

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 PM_{2.5}. año 2021



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

Elaboración:

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

Muestreo y preparación de muestras:

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

Análisis químico:

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

21 de junio de 2022

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, O₃, NO₂, SO₂ 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 2021.

En relación a PM10, las máximas concentraciones de **Ctotal** se han registrado en estaciones rurales con fuerte incidencia de combustión de biomasa (Villanueva del Arzobispo (8.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), y Bailén (5.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y estaciones de tráfico de Granada Norte (5.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Torneo (4.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Palacio de Congresos y Lepanto (4.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). También, las máximas concentraciones de **C orgánico** se han obtenido en Villanueva del Arzobispo (7.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Bailén (4.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Lepanto (3.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), junto con las estaciones de Palacio de Congresos (3.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y Granada Norte (3.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). En relación a **C elemental**, la máxima concentración se ha determinado en Granada Norte (1.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), seguido de Ronda de Valle (1.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Villanueva del Arzobispo y Torneo (1.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), y Rondad del Valle y Bailén (1.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Los elementos mayoritarios relacionados con la **materia mineral** son Al, Mg, Fe, P y K. Las máximas concentraciones de **Al₂O₃** se han registrado en Lepanto (2.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Moguer (2.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Sierra Norte (1.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Palacio de Congresos, Granda Norte, Torneo y Villanueva del Arzobispo (1.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). En relación a **Ca**, destacan las estaciones de Villanueva del Arzobispo (2.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Bailén (2.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y Granada Norte (2.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Palacio de Congresos, Príncipes y Torneo han registrado una concentración de 1.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Las máximas concentraciones se observan en Andalucía Oriental en comparación con Occidental, estando relacionadas con la resuspensión de roca carbonatada, material dominante desde un punto de vista geológico de la Cordillera Bética. Las mayores concentraciones de **Mg** se han registrado en Carranque (0.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Las concentraciones de **Fe** en PM10 son superiores en las estaciones de tráfico, por ejemplo Torneo (1.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y Marbella (1.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), seguidas por Granda Norte (1.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y Príncipes (0.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). En relación con **fosfato**, no se ha observado la presencia de una anomalía geoquímica apreciable, incluso ha desaparecido la existente en las estaciones del Entorno de la Ría de Huelva, salvo en La Rábida con un valor máximo de 0.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La máxima concentración de K se ha obtenido en Bailén (1.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), y Villanueva del Arzobispo (1.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Es de destacar también las altas concentraciones de Lepanto (0.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Junto con la materia mineral, la presencia de altas concentraciones de K se correlaciona con la combustión de biomasa.

Las máximas concentraciones de **aerosol marino** se registran en las estaciones próximas a la costa, tales como Plaza Castillo (31%), Marbella (27%) y San Fernando (27%).

Los **compuestos inorgánicos secundarios (CIS)** incluyen a sulfato nss (no sea-salt, de origen antropogénico), nitrato y amonio. La mayor concentración de **sulfato nss (antropogénico)** se ha observado en Bailén (2.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), seguido de Marbella y Carranque (1.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), y Los Barrios y

La Línea ($1.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$). La mayor concentración media anual de **nitrito** se ha obtenido en las estaciones de fondo urbano con influencia de tráfico de Carranque y La Linea ($2.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$), seguida de las estaciones de Marbella, Mediterráneo, Príncipes y Moguer ($2.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y Plaza Castillo ($2.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$). La mínima concentración se alcanzó en Sierra Norte ($0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$). La concentración promedio anual de **amonio** es muy similar en todas las estaciones de estudio, con un valor máximo de $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación de Palacio de Congresos.

Con relación a PM10, las concentraciones de metales traza y ultratraza obtenidas en el año 2021 son relativamente bajas, y comparables al año 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).

