



## PASANTÍA

El presente formato son los lineamientos o guía para la presentación del informe del trabajo realizado como opción de pasantía de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cundinamarca del programa académico de Ingeniería ambiental seccional Girardot.

Este debe ser diligenciado por el (los) estudiante(s) y revisado por su respectivo asesor.

El documento escrito debe tener una presentación nítida, ordenada, sin errores dactilográficos, ortográficos, gramaticales y de redacción. Para resaltar puede usarse letra cursiva o negrilla (Puerta, 2011). Vicepresidente

La presentación del documento escrito debe lograr claridad (fácil de entender), concisión (síntesis), precisión (expresar una sola interpretación o un solo sentido), sencillez (redacción con palabras simples, que no sean rebuscadas), vigor expresivo (riqueza de vocabulario), cohesión (forma adecuada de relación entre las oraciones) y coherencia (selección relevante de la información y organización lógica de las temáticas, del análisis, de las conclusiones y recomendaciones)

Así mismo se aclara que para la construcción del documento final de pasantía el estudiante debe consultar las normas APA última edición que esté vigente a la fecha del periodo que corresponda a la construcción del trabajo.

En noma APA se orienta como debe ser la portada del documento y presentación general, así como los estilos de letra, interlineados, márgenes, y formatos de letras para títulos de primer segundo tercer orden como también la forma de la denominación de las gráficas, figuras o tablas con su correspondiente titulación y citación de las fuentes que a ver parte de las referencias bibliográficas. **La norma APA es la guía principal para que elabore el documento y este**

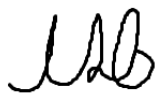


**formato expresa los contenidos que debe ir allí acorde al orden y demás especificaciones de APA.**

Cabe resaltar que se debe tener en cuenta la forma adecuada para realizar la citación de las referencias bibliográficas dentro del documento por el tema de derechos de autor y al momento del jurado revisar el documento final mediante los programas antiplagio. **Es importante que el gestor del conocimiento y el aprendizaje, que asesora el trabajo de grado en modalidad pasantía adjunte el certificado de Turnitin con máximo el 20% de similitud y 0% de inteligencia artificial.**

**Revisar el documento guia-normas-apa-51, en el cual se especifican los lineamientos para la entrega final del documento correspondiente al informe del desarrollo de la pasantía.**

**Elaborar la correspondiente portada contra portada y tabla de contenido acorde a APA.**

RESPONSABLES	
Nombre estudiante: Nicolas Andrés Zarate Garzón	Firma: 
Nombre del asesor: Anyi Katherine Becerra Patiño	V.B°.
Informe de pasantía: <input checked="" type="checkbox"/> Sector productivo: _____ Docencia: _____	
Iniciativa propia: _____ Otros: _____	



---

Facultad de Ciencias Agropecuarias

**Análisis comparativo y representación cartográfica de la calidad del aire en Funza y  
municipios vecinos (Mosquera y Madrid)**

**Nicolas Andrés Zarate Garzón**

**Universidad de Cundinamarca**

**Ingeniería Ambiental**

**Javier Hernando Gracia Gil**

**Bogotá, Colombia**

**09 de Noviembre de 2025**



**Análisis comparativo y representación cartográfica de la calidad del aire en Funza y  
municipios vecinos (Mosquera y Madrid)**

**Nicolas Andrés Zarate Garzon**

**Diana Julieth Garzón Sánchez**



Tabla de contenido

<b>TÍTULO .....</b>	<b>7</b>
<b>RESUMEN Y PALABRAS CLAVES .....</b>	<b>7</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>8</b>
<b>DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA .....</b>	<b>10</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>10</b>
<b>JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>11</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>13</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>13</b>
<b>MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>14</b>
<b>Marco teórico.....</b>	<b>14</b>
<b>Marco legal .....</b>	<b>15</b>
<b>Marco de referencia .....</b>	<b>16</b>
<b>DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO .....</b>	<b>17</b>
<b>RESULTADOS OBTENIDOS.....</b>	<b>20</b>
<b>Nota metodológica sobre el cálculo del NMP mensual .....</b>	<b>21</b>
<b>Análisis y comparación del periodo 2019 – 2024.....</b>	<b>29</b>
<b>Comparación interanual.....</b>	<b>30</b>
<b>APORTES REALIZADOS .....</b>	<b>31</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>34</b>



---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>36</b>
<b>CRONOGRAMA .....</b>	<b>37</b>
<b>PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN .....</b>	<b>38</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>39</b>
<b>APENDICES.....</b>	<b>41</b>
<b>Tablas por municipio y contaminante criterio 2019 – 2024. ....</b>	<b>41</b>
<b>Gráficas por municipio y contaminante criterio 2019 – 2024.....</b>	<b>54</b>
<b>Mapas comparativos por municipio y contaminante criterio 2019 – 2024.....</b>	<b>61</b>



## TÍTULO

Análisis comparativo y representación cartográfica de la calidad del aire en Funza y municipios vecinos (Mosquera y Madrid).

## RESUMEN Y PALABRAS CLAVES

Durante el desarrollo de la pasantía en Seruans Environment S.A.S., se llevó a cabo un análisis comparativo de la calidad del aire en los municipios de Funza, Mosquera y Madrid, ubicados en la sabana occidental de Bogotá. El objetivo principal fue recopilar, sistematizar y representar cartográficamente datos de seis contaminantes atmosféricos:  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$ ,  $SO_2$  y  $CO$ , con el fin de identificar diferencias espaciales y temporales que orienten la gestión ambiental local.

La metodología se basó en la revisión documental de fuentes oficiales e institucionales, la depuración y normalización de datos en hojas de cálculo, y la elaboración de mapas temáticos mediante sistemas de información geográfica. Se aplicaron técnicas de análisis estadístico descriptivo para comparar los niveles de concentración entre municipios, considerando los valores de referencia establecidos en la Resolución 2254 de 2017 y los ajustes normativos de  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  realizados en 2018 (MinAmbiente, 2017).

Los resultados evidenciaron que  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  presentan los niveles más altos de concentración, especialmente en Madrid, mientras que  $SO_2$  mostraron variaciones moderadas. No se encontraron registros disponibles de  $CO$  en ninguno de los municipios, lo cual se



**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

documentó como una limitación metodológica relevante. Los productos generados incluyen gráficos comparativos, mapas temáticos y un informe técnico con recomendaciones preliminares.

Este proyecto permitió la aplicación de conocimientos técnicos en teledetección, análisis de datos ambientales y representación cartográfica, fortaleciendo competencias profesionales en el área de ingeniería ambiental. El trabajo realizado constituye un insumo estratégico para la toma de decisiones en planificación territorial y gestión de la calidad del aire.

**Palabras clave:** Calidad del aire, contaminantes atmosféricos, cartografía, análisis comparativo, monitoreo ambiental.

## INTRODUCCIÓN

La calidad del aire es un componente esencial para la salud pública y el equilibrio ambiental, especialmente en zonas urbanas e industriales en expansión. La Organización Mundial de la Salud ha señalado la exposición prolongada a contaminantes atmosféricos como el material particulado (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>), el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), el ozono troposférico (O<sub>3</sub>), el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y el monóxido de carbono (CO) está asociada con enfermedades respiratorias, cardiovasculares y neurológicas (OMS, 2021).

En Colombia, evidencia reciente muestra que la presencia de PM<sub>2.5</sub> y NO<sub>2</sub> en áreas urbanas se asocia con aumentos en la atención por eventos respiratorios agudos, reforzando la necesidad de vigilancia y gestión preventiva (Gavidia-Calderón, Rojas-Roa & Rodríguez-Villamizar, 2022).

Más allá del impacto en la salud humana, la contaminación del aire afecta a la fauna al comprometer la función respiratoria y la capacidad reproductiva de aves y mamíferos, especialmente durante episodios de alta concentración de partículas (OMS, 2021). En la flora, el



---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

ozono troposférico reduce la eficiencia fotosintética y el crecimiento, mientras que las deposiciones de compuestos de nitrógeno y azufre generan daño foliar y disminución de la productividad agrícola (IDEAM, 2020).

Este desafío trasciende el ámbito regional y se vincula con metas nacionales y globales. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible reconocen la calidad del aire como un factor clave para la salud y el bienestar, e impulsan acciones para reducir la carga de enfermedad asociada a la contaminación (ONU, 2015). En consecuencia, contar con análisis rigurosos a escala regional aporta insumos concretos para fortalecer la toma de decisiones y la planificación pública (MinAmbiente, 2017)

En el occidente de Bogotá, municipios como Funza, Mosquera y Madrid han experimentado un crecimiento acelerado en los últimos años, lo que ha intensificado la presión sobre el entorno atmosférico (CAR Cundinamarca, 2023). A pesar de los esfuerzos institucionales por monitorear la calidad del aire, los datos disponibles suelen concentrarse en grandes centros urbanos, dejando vacíos de información en municipios intermedios. Esta situación limita la capacidad de las autoridades locales para formular estrategias de gestión ambiental basadas en evidencia (IDEAM, 2020).

Durante el periodo de pasantía en Seruans Environment S.A.S., se desarrolló un proyecto técnico orientado a analizar comparativamente la calidad del aire en los tres municipios mencionados, mediante la recopilación, sistematización y representación cartográfica de datos secundarios. El trabajo se fundamentó en la resolución 2254 de 2017, que establece niveles máximos permisibles para contaminantes criterio y define parámetros para su evaluación en el territorio nacional (MinAmbiente, 2017).



## Facultad de Ciencias Agropecuarias

Este informe presenta los resultados obtenidos durante la pasantía, estructurados en función de los objetivos planteados y las fases metodológicas desarrolladas. Se documenta la ausencia de datos disponibles de CO como una limitación relevante, y se proponen recomendaciones preliminares para fortalecer la gestión ambiental en municipios intermedios (Mosquera, Madrid y Funza – Alcaldías Municipales, 2024).

### DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Seruans Environment S.A.S. es una empresa de consultoría ambiental ubicada en el municipio de Funza, Cundinamarca. Su actividad principal se centra en la formulación de estudios técnicos, planes de manejo ambiental, monitoreo de componentes físicos y bióticos, y asesoría especializada en gestión de riesgos, calidad del aire, ruido ambiental y recursos hídricos. La empresa presta servicios tanto al sector público como privado, contribuyendo al cumplimiento normativo y a la planificación territorial sostenible.

Durante el periodo de pasantía, las actividades se desarrollaron en el área técnica encargada del componente de calidad del aire, donde se apoyó la sistematización de datos, el análisis comparativo entre municipios y la elaboración de productos cartográficos. Esta unidad se enfoca en la recopilación, validación y procesamiento de información ambiental, así como en la generación de insumos técnicos para proyectos de consultoría y estudios de impacto ambiental.

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

El municipio de Funza se encuentra en un proceso acelerado de expansión urbana e industrial, lo que ha generado un incremento en la presión ambiental, particularmente en la calidad del aire. Si bien existen mediciones regionales realizadas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2020) y la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá (Secretaría Distrital de Ambiente, 2023), estas suelen centrarse en grandes centros urbanos, dejando vacíos de información específica para municipios intermedios como Funza, Mosquera y Madrid.

La ausencia de un análisis comparativo actualizado entre estos territorios limita la capacidad de las autoridades locales y de las empresas de consultoría ambiental para identificar patrones de contaminación atmosférica y establecer estrategias de gestión diferenciadas. Surge así la necesidad de elaborar un insumo técnico que sistematice la información disponible y la represente de manera cartográfica, aportando evidencia para la toma de decisiones en materia de calidad del aire y planificación territorial (CAR Cundinamarca, 2023).

Además, la calidad del aire trasciende el ámbito ambiental y se vincula directamente con la salud pública, dado que la exposición prolongada a contaminantes criterio incrementa la incidencia de enfermedades respiratorias, cardiovasculares y neurológicas, generando impactos sociales y económicos significativos (OMS, 2021). Esta situación refuerza la importancia de contar con estudios regionales que permitan cerrar vacíos de información y orientar políticas públicas en municipios intermedios.

**JUSTIFICACIÓN**



---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

La contaminación atmosférica representa un problema de salud pública y ambiental creciente en Cundinamarca, especialmente en municipios aledaños al occidente de Bogotá, donde confluyen dinámicas urbanas, industriales y de transporte (IDEAM, 2020). En este contexto, la Secretaría Distrital de Ambiente ha señalado que los esfuerzos de monitoreo se concentran en grandes centros urbanos, dejando vacíos de información en municipios intermedios (Secretaría Distrital de Ambiente, 2023).

Funza requiere un análisis comparativo que permita dimensionar su situación frente a municipios vecinos como Mosquera y Madrid, con el fin de identificar patrones de contaminación y orientar estrategias diferenciadas de gestión ambiental (CAR Cundinamarca, 2023).

Este proyecto contribuirá a llenar vacíos de información, a fortalecer la capacidad técnica de Seruans Environment S.A.S. y a generar productos cartográficos y técnicos que podrán ser utilizados en futuros procesos de consultoría ambiental. Su valor radica en que, además de ser viable en el marco de una pasantía corta, constituye un insumo estratégico para orientar la gestión de riesgos ambientales, apoyar la planificación territorial y proponer medidas de prevención y mitigación frente al deterioro de la calidad del aire (MinAmbiente, 2017). La Organización Mundial de la Salud ha advertido que la exposición prolongada a contaminantes criterio incrementa la incidencia de enfermedades respiratorias, cardiovasculares y neurológicas, lo que refuerza la relevancia de este tipo de estudios (OMS, 2021).

El análisis se realizará mediante una metodología basada en la recopilación, sistematización y análisis comparativo de datos secundarios, complementada con técnicas de representación cartográfica y visualización de resultados, asegurando la viabilidad y cumplimiento de los objetivos en el tiempo establecido para la pasantía (Esri, 2024). El uso de software libre como



**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

QGIS también garantiza la reproducibilidad y accesibilidad de los productos generados (QGIS Development Team, 2024),

**OBJETIVOS**

Analizar la calidad del aire en Funza y municipios vecinos (Mosquera y Madrid) a partir de la recopilación, sistematización y comparación de datos secundarios, generando productos cartográficos y técnicos que sirvan de apoyo a la gestión ambiental.

**OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Recopilar datos oficiales y científicos sobre los contaminantes atmosféricos  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$ ,  $SO_2$  y  $CO$  en los municipios de Funza, Mosquera y Madrid, provenientes de fuentes institucionales y bases de datos públicas.
2. Sistematizar y depurar la información recopilada, normalizando unidades, verificando consistencia y estructurando una base de datos estandarizada por contaminante, municipio y periodo temporal.
3. Realizar un análisis comparativo de los niveles de concentración de contaminantes entre los tres municipios, considerando los valores de referencia establecidos en la normativa ambiental vigente.



**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

4. Representar cartográficamente los resultados obtenidos mediante mapas temáticos y gráficos comparativos que evidencien diferencias espaciales y temporales en la calidad del aire.
  
5. Consolidar un informe técnico con los hallazgos del análisis, incluyendo recomendaciones preliminares para la gestión ambiental local y la mejora de los sistemas de monitoreo.

**MARCO REFERENCIAL**

**Marco teórico**

La calidad del aire se define como el estado del aire en relación con la presencia de contaminantes que pueden afectar la salud humana, los ecosistemas y el bienestar general. Entre los contaminantes más relevantes se encuentran el material particulado ( $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ ), el dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ), el ozono troposférico ( $O_3$ ), el dióxido de azufre ( $SO_2$ ) y el monóxido de carbono ( $CO$ ), los cuales son generados principalmente por fuentes móviles, industriales y residenciales (Gavidia-Calderón, Rojas-Roa & Rodríguez-Villamizar, 2022).

El material particulado, especialmente el  $PM_{2.5}$ , tiene la capacidad de penetrar profundamente en los pulmones y el sistema circulatorio, generando efectos adversos sobre la salud respiratoria y cardiovascular (OMS, 2021). El  $NO_2$  y el  $SO_2$  están asociados con procesos de combustión y pueden provocar irritación en las vías respiratorias, mientras que el  $O_3$  troposférico se forma por reacciones fotoquímicas y afecta la función pulmonar (Rodríguez-Camargo et al., 2020).



---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

La evaluación de la calidad del aire requiere el uso de indicadores cuantitativos que permitan comparar los niveles de concentración de contaminantes con valores de referencia establecidos por organismos nacionales e internacionales. Estos indicadores deben ser interpretados en función del tiempo de exposición, la sensibilidad de la población y las condiciones meteorológicas locales (Jiménez et al., 2023).

Desde el enfoque metodológico, el análisis comparativo y la representación cartográfica permiten identificar patrones espaciales y temporales de contaminación, facilitando la toma de decisiones en gestión ambiental. El uso de sistemas de información geográfica (SIG) y herramientas estadísticas es fundamental para visualizar y comunicar los resultados de manera clara y accesible (García-Ávila & Rojas, 2016).

