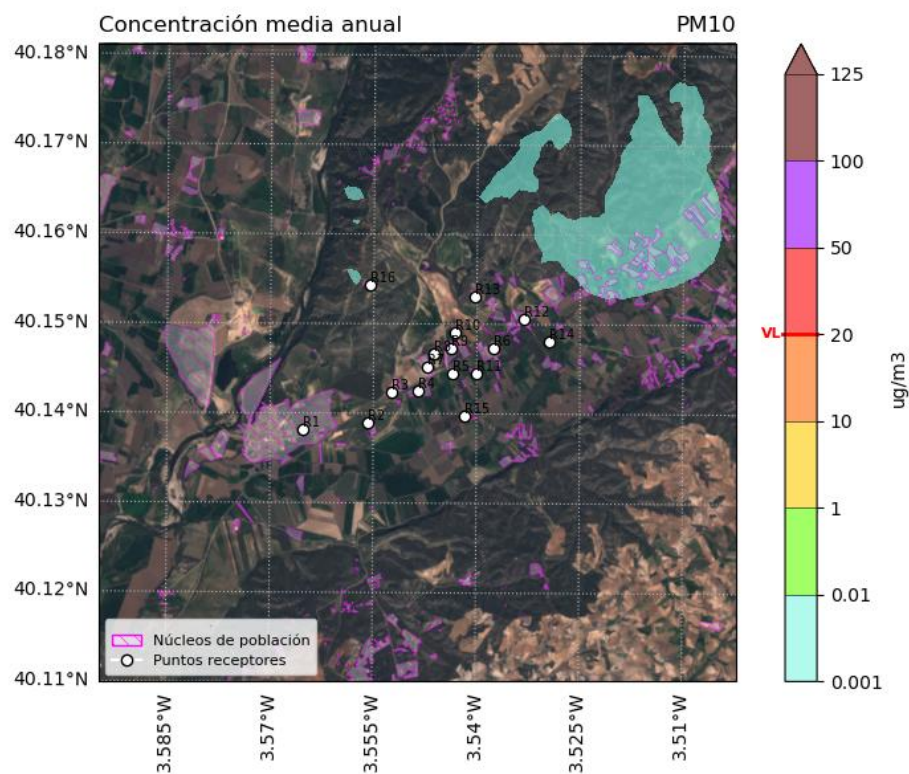


Figura 56. Campo de concentración anual de PM₁₀

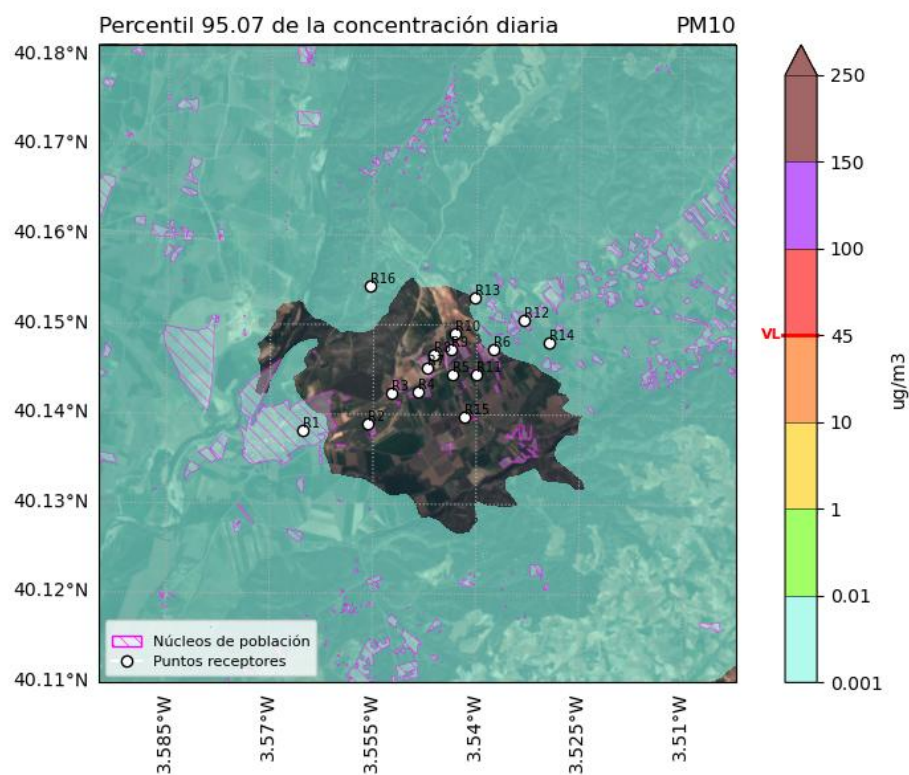


Figura 57. Percentil 95,07 de concentración diaria de PM₁₀

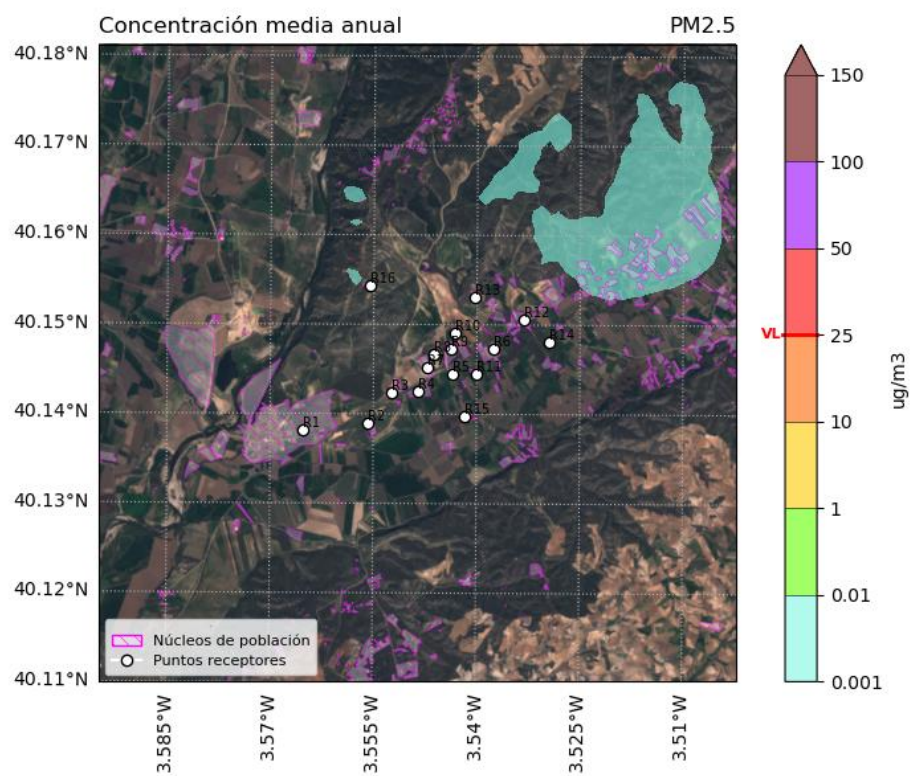


Figura 58. Campo de concentración anual de PM_{2,5}

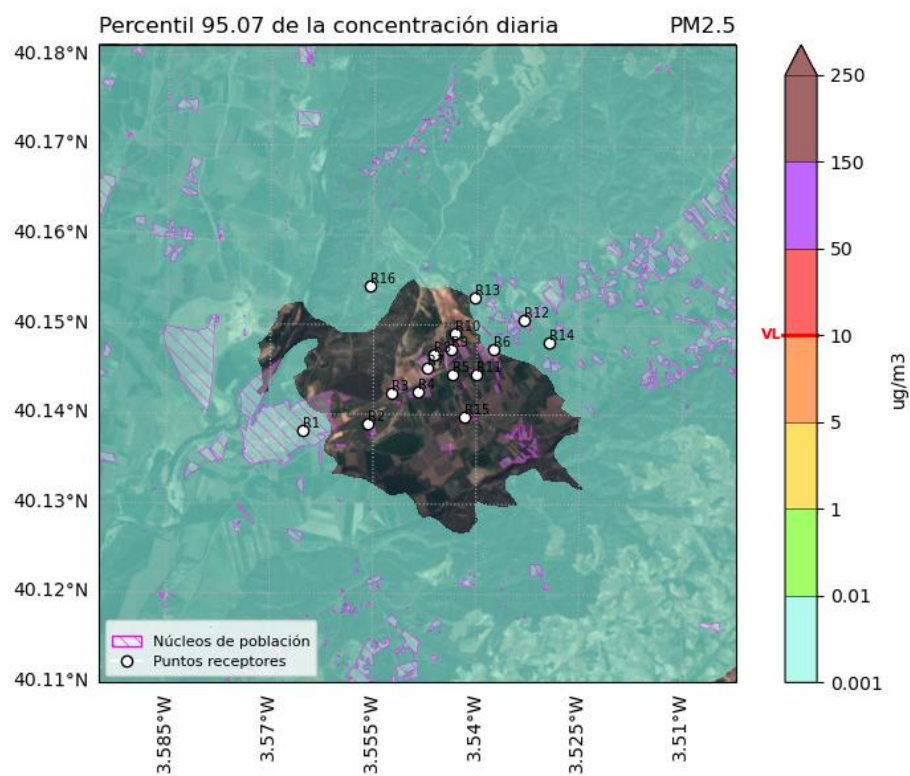


Figura 59. Percentil 95,07 de concentración diaria de PM_{2,5}

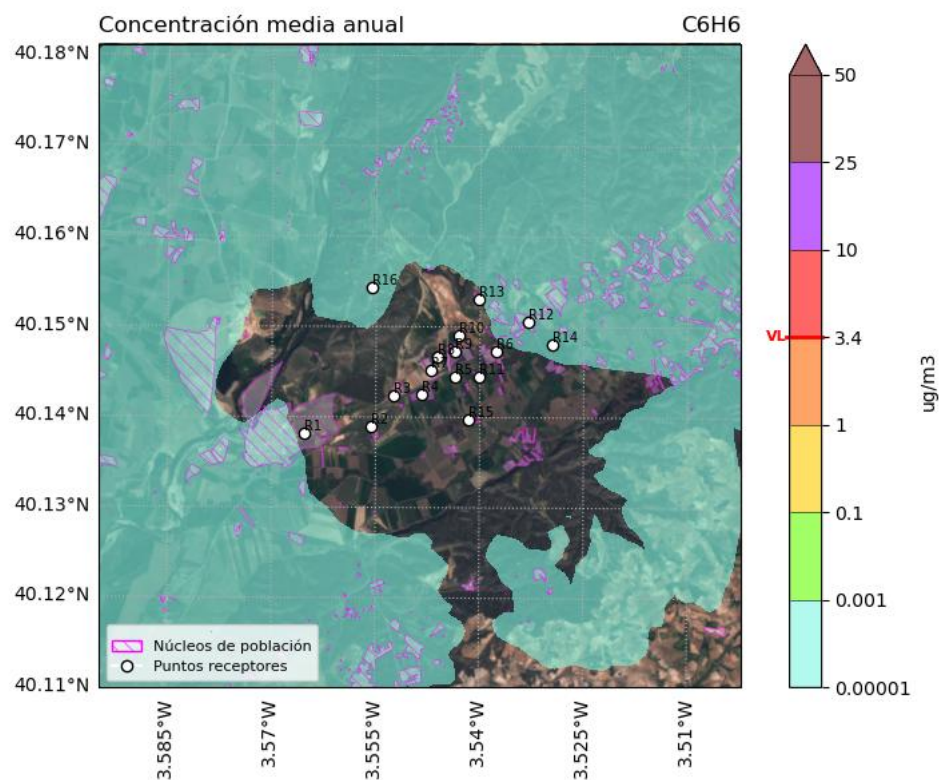


Figura 60. Campo de concentración anual de C₆H₆

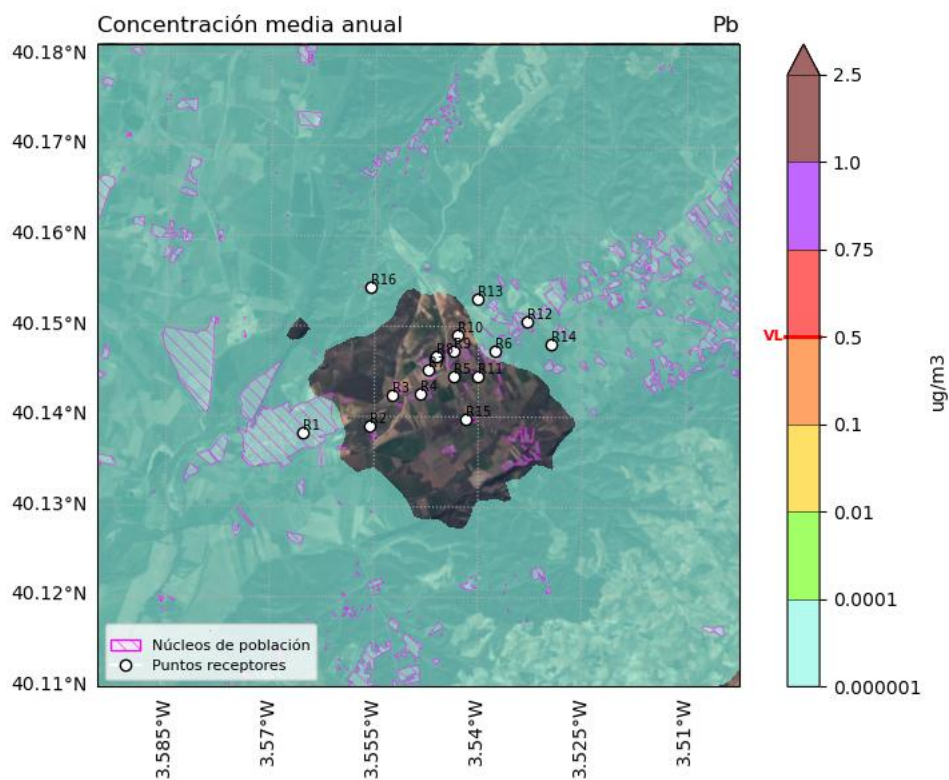


Figura 61. Campo de concentración anual de Pb

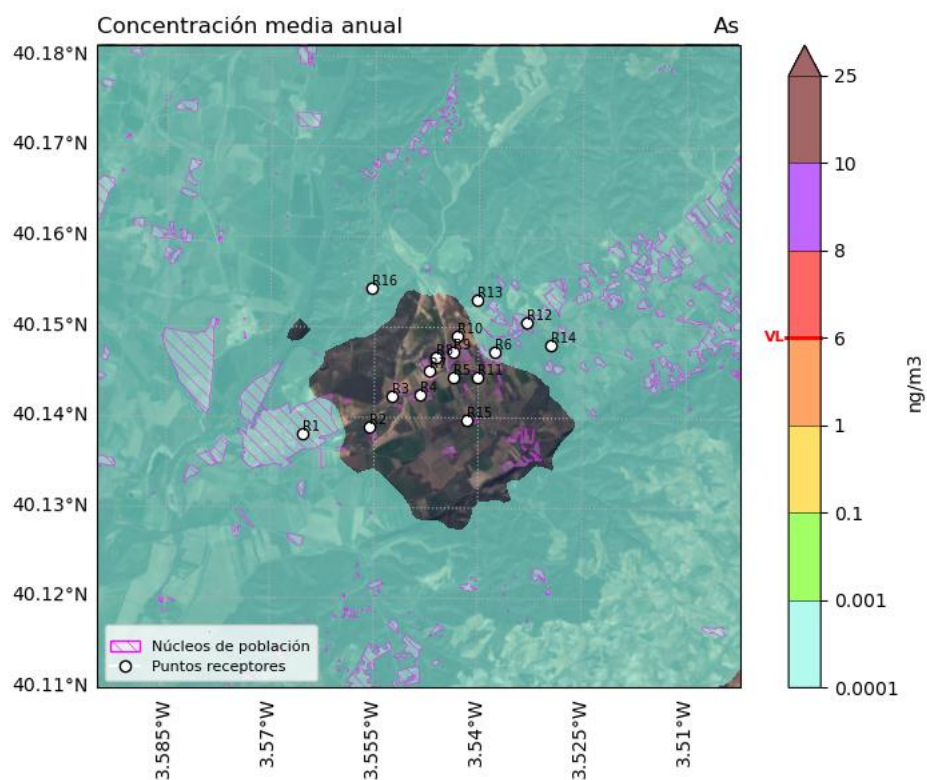


Figura 62. Campo de concentración anual de As

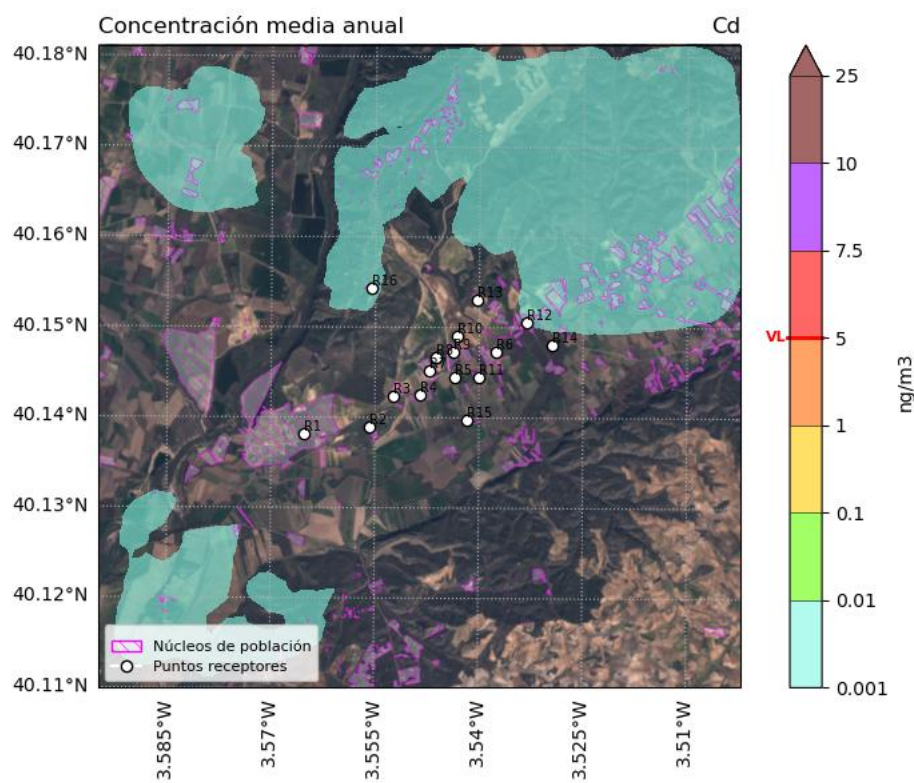


Figura 63. Campo de concentración anual de Cd

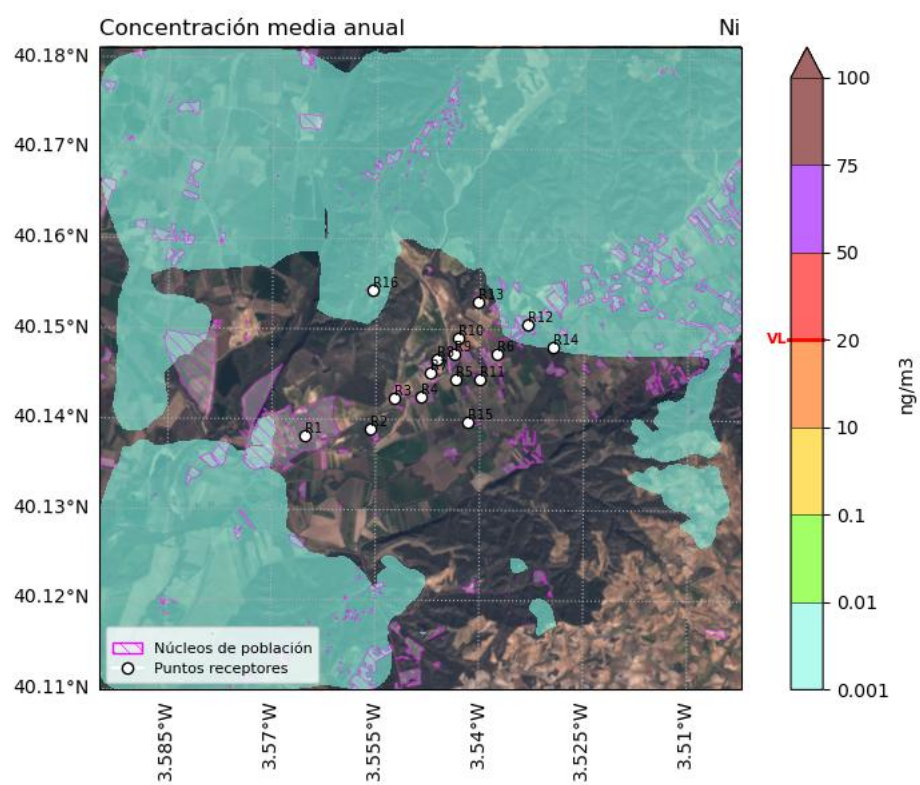


Figura 64. Campo de concentración anual de Ni

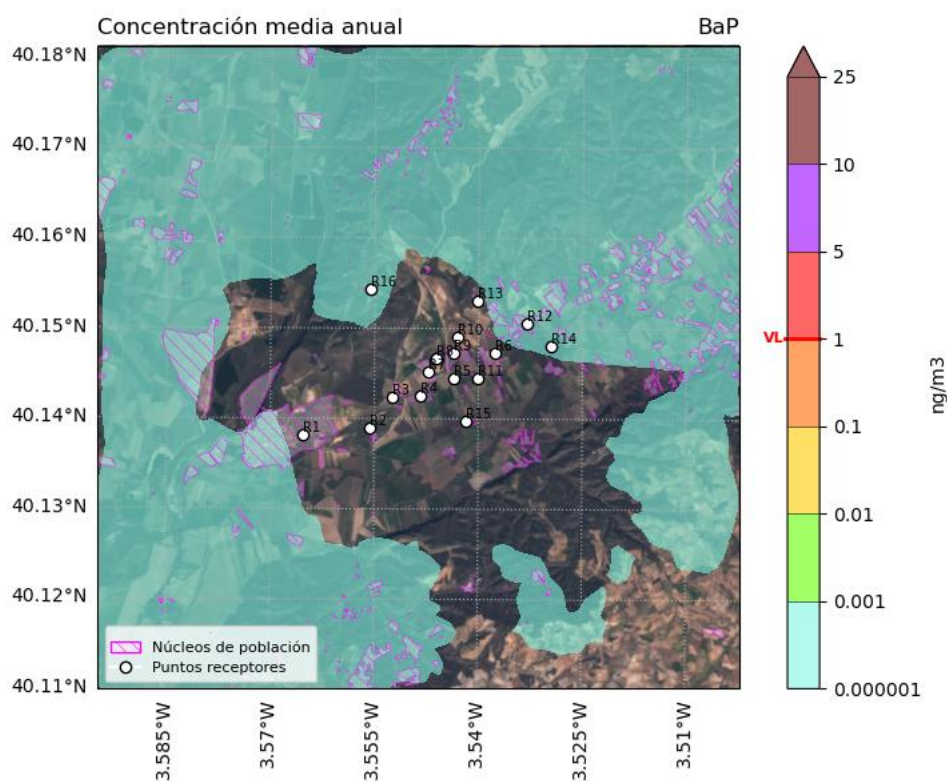


Figura 65. Campo de concentración anual de BaP

Tabla 18. Concentración de cada contaminante en los puntos receptores. Las unidades de los valores de concentración son las mismas que aparecen en su valor límite.

