

# Servicio para la elaboración de planes de mejora de calidad del aire: Estudio de la contaminación atmosférica por material particulado atmosférico y ozono troposférico para la elaboración de los planes de mejora de calidad del aire



Código de referencia: CONTR 2019 383409. Lote 1

## SINOPSIS Composición química de PM10 y PM2.5. año 2022



Unidad Asociada al CSIC-UHU  
"Contaminación Atmosférica"  
Centro de Investigación en  
Química Sostenible (CIQSO)  
Universidad de Huelva



---

**Elaboración:**

Ana M. Sánchez de la Campa Verdona y Jesús D de la Rosa Díaz

**Muestreo y preparación de muestras:**

María Luisa Avilés Martín, Cinta Marcelino Pozuelo  
y Jesús D de la Rosa Díaz

**Análisis químico:**

Daniel A. Sánchez-Rodas Navarro, María Luisa Avilés Martín, Cinta Marcelino Pozuelo,  
Ana M. Sánchez de la Campa Verdona y Jesús D. de la Rosa Díaz

21 de junio de 2023



## Introducción

La Unidad Asociada al CSIC-Universidad de Huelva “Contaminación Atmosférica” realiza desde el año 2021 distintos estudios dentro del “*Servicio para la elaboración de planes de mejora de calidad del aire: Estudio de la contaminación atmosférica por material particulado atmosférico y ozono troposférico para la elaboración de los planes de mejora de calidad del aire*” Código de referencia: CONTR 2019 383409. Lote 1, para la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía.

Con anterioridad, entre los años 2007 y 2014 se realizaron distintos estudios encaminados en profundizar sobre la “*Contaminación Atmosférica por Material Particulado en la Comunidad Autónoma de Andalucía*”, destacándose la caracterización química de componentes inorgánicos (elementos mayoritarios, traza, aniones, amonio y Ctotal) en PM10 y PM2.5 de 25 estaciones representativas de tipo rural, fondo urbano, industrial y tráfico. En ese momento se establecieron las principales anomalías geoquímicas en el material particulado atmosférico (MPA). Además, se realizó un estudio preliminar de partículas finas y ultrafinas en el aire ambiente de Huelva y un sistema integrado de modelización para el pronóstico de polvo sahariano en Andalucía y elementos potencialmente tóxicos de emisiones puntuales industriales a través del modelo de dispersión HYSPLIT. Finalmente se estableció la contribución de fuentes mediante el método de [Thurston y Spengler \(1985, Atmospheric Environment, 19: 9-25\)](#).

Además de otras regiones de España y Europa, y aunque en general, la concentración de gases contaminantes y las concentraciones de componentes químicos en MPA de series históricas muestran un importante descenso ([Hao et al., 2020; J Cleaner Production 246: 119024](#)), es necesario un posicionamiento de Andalucía ante los nuevos niveles guía establecidos por la Organización Mundial de la Salud para 6 contaminantes (PM10, PM2.5, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y CO, <https://bit.ly/3OnxLYL> ).

En el año 2016 se presenta el Acuerdo del Consejo de Gobierno por el que se aprueba la formulación de la Estrategia Andaluza de Calidad del Aire de Andalucía (fecha 19-4-2016, <https://bit.ly/3tNd8gI>), estableciéndose como prioritario la ejecución de distintos Planes de Calidad del Aire en grandes ciudades, zonas industriales y zonas rurales de Andalucía. Al igual que otras regiones de España, otro problema a destacar son las altas concentraciones de ozono troposférico que se alcanzan en el Valle del Guadalquivir durante primavera y verano. Este problema también se encuentra como objetivo en este estudio conjuntamente con el Plan Nacional de Ozono liderado por el profesor Xavier Querol (IDAEA-CSIC).

## Síntesis

Se ha realizado un estudio sobre la composición química de PM10 y PM2.5 de estaciones representativas de la Calidad del Aire de la Junta de Andalucía en el año 2022.

