

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE CALIDAD DEL AIRE EN ÉPOCA SECA Y HÚMEDA EN LA REGIÓN DE INFLUENCIA DEL PARQUE SOLAR ARREBOLES

CLIENTE

ETSA
ESTUDIOS TÉCNICOS
ESTUDIOS AMBIENTALES

CONSULTOR

 **ARGEMONIA**
Consultoría Ambiental Especializada
ARGEMONIA CONSULTORÍA

BOGOTÁ D.C. - SEPTIEMBRE DE 2025

CONTENIDO

1.	Resumen ejecutivo	3
2.	Introducción	5
3.	Fuentes de información de la calidad del aire en la zona de influencia del proyecto	6
3.1	Meteorología	6
3.2	Monitoreo de calidad del aire en época SECA	7
3.3	Registros de monitoreos históricos autoridades ambientales	11
3.4	Reanálisis GIOVANNI NASA Y COPERNICUS EU	24
4.	Análisis de información.....	31
5.	Conclusiones.....	33
6.	Referencias	34

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Niveles máximos permisibles para los contaminantes criterio evaluados.....	5
Tabla 2.	Descripción de estaciones de calidad de aire – Estación E1	8
Tabla 3.	Descripción de estaciones de calidad de aire – Estación E2	8
Tabla 4.	Descripción de estaciones de calidad de aire – Estación E3	8
Tabla 5.	Concentraciones Diarias - Material Particulado	10
Tabla 6.	Concentraciones máximas horarias – Dióxido de nitrógeno y monóxido de carbono	11
Tabla 7.	Registros de calidad del aire en cercanías al proyecto y dentro la cuenca atmosférica	12
Tabla 8.	Coordenadas monitoreo LAM0069	12
Tabla 9.	Coordenadas monitoreo LAM0170	15
Tabla 10.	Coordenadas monitoreo LAV0084-00-2021	22
Tabla 11.	Concentración mensual media estimada de contaminantes criterio.....	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Localización de estaciones de monitoreo meteorológico IDEAM	6
Figura 2.	Comportamiento mensual promedio de temperatura serie multitemporal 2010-2022.....	7
Figura 3.	Comportamiento mensual promedio de precipitación serie multitemporal 2010-2022	7
Figura 4.	Localización geográfica de estaciones de monitoreo – Época Seca.....	9
Figura 5.	Localización de estaciones de monitoreo propias y punto de extracción GIOVANNI NASA	25
Figura 6.	Condiciones de elevación de terreno del área valorada de calidad del aire	26
Figura 7.	Similitud de cobertura dentro del área análisis.....	26
Figura 7.	Análisis de cuenca atmosférica de acuerdo con registros Sentinel 3 para PM10	27
Figura 8.	Homogeneidad del campo vectorial de vientos dentro del área análisis.....	28
Figura 9.	Serie de tiempo 2021 – 2024 para PM ₁₀ a condiciones locales en la cuenca atmosférica	28
Figura 10.	Serie de tiempo 2021 – 2024 para PM _{2.5} a condiciones locales en la cuenca atmosférica.....	28
Figura 11.	Serie de tiempo 2021 – 2024 para SO ₂ a condiciones locales en la cuenca atmosférica	29
Figura 12.	Serie de tiempo 2020 – 2023 para NO ₂ a condiciones locales en la cuenca atmosférica	29
Figura 13.	Serie de tiempo 2020 – 2023 para CO a condiciones locales en la cuenca atmosférica	29
Figura 14.	Concentración mensual promedio contaminantes criterio	30
Figura 15.	Indicaciones SVCAI Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire – Manual de Diseño	31

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1.	Registros Giovanni NASA
Anexo 2.	Registros Copernicus EU
Anexo 3.	Registros Sentinel 3

1. RESUMEN EJECUTIVO

En conformidad con lo indicado en la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales (ANLA, 2018) y de modo que permita dar complemento a los elementos de caracterización del área de influencia del proyecto Parque Solar Arreboles 19,9 MW, de acuerdo con los elementos indicados en los Términos de Referencia TdR-015, el presente documento plantea el análisis de condiciones de época seca y época húmeda del área en la zona de estudio.

Para lo anterior se tienen en cuenta los siguientes elementos técnico-legales:

- Términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA en proyectos de uso de energía solar fotovoltaica. (TdR-015)
 - o Sección 5.1.9.3 Monitoreo de calidad del aire:

Se deben presentar resultados y análisis de la información, concerniente a estudios realizados o soportados sobre la calidad del aire en el área de influencia del componente atmosférico. Dichos estudios deben demostrar representatividad espacial sobre la zona de interés, incorporando la dinámica de dispersión de contaminantes por las condiciones meteorológicas de la zona.

En caso de no existir información suficiente, vigente, de calidad apropiada, el solicitante debe realizar la línea base, justificando el diseño del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire – SVCA, teniendo en cuenta las particularidades del proyecto, las fuentes de emisión emplazadas en el área de influencia del componente y los receptores identificados.

De acuerdo con los elementos presentados por términos de referencia, el proceso de captura de información debe estar de acuerdo con lo establecido en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, el cual establece dentro de su valoración técnica un monitoreo mínimo anual de acuerdo con un diseño de tipo Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire Industrial (SVCAI).

Ahora bien, cabe resaltar lo indicado en Términos de Referencia generales y específicos para el componente atmosférico el cual condiciona el desarrollo de monitoreos de campo en función a la disponibilidad de información a nivel de estudios de calidad del aire que garanticen representatividad espacial y temporal, para lo cual se tiene en cuenta lo indicado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales (MADS, 2018).

- Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales.
 - o Sección 4.1.7.3 Modelación de escenarios y calidad del aire (información de inmisión)

Si existe información secundaria del Subsistema de Información sobre la Calidad del Aire – SISAIRE (administrado por el IDEAM), monitoreos de campañas de calidad del aire de conocimiento público de laboratorios ambientales acreditados por el IDEAM o información de inmisión por modelación de entidades de reconocida idoneidad nacional o internacional, se debe de identificar el estado de la calidad del aire en concentración para fases y material particulado, sobre los receptores identificados para cada alternativa del proyecto.

o Sección 4.1.7.2 Calidad del aire

Presentar los resultados y análisis de información de estudios sobre calidad del aire realizados en el área de influencia del componente atmosférico; los datos que se usen **pueden ser generados por terceros** (incluye a las redes de monitoreo operadas por las autoridades ambientales) si éstos no superan los dos años de antigüedad, **siempre y cuando se demuestre la representatividad** espacial de las mediciones **sobre** el área de influencia.

En caso de no existir información suficiente, vigente, de calidad apropiada, el solicitante debe realizar la línea base, justificando el diseño del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire – SVCA, teniendo en cuenta las particularidades del proyecto, las fuentes de emisión emplazadas en el área de influencia del componente y los receptores identificados ... ”.

Así mismo, los Términos de Referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA en proyectos de uso de energía solar fotovoltaica. (TdR-015), en su Sección 5.1.9.3 Monitoreo de calidad del aire, indica lo siguiente:

“Se deben presentar resultados y análisis de la información, concerniente a estudios realizados o soportados sobre la calidad del aire en el área de influencia del componente atmosférico. **Dichos estudios deben demostrar representatividad espacial sobre la zona de interés**, incorporando la dinámica de dispersión de contaminantes por las condiciones meteorológicas de la zona.

En caso de no existir información suficiente, vigente, de calidad apropiada, el solicitante debe realizar la línea base, justificando el diseño del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire – SVCA, teniendo en cuenta las particularidades del proyecto, las fuentes de emisión emplazadas en el área de influencia del componente y los receptores identificados.

Con base en los anteriores preceptos técnicos y legales, el presente documento plantea los elementos que permiten la caracterización de la calidad del aire en época seca y época húmeda de acuerdo con las siguientes evidencias:

- a) Monitoreo de calidad del aire en época seca mediante campaña desarrollada por el laboratorio acreditado SGS Colombia S.A.S., para el área de influencia del proyecto.
- b) Análisis de datos históricos dentro de expedientes oficiales de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, en proyectos existentes operativos dentro del área de valoración (cuenca atmosférica) del proyecto Fotovoltaico Arreboles 19,9 MW.
- c) Análisis de información de calidad del aire a través del sistemas geoespaciales de carácter internacional tales como GIOVANNI NASA, Copernicus EU y Sentinel 3 para los contaminantes objeto de estudio durante el periodo entre los años 2021 y 2024 dentro del centroide del área de influencia del proyecto, a nivel de regionalización.

De esta manera, el presente documento permite aclarar la época climática de monitoreo y justifica la caracterización en las dos épocas climáticas con información que cumple con requisitos de representatividad espacial y temporal de la cuenca atmosférica sobre el área de influencia, con información suficiente, vigente y de calidad apropiada, incluyendo periodos de época seca y época húmeda, permitiendo complementar los elementos solicitados por la autoridad ambiental, dentro de los tiempos indicados por la autoridad ambiental.

2. INTRODUCCIÓN

Se realizó el análisis de la calidad del aire en la zona de estudio asociado al proyecto Parque Solar Fotovoltaico Arreboles 19,9 MW, mediante revisión de los elementos que permiten tener una valoración de la calidad del aire en época seca y época húmeda, con representatividad espacial y temporal, cumpliendo con los criterios de suficiencia, vigencia y de calidad apropiada, de acuerdo con las siguientes evidencias:

- Monitoreo de calidad del aire en época seca mediante campaña desarrollada por el laboratorio acreditado SGS Colombia S.A.S., para el área de influencia del proyecto.
- Análisis de datos históricos dentro de expedientes oficiales de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, en proyectos existentes operativos dentro del área de valoración (cuenca atmosférica) del proyecto Fotovoltaico Arreboles 19,9 MW.
- Análisis de información de calidad del aire a través del sistemas geoespaciales de carácter internacional tales como GIOVANNI NASA, Copernicus EU y Sentinel 3 para los contaminantes objeto de estudio durante el periodo entre los años 2021 y 2024 dentro del centroide del área de influencia del proyecto, a nivel de regionalización.

Los anteriores elementos se evalúan dentro de las condiciones establecidas por la Resolución 2254 de 2017 MADS, de acuerdo con los niveles máximos permisibles indicados en el Artículo 2, Parágrafo 1 de la norma en mención (Tabla 1), desde un punto de vista de regionalización de la calidad del aire dentro del área de influencia del proyecto.

Tabla 1. Niveles máximos permisibles para los contaminantes criterio evaluados

Contaminante	Nivel permisible ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tiempo de exposición
PM ₁₀	50	Anual
	75	24 horas
PM _{2.5}	25	Anual
	37	24 horas
SO ₂	50	24 horas
	100	1 hora
NO ₂	60	Anual
	200	1 hora
CO	5.000	1 hora
	35.000	8 horas

Fuente: Resolución 2254 de 2017, MADS.

3. FUENTES DE INFORMACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

Teniendo en cuenta como objetivo de análisis determinar las condiciones que caracterizan época seca y época húmeda para la zona de estudio, a continuación, se presentan los elementos que permiten dar claridad a dichas temporalidades de acuerdo con los registros meteorológicos para la zona de estudio, siendo focalizados a los parámetros de temperatura y precipitación.

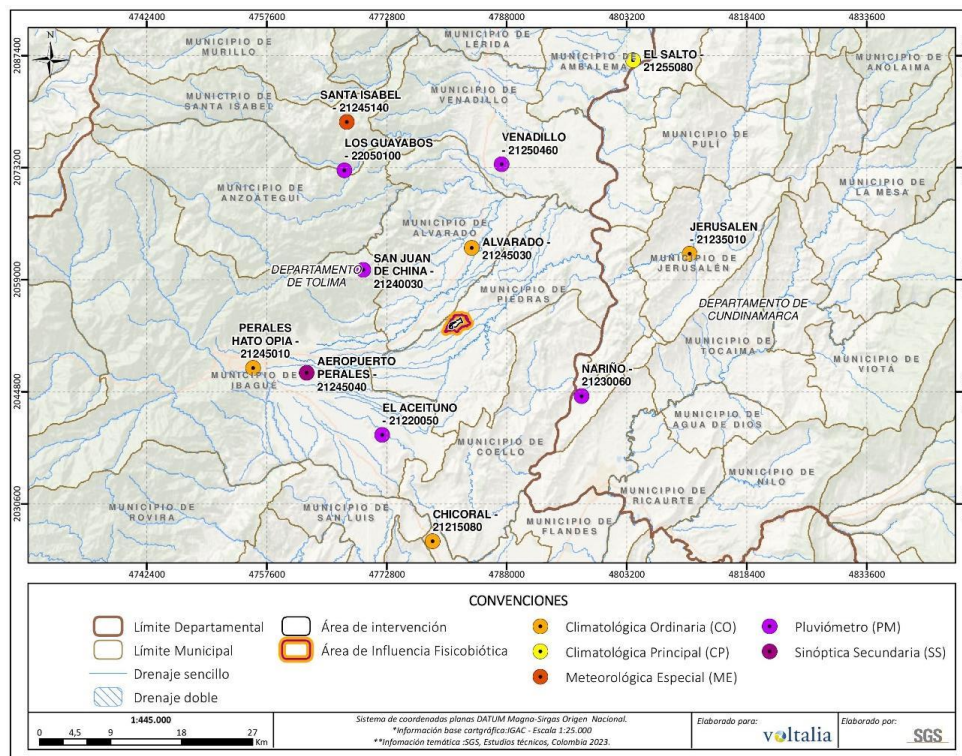
A partir de estos elementos, se evalúan las condiciones que de acuerdo con el estudio de impacto ambiental desarrollado permitieron la valoración de condiciones de época seca como descriptor comparativo. Para esto se toman como referencia los datos de calidad del aire medidos y los registros meteorológicos indicados dentro del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto.

Finalmente, se complementa y justifica el análisis de temporalidad entre época seca y época húmeda de acuerdo con información del sistema GIOVANNI NASA, Copernicus EU y Sentinel 3, siendo este un sistema de idoneidad internacional que permite incorporar un análisis de escala regional respecto al comportamiento de concentración de contaminantes criterio tanto en época seca como en época húmeda permitiendo caracterizar de forma consistente la calidad del aire de la región de acuerdo con los requisitos legales pertinentes.

3.1 METEOROLOGÍA

De acuerdo con el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto, la caracterización de las condiciones meteorológicas de las zonas de estudio se llevaron a cabo mediante análisis de las estaciones presentadas en la Figura 1.

Figura 1. Localización de estaciones de monitoreo meteorológico IDEAM



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2025

De las estaciones en mención, se encuentra el comportamiento mensual basado en series multitemporales entre los años 2010 y 2022, para los parámetros temperatura media (Figura 2) y precipitación acumulada media (Figura 3).