Receptor	NO ₂ Anual	NO ₂ Diario (P95.07)	NO ₂ Horario (P99.97)	CO 8-hr	CO Diario (P95.07)	SO ₂ Anual	SO ₂ Diario (P95.07)	SO ₂ Horario (P99.97)	PM ₁₀ Anual	PM ₁₀ Diario (P95.07)
P1	2,98E-03	1,74E-02	3,30E-01	1,15E-04	1,50E-05	1,24E-03	6,46E-03	1,39E-01	2,47E-04	1,29E-03
P2	8,40E-04	5,57E-03	1,81E-01	3,57E-05	5,35E-06	3,86E-04	2,66E-03	8,53E-02	7,74E-05	5,01E-04
P3	2,37E-04	1,37E-03	7,76E-02	2,60E-05	2,29E-06	1,44E-04	1,10E-03	5,74E-02	2,94E-05	1,98E-04
P4	2,43E-04	1,64E-03	9,00E-02	2,81E-05	2,20E-06	1,52E-04	9,54E-04	5,57E-02	3,08E-05	1,81E-04
P5	3,32E-04	2,05E-03	1,28E-01	6,42E-05	2,77E-06	2,05E-04	1,18E-03	8,89E-02	4,12E-05	2,14E-04
P6	2,21E-03	1,07E-02	5,41E-01	1,06E-04	9,26E-06	9,91E-04	4,60E-03	2,24E-01	1,97E-04	9,16E-04
P7	2,95E-04	1,72E-03	1,13E-01	4,57E-05	2,59E-06	1,83E-04	1,13E-03	6,60E-02	3,69E-05	2,18E-04
P8	4,32E-04	2,50E-03	1,67E-01	5,34E-05	2,45E-06	2,44E-04	1,17E-03	1,01E-01	4,90E-05	2,32E-04
P9	7,61E-04	4,27E-03	2,99E-01	9,99E-05	4,45E-06	3,87E-04	2,13E-03	1,81E-01	7,74E-05	4,39E-04
P10	1,06E-03	6,09E-03	2,73E-01	8,54E-05	6,15E-06	5,06E-04	3,05E-03	1,40E-01	1,01E-04	6,09E-04
P11	4,37E-04	2,55E-03	1,44E-01	1,30E-04	3,12E-06	2,57E-04	1,53E-03	9,48E-02	5,16E-05	3,07E-04