En relación a PM10, las máximas concentraciones de **Ctotal** se han registrado en Villanueva del Arzobispo ( $6.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), seguido de Bailén ( $5.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Granada Norte ( $6.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Torneo ( $6.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Palacio de Congresos y Príncipes ( $4.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). El resto de las estaciones poseen concentraciones inferiores a  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . También las concentraciones máximas de **C orgánico** se han obtenido en Villanueva del Arzobispo ( $5.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Bailén ( $4.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Torneo ( $4.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), y Granada Norte ( $4.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). En relación a **C elemental**, la máxima concentración se ha determinado en Granada Norte y Torneo ( $1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), seguido de Bailén ( $1.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), y Villanueva del Arzobispo y Carranque ( $1.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Los elementos mayoritarios relacionados con la **materia mineral** son **Al, Mg, Fe, P y K**. Las máximas concentraciones de **Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>** se han registrado en Palacio de Congresos ( $2.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Villanueva del Arzobispo y Moguer ( $2.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Bailén y Granada Norte ( $2.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). El resto de las estaciones están comprendidas entre  $1.8$  y  $0.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

En relación a **Ca**, destacan las estaciones de Palacio de Congresos ( $2.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Villanueva del Arzobispo y Bailén ( $2.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), y Granada Norte ( $2.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Como en años anteriores, las máximas concentraciones se observan en Andalucía Oriental en comparación con Occidental, estando relacionadas con la resuspensión de roca carbonatada, propia de la Cordillera Bética.

Las mayores concentraciones de **Mg** se han registrado en Marbella ( $0.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), seguida por Palacio de Congresos ( $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), y Carranque, Mediterráneo y Vva del Arzobispo ( $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). El resto de las estaciones poseen concentraciones inferiores a  $0.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Las concentraciones de **Fe** en PM10 son superiores en las estaciones de Granada Norte, Palacio de Congresos, y Marbella ( $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y Torneo ( $0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), correspondiendo a las estaciones hot-spot de tráfico.

Con relación a **fosfato**, destaca La Rábida con un valor máximo de  $0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . En el resto de las estaciones no se ha observado la presencia de una anomalía apreciable. En relación a **K**, la máxima concentración se ha obtenido en Bailén ( $1.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), y Villanueva del Arzobispo ( $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Es de destacar también las altas concentraciones de Lepanto ( $0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). El resto de las estaciones presentan concentraciones iguales e inferiores a  $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Las altas concentraciones de **C** no mineral y **K** se asocian a procesos de combustión, principalmente de biomasa.

Las máximas concentraciones de **aerosol marino** (Figura 3) se registran en las estaciones costeras tanto del Mediterráneo como Atlántico. Destaca La Línea (29%), Marbella (27%), y Plaza Castillo (25%) En el Atlántico, destacan San Fernando (27%) y Matalascañas (24%).

Los **compuestos inorgánicos secundarios (CIS)** incluyen a **sulfato nss** (no sea-salt, de origen antropogénico), **nitrato** y **amonio**. La mayor concentración de **sulfato nss** se ha observado en Puente Mayorga (2.1 µg/m<sup>3</sup>), seguido de Bailén (1.9 µg/m<sup>3</sup>). El resto de estaciones posee promedios anuales comprendidos entre 1.6 y 1.0 µg/m<sup>3</sup>(Figura 4).

La mayor concentración media de **nitrato** se ha obtenido en las estaciones de fondo urbano de Plaza Castillo (2.5 µg/m<sup>3</sup>), seguida de las estaciones de La Línea (2.4 µg/m<sup>3</sup>) y Mediterráneo con (2.3 µg/m<sup>3</sup>). La mínima concentración fue en Sierra Norte (0.9 µg/m<sup>3</sup>) (Figura 4). La mínima concentración fue en Sierra Norte (0.9 µg/m<sup>3</sup>).

La concentración promedio anual de **amonio** es muy similar en todas las estaciones de estudio, con un valor máximo en la estación de Puente Mayorga de 0.3 µg/m<sup>3</sup> y resto de estaciones entre 0.2 y 0.1 µg/m<sup>3</sup> (Figura 4).

Con relación a PM10, las concentraciones de **metales traza y ultratrazas** obtenidas en el año 2022 son relativamente bajas, y comparables al año 2021 y 2020 (Millán et al. 2022, Chemosphere 303: 134853). Se mantienen las anomalías geoquímicas detectadas en años anteriores, principalmente en las zonas industriales de Huelva (Arsénico), Córdoba (Zinc), Bailén (Vanadio y Niquel) y Campo de Gibraltar (Cromo), aunque en concentraciones inferiores (Figura 1).