Figura 2. Comportamiento mensual promedio de temperatura serie multitemporal 2010-2022

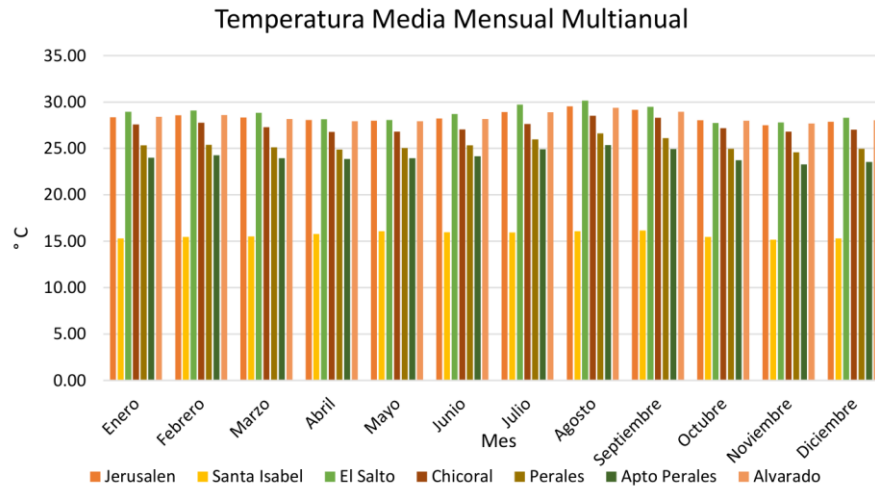
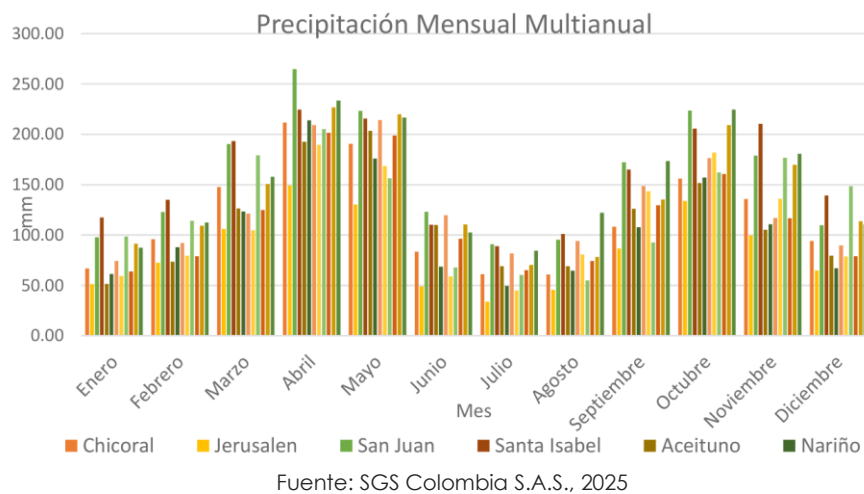


Figura 3. Comportamiento mensual promedio de precipitación serie multitemporal 2010-2022



Las condiciones de precipitación en la zona de estudio presentan una condición bimodal en todas las estaciones de monitoreo, las cuales muestran homogeneidad entre temporalidades, presentando como picos los meses de abril – mayo y octubre – noviembre correspondiente a época húmeda, mientras que los meses en los que existe una disminución considerable de la precipitación corresponden a los meses de diciembre – febrero y junio – agosto.

3.2 MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE EN ÉPOCA SECA

De acuerdo con los lineamientos del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad de Aire y el Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire, el laboratorio ambiental de SGS Colombia S.A.S., llevó a cabo la evaluación de calidad de aire durante dieciocho (18) días continuos, entre el 25 al 11 de julio del 2024, correspondiente a la época seca de acuerdo con los datos meteorológicos anteriormente presentados, con toma de muestra mediante equipos

automáticos para los parámetros monóxido de carbono (CO) y dióxido de nitrógeno (NO₂), así como equipos manuales para los parámetros material particulado (PM₁₀ y PM_{2.5}) y dióxido de azufre (SO₂).

A continuación, en la se presenta la localización de las estaciones de monitoreo de calidad de aire y en la se presenta la descripción de cada una de estas.

Tabla 2. Descripción de estaciones de calidad de aire – Estación E1

Nombre de la estación	Cota (msnm)	Coordenadas Planas Origen Nacional	
		Este (m)	Norte (m)
Estación 1	569	4781832	2054585
Tipo de zona	Rural	Localización toma de muestra	Piedras
Tipo de estación	Indicativa	Variables meteorológicas medidas	Velocidad y dirección del viento, temperatura, precipitación, humedad relativa y radiación solar.
Emisiones dominantes	Transito		



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2025


Tabla 3. Descripción de estaciones de calidad de aire – Estación E2

Nombre de la estación	Cota (msnm)	Coordenadas Planas Origen Nacional	
		Este (m)	Norte (m)
Estación 2	561	4780433	2053152
Tipo de zona	Rural	Localización toma de muestra	Piedras
Tipo de estación	Indicativa	Variables meteorológicas medidas	Velocidad y dirección del viento, temperatura, precipitación, humedad relativa y radiación solar.
Emisiones dominantes	De fondo		
			

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2025

Tabla 4. Descripción de estaciones de calidad de aire – Estación E3

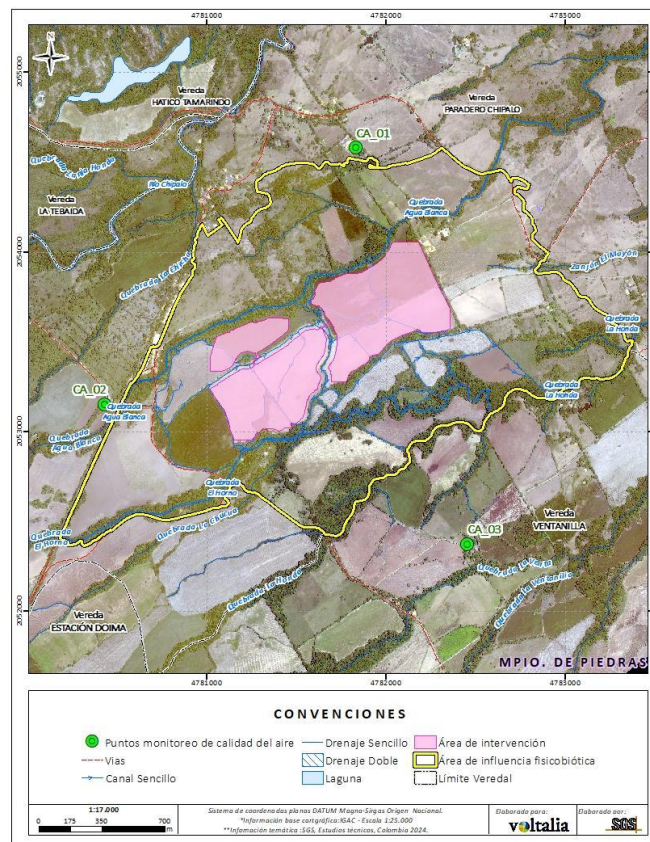
Nombre de la estación	Cota (msnm)	Coordenadas Planas Origen Nacional	
		Este (m)	Norte (m)
Estación 3	540	4782452	2052375
Tipo de zona	Rural	Localización toma de muestra	Piedras

Nombre de la estación	Cota (msnm)	Coordenadas Planas Origen Nacional	
		Este (m)	Norte (m)
Tipo de estación	Indicativa	Variables meteorológicas medidas	Velocidad del viento, dirección del viento, temperatura, precipitación y humedad relativa
Emisiones dominantes	De fondo		
			

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2025

A nivel de macrolocalización, las estaciones de calidad del aire se ubican en zona con baja interferencia de fuentes significativas persistentes de emisión de partículas tales como minas y canteras, siendo la zona principalmente de vocación agroindustrial y colindante a vía departamental (Figura 4).

Figura 4. Localización geográfica de estaciones de monitoreo – Época Seca



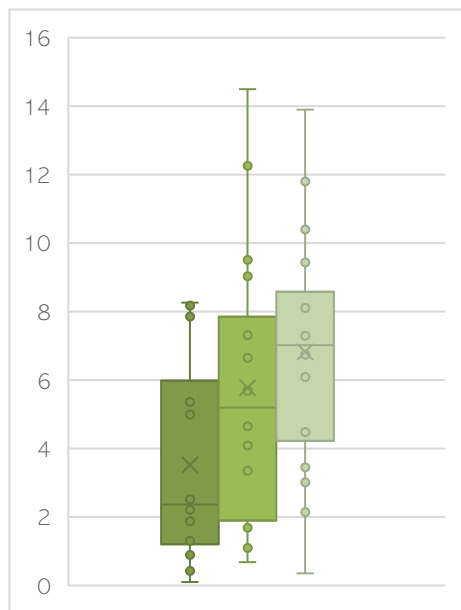
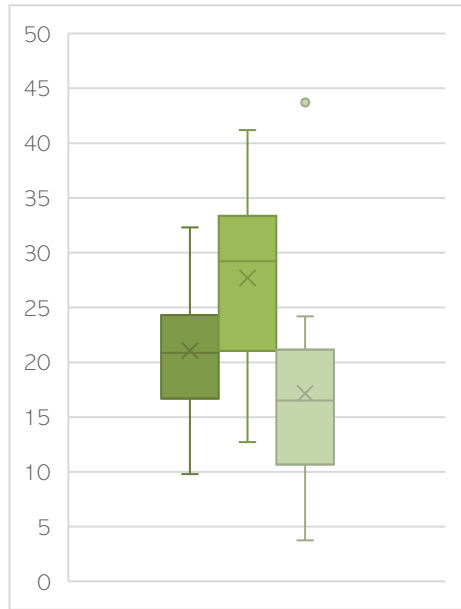
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2025

De acuerdo con los registros de monitoreo se valoran el comportamiento de contaminantes criterio, los cuales desde el punto de vista estadístico muestra tendencia a valores inferiores a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en promedio para PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$, respectivamente.

Tabla 5. Concentraciones Diarias - Material Particulado

Fecha	$\text{PM}_{10} (\text{mg}/\text{m}^3)$		
	Estación 1	Estación 2	Estación 3
2024-07-25	6,22	33,8	8,76
2024-07-26	8,53	28,0	57,3*
2024-07-27	15,5	19,3	16,1
2024-07-28	12,8	6,70	19,3
2024-07-29	13,55	20,4	13,9
2024-07-30	12,1	12,9	15,3
2024-07-31	12,7	19,8	3,23
2024-08-01	20,3	27,0	15,2
2024-08-02	11,1	24,1	9,68
2024-08-03	21,0	34,7	11,6
2024-08-04	10,4	18,6	15,0
2024-08-05	25,3	14,54	2,97
2024-08-06	9,90	14,0	9,64
2024-08-07	11,3	10,9	11,6
2024-08-08	6,45	27,8	14,5
2024-08-09	17,9	11,93	0,96
2024-08-10	1,56	8,78	6,27
2024-08-11	3,78	5,10	5,88
Promedio	12,9	18,8	13,9

Fecha	$\text{PM}_{2.5} (\text{mg}/\text{m}^3)$		
	Estación 1	Estación 2	Estación 3
2024-07-25	1,05	0,83	2,20
2024-07-26	8,50	0,60	1,29
2024-07-27	1,04	6,21	1,69
2024-07-28	0,77	5,87	1,22
2024-07-29	0,09	4,07	2,62
2024-07-30	7,30	2,20	0,58
2024-07-31	10,0	1,378	0,98
2024-08-01	1,37	2,5	6,38
2024-08-02	1,16	1,28	2,70
2024-08-03	0,98	5,48	1,33
2024-08-04	0,96	2,43	1,42
2024-08-05	2,81	1,29	2,59
2024-08-06	3,29	2,25	2,97
2024-08-07	3,44	1,36	2,47
2024-08-08	2,27	3,82	1,80
2024-08-09	1,97	1,97	1,93
2024-08-10	2,88	1,05	0,23
2024-08-11	2,06	0,27	2,58
Promedio	2,89	2,49	2,95



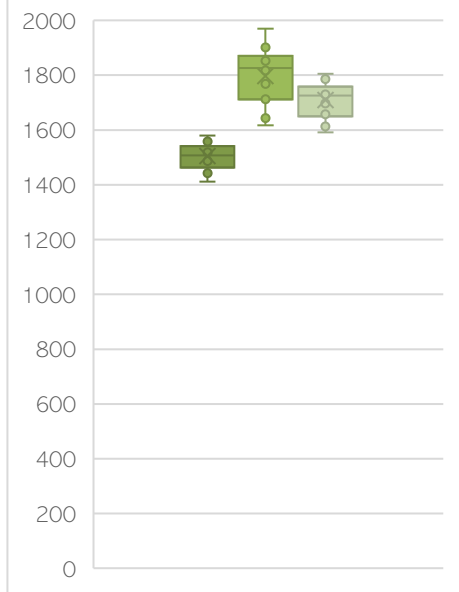
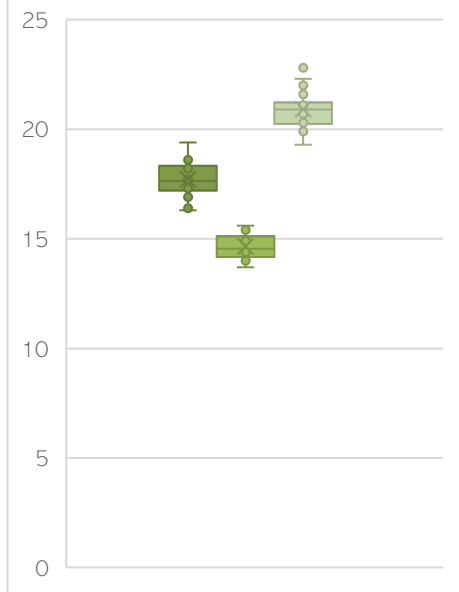
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2025

En el caso de NO_2 y CO , los valores medios tienden a concentraciones menores a $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $6.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. SO_2 presenta valores por debajo de límite de detección del método empleado.

Tabla 6. Concentraciones máximas horarias – Dióxido de nitrógeno y monóxido de carbono

Fecha	NO ₂ (mg/m ³)		
	Estación 1	Estación 2	Estación 3
2024-07-25	15.27	0.95	40.67
2024-07-26	5.73	7.64	37.23
2024-07-27	32.08	4.20	33.60
2024-07-28	8.78	8.78	42.00
2024-07-29	13.17	0.95	27.88
2024-07-30	5.54	0.95	24.25
2024-07-31	7.83	0.76	19.67
2024-08-01	48.69	0.76	99.09
2024-08-02	7.06	7.45	21.77
2024-08-03	9.74	0.76	23.48
2024-08-04	8.59	2.67	25.58
2024-08-05	5.35	3.05	23.48
2024-08-06	8.40	12.79	21.38
2024-08-07	16.23	0.76	25.20
2024-08-08	14.70	0.76	24.06
2024-08-09	6.87	0.76	21.96
2024-08-10	16.42	0.76	23.87
2024-08-11	3.63	0.76	19.28
Promedio	13,00	3,10	30,80

Fecha	CO (mg/m ³)		
	Estación 1	Estación 2	Estación 3
2024-07-25	8675.8	8226.7	5893.8
2024-07-26	8675.8	8226.7	5893.8
2024-07-27	9173.9	8226.7	4962.2
2024-07-28	7420.8	4810.5	4627.4
2024-07-29	8706.3	5009.1	4595.1
2024-07-30	9120.1	5065.4	4547.6
2024-07-31	4780.1	4757.3	4060.4
2024-08-01	6966.3	4798.9	4669.3
2024-08-02	6943.8	4798.9	8473.8
2024-08-03	4163.6	4914.5	4998.5
2024-08-04	7392.4	4663.3	4086.0
2024-08-05	4718.9	4521.6	4046.4
2024-08-06	4214.4	4465.3	4698.7
2024-08-07	4820.1	4756.6	4042.5
2024-08-08	4214.4	4434.7	4535.1
2024-08-09	4913.1	4435.6	3827.3
2024-08-10	4148.3	4572.1	4223.0
2024-08-11	8675.8	4438.8	3882.9
Promedio	6331	5285	4781

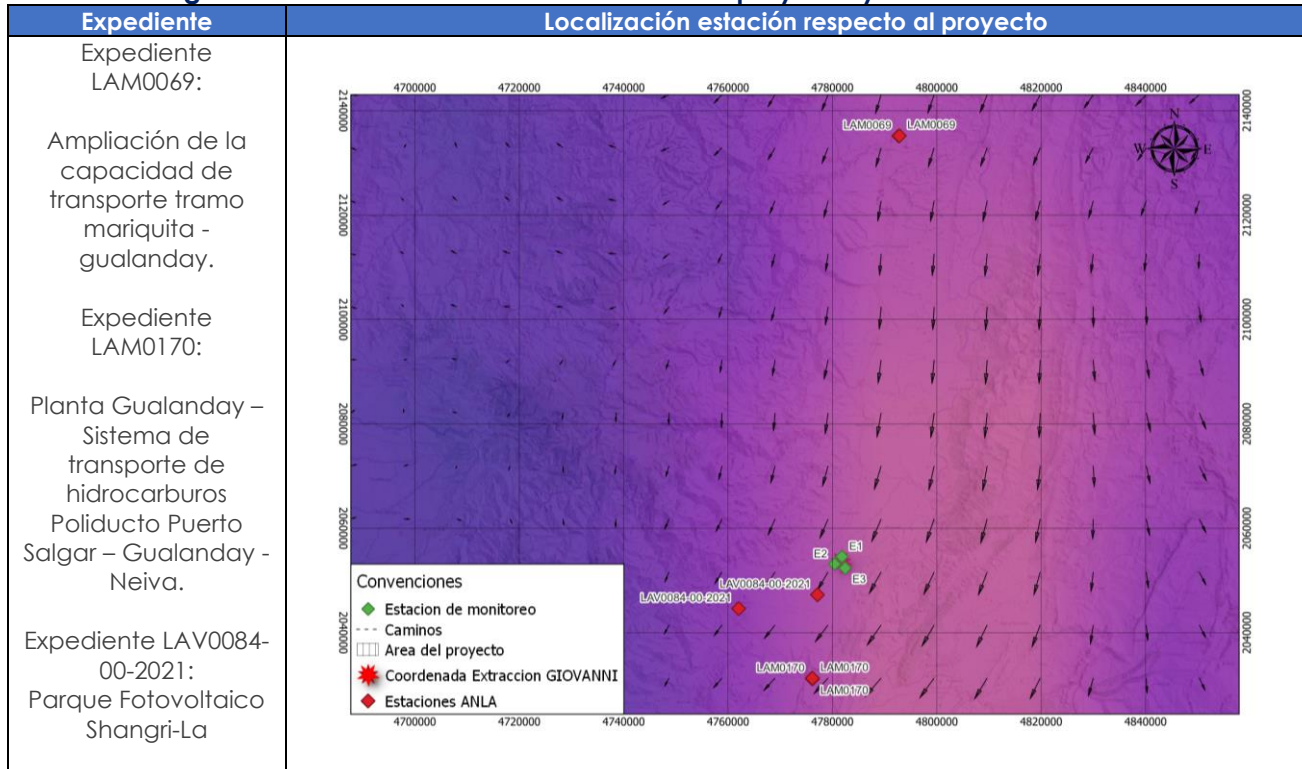


Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2025

3.3 REGISTROS DE MONITOREOS HISTÓRICOS AUTORIDADES AMBIENTALES

Mediante revisión de las bases de datos de acceso público de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), se encuentran a nivel de regionalización los registros asociados a los siguientes proyectos.