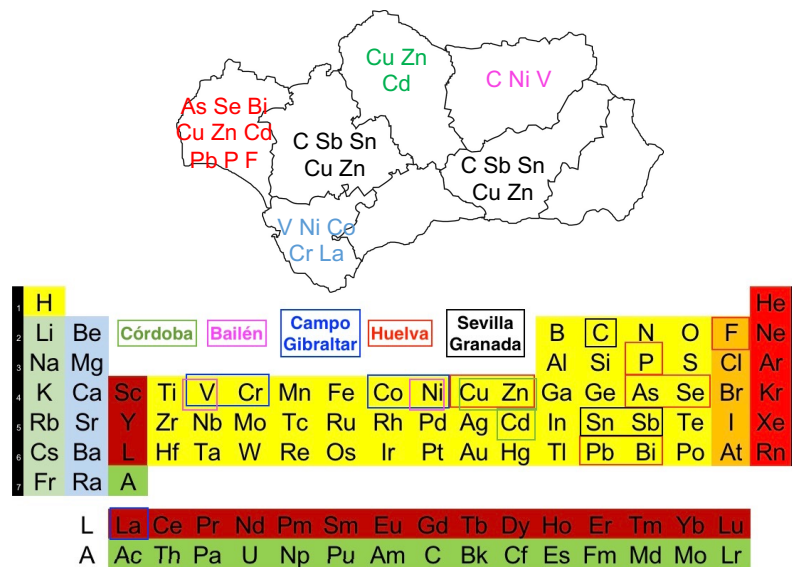


Figura 1.- Anomalías geoquímicas principales en PM representativos de cada provincia a partir del análisis de contribución de fuentes años 2007-2014.

No se han superado los valores límites objetivos descritos para As, Ni y Cd (6, 20 y 5 ng/m³, Directiva 2004/107/CE) y Pb (500 ng/m³, 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).

