

Análisis de resultados

Cuando comenzamos nuestro proyecto “**Legislación, tamaño y contaminación de las ciudades**” nos planteamos la siguiente hipótesis: “¿Afecta el tamaño de las ciudades a los niveles de contaminación atmosférica en las mismas de forma lineal?”

Para ello seleccionamos una muestra de ciudades de nuestra provincia de diferentes tamaños e investigamos si existía una relación lineal entre el tamaño de la población de dichas ciudades y los niveles de contaminación de las mismas, analizando las fuentes de contaminación que pueden influir en la calidad del aire y por consiguiente en la salud de sus habitantes y en el medio ambiente.

Hemos recopilado información de la Red de Calidad del aire de la Comunidad de Madrid, que está compuesta por estaciones de monitoreo distribuidas en diferentes ubicaciones dentro de la región. Estas estaciones miden una gran variedad de contaminantes atmosféricos. Proporcionan datos en tiempo real o con una frecuencia regular sobre los niveles de contaminación en áreas específicas, lo que permite un seguimiento detallado de la calidad del aire. Esto nos ha permitido realizar análisis detallados y fundamentados en evidencia sobre cómo el tamaño de las ciudades y otros factores pueden influir en los niveles de contaminación atmosférica en diferentes municipios.

Valores límite, Valores objetivo y Umbrales establecidos en la legislación para calidad del aire.

Tabla resumen de legislación en materia de calidad del aire				
Valores límite y objetivos				
Real Decreto 102/2011				
Contaminante	Objeto de protección	Período de análisis	Valor	Categoría
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	Salud	Media anual	40 µg/m ³	Valor límite; En vigor desde 2010
	Salud	Media horaria; no podrán superarse en más de 18 ocasiones por año civil	200 µg/m ³	Valor límite; En vigor desde 2010
Óxidos de nitrógeno (NO _x)	Vegetación	Media anual	30 µg/m ³	Nivel crítico ⁽¹⁾ ; En vigor desde 2008
Partículas PM ₁₀	Salud	Media anual	40 µg/m ³	Valor límite; En vigor desde 2005
	Salud	Media diaria; no podrán superarse en más de 35 ocasiones por año	50 µg/m ³	Valor límite; En vigor desde 2005
Partículas PM _{2,5}	Salud	Media anual	25 µg/m ³	Valor objetivo, deberá ser alcanzado en 2010; valor límite entra en vigor en 2015
Ozono (O ₃)	Salud	Máxima diaria de las medias móviles octohorarias; no podrá superarse en más de 25 días por cada año civil de promedio en un período de 3 años	120 µg/m ³	Valor objetivo, deberá ser alcanzado en 2010 ⁽³⁾ (media años 2010, 2011, 2012)
	Vegetación	AOT40, calculado a partir de medias horarias de mayo a julio	18 000 µg/m ³ × h de promedio en un período de 5 años	Valor objetivo, deberá ser alcanzado en 2010 ⁽³⁾ (media años 2010, 2011, 2012, 2013 y 2014)
Dióxido de azufre (SO ₂)	Salud	Media horaria	350 µg/m ³	Valor límite; En vigor desde 2005
	Salud	Media diaria	125 µg/m ³	Valor límite; En vigor desde 2005
	Vegetación	Media anual e invierno (del 1 de octubre al 31 de marzo)	20 µg/m ³	Nivel crítico ⁽¹⁾ ; En vigor desde 2008
Monóxido de carbono (CO)	Salud	Máxima diaria de las medias móviles octohorarias	10 mg/m ³	Valor límite; En vigor desde 2005

Investigamos los siguientes contaminantes del aire: monóxido de nitrógeno (NO), dióxido de nitrógeno (NO₂), partículas en suspensión <PM 2,5, partículas en suspensión <PM 10 y ozono (O₃). También quisimos investigar datos sobre el monóxido de carbono (CO) y el dióxido de azufre (SO₂) pero la Red de Calidad del aire de la Comunidad de Madrid no tiene mediciones de estos parámetros.