Tabla 7. Registros de calidad del aire en cercanías al proyecto y dentro la cuenca atmosférica



Fuente: ANLA, 2025

Como se observa en la relación de puntos de monitoreo existentes, los estudios valorados se emplazan dentro de la región correspondiente a la cuenca atmosférica identificada en la región, siendo los expedientes LAM0170 y LAV0084-00-21 los más cercanos al proyecto Parque Fotovoltaico Arreboles 19,9 MW.

LAM0069: Campaña de monitoreo época húmeda – Periodo 2023

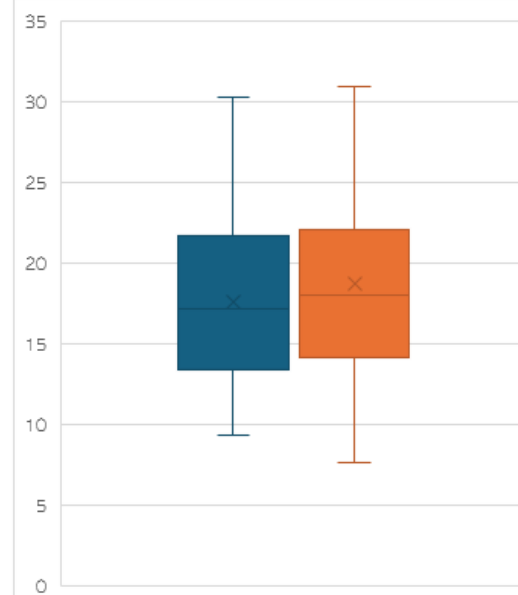
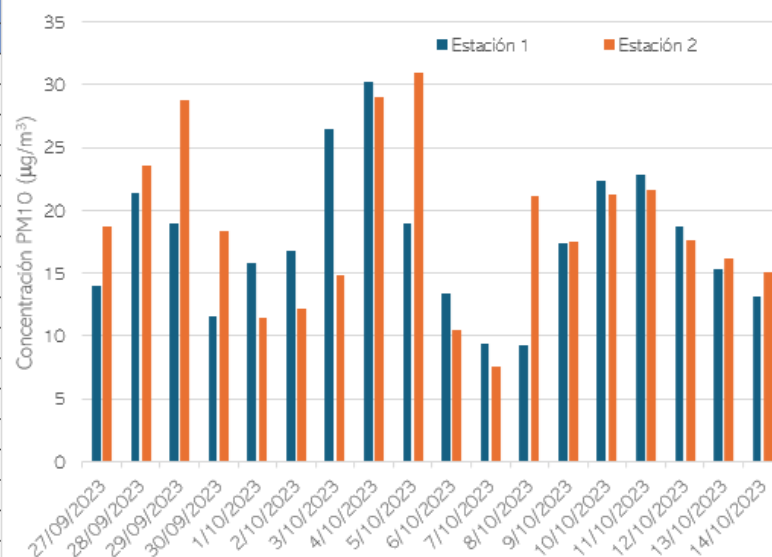
Tabla 8. Coordenadas monitoreo LAM0069

Estación	Este (m)	Norte (m)
E1	4792717	2135171
E2	4792837	2135199

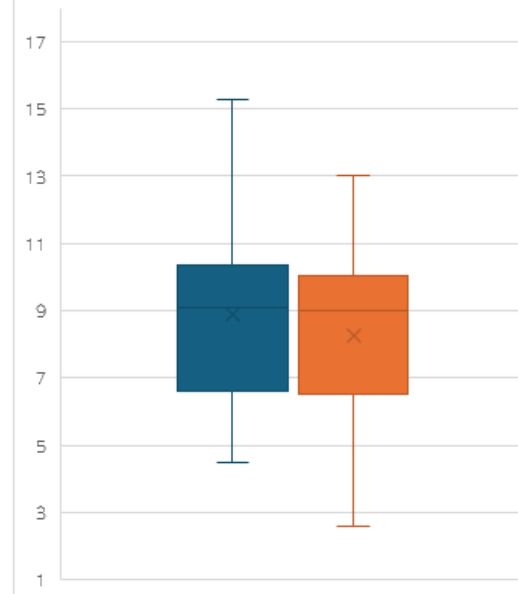
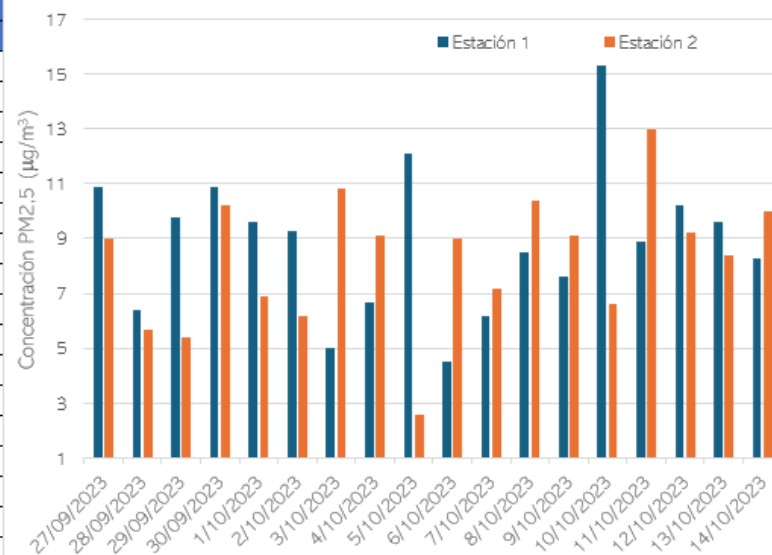
Fuente: ANLA, 2025

Para época húmeda, los registros de calidad del aire muestran concentraciones promedio regionales cercanas a $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM_{10} , $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para $\text{PM}_{2.5}$, $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para NO_2 y $800 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para CO , tomando como estadístico de análisis la mediana de los valores determinados en la zona de estudio. Los registros de calidad del aire muestran baja variabilidad para PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$, presentando concentraciones máximas cercanas a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en exposición diaria, respectivamente. En el caso de gases de combustión los valores determinados presentan concentraciones relativamente bajas con respecto a la norma de calidad del aire a nivel nacional.

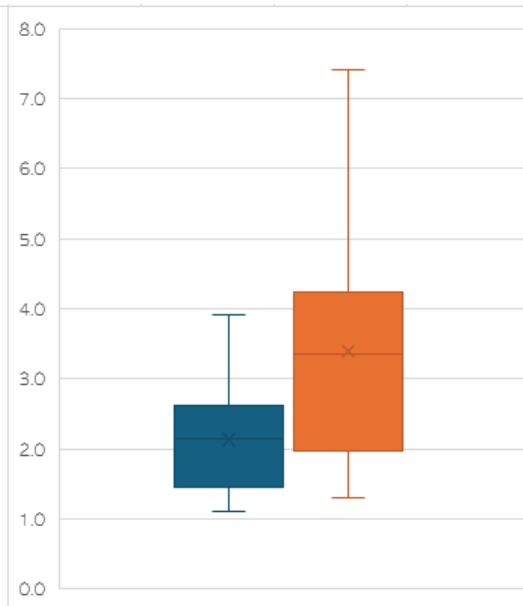
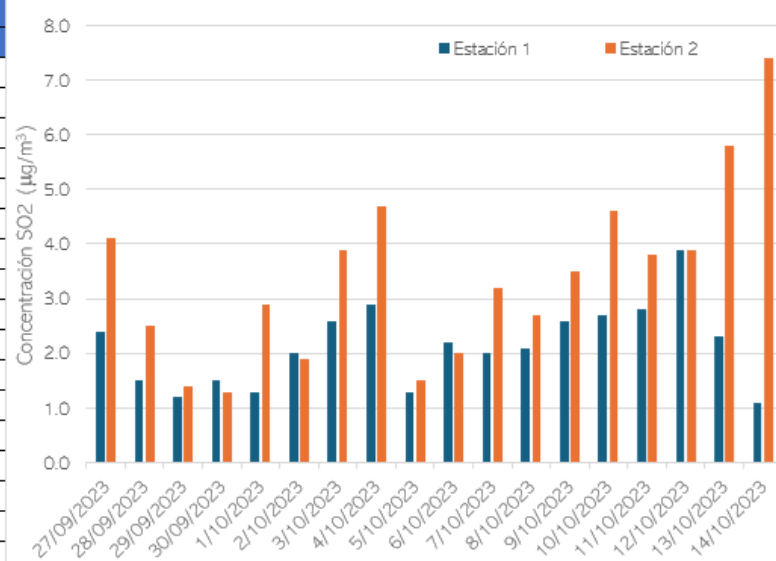
Fecha	PM ₁₀ (µg/m³)	
	Estación 1	Estación 2
27/09/2023	14	18.7
28/09/2023	21.4	23.5
29/09/2023	19	28.7
30/09/2023	11.6	18.4
1/10/2023	15.8	11.4
2/10/2023	16.8	12.2
3/10/2023	26.5	14.8
4/10/2023	30.2	29
5/10/2023	18.9	30.9
6/10/2023	13.4	10.5
7/10/2023	9.4	7.6
8/10/2023	9.3	21.1
9/10/2023	17.4	17.5
10/10/2023	22.3	21.2
11/10/2023	22.8	21.6
12/10/2023	18.7	17.6
13/10/2023	15.3	16.2
14/10/2023	13.1	15.1



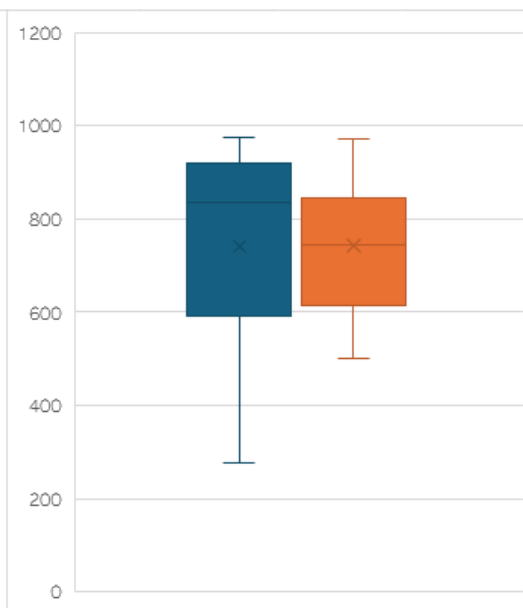
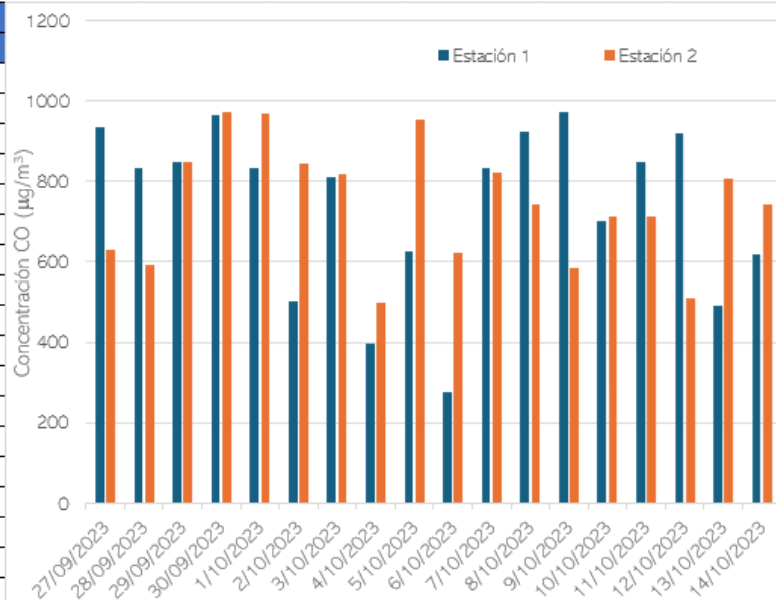
	PM _{2.5} (µg/m³)	
	Estación 1	Estación 2
27/09/2023	10.9	9
28/09/2023	6.4	5.7
29/09/2023	9.8	5.4
30/09/2023	10.9	10.2
1/10/2023	9.6	6.9
2/10/2023	9.3	6.2
3/10/2023	5	10.8
4/10/2023	6.7	9.1
5/10/2023	12.1	2.6
6/10/2023	4.5	9
7/10/2023	6.2	7.2
8/10/2023	8.5	10.4
9/10/2023	7.6	9.1
10/10/2023	15.3	6.6
11/10/2023	8.9	13
12/10/2023	10.2	9.2
13/10/2023	9.6	8.4
14/10/2023	8.3	10



	SO ₂ (µg/m ³)	
	Estación 1	Estación 2
27/09/2023	2.4	4.1
28/09/2023	1.5	2.5
29/09/2023	1.2	1.4
30/09/2023	1.5	1.3
1/10/2023	1.3	2.9
2/10/2023	2.0	1.9
3/10/2023	2.6	3.9
4/10/2023	2.9	4.7
5/10/2023	1.3	1.5
6/10/2023	2.2	2.0
7/10/2023	2.0	3.2
8/10/2023	2.1	2.7
9/10/2023	2.6	3.5
10/10/2023	2.7	4.6
11/10/2023	2.8	3.8
12/10/2023	3.9	3.9
13/10/2023	2.3	5.8
14/10/2023	1.1	7.4



	CO (µg/m ³)	
	Estación 1	Estación 2
27/09/2023	933.44	628.36
28/09/2023	834.23	593.31
29/09/2023	849.35	847.06
30/09/2023	965.17	970.67
1/10/2023	834	968.61
2/10/2023	502.46	844.42
3/10/2023	808.91	816.24
4/10/2023	396.49	499.37
5/10/2023	625.84	952.8
6/10/2023	276.66	622.64
7/10/2023	832.85	819.91
8/10/2023	924.62	742.58
9/10/2023	973.65	584.03
10/10/2023	701.45	713.37
11/10/2023	847.63	711.08
12/10/2023	918.32	510.71
13/10/2023	489.86	804.56
14/10/2023	619.2	742.69



