

Informe Anual de Calidad del Aire

2025



**Subdirección de Ordenamiento y Planificación
Integral del Territorio - SOPIT**

Coordinación de Gestión de Conocimiento Ambiental para la Sostenibilidad

IA-004



JUAN CARLOS REYES NOVA

Director General CDMB

LEONEL ENRIQUE HERRERA

Subdirector de Ordenamiento y Planificación Integral del Territorio
Director SVCA

JOHANA PATRICIA ARDILA LERMA

Coordinadora de Gestión del Conocimiento e Investigación Ambiental
Líder SVCA

VERONICA VANESSA CARDONA OLIVEROS

Líder de Aseguramiento de Calidad

FREDDY QUINTANILLA

Profesional Auxiliar Operativo SVCA

JUAN DAVID CORREA

Auxiliar Operativo SVCA

GINA YULIANA RIVERA SÁNCHEZ

Profesional de Análisis SVCA

JAIVERTH LEANDRO LÓPEZ GONZÁLEZ



Profesional Auxiliar de Análisis SVCA

GERMAN CAMILO VELANDIA

Auxiliar de Análisis SVCA

FECHA DE EMISIÓN: 2026/03/27
Dirección: Anillo Vial, Girón LT PR3+958
Contacto: info@cdmb.gov.co



Revisó	Líder del SVCA.	Ing. Johanna Patricia Ardila	
Aprobó	Director del SVCA.	Ing. Leonel Enrique Herrera	

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	13
1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	14
2. GENERALIDADES	16
2.1. Parámetros monitoreados de calidad del aire y sus efectos para la salud humana	16
2.1.1. Material Particulado (PM ₁₀ y PM _{2.5}).....	16
2.1.2. Dióxido de Azufre (SO ₂).....	18
2.1.3. Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	18
2.1.4. Ozono Troposférico (O ₃).....	20
2.1.5. Monóxido de Carbono (CO).....	21
2.2. Marco normativo: norma de calidad del aire	21
2.2.1. Índice de Calidad del Aire: procedimiento de cálculo y rangos.	22
2.3. Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire:.....	23
2.3.1. Condiciones ambientales y poblacionales de la región cubierta por el SVCA.	24
2.3.2. Ubicación geográfica de estaciones y entorno.....	25
2.3.3. Tecnologías de monitoreo y métodos analíticos utilizados.....	29
2.3.4. Resumen ficha técnica de las estaciones	34
2.4. Estadísticas empleadas.....	39
2.5. Meteorología:.....	41
2.6. Incertidumbre de las mediciones	42
3. EVALUACIÓN DE LA CANTIDAD, CALIDAD, OPORTUNIDAD Y DISPONIBILIDAD DE LA INFORMACIÓN EN LA BASE DE DATOS	43
3.1. Declaración de resultados	43
3.2. Análisis del porcentaje de captura de datos.....	44

3.3.	Declaración de conformidad	45
4.	CALIDAD DEL AIRE Y METEOROLOGÍA	47
4.1.	Resultados de Calidad del Aire	47
4.1.1.	MATERIAL PARTICULADO PM2.5	47
4.1.2.	MATERIAL PARTICULADO PM10	54
4.1.3.	OZONO O ₃	59
4.1.4.	DIOXIDO DE NITROGENO (NO ₂)	65
4.1.5.	MONOXIDO DE CARBONO (CO)	70
4.1.6.	DIOXIDO DE AZUFRE (SO ₂)	75
4.1.7.	AZUFRE TOTAL REDUCIDO (TRS)	79
4.2.	Análisis de la Calidad del Aire	84
4.2.1.	Índice de Calidad de Aire PM2.5 (ICA)	84
4.2.2.	Índice de calidad de aire PM10 (ICA)	88
4.2.3.	Índice de Calidad de Aire O ₃ (ICA)	90
4.2.4.	Índice de Calidad de Aire NO ₂ (ICA)	92
4.2.5.	Índice de Calidad de Aire CO	93
4.2.6.	Índice de Calidad de Aire SO ₂	94
4.3.	Comparación multianual Material Particulado	95
4.3.1.	Comparación multianual PM10	95
4.3.2.	Comparación multianual PM2.5	96
4.4.	Particularidades del periodo	103
4.5.	Resultados de las mediciones meteorológicas	103
4.5.1.	Temperatura	104
4.5.2.	Precipitación	108
4.5.3.	Humedad	116
4.5.4.	Velocidad y Dirección del viento	120
4.6.	Determinación de áreas – fuente de contaminación.	125

4.7. Estudios especiales	125
5. CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA	126
5.1. Medidas de contingencia y/o de control de emisiones de fuentes fijas.....	126
5.2. Medidas de contingencia y/o de control de emisiones de fuentes móviles.....	127
6. CONCLUSIONES	127
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	131

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Comparación del tamaño de las partículas de PM.	17
Imagen 2 Ubicación espacial de las estaciones del SVCA.....	26
Imagen 3. Analizador de partículas Fidas 200	29
Imagen 4. Analizador de Dióxido de Nitrógeno Envea AC32e	30
Imagen 5. Analizador de Dióxido de Azufre Envea AF22e.....	30
Imagen 6. Analizador de Monóxido de Carbono Envea CO12e	31
Imagen 7. Analizador de Ozono Troposférico Envea O342e.....	32
Imagen 8. Módulo convertidor de TRS CTRS S2-E	32
Imagen 9. Ficha técnica Estación Hospital Local del Norte	35
Imagen 10. Ficha técnica Estación Colegio Gaitán	36
Imagen 11. Ficha técnica Estación Club Unión	37
Imagen 12. Ficha técnica Estación CCDMO - Piedecuesta.....	38

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Niveles Máximos Permisible de Contaminantes Criterio en el aire	21
Tabla 2. Descripción del ICA, sus efectos y Puntos de Corte.....	22
Tabla 3. Ubicación geográfica Estación Club Unión.....	27
Tabla 4. Ubicación geográfica Estación Colegio Gaitán.....	27
Tabla 5. Ubicación geográfica Estación Centro Cultural Daniel Mantilla Piedecuesta.....	28
Tabla 6. Ubicación geográfica Estación Hospital Local del Norte.....	28
Tabla 7. Resumen de las tecnologías y métodos de monitoreo utilizadas SVCA CDMB..	33
Tabla 8 Representatividad de captura de datos por contaminante en las estaciones del SVCA.....	45
Tabla 9 Incertidumbre por contaminante 1 de enero hasta el 24 de julio de 2025.....	46
Tabla 10 Incertidumbre por contaminante desde el 25 de julio hasta el 31 de diciembre de 2025	46
Tabla 11 Representatividad datos PM2.5 Año 2025.	48
Tabla 12 Representatividad datos PM10 Año 2025	55
Tabla 13 Representatividad datos anuales O ₃ 2025	61
Tabla 14 Representatividad de datos NO ₂ año 2025	66
Tabla 15 Representatividad de datos CO-Año 2025	71
Tabla 16 Representatividad SO ₂ - Año 2025.....	76
Tabla 17 Representatividad TRS año 2025	80
Tabla 18 Índice de Calidad de Aire por días en las estaciones del SVCA PM2.5.....	85
Tabla 19 Índice de Calidad de Aire por días en las estaciones del SVCA PM10.....	88
Tabla 20. Calibraciones estaciones LSI en el 2025.....	104

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Concentración promedio anual PM2.5	49
Figura 2 Concentración temporal Hospital Local Norte PM2.5 año 2025	50
Figura 3 Concentración temporal Centro Cultural Piedecuesta PM2.5 año 2025	51
Figura 4 Concentración temporal Club Unión PM2.5 año 2025.....	51
Figura 5 Concentración temporal Colegio Gaitán PM2.5 año 2025.....	51
Figura 6 Perfil Horario estaciones del SVCA PM2.5	53
Figura 7 Perfil diario de PM2.5.....	54
Figura 8 Concentración promedio anual de PM10 año 2025.....	56
Figura 9 Concentración temporal Hospital Local Norte PM10 año 2025	56
Figura 10 Concentración temporal Centro Cultural Piedecuesta PM10 año 2025	57
Figura 11 Concentración temporal Club Unión PM10 año 2025.....	57
Figura 12 Concentración temporal Colegio Gaitán PM10 año 2025.....	57
Figura 13 Perfil Horario estaciones SVCA PM10	58
Figura 14 Perfil diario PM10 estaciones del SVCA	59
Figura 15 Distribución temporal de la concentración de O ₃ estación Hospital del Norte...	62
Figura 16 Distribución temporal de la concentración de O ₃ estación Centro Cultural Piedecuesta.....	62
Figura 17 Distribución temporal de la concentración de O ₃ estación Club Unión	62
Figura 18 Distribución temporal de la concentración de O ₃ estación Colegio Gaitán.....	63
Figura 19 Perfil Horario estaciones SVCA O ₃	64
Figura 20 Perfil Diario estaciones SVCA O ₃	65
Figura 21 Concentración Anual NO ₂	67
Figura 22 Distribución temporal de la concentración de NO ₂ estación Piedecuesta.....	68
Figura 23 Distribución temporal de la concentración de NO ₂ estación Club Unión.....	68
Figura 24 Perfil horario de NO ₂ Año 2025.....	69
Figura 25 Perfil diario de NO ₂ año 2025.....	70
Figura 26 Distribución temporal horaria de Concentración de CO estación Piedecuesta- Año 2025	72
Figura 27 Distribución temporal 8 horas de Concentración de CO estación Piedecuesta- Año 2025	72