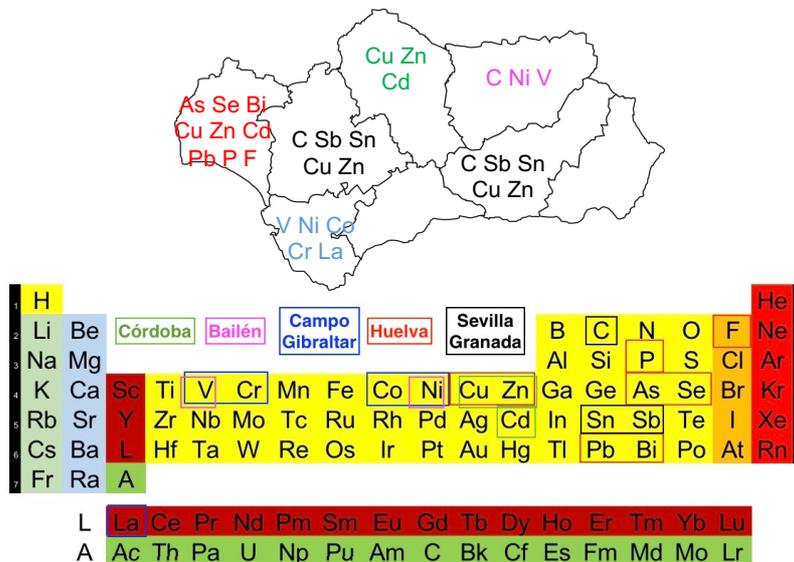


Figura 1.- Anomalías geoquímicas principales en PM representativas de cada provincia a partir del análisis de contribución de fuentes años 2007-2014.

No se han superado los valores límites objetivos descritos para **As, Ni y Cd** (6, 20 y 5 ng/m<sup>3</sup>, Directiva 2004/107/CE) y **Pb** (500 ng/m<sup>3</sup>, Directiva 2008/50/CE) (Figura 2). Los descensos en

relación con los registros históricos se interpretan debido a la implantación de las mejores técnicas disponibles, como es el caso de la metalurgia del Cu (Sánchez de la Campa et al. 2018, *J of Cleaner Production* 185: 465.474).