LAM0170: Campaña de monitoreo época húmeda – Periodo 2022, 2023 y 2024

Tabla 9. Coordenadas monitoreo LAM0170

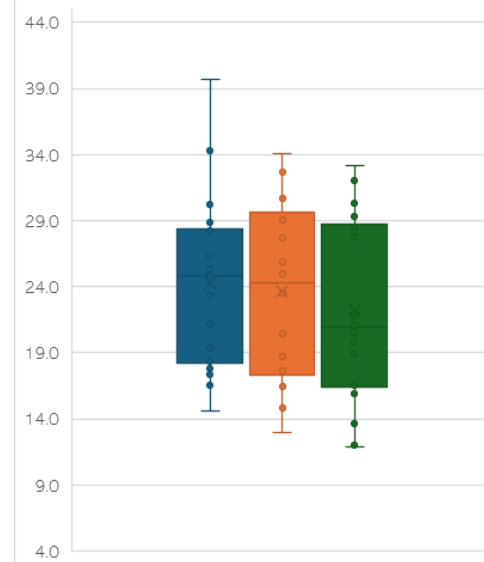
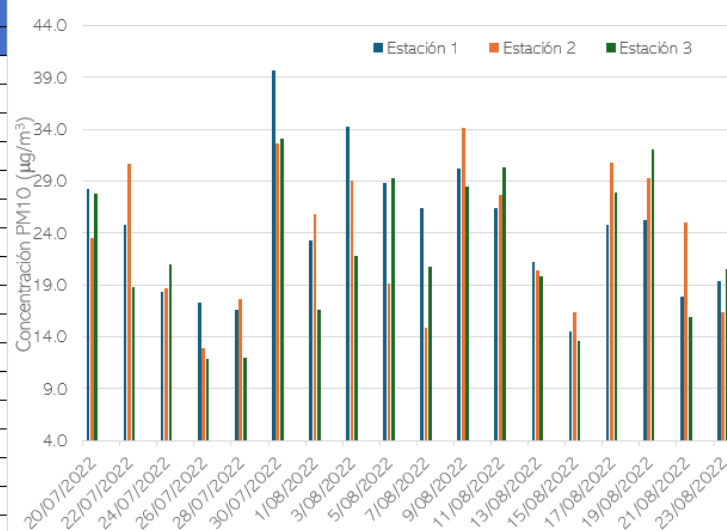
Estación	Este (m)	Norte (m)
E1	4776205	2031174
E2	4776107	2031202
E3	4776177	2031274

Fuente: ANLA, 2025

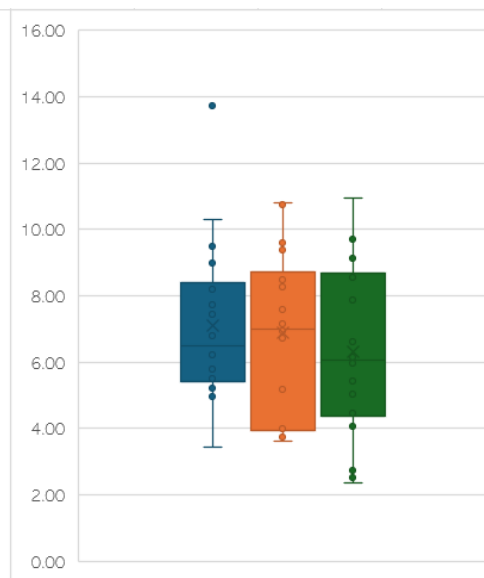
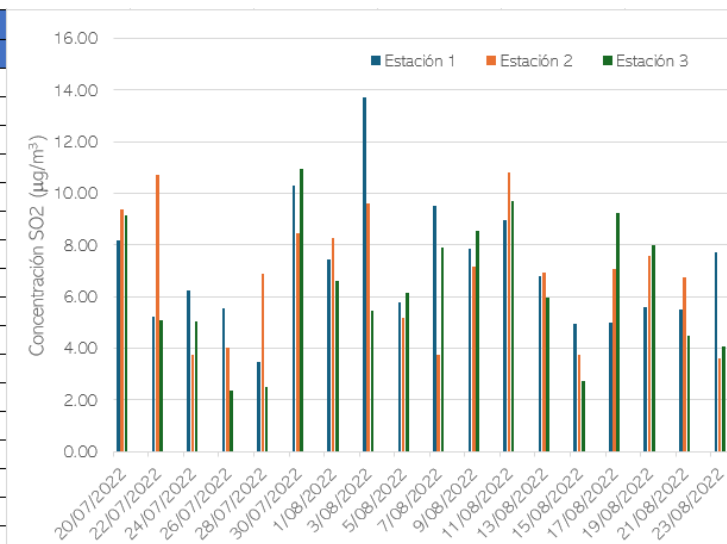
Las estaciones localizadas sobre áreas alejadas a infraestructura industrial, y las cuales caracterizan las condiciones regionales de la zona de estudio a nivel de calidad del aire, presentan niveles promedio de concentración de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5} menores a 25 y 10 µg/m³, respectivamente.

Periodo 2022

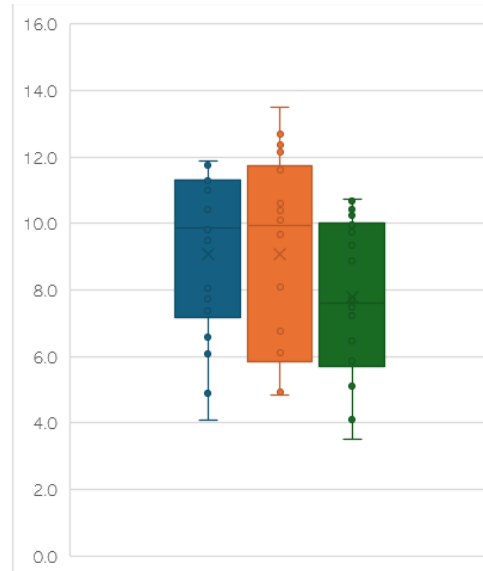
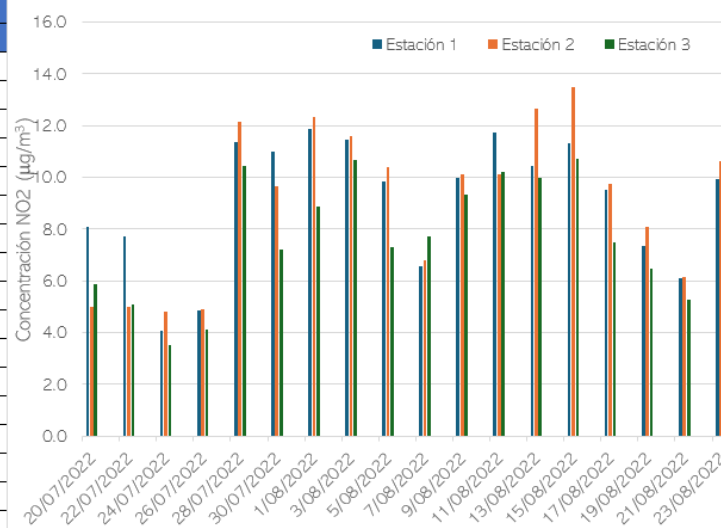
Fecha	PM ₁₀ (µg/m³)		
	Estación 1	Estación 2	Estación 3
20/07/2022	28.2	23.5	27.8
22/07/2022	24.9	30.7	18.9
24/07/2022	18.4	18.7	21.0
26/07/2022	17.3	13.0	11.9
28/07/2022	16.6	17.6	12.0
30/07/2022	39.7	32.6	33.2
1/08/2022	23.3	25.9	16.6
3/08/2022	34.3	29.1	21.8
5/08/2022	28.9	19.1	29.3
7/08/2022	26.4	14.9	20.8
9/08/2022	30.2	34.1	28.5
11/08/2022	26.4	27.7	30.3
13/08/2022	21.2	20.5	19.8
15/08/2022	14.6	16.4	13.6
17/08/2022	24.8	30.8	27.9
19/08/2022	25.3	29.3	32.0
21/08/2022	17.8	25.0	15.9
23/08/2022	19.3	16.4	20.5



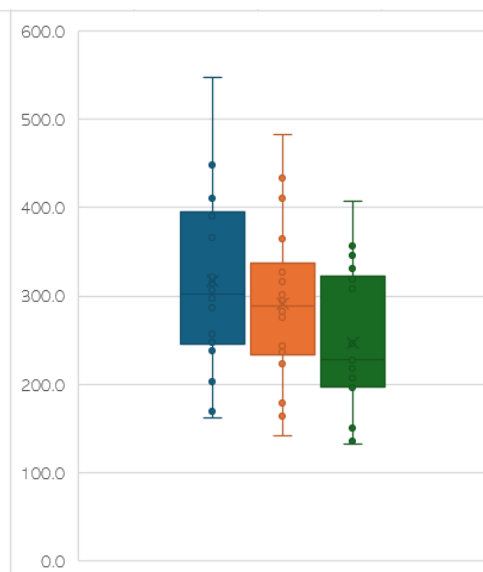
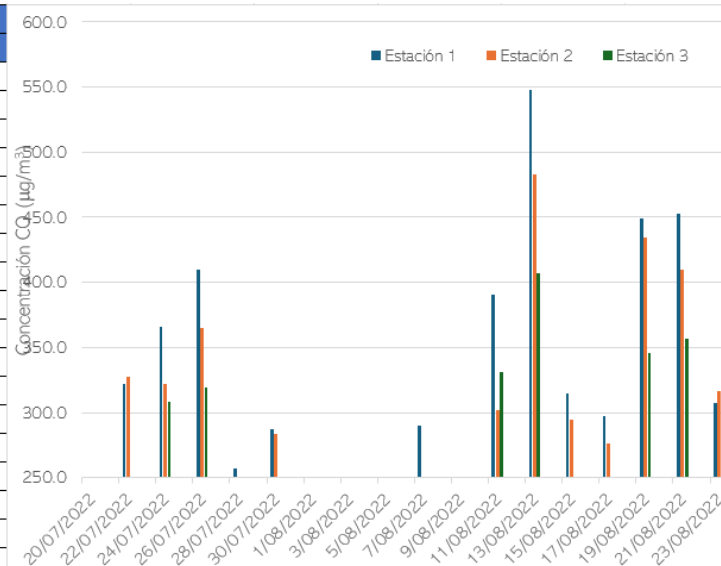
Fecha	PM _{2.5} (µg/m³)		
	Estación 1	Estación 2	Estación 3
20/07/2022	8.18	9.40	9.15
22/07/2022	5.22	10.73	5.09
24/07/2022	6.23	3.74	5.04
26/07/2022	5.53	4.01	2.37
28/07/2022	3.46	6.88	2.53
30/07/2022	10.31	8.48	10.93
1/08/2022	7.45	8.29	6.61
3/08/2022	13.71	9.60	5.44
5/08/2022	5.79	5.18	6.17
7/08/2022	9.51	3.73	7.89
9/08/2022	7.87	7.16	8.54
11/08/2022	8.98	10.80	9.71
13/08/2022	6.78	6.94	5.96
15/08/2022	4.97	3.77	2.73
17/08/2022	4.98	7.08	9.22
19/08/2022	5.59	7.60	8.01
21/08/2022	5.51	6.74	4.47
23/08/2022	7.73	3.62	4.08



Fecha	NO ₂ (µg/m ³)		
	Estación 1	Estación 2	Estación 3
20/07/2022	8.1	5.0	5.9
22/07/2022	7.7	5.0	5.1
24/07/2022	4.1	4.8	3.5
26/07/2022	4.9	4.9	4.1
28/07/2022	11.4	12.1	10.4
30/07/2022	11.0	9.7	7.2
1/08/2022	11.9	12.4	8.9
3/08/2022	11.4	11.6	10.7
5/08/2022	9.8	10.4	7.3
7/08/2022	6.6	6.8	7.7
9/08/2022	10.0	10.1	9.3
11/08/2022	11.7	10.1	10.2
13/08/2022	10.4	12.7	10.0
15/08/2022	11.3	13.5	10.7
17/08/2022	9.5	9.8	7.5
19/08/2022	7.4	8.1	6.5
21/08/2022	6.1	6.1	5.3
23/08/2022	9.9	10.6	9.8

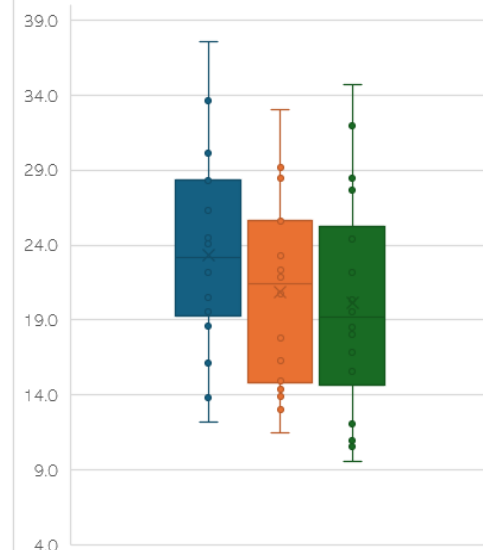
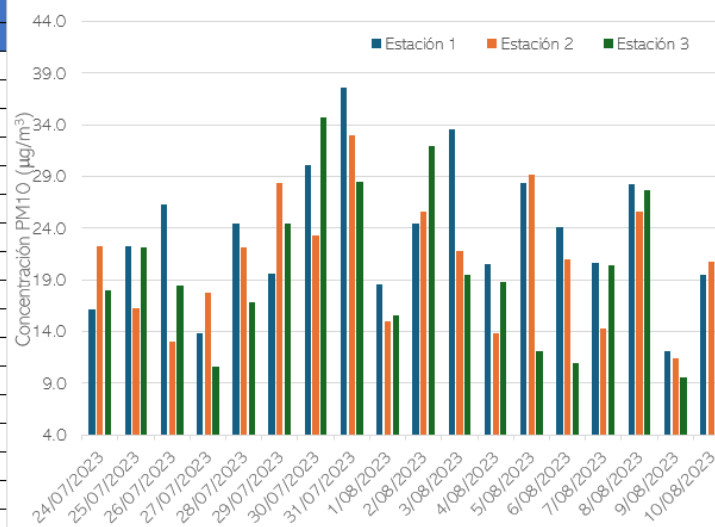


Fecha	CO (µg/m ³)		
	Estación 1	Estación 2	Estación 3
20/07/2022	247.8	236.3	195.9
22/07/2022	321.7	327.2	246.7
24/07/2022	365.6	321.8	308.2
26/07/2022	410.2	364.7	319.4
28/07/2022	257.0	244.0	206.4
30/07/2022	286.9	283.1	226.9
1/08/2022	202.7	163.2	150.9
3/08/2022	161.7	142.1	135.9
5/08/2022	169.1	178.5	132.1
7/08/2022	290.1	240.2	213.1
9/08/2022	238.1	223.4	197.3
11/08/2022	390.7	301.6	331.2
13/08/2022	547.5	482.5	407.3
15/08/2022	314.4	294.7	229.6
17/08/2022	297.5	276.3	230.4
19/08/2022	449.1	434.0	345.7
21/08/2022	452.4	410.1	356.7
23/08/2022	307.3	316.0	218.4

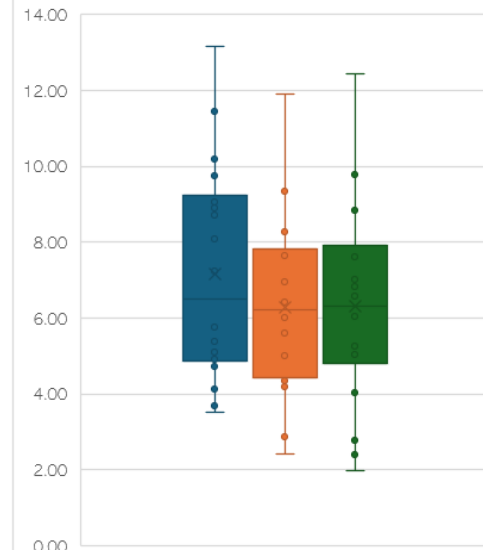
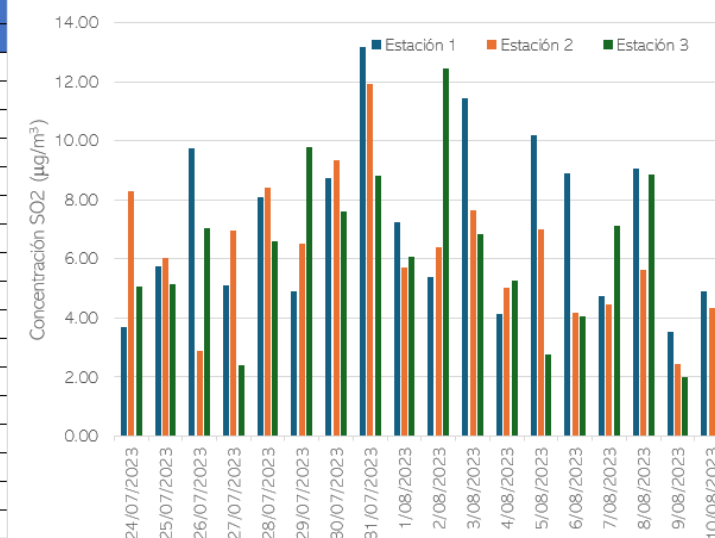