Figura 28 Distribución temporal horaria de Concentración de CO estación Club Unión- Año 2025 73

Figura 29 Distribución temporal 8 horas de Concentración de CO estación Club Unión- Año 2025 73

Figura 30 Perfil horario CO-Año 2025..... 74

Figura 31 Perfil diario CO-Año 2025 75

Figura 32 Distribución temporal horaria de Concentración de SO₂ estación Piedecuesta- Año 2025 77

Figura 33 Distribución temporal 24 horas de Concentración de SO₂ estación Piedecuesta- Año 2025 77

Figura 34 Distribución temporal horaria de Concentración de SO₂ estación Club Unión- Año 2025 77

Figura 35 Distribución temporal 24 horas de Concentración de SO₂ estación Club Unión- Año 2025 78

Figura 36 Perfil horario SO₂ -Año 2025 78

Figura 37 Perfil diario SO₂ -Año 2025 79

Figura 38 Comportamiento anual de concentración TRS 24 Horas estación Colegio Gaitán- año 2025..... 81

Figura 39 Comportamiento anual de concentración TRS Horario estación Colegio Gaitán- año 2025..... 81

Figura 40 Comportamiento anual de concentración TRS 24 Horas estación Hospital Norte- año 2025..... 81

Figura 41 Comportamiento anual de concentración TRS Horario estación Hospital Norte - año 2025..... 82

Figura 42 Comportamiento TRS Horario - año 2025 83

Figura 43 Comportamiento TRS Diario - año 2025 84

Figura 44 Índice de Calidad de Aire estación Hospital Local del Norte del SVCA PM_{2.5} . 85

Figura 45 Índice de Calidad de Aire estación Piedecuesta del SVCA PM_{2.5} 86

Figura 46 Índice de Calidad de Aire estación Club Unión del SVCA PM_{2.5} 86

Figura 47 Índice de Calidad de Aire estación Colegio Gaitán del SVCA PM_{2.5} 86

Figura 48 Porcentajes mensual del Índice de calidad de Aire (ICA) 87

Figura 49 Índice de Calidad de Aire estación Hospital Local del Norte del SVCA PM₁₀ .. 89

Figura 50 Índice de Calidad de Aire estación Piedecuesta del SVCA PM₁₀ 89

Figura 51 Índice de Calidad de Aire estación Club Unión del SVCA PM₁₀ 89

Figura 52 Índice de Calidad de Aire estación Colegio Gaitán del SVCA PM10 90

Figura 53 Índice de Calidad de Aire estación Hospital Local del Norte del SVCA O₃ 91

Figura 54 Índice de Calidad de Aire estación Piedecuesta del SVCA O₃ 91

Figura 55 Índice de Calidad de Aire estación Club Unión del SVCA O₃ 91

Figura 56 Índice de Calidad de Aire estación Colegio Gaitán del SVCA O₃ 92

Figura 57 Índice de Calidad de Aire estación Piedecuesta del SVCA NO₂ Año 2025..... 93

Figura 58 Índice de Calidad de Aire estación Club Unión del SVCA NO₂ Año 2025..... 93

Figura 59 Índice de Calidad de Aire estación de Piedecuesta del SVCA CO- Año 2025.. 94

Figura 60 Índice de Calidad de Aire estación Club Unión del SVCA CO- Año 2025..... 94

Figura 61 Índice de Calidad de Aire estación Piedecuesta del SVCA SO₂- Año 2025..... 95

Figura 62 Índice de Calidad de Aire estación Club Unión del SVCA SO₂- Año 2025..... 95

Figura 63 Comparación multianual PM10 96

Figura 64 Comparación multianual PM2.5 97

Figura 65 Porcentaje de Índice de Calidad de Aire 2022 - 2023 – 2024-2025..... 98

Figura 66 Índice de Calidad de Aire por mes estación Piedecuesta año 2024 -2025 100

Figura 67 Índice de Calidad de Aire por mes estación Club Unión año 2024 - 2025..... 101

Figura 68 Índice de Calidad de Aire por mes estación Colegio Gaitán año 2024 – 2025 102

Figura 69 Índice de Calidad de Aire por mes estación Hospital Local del Norte año 2024-2025 103

Figura 70 Temperaturas máximas y mínimas mensuales años 2025..... 105

Figura 71 Temperaturas máximas y mínimas mensuales años 2025..... 106

Figura 72 Temperaturas máximas y mínimas mensuales años 2025..... 107

Figura 73 Temperaturas máximas y mínimas mensuales años 2025..... 108

Figura 74 Comportamiento precipitación anual 2025 109

Figura 75 Precipitación acumulada por mes año 2025..... 110

Figura 76 Comportamiento precipitación anual 2025 111

Figura 77 Precipitación acumulada por mes año 2025..... 112

Figura 78 Comportamiento precipitación anual 2025 113

Figura 79 Precipitación acumulada por mes año 2025..... 114

Figura 80 Comportamiento precipitación anual 2025 115

Figura 81 Precipitación acumulada por mes año 2025..... 116

Figura 82 Comportamiento humedad relativa anual 2025..... 117

Figura 83 Comportamiento humedad relativa anual 2025..... 118

Figura 84 Comportamiento humedad relativa anual 2025..... 119

Figura 85 Comportamiento humedad relativa anual 2025	120
Figura 86 Rosa de Vientos estación Piedecuesta año 2025	121
Figura 87 Rosa de Vientos horarios diario y nocturno estación Piedecuesta año 2025..	121
Figura 88 Rosa de vientos estación Club Unión año 2025	122
Figura 89 Rosa de vientos diurna y nocturna estación Club Unión año 2025.....	122
Figura 90 Rosa de vientos estación Colegio Gaitán año 2025	123
Figura 91 Rosa de Vientos diurno y nocturno estación Colegio Gaitán año 2025	123
Figura 92 Rosa de vientos estación Hospital Local del Norte año 2025	124
Figura 93 Rosa de vientos diurno y nocturno de la estación Hospital Local del Norte año 2025	124



INTRODUCCIÓN

La Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB, en ejercicio de las funciones de máxima autoridad ambiental en los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón, Piedecuesta, Lebrija, Rionegro, El Playón, Matanza, Suratá, Charta, Tona, Vetas y California, establecidas por el Artículo 31° de la Ley 99 de 1993, dentro de las cuales se destaca el numeral 22 que ordena implantar y operar el Sistema de Información Ambiental en el área de su jurisdicción, de acuerdo con las directrices trazadas por el Ministerio del Medio Ambiente (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible).

En este orden de ideas, el Sistema de Información Ambiental se compone, entre otros, del Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire – SVCA, el cual debe diseñarse y operarse de acuerdo con lo dispuesto en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire (Manuales de Diseño y Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire), la Resolución MADS No. 2254 del 01 de noviembre de 2017 y la Política para el Mejoramiento de la Calidad del Aire – Documento CONPES 3943 de 2018.

Así las cosas, el Grupo de Gestión del Conocimiento Ambiental para la Sostenibilidad de la Subdirección de Ordenamiento y Planificación Ambiental del Territorio – SOPIT, presenta el informe anual del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire – SVCA de la CDMB correspondiente al periodo comprendido del 01 de enero al 31 de diciembre de 2025.