**Marco legal**

La fundamentación legal del presente trabajo se basa en la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la cual establece los niveles máximos permisibles (NMP) para los principales contaminantes atmosféricos en Colombia (MinAmbiente, 2017). Esta resolución define los valores de referencia para  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $NO_2$ ,  $O_3$ ,  $SO_2$  y  $CO$ , diferenciando los límites según el tiempo de exposición (promedio horario, diario, mensual y anual).

En el año 2018, se realizó un ajuste normativo a los valores de  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ , reduciendo los límites permisibles para alinearlos con las recomendaciones de la OMS y mejorar la protección de la salud pública. Estos cambios fueron incorporados en los lineamientos técnicos del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire (MinAmbiente, 2021), el cual orienta la implementación de redes de monitoreo y la interpretación de datos ambientales.



---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

La normativa vigente también establece criterios para la ubicación de estaciones de monitoreo, la periodicidad de los reportes y la responsabilidad institucional en la gestión de la calidad del aire. En este contexto, el análisis realizado durante la pasantía se enmarca en los parámetros legales establecidos, garantizando la validez técnica y jurídica del informe.

**Marco de referencia**

Para el desarrollo del presente trabajo se consultaron fuentes primarias y estudios científicos que abordan la caracterización de contaminantes atmosféricos en contextos urbanos e intermedios. Entre ellos destacan García-Ávila y Rojas, quienes analizaron la distribución espacial de PM<sub>2.5</sub> en ciudades colombianas utilizando SIG (García-Ávila & Rojas, 2016). También se revisó el estudio de Gavidia-Calderón, Rojas-Roa y Rodríguez-Villamizar, que evaluó el impacto de la contaminación atmosférica sobre la salud en zonas densamente pobladas (Gavidia-Calderón, Rojas-Roa & Rodríguez-Villamizar, 2022). Asimismo, se consideró la propuesta metodológica de Jiménez para el análisis comparativo de datos ambientales (Jiménez, 2023).

Se revisaron además de informes institucionales del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2020), la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR Cundinamarca, 2023) y la Secretaría Distrital de Ambiente (Secretaria Distrital de Ambiente, 2023), que proporcionan datos oficiales sobre calidad del aire en la región. Estas fuentes permitieron estructurar la base de datos utilizada en el análisis, así como validar los resultados obtenidos frente a estándares técnicos y normativos.

La integración de literatura científica y documentación institucional fortaleció el componente metodológico del proyecto, aportando fundamentos sólidos para la interpretación de los datos y la elaboración de productos cartográficos. Esta revisión permitió contextualizar los hallazgos en

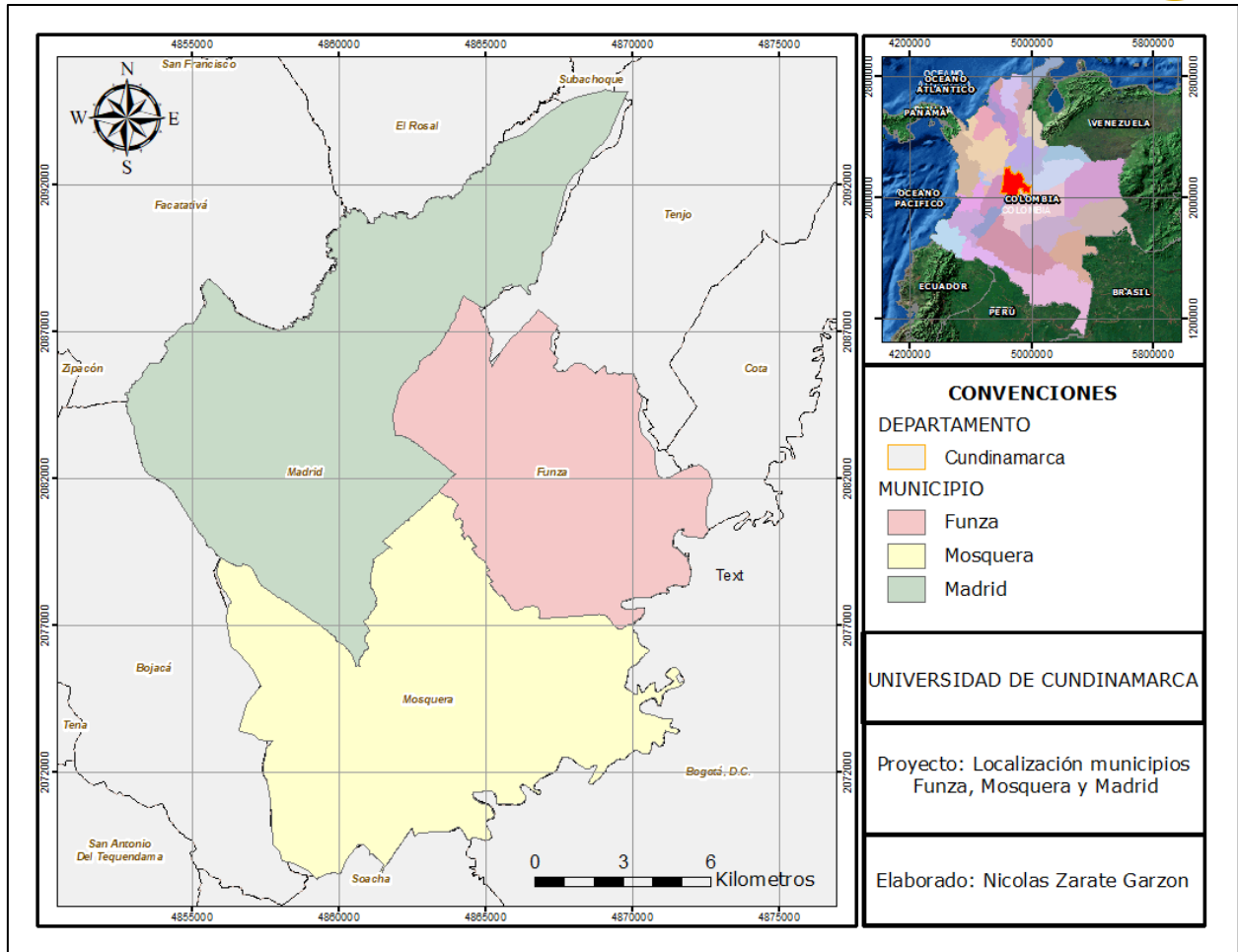


**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

el marco de la problemática ambiental regional y proponer recomendaciones pertinentes para la gestión local.

**DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO**

El periodo de pasantía se desarrolló en los municipios de Funza, Mosquera y Madrid, ubicados en la sabana occidental de Bogotá, dentro del departamento de Cundinamarca. Esta región presenta una dinámica territorial marcada por el crecimiento urbano e industrial, lo que ha generado una presión significativa sobre los componentes ambientales, especialmente la calidad del aire (IDEAM, 2020). La Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca ha señalado que estas dinámicas incrementan la vulnerabilidad de los ecosistemas locales (CAR Cundinamarca, 2023).



**Figura 1. Ubicación geográfica de los municipios de Funza, Mosquera y Madrid.**

Las condiciones físicas incluyen altitudes superiores a los 2.500 m s.n.m., clima templado con régimen bimodal de lluvias, y características topográficas que favorecen la acumulación de contaminantes en ciertas épocas del año (Secretaría Distrital de Ambiente, 2023). La zona de estudio se encuentra influenciada por corredores viales de alto tráfico y actividades industriales que contribuyen a la emisión de material particulado y gases contaminantes.

La población abordada durante la pasantía corresponde a los habitantes de los tres municipios, así como a los actores institucionales y técnicos involucrados en la gestión ambiental local. También se consideró como unidad de análisis la empresa Seruans Environment S.A.S., en la cual se desarrollaron las actividades técnicas del proyecto. La información procesada tiene como



---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

propósito generar insumos útiles para la toma de decisiones que beneficien tanto a la comunidad como a las entidades responsables del monitoreo ambiental (OMS, 2021).

Para el análisis se utilizaron métodos de revisión documental, sistematización de datos secundarios y técnicas de representación cartográfica. Se construyó una base de datos en Excel con registros históricos de concentración de contaminantes atmosféricos, los cuales fueron depurados, normalizados y organizados por municipio, contaminante y periodo temporal. Posteriormente, se aplicaron análisis estadísticos descriptivos para identificar tendencias y diferencias entre territorios. La representación espacial se realizó mediante sistemas de información geográfica (SIG), utilizando software como ArcGIS Pro y QGIS para la elaboración de mapas temáticos (Esri, 2024). No se aplicaron instrumentos de campo como encuestas o entrevistas, dado que el enfoque del proyecto fue técnico y documental.

Los recursos humanos involucrados incluyeron el equipo técnico de Seruans Environment S.A.S., compuesto por profesionales en ingeniería ambiental. Las responsabilidades se distribuyeron en función del análisis de datos, revisión normativa y elaboración de productos cartográficos. A nivel institucional, se contó con el respaldo de la Universidad de Cundinamarca y el acceso a fuentes oficiales como IDEAM, CAR y SDA, que proporcionaron información clave para el desarrollo del proyecto (Universidad de Cundinamarca, 2024).

En cuanto a los recursos físicos y técnicos, se utilizaron estaciones de trabajo con acceso a internet, software especializado para análisis ambiental y cartografía, y bases de datos institucionales. La infraestructura disponible permitió realizar el procesamiento de información en condiciones óptimas, garantizando la calidad técnica de los productos generados. No se requirió el uso de laboratorios ni equipos de medición directa, dado que el proyecto se basó en datos secundarios.



### Facultad de Ciencias Agropecuarias

El desarrollo del trabajo se organizó en función de los objetivos específicos planteados. Para el primero, se realizó la búsqueda y recopilación de datos oficiales sobre PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> y CO (IDEAM, 2020). El segundo, se estructuró la base de datos y se aplicaron criterios de validación (CAR Cundinamarca, 2023). El tercer objetivo se abordó mediante análisis comparativos entre municipios, utilizando tablas de NMP mensual y valores normativos establecidos en la Resolución 2254 de 2017 (MinAmbiente, 2017). El cuarto objetivo se cumplió con la elaboración de mapas temáticos y gráficos comparativos, mientras que el quinto consistió en la redacción del informe técnico con recomendaciones preliminares. La ausencia de datos de CO fue documentada como una limitación metodológica relevante (Mosquera, Madrid y Funza – Alcaldías Municipales, 2024).

## RESULTADOS OBTENIDOS

Durante el desarrollo del periodo de pasantía en la empresa Seruans Environment S.A.S., se obtuvieron resultados verificables orientados al fortalecimiento técnico y analítico en la evaluación de la calidad del aire en zonas urbanas y de expansión del municipio de Funza y sus áreas de influencia (Mosquera y Madrid). El trabajo permitió realizar un análisis comparativo de los niveles de contaminantes atmosféricos con base en información reportada por las redes de monitoreo y fuentes oficiales, lo que contribuyó a comprender la dinámica ambiental de la región y sus implicaciones en la gestión de la calidad del aire.

Se consolidó una base de datos ambiental estructurada con registros mensuales y anuales de concentración para los contaminantes SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> y O<sub>3</sub>, correspondiente al periodo 2019 – 2024. Esta matriz fue organizada por municipio, contaminantes y año, permitiendo su



**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

análisis comparativo. El archivo fue validado con unidades normalizadas ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), sin inconsistencias ni duplicados, y constituye el insumo principal para la elaboración de mapas y gráficos.

**Nota metodológica sobre el cálculo del NMP mensual**

Dado que la Resolución 2254 de 2017 establece Niveles Máximos Permisibles (NMP) en periodos diarios, horarios y anuales (**Tabla 1**), pero no define explícitamente un NMP mensual para todos los contaminantes, en este trabajo se adaptó una tabla metodológica para obtener un NMP mensual de referencia. El procedimiento consistió en convertir el NMP y su tiempo de exposición a una carga mensual usando la fórmula:

$$\text{Carga mensual } (\mu\text{g}\cdot\text{h}/\text{m}^3) = \text{NMP } (\mu\text{g}/\text{m}^3) \times \text{horas de exposición por día} \times 30 \text{ días.}$$

A partir de la carga mensual se calculó un promedio mensual de referencia ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dividiendo la carga mensual por las horas totales mensuales ( $24 \text{ h} \times 30 \text{ d} = 720 \text{ h}$ ) o por el periodo de exposición cuando corresponde (p. ej., 8 h). Esta adaptación facilita la comparación directa entre los promedios mensuales observados y los límites normativos convertidos a base mensual (**Tabla 2**).

**Tabla 1. Niveles máximos permisibles de contaminantes criterio en el aire.**

Contaminante	Nivel máximo Permisible ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Tiempo de Exposición
PM10	50	Anual
	100	24 horas
PM 2.5	25	Anual
	50	24 horas
S02	50	24 horas



Facultad de Ciencias Agropecuarias

	100	1 hora
NO <sub>2</sub>	60	Anual
	200	1 hora
O <sub>3</sub>	100	8 horas
CO	5.000	8 horas
	35.000	1 hora

Fuente: Resolución 2254 de 2017, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible;

Ministerio de Salud y Protección Social, República de Colombia.

Tabla 2. Niveles máximos permisibles mensual de contaminantes criterio en el aire.

Contaminante	NMP y tiempo de exposición	Carga mensual ( $\mu\text{g}\cdot\text{h}/\text{m}^3$ )	Promedio mensual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
PM <sub>10</sub>	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 h)	$75 \times 24 \times 30 =$ 54 000 $\mu\text{g}\cdot\text{h}/\text{m}^3$	75
PM <sub>2,5</sub>	37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 h)	$37 \times 24 \times 30 =$ 26 640 $\mu\text{g}\cdot\text{h}/\text{m}^3$	37
SO <sub>2</sub>	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 h)	$50 \times 24 \times 30 =$ 36 000 $\mu\text{g}\cdot\text{h}/\text{m}^3$	50
	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 h)	$100 \times 1 \times 30 =$ 3 000 $\mu\text{g}\cdot\text{h}/\text{m}^3$	$100 \div 24 \approx 4,17$
NO <sub>2</sub>	60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (anual) – nuevo estándar***	$60 \times 24 \times 30 =$ 43 200 $\mu\text{g}\cdot\text{h}/\text{m}^3$	60
	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 h)	$200 \times 1 \times 30 =$ 6 000 $\mu\text{g}\cdot\text{h}/\text{m}^3$	$200 \div 24 \approx 8,33$



**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

O <sub>3</sub>	100 µg/m <sup>3</sup> (8 h)	100 × 8 × 30 = 24 000 µg·h/m <sup>3</sup>	100 × 8 ÷ 24 ≈ 33,3
CO	5 000 µg/m <sup>3</sup> (8 h)	5 000 × 8 × 30 = 1 200 000 µg·h/m <sup>3</sup>	5 000 × 8 ÷ 24 ≈ 1 667
	35 000 µg/m <sup>3</sup> (1 h)	35 000 × 1 × 30 = 1 050 000 µg·h/m <sup>3</sup>	35 000 ÷ 24 ≈ 1 458

El análisis de los registros de calidad del aire correspondientes al año 2024 evidencia diferencias significativas entre los municipios de Funza, Mosquera y Madrid.

En Funza, los contaminantes más críticos fueron el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y el material particulado fino (PM<sub>2.5</sub>). El NO<sub>2</sub> alcanzó valores mensuales superiores a 38 µg/m<sup>3</sup> en septiembre, octubre y noviembre, mientras que el PM<sub>2.5</sub> registró concentraciones cercanas a 30 µg/m<sup>3</sup> en marzo, lo que refleja episodios de alta presión ambiental asociados a la movilidad y la actividad industrial. El PM<sub>10</sub> también mostró valores elevados, con un promedio anual superior a 34 µg/m<sup>3</sup>, siendo el mes de marzo el más elevado, lo que lo posiciona como un contaminante de riesgo persistente en el municipio.

En Mosquera, los resultados muestran un comportamiento crítico en el material particulado grueso (PM<sub>10</sub>), con valores mensuales que superaron los 70 µg/m<sup>3</sup> en marzo, debido al incremento en la movilidad vehicular durante la Semana Santa. El NO<sub>2</sub> se mantuvo en un rango intermedio (32–34 µg/m<sup>3</sup> en varios meses), mientras que el PM<sub>2.5</sub> presentó episodios críticos en marzo (43 µg/m<sup>3</sup>), lo que evidencia la influencia de fuentes móviles y emisiones puntuales.

En Madrid, el contaminante predominante fue nuevamente el PM<sub>10</sub>, con valores superiores a 58 µg/m<sup>3</sup> de enero a abril, lo que lo convierte en el contaminante más relevante del municipio



**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

durante 2024. El PM<sub>2.5</sub> alcanzó concentraciones críticas en marzo (44 µg/m<sup>3</sup>). El NO<sub>2</sub> se mantuvo en niveles altos, con registros superiores a 43 µg/m<sup>3</sup> en marzo y septiembre, confirmando la presión de fuentes vehiculares y actividades urbanas.

En conjunto, el año 2024 muestra que Funza y Madrid presentan los mayores riesgos por partículas (PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>), mientras que Mosquera refleja episodios críticos puntuales pero con menor persistencia anual.