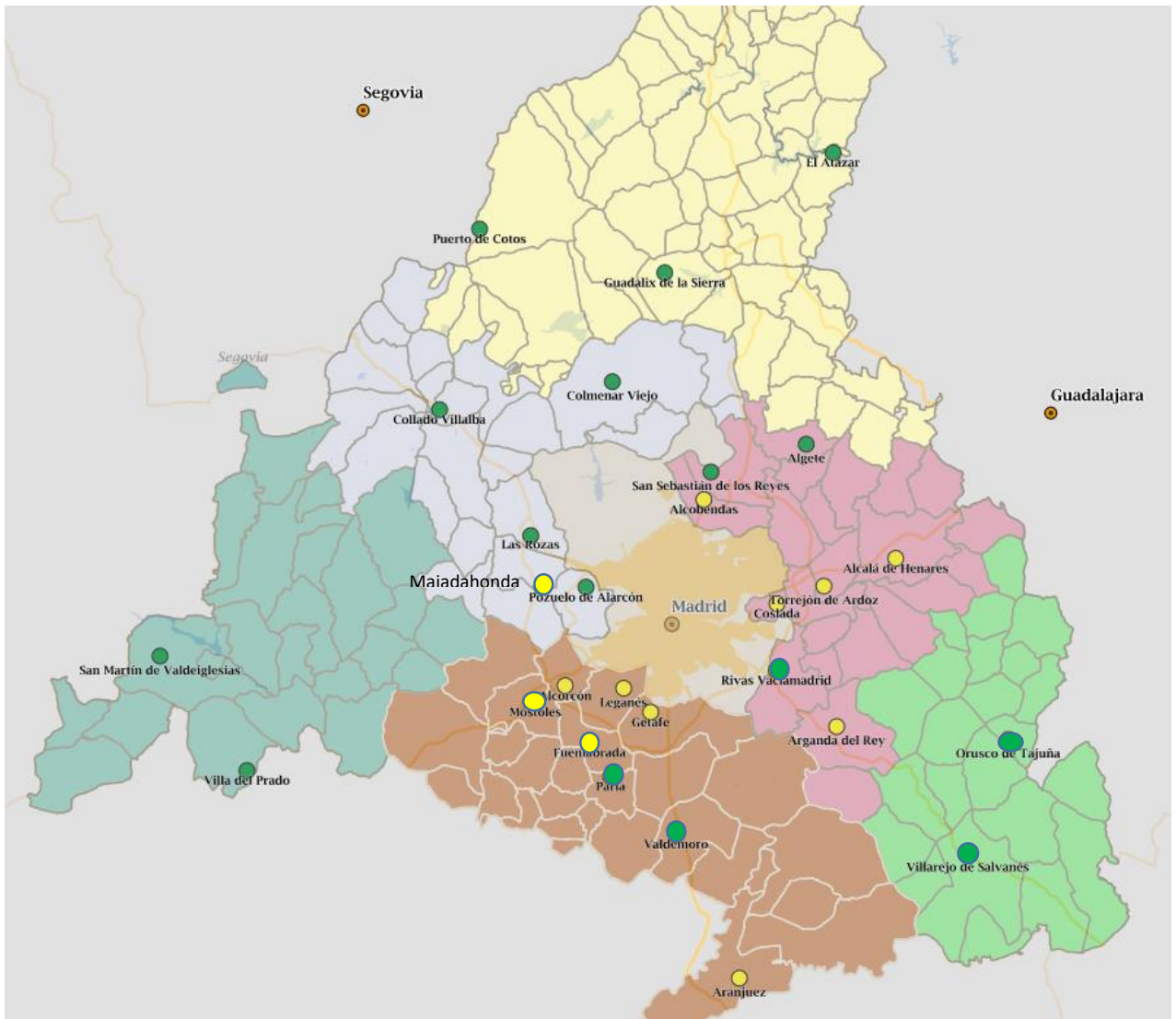
El sol juega un papel significativo en la formación y transformación de contaminantes primarios y secundarios en la atmósfera a través de una serie de procesos físicos y químicos. La radiación solar proporciona la energía necesaria para activar estas reacciones químicas y facilitar la formación de contaminantes secundarios como el ozono. La intensidad y la duración de la radiación solar pueden influir en la tasa de formación de contaminantes secundarios.

Por ello hemos buscado las fechas más propicias para nuestro análisis de datos. Hemos investigado para encontrar una serie lo más larga posible de días consecutivos de buen tiempo (soleado y con poco viento). Descartamos los meses de verano ya que suele disminuir la circulación de vehículos por las vacaciones. También los días demasiado cortos de finales de otoño y de principios de invierno, ya que hay pocas horas de luz. Hemos buscado los datos en los satélites Sentinel.