P12	7,53E-03	3,96E-02	5,79E-01	1,83E-04	3,28E-05	3,19E-03	1,63E-02	2,56E-01	6,33E-04	3,24E-03
P13	2,75E-03	1,50E-02	3,39E-01	1,42E-04	1,24E-05	1,21E-03	6,19E-03	1,52E-01	2,40E-04	1,23E-03
P14	4,77E-03	2,69E-02	5,04E-01	1,52E-04	2,18E-05	2,08E-03	1,08E-02	2,50E-01	4,13E-04	2,15E-03
P15	2,81E-04	1,95E-03	1,06E-01	3,75E-05	2,35E-06	1,70E-04	1,14E-03	7,14E-02	3,43E-05	2,31E-04
P16	1,06E-02	5,66E-02	9,42E-01	4,61E-04	4,56E-05	4,33E-03	2,27E-02	3,76E-01	8,54E-04	4,51E-03
Valor límite	20 µg/m³	50 µg/m³	200 µg/m³	10 mg/m³	4 mg/m³	20 µg/m³	50 µg/m³	350 µg/m³	20 µg/m³	45 µg/m³

Tabla 19. Concentración de cada contaminante en los puntos receptores. Las unidades de los valores de concentración son las mismas que aparecen en su valor objetivo o de referencia.

Receptor	PM _{2.5} Anual	PM _{2.5} Diario (P95.07)	C ₆ H ₆ Anual	Pb Anual	BaP Anual	As Anual	Cd Anual	Ni Anual	BaP Anual
P1	2,55E-04	1,48E-03	9,02E-06	1,76E-06	7,66E-07	1,76E-04	4,14E-04	6,42E-04	7,66E-07
P2	8,11E-05	5,10E-04	2,87E-06	5,61E-07	2,41E-07	5,61E-05	1,32E-04	2,05E-04	2,41E-07
P3	3,22E-05	2,27E-04	1,15E-06	2,23E-07	9,21E-08	2,23E-05	5,24E-05	8,14E-05	9,21E-08