**Tabla 3. Concentración mensual de los contaminantes de Funza – año 2024**

Funza						
Mes	Contaminantes					Año
	SO2	NO2	O3	PM2.5	PM10	
Enero	7,735	38,835	No hay registro de datos por teledetección	20,812	46,355	2024
Febrero	4,821	33,232		20,882	46,165	
Marzo	5,351	38,451		29,709	59,288	
Abril	8,627	29,706		23,070	45,204	
Mayo	6,359	33,273		12,117	25,577	
Junio	6,607	32,580		9,990	23,996	
Julio	4,670	30,022		9,277	23,222	
Agosto	7,340	35,830		15,492	33,270	
Septiembre	10,686	42,870		17,970	33,880	
Octubre	8,760	58,512		12,896	30,868	
Noviembre	5,878	46,187		16,284	20,274	
Diciembre	9,655	36,368		18,702	26,122	
Anual	7,207	37,989	17,267	34,518		



Facultad de Ciencias Agropecuarias

Nota. Concentraciones en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; fuente: Sistema de Monitoreo Ambiental, 2023;

comparación con límites de la Resolución 2254 de 2017.

Tabla 4. Concentración mensual de los contaminantes de Mosquera – año 2024

Mosquera						
Mes	Contaminantes					Año
	SO2	NO2	O3	PM2.5	PM10	
Enero	No hay registro de datos por teledetección	32,293	No hay registro de datos por teledetección	24,173	46,770	2024
Febrero		29,096		25,838	47,108	
Marzo		26,384		43,708	71,947	
Abril		33,611		29,294	49,060	
Mayo		30,845		11,644	23,098	
Junio		25,301		10,997	21,709	
Julio		22,798		10,547	27,283	
Agosto		30,738		13,424	27,448	
Septiembre		27,725		17,680	32,687	
Octubre		33,563		13,442	24,225	
Noviembre		30,310		12,254	24,122	
Diciembre		30,927		18,159	35,392	
Anual		29,466		19,263	35,904	

Nota. Concentraciones en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; fuente: Sistema de Monitoreo Ambiental, 2023;

comparación con límites de la Resolución 2254 de 2017.

Tabla 5. Concentración mensual de los contaminantes de Madrid – año 2024

Madrid
--------

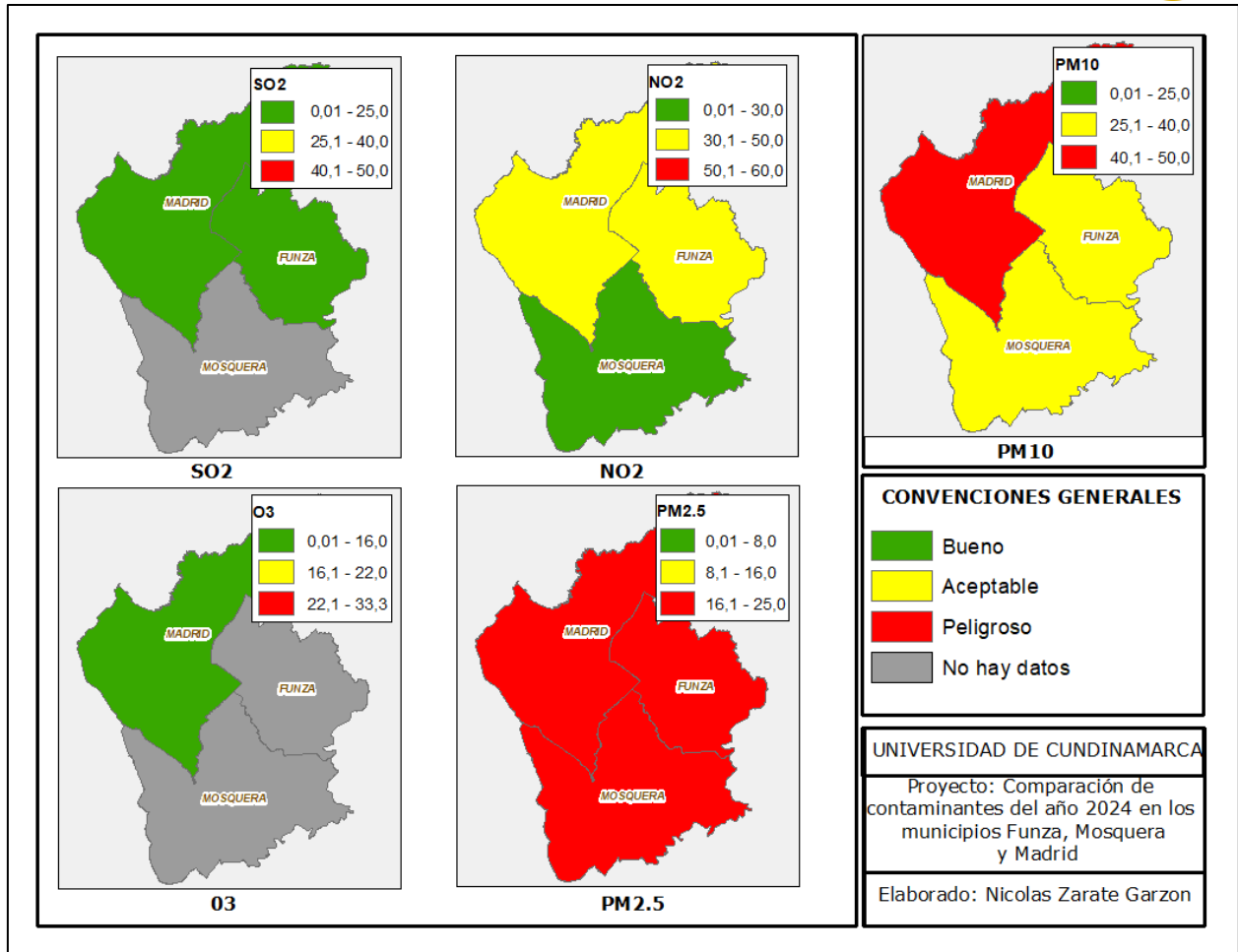


Facultad de Ciencias Agropecuarias

Mes	Contaminantes					Año	
	SO2	NO2	O3	PM2.5	PM10		
Enero	2,461	No hay registro de datos por teledetección	4,560	30,657	61,706	2024	
Febrero	2,340		5,210	30,028	61,497		
Marzo	1,525		3,137	44,638	76,989		
Abril	2,876		5,290	32,329	59,126		
Mayo	3,119		5,846	16,326	36,287		
Junio	3,446		5,871	15,477	33,063		
Julio	2,473		20,308	4,730	15,084		35,984
Agosto	4,822		26,483	1,132	22,825		44,511
Septiembre	6,821		27,964	2,887	24,282		48,879
Octubre	5,398		30,418	3,531	19,990		41,284
Noviembre	5,275		37,416	5,438	17,882		33,674
Diciembre	4,127		37,435	6,297	21,989		48,914
Anual	3,724	30,004	4,494	24,292	48,493		

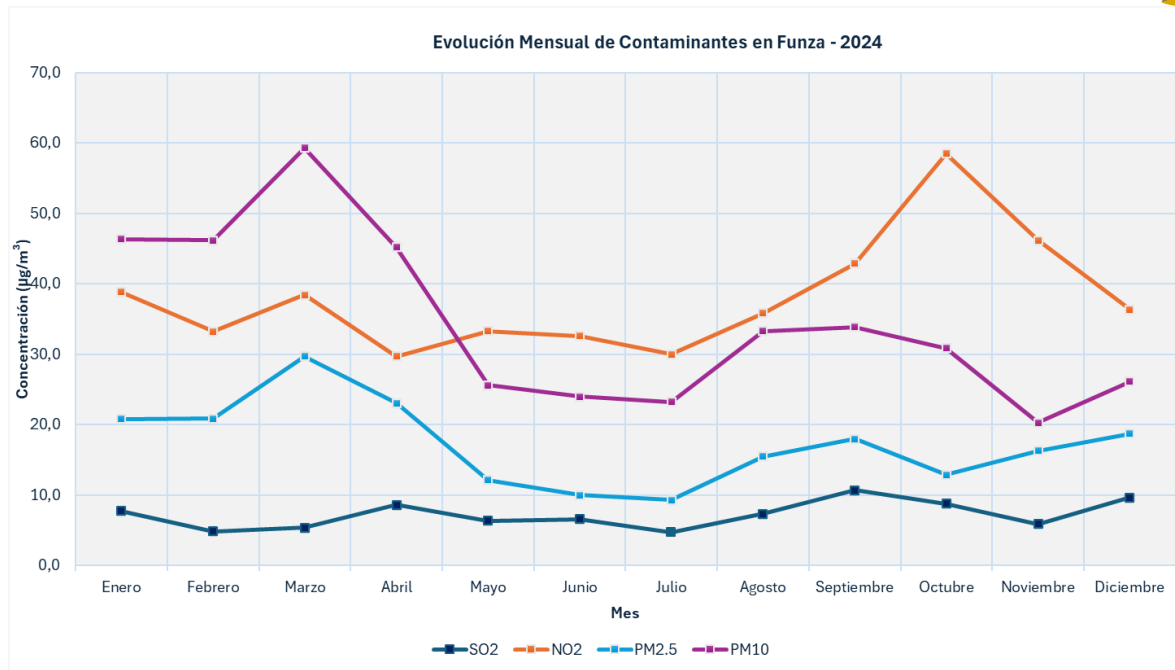
**Nota. Concentraciones en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; fuente: Sistema de Monitoreo Ambiental, 2023; comparación con límites de la Resolución 2254 de 2017.**

Se elaboraron mapas temáticos para cada año, representando visualmente los niveles de contaminación en los tres municipios. La simbología utilizada clasifica los valores en rangos de “Bueno”, “Aceptable”, “Peligroso” y “Sin datos”, facilitando la interpretación espacial de los datos. Estos mapas fueron generados en ArcGIS y organizados por contaminante y año. **(Figura 2)**

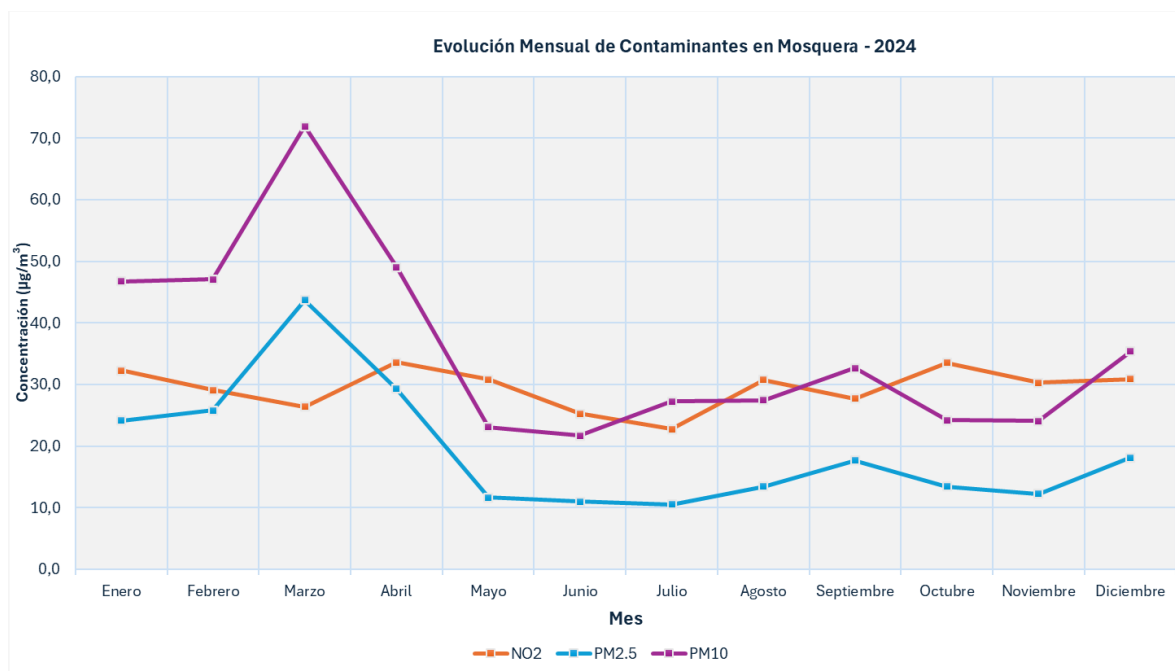


**Figura 2. Mapas comparativos de contaminantes criterio — 2024 (Ver Apéndice C para mapas 2019–2024 completos).**

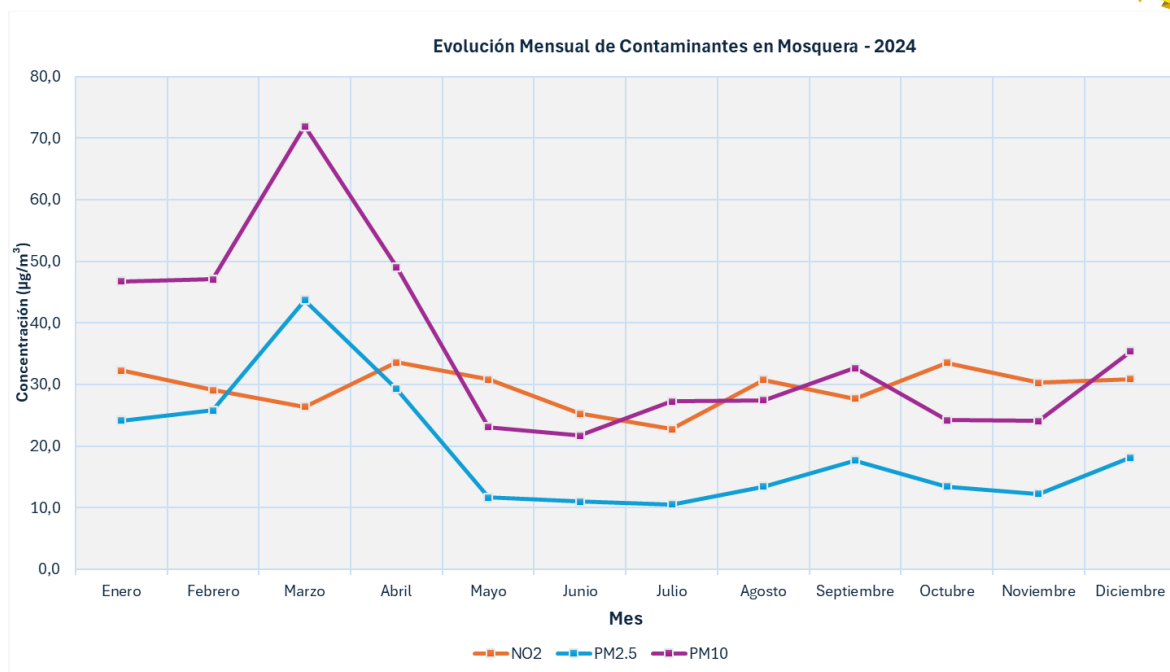
Se generaron gráficos estadísticos que muestran las tendencias anuales de concentración por contaminante, permitiendo identificar patrones temporales y diferencias entre municipios. Estos gráficos fueron elaborados en Excel y complementan los mapas temáticos. **(Figura 3)**



**Figura 3. Evolución mensual de contaminantes criterio en Funza – Año 2024 (Ver Apéndice B para gráficos 2019–2024 completos).**



**Figura 4. Evolución mensual de contaminantes criterio en Mosquera – Año 2024.**



**Figura 5. Evolución mensual de contaminantes criterio en Madrid – Año 2024.**

### **Análisis y comparación del periodo 2019 – 2024**

El análisis de la evolución de los contaminantes criterio en Funza, Mosquera y Madrid durante el periodo 2019–2024 permite identificar patrones diferenciados en magnitud, persistencia y variabilidad interanual, lo que refleja tanto la influencia de las fuentes locales como las condiciones meteorológicas y territoriales de cada municipio.

Funza mantiene una tendencia crítica en  $\text{PM}_{2.5}$  y  $\text{NO}_2$ , con incrementos notables en los años 2020 y 2024. El  $\text{PM}_{10}$  alcanzó valores superiores a  $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en marzo de 2024, mientras que el  $\text{NO}_2$  superó los  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en abril de 2023 y 2024, lo que confirma la presión ejercida por fuentes móviles y actividades industriales. El  $\text{PM}_{2.5}$  se mantiene en valores altos, alcanzando los  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2020 y 2024, lo que evidencia una carga persistente de partículas gruesas asociadas a polvo resuspendido y obras de construcción. En conjunto, Funza se consolida como el municipio con mayor presión combinada de gases y partículas finas, lo que lo convierte en un punto crítico de la región.



### Facultad de Ciencias Agropecuarias

Mosquera presenta una marcada variabilidad interanual, con episodios críticos de  $PM_{2.5}$  en 2020 y 2024, cuando se registraron valores superiores a  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en meses secos. Aunque sus promedios anuales suelen ser menores que los de Funza y Madrid, los picos puntuales reflejan vulnerabilidad ambiental y posibles episodios de contaminación aguda. El  $PM_{10}$  también mostró incrementos en 2023 y 2024, con valores cercanos a  $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , lo que sugiere influencia de fuentes móviles y actividades urbanas. El comportamiento del  $SO_2$  fue relativamente bajo, superando apenas los  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2019, lo que indica emisiones puntuales de origen industrial. En síntesis, Mosquera no presenta una carga persistente tan alta como Funza o Madrid, pero sí evidencia episodios críticos que requieren atención.