El SVCA de la CDMB está conformado por cuatro estaciones automáticas de referencia que suministran información en tiempo real de los contaminantes criterio establecidos en la Resolución MADS No. 2254 del 01 de noviembre de 2017 (PM10, PM2.5, SO₂, NO₂, CO y O₃) y la sustancia generadora de olor ofensivo Azufre Total Reducido (TRS), estipulada en la Resolución MAVDT No. 1541 del 15 de noviembre de 2013, teniendo en cuenta la problemática que desde hace varios años viene

atendiendo la Corporación derivada de las plantas de tratamiento térmico de subproductos de animales (Rendering) ubicadas en el corredor vial entre el Palenque y Café Madrid de Bucaramanga. Por último, las estaciones del Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire de la CDMB están ubicadas en los sectores de Hospital Local del Norte, Institución Educativa Integrada Jorge Eliécer Gaitán y Club Unión en el Municipio de Bucaramanga y en el Centro Cultural Daniel Mantilla Orbezo del Municipio de Piedecuesta, cumpliendo con los criterios de macro y micro localización definidos en el documento de rediseño del sistema, en aras de cumplir con el objetivo principal de determinar el cumplimiento de los niveles máximos permisibles de contaminantes criterio en el aire establecidos en la Resolución MADS No. 2254 de 2017 y la Resolución MAVDT No. 1541 de 2013. El SVCA se encuentra acreditado ante el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, Resolución 1257 de 2023, corregida por la Resolución 055 del 17 de enero de 2024, en cumplimiento de los requisitos establecidos en la NTC-ISO/IEC 17025:2017 “Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración” y que posteriormente, mediante la Resolución 1489 del 25 de noviembre de 2025, amplió el alcance de la acreditación del SVCA, incorporando la determinación del parámetro Ozono (O₃) en la estación Club Unión dentro del alcance acreditado vigente.

1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

- Realizar la comparación del valor de la concentración en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) del contaminante criterio PM₁₀ con el nivel máximo permisible en el aire para un tiempo de exposición de 24 horas y anual establecido en la Resolución MADS No. 2254 del 01 de noviembre de 2017, correspondiente a las estaciones automáticas ubicadas en los sectores Club Unión, Institución Educativa Jorge Eliécer Gaitán y Hospital Local del Norte en Bucaramanga y Centro Cultural Daniel Mantilla Orbezo en Piedecuesta.

- Realizar la comparación del valor de la concentración en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) del contaminante criterio $\text{PM}_{2.5}$ con el nivel máximo permisible en el aire para un tiempo de exposición de 24 horas y anual establecido en la Resolución MADS No. 2254 del 01 de noviembre de 2017, correspondiente a las estaciones automáticas ubicadas en los sectores de Club Unión, Institución Educativa Jorge Eliécer Gaitán y Hospital Local del Norte en Bucaramanga y Centro Cultural Daniel Mantilla Orbezo en Piedecuesta.

- Realizar la comparación del valor de la concentración en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) del contaminante criterio O_3 con el nivel máximo permisible en el aire para un tiempo de exposición de 8 horas establecido en la Resolución MADS No. 2254 del 01 de noviembre de 2017, correspondiente a las estaciones automáticas ubicadas en los sectores de Club Unión, Institución Educativa Jorge Eliécer Gaitán y Hospital Local del Norte en Bucaramanga; Centro Cultural Daniel Mantilla Orbezo en Piedecuesta.

- Realizar la comparación del valor de la concentración en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) del contaminante criterio SO_2 con el nivel máximo permisible en el aire para los tiempos de exposición de 24 horas y 1 hora establecidos en la Resolución MADS No. 2254 del 01 de noviembre de 2017, correspondiente a las estaciones automáticas ubicadas en los sectores de Club Unión en Bucaramanga y Centro Cultural Daniel Mantilla Orbezo en Piedecuesta.

- Realizar la comparación del valor de la concentración en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) del contaminante criterio NO_2 con el nivel máximo permisible en el aire para un tiempo de exposición de 1 hora establecido en la Resolución MADS No. 2254 del 01 de noviembre de 2017, correspondiente a la estación automática ubicada en el Club Unión de Bucaramanga.

- Realizar la comparación del valor de la concentración en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) del contaminante criterio CO con el nivel máximo permisible en el aire para los tiempos de exposición de 8 horas y 1 hora establecidos en la Resolución MADS No. 2254 del 01 de noviembre de 2017, correspondiente a las estaciones automáticas ubicadas en los sectores de Club Unión en Bucaramanga y Centro Cultural Daniel Mantilla Orbegozo en Piedecuesta.
- Realizar la comparación del valor de la concentración en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) del contaminante criterio TRS con el nivel máximo permisible en el aire para los tiempos de exposición de 24 horas y 1 hora establecidos en la Resolución MADS No. 1541 del 12 de noviembre de 2013, correspondiente a las estaciones automáticas ubicadas en la Institución Educativa Jorge Eliécer Gaitán y el Hospital Local del Norte en Bucaramanga.
- Realizar el cálculo del Índice de Calidad del Aire (ICA) para los contaminantes criterio PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, SO_2 , NO_2 , O_3 y CO, de acuerdo con los puntos de corte establecidos en la Resolución MADS No. 2254 del 01 de noviembre de 2017, estableciendo las categorías correspondientes para la calidad del aire de las zonas evaluadas.

2. GENERALIDADES

2.1. Parámetros monitoreados de calidad del aire y sus efectos para la salud humana

2.1.1. Material Particulado (PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$)

PM significa material particulado (también llamado contaminación por partículas): el término para una mezcla de partículas sólidas y gotas líquidas que se encuentran en el aire. Algunas partículas, como el polvo, la suciedad, el hollín, o el humo, son

lo suficientemente grandes y oscuras como para verlas a simple vista. Otras son tan pequeñas que solo pueden detectarse mediante el uso de un microscopio electrónico. La contaminación por partículas incluye:

- **PM₁₀**: partículas inhalables que tienen diámetros de, por lo general, 10 micrómetros y menores;
- **PM_{2,5}**: partículas inhalables finas que tienen diámetros de, por lo general, 2,5 micrómetros y menores.



Imagen 1. Comparación del tamaño de las partículas de PM.

El tamaño de las partículas se encuentra directamente vinculado con el potencial para provocar problemas de salud. Las partículas pequeñas de menos de 10 micrómetros de diámetro suponen los mayores problemas, debido a que pueden llegar a la profundidad de los pulmones, y algunas hasta pueden alcanzar el torrente sanguíneo. (AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL (EPA), 2022)

La exposición a estas partículas puede afectar tanto a los pulmones como al corazón. Múltiples estudios científicos vincularon la exposición a la contaminación por partículas a una variedad de problemas, que incluye:

- Muerte prematura en personas con enfermedades cardíacas o pulmonares

- Síntomas respiratorios aumentados, como irritación en las vías respiratorias, tos o dificultad para respirar. (AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL (EPA), 2022)
- La exposición a la contaminación por partículas tiende a afectar en su mayoría a personas con enfermedades cardíacas o pulmonares, niños y adultos mayores.

2.1.2. Dióxido de Azufre (SO₂)

El Dióxido de azufre es un gas incoloro, irritante, con un olor penetrante que se comienza a percibir con 0,3 a 1,4 ppm y es perfectamente distinguible a partir de 3 ppm -partes por millón-. Su densidad es el doble que la del aire. No es un gas inflamable, ni explosivo y tiene mucha estabilidad, es muy soluble en agua y en contacto con ella se convierte en ácido sulfúrico. Consiste en un átomo de azufre y dos de oxígeno.

Durante su proceso de oxidación en la atmósfera, este gas forma sulfatos. Estos sulfatos forman parte del material particulado PM₁₀. En presencia de humedad el dióxido de azufre forma ácidos en forma de aerosoles y se produce una parte importante del material particulado secundario o fino (PM_{2.5}). El SO₂ es el responsable de la lluvia ácida.

Tanto la exposición a sulfatos como a los ácidos derivados del SO₂, comportan graves riesgos para la salud ya que éstos pasan directamente al sistema circulatorio humano a través de las vías respiratorias.

2.1.3. Dióxido de Nitrógeno (NO₂)

El dióxido de nitrógeno NO₂ es un compuesto químico gaseoso de color marrón amarillento formado por la combinación de un átomo de nitrógeno y dos de oxígeno.

Es un gas tóxico e irritante. El NO₂ junto al NO óxido nitroso son conocidos como NO_x y son algunos de los principales contaminantes en las ciudades.

En la naturaleza se produce por los incendios forestales o las erupciones volcánicas. También se produce de forma natural por la descomposición de nitratos orgánicos. El volumen total que se produce de forma natural es infinitamente menor que el que se produce por efecto del hombre.