P4	3,32E-05	2,11E-04	1,18E-06	2,30E-07	9,62E-08	2,30E-05	5,39E-05	8,38E-05	9,62E-08
P5	4,36E-05	2,49E-04	1,54E-06	3,01E-07	1,29E-07	3,01E-05	7,09E-05	1,10E-04	1,29E-07
P6	2,00E-04	9,16E-04	6,94E-06	1,38E-06	6,14E-07	1,38E-04	3,24E-04	5,04E-04	6,14E-07
P7	3,94E-05	2,31E-04	1,40E-06	2,73E-07	1,16E-07	2,73E-05	6,41E-05	9,96E-05	1,16E-07
P8	5,17E-05	2,43E-04	1,82E-06	3,57E-07	1,53E-07	3,57E-05	8,39E-05	1,30E-04	1,53E-07
P9	8,01E-05	4,42E-04	2,80E-06	5,53E-07	2,42E-07	5,53E-05	1,30E-04	2,02E-04	2,42E-07
P10	1,04E-04	6,09E-04	3,63E-06	7,18E-07	3,15E-07	7,18E-05	1,69E-04	2,62E-04	3,15E-07
P11	5,40E-05	3,09E-04	1,90E-06	3,73E-07	1,61E-07	3,73E-05	8,77E-05	1,36E-04	1,61E-07
P12	6,36E-04	3,24E-03	2,20E-05	4,39E-06	1,97E-06	4,39E-04	1,03E-03	1,60E-03	1,97E-06
P13	2,43E-04	1,23E-03	8,45E-06	1,68E-06	7,47E-07	1,68E-04	3,94E-04	6,12E-04	7,47E-07
P14	4,15E-04	2,15E-03	1,44E-05	2,86E-06	1,28E-06	2,86E-04	6,72E-04	1,04E-03	1,28E-06
P15	3,63E-05	2,33E-04	1,28E-06	2,51E-07	1,07E-07	2,51E-05	5,91E-05	9,17E-05	1,07E-07
P16	8,60E-04	4,51E-03	3,01E-05	5,94E-06	2,65E-06	5,94E-04	1,39E-03	2,17E-03	2,65E-06
Valor límite	10 µg/m³	25 µg/m³	3,4 µg/m³	0,5 µg/m³	1 ng/m³	6 ng/m³	5 ng/m³	20 ng/m³	1 ng/m³