Periodo 2023

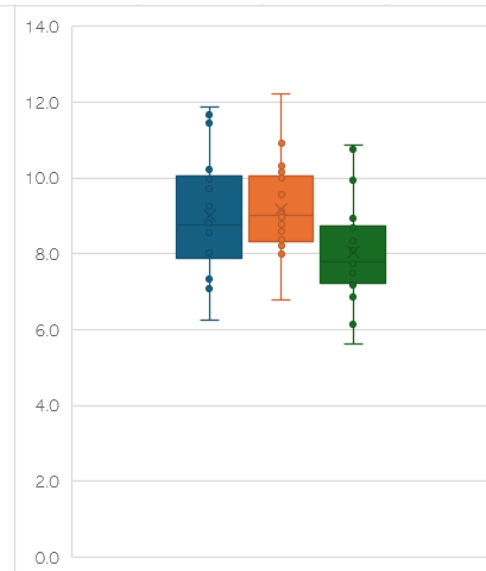
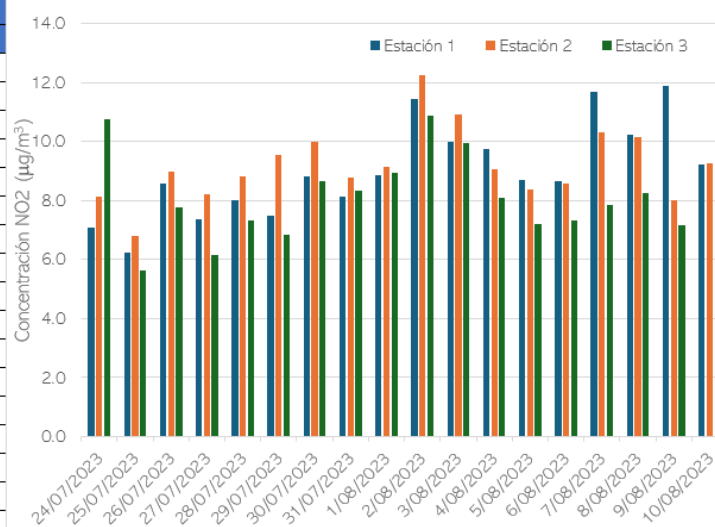
Fecha	PM ₁₀ (µg/m³)		
	Estación 1	Estación 2	Estación 3
24/07/2023	16.1	22.3	18.0
25/07/2023	22.2	16.3	22.2
26/07/2023	26.3	13.0	18.5
27/07/2023	13.8	17.8	10.6
28/07/2023	24.5	22.1	16.9
29/07/2023	19.6	28.4	24.4
30/07/2023	30.1	23.3	34.7
31/07/2023	37.6	33.0	28.5
1/08/2023	18.6	15.0	15.5
2/08/2023	24.5	25.6	32.0
3/08/2023	33.6	21.9	19.5
4/08/2023	20.5	13.9	18.8
5/08/2023	28.4	29.1	12.1
6/08/2023	24.1	21.0	11.0
7/08/2023	20.7	14.4	20.4
8/08/2023	28.3	25.6	27.6
9/08/2023	12.2	11.4	9.5
10/08/2023	19.5	20.7	22.4



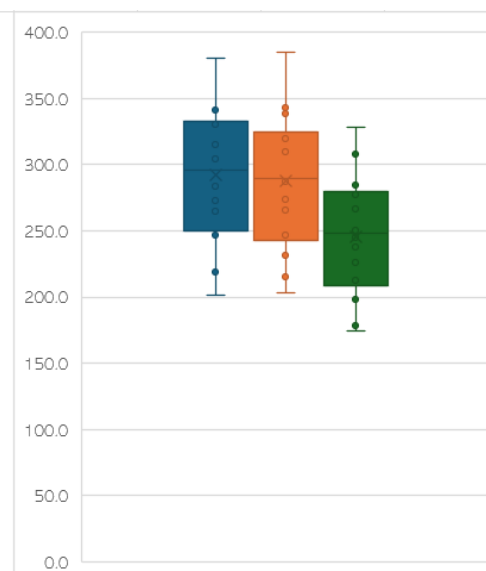
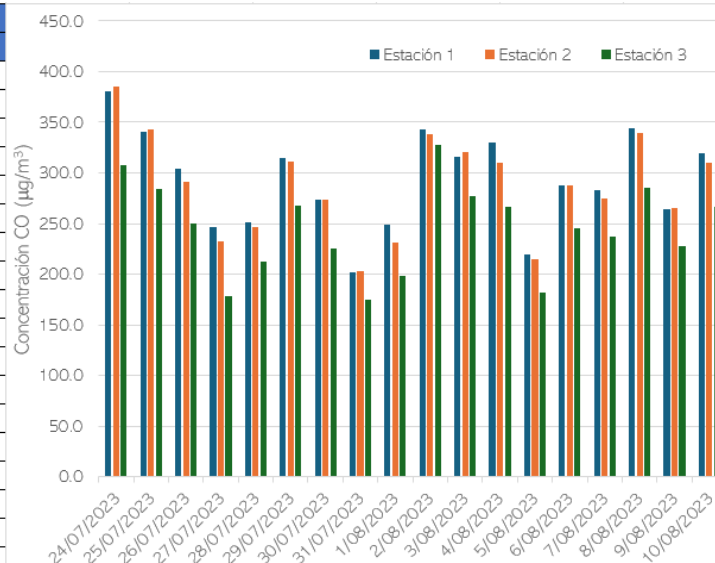
Fecha	PM _{2.5} (µg/m³)		
	Estación 1	Estación 2	Estación 3
24/07/2023	3.68	8.27	5.05
25/07/2023	5.76	6.01	5.12
26/07/2023	9.75	2.87	7.03
27/07/2023	5.09	6.96	2.41
28/07/2023	8.09	8.40	6.58
29/07/2023	4.90	6.53	9.78
30/07/2023	8.73	9.33	7.61
31/07/2023	13.17	11.91	8.83
1/08/2023	7.25	5.70	6.07
2/08/2023	5.39	6.41	12.45
3/08/2023	11.45	7.65	6.82
4/08/2023	4.12	5.01	5.27
5/08/2023	10.19	6.99	2.77
6/08/2023	8.90	4.18	4.04
7/08/2023	4.74	4.46	7.11
8/08/2023	9.07	5.62	8.86
9/08/2023	3.53	2.42	1.98
10/08/2023	4.90	4.35	6.06



Fecha	NO ₂ (µg/m ³)		
	Estación 1	Estación 2	Estación 3
24/07/2023	7.1	8.1	10.8
25/07/2023	6.2	6.8	5.6
26/07/2023	8.6	9.0	7.7
27/07/2023	7.3	8.2	6.1
28/07/2023	8.0	8.8	7.3
29/07/2023	7.5	9.6	6.8
30/07/2023	8.8	10.0	8.7
31/07/2023	8.1	8.8	8.3
1/08/2023	8.9	9.1	8.9
2/08/2023	11.4	12.2	10.9
3/08/2023	10.0	10.9	9.9
4/08/2023	9.7	9.1	8.1
5/08/2023	8.7	8.4	7.2
6/08/2023	8.6	8.6	7.3
7/08/2023	11.7	10.3	7.8
8/08/2023	10.2	10.2	8.2
9/08/2023	11.9	8.0	7.2
10/08/2023	9.2	9.2	7.5

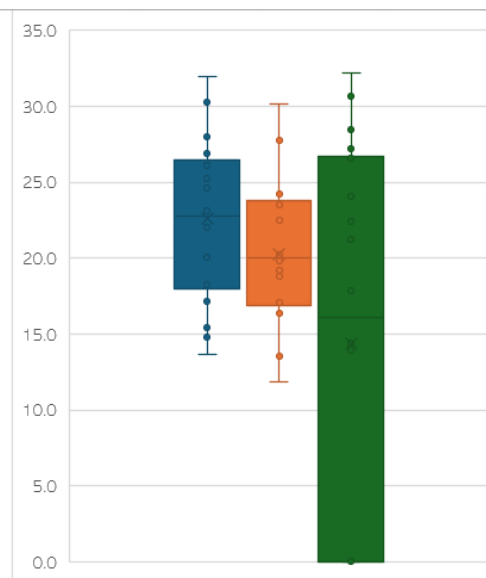
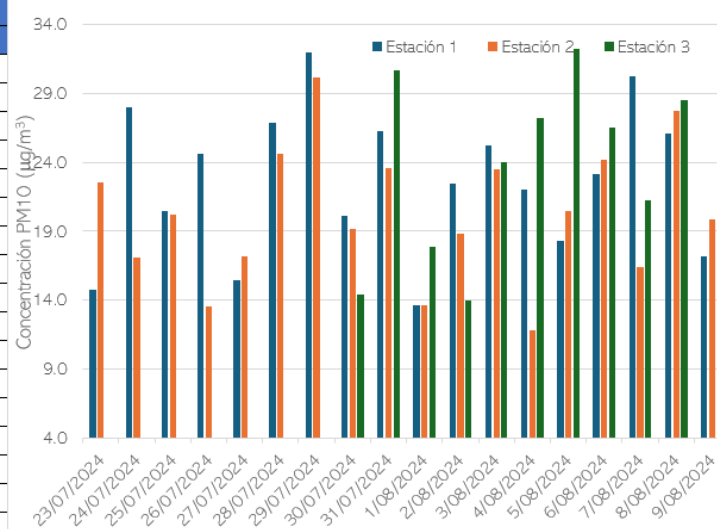


Fecha	CO (µg/m ³)		
	Estación 1	Estación 2	Estación 3
24/07/2023	380.1	384.7	307.9
25/07/2023	341.1	342.9	284.3
26/07/2023	304.4	291.1	250.4
27/07/2023	246.6	232.2	178.8
28/07/2023	250.8	246.8	212.7
29/07/2023	314.8	311.4	267.4
30/07/2023	273.2	273.9	225.9
31/07/2023	201.7	203.4	174.7
1/08/2023	248.5	231.5	197.9
2/08/2023	342.4	338.3	328.1
3/08/2023	316.4	320.1	277.6
4/08/2023	330.2	309.8	266.5
5/08/2023	219.0	215.1	182.3
6/08/2023	287.4	287.4	245.1
7/08/2023	283.4	274.5	237.7
8/08/2023	344.2	339.6	285.4
9/08/2023	264.5	265.7	227.8
10/08/2023	318.8	310.0	266.5

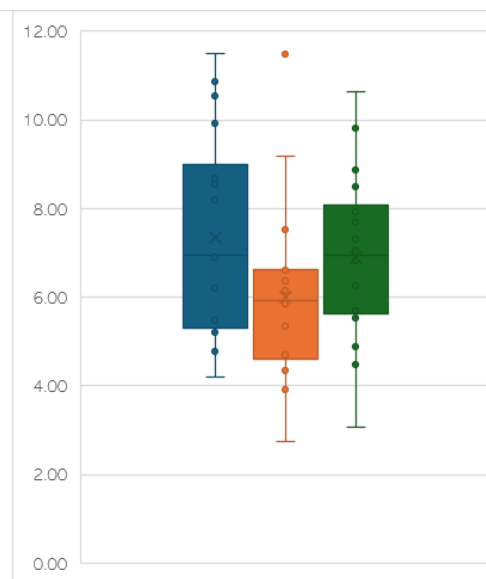
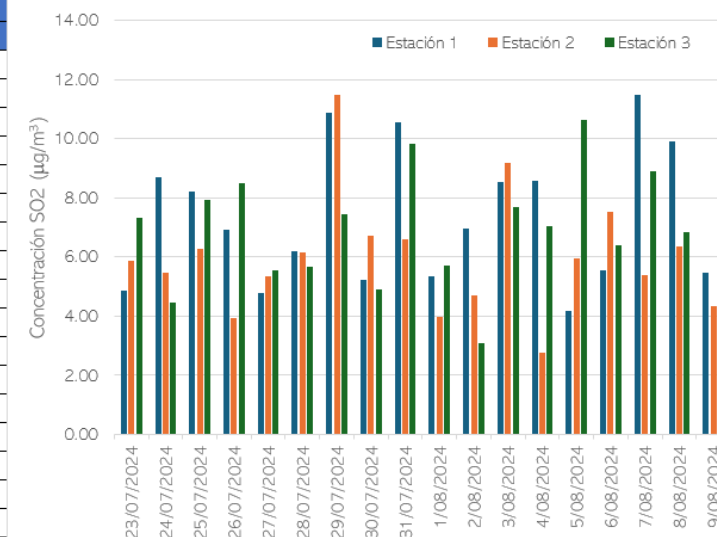


Periodo 2024

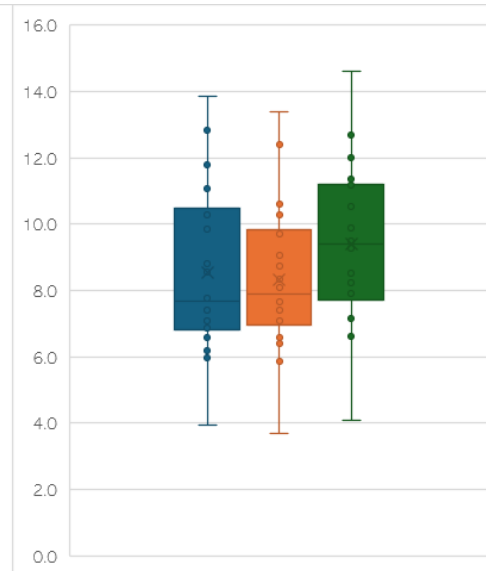
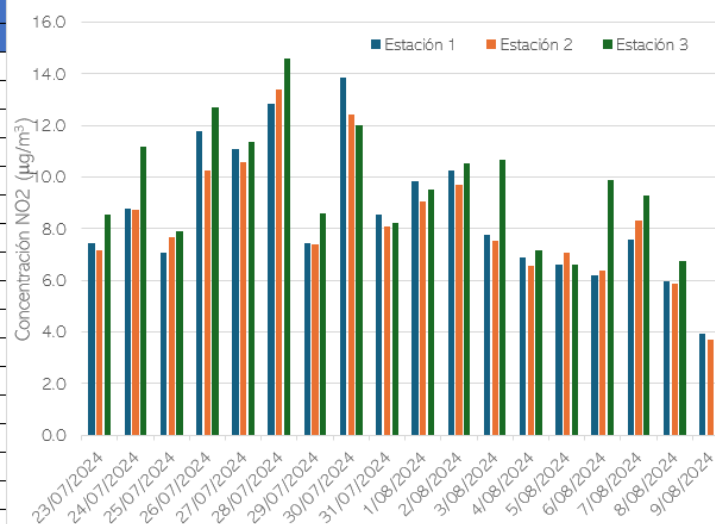
Fecha	PM ₁₀ (µg/m³)		
	Estación 1	Estación 2	Estación 3
23/07/2024	14.8	22.5	NA
24/07/2024	28.0	17.1	NA
25/07/2024	20.4	20.2	NA
26/07/2024	24.6	13.5	NA
27/07/2024	15.4	17.2	NA
28/07/2024	26.9	24.6	NA
29/07/2024	32.0	30.1	NA
30/07/2024	20.1	19.2	14.4
31/07/2024	26.3	23.6	30.6
1/08/2024	13.7	13.7	17.8
2/08/2024	22.4	18.8	14.0
3/08/2024	25.2	23.5	24.1
4/08/2024	22.0	11.8	27.2
5/08/2024	18.3	20.5	32.2
6/08/2024	23.1	24.2	26.6
7/08/2024	30.3	16.4	21.2
8/08/2024	26.1	27.8	28.5
9/08/2024	17.2	19.8	22.4