Madrid no registra datos en los años 2019 y 2020, lo que constituye una limitación metodológica. Sin embargo, a partir de 2021 se observa una **carga persistente de  $PM_{2.5}$** , con valores superiores a  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en todos los años analizados y superando los  $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en marzo del 2024. Este comportamiento sugiere una influencia constante de actividades agrícolas, de construcción y transporte pesado. El  $PM_{10}$  mostró valores significativos en 2023 y 2024, alcanzando niveles críticos que superan los límites de referencia ( $76 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en marzo de 2024), lo que evidencia un deterioro progresivo de la calidad del aire en el municipio. El  $NO_2$  cuenta únicamente con once registros disponibles, lo que dificulta realizar un análisis confiable sobre su evolución temporal.

### Comparación interanual

La comparación interanual evidencia que, aunque los tres municipios presentan riesgos ambientales, Funza concentra los mayores niveles de  $NO_2$ , Madrid se destaca por la persistencia de  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  y Mosquera refleja episodios críticos puntuales de  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$ . Estos



## Facultad de Ciencias Agropecuarias

hallazgos confirman la necesidad de fortalecer las redes de monitoreo y diseñar estrategias diferenciadas de gestión ambiental para cada municipio.

Finalmente, se documentó la ausencia de datos de CO en los tres municipios durante el periodo analizado, lo cual representa una limitación metodológica relevante para la evaluación integral de la calidad del aire. Esta observación fue registrada en el informe técnico y en la base de datos como recomendación para futuras campañas de monitoreo.

### APORTES REALIZADOS

Durante el periodo de pasantía se lograron aportes de carácter científico, ambiental y técnico, dirigidos a la entidad anfitriona y a la comunidad académica. Estos aportes se sustentan en evidencia escrita y cartográfica elaborada en el marco del análisis comparativo de la calidad del aire en los municipios de Funza, Mosquera y Madrid durante el periodo de 2019 - 2024.

#### 1. Generación de series mensuales validadas por contaminante y municipio

Se construyeron y validaron series mensuales de concentración para los contaminantes criterio PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en los municipios de Funza, Mosquera y Madrid durante el periodo de 2019 – 2024, sistematizando un total de 24.765 datos. Esta cobertura amplia y consistente resulta fundamental para llenar los vacíos de información en municipios intermedios, donde la disponibilidad de datos ambientales ha sido limitada, y constituye un insumo técnico clave para fortalecer el monitoreo y la gestión de la calidad del aire en la región.

Este aporte permitió consolidar una base de datos confiable para el análisis temporal de la calidad del aire, incluyendo el tratamiento de datos faltantes mediante un modelo predictivo (NMP).



Figura 6. Captura de tablas en Excel.

**Nota.** Concentraciones en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; valores mensuales promedio; NMP = valores estimados por modelo predictivo; ver Sección Metodología.

## 2. Identificación de episodios críticos de contaminación por $\text{PM}_{2.5}$ y $\text{PM}_{10}$

Se detectaron episodios de excedencia de  $\text{PM}_{2.5}$  y  $\text{PM}_{10}$  en Madrid durante los meses de marzo y abril de 2024, con valores superiores al límite establecido por la Resolución 2254 de 2017. Este hallazgo fue documentado y comunicado como insumo para la gestión ambiental local. (Figura 5)

La detección de episodios críticos de contaminación constituye un hallazgo técnico relevante para la gestión ambiental, al evidenciar momentos en los que las concentraciones de partículas superan los límites establecidos por la normativa vigente. Este aporte, además de su valor metodológico, se traduce en un impacto social y ecológico directo. En el ámbito social, permite anticipar escenarios de riesgo y orientar acciones preventivas que protejan la salud pública frente a la exposición a contaminantes. En el ámbito ecológico, contribuye a dimensionar las

Facultad de Ciencias Agropecuarias

consecuencias de los contaminantes criterio sobre la fauna y la flora, visibilizando los efectos que estos episodios generan en los ecosistemas locales. De esta manera, el aporte fortalece la capacidad de respuesta institucional y comunitaria, asegurando que la información obtenida se convierta en una herramienta práctica para la gestión ambiental y la planificación territorial

### 3. Representación cartográfica comparativa de municipios y contaminantes criterio

Se elaboraron mapas comparativos que muestran la distribución espacial de los contaminantes criterio por municipio y por año, permitiendo visualizar diferencias territoriales y patrones de concentración. (Figura 7)

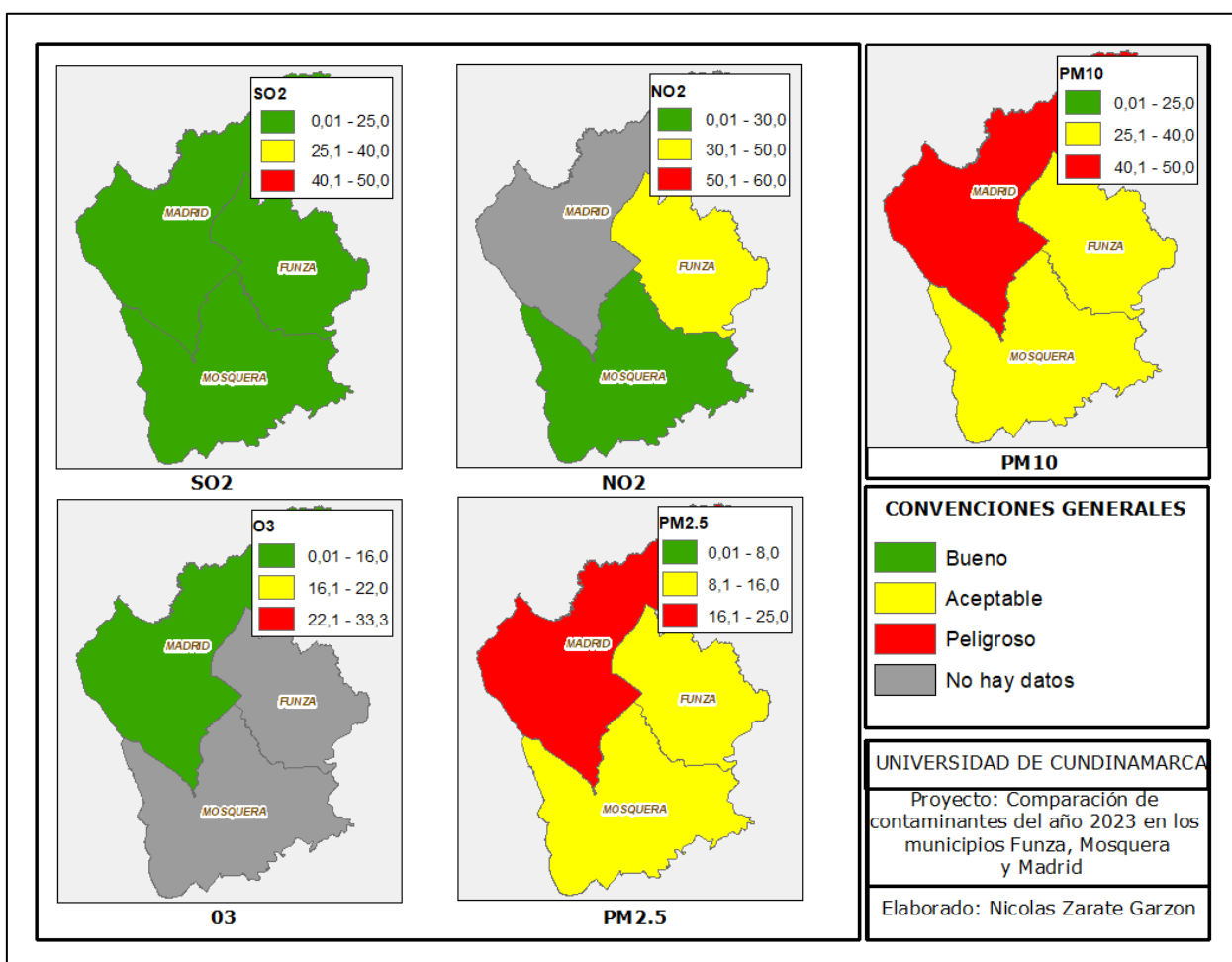


Figura 7. Mapas comparativos de contaminantes criterio — 2023. (Ver Apéndice C para mapas 2019–2024 completos).



---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

**4. Entrega de productos técnicos estandarizados**

Se entregó a la entidad anfitriona un paquete de productos técnicos que incluye el informe final, tablas comparativas, gráficas de evolución mensual y mapas cartográficos de análisis comparativo.

Los resultados alcanzados durante la pasantía evidencian un trabajo sistemático y verificable que responde a los objetivos planteados. La construcción de tablas comparativas, la detección de episodios de contaminación, la representación cartográfica de los municipios y contaminantes criterio, junto con la validación del modelo predictivo, constituyen productos concretos que fortalecen la gestión institucional y aportan insumos útiles para la comunidad académica.

La combinación de evidencia escrita y gráfica confirma la pertinencia de los resultados y asegura que el informe final se consolide como un documento técnico de referencia para futuras investigaciones y procesos de decisión ambiental. Además, los aportes permiten dimensionar las consecuencias de los contaminantes criterio en la salud humana, la fauna y la flora, reforzando la necesidad de estrategias diferenciadas de gestión ambiental (OMS, 2021).

**CONCLUSIONES**

Este trabajo permitió fortalecer y aplicar la formación recibida analizando la calidad del aire de Funza, Mosquera y Madrid. A lo largo del periodo, tuve la oportunidad de aplicar de forma práctica los conocimientos adquiridos en el análisis de datos ambientales y en la representación cartográfica comparativa, lo que contribuyó al perfeccionamiento de competencias en organización de información, validación de resultados y elaboración de productos técnicos bajo criterios normativos.



---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

La experiencia también implicó enfrentar situaciones como la ausencia de registros completos y la necesidad de estimar valores mediante modelos predictivos, lo que incrementó la capacidad de análisis crítico y la autonomía para resolver problemas reales, aspectos esenciales en la vida profesional.

En el contexto del proyecto, los resultados obtenidos tuvieron un impacto directo en la entidad anfitriona y en la comunidad académica. La construcción de tablas mensuales, la identificación de episodios críticos de contaminación y la representación cartográfica de los contaminantes criterio aportaron insumos verificables para la base técnica institucional. Estos productos cumplen con los objetivos específicos planteados y constituyen herramientas útiles para la toma de decisiones ambientales y el seguimiento de la calidad del aire en el territorio.

La entrega de evidencias escritas y gráficas, junto con la validación de los modelos aplicados, garantiza que el informe final se convierta en un documento de referencia para futuras investigaciones y procesos de gestión ambiental. Además, los hallazgos confirman la relevancia de los contaminantes criterio seleccionados, dado que tienen efectos comprobados en la salud humana, la fauna y la flora.

La pasantía no se limitó a ser un requisito académico, sino que se consolidó como una experiencia de aprendizaje aplicada, con impacto tanto en mi formación profesional como en el fortalecimiento institucional. El trabajo realizado demuestra la pertinencia de integrar la formación universitaria con escenarios prácticos, y evidencia cómo la investigación aplicada puede contribuir al desarrollo sostenible y a la generación de conocimiento útil para la comunidad. De esta manera, los aportes alcanzados trascienden el ámbito individual y se proyectan como un aporte concreto al contexto regional y académico en el que se desarrolló el proyecto.



## RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos durante el desarrollo de la pasantía, se recomienda a la organización aprovechar de manera sistemática los productos técnicos generados como insumos para fortalecer los procesos de seguimiento y análisis de la calidad del aire en los municipios de Funza, Mosquera y Madrid. Las tablas mensuales, gráficas comparativas y representaciones cartográficas elaboradas constituyen herramientas útiles para identificar patrones temporales y espaciales de concentración de contaminantes criterio, por lo que se sugiere su integración en los informes periódicos y en los espacios de toma de decisiones institucionales.

Adicionalmente, se recomienda mantener la actualización continua de las bases de datos utilizadas, incorporando mecanismos de validación y estimación de datos faltantes como los aplicados durante la pasantía, con el fin de garantizar la consistencia y trazabilidad de los análisis. La implementación de modelos predictivos validados puede convertirse en una práctica estándar para el tratamiento de vacíos de información, especialmente en contextos donde las estaciones de monitoreo presentan interrupciones o registros incompletos.

También se sugiere fortalecer la difusión interna de los productos generados, promoviendo espacios de socialización técnica entre los equipos responsables de la gestión ambiental. Esto permitirá que los resultados no solo se consoliden como evidencia técnica, sino que también se conviertan en herramientas activas para la planificación territorial, la formulación de estrategias de mitigación y la sensibilización de actores locales.

Finalmente, se recomienda considerar la posibilidad de replicar este tipo de ejercicios en otros municipios o escalas territoriales, adaptando la metodología empleada durante la pasantía a nuevos contextos. La experiencia desarrollada demuestra que es posible generar productos



**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

técnicos de calidad con base en datos disponibles, siempre que se apliquen criterios metodológicos rigurosos y se garantice la claridad en la presentación de los resultados.

**CRONOGRAMA**

Actividades	Semana							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Recolección de información documental (IDEAM, CAR, literatura científica) sobre calidad del aire en Funza, Mosquera y Madrid.	X							
Construcción inicial de la base de datos (organización de contaminantes: PM10, PM2.5, NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> ).		X						
Depuración y estructuración de datos en hojas de cálculo y SIG.			X					
Primer análisis descriptivo y elaboración preliminar de gráficos.				X				



**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

Desarrollo del análisis comparativo entre municipios (tendencias y diferencias).					X			
Elaboración de mapas temáticos en QGIS (por contaminante y municipio).						X		
Redacción del borrador del informe técnico y revisión de resultados.							X	
Ajustes finales, elaboración de conclusiones y entrega del informe con productos cartográficos.								X

**PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN**

Durante el desarrollo de la pasantía no se contó con recursos económicos asignados ni con financiación externa para la ejecución de las actividades. El proyecto se llevó a cabo de manera virtual, lo que permitió reducir al mínimo los requerimientos de inversión y aprovechar las herramientas disponibles en línea. En este sentido, los análisis, la organización de la información y la elaboración de productos técnicos se realizaron utilizando el equipo personal y la conexión a internet propia, sin generar gastos adicionales que requirieran reembolso o soporte financiero.



**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

Las únicas herramientas con acceso licenciado fueron **ArcGIS** y **Microsoft Office 365**, las cuales se obtuvieron gracias a los convenios institucionales de la universidad con el ingreso del correo institucional. Estas licencias constituyeron el soporte tecnológico principal para el procesamiento de datos, la construcción de tablas comparativas y la redacción del informe final. Los demás insumos empleados correspondieron a bases de datos públicas, sin que se generaran costos asociados a su adquisición.

El proyecto se desarrolló con un presupuesto nulo en términos de desembolsos directos, sustentado en la virtualidad y en el aprovechamiento de recursos institucionales ya disponibles. Esta condición demuestra que es posible alcanzar resultados técnicos y académicos de calidad sin necesidad de financiación adicional, siempre que se cuente con el respaldo de herramientas provistas por la universidad y con la disposición del estudiante para emplear sus propios medios de trabajo.

**BIBLIOGRAFÍA**

CAR Cundinamarca. (2023). *Informe anual de calidad del aire en Cundinamarca*.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.

Esri. (2024). *ArcGIS Pro: Guía de usuario*. Environmental Systems Research Institute.

García-Ávila, F., & Rojas, J. (2016). Distribución espacial de PM<sub>2.5</sub> en ciudades colombianas utilizando SIG. *Revista Ingeniería y Universidad*, 20(2), 115–130.

Gavidia-Calderón, M., Rojas-Roa, N., & Rodríguez-Villamizar, L. (2022). Impacto de la contaminación atmosférica sobre la salud en zonas densamente pobladas. *Revista de Salud Pública*, 24(3), 345–357.



---

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

IDEAM. (2020). *Informe nacional de calidad del aire 2019–2020*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2024). *Sistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAIRES*. Recuperado de <http://sisaire.ideam.gov.co/ideam-sisaire-web/consultas.xhtml>

Jiménez, P., López, A., & Martínez, D. (2023). Metodologías comparativas para el análisis de datos ambientales. *Revista Ambiente y Desarrollo*, 27(1), 45–62.

Microsoft. (2024). *Microsoft Excel: Manual de funciones avanzadas*. Microsoft Corporation.

MinAmbiente. (2021). *Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Resolución 2254 de 2017: Niveles máximos permisibles de contaminantes atmosféricos*. Diario Oficial de la República de Colombia.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Manual de diseño de sistemas de vigilancia de la calidad del aire*. Bogotá: MinAmbiente.