7.4. Contribución frente al valor de fondo

A continuación, se presentan los valores que se obtienen tras sumar la contribución de fondo existente en la localización del emplazamiento. El valor de fondo se ha extraído de los datos de calidad del aire del año 2025 de la Red de Calidad del Aire de la Comunidad de Madrid. Se han escogido las estaciones existentes cercanas, las cuales sigan unos criterios de representatividad espacial y temporal. En este caso, se han escogido aquellas que se encontraban en un radio aproximado de 25 kilómetros, es decir: Aranjuez (13 km), Valdemoro (12 km), Arganda del Rey (19 km) y Villarejo de Salvanes (23 km). De esta manera, el valor de fondo estimado representa un valor medio de cada contaminante en la zona, a modo de referencia. En cuanto al modelo, se presenta el valor del receptor en que se han obtenido valores más elevados (P16), así como el valor máximo obtenido en todo el dominio, para para obtener los casos más desfavorables.

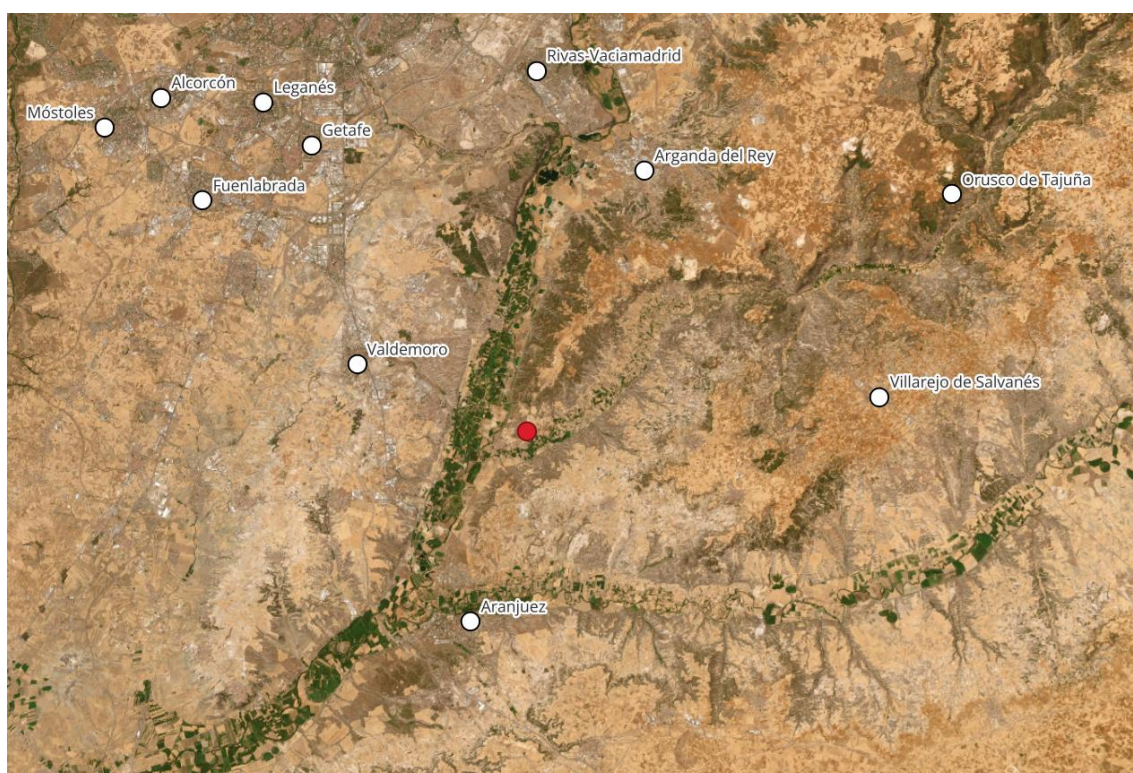


Figura 66. Estaciones de la red de calidad del aire de la Comunidad de Madrid (en blanco) cercanas al emplazamiento (en rojo)

A continuación, se presenta un resumen de la calidad del aire en la zona de estudio a partir de los datos registrados en estas estaciones de medida, junto con los resultados obtenidos mediante modelización y su comparación con los valores límite establecidos por la normativa europea. Para cada contaminante se incluyen distintos indicadores representativos, como la media anual y determinados percentiles diarios y horarios, que permiten caracterizar tanto los niveles habituales como los episodios más elevados de contaminación. Se presentan dos tablas, una para los límites definidos en el RD 102/2011, y otra para los límites definidos en el texto UE 2024/2881.

En estas tablas se recogen, por un lado, los valores correspondientes a cada estación y su media conjunta, lo que ofrece una visión del nivel de fondo existente en la zona. Por otro

lado, se incorporan los resultados del modelo, tanto para el receptor más desfavorable (P16) como para el valor máximo del dominio estimado por el modelo, con el fin de evaluar el caso más desfavorable. Se incluye también el porcentaje que representa dicha contribución máxima respecto al fondo medio.

Tabla 20. Concentración de cada contaminante comparada con el valor de fondo, considerando los VL de RD 102/2011. Las unidades de los valores de concentración mostrados para cada contaminante son las mismas que las indicadas en su valor límite.

Valor	PM _{2.5} Anual	PM ₁₀ Anual	PM ₁₀ P90,4 Diario	NO ₂ Anual	NO ₂ P99,8 Horario
Aranjuez	--	13,5	26,5	11,8	74,8
Valdemoro	9,8	--	--	18,5	82,0
Arganda del Rey	--	14,7	29,0	13,9	60,0
Villarejo de Salvanés	5,7	--	--	10,6	76,8
Media de las estaciones	7,7	14,1	27,8	13,7	73,4
Modelo (peor receptor)	8,60E-04	8,54E-04	2,62E-03	1,06E-02	7,06E-01
Modelo (valor máximo)	1,46E-03	1,46E-03	4,64E-03	1,65E-02	9,31E-01
% contribución frente al valor de fondo	0.02%	0.01%	0.02%	0.12%	1.25%
<i>Valor límite RD 102/2011</i>	<i>25 µg/m³</i>	<i>40 µg/m³</i>	<i>50 µg/m³*</i>	<i>40 µg/m³</i>	<i>200 µg/m³</i>

Tabla 21. Concentración de cada contaminante comparada con el valor de fondo, considerando los VL de UE 2024/2881. Las unidades de los valores de concentración mostrados para cada contaminante son las mismas que las indicadas en su valor límite.