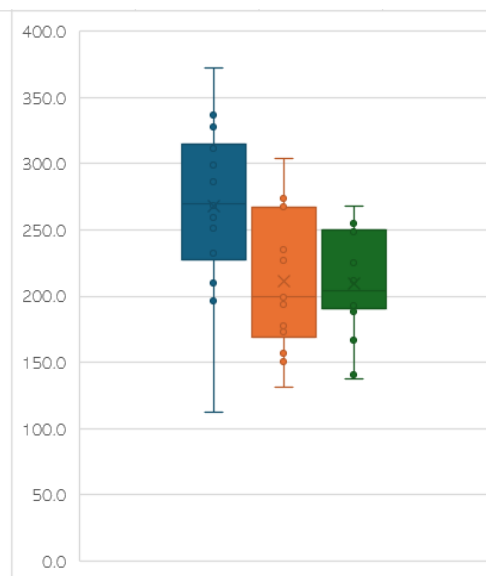
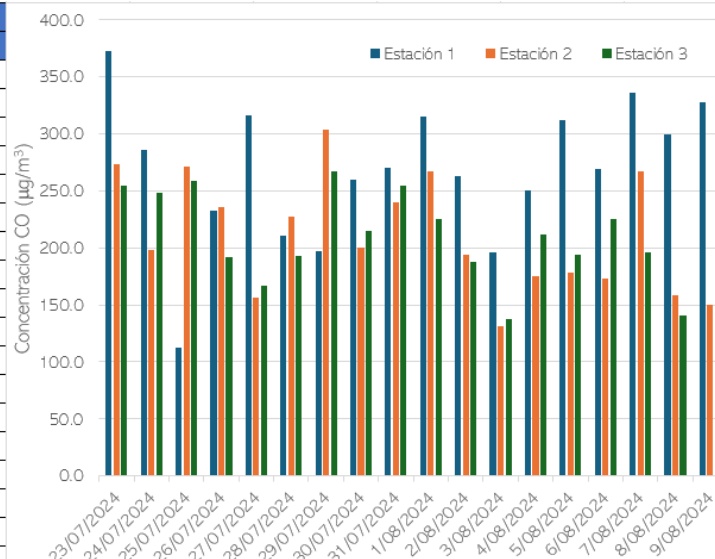
Fecha	PM _{2.5} (µg/m³)		
	Estación 1	Estación 2	Estación 3
23/07/2024	4.86	5.86	7.32
24/07/2024	8.69	5.47	4.47
25/07/2024	8.19	6.27	7.94
26/07/2024	6.90	3.91	8.48
27/07/2024	4.78	5.34	5.54
28/07/2024	6.20	6.16	5.66
29/07/2024	10.86	11.47	7.45
30/07/2024	5.21	6.70	4.88
31/07/2024	10.53	6.60	9.82
1/08/2024	5.34	3.95	5.69
2/08/2024	6.97	4.69	3.07
3/08/2024	8.55	9.18	7.68
4/08/2024	8.58	2.74	7.05
5/08/2024	4.19	5.96	10.64
6/08/2024	5.54	7.52	6.39
7/08/2024	11.49	5.40	8.88
8/08/2024	9.91	6.37	6.83
9/08/2024	5.47	4.35	6.27



Fecha	NO ₂ (µg/m ³)		
	Estación 1	Estación 2	Estación 3
23/07/2024	7.4	7.2	8.5
24/07/2024	8.8	8.7	11.2
25/07/2024	7.1	7.7	7.9
26/07/2024	11.8	10.3	12.7
27/07/2024	11.1	10.6	11.3
28/07/2024	12.8	13.4	14.6
29/07/2024	7.4	7.4	8.6
30/07/2024	13.9	12.4	12.0
31/07/2024	8.6	8.1	8.2
1/08/2024	9.8	9.1	9.5
2/08/2024	10.3	9.7	10.5
3/08/2024	7.8	7.5	10.7
4/08/2024	6.9	6.6	7.1
5/08/2024	6.6	7.1	6.6
6/08/2024	6.2	6.4	9.9
7/08/2024	7.6	8.3	9.3
8/08/2024	6.0	5.9	6.7
9/08/2024	3.9	3.7	4.1



Fecha	CO (µg/m ³)		
	Estación 1	Estación 2	Estación 3
23/07/2024	372.4	273.8	254.9
24/07/2024	286.1	198.7	248.4
25/07/2024	112.7	271.0	258.5
26/07/2024	232.8	235.4	191.8
27/07/2024	316.1	156.6	167.1
28/07/2024	210.4	227.0	192.9
29/07/2024	197.4	303.7	267.6
30/07/2024	259.7	200.2	215.1
31/07/2024	270.8	239.7	254.9
1/08/2024	314.7	267.4	225.5
2/08/2024	262.8	194.2	188.2
3/08/2024	196.1	131.6	137.7
4/08/2024	250.9	175.3	211.9
5/08/2024	312.0	178.0	193.9
6/08/2024	268.9	172.7	225.3
7/08/2024	336.4	267.1	195.7
8/08/2024	299.4	158.5	140.6
9/08/2024	328.0	150.5	194.7



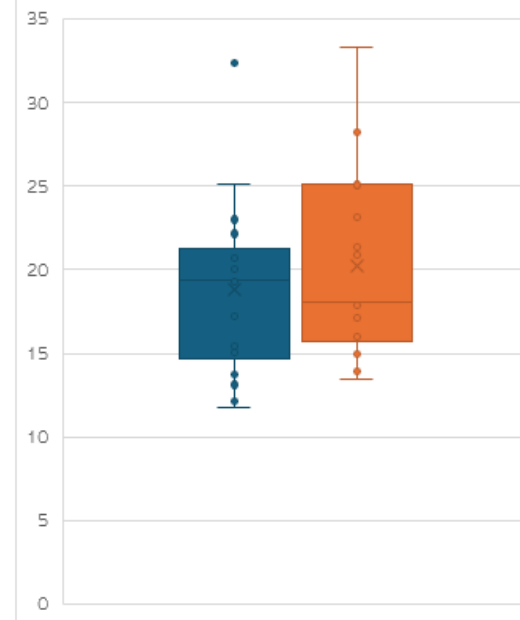
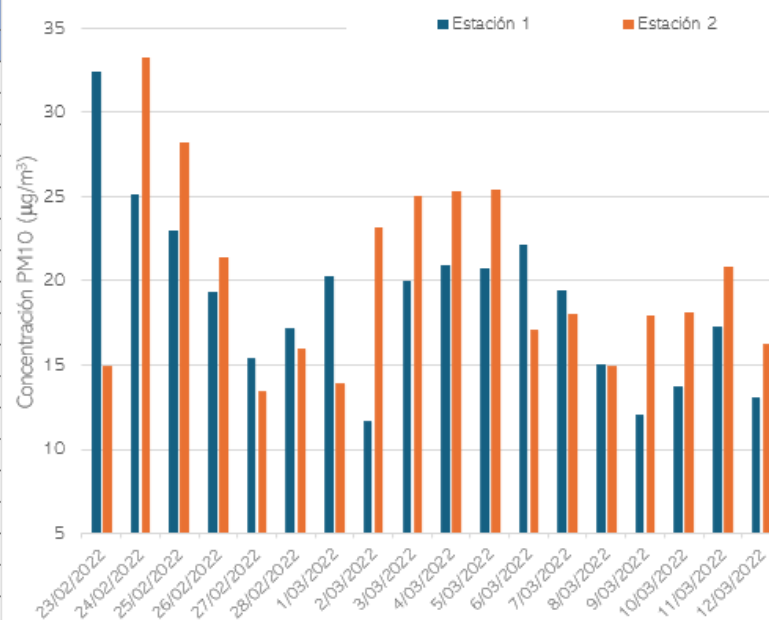
LAV0084-00-2021: Campaña de monitoreo época húmeda – Periodo 2022**Tabla 10. Coordenadas monitoreo LAV0084-00-2021**

Estación	Este (m)	Norte (m)
E1	4777142	2047268
E2	4762045	2044621

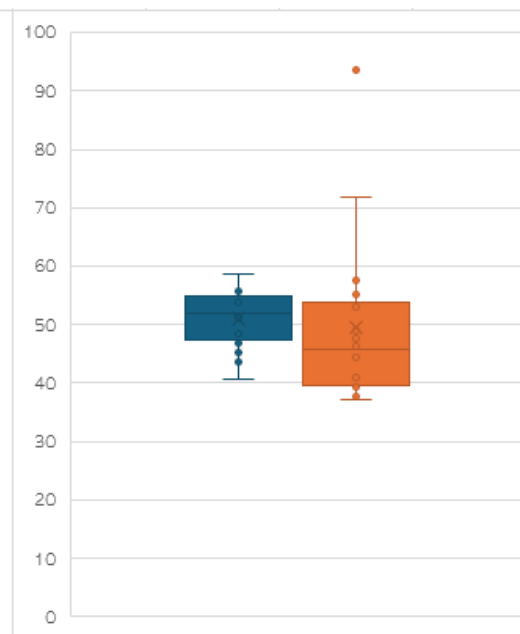
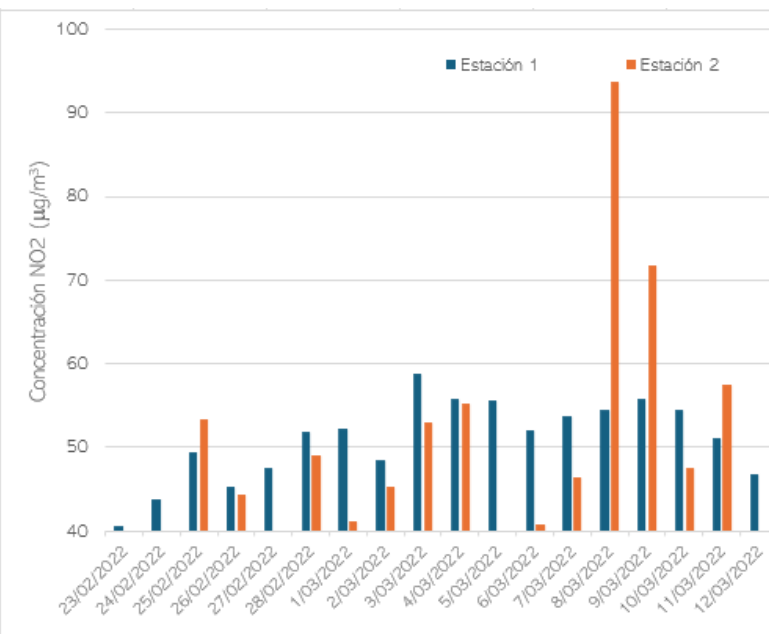
Fuente: ANLA, 2025

Para época húmeda, los registros de calidad del aire muestran concentraciones promedio regionales cercanas a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM_{10} y $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para NO_2 , tomando como estadístico de análisis la mediana de los valores determinados en la zona de estudio. Los registros de calidad del aire muestran baja variabilidad para PM_{10} presentando concentraciones máximas típicas cercanas a $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Fecha	PM ₁₀ (µg/m³)	
	Estación 1	Estación 2
23/02/2022	32.39	14.96
24/02/2022	25.15	33.3
25/02/2022	23.01	28.19
26/02/2022	19.32	21.39
27/02/2022	15.44	13.47
28/02/2022	17.21	16.01
1/03/2022	20.26	13.92
2/03/2022	11.73	23.16
3/03/2022	20.02	25.08
4/03/2022	20.92	25.36
5/03/2022	20.74	25.46
6/03/2022	22.16	17.13
7/03/2022	19.43	18.07
8/03/2022	15.05	14.95
9/03/2022	12.1	17.9
10/03/2022	13.71	18.09
11/03/2022	17.27	20.85
12/03/2022	13.12	16.28



Fecha	NO ₂ (µg/m³)	
	Estación 1	Estación 2
23/02/2022	40.69	37.18
24/02/2022	43.7	39.79
25/02/2022	49.33	53.32
26/02/2022	45.28	44.39
27/02/2022	47.47	38.55
28/02/2022	51.83	49.1
1/03/2022	52.17	41.17
2/03/2022	48.53	45.31
3/03/2022	58.77	52.91
4/03/2022	55.76	55.28
5/03/2022	55.67	39.32
6/03/2022	52.03	40.87
7/03/2022	53.78	46.39
8/03/2022	54.57	93.65
9/03/2022	55.74	71.72
10/03/2022	54.48	47.58
11/03/2022	51.2	57.55
12/03/2022	46.82	37.72



3.4 REANÁLISIS GIOVANNI NASA Y COPERNICUS EU

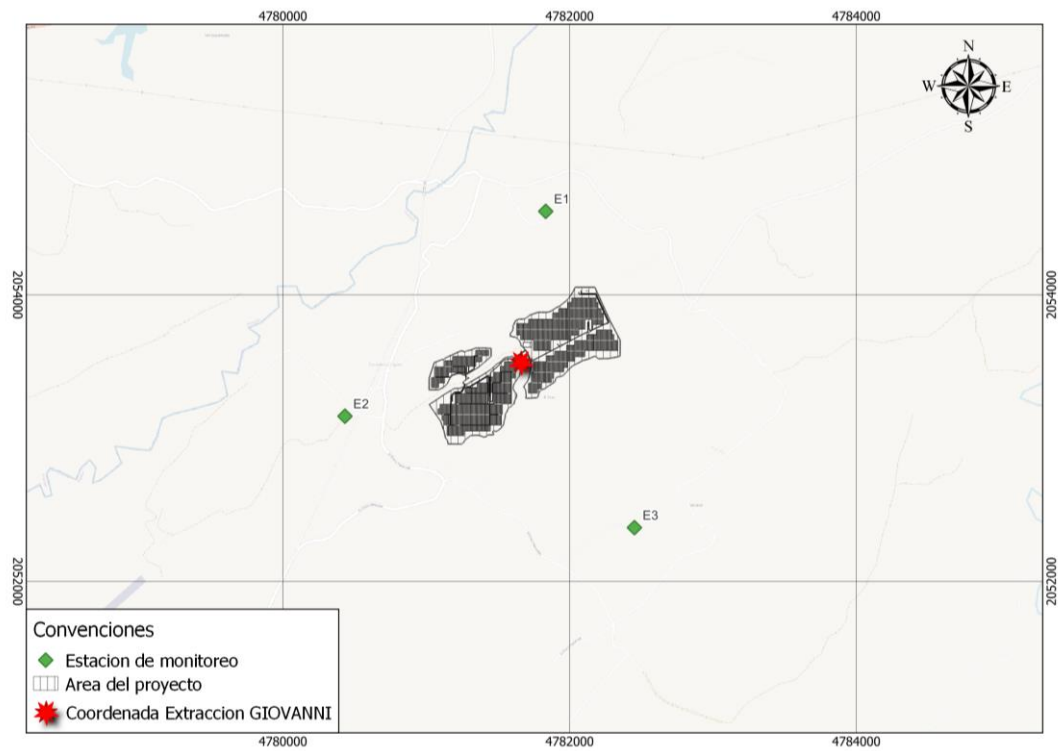
Giovanni es una aplicación web que se utiliza para mostrar y analizar parámetros geofísicos en datos de teledetección donde se conoce el linaje de los datos, soportado por NASA de Estados Unidos, proporciona datos a partir de 1980 a la fecha de diferentes parámetros atmosféricos y de superficie.

El análisis de datos incluye tanto en el modelo GEOS como en el sistema de asimilación GSI. La resolución espacial de los datos reportados por el sistema de información es de aproximadamente 50 km en dirección latitudinal. La valoración se desarrolla en conjunto con registros de asimilación meteorológica a través de COPERNICUS EU con observaciones espaciales de aerosoles y representa sus interacciones con otros procesos físicos en el sistema climático.