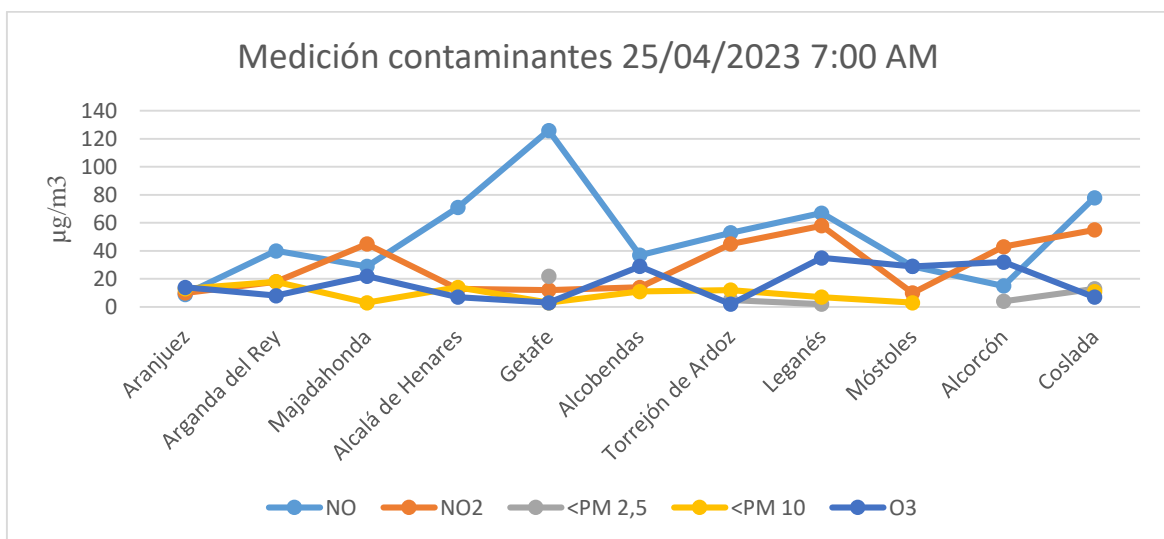
Para nuestro estudio seleccionamos los meses de abril, mayo y junio de 2023. Son meses con buenas temperaturas y bastantes horas de luz. El período comprendido entre el 23 de abril y el 8 de mayo presenta días con cielos despejados y vientos moderados. Dentro de este período seleccionamos para el análisis el 25 de abril de 2023, que tuvo una temperatura media de 29°C, 13h 41 minutos de luz solar y una velocidad media del viento de 8,5 km/h. Estudiamos los datos de los contaminantes del aire medidos cada hora y representamos en unos gráficos los datos a las 7 de la mañana donde está amaneciendo, a las 11 de la mañana y a las 9 de la noche donde el sol ya se ha ido.