La mayor parte tiene su origen en la oxidación del NO que se produce en la combustión de los motores de los vehículos, fundamentalmente los diésel. El NO emitido por los motores, una vez en la atmósfera, se oxida y se convierte en NO₂. Es también un potenciador del material particulado, sobre todo de partículas finas PM_{2.5} que son las más perjudiciales. En su reacción con la luz UV del sol es un precursor de O₃ ozono troposférico.

La Agencia para la protección ambiental EPA (AGENCIA PROTECCIÓN AMBIENTAL (EPA), 2023) presenta las afectaciones que puede presentar en la salud:

- El NO₂ actúa principalmente como un irritante que afecta a la mucosa de los ojos, la nariz, la garganta y las vías respiratorias.
- La exposición a dosis de NO₂ extremadamente altas (como en un incendio de un edificio) puede provocar edema pulmonar y una lesión pulmonar difusa.
- La exposición continua a altos niveles de NO₂ puede contribuir al desarrollo de bronquitis aguda o crónica.

La exposición a niveles bajos de NO₂ puede causar:

- Aumento de la reactividad bronquial en algunos asmáticos
- Disminución de la función pulmonar en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica
- Aumento del riesgo a infecciones respiratorias, especialmente en niños pequeños

2.1.4. Ozono Troposférico (O₃)

El ozono es un gas incoloro, formado por tres moléculas de oxígeno, que se encuentra de forma natural en la troposfera y la estratosfera.

Se distinguen dos tipos en función de su ubicación:

El ozono presente en la estratosfera forma una capa que nos protege de las radiaciones ultravioletas; “La capa de Ozono”. Debido a la contaminación por actividades antropogénicas se ha generado uno de los mayores problemas ambientales “El agujero de la capa de Ozono” relacionado directamente con el Cambio Climático.

Por otro lado, el ozono presente en la troposfera de forma natural es producto del transporte de éste desde la estratosfera y de diferentes reacciones químicas. Los precursores para la formación del ozono troposférico mediante dichas reacciones son los COV, CO y los NO_x.

Normalmente el ozono no se produce de forma directa si no por la transformación de otros compuestos llamado precursores. La actividad antrópica ha generado un aumento de las concentraciones de estos precursores, especialmente NO_x y los COV, generando un problema de contaminación atmosférica. Los NO_x actúan como catalizadores y forman ozono a partir de los COV, por lo que el O₃ es clasificado como un contaminante secundario.

La contaminación por ozono troposférico está determinada por las concentraciones de los precursores y las condiciones meteorológicas, afectando especialmente durante la primavera y el verano en áreas suburbanas y rurales influenciadas por áreas urbanas.

En los últimos años ha aumentado la importancia sobre este contaminante por varios aspectos; la afección sobre la salud y el medio ambiente, así como la dificultad para predecir las concentraciones de este contaminante debido a su carácter de contaminante secundario.

2.1.5. Monóxido de Carbono (CO)

El CO se produce por la combustión incompleta de materiales combustibles como gas, gasolina, queroseno, carbón, petróleo o madera. Las chimeneas de hornos e incineradores industriales, las calderas para generación de vapor, los calentadores de agua y los aparatos domésticos que queman combustibles fósiles o derivados del petróleo, como las estufas u hornillas de la cocina o los calentadores de queroseno, también pueden producir CO si no están funcionando bien.

Tanto los automóviles en movimiento como los automóviles parados con el motor encendido (en ralentí) emiten CO. El monóxido de carbono tiene una afinidad mucho más alta que el oxígeno por la hemoglobina de la sangre, por lo que forma carboxihemoglobina que impide a la hemoglobina transportar el oxígeno a las células, y, por tanto, el organismo no puede obtener la energía necesaria para sobrevivir.

2.2. Marco normativo: norma de calidad del aire

La norma de calidad de aire vigente es la Resolución 2254 de 2017 emitida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, que entre otras disposiciones, establece en su artículo No. 2 los niveles máximos permitidos a condiciones de referencia para los contaminantes criterio para el periodo comprendido desde el 1 de julio de 2018 hasta el 31 de diciembre de 2029, indicados en la Tabla 1, los cuales son base para evaluar e identificar el comportamiento de los contaminantes monitoreados.

Tabla 1. Niveles Máximos Permisible de Contaminantes Criterio en el aire

Contaminante	Nivel Máximo Permisible [$\mu\text{g}/\text{m}_3$]	Tiempo de Exposición
PM10	50	Anual
	75	24 horas
PM2.5	25	Anual
	37	24 horas

Contaminante	Nivel Máximo Permissible [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Tiempo de Exposición
O ₃	100	8 horas
NO ₂	60	Anual
	200	1 hora
SO ₂	50	24 horas
	100	1 hora
CO	5000	8 horas
	35000	1 hora

2.2.1. Índice de Calidad del Aire: procedimiento de cálculo y rangos.

Por otra parte, la Resolución 2254 de 2017, en el capítulo IV define el Índice de Calidad de Aire (ICA) para cada uno de los contaminantes criterio, así como los puntos de corte para realizar el cálculo, esto se resume en la Tabla 2.

De acuerdo a las Resolución del MADS 2254 de 2017, el Índice de Calidad de Aire-ICA es un valor adimensional para reportar el estado de la calidad de aire en función de un código de colores al que están asociados unos efectos generales que deben ser tenidos en cuenta para reducir la exposición a altas concentraciones por parte de la población. (MADS, 2017). Su cálculo ha sido adoptado a partir de las recomendaciones técnicas consignadas en el Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality – The Air Quality Index (AQI), como se explica en el Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT, 2010) .

Tabla 2. Descripción del ICA, sus efectos y Puntos de Corte

Color	Categoría	Valor ICA	PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 24 horas	PM2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 24 horas	CO $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 8 horas	SO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1 hora	NO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1 hora	O ₃ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 8 horas	O ₃ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1 hora
	Buena	0-50	0-54	0-12	0-5094	0-93	0-100	0-106	-----
	Aceptable	51-100	55-154	13-37	5095-10819	94-147	101-189	107-138	-----

Color	Categoría	Valor ICA	PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 24 horas	PM2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 24 horas	CO $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 8 horas	SO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1 hora	NO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1 hora	O ₃ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 8 horas	O ₃ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1 hora
Amarelo	Dañina a la salud de grupos sensibles	101-150	155-254	38-55	10820-14254	198-486	190-677	139-167	245-323
Rojo	Dañina a la salud	151-200	255-354	56-150	14255-17688	487-797	678-1221	168-207	324-401
Púrpura	Muy dañina a la salud	201-300	355-424	151-250	17689-34862	798-1583	1222-2349	208-393	402-794
Marrón	Peligrosa	301-500	425-604	251-500	34863-57703	1584-2629	2350-3853	394 ²	795-1185

Método de calculo

El indicador se calcula a partir de las mediciones de concentración de los contaminantes monitoreados en los SVCA, y los puntos de corte preestablecidos para cada uno de los contaminantes, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$ICA_p = \frac{I_{Alto} - I_{Bajo}}{PC_{Alto} - PC_{Bajo}} \times (C_p - PC_{Bajo}) + I_{Bajo}$$

Ecuación 1 Calculo Índice de Calidad de Aire

En donde:

ICA_p = Índice de Calidad de Aire para el contaminante p

C_p = Concentración medida para el contaminante p

PC_{Alto} = Punto de corte mayor o igual a C_p

PC_{Bajo} = Punto de corte menor o igual a C_p

I_{Alto} = Valor del ICA correspondiente al PC_{Alto}

I_{Bajo} = Valor del ICA correspondiente al PC_{Bajo}

2.3. Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire:

2.3.1. Condiciones ambientales y poblacionales de la región cubierta por el SVCA.

Condiciones ambientales y poblacionales

Los municipios del área metropolitana de Bucaramanga forman una conurbación que se encuentra ubicada en el valle del Río de Oro, donde su núcleo principal es el municipio de Bucaramanga al ser el que cuenta con mayor número de habitantes. Es de anotar que estos municipios de igual forma se encuentran inscritos en la cuenca alta del río Lebrija. La zona urbana de los municipios pertenece a la subcuenca del Río de Oro y hacen parte de la zona hidrográfica del Magdalena Medio.