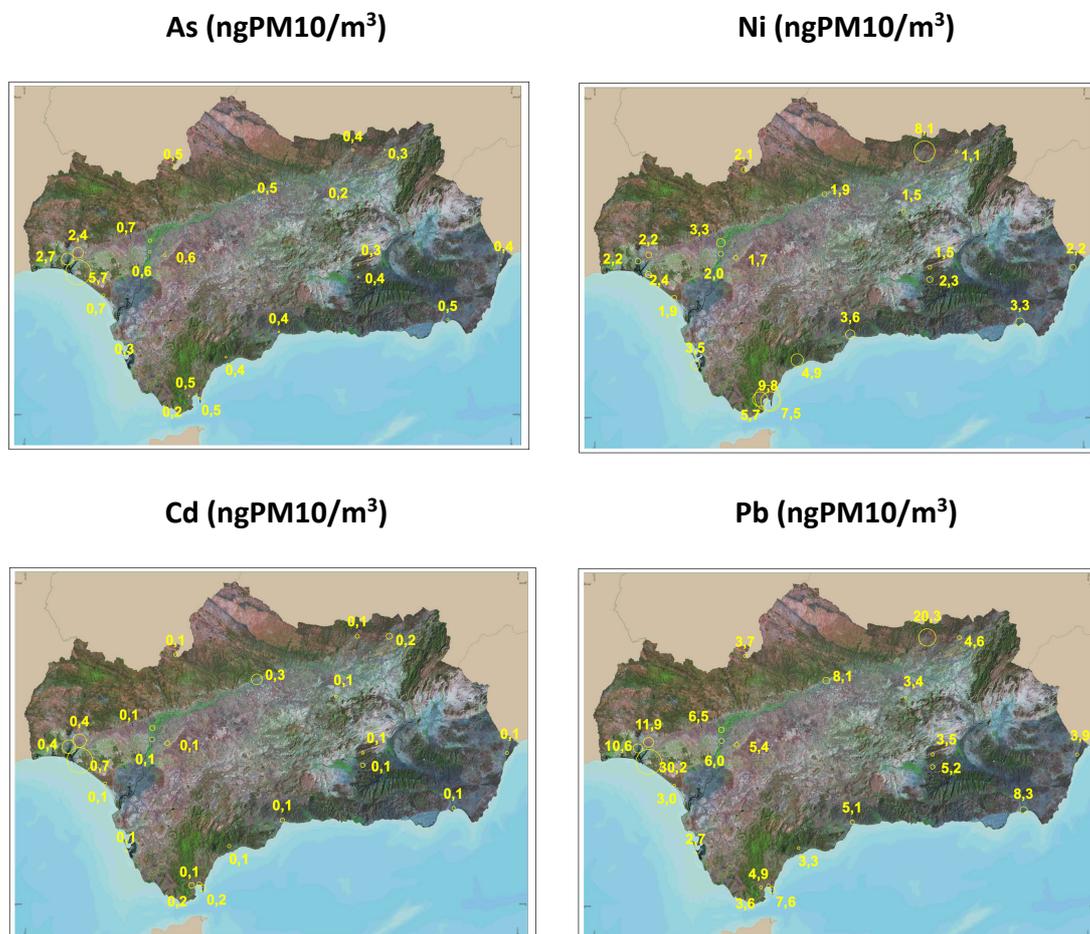


Figura 2.- Mapas Geoquímicos de As, Ni, Cd y Pb en PM10 durante el año 2022 en Andalucía.

El patrón geoquímico de PM2.5 es muy similar a PM10 sobre todo en Ctotal, CIS y metales derivados de la actividad industrial, tráfico y combustión de biomasa.

El estudio de contribución de fuentes realizado mediante PMF5 (EPA, <https://bit.ly/3HAXBec>) ha permitido profundizar sobre el origen del PM10 en las estaciones analizadas en este estudio. Se ha determinado hasta 6 fuentes principales (Figura 3):

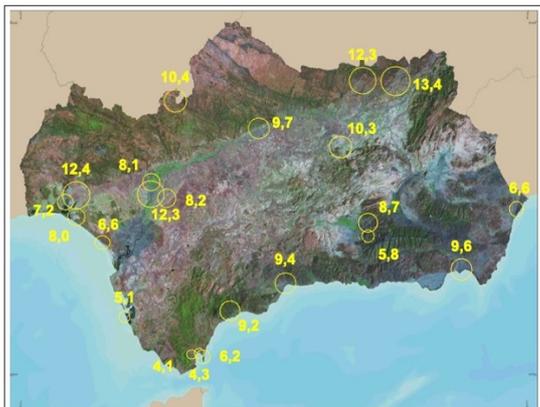
- **Mineral:** La fuente Mineral varía entre los máximos de 13.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en Vva del Arzobispo, 12.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en Moguer y 12.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en Bailén y Alcalá de Guadaira, y mínimos de 4.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en Los Barrios y 4.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en Puente Mayorga. La mayoría de las estaciones donde se han obtenido los valores máximos se encuentra a gran altitud relativa con

relación a otras estaciones costeras o Del Valle del Guadalquivir. Este hecho se interpreta a partir de una mayor incidencia de las masas de aire en altura.

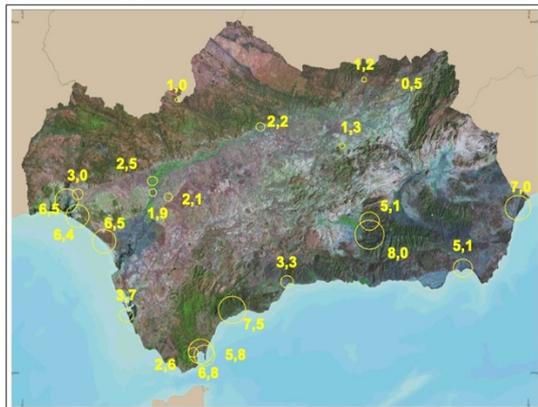
- **Marino:** las máximas contribuciones de la fuente marina ocurren en las estaciones costeras de Marbella ( $7.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Plaza del Castillo ( $7.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), y Puente Mayorga ( $6.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). En Granada Norte se encuentra acoplada a Regional alcanzando conjuntamente hasta  $8.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . En estas zonas, la proximidad del rompeolas provoca una mayor generación de aerosoles marinos. Las mínimas concentraciones se han obtenido en la estación de Sierra Norte ( $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y Villanueva del Arzobispo ( $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).
- **Tráfico:** La fuente de tráfico es máxima en las estaciones de Granada Norte ( $11.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Torneo ( $8.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), y Marbella ( $8.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). En Campus se acopla con la fuente de Combustión, alcanzando conjuntamente  $9.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- **Combustión:** la fuente de Combustión es máxima en Villanueva del Arzobispo ( $12.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y Bailén ( $9.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), casi triplicando las contribuciones de Granada Norte ( $4.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Palacio de Congresos ( $4.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Ronda de Valle ( $4.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y Sierra Norte ( $5.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Las máximas se observan en la provincia de Jaén, seguida por Granada. En La Rábida también se ha obtenido altas concentraciones (hasta  $4.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).
- **Industrial:** la fuente industrial se encuentra restringida a los grandes polígonos industriales de Andalucía, y donde históricamente se iniciaron los Planes de Calidad Ambiental entre los años 2001 a 2003. La máxima concentración se ha obtenido en Alcalá de Guadaíra ( $6.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). También se destacan las estaciones de Bailén ( $4.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Moguer y La Rábida ( $4.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Campus ( $3.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y Matalascañas ( $2.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). En el caso del Campo de Gibraltar, el aporte de la fuente industrial es máxima en La Línea ( $1.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y Puente Mayorga ( $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).
- **Regional:** la fuente regional no presenta una zonificación geográfica clara. Las máximas concentraciones se registran en Plaza Castillo ( $10.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Marbella ( $8.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y Lepanto ( $6.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