Valor	PM _{2.5} Anual	PM _{2.5} P95,07 Diario	PM ₁₀ Anual	PM ₁₀ P95,07 Diario	NO ₂ Anual	NO ₂ P95,07 Diario	NO ₂ P99,97 Horario
Aranjuez	--	--	13,5	32,9	11,8	23,2	90,2
Valdemoro	9,8	20,5	--	--	18,5	37,7	95,4
Arganda del Rey	--		14,7	33,7	13,9	25,6	69,9
Villarejo de Salvanés	5,7	12,4	--	--	10,6	22,1	91,4
Media de las estaciones	7,7	16,5	14,1	33,3	13,7	27,2	86,7
Modelo (peor receptor)	8,60E-04	4,51E-03	8,54E-04	4,51E-03	1,06E-02	5,66E-02	9,42E-01
Modelo (valor máximo)	1,46E-03	6,79E-03	1,46E-03	6,79E-03	1,65E-02	8,47E-02	1,81E+00
% contribución frente al valor de fondo	0.02%	0.04%	0.01%	0.02%	0.12%	0.31%	2.04%
<i>Valor límite UE 2024/2881</i>	<i>10 µg/m³</i>	<i>25 µg/m³</i>	<i>20 µg/m³</i>	<i>45 µg/m³</i>	<i>20 µg/m³</i>	<i>50 µg/m³</i>	<i>200 µg/m³</i>

Los resultados muestran que los valores de concentración estimados se mantienen muy por debajo de los valores límite establecidos por la normativa de calidad del aire, y muy alejados de los valores de fondo medidos en las estaciones mencionadas, para los contaminantes de los cuales se disponía información ($PM_{2,5}$, PM_{10} y NO_2). En la mayoría de los indicadores el margen de cumplimiento es amplio, lo que sugiere que los niveles previstos no implican un riesgo significativo de superación de los estándares legales. La contribución del modelo es muy reducida en comparación con el fondo regional en todos los contaminantes analizados, incluso cuando se mira el punto donde se produce el valor máximo de todo el dominio. En el peor de los casos, la contribución del proyecto alcanza un 2% en el caso del percentil horario de NO_2 , algo que se considera despreciable en el conjunto del entorno.

7.5. Comparación de resultados

A continuación, se presenta una figura donde se muestra la comparativa entre los límites de inmisión de la nueva directiva 2024/2881 y los valores obtenidos por el modelo. Para la comparativa, se ha seleccionado el receptor P16 ya que es el que presentaba resultados más elevados.

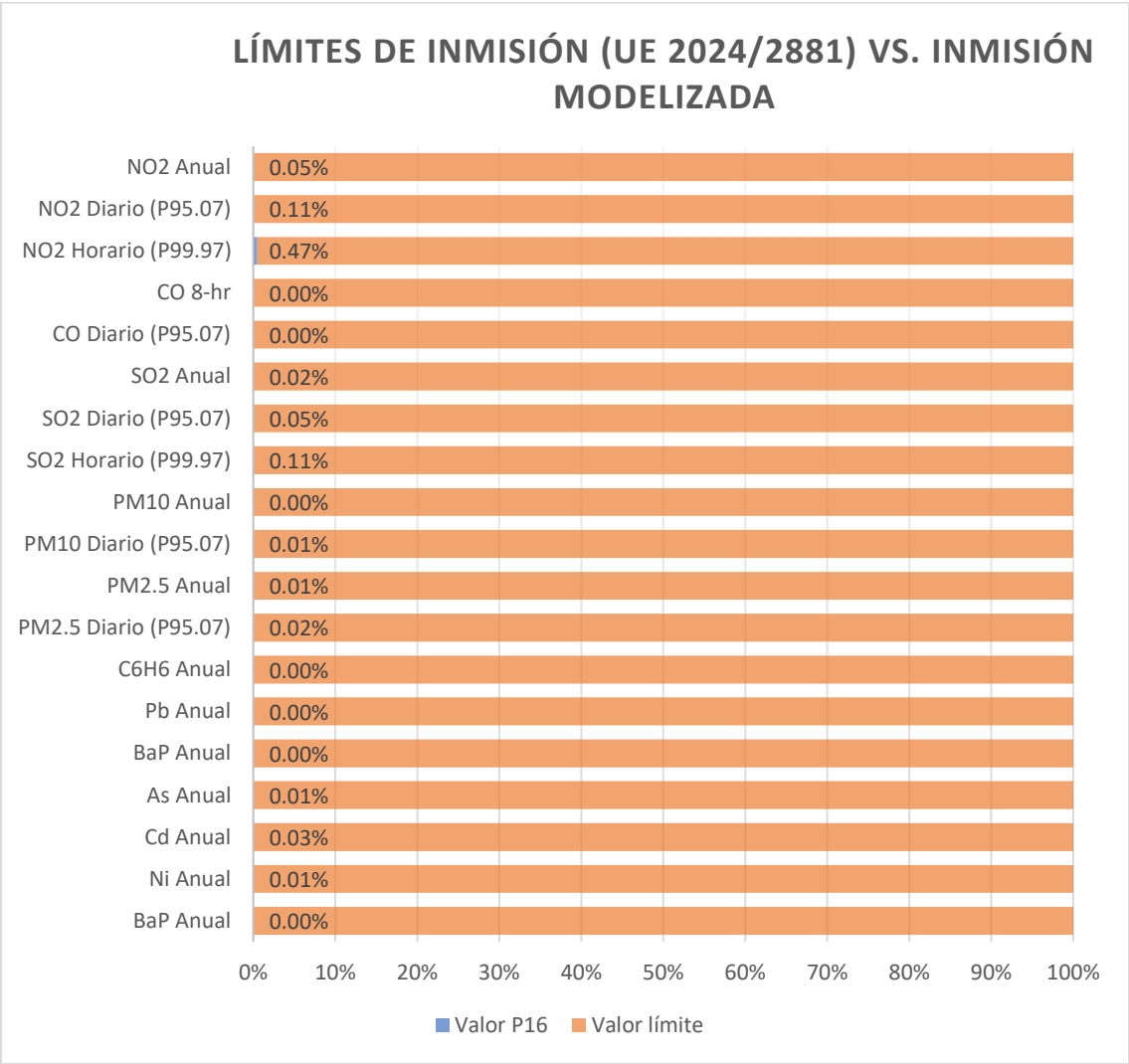


Figura 67. Porcentaje de inmisión comparado con los límites de inmisión de la Directiva 2024/2881

Tal y como se observa en la figura, la comparativa muestra que los valores de inmisión obtenidos quedan muy por debajo de los valores límites de inmisión de la directiva, pues todos ellos muestran un porcentaje menor al 1% frente a dichos valores límite.

8. Conclusiones

El presente estudio ha determinado el impacto ambiental que puede surgir de las actividades emisivas asociadas al proyecto de construcción del Centro de Tratamiento de Residuos “Jarama”, ubicado en el municipio madrileño de Titulcia. El objetivo del estudio ha sido evaluar si las actividades cumplen con los requisitos de evaluación de impacto de la calidad del aire siguiendo los estándares ambientales nacionales e internacionales.

Para el cumplimiento del objetivo mencionado, se han utilizado en combinación técnicas de modelado meteorológico, información instrumental derivada de sensores meteorológicos y de calidad del aire, un inventario de emisiones, y un modelo de dispersión de contaminantes en la atmósfera. Antes del análisis de resultados, el modelo meteorológico ha sido calibrado y validado, asegurando en todos los casos una alta precisión.

Se han evaluado las emisiones generadas por la industria, considerando exclusivamente las fuentes puntuales asociadas las dos chimeneas. Cada uno de estos focos de emisión se ha modelizado de forma independiente, utilizando sus parámetros geométricos y de emisión específicos, de acuerdo con la información facilitada por CADEVA. Este análisis se ha realizado mediante un modelado de dispersión de contaminantes teniendo en cuenta la información meteorológica de todo el año 2025. El cliente ha suministrado información detallada concerniente a las fuentes de emisión, incluyendo su ubicación y las características específicas de cada foco. Este inventario de emisiones ha sido desarrollado para los contaminantes NO_x (óxidos de nitrógeno), CO (monóxido de carbono), SO₂ (dióxido de azufre), partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}), As (arsénico), Cd (cadmio), Hg (mercurio), Ni (níquel), Pb (plomo), PCDD/F (dioxinas y furanos), HCl (cloruro de hidrógeno), HF (fluoruro de hidrógeno), NH₃ (amoníaco) y C₆H₆ (benceno) y B(a)P (benzo(a)pireno), cuya información fue proporcionada por CADEVA.