De acuerdo con los resultados presentados en el inventario de emisiones realizado con año base 2021, se muestra el comportamiento de las emisiones a partir de las actividades que se desarrollan en los municipios del área metropolitana de Bucaramanga. Estas actividades han venido en aumento de la mano con el crecimiento que han presentado los municipios y así mismo la demanda de bienes y servicios de la población. Dentro de los principales factores se encuentran junto con el crecimiento de las ciudades, el aumento de las tasas de motorización (aumento del parque automotor), incremento del número de viajes y distancias recorridas por los vehículos (aquí se encuentra el aumento del uso de vehículos particulares), y la ocupación de nuevos territorios. Adicionalmente, se da la particularidad que las personas, por ejemplo, que viven en Piedecuesta se desplazan hacia Bucaramanga para realizar sus actividades laborales y así entre los demás municipios, determinando las mayores distancias que se deben recorrer. (CDMB-UPB, 2022)

Respecto al uso del suelo, Bucaramanga Metropolitana Como Vamos, indica en su informe de calidad de vida, que desde el año 2016 se mantiene una tendencia creciente de viviendas, especialmente el municipio de Girón con un 4,5% de

aumento, seguido de Piedecuesta con un 4,3%, Floridablanca con 3,8% y Bucaramanga del 3,4%

Actividad económica

Según el Informe de Calidad de Vida que se ha venido mencionando, en los municipios del área metropolitana de Bucaramanga, la dinámica empresarial se concentra en el municipio de Bucaramanga, seguido de Floridablanca, Piedecuesta y Girón. En todos los municipios que conforman el AMB se evidencia un incremento de 21,3% en el número de empresas formales entre 2019 y 2020. El 60% de las empresas formalizadas e inscritas en la Cámara de Comercio de Bucaramanga se focalizan en el sector comercio, seguido del sector servicios. De acuerdo con información esta entidad, en la capital del departamento solo hay 148 empresas grandes, mientras en Floridablanca se ubican 48, en Girón 22 y en Piedecuesta. En Piedecuesta el 97,9%, de las empresas son micro, en Floridablanca el 96,3%, Girón el 95,7% y Bucaramanga el 94,3%. (CDMB-UPB, 2022)

Transporte

El análisis del parque automotor registrado en las secretarías de movilidad de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta mostró que el 63% del parque automotor que circula en la región metropolitana corresponde a motocicletas 4T, el 30% a autos particulares, las demás categorías representan menos del 10% del parque automotor, correspondiendo el 3% a autos comerciales (taxis y servicio especial), el 2 % a motocicletas 2T y el 5% restante a camiones, buses, buses de servicio especial, tractocamiones, Metrolínea y volquetas. El incremento del parque automotor respecto al año base 2016 se ha dado principalmente en las motos y los vehículos particulares. Actualmente el parque automotor está conformado por 779.878 vehículos. (CDMB-UPB, 2022)

2.3.2. Ubicación geográfica de estaciones y entorno

El Sistema de Vigilancia de Calidad de Aire (SVCA) en el año 2025 conto con 4 estaciones monitoreo automático, ubicadas en 2 municipios del área metropolitana de Bucaramanga. La Imagen 2 presenta el mapa con la ubicación geográfica de las diferentes estaciones automáticas de la CDMB.

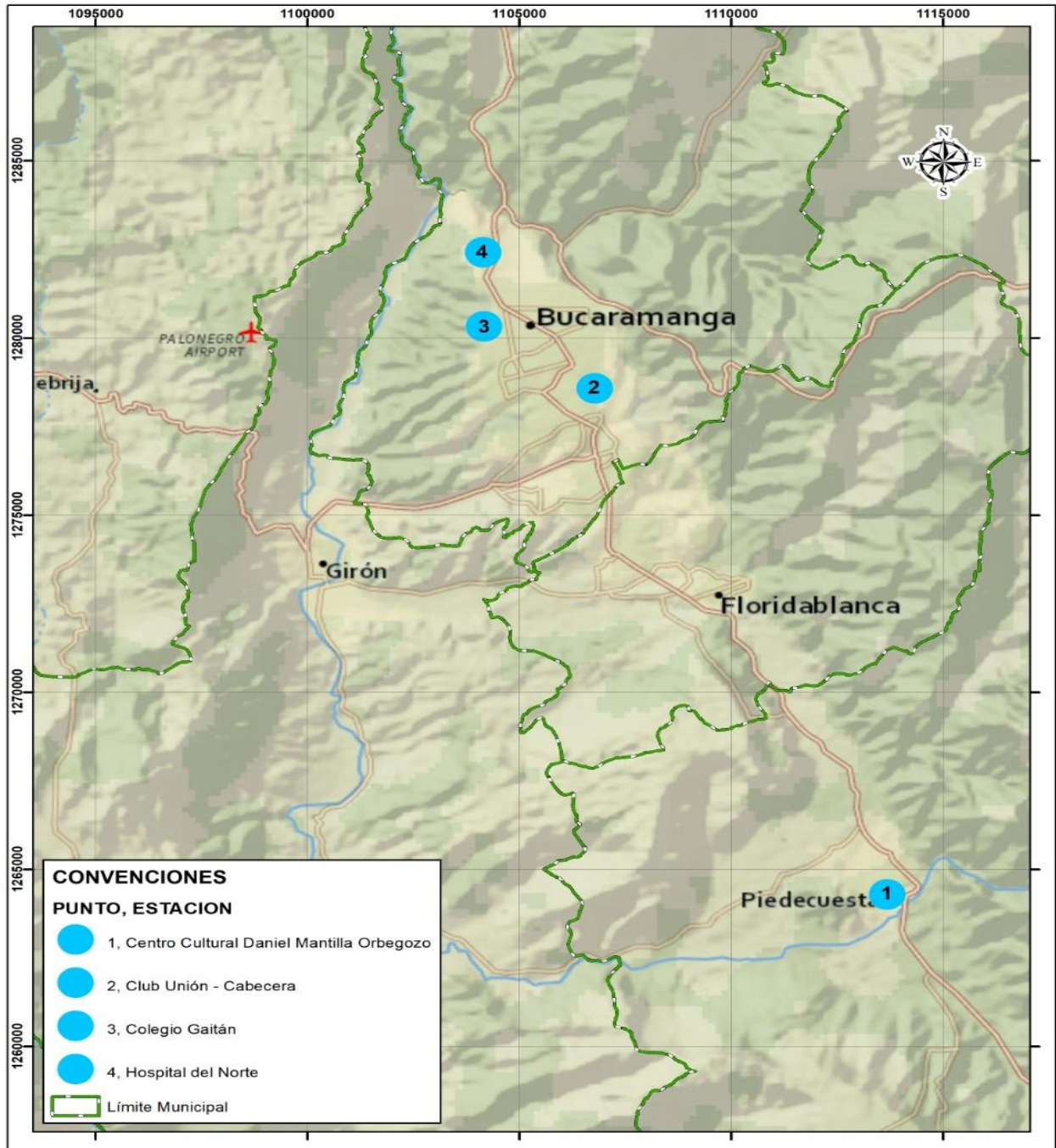


Imagen 2 Ubicación espacial de las estaciones del SVCA

Tabla 3. Ubicación geográfica Estación Club Unión.

ESTACIÓN	DIRECCIÓN	COORDENADAS		
		LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
Club Unión	Calle 49 # 32-20 Terraza Club Unión	7°06'51.6"N	73°06'39.5"W	977

Zona de alto tráfico y congestión vehicular caracterizada por la presencia de locales comerciales y oficinas.



Tabla 4. Ubicación geográfica Estación Colegio Gaitán

ESTACIÓN	DIRECCIÓN	COORDENADAS		
		LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
Colegio Gaitán	Calle 16 # 9-54 Institución Educativa Jorge Eliecer Gaitán	7°07'48.7"N	73°08'04.4"W	928

Sector principalmente residencial, con instituciones educativas y algunas actividades comerciales y de servicios



Tabla 5. Ubicación geográfica Estación Centro Cultural Daniel Mantilla Piedecuesta

ESTACIÓN	DIRECCIÓN	COORDENADAS		
		LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
Centro Cultural Daniel Mantilla – Piedecuesta	Carrera 8 # 10-65 Centro Cultural Daniel Mantilla Orbegozo	6°59'06.4"N	73°02'55.6"W	1040.151

Sector de trafico liviano, ubicado en la terraza del edificio



Tabla 6. Ubicación geográfica Estación Hospital Local del Norte

ESTACIÓN	DIRECCIÓN	COORDENADAS		
		LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
Hospital Local del Norte	Carrera 9 Calle 12 Norte Barrio Kennedy Hospital Local del Norte	7° 8'57.38" N	73° 8'4.59" W	803.5

Sector residencial con liviano flujo vehicular, cercano al polideportivo recrear del norte



2.3.3. Tecnologías de monitoreo y métodos analíticos utilizados

Material Particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$

El medidor de partículas finas Fidas 200, es un espectrómetro de aerosol de partículas finas con la certificación EN 16450. Analiza continuamente las partículas finas presentes en el aire ambiente y calcula simultáneamente los valores de inmisión $PM_{2.5}$ y PM_{10} que deben controlarse. Al mismo tiempo se calculan y registran los valores PM_1 , PM_4 , PM_{tot} , la concentración en número de partículas C_n y la distribución granulométrica. El número de partículas se mide mediante la dispersión de luz óptica.