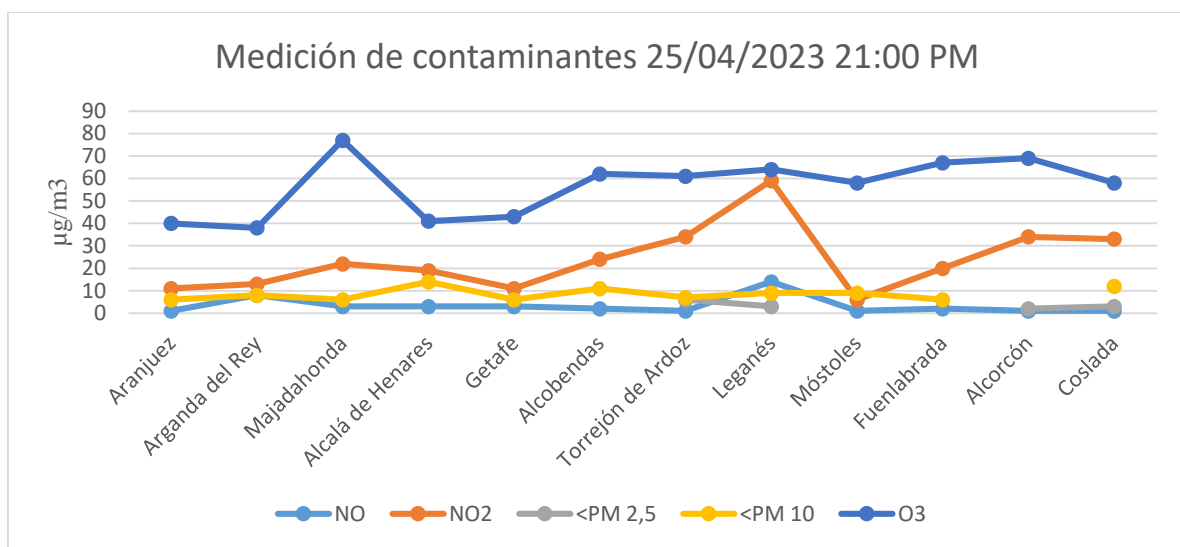
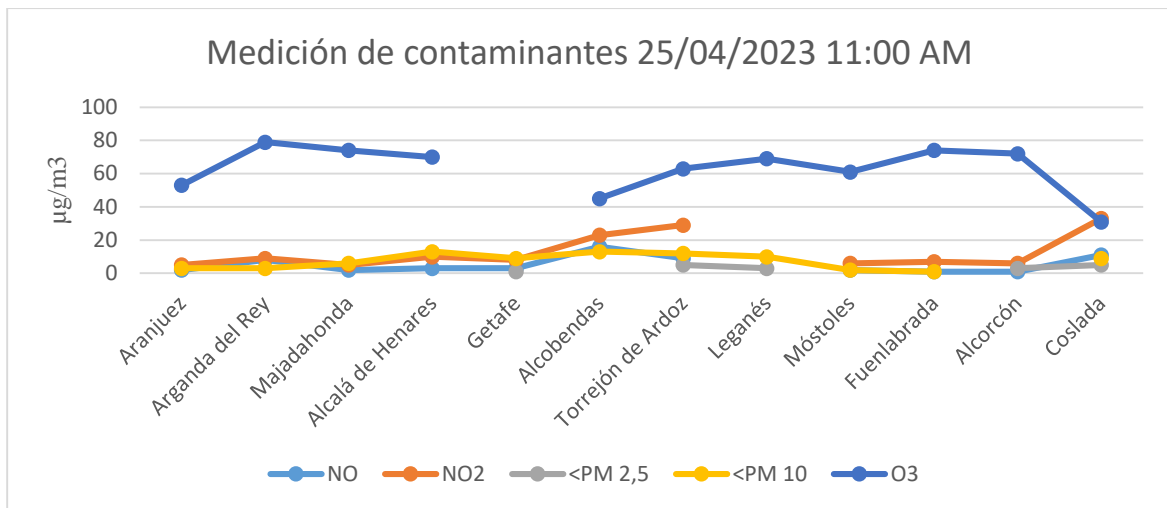
Los municipios que hemos seleccionado para nuestro estudio aparecen recogidos en la siguiente tabla ordenados por densidad de población de menor a mayor y en el mapa de la Comunidad de Madrid con un círculo amarillo:

Municipio	Superficie (km ²)	Población	Densidad de población
Aranjuez	201,11	59.037,00	293,56
Arganda del Rey	79,65	54.554,00	684,92
Majadahonda	38,47	71.785,00	1.866,00
Alcalá de Henares	87,72	193.751,00	2.208,74
Getafe	78,38	180.747,00	2.306,03
Alcobendas	44,98	116.037,00	2.579,75
Torrejón de Ardoz	32,62	129.729,00	3.976,98
Leganés	43,09	188.425,00	4.372,82
Móstoles	45,28	207.095,00	4.573,65
Fuenlabrada	39,49	193.586,00	4.902,15
Alcorcón	33,73	169.502,00	5.025,26
Coslada	12,01	81.860,00	6.815,99



Los datos que extraemos para este día aparecen recogidos en los siguientes gráficos:





A la vista de los resultados obtenidos podemos concluir que la relación entre el tamaño de las ciudades y los niveles de contaminación atmosférica no sigue una tendencia lineal clara. Si bien es cierto que las ciudades más grandes tienden a tener una mayor actividad industrial, un mayor tráfico de vehículos y una mayor densidad de población, lo que puede ocasionar mayores emisiones de contaminantes, existen otros factores que también influyen en los niveles de contaminación atmosférica.

En el caso específico del ozono troposférico (O_3), es importante destacar que la relación entre su concentración y el tamaño de las ciudades puede seguir una tendencia más lineal en comparación con otros contaminantes atmosféricos. El ozono troposférico se forma a partir de reacciones fotoquímicas complejas entre los óxidos de nitrógeno (NO_x) y los compuestos orgánicos volátiles (COVs) en presencia de luz solar. Dado que los óxidos de nitrógeno (NO_x) son comúnmente emitidos por fuentes asociadas con la actividad urbana, como el tráfico de vehículos y las industrias, y que los compuestos orgánicos volátiles (COVs) pueden ser liberados por actividades industriales y domésticas en áreas urbanas, las ciudades más grandes o más densas tienden a tener concentraciones más altas de estos precursores, lo que puede generar niveles más altos de ozono troposférico.