Se han considerado unas tasas de emisión ajustadas a la realidad para conocer el impacto de la planta en el entorno. La modelización realizada con estas emisiones ha servido para evaluar el cumplimiento de los valores límite y objetivo de calidad del aire, en base al Real Decreto 102/2011 y la Directiva 2008/50/CE. Asimismo, se ha incluido la evaluación de los valores de concentración para la nueva Directiva 2024/2881, la cual sustituirá al RD 102/2011 y será de obligado cumplimiento a partir del año 2030. También se ha incluido un escenario adicional de máximos semihorarios, utilizando las tasas de emisión pico corregidas según RD 815/2013. Estas tasas se han modelizado de forma constante como aproximación conservadora para la evaluación de concentraciones horarias, no representando la operación habitual de la instalación. Únicamente se han modelizado las emisiones máximas semihorarias de tres contaminantes (NO₂, CO y SO₂), y su análisis se ha limitado a la evaluación de concentraciones máximas de corta duración.

El estudio se completa con la evaluación de los valores de concentración de forma gráfica y tabular, en cada uno de los puntos de interés receptores, teniendo en cuenta los valores límite establecidos en el Real Decreto 102/2011, la Directiva 2008/50/CE, y la nueva Directiva 2024/2881. Dado que no existen límites legales de calidad del aire para algunos de los contaminantes, se han utilizado valores de referencia de inmisión utilizados habitualmente en evaluaciones de impacto y autorizaciones ambientales integradas (AAI)

y derivados de criterios toxicológicos de la OMS. Estos valores no constituyen valores legales de calidad del aire ambiente, sino criterios técnicos para la evaluación de impactos locales asociados a emisiones industriales

De acuerdo con los resultados obtenidos a través de este modelo, no se exceden los valores límite establecidos por la normativa vigente o futura en materia de calidad del aire para ninguno de los contaminantes estudiados, para ninguno de los puntos receptores. Los valores obtenidos quedan muy por debajo de los límites legales, incluso cuando se consideran las tasas de emisión pico corregidas según RD 815/2013 para NO₂, CO y SO₂.

Los resultados obtenidos mediante el modelo CALPUFF muestran un patrón espacial en el que las concentraciones máximas en superficie no se localizan en la vertical inmediata de las chimeneas, sino a cierta distancia de las mismas, observándose valores relativamente menores en el entorno próximo a la fuente. Este comportamiento es coherente con las características de emisión consideradas, en particular la altura de las chimeneas y las condiciones de salida de los gases, que favorecen una elevación inicial de la pluma. En estas circunstancias, la pluma puede permanecer desacoplada de la superficie en las proximidades del foco emisor, produciéndose el impacto en superficie a cierta distancia, donde se alcanzan los máximos de concentración. Además, el patrón de vientos mayoritariamente débiles, y las bajas emisiones, acentúan dicho comportamiento. Este tipo de distribución espacial es característico de modelos no estacionarios como CALPUFF, cuya formulación permite una representación más detallada de la evolución temporal y vertical de la pluma, y puede diferir de la obtenida con modelos estacionarios como AERMOD, sin que ello implique inconsistencias en los resultados.

En conclusión, los resultados obtenidos para todos los contaminantes analizados muestran niveles de concentración en aire ambiente significativamente reducidos en el conjunto del dominio de estudio. En todos los casos, los valores calculados mediante el modelo CALPUFF se sitúan claramente por debajo de los valores límite establecidos en la normativa vigente de calidad del aire, en particular los definidos en la Directiva 2008/50/CE y el Real Decreto 102/2011, tanto para promedios horarios, diarios o anuales, según corresponda. Asimismo, los percentiles evaluados conforme a los criterios legislados presentan márgenes amplios respecto a dichos umbrales, sin que se identifiquen superaciones ni situaciones próximas al cumplimiento del límite. Del mismo modo, la evaluación de los valores de concentración para la nueva Directiva 2024/2881, la cual será de obligado cumplimiento a partir del año 2030, tampoco muestra ninguna superación. En consecuencia, las emisiones consideradas no generan un impacto significativo sobre la calidad del aire en el entorno, garantizándose el cumplimiento de los estándares legales aplicables para todos los contaminantes evaluados.

Referencias

Emery C., Tai, E., 2001. Enhanced Meteorological Modeling and Performance Evaluation for Two Texas Ozone Episodes. Final report submitted to Texas Natural Resources Conservation Commission, prepared by ENVIRON, International Corp, Novato, CA.

European Environment Agency. EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2023—Technical Guidance to Prepare National Emission Inventories; Publications Office of the European Union: Luxembourg, 2023.

Saha, S., Moorthi, S., Wu, X., Wang, J., Nadiga, S., Tripp, P., Behringer, D., Hou, Y.-T., Chuang, H.-Y., Iredell, M., Ek, M., Meng, J., Yang, R., Peña, M., Van den Dool, H., Zhang, Q., Wang, W., Chen, M., Becker, E., 2014. The NCEP Climate Forecast System Version 2. *Journal of Climate*, 27, pp.2185–2208.

Skamarock, W.C., Klemp, J.B., Dudhia, J., Gill, D.O., Barker, D.M., Wang, W., Powers, J.G., 2005. A description of the advanced research WRF version 2 NCAR Tech Notes-46 +STR.

Tesche, T.W., McNally, D.E., Tremback, C., 2002. Operational Evaluation of the MM5 Meteorological Model Over the Continental United States: Protocol for Annual and Episodic Evaluation. Prepared for US EPA by Alpine Geophysics LLC, Ft. Wright, KY, and ATMET, Inc., Boulder, CO.

Lista de figuras y tablas

Figuras

Figura 1. Localización de estudio	8
Figura 2. Localización de las estaciones meteorológicas utilizadas como información instrumental.	9
Figura 3. Descripción de los diferentes modelos y módulos utilizados para el desarrollo del proyecto	10
Figura 4. Representación esquemática de funcionamiento de WRF-ARW.....	12
Figura 5. Dominios de modelización. Dominios D01, D02, D03 y D04 (superior). Dominio D04 (inferior).	14
Figura 6. Comportamiento teórico del modelo CALPUFF.....	15
Figura 7. Ubicación de las fuentes consideradas	18
Figura 8. Ciclo diario (izquierda) y ciclo anual (derecha) de la velocidad del viento simulada en el punto de análisis	21
Figura 9. Rosa de vientos (izquierda) e histograma de frecuencia de intensidad de viento anual (derecha) simulado en el punto de análisis. Los porcentajes indican el porcentaje de ocasiones en un año en que se reproduce una dirección e intensidad del viento, respectivamente.....	21
Figura 10. Rosas de viento mensuales en el punto de análisis. Los porcentajes indican el porcentaje de veces en un año que se reproduce una dirección del viento.....	22
Figura 11. Rosas de viento horarias en el punto de análisis. Los porcentajes indican el porcentaje de veces en un año que se reproduce una dirección del viento.....	23
Figura 12. Temperatura simulada del ciclo diario (izquierda) y anual (derecha) en el punto de análisis	24
Figura 13. Precipitación mensual acumulada durante el año 2025 en el punto de análisis	24
Figura 14. Ciclo diario (izquierda) y anual (derecha) de humedad relativa simulada en el punto de análisis	25
Figura 15. Serie anual de velocidad del viento medida en las estaciones de Arganda del Rey, Aranjuez, Madrid/Getafe y Ocaña diagnosticadas en el punto de malla del modelo coincidente con la localización de dichas estaciones	28
Figura 16. Diagramas de dispersión de velocidad del viento medida en las estaciones de Arganda del Rey, Aranjuez, Madrid/Getafe y Ocaña diagnosticadas en el punto de malla del modelo coincidente con la localización de dichas estacione	29
Figura 17. Serie anual de temperatura medida en las Arganda del Rey, Aranjuez, Tielmes y Ocaña diagnosticadas en el punto de malla del modelo coincidente con la localización de dichas estaciones	30