En la Figura 3 se ha representado los orígenes de fuentes de PM10 desde un punto de vista geográfico.

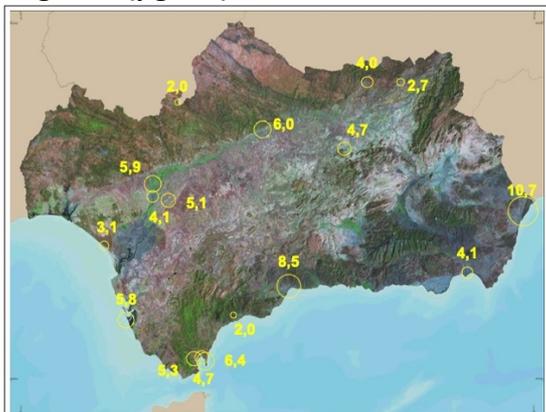
**Mineral ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**



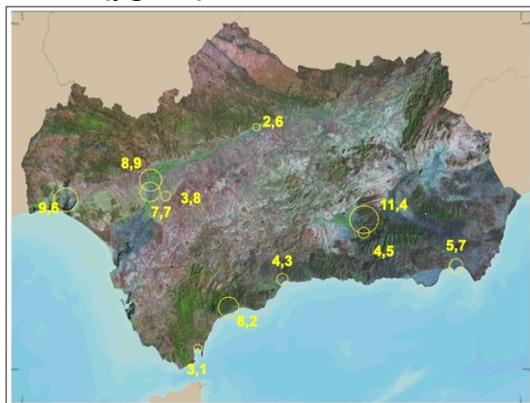
**Marino ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**



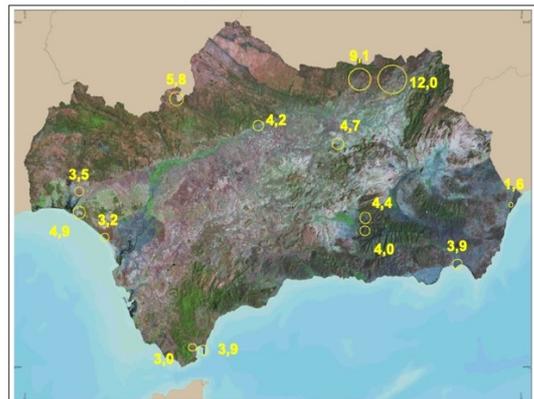
**Regional ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**



**Tráfico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**



**Combustión ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**



**Industrial ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

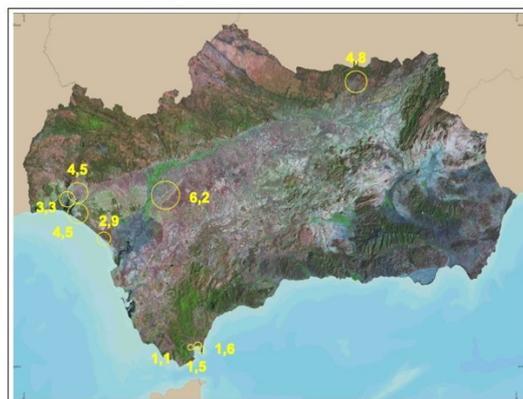


Figura 3.- Mapas de contribución de fuentes PM10 en Andalucía durante el año 2021-2022.