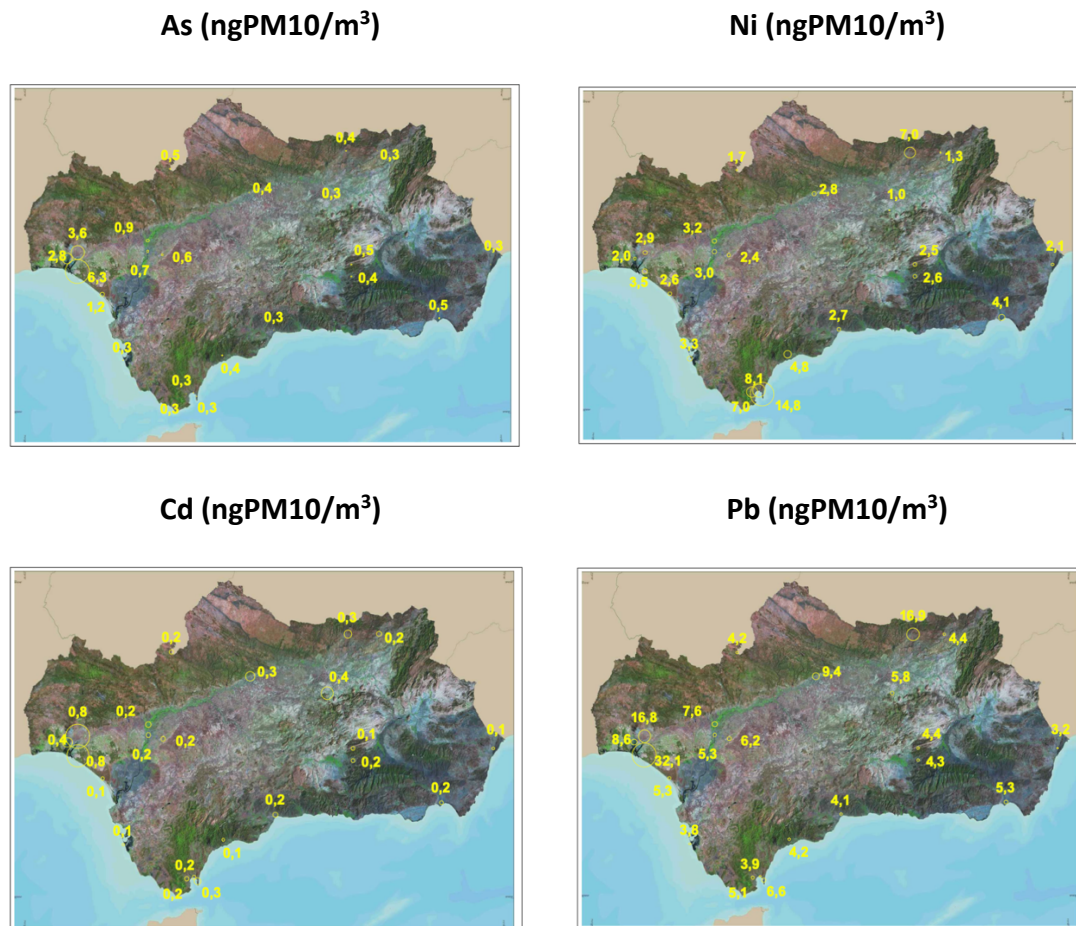


Figura 2.- Mapas Geoquímicos de As, Ni, Cd y Pb en PM10 durante el año 2021 en Andalucía.

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:** varía entre los máximos de 15.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Príncipes y 14.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Villanueva del Arzobispo y mínimos de 5.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en San Fernando. También se destaca las altas concentraciones en Palacio de Congresos (13.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Bailén (12.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y Sierra Norte (11.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). La mayoría de las estaciones donde se han obtenido los valores máximos se encuentra a gran altitud relativa en relación a otras estaciones costeras ó del Valle del Guadalquivir. Este hecho se interpreta a partir de una mayor incidencia de las masas de aire en altura, sobre todo de origen norteafricano. Desde un punto de vista climático (años 1996-2021), este tipo de masas de aire tiene una incidencia anual mayor en Andalucía Oriental (31% días al año) que Andalucía Occidental (25 %). En el año

2021, el impacto fue mayor que el promedio climático en Andalucía Oriental (38%) e igual al 25% en Andalucía Occidental. El análisis de la contribución de fuentes durante los episodios norteafricanos en comparación con los días de advección atlántica durante los años 2007 a 2014 en estaciones representativas de Andalucía, ha puesto de manifiesto además de una mayor concentración de componentes de origen natural, un incremento de componentes de origen antropogénico (Millán et al. 2021, *Environ Pollut* 290: 118065). Por ello, es de especial interés su caracterización.

- **Marino:** las máximas contribuciones ocurren en las estaciones próximas al litoral, destacando Marbella ($10.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Matalascañas ($7.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$), La Rábida ($7.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y Puente Mayorga ($7.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$). En estas zonas, además de las masas de aire atlánticas, la proximidad del rompeolas provoca una mayor generación de aerosoles marinos. Las mínimas concentraciones se han obtenido en la estación de Sierra Norte ($1.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y Villanueva del Arzobispo ($1.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Esta fuente puede encontrarse envejecida como en el caso de Puente Mayorga uniéndose CIS.
- **Tráfico:** las concentraciones máximas se alcanzan en las estaciones de Marbella ($7.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Torneo ($7.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y Granada Norte ($7.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). También destacan las estaciones de Príncipes ($6.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Alcalá de Guadaira ($4.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Lepanto ($4.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y Carranque ($3.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- **Combustión:** las contribuciones máximas se obtuvieron en Villanueva del Arzobispo, casi duplicando las contribuciones de Granada Norte ($8.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Bailén ($7.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Ronda de Valle ($6.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y Sierra Norte ($6.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). La fuente de combustión es biomasa, discriminándose tanto en zonas rurales como en grandes ciudades (e.g. Granada y Jaén).
- **Industrial:** se encuentra restringida a los grandes polígonos industriales de Andalucía, donde históricamente se iniciaron los Planes de Calidad Ambiental entre los años 2001 a 2003. Se destacan las estaciones de La Línea ($8.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Bailén ($5.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), La Rábida ($5.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Moguer ($5.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y Matalascañas ($2.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- **Regional:** no presenta una zonificación geográfica clara. Las máximas concentraciones se registran en Plaza Castillo ($13.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Campus ($11.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y Mediterráneo ($9.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