[https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/Protocolo\\_Calidad\\_del\\_Aire\\_-\\_Manual\\_Disenio.pdf](https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/Protocolo_Calidad_del_Aire_-_Manual_Disenio.pdf)

Mosquera, Madrid y Funza – Alcaldías Municipales. (2024). *Reportes locales de calidad del aire*. Alcaldías Municipales de Cundinamarca.

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Naciones Unidas.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021). *Guías de calidad del aire: Actualización global 2021*. World Health Organization.



**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

QGIS Development Team. (2024). *QGIS User Guide*. Open-Source Geospatial Foundation.

Rodríguez-Camargo, J., Pérez, L., & Torres, M. (2020). Formación de ozono troposférico y sus efectos en la función pulmonar. *Revista Colombiana de Química Ambiental*, 12(1), 77–89.

Secretaría Distrital de Ambiente. (2023). *Informe de calidad del aire en Bogotá 2022–2023*. Alcaldía Mayor de Bogotá.

Universidad de Cundinamarca. (2024). *Informe institucional de acompañamiento académico en pasantías*. Universidad de Cundinamarca.

World Health Organization (WHO). (2021). *WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>

**APENDICES**

**Tablas por municipio y contaminante criterio 2019 – 2024.**

**Tabla 6. Concentración mensual de los contaminantes de Funza – año 2019**

Funza						
Mes	Contaminantes					Año
	SO2	NO2	O3	PM2.5	PM10	
Enero	13,160	0,642	<b>No hay registro de datos por teledetección</b>	<b>No hay registro de datos por teledetección</b>	34,605	2019
Febrero	11,300	0,491			39,870	
Marzo	13,059	0,655			42,649	
Abril	12,197	0,572			27,181	
Mayo	12,836	0,573			44,214	



**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

Junio	13,363	0,593		32,030
Julio	13,214	0,595		31,313
Agosto	12,463	0,456		31,419
Septiembre	9,516	0,655		29,357
Octubre	11,995	0,829		30,951
Noviembre	15,697	0,603		25,307
Diciembre	15,819	0,715		31,421
Anual	12,885	0,615		33,360

**Nota. Concentraciones en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; fuente: Sistema de Monitoreo Ambiental, 2023; comparación con límites de la Resolución 2254 de 2017.**

**Tabla 7. Concentración mensual de los contaminantes de Mosquera – año 2019**

Mosquera						
Mes	Contaminantes					Año
	SO2	NO2	O3	PM2.5	PM10	
Enero	12,595	0,537	No hay registro de datos por teledetección	14,643	33,233	2019
Febrero	14,726	0,645		23,085	39,733	
Marzo	13,394	0,502		26,098	43,213	
Abril	9,201	0,663		14,687	26,882	
Mayo	7,568	0,368		10,246	23,313	
Junio	7,645	0,344		7,165	19,488	
Julio	10,084	0,318		7,542	21,310	
Agosto	11,616	0,322		12,341	26,064	
Septiembre	13,108	0,366		12,000	26,771	



**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

Octubre	22,581	0,250	12,595	27,342
Noviembre	6,124	0,375	11,768	26,972
Diciembre	10,477	0,551	13,672	27,878
Anual	11,593	0,437	13,820	28,517

**Nota. Concentraciones en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; fuente: Sistema de Monitoreo Ambiental, 2023; comparación con límites de la Resolución 2254 de 2017.**

**Tabla 8. Concentración mensual de los contaminantes de Madrid – año 2019**

Madrid						
Mes	Contaminantes					
	SO2	NO2	O3	PM2.5	PM10	
Enero	<b>No hay registro de datos por teledetección</b>	<b>No hay registro de datos por teledetección</b>	<b>No hay registro de datos por teledetección</b>	<b>No hay registro de datos por teledetección</b>	<b>No hay registro de datos por teledetección</b>	2019
Febrero						
Marzo						
Abril						
Mayo						
Junio						
Julio						
Agosto						
Septiembre						
Octubre						
Noviembre						
Diciembre						



Facultad de Ciencias Agropecuarias

Nota. Concentraciones en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; fuente: Sistema de Monitoreo Ambiental, 2023;  
comparación con límites de la Resolución 2254 de 2017.

Tabla 9. Concentración mensual de los contaminantes de Funza – año 2020

Funza						
Mes	Contaminantes					Año
	SO2	NO2	O3	PM2.5	PM10	
Enero	7,302	33,771	No hay registro de datos por teledetección	16,066	37,800	2020
Febrero	7,302	33,418		15,806	38,016	
Marzo	8,389	25,296		30,998	62,926	
Abril	6,672	18,780		18,775	35,582	
Mayo	8,834	22,558		13,088	29,027	
Junio	9,614	24,305		12,956	36,958	
Julio	7,814	29,222		11,490	27,940	
Agosto	5,073	31,296		12,575	30,375	
Septiembre	4,856	40,882		14,306	39,105	
Octubre	6,510	40,257		15,281	37,841	
Noviembre	5,571	42,678		15,213	30,013	
Diciembre	9,690	42,913		17,241	35,676	
Anual	7,302	32,115	16,149	36,771		

Nota. Concentraciones en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; fuente: Sistema de Monitoreo Ambiental, 2023;  
comparación con límites de la Resolución 2254 de 2017.

Tabla 10. Concentración mensual de los contaminantes de Mosquera – año 2020

Mosquera
----------



Facultad de Ciencias Agropecuarias

Mes	Contaminantes					Año
	SO2	NO2	O3	PM2.5	PM10	
Enero	7,918	14,741	No hay registro de datos por teledetección	13,067	33,320	2020
Febrero	8,250	13,207		22,954	48,530	
Marzo	8,365	15,814		34,284	49,511	
Abril	10,188	14,986		17,535	30,560	
Mayo	5,593	10,004		8,178	17,610	
Junio	3,504	14,619		11,560	37,990	
Julio	4,044	17,234		9,803	27,685	
Agosto	3,741	14,135		10,900	32,800	
Septiembre	3,810	17,973		13,951	48,969	
Octubre	4,343	23,759		15,143	49,329	
Noviembre	8,331	25,702		13,015	31,184	
Diciembre	5,161	22,786		14,076	31,092	
Anual	6,104	17,080	15,372	36,548		

**Nota. Concentraciones en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; fuente: Sistema de Monitoreo Ambiental, 2023; comparación con límites de la Resolución 2254 de 2017.**

**Tabla 11. Concentración mensual de los contaminantes de Madrid – año 2020**

Madrid						
Mes	Contaminantes					2020
	SO2	NO2	O3	PM2.5	PM10	
Enero	No hay	No hay	No hay	No hay	No hay	2020
Febrero	registro de	registro de	registro de	registro de	registro de	



**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

Marzo	<b>datos por teledetección</b>	<b>datos por teledetección</b>	<b>datos por teledetección</b>	<b>datos por teledetección</b>	<b>datos por teledetección</b>
Abril					
Mayo					
Junio					
Julio					
Agosto					
Septiembre					
Octubre					
Noviembre					
Diciembre					

**Nota. Concentraciones en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; fuente: Sistema de Monitoreo Ambiental, 2023;**

**comparación con límites de la Resolución 2254 de 2017.**

**Tabla 12. Concentración mensual de los contaminantes de Funza – año 2021**

Funza						
Mes	Contaminantes					Año
	SO2	NO2	O3	PM2.5	PM10	
Enero	4,476	39,350	<b>No hay registro de datos por teledetección</b>	13,994	26,892	2021
Febrero	5,111	37,609		12,914	26,110	
Marzo	6,016	32,007		10,653	23,820	
Abril	5,528	32,860		15,868	31,288	
Mayo	5,483	32,123		9,772	20,418	
Junio	4,750	41,869		11,748	22,856	
Julio	5,339	36,980		10,226	22,065	



Facultad de Ciencias Agropecuarias

Agosto	5,060	40,920	13,070	27,109
Septiembre	6,871	41,776	14,015	29,751
Octubre	5,578	41,663	13,307	26,470
Noviembre	4,256	35,094	14,417	29,735
Diciembre	5,490	33,166	17,199	33,526
Anual	5,330	37,118	13,099	26,670

**Nota. Concentraciones en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; fuente: Sistema de Monitoreo Ambiental, 2023; comparación con límites de la Resolución 2254 de 2017.**

**Tabla 13. Concentración mensual de los contaminantes de Mosquera – año 2021**

Mosquera						
Mes	Contaminantes					Año
	SO2	NO2	O3	PM2.5	PM10	
Enero	4,633	22,516	No hay registro de datos por teledetección	13,689	32,265	2021
Febrero	6,516	25,703		13,604	31,445	
Marzo	6,398	25,609		13,928	27,127	
Abril	6,694	22,363		11,156	26,301	
Mayo	5,994	18,285		8,572	20,955	
Junio	10,873	22,060		9,460	22,746	
Julio	7,598	21,628		8,104	22,644	
Agosto	10,429	22,916		11,030	27,156	
Septiembre	6,489	21,222		11,134	29,151	
Octubre	6,118	16,138		10,743	24,169	
Noviembre	3,412	15,998		14,528	29,495	



Facultad de Ciencias Agropecuarias

Diciembre	3,768	16,426	16,018	33,881
Anual	6,577	20,905	11,830	27,278

**Nota. Concentraciones en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; fuente: Sistema de Monitoreo Ambiental, 2023; comparación con límites de la Resolución 2254 de 2017.**

**Tabla 14. Concentración mensual de los contaminantes de Madrid – año 2021**

Madrid						
Mes	Contaminantes					Año
	SO2	NO2	O3	PM2.5	PM10	
Enero	2,456		7,094	18,828	41,507	2021
Febrero	1,686	No hay datos	7,964	12,319	35,558	
Marzo	2,480	20,009	4,807	10,993	36,630	
Abril	1,760	17,988	6,010	16,001	34,059	
Mayo	1,395	14,816	4,568	12,699	30,266	
Junio	1,315	14,631	3,798	13,296	31,874	
Julio	4,766	17,509	6,794	14,234	35,361	
Agosto	1,369		7,193	16,492	34,986	
Septiembre	2,166	No hay registro de datos por teledetección	15,001	19,233	45,013	
Octubre	2,255		15,114	17,389	35,999	
Noviembre	2,114		4,307	17,110	35,763	
Diciembre	2,769		6,067	20,380	44,223	
Anual	2,211	16,990	7,393	15,748	36,770	

**Nota. Concentraciones en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; fuente: Sistema de Monitoreo Ambiental, 2023; comparación con límites de la Resolución 2254 de 2017.**



Facultad de Ciencias Agropecuarias

Tabla 15. Concentración mensual de los contaminantes de Funza – año 2022

Funza						
Mes	Contaminantes					Año
	SO2	NO2	O3	PM2.5	PM10	
Enero	4,714	32,308	No hay registro de datos por teledetección	17,376	36,353	2022
Febrero	4,809	35,899		19,728	37,917	
Marzo	4,255	36,091		17,114	33,764	
Abril	3,851	36,632		15,039	29,164	
Mayo	3,778	35,176		12,236	27,307	
Junio	3,050	46,995		12,465	24,174	
Julio	3,517	36,876		11,339	25,990	
Agosto	3,908	41,542		15,093	30,934	
Septiembre	3,429	44,551		14,648	31,141	
Octubre	3,684	38,775		15,216	26,913	
Noviembre	3,406	35,568		15,388	39,446	
Diciembre	3,908	34,295		15,258	49,242	
Anual	3,859	37,892	15,075	32,695		

Nota. Concentraciones en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; fuente: Sistema de Monitoreo Ambiental, 2023; comparación con límites de la Resolución 2254 de 2017.

Tabla 16. Concentración mensual de los contaminantes de Mosquera – año 2022

Mosquera						
Mes	Contaminantes					Año
	SO2	NO2	O3	PM2.5	PM10	



Facultad de Ciencias Agropecuarias

Enero	3,822	17,761	<b>No hay registro de datos por teledetección</b>	16,668	35,802	2022
Febrero	9,512	18,140		20,672	38,529	
Marzo	3,291	9,598		18,092	36,829	
Abril	4,976	10,110		13,634	28,012	
Mayo	7,055	18,280		10,690	25,374	
Junio	3,859	23,157		10,938	22,469	
Julio	3,997	23,441		14,704	30,642	
Agosto	3,875	24,631		17,157	35,489	
Septiembre	4,677	28,145		20,206	38,950	
Octubre	4,227	30,954		12,685	23,931	
Noviembre	6,070	28,345		13,617	30,410	
Diciembre	7,886	25,153		20,025	40,654	
Anual	5,271	21,476	15,757	32,258		

**Nota.** Concentraciones en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; fuente: Sistema de Monitoreo Ambiental, 2023;  
comparación con límites de la Resolución 2254 de 2017.

**Tabla 17.** Concentración mensual de los contaminantes de Mosquera – año 2022

Madrid						
Mes	Contaminantes					Año
	SO2	NO2	O3	PM2.5	PM10	
Enero	3,017	<b>No hay registro de datos por teledetección</b>	15,247	21,529	44,854	2022
Febrero	2,892		12,995	25,413	45,382	
Marzo	2,703		6,606	21,889	41,714	
Abril	2,170		6,000	19,546	39,443	



Facultad de Ciencias Agropecuarias

Mayo	3,143	6,243	13,319	38,986
Junio	2,329	4,232	11,461	24,367
Julio	2,129	8,036	15,961	39,574
Agosto	2,079	10,850	18,398	44,122
Septiembre	2,840	11,492	21,177	43,020
Octubre	3,823	8,547	15,401	33,469
Noviembre	4,303	7,794	16,609	39,056
Diciembre	4,187	10,383	23,577	43,953
Anual	2,968	9,035	18,690	39,828

**Nota.** Concentraciones en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; fuente: Sistema de Monitoreo Ambiental, 2023;  
comparación con límites de la Resolución 2254 de 2017.

**Tabla 18. Concentración mensual de los contaminantes de Funza – año 2023**

Funza						
Mes	Contaminantes					Año
	SO2	NO2	O3	PM2.5	PM10	
Enero	4,142	31,717	<b>No hay registro de datos por teledetección</b>	19,522	39,982	2023
Febrero	7,959	37,181		28,602	58,321	
Marzo	3,161	38,549		15,393	45,019	
Abril	3,818	51,703		19,761	38,825	
Mayo	7,837	34,180		13,829	31,443	
Junio	4,913	26,809		10,403	25,774	
Julio	4,602	33,674		10,780	23,878	
Agosto	5,730	34,405		13,006	28,349	



**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

Septiembre	6,950	40,405	16,749	34,831
Octubre	6,317	39,045	15,285	32,839
Noviembre	6,280	34,198	13,625	30,833
Diciembre	9,635	37,421	16,623	38,574
Anual	5,945	36,607	16,132	35,722

**Nota. Concentraciones en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; fuente: Sistema de Monitoreo Ambiental, 2023; comparación con límites de la Resolución 2254 de 2017.**

**Tabla 19. Concentración mensual de los contaminantes de Mosquera – año 2023**

Mosquera						
Mes	Contaminantes					Año
	SO2	NO2	O3	PM2.5	PM10	
Enero	4,278	25,378	<b>No hay registro de datos por teledetección</b>	21,562	40,249	2023
Febrero	5,180	28,030		20,930	43,598	
Marzo	3,377	26,911		16,049	30,073	
Abril	3,584	26,598		14,541	30,295	
Mayo	6,916	26,610		10,148	26,092	
Junio	4,508	27,499		6,207	19,035	
Julio	4,481	24,925		8,341	22,254	
Agosto	4,596	26,811		11,715	30,097	
Septiembre	8,269	33,334		11,299	28,571	
Octubre	20,805	32,672		12,858	29,169	
Noviembre	19,459	33,865		9,375	26,254	
Diciembre	17,924	34,481		16,231	32,560	



Facultad de Ciencias Agropecuarias

Anual	8,615	28,926	13,272	29,854
-------	-------	--------	--------	--------

Nota. Concentraciones en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; fuente: Sistema de Monitoreo Ambiental, 2023;

comparación con límites de la Resolución 2254 de 2017.

Tabla 20. Concentración mensual de los contaminantes de Madrid – año 2023

Madrid						
Mes	Contaminantes					Año
	SO2	NO2	O3	PM2.5	PM10	
Enero	3,691	No hay registro de datos por teledetección	9,625	19,264	44,858	2023
Febrero	4,076		10,140	25,600	43,739	
Marzo	1,658		10,801	27,073	42,985	
Abril	2,034		12,672	27,458	35,977	
Mayo	4,366		11,666	20,204	28,442	
Junio	2,890		11,884	11,553	43,236	
Julio	2,638		9,936	11,500	34,093	
Agosto	3,372		12,707	17,908	40,922	
Septiembre	4,317		11,400	21,245	46,706	
Octubre	5,185		9,310	19,369	44,669	
Noviembre	3,108		5,284	17,843	47,602	
Diciembre	2,178		4,601	23,512	46,799	
Anual	3,293	10,002	20,211	41,669		

Nota. Concentraciones en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; fuente: Sistema de Monitoreo Ambiental, 2023;

comparación con límites de la Resolución 2254 de 2017.



Gráficas por municipio y contaminante criterio 2019 – 2024.