El aparato consta básicamente de los siguientes componentes:

- Cabezal de toma de muestras
- Tubo de toma de muestras
- Estación meteorológica
- Unidad de control



Imagen 3. Analizador de partículas Fidas 200

Dióxido de Nitrógeno NO_2

El AC32e es un analizador de monóxido de nitrógeno y dióxido de nitrógeno específico para bajas concentraciones en el aire ambiente (con un límite de detección de 0.2 ppb). Su principio de medición se basa en la quimioluminiscencia del óxido de nitrógeno (NO) en presencia de moléculas de ozono altamente oxidantes. Debido a las recientes tecnologías ópticas y electrónicas, el dispositivo

ofrece muchas ventajas y solo requiere un mantenimiento limitado. La muestra se toma utilizando un tubo de teflón (6 mm de diámetro externo) conectado al panel posterior del analizador. La muestra es aspirada por una bomba externa. La medición se muestra en una pantalla a color equipada con una pantalla táctil ubicada en el panel frontal.



Imagen 4. Analizador de Dióxido de Nitrógeno Envea AC32e

Dióxido de Azufre SO₂

El AF22e es un analizador de dióxido de azufre continuo (con un límite de detección de 0.4 ppb). Su detección se basa en el principio de fluorescencia ultravioleta. La muestra se toma utilizando un tubo de teflón (6 mm de diámetro externo) conectado al panel posterior del analizador. La muestra es aspirada por una bomba interna. La medición se muestra en una pantalla a color equipada con una pantalla táctil ubicada en el panel frontal.



Imagen 5. Analizador de Dióxido de Azufre Envea AF22e

Monóxido de Carbono CO

El CO12e es un analizador continuo de monóxido de carbono (con un límite de detección de 0.05 ppm). Su principio de medición se basa en la detección de monóxido de carbono por absorción en luz infrarroja. La muestra se toma utilizando un tubo de teflón (6 mm de diámetro externo) conectado al panel posterior del analizador. La muestra es aspirada por una bomba interna. La medición se muestra en una pantalla a color equipada con una pantalla táctil ubicada en el panel frontal.

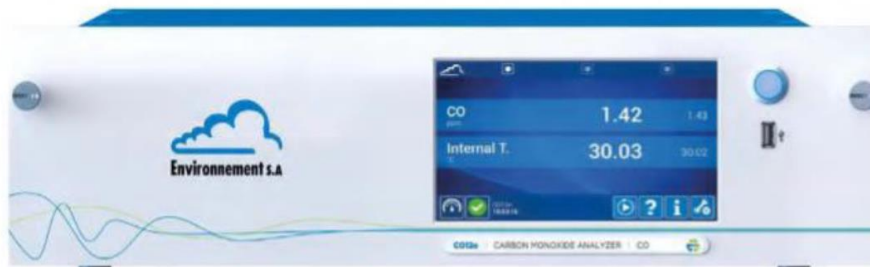


Imagen 6. Analizador de Monóxido de Carbono Envea CO12e

Ozono Troposférico O₃

El O342e es un analizador de ozono continuo (con un límite de detección de 0.2 ppb). Su principio de medición se basa en la detección de ozono por absorción directa en luz ultravioleta. Con la incorporación de tecnologías ópticas y electrónicas recientes, el analizador ofrece muchas ventajas mientras que requiere un mantenimiento limitado. La muestra se toma con un tubo de teflón (6 mm de diámetro externo) conectado al panel posterior del analizador. La muestra es aspirada por una bomba interna. La medición se muestra en una pantalla a color equipada con una pantalla táctil.



Imagen 7. Analizador de Ozono Troposférico Envea O342e

Azufre Total Reducido TRS

La muestra tomada por la bomba del AF22E cruza el bloque de la válvula solenoide. Luego pasa al módulo CTRS donde cruza: – el Permapure, el filtro donde se filtra el SO₂, – el horno donde el CTRS se convierte en SO₂. La muestra vuelve al AF22E donde se analiza el SO₂ resultante de la conversión de TRS.



Imagen 8. Módulo convertidor de TRS CTRS S2-E

Resumen de tecnologías de monitoreo y métodos analíticos utilizados


Tabla 7. Resumen de las tecnologías y métodos de monitoreo utilizadas SVCA CDMB

ESTACIÓN	CONTAMINANTE CRITERIO	PRINCIPIO DE OPERACIÓN	REGIMEN DE OPERACIÓN	METODO DE REFERENCIA ACREDITADO	SERIAL DEL EQUIPO
CCDMO - Piedecuesta, Club Unión, Colegio Gaitán, Hospital Local del Norte.	PM ₁₀	Espectrometría	Continuo - Automático	Sistemas de Medición Automatizados para la determinación de la Concentración de Material Particulado (PM ₁₀ ; PM _{2.5}): UNE EN 16450:2017	15601
					15600
					15603
					15602
CCDMO - Piedecuesta, Club Unión, Colegio Gaitán, Hospital Local del Norte.	PM _{2.5}	Espectrometría	Continuo - Automático	Sistemas de Medición Automatizados para la determinación de la Concentración de Material Particulado (PM ₁₀ ; PM _{2.5}): UNE EN 16450:2017	15601
					15600
					15603
					15602
CCDMO - Piedecuesta, Club Unión	SO ₂	Fluorescencia ultravioleta	Continuo - Automático	U.S. EPA CFR Título 40, Capítulo I, Subcapítulo C, Parte 50, Apéndice A-1. Fluorescencia Ultravioleta. Método de Referencia Automático: EQSA- 0802-149	1567
					1566
CCDMO - Piedecuesta, Club Unión	NO ₂	Quimioluminiscencia	Continuo - Automático	U.S. EPA CFR Título 40, Capítulo I, Subcapítulo C, Parte 50, Apéndice F. Quimioluminiscencia en Fase Gaseosa. Método de Referencia Automático: RFNA- 0118-249.	1878 1500

ESTACIÓN	CONTAMINANTE CRITERIO	PRINCIPIO DE OPERACIÓN	REGIMEN DE OPERACIÓN	METODO DE REFERENCIA ACREDITADO	SERIAL DEL EQUIPO
CCDMO - Piedecuesta, Club Unión, Colegio Gaitán, Hospital Local del Norte.	O ₃	Fotometría ultravioleta	Continuo - Automático	U.S. EPA CFR Título 40, Capítulo I, Subcapítulo C, Parte 50, Apéndice D. Método de Referencia Automático: EQOA- 0515-225.	1095 1622 1094 1097
CCDMO - Piedecuesta, Club Unión	CO	Espectroscopía de absorción infrarroja	Continuo - Automático	:U.S. EPA CFR Título 40, Capítulo I, Subcapítulo C, Parte 50, Apéndice C. Método de Referencia Automático: RFCA- 0915-228.	1176 1190
Colegio Gaitán, Hospital Local del Norte	TRS	Fluorescencia ultravioleta	Continuo - Automático	U.S EPA CFR Título 40, Parte 50, Capítulo I, Subcapítulo C, Apéndice A-1. Método Equivalente Automático: EQSA- 0802-149 Modificado	1679 1568

2.3.4. Resumen ficha técnica de las estaciones

Estación Hospital Local del Norte


	CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA- CDMB.		
	ELABORO:	REVISO:	APROBO:
	Gestion del Conocimiento Ambiental	Delegado Dirección SIGC	Director(a) General
CODIGO: M-CA-FO128 VERSION: 01	FICHA TECNICA ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE		