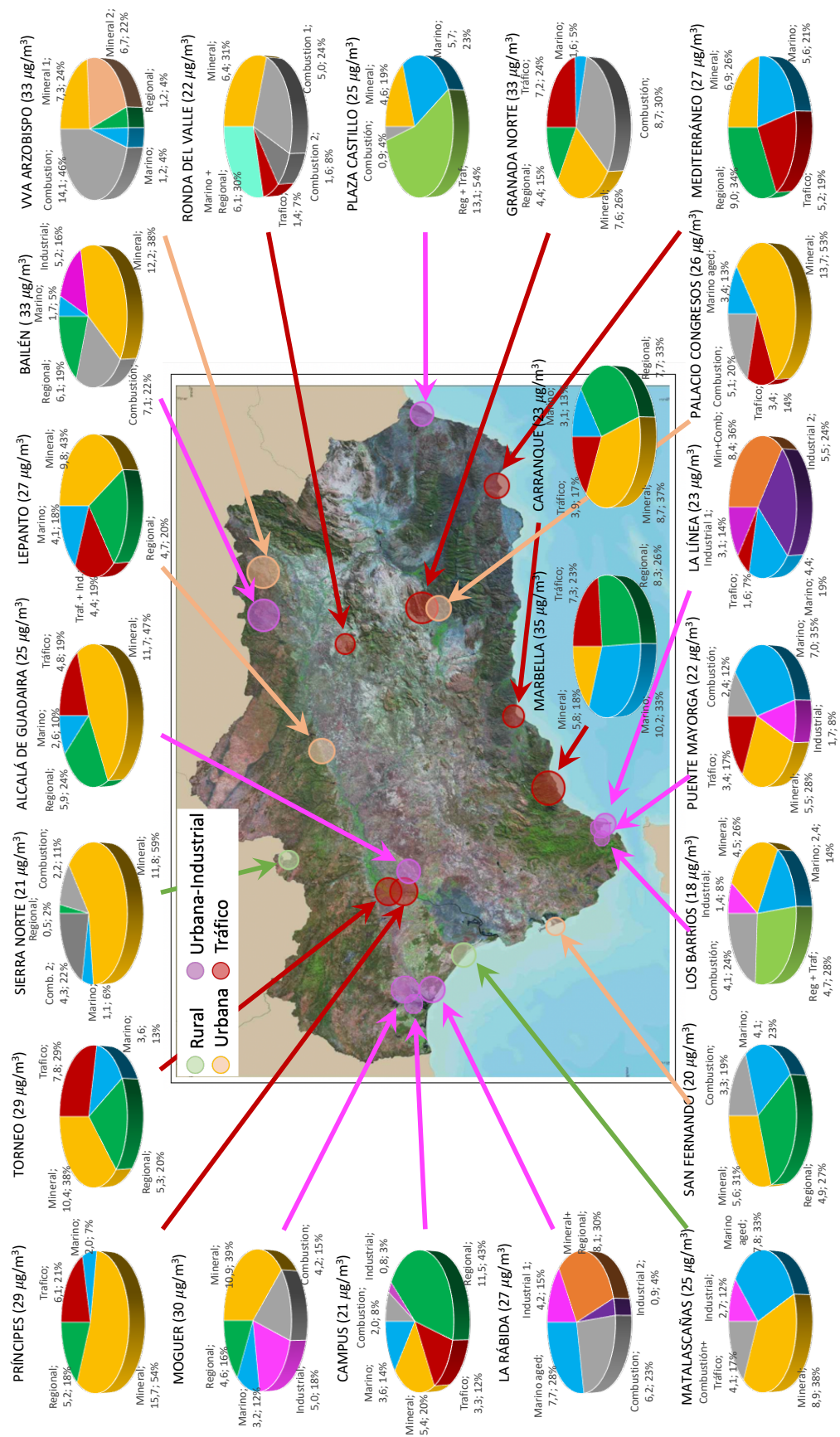


Figura 3.- Mapa de contribución de fuentes PM10 en Andalucía durante el año 2021.

En la Figura 4 se ha representado los orígenes de fuentes de PM_{2.5} desde un punto de vista geográfico.