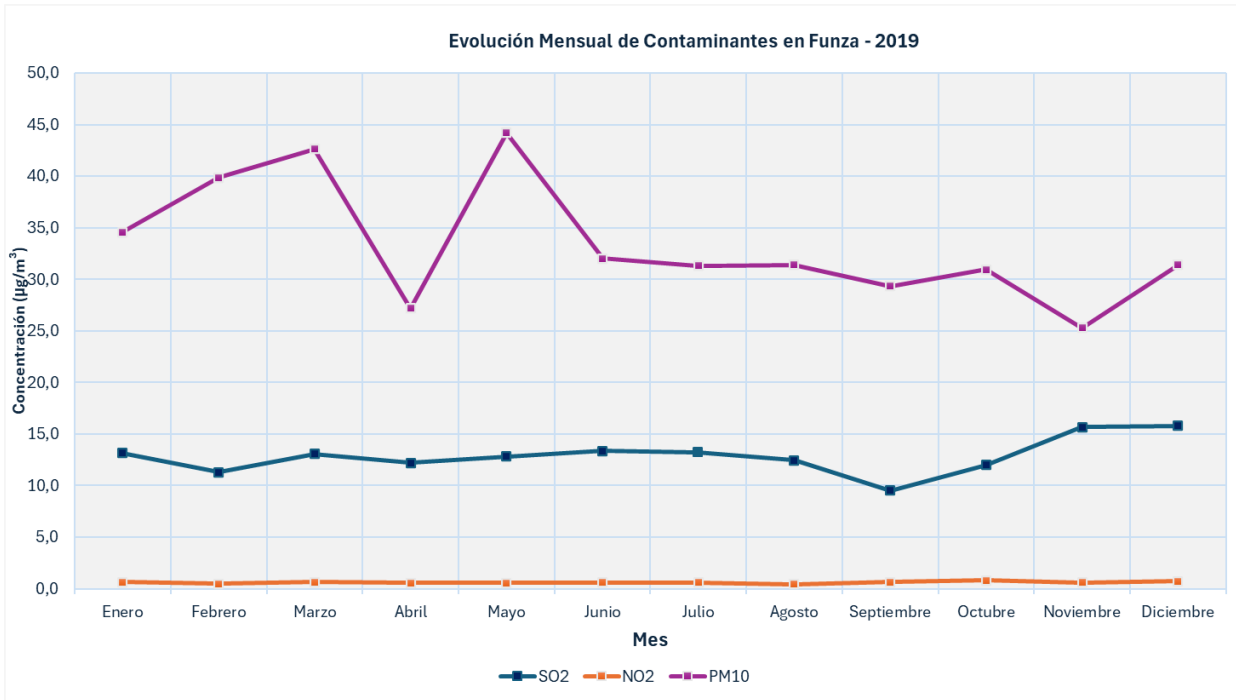


Figura 8. Evolución mensual de contaminantes criterio en Funza – Año 2019

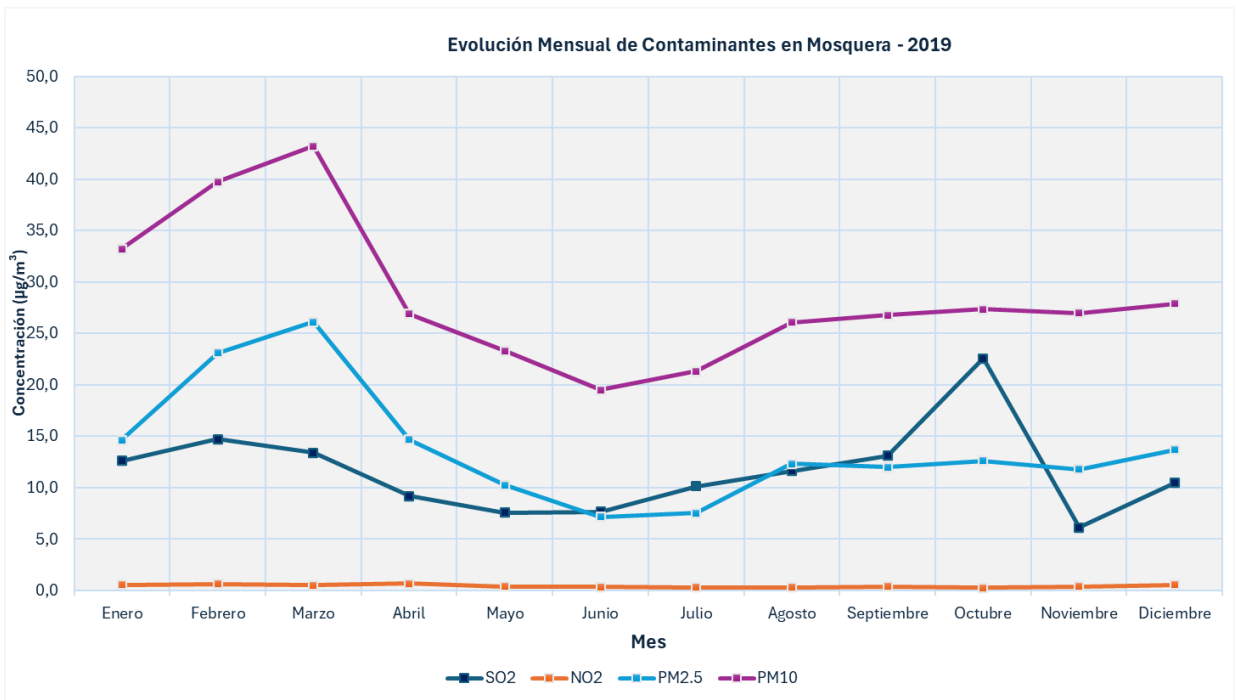
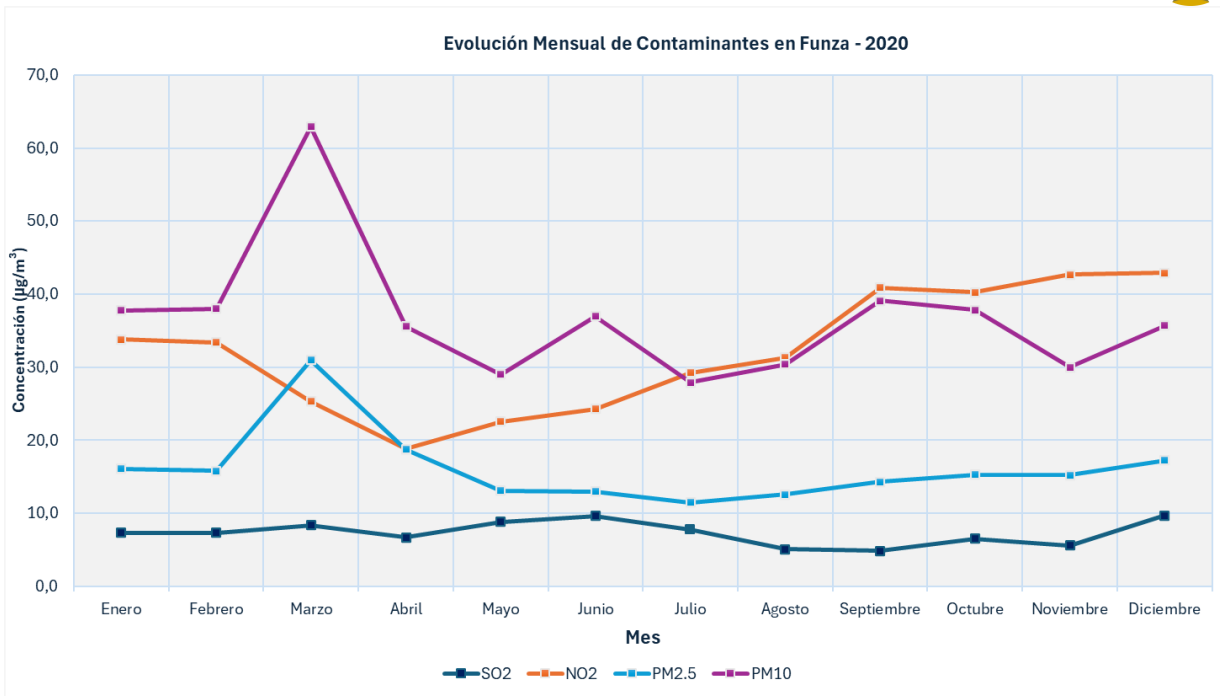
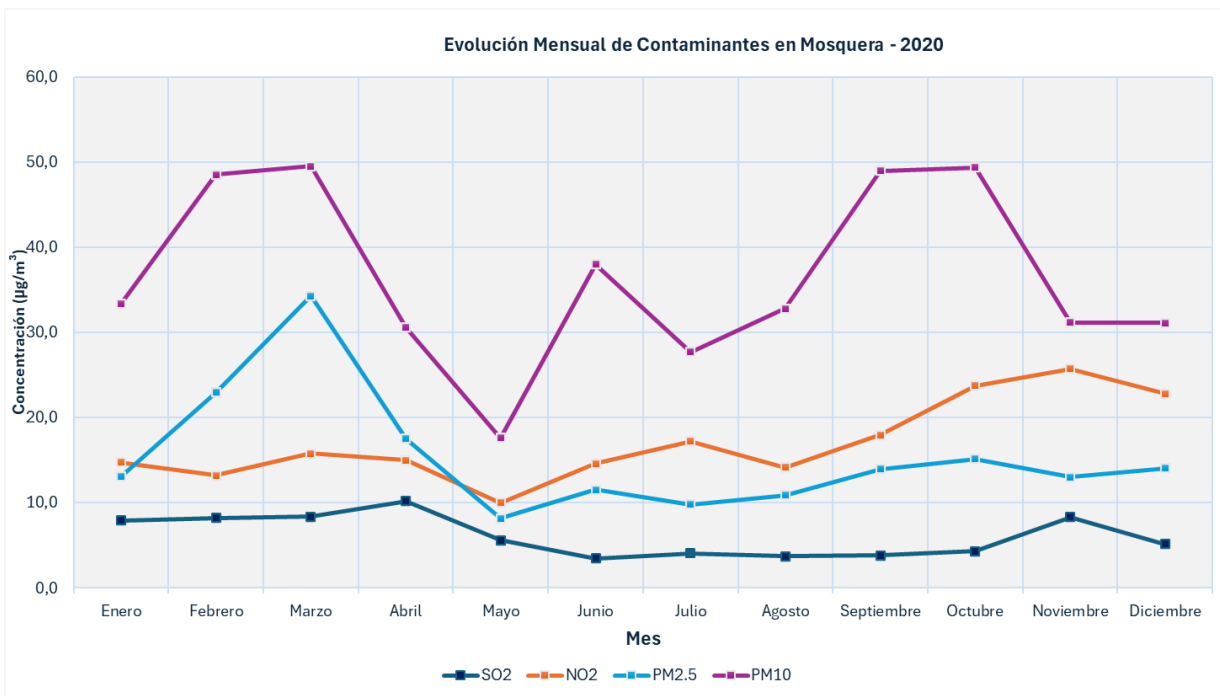


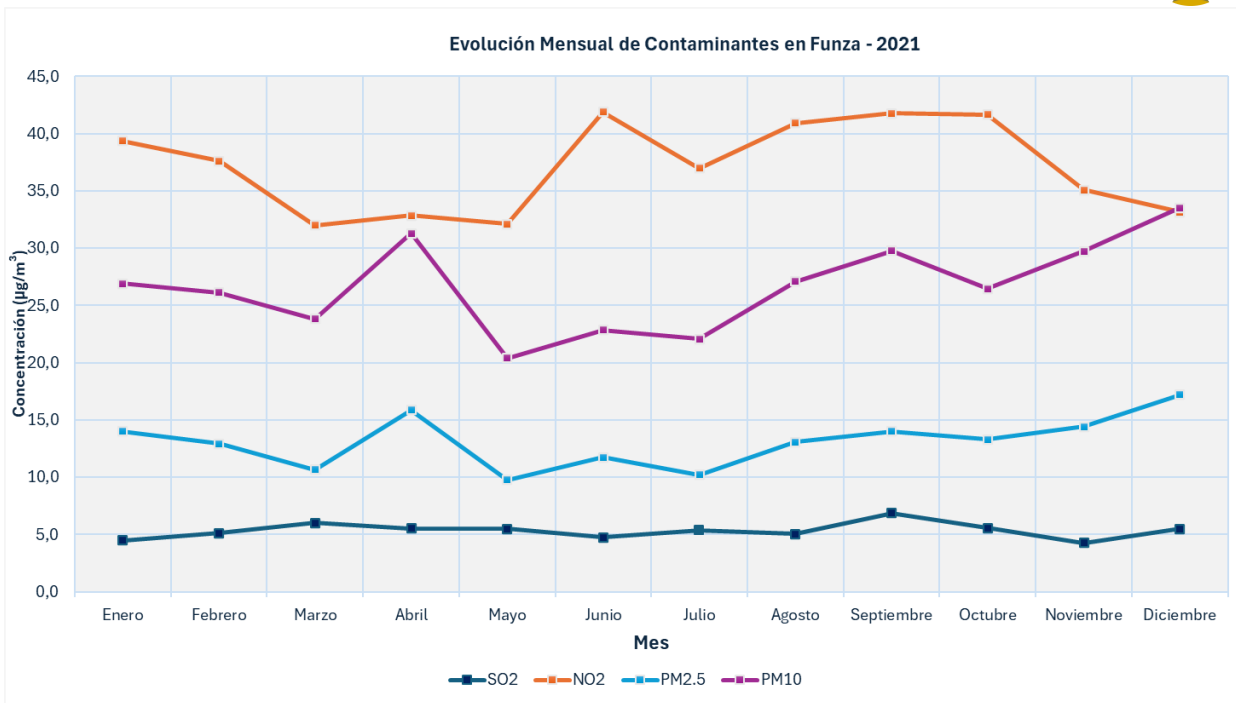
Figura 9. Evolución mensual de contaminantes criterio en Mosquera – Año 2019



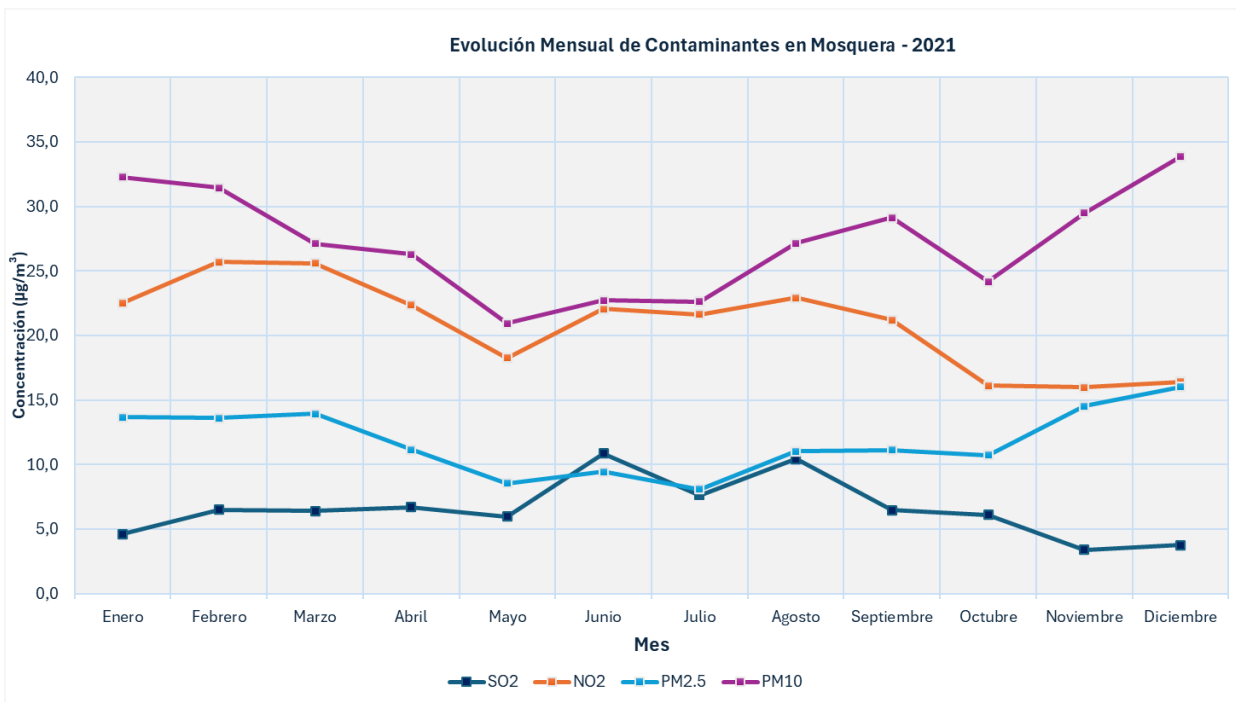
**Figura 10. Evolución mensual de contaminantes criterio en Funza – Año 2020**