INFORMACION GENERAL				
PROYECTO: NOMBRE DE LA ESTACION: COORDENADAS: Descripción de la ubicación:	SISTEMA DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE			
	HOSPITAL LOCAL DEL NORTE		MUNICIPIO:	BUCARAMANGA
	LATITUD:	7° 8'57.38" N	ALTITUD:	803.5
	LONGITUD:	73° 8'4.59" W	ALT. DEL SUELO:	14.91
PUNTO UBICADO EN EL BARRIO KENNEDY, EN EL HOSPITAL LOCAL DEL NORTE, EN UN SECTOR RESIDENCIAL, CON TRAFICO VEHICULAR LIVIANO EN SU MAYORIA, CERCAÑO AL POLIDEPORTIVO RECREAR DEL NORTE				
TIPO DE ESTACION: Nivel I: Area Urbana: <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Suburbana: <input type="checkbox"/> Rural: <input type="checkbox"/> Nivel II: Tiempo Fija: <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Indicativa: <input type="checkbox"/> Nivel III: Emisiones Dominantes Tráfico: <input checked="" type="checkbox"/> Punto Crítico: <input type="checkbox"/> Industrial: <input checked="" type="checkbox"/> De Fondo: <input checked="" type="checkbox"/> Nivel IV: Información Adicional <u>TRAFICO:</u> Distancia al borde (m): <input type="text" value="40"/> Ancho de la Vía: <input type="text" value="6"/> Trafico Diario Sentido 1: <input type="text" value="BAJO"/> Trafico Diario Sentido 2: <input type="text" value="BAJO"/> Velocidad Promedio: <input type="text" value="30 Km/h"/> % Vehiculos Pesados: <input type="text" value="10"/> Estado de la Vía: <input type="text" value="PAVIMENTADA"/> <u>INDICATIVAS:</u> Tiempo de Muestreo: <input type="text" value="PERMANENTE"/> Seco/Humedo: <input type="text"/> Fecha Inicio: <input type="text" value="05-11-2021"/> OBJETIVOS REPRESENTATIVIDAD DE LA ESTACION: OBJETIVOS: <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> REPRESENTATIVIDAD: <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> FUENTES DE EMISION: Principal Fuente: <input type="text" value="TRAFICO VEHICULAR"/> Segunda Fuente: <input type="text" value="INDUSTRIAS"/> Tercera Fuente: <input type="text"/>				
<u>INDUSTRIAL:</u> Tipo de Industria: <input type="text" value="Parque Industrial II, Bavaria"/> Distancia Fuentes (Km): <input type="text" value="2.30, 1.56"/> Dirección (Grados): <input type="text" value="247.33, 348.04"/> <u>PUNTO CRITICO:</u> Fuente Evaluada: <input type="text"/> Calle Encajonada: <input type="text"/> Calle Libre: <input checked="" type="checkbox"/> <u>RURALES DE FONDO:</u> Cercana Ciudades Regionales: <input checked="" type="checkbox"/>				

CONFIGURACION DE LA ESTACION:			
PARAMETRO	TECNOLOGIA	METODO REFERENCIA	ESTACION METEREOLÓGICA
PM10	<input checked="" type="checkbox"/> ESPECTOMETRIA	UNE-EN 16450	Serial: <input type="text" value="20100319"/>
PM2.5	<input checked="" type="checkbox"/> ESPECTOMETRIA	UNE-EN 16450	DV <input checked="" type="checkbox"/>
PST	<input type="checkbox"/>		VV <input checked="" type="checkbox"/>
CO	<input type="checkbox"/>		PRESION <input checked="" type="checkbox"/>
SO2	<input type="checkbox"/>		TEMP. <input checked="" type="checkbox"/>
NOx	<input type="checkbox"/>		HR <input checked="" type="checkbox"/>
O3	<input checked="" type="checkbox"/> FOTOMETRIA UV	EPA TITULO 40 PARTE 50	PRECIP. <input checked="" type="checkbox"/>
Otro:	<input checked="" type="checkbox"/>		RAD. SOLAR <input checked="" type="checkbox"/>
			OTROS <input type="text"/>
OTROS CAL. AIRE	<input type="text" value="TRS - FLUORESCENCIA UV - EPA TITULO 40 PARTE 50"/>		
OTROS MET.	<input type="text"/>		

Imagen 9. Ficha técnica Estación Hospital Local del Norte


Estación Colegio Gaitán

	CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA- CDMB.		
	ELABORO: Gestion del Conocimiento Ambiental	REVISÓ: Delegado Dirección SIGC	APROBO: Director(a) General
CODIGO: M-CA-FO128 VERSION: 01	FICHA TECNICA ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE		

INFORMACION GENERAL			
PROYECTO: SISTEMA DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE			
NOMBRE DE LA ESTACION: COLEGIO GAITAN			
COORDENADAS:	LATITUD:	7°07'48.7"N	MUNICIPIO:
	LONGITUD:	73°08'04.4"W	BUCARAMANGA
Descripción de la ubicación:	ALTITUD:	928	
	ALT. DEL SUELO:	4	
	PUNTO UBICADO EN EL BARRIO GAITAN EN LA CALLE 16 # 10, EN EL COLEGIO JORGE ELIECER GAITAN CERCANO A VIVIENDAS, TRAFICO VEHICULAR LIVIANO, Y BOSQUE DE LA ESCARPA DE BUCARAMANGA		
TIPO DE ESTACION:			
Nivel I: Area			
Urbana:	<input checked="" type="checkbox"/>		
Suburbana:	<input type="checkbox"/>		
Rural:	<input type="checkbox"/>		
Nivel II: Tiempo			
Fija:	<input checked="" type="checkbox"/>		
Indicativa:	<input type="checkbox"/>		
Nivel III: Emisiones Dominantes			
Tráfico:	<input checked="" type="checkbox"/>		
Punto Crítico:	<input type="checkbox"/>		
Industrial:	<input checked="" type="checkbox"/>		
De Fondo:	<input checked="" type="checkbox"/>		
Nivel IV: Información Adicional			
TRAFICO:			
Distancia al borde (m):	20	INDUSTRIAL:	
Ancho de la Vía:	6	Tipo de Industria:	
Trafico Diario Sentido 1:	BAJO	Sector Harinagro), Alimentos (Sect	
Trafico Diario Sentido 2:	BAJO	Distancia Fuentes (Km):	
Velocidad Promedio:	20 Km/h	2.25, 3.88	
% Vehiculos Pesados:	5	Dirección (Grados):	
Estado de la Vía:	PAVIMENTADA	293.65, 232.69	
INDICATIVAS:			
Tiempo de Muestreo:	PERMANENTE	PUNTO CRITICO:	
Seco/Humedo:		Fuente Evaluada:	
Fecha Inicio:	25-10-2021	Calle Encajonada:	
OBJETIVOS REPRESENTATIVIDAD DE LA ESTACION:			
REPRESENTATIVIDAD:			
MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE PERMANENTE			
FUENTES DE EMISION:			
Principal Fuente:	TRAFICO VEHICULAR		
Segunda Fuente:	INDUSTRIAS		
Tercera Fuente:			
CONFIGURACION DE LA ESTACION:			
PARAMETRO	TECNOLOGIA	METODO REFERENCIA	ESTACION METEREOLÓGICA
PM10	<input checked="" type="checkbox"/> ESPECTOMETRIA	UNE-EN 16450	Serial: 21010131
PM2.5	<input checked="" type="checkbox"/> ESPECTOMETRIA		DV <input checked="" type="checkbox"/>
PST			VV <input checked="" type="checkbox"/>
CO			PRESION <input checked="" type="checkbox"/>
SO2			TEMP. <input checked="" type="checkbox"/>
NOx			HR <input checked="" type="checkbox"/>
O3	<input checked="" type="checkbox"/> FOTOMETRIA UV	EPA TITULO 40 PARTE 50	PRECIP. <input checked="" type="checkbox"/>
Otro:	<input checked="" type="checkbox"/>		RAD. SOLAR <input checked="" type="checkbox"/>
			OTROS <input type="checkbox"/>
OTROS CAL. AIRE	TRS - FLUORESCENCIA UV - EPA TITULO 40 PARTE 50		
OTROS MET.			