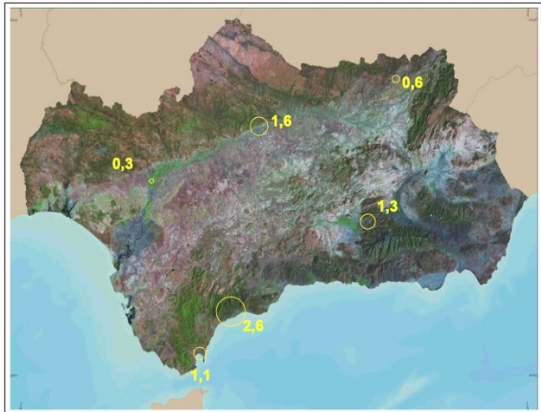
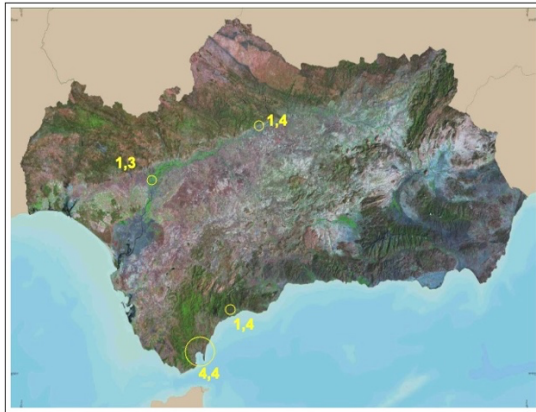
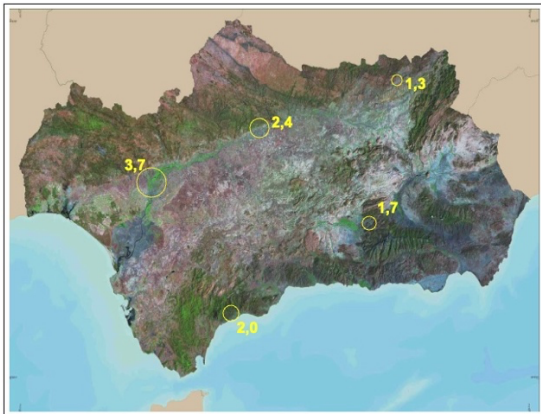
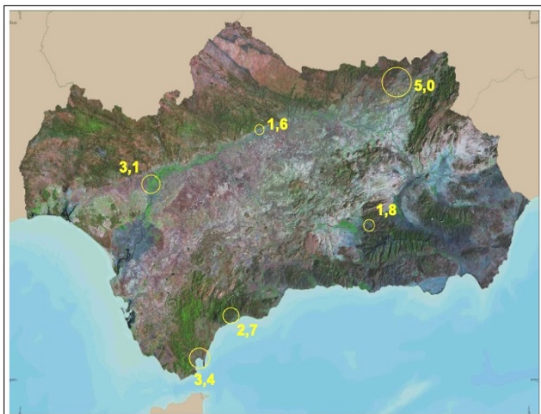
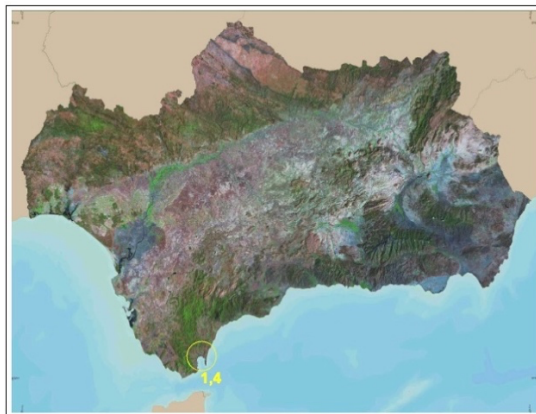
Mineral ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)**Marino ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)****Regional ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)****Tráfico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)****Combustión ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)****Industrial ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)**

Figura 4.- Mapas de contribución de fuentes PM_{2.5} en Andalucía durante el año 2021.

Con relación a la tasa de deposición anual de partículas sedimentables del entorno de la Ría de Huelva, se destaca las altas concentraciones de elementos afines a sulfuros en La Rábida con Campus, y Barrio de Los Rosales en Huelva Capital y Matalascañas. Se supera en un orden de magnitud Cu, Zn y Pb, mientras que As multiplica x 4 las concentraciones de Huelva capital.