**Figura 11. Evolución mensual de contaminantes criterio en Mosquera – Año 2020**



**Figura 12. Evolución mensual de contaminantes criterio en Funza – Año 2021**



**Figura 13. Evolución mensual de contaminantes criterio en Mosquera – Año 2021**

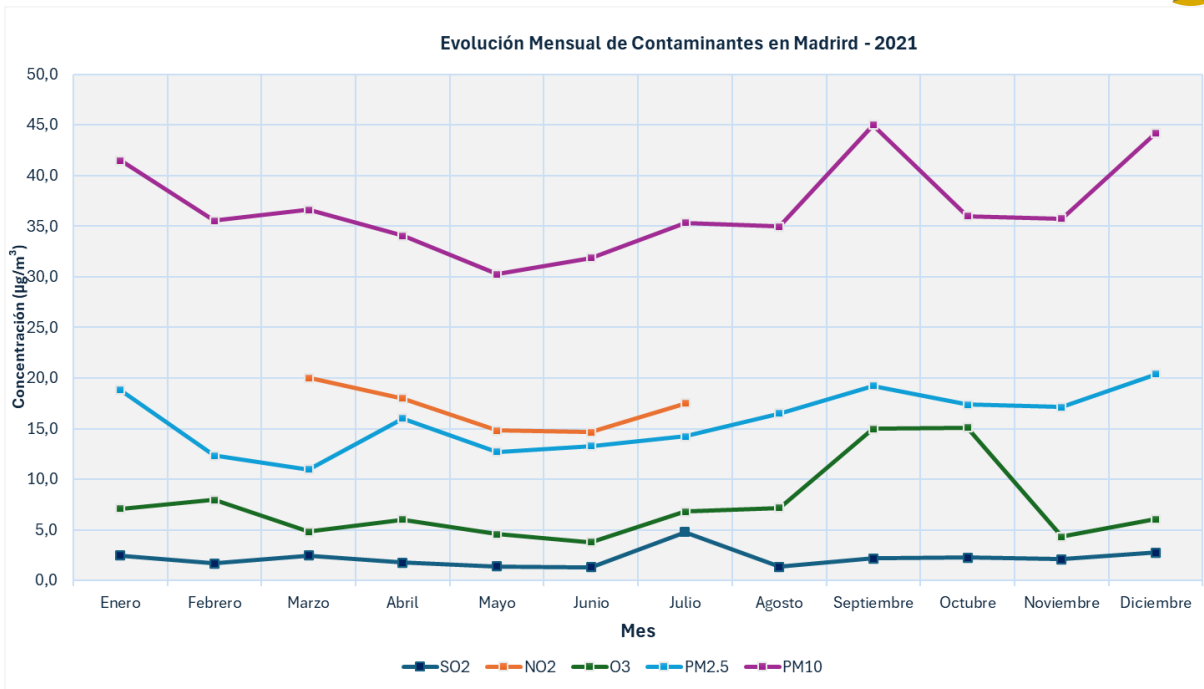


Figura 14. Evolución mensual de contaminantes criterio en Madrid – Año 2021

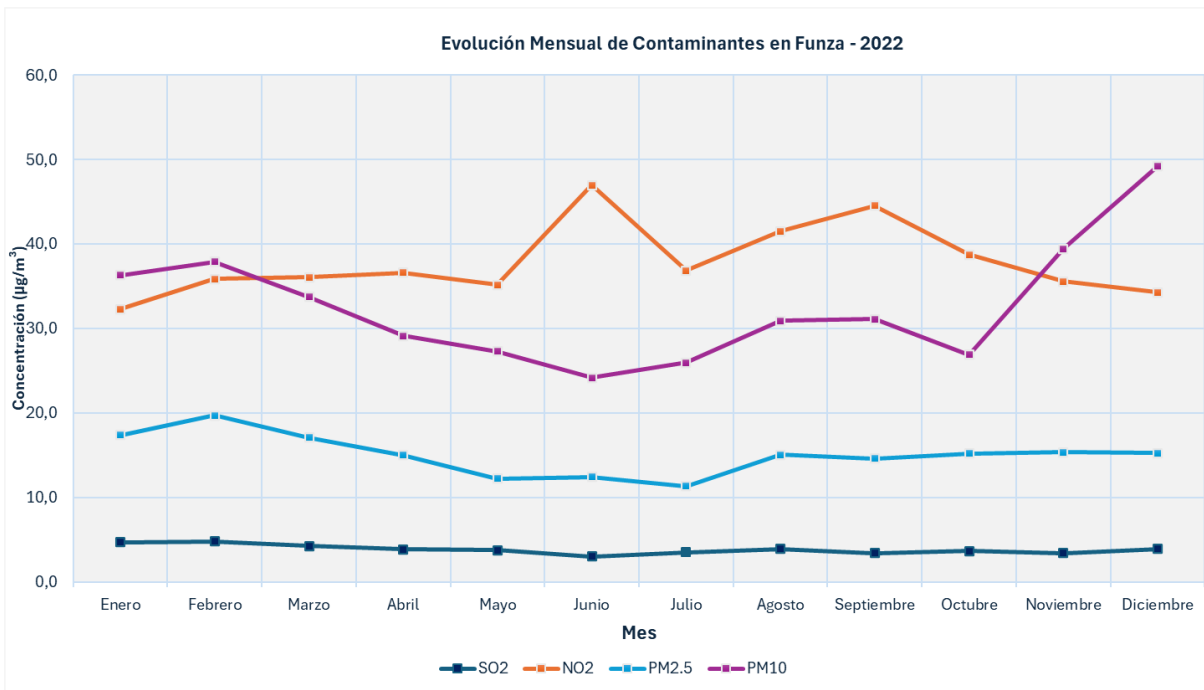
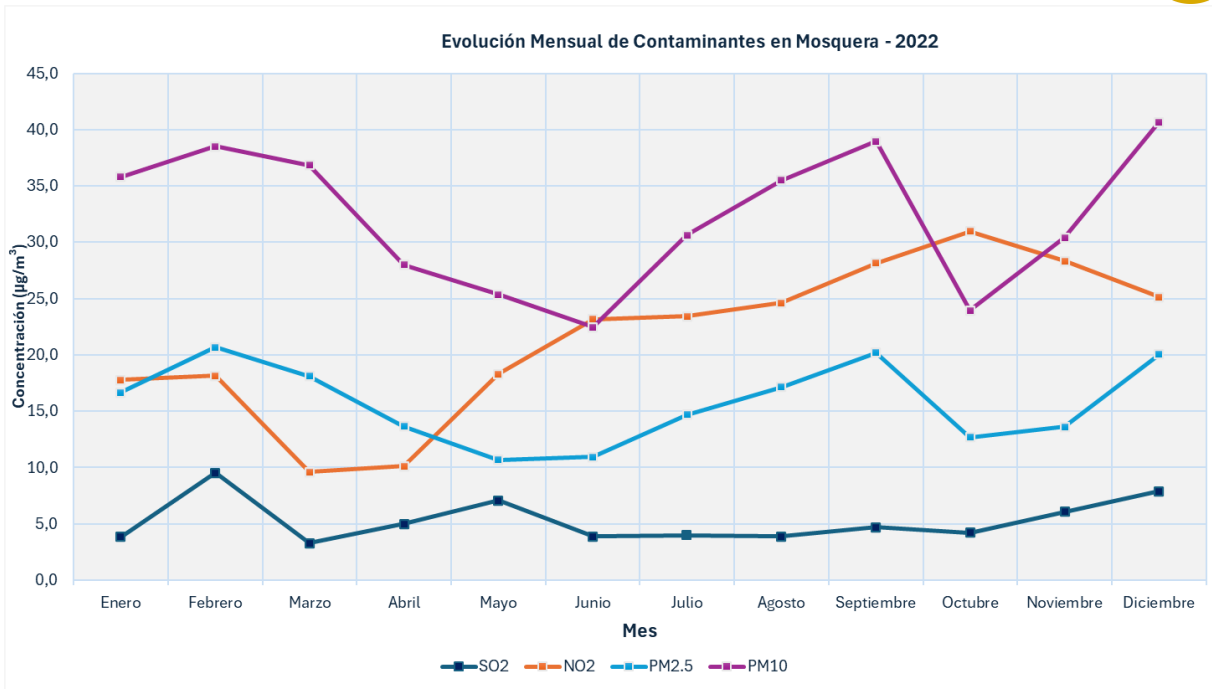
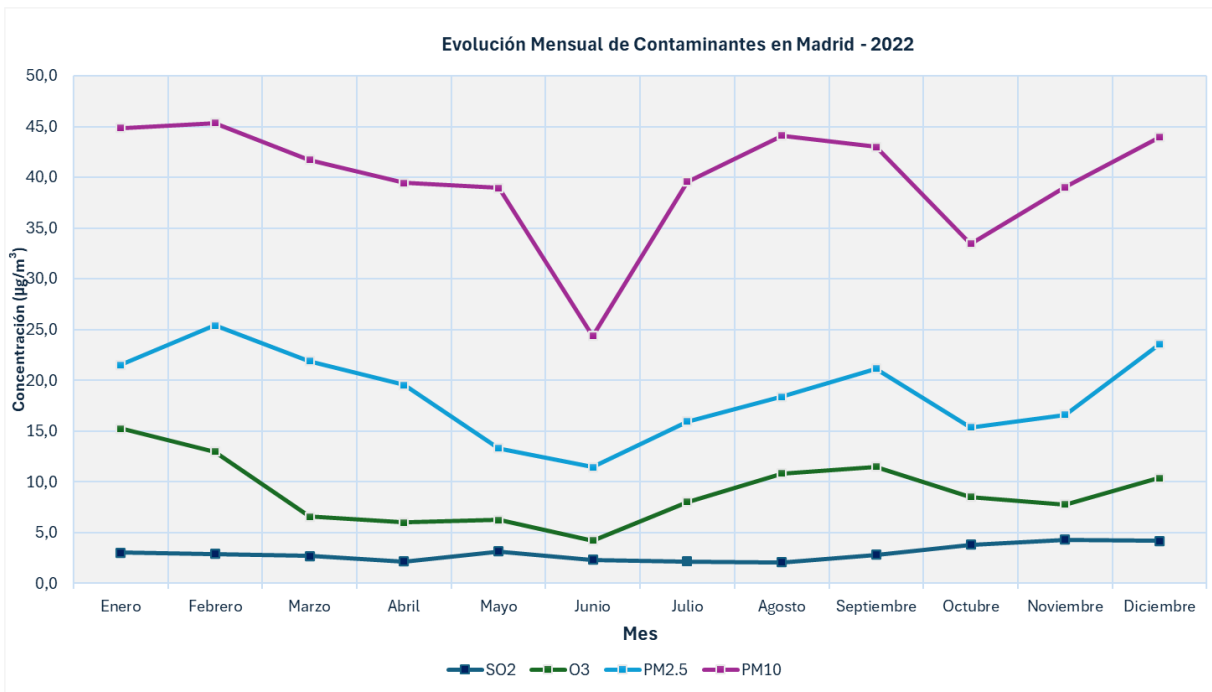


Figura 15. Evolución mensual de contaminantes criterio en Funza – Año 2022



**Figura 16. Evolución mensual de contaminantes criterio en Mosquera – Año 2022**



**Figura 17. Evolución mensual de contaminantes criterio en Madrid – Año 2022**



Facultad de Ciencias Agropecuarias

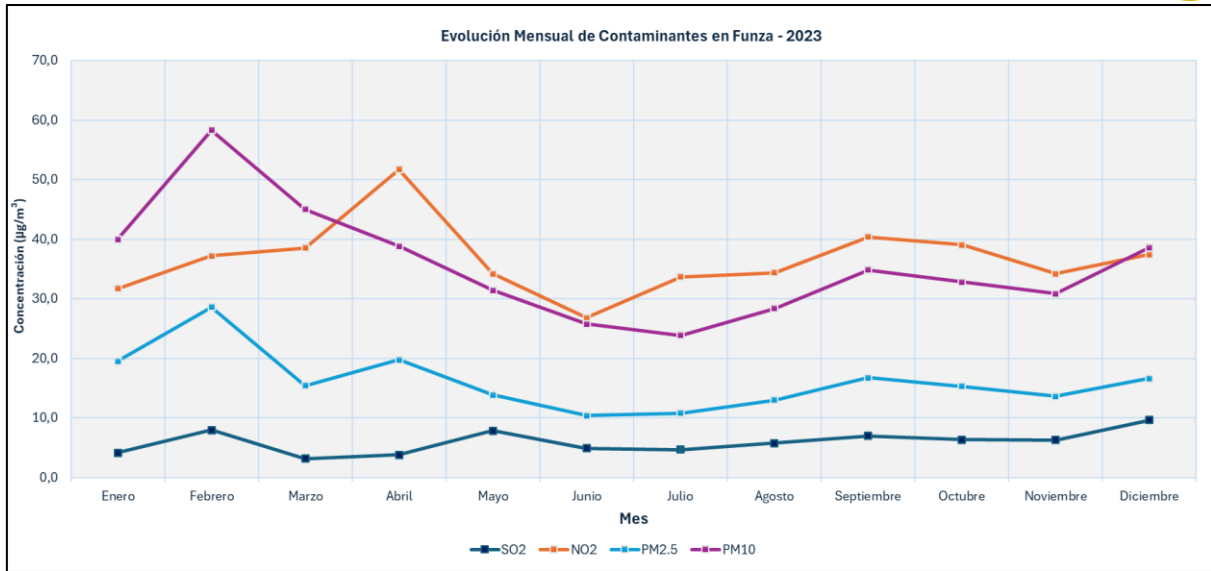


Figura 18. Evolución mensual de contaminantes criterio en Funza – Año 2023

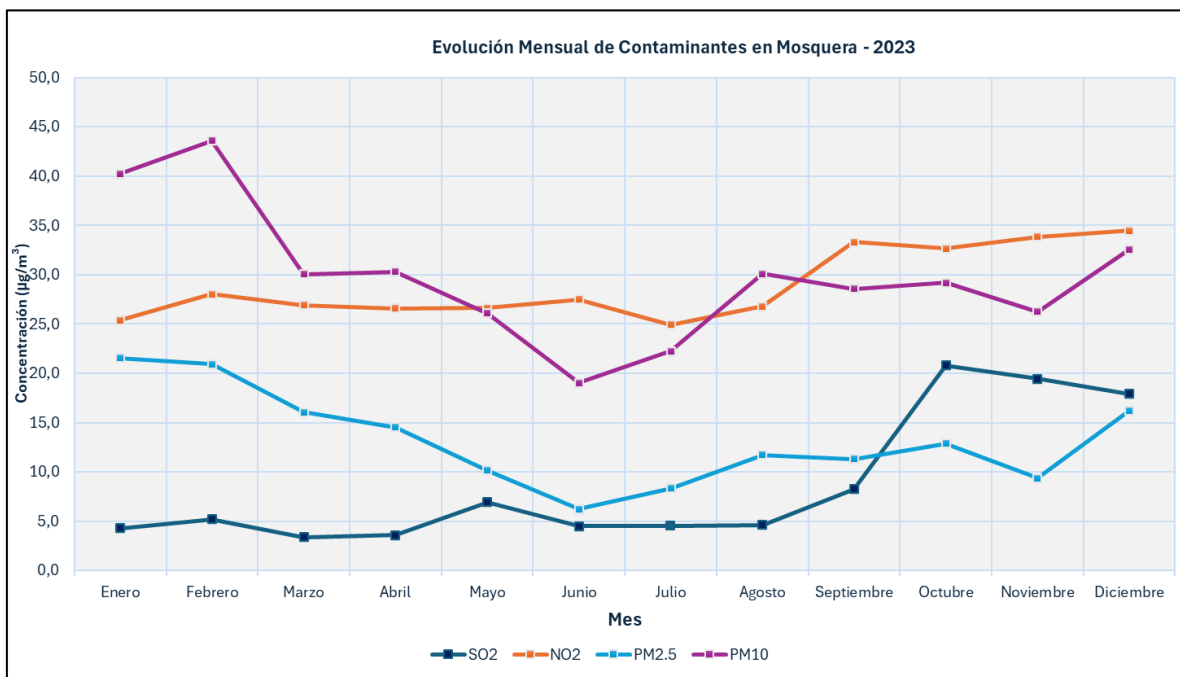


Figura 19. Evolución mensual de contaminantes criterio en Mosquera – Año 2023

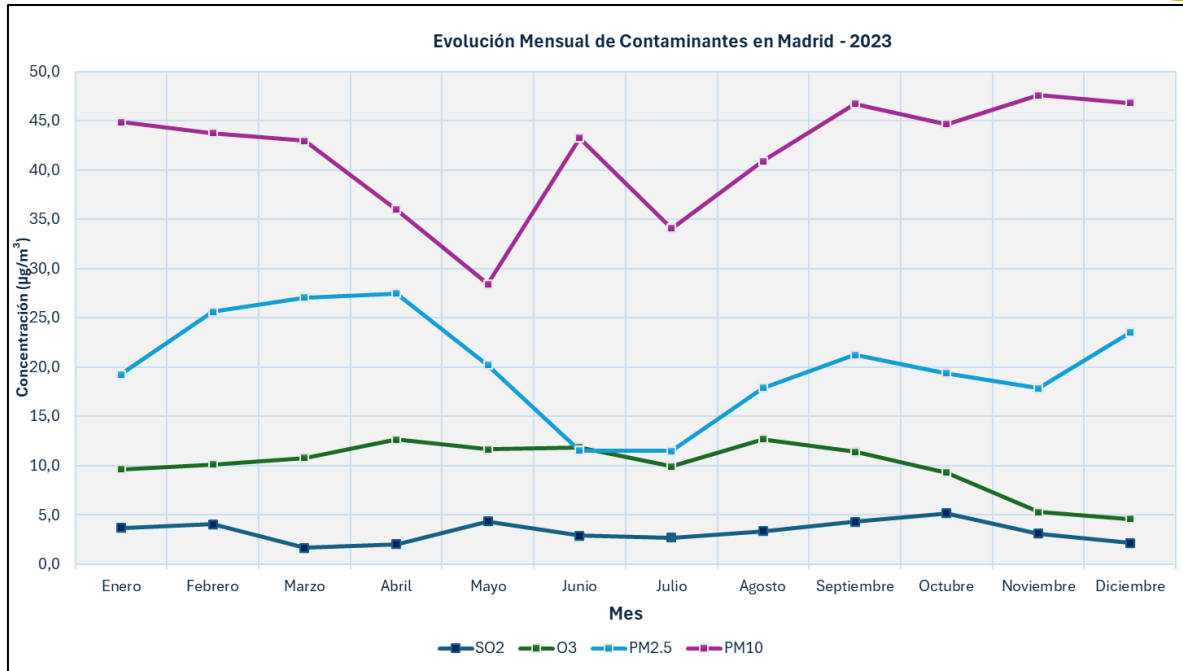


Figura 20. Evolución mensual de contaminantes criterio en Madrid – Año 2023



Mapas comparativos por municipio y contaminante criterio 2019 – 2024.