Teniendo en cuenta las capacidad del sistema de asimilación y reanálisis, se determinó la series de tiempo para la coordenada **-74.982 N, 4.472 W**, correspondiente al municipio de Piedras, con el fin de generar una serie de 3 años con resolución cada 3 horas para los parámetros PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂ y NO₂. De esta manera, se determina el comportamiento entre época seca y época humedad a nivel regional, teniendo en cuenta los elementos determinados mediante el análisis de datos de monitoreo indicados en los repositorios oficiales y contrastados con series de tiempo de idoneidad científica y reconocidos a nivel internacional, lo que cumple con los requisitos mínimos indicados por términos de referencia por cuanto:

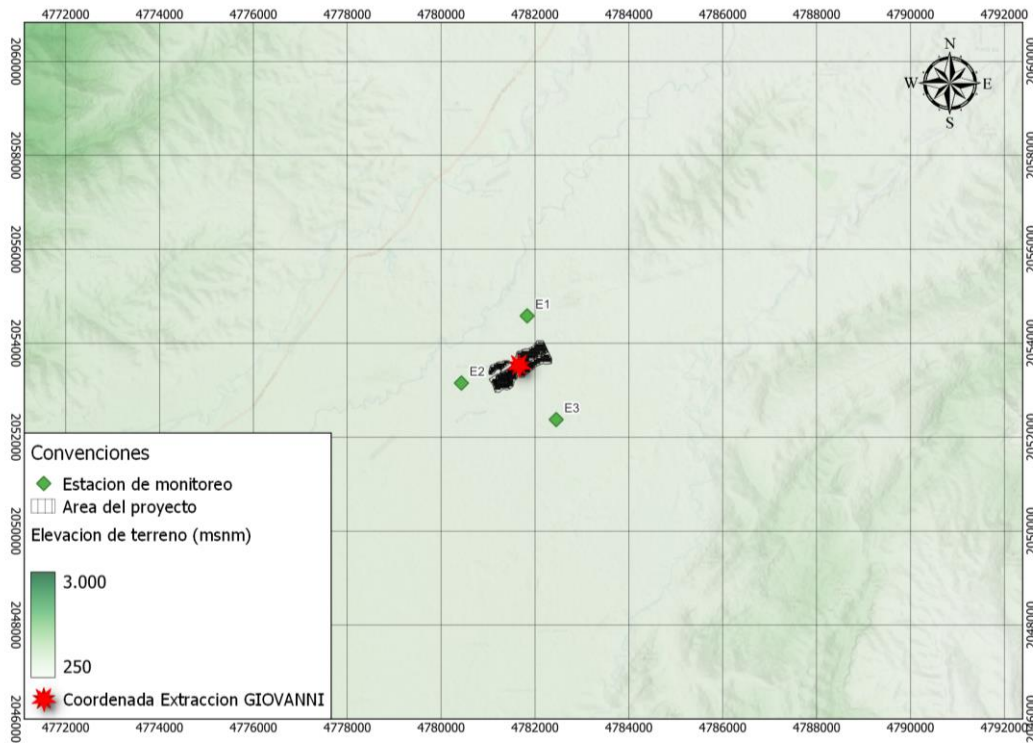
- Corresponde a registros de un organismo de reconocida idoneidad internacional y científica (soportado por la NASA de los Estados Unidos).
- Se presenta un análisis robusto con un marco de suficiencia estadística (registros de los últimos 3 años para los contaminantes criterio evaluados entre los años 2021 a 2024, con resolución horaria). Cabe resaltar que un monitoreo de calidad del aire indicativo solo aporta 18 días de registros de información, mientras que la información presentada en el estudio de calidad del aire corresponde a 1.095 registros diarios con soporte de una referencia de reconocida idoneidad.
- Se presenta un análisis con información sobre el área de influencia del proyecto, teniendo en cuenta que condiciones meteorológicas sugieren que el comportamiento atmosférico de la zona presenta condiciones homogéneas de cuenca atmosférica.
- Se presenta un estudio de calidad del aire cuyos registros se verifican mediante criterios de similitud y proximidad (demostrando condiciones de representatividad dentro de la misma cuenca atmosférica) a las estaciones de monitoreo presentadas dentro del EIA.

Figura 5. Localización de estaciones de monitoreo propias y punto de extracción GIOVANNI NASA



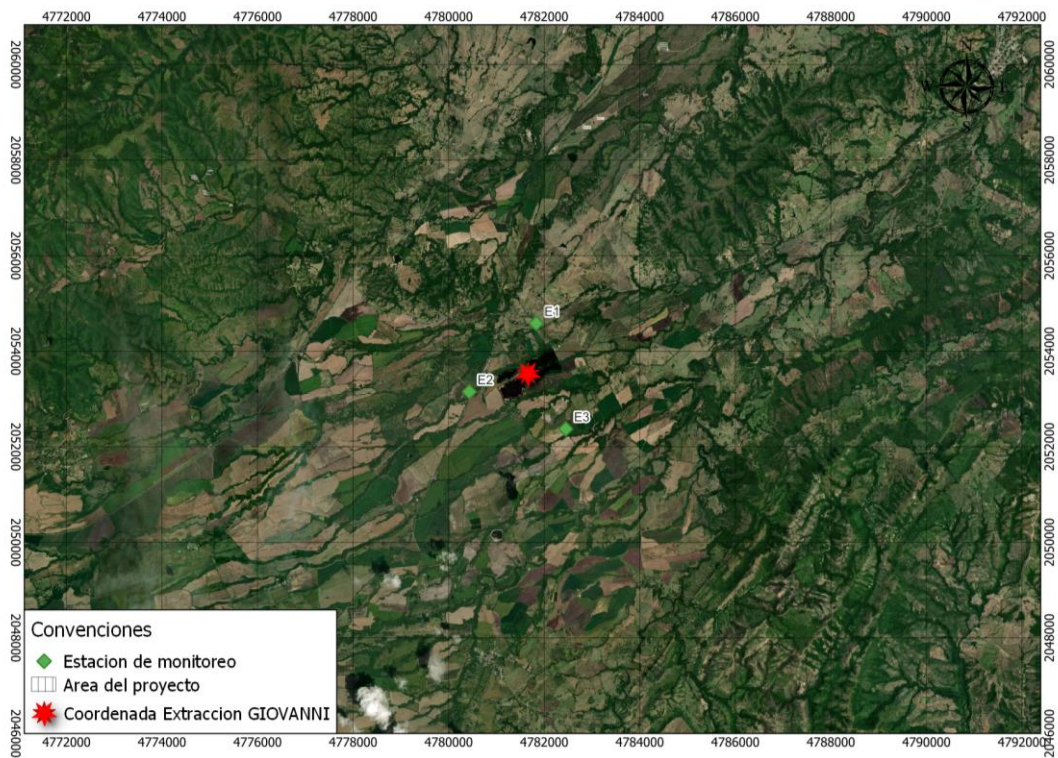
Fuente: Argemonia S.A.S., 2025

Figura 6. Condiciones de elevación de terreno del área valorada de calidad del aire



Fuente: Argemonia S.A.S., 2025

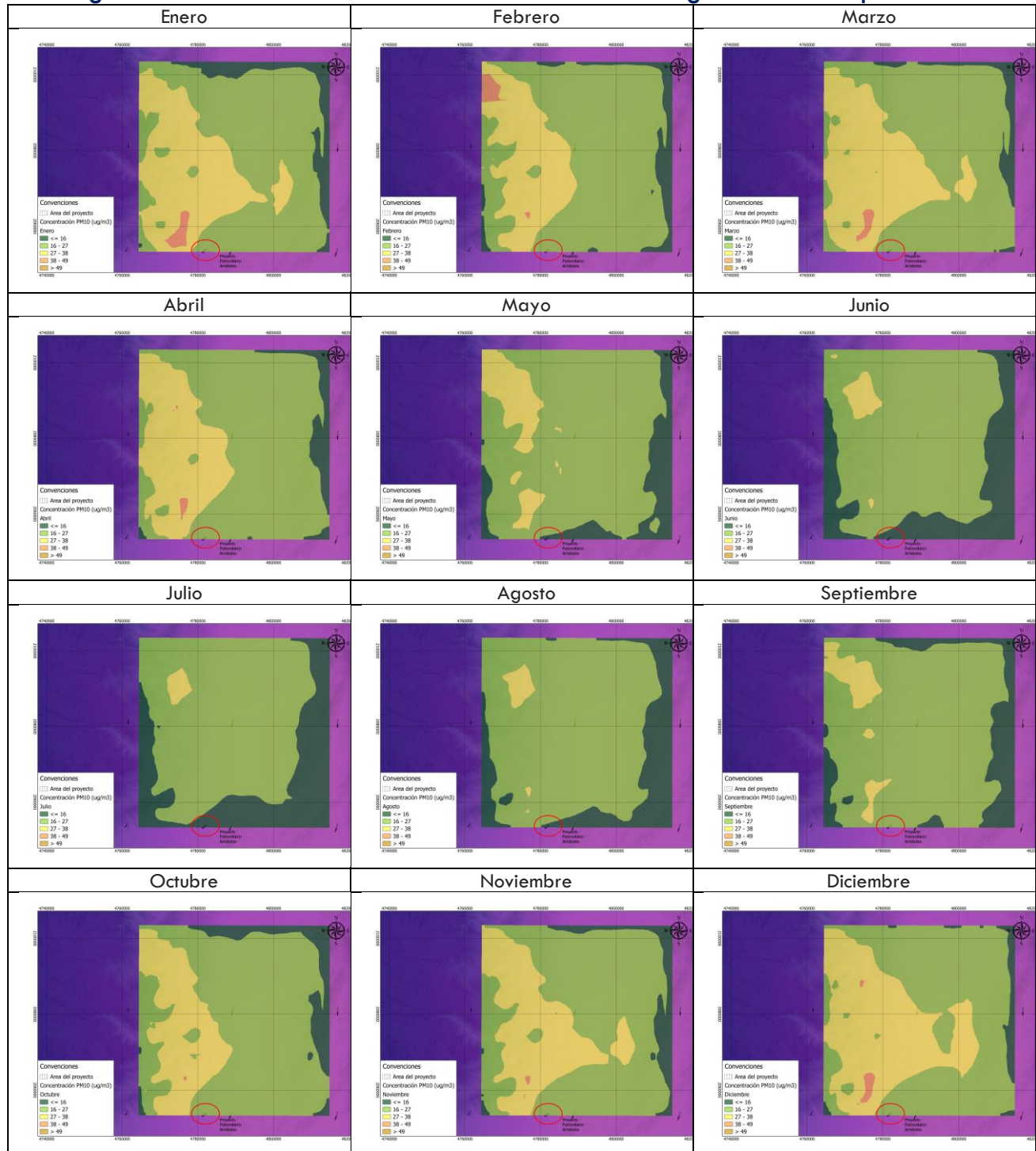
Figura 7. Similitud de cobertura dentro del área análisis



Fuente: Argemonia S.A.S., 2025

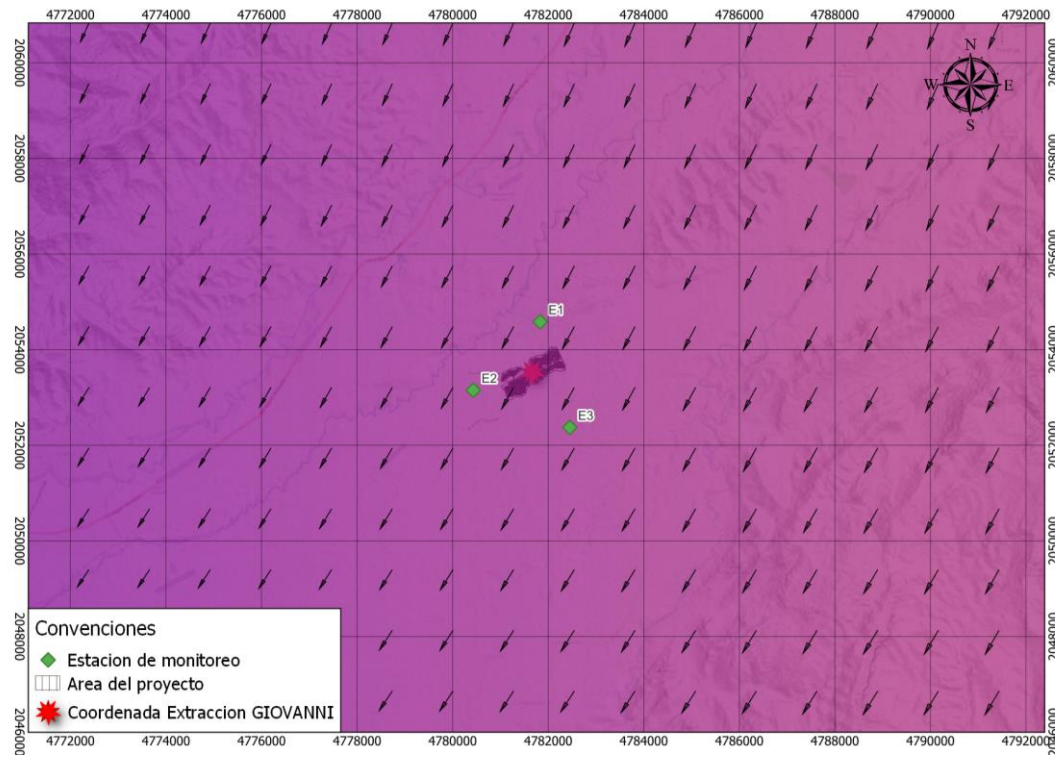
Para la valoración de las condiciones de similar dad en términos de calidad del aire, se evalúa el comportamiento del contaminante criterio PM_{10} en la zona de estudio, con el fin de valorar como se comporta la cuenca atmosférica dentro de la zona de estudio. Para esto, se toma como referencia los registros promedio que permite analizar el sistema geoespacial Sentinel 3 dentro de la región de análisis.

Figura 8. Análisis de cuenca atmosférica de acuerdo con registros Sentinel 3 para PM_{10}



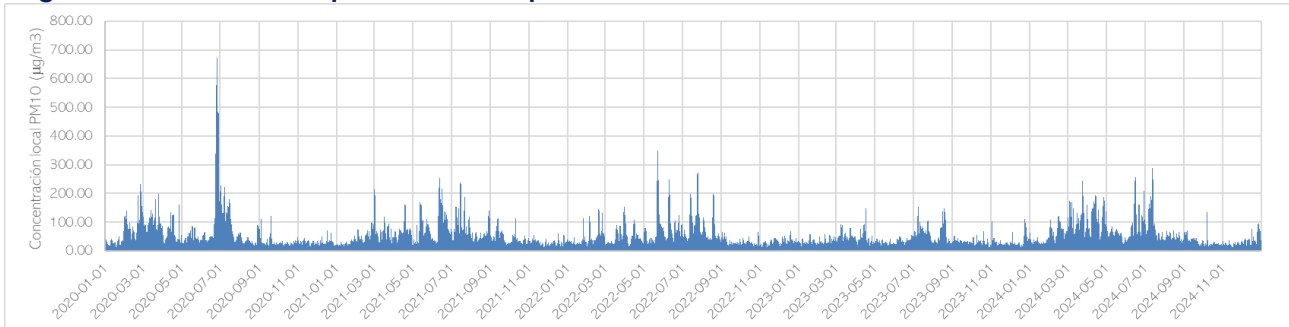
Fuente: Argemonia S.A.S., 2025

Figura 9. Homogeneidad del campo vectorial de vientos dentro del área análisis



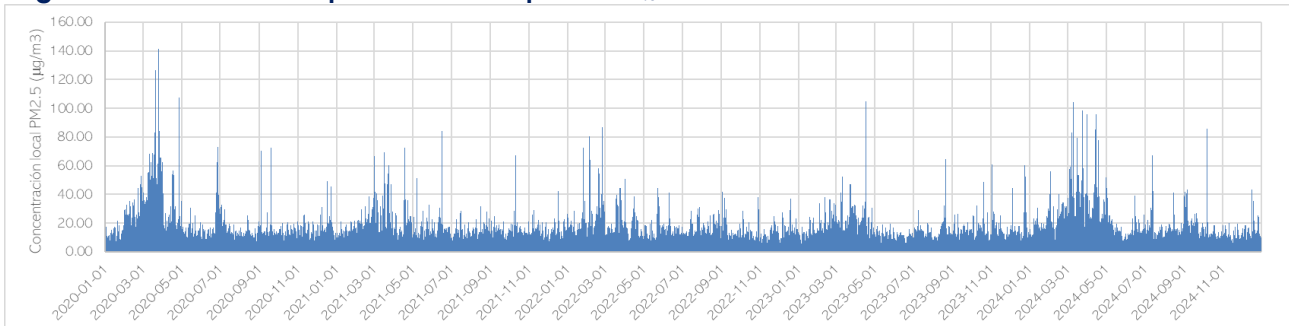
Fuente: Argemonia S.A.S., 2025

Figura 10. Series de tiempo 2021 – 2024 para PM₁₀ a condiciones locales en la cuenca atmosférica