Figura 18. Diagramas de dispersión de temperatura medida en las estaciones Arganda del Rey, Aranjuez, Tielmes y Ocaña diagnosticadas en el punto de malla del modelo coincidente con la localización de dichas estaciones	31
Figura 19. Serie anual de humedad relativa medida en las Arganda del Rey, Aranjuez, Tielmes y Ocaña diagnosticadas en el punto de malla del modelo coincidente con la localización de dichas estaciones.....	32
Figura 20. Diagramas de dispersión de humedad relativa medida en las estaciones de Arganda del Rey, Aranjuez, Tielmes y Ocaña diagnosticadas en el punto de malla del modelo coincidente con la localización de dichas estaciones	33
Figura 21. Usos del suelo considerados en la modelización.....	34
Figura 22. Topografía considerada en la modelización meteorológica	35
Figura 23. Puntos receptores de interés considerados	39
Figura 24. Campo de concentración anual de NO_2	41
Figura 25. Percentil 99,8 de concentración horaria de NO_2	41
Figura 26. Campo de concentración máxima 8-horaria de CO	42
Figura 27. Percentil 99,2 de concentración diaria de SO_2	42
Figura 28. Percentil 99,7 de concentración horaria de SO_2	43
Figura 29. Campo de concentración anual de PM_{10}	43
Figura 30. Percentil 90,4 de concentración diaria de PM_{10}	44
Figura 31. Campo de concentración anual de $\text{PM}_{2,5}$	44
Figura 32. Campo de concentración anual de C_6H_6	45
Figura 33. Campo de concentración anual de Pb	45
Figura 34. Campo de concentración anual de As	46
Figura 35. Campo de concentración anual de Cd	46
Figura 36. Campo de concentración anual de Ni	47
Figura 37. Campo de concentración anual de BaP	47
Figura 38. Campo de concentración 30-minutal de HCl	48
Figura 39. Campo de concentración máxima diaria de HCl	48
Figura 40. Campo de concentración 30-minutal de HF	49
Figura 41. Campo de concentración máxima diaria de HF	49
Figura 42. Campo de concentración máxima diaria de NH_3	50
Figura 43. Campo de concentración anual de Hg	50
Figura 44. Campo de concentración anual de PCDD/F	51
Figura 45. Campo de concentración máxima horaria de NO_2	54
Figura 46. Campo de concentración máxima horaria de CO	54

Figura 47. Campo de concentración máxima horaria de SO ₂	55
Figura 48. Campo de concentración anual de NO ₂	56
Figura 49. Percentil 95,07 de concentración diaria de NO ₂	56
Figura 50. Percentil 99,97 de concentración horaria de NO ₂	57
Figura 51. Campo de concentración máxima 8-horaria de CO	57
Figura 52. Percentil 95,07 de concentración diaria de CO	58
Figura 53. Campo de concentración anual de SO ₂	58
Figura 54. Percentil 95,07 de concentración diaria de SO ₂	59
Figura 55. Percentil 99,97 de concentración horaria de SO ₂	59
Figura 56. Campo de concentración anual de PM ₁₀	60
Figura 57. Percentil 95,07 de concentración diaria de PM ₁₀	60
Figura 58. Campo de concentración anual de PM _{2,5}	61
Figura 59. Percentil 95,07 de concentración diaria de PM _{2,5}	61
Figura 60. Campo de concentración anual de C ₆ H ₆	62
Figura 61. Campo de concentración anual de Pb.....	62
Figura 62. Campo de concentración anual de As	63
Figura 63. Campo de concentración anual de Cd	63
Figura 64. Campo de concentración anual de Ni	64
Figura 65. Campo de concentración anual de BaP	64
Figura 66. Estaciones de la red de calidad del aire de la Comunidad de Madrid (en blanco) cercanas al emplazamiento (en rojo)	67
Figura 67. Porcentaje de inmisi3n comparado con los l3mites de inmisi3n de la Directiva 2024/2881	70

Tablas

Tabla 1. Principales características metodológicas del estudio.	7
Tabla 2. Descripción general de la estación meteorológica utilizada. Las coordenadas geográficas se encuentran en la proyección UTM, Zona 30, Datum WGS84.	10
Tabla 3. Características de cada uno de los dominios de modelización.	13
Tabla 4. Principales características de las fuentes de emisión.	17
Tabla 5. Contaminante; Umbral inferior de los NEAs MTDs (mg/Nm ³) normalizadas al 11%; Emisiones mg/Nm ³ corregidas al 9,54% de O ₂ ; Tasa de emisión (g/s).	19
Tabla 6. Contaminante; VLE 3% semihorario RD 815/2013 (mg/Nm ³) normalizadas al 11%; Emisiones mg/Nm ³ corregidas al 9,54% de O ₂ ; Tasa de emisión (g/s).	19
Tabla 7. Registros de temperatura mensual promedio, máximo y mínimo (en °C) simulados en el punto de análisis.	23
Tabla 8. Registros promedio, máximo y mínimo de humedad relativa mensual (en %). ...	24
Tabla 9. Estadística de comparación de modelos de observación evaluados para la estación considerada. Entre los detalles se encuentran los resultados estadísticos que se han recomendado. * Valor recomendado en áreas de topografía compleja.	27
Tabla 10. Propiedades del dominio de simulación CALPUFF. UTM zona 30 y WGS-84.	34
Tabla 11. Límites de inmisión actuales (Real Decreto 102/2011 y la Directiva Europea 2008/50/CE).	37
Tabla 12. Valores de referencia de inmisión (AAI / OMS) para el resto de contaminantes.	38
Tabla 13. Límites de inmisión de la nueva Directiva Europea 2024/2281.	38
Tabla 14. Localización geográfica de los receptores puntuales de interés que representan receptores sensibles a analizar. Huso geográfico 30 y elipsoide de referencia WGS-84. .	40
Tabla 15. Concentración de cada contaminante en los puntos receptores. Las unidades de los valores de concentración son las mismas que aparecen en su valor límite.	52
Tabla 16. Concentración de cada contaminante en los puntos receptores. Las unidades de los valores de concentración son las mismas que aparecen en su valor objetivo o de referencia.	53
Tabla 17. Concentración de cada contaminante en los puntos receptores considerando el escenario de emisiones máximas semihorarias.	55
Tabla 18. Concentración de cada contaminante en los puntos receptores. Las unidades de los valores de concentración son las mismas que aparecen en su valor límite.	65
Tabla 19. Concentración de cada contaminante en los puntos receptores. Las unidades de los valores de concentración son las mismas que aparecen en su valor objetivo o de referencia.	66
Tabla 20. Concentración de cada contaminante comparada con el valor de fondo, considerando los VL de RD 102/2011. Las unidades de los valores de concentración	

mostrados para cada contaminante son las mismas que las indicadas en su valor límite.
..... 68

Tabla 21. Concentración de cada contaminante comparada con el valor de fondo, considerando los VL de UE 2024/2881. Las unidades de los valores de concentración mostrados para cada contaminante son las mismas que las indicadas en su valor límite.
..... 68