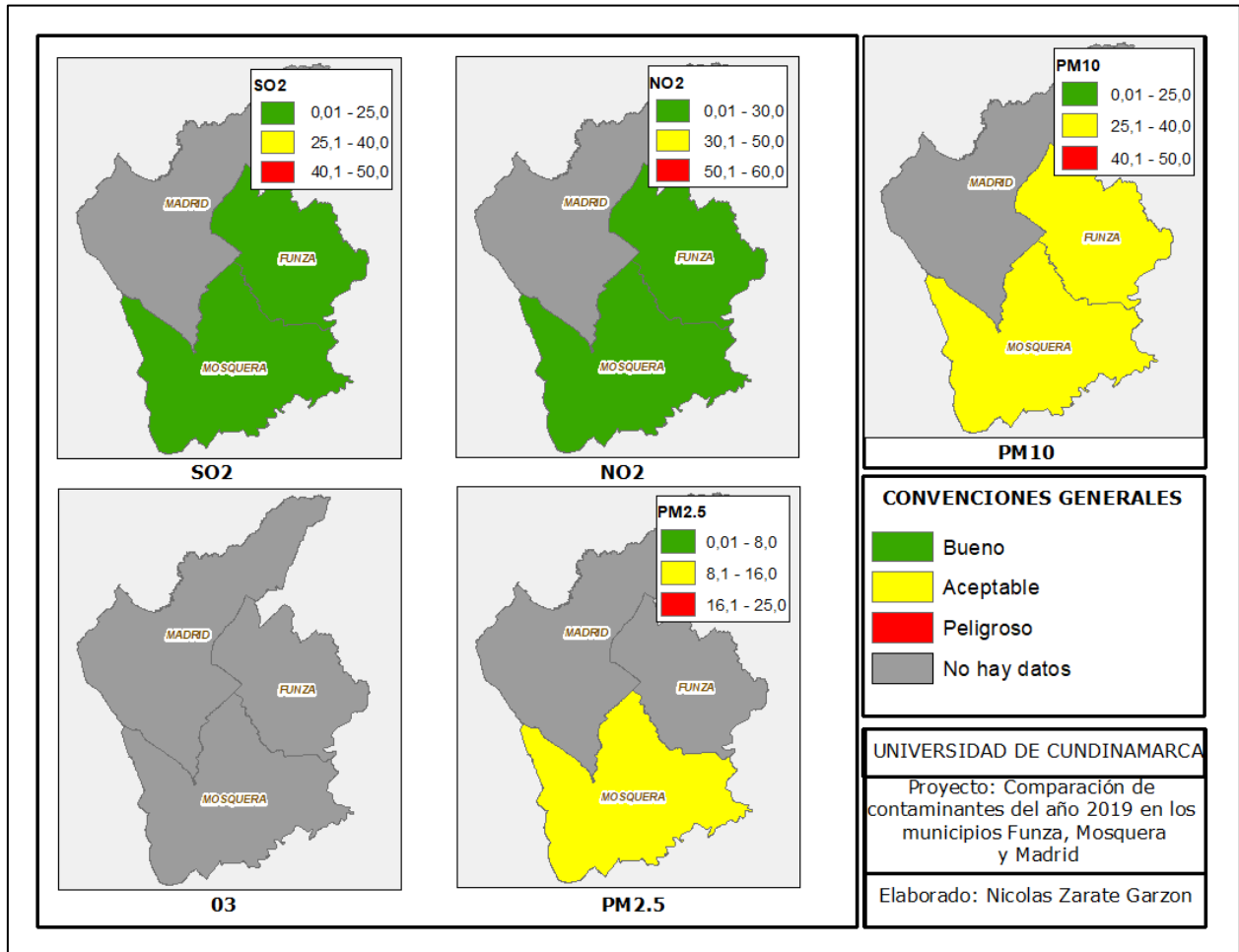


Figura 21. Mapas comparativos de contaminantes criterio — 2019

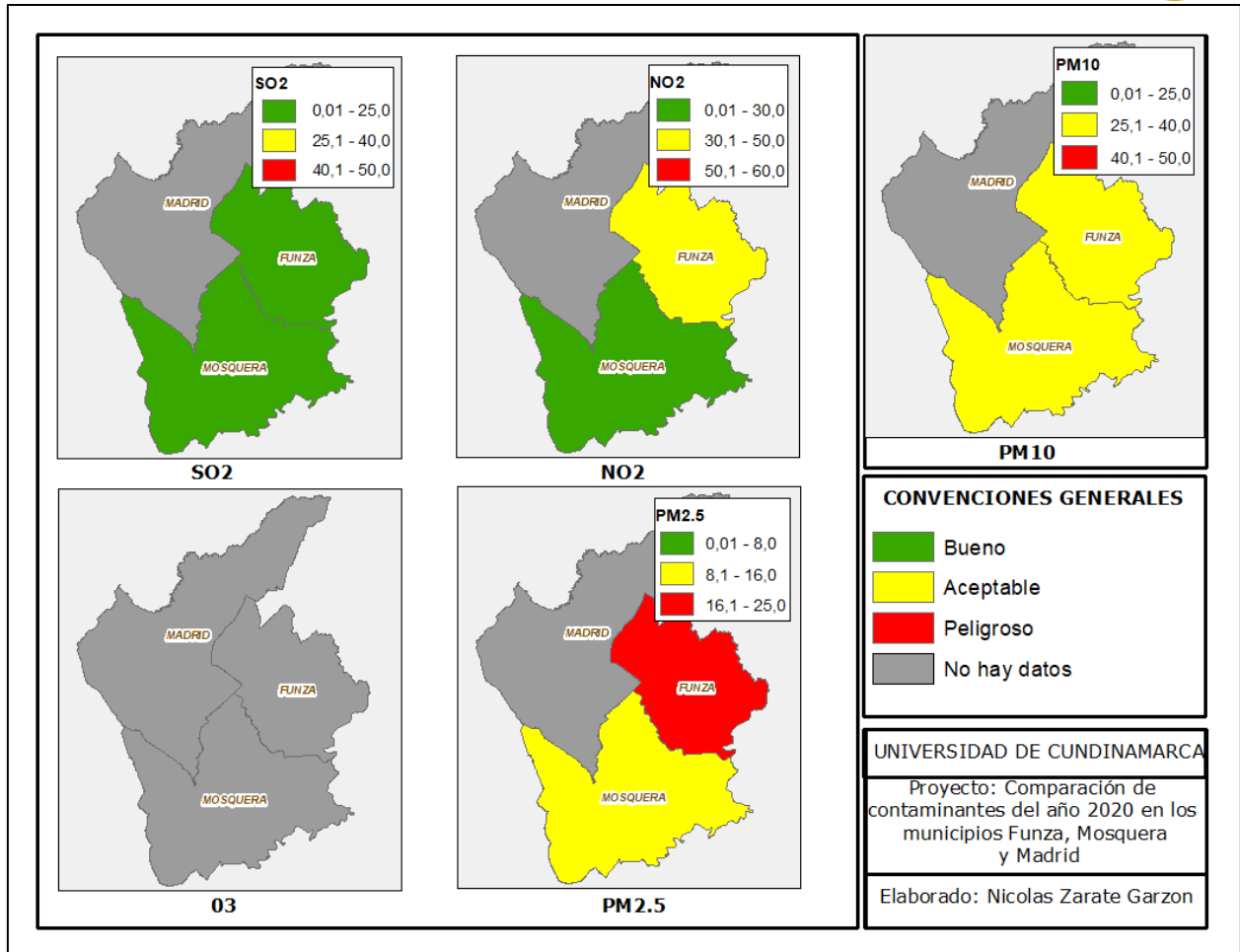


Figura 22. Mapas comparativos de contaminantes criterio — 2020

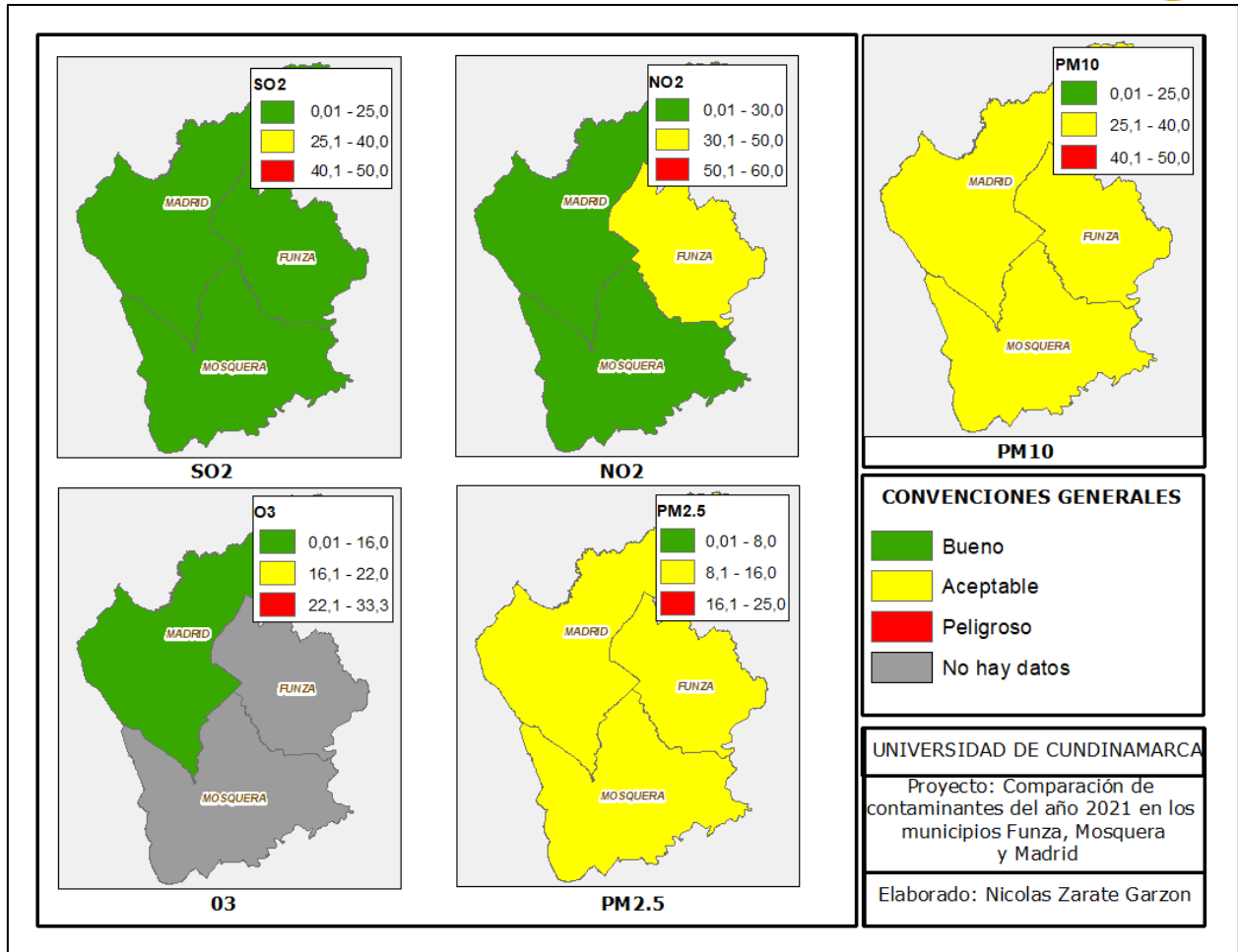


Figura 23. Mapas comparativos de contaminantes criterio — 2021

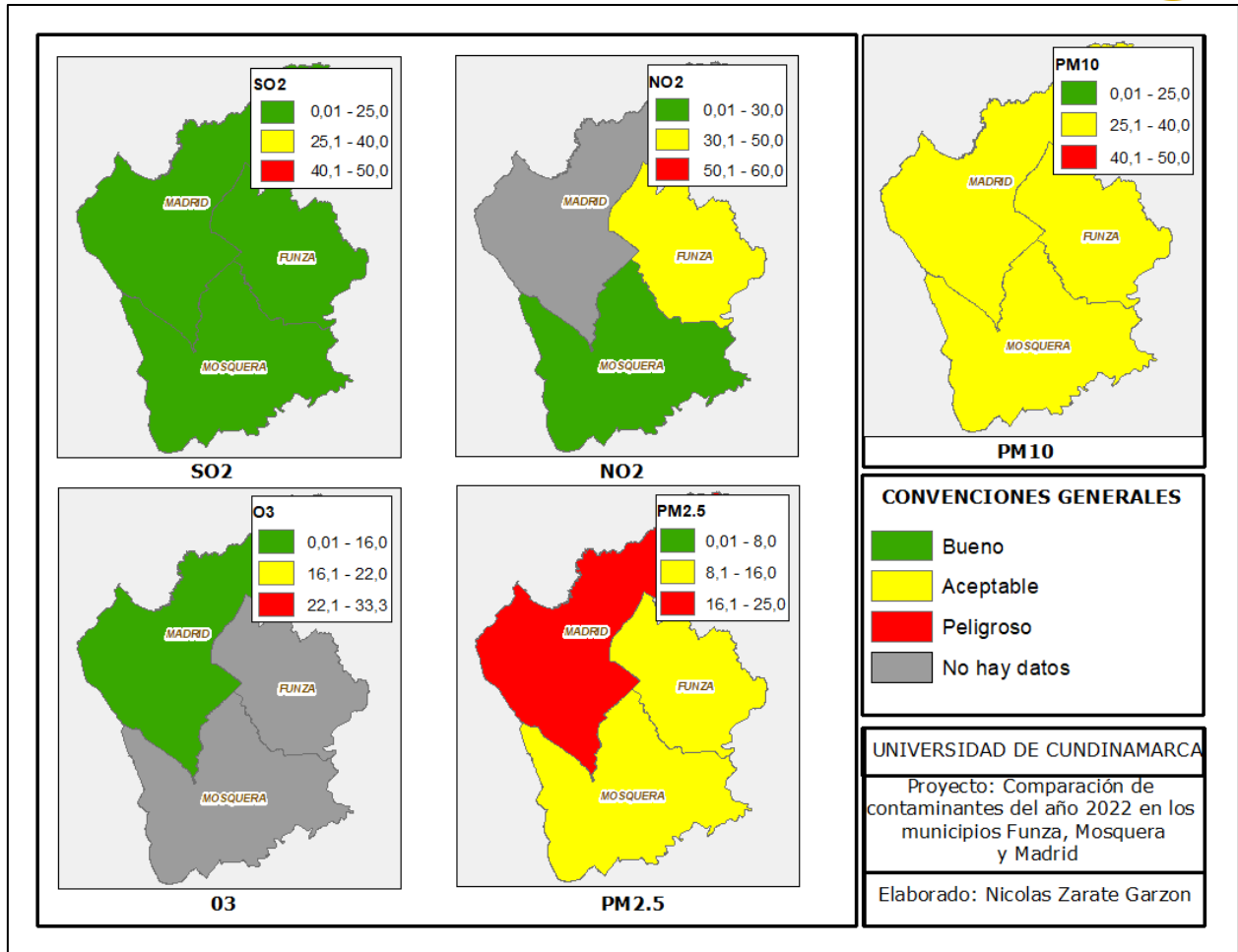


Figura 24. Mapas comparativos de contaminantes criterio — 2022