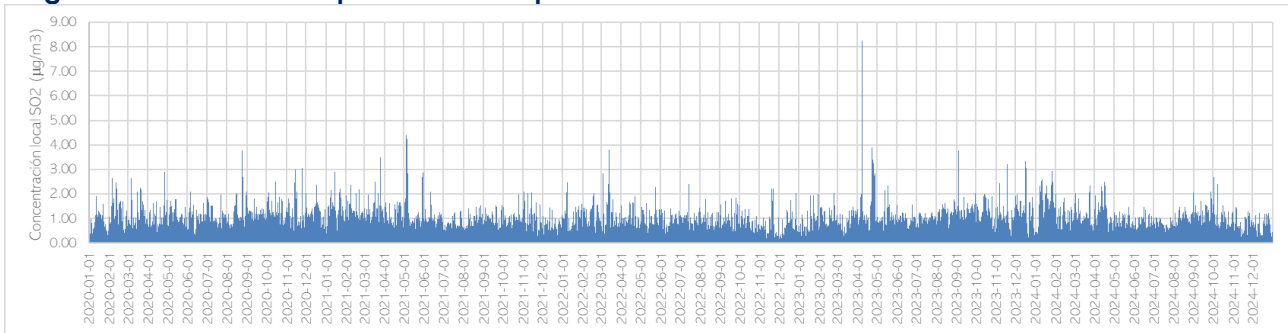
Fuente: Argemonia S.A.S., 2025

Figura 11. Series de tiempo 2021 – 2024 para PM_{2.5} a condiciones locales en la cuenca atmosférica



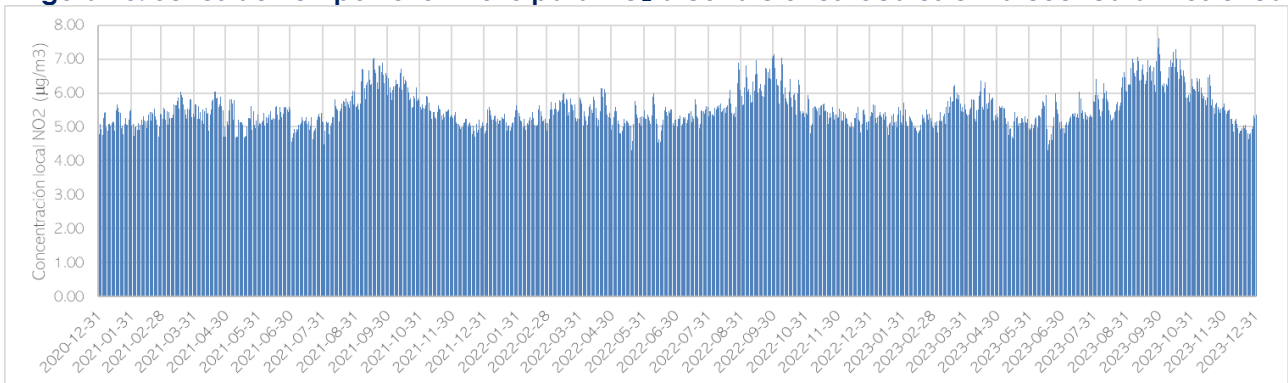
Fuente: Argemonia S.A.S., 2025

Figura 12. Series de tiempo 2021 – 2024 para SO₂ a condiciones locales en la cuenca atmosférica



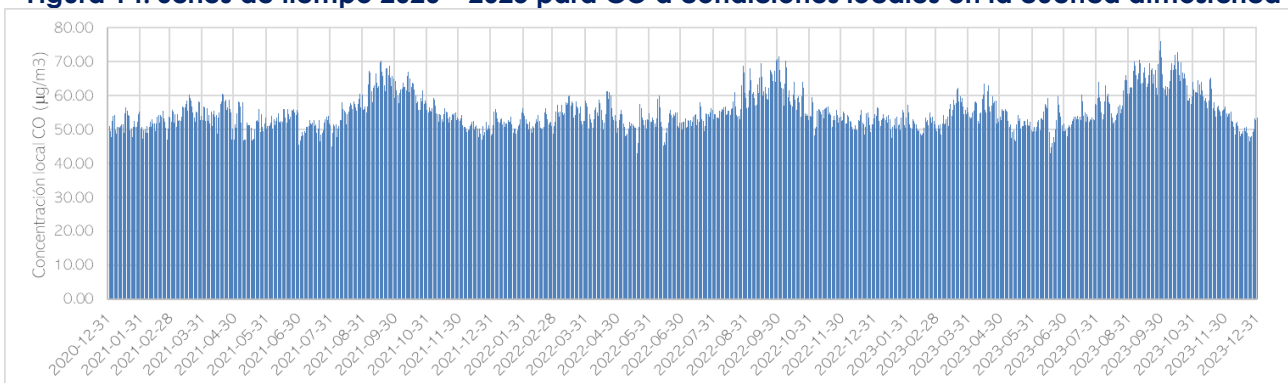
Fuente: Argemonia S.A.S., 2025

Figura 13. Series de tiempo 2020 – 2023 para NO₂ a condiciones locales en la cuenca atmosférica



Fuente: Argemonia S.A.S., 2025

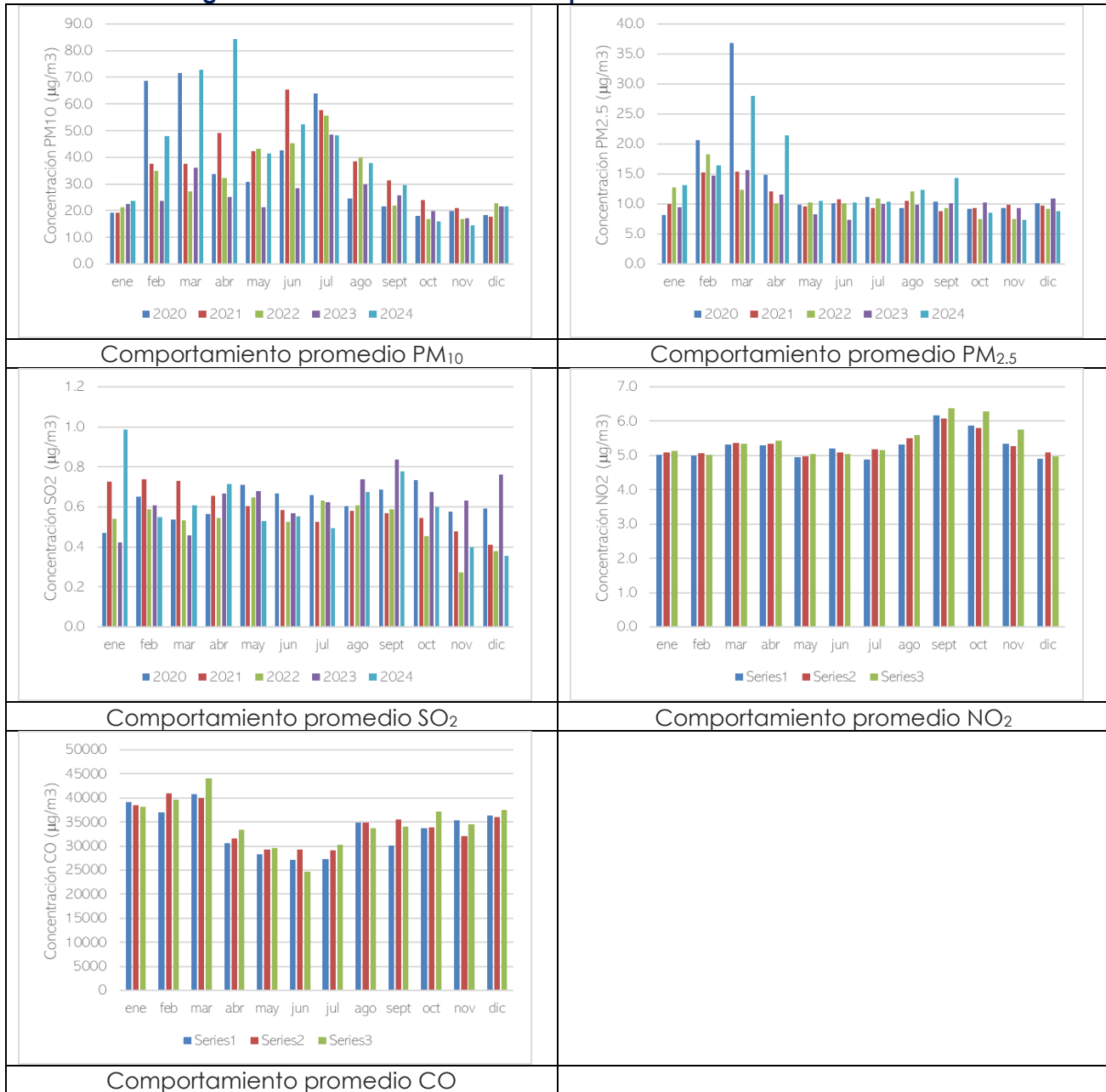
Figura 14. Series de tiempo 2020 – 2023 para CO a condiciones locales en la cuenca atmosférica



Fuente: Argemonia S.A.S., 2025

Con base en las series de tiempo determinadas, se estima el comportamiento estadístico promedio de los valores de contaminantes, de modo que se puedan determinar los niveles de inmisión característicos a nivel regional para la zona de estudio, tanto en época seca como en época húmeda.

Figura 15. Concentración mensual promedio contaminantes criterio



Fuente: Argemonia S.A.S., 2025, a partir de GIOVANNI NASA y COPERNICUS EU

4. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

De acuerdo con los registros meteorológicos determinados para la zona de estudio, junto con las series de tiempo de calidad del aire valoradas, así como los niveles de concentración medidos en la zona de estudio del proyecto, se puede determinar el comportamiento de inmisión de contaminantes a nivel regional que permite focalizar a una caracterización regional entre temporada seca y temporada húmeda dentro del área de influencia del proyecto Parque Solar Arreboles.

El conjunto de datos permite aclarar que el monitoreo presentado en el desarrollo del EIA corresponde a monitoreo de Época Seca (mes de Julio). De acuerdo con los elementos indicados dentro del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, para un Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de tipo Industrial, la referencia indica que como mínimo se debe presentar de forma anual para contaminantes criterio.

Figura 16. Indicaciones SVCAI Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire – Manual de Diseño

Tabla 20. Descripción SVCAI indicativo		
CARACTERÍSTICA	PARÁMETRO	OBSERVACIONES
Tecnología de medición	Activo Automático	
Tiempo de monitoreo	Mínimo 18 muestras ⁵¹	Si al analizar los resultados de las primeras 15 muestras se obtiene un promedio igual o mayor al 80% del valor de la norma anual de calidad del aire o nivel de inmisión, se deberá prolongar el monitoreo hasta completar 24 muestras.
Periodicidad del monitoreo	Mínimo anualmente	
Parámetros a medir	Se definirán los contaminantes de acuerdo al proceso industrial. Mínimo PM10	Serán definidos otros contaminantes que no sean de referencia de acuerdo con el inventario de emisiones, la campaña de monitoreo o los resultados del modelo de dispersión
Número de estaciones ⁵²	Debe contemplar como mínimo una estación de fondo y una estación vientos	

Fuente: MADS, 2010

Sin embargo, y con el fin de presentar información que describe la calidad del aire, se complementa el análisis con información que cumple requisitos de representatividad temporal y espacial dentro de la cuenca atmosférica donde se localiza el área de influencia del proyecto, con datos de reconocida idoneidad de acuerdo con las series de tiempo GIOVANNI NASA y COPERNICUS EU, y de forma consistente con los elementos sugeridos por las estaciones meteorológicas de la región, la condición bimodal determinada muestra una mayor probabilidad de incremento en la concentración de contaminantes criterio (especialmente material particulado) en el primer trimestre del año. En este sentido, los niveles de concentración promedio de PM₁₀ y PM_{2.5} en estos periodos presenta valores promedio menores a 25 y 15 µg/m³ en su condición pico durante el primer trimestre del año.

Este comportamiento es consistente con los valores registrados en el monitoreo de calidad de aire en época seca desarrollado por el Laboratorio de SGS Colombia S.A.S., por cuanto los valores máximos promedio son cercanos a 22 µg/m³ para PM₁₀ y 7 µg/m³ para PM_{2.5}, los cuales se acercan

a los valores promedio sugeridos para el periodo diciembre de la serie de datos GIOVANNI NASA y COPERNICUS EU.

En el caso de gases criterio, se encuentra que el comportamiento de SO₂ y CO es similar entre meses, por lo que puede ser explicado en términos de las temporadas de incendios forestales en la zona centro de Colombia, y se relacionarían a elementos de transporte de contaminantes, favorecidos sobre la región. En el caso NO₂, el comportamiento mensual presenta un incremento en el último periodo del año, en alrededor de 1 µg/m³ en su condición pico promedio.

Teniendo en cuenta los anteriores aspectos, por cuanto las series permiten describir el comportamiento de concentración de contaminantes dentro de la cuenca atmosférica que caracteriza el área de influencia del proyecto, a continuación, se determinan los valores esperados para época seca y época húmeda para el área de análisis a nivel de regionalización de la calidad del aire.

Tabla 11. Concentración mensual media estimada de contaminantes criterio

Mes	PM ₁₀ (µg/m ³)	PM _{2.5} (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	CO (µg/m ³)
Enero	21.9	11.3	0,6	5,1	38.551
Febrero	36.2	15.9	0,6	5,0	39.637
Marzo	36.8	15.5	0,6	5,3	40.820
Abril	40.7	11.9	0,7	5,3	31.559
Mayo	41.9	10.0	0,6	5,0	29.328
Junio	48.8	10.2	0,6	5,1	27.097
Julio	52.1	10.2	0,6	5,2	29.118
Agosto	38.1	11.3	0,6	5,5	34.862
Septiembre	27.7	9.8	0,7	6,2	33.956
Octubre	18.4	8.9	0,6	5,9	33.927
Noviembre	17.0	8.4	0,4	5,3	34.466
Diciembre	21.6	9.5	0,4	5,0	36.262

Rojo: Época Seca – Azul: Época húmeda.

Fuente: Argemonia S.A.S., 2025, a partir de GIOVANNI NASA y COPERNICUS EU

5. CONCLUSIONES

A partir de los registros determinados para la zona de estudio, siendo estos valorados mediante técnicas de información primaria e información secundaria, determinados como fuentes de información idóneas para la caracterización de la calidad del aire en la zona de estudio, que demuestran representatividad temporal y espacial del comportamiento de la cuenca atmosférica donde se emplaza el área de influencia del proyecto, se presentan las evidencias que a nivel estadístico permiten describir el estado de la calidad del aire desde un enfoque regional.

De acuerdo con esta información se aclara que la época de monitoreo desarrollada en el mes de julio corresponde a Época Seca, siendo esto consistente a nivel meteorológico y de concentraciones históricas dentro del área de influencia. Así mismo, se justifica la toma de muestras de forma anual de acuerdo con los elementos indicados por el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, Manual de Diseño (MADS, 2010), para un Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de tipo Industrial (SVCAI).

Con el fin de dar complemento a la información presentada dentro del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto Parque Solar Arreboles 19,9 MW, se realiza una valoración mixta entre medición directa y registros de reconocida idoneidad internacional sobre la zona de influencia del proyecto a través del sistema GIOVANNI NASA y COPERNICUS EU, la cual permite llegar a una caracterización que demuestra representatividad espacial y temporal para la zona de estudio, suficiente, vigente y de calidad apropiada, incluyendo periodos de época seca y época húmeda.

De acuerdo con estos elementos, se determinan las concentraciones medias de contaminantes criterio para las épocas seca y humedad del área de influencia del proyecto, en conformidad a los elementos mínimos exigidos por términos de referencia para el proyecto objeto de licenciamiento.

Por otro lado, de acuerdo con la valoración cruzada entre registros medidos en época seca contrastados con los registros GIOVANNI NASA y COPERNICUS EU, se determina que la región presenta una baja probabilidad de desarrollar concentraciones excedentes de contaminantes criterio a nivel regional, sin que esto establezca que condiciones de emisión local excedentes puedan generar dicha condición a nivel normativo. Lo anterior puede sugerir condiciones dispersivas favorables en épocas climáticas.

6. REFERENCIAS

Global Modeling and Assimilation Office (GMAO) (2015), inst3_3d_asm_Cp: IAU State, Meteorology Instantaneous 3-hourly (p-coord, 0.625x0.5L42), version 5.12.4, Greenbelt, MD, USA: Goddard Space Flight Center Distributed Active Archive Center (GSFC DAAC).