Imagen 10. Ficha técnica Estación Colegio Gaitán


Estación Club Unión

	CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA- CDMB.		
	ELABORO:	REVISO:	APROBO:
	Gestión del Conocimiento Ambiental	Delegado Dirección SIGC	Director(a) General
CODIGO: M-CA-FO12B	FICHA TECNICA ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE		
VERSION: 01			

INFORMACION GENERAL				
PROYECTO: NOMBRE DE LA ESTACION: COORDENADAS:	SISTEMA DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE			
	CLUB UNIÓN		MUNICIPIO:	BUCARAMANGA
Descripción de la ubicación:	LATITUD:	7°06'51.6"N	ALTITUD:	977
	LONGITUD:	73°06'39.5"W	ALT. DEL SUELO:	12
	PUNTO UBICADO EN EL SECTOR DE CABECERA EN LA CARRERA 33 ENTRE CALLES 49 Y 51 EN EL CLUB UNION, CERCANO A UNA VIA PRINCIPAL CON ALTO TRAFICO VEHICULAR MIXTO Y ZONAS COMERCIALES			
TIPO DE ESTACION:				
Nivel I: Area				
Urbana:	<input checked="" type="checkbox"/>	Nivel II: Tiempo		
Suburbana:	<input type="checkbox"/>	Fija:	<input checked="" type="checkbox"/>	Nivel III: Emisiones Dominantes
Rural:	<input type="checkbox"/>	Indicativa:	<input type="checkbox"/>	Tráfico:
Nivel IV: Información Adicional				Punto Crítico:
<u>TRAFICO:</u>				Industrial:
Distancia al borde (m):	7 Y 24		<u>INDUSTRIAL:</u>	De Fondo:
Ancho de la Vía:	6 Y 12		Tipo de Industria:	<input checked="" type="checkbox"/>
Trafico Diario Sentido 1:	ALTO		Distancia Fuentes (Km):	<input type="checkbox"/>
Trafico Diario Sentido 2:	ALTO		Dirección (Grados):	<input type="checkbox"/>
Velocidad Promedio:	30 km/h			<input type="checkbox"/>
% Vehiculos Pesados:	20		<u>PUNTO CRITICO:</u>	<input type="checkbox"/>
Estado de la Vía:	PAVIMENTADO		Fuente Evaluada:	<input type="checkbox"/>
<u>INDICATIVAS:</u>				Calle Encajonada:
Tiempo de Muestreo:	PERMANENTE		Calle Libre:	<input checked="" type="checkbox"/>
Seco/Humedo:			<u>RURALES DE FONDO:</u>	<input type="checkbox"/>
Fecha Inicio:	15-10-21		Cercana Ciudades Regionales:	<input checked="" type="checkbox"/>
OBJETIVOS REPRESENTATIVIDAD DE LA ESTACION:				
REPRESENTATIVIDAD:				
MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE PERMANENTE				
FUENTES DE EMISION:				
Principal Fuente:	TRAFICO VEHICULAR			
Segunda Fuente:	INDUSTRIA			
Tercera Fuente:				
CONFIGURACION DE LA ESTACION:				
PARAMETRO		TECNOLOGIA	METODO REFERENCIA	ESTACION METEREOLÓGICA
PM10	<input checked="" type="checkbox"/>	ESPECTOMETRIA	UNE-EN 16450	Serial: 21010132
PM2.5	<input checked="" type="checkbox"/>	ESPECTOMETRIA	UNE-EN 16450	DV X
PST				VV X
CO	<input checked="" type="checkbox"/>	INFRAROJO	EPA TITULO 40 PARTE 50	PRESION X
SO2	<input checked="" type="checkbox"/>	FLUORESCENCIA UV	EPA TITULO 40 PARTE 50	TEMP. X
NOx	<input checked="" type="checkbox"/>	QUIMIOLUMINISCENCIA	EPA TITULO 40 PARTE 50	HR X
O3	<input checked="" type="checkbox"/>	FOTOMETRIA UV	EPA TITULO 40 PARTE 50	PRECIP. X
Otro:	<input type="checkbox"/>			RAD. SOLAR X
				OTROS
OTROS CAL. AIRE				
OTROS MET.				

Imagen 11. Ficha técnica Estación Club Unión

Estación Centro Cultural Daniel Mantilla Orbezo Piedecuesta / CCDMO - Piedecuesta

	CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA- CDMB.		
	ELABORO: Gestion del Conocimiento Ambiental	REVISO: Delegado Dirección SIGC	APROBO: Director(a) General
CODIGO: M-CA-FO128 VERSION: 01	FICHA TECNICA ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE		

INFORMACION GENERAL			
PROYECTO: SISTEMA DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE			
NOMBRE DE LA ESTACION: CENTRO CULTURAL DANIEL MANTILLA - PIEDECUESTA		MUNICIPIO: PIEDECUESTA	
COORDENADAS:		ALTITUD: 1040.151	
LATITUD: 6°59'06.4"N		LONGITUD: 73°02'55.6"W	
LONGITUD: 73°02'55.6"W		ALT. DEL SUELO: 14.609	
Descripción de la ubicación: PUNTO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, EN EL LUGAR CONOCIDO COMO INDERPIDECUESTA, EN LA CARRERA 8 # 11, SOBRE LA AZOTEA DEL EDIFICIO, PASO CONSTANTE DE VEHICULOS DE TRAFICO LIVIANO			
TIPO DE ESTACION:			
Nivel I: Area			
Urbana:	<input checked="" type="checkbox"/>	Nivel II: Tiempo	Nivel III: Emisiones Dominantes
Suburbana:	<input type="checkbox"/>	Fija:	Tráfico:
Rural:	<input type="checkbox"/>	Indicativa:	Punto Crítico:
			Industrial:
			De Fondo:
Nivel IV: Información Adicional			
TRAFICO:		INDUSTRIAL:	
Distancia al borde (m):	10	Tipo de Industria:	Alimentos (Sector Guatiguara)
Ancho de la Vía:	5	Distancia Fuentes (Km):	3.5
Trafico Diario Sentido 1:	MEDIO	Dirección (Grados):	109.04
Trafico Diario Sentido 2:	MEDIO		
Velocidad Promedio:	30 Km/h	PUNTO CRITICO:	
% Vehiculos Pesados:	15	Fuente Evaluada:	<input type="checkbox"/>
Estado de la Vía:	PAVIMENTADA	Calle Encajonada:	<input checked="" type="checkbox"/>
		Calle Libre:	<input type="checkbox"/>
INDICATIVAS:		RURALES DE FONDO:	
Tiempo de Muestreo:	PERMANENTE	Cercana Ciudades Regionales:	<input checked="" type="checkbox"/>
Seco/Humedo:			
Fecha Inicio:	23/09/21		
OBJETIVOS REPRESENTATIVIDAD DE LA ESTACION:			
REPRESENTATIVIDAD:			
MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE PERMANENTE			
FUENTES DE EMISION:			
Principal Fuente:	TRAFICO VEHICULAR		
Segunda Fuente:	INDUSTRIA		
Tercera Fuente:			
CONFIGURACION DE LA ESTACION:			
PARAMETRO	TECNOLOGIA	METODO REFERENCIA	ESTACION METEOROLOGICA
PM10	<input checked="" type="checkbox"/> ESPECTOMETRIA	UNE-EN 16450	Serial: 21010129
PM2.5	<input checked="" type="checkbox"/> ESPECTOMETRIA	UNE-EN 16450	DV: <input checked="" type="checkbox"/>
PST	<input type="checkbox"/>		VV: <input checked="" type="checkbox"/>
CO	<input checked="" type="checkbox"/> INFRAROJO	EPA TITULO 40 PARTE 50	PRESION: <input checked="" type="checkbox"/>
SO2	<input checked="" type="checkbox"/> FLUORESCENCIA UV	EPA TITULO 40 PARTE 50	TEMP.: <input checked="" type="checkbox"/>
NOx	<input checked="" type="checkbox"/> QUIMIOLUMINISCENCIA	EPA TITULO 40 PARTE 50	HR: <input checked="" type="checkbox"/>
O3	<input checked="" type="checkbox"/> FOTOMETRIA UV	EPA TITULO 40 PARTE 50	PRECIP.: <input checked="" type="checkbox"/>
Otro:	<input type="checkbox"/>		RAD. SOLAR: <input checked="" type="checkbox"/>
			OTROS: <input type="checkbox"/>
OTROS CAL. AIRE			
OTROS MET.			

Imagen 12. Ficha técnica Estación CCDMO - Piedecuesta

2.4. Estadísticas empleadas

Los datos que se descargan de la plataforma AmbiensQ están validados con pruebas de escritorio, estas operaciones se validan por la empresa que desarrollo la plataforma y estas operaciones son las siguientes:

- Promedio aritmético: Es lo que se conoce como media al uso. Sumamos todos los valores y lo dividimos entre la cantidad de observaciones:

$$\text{Promedio aritmetico} = \frac{\sum_1^N xi}{N}$$

Ecuación 2 Promedio aritmético

- Desviación estándar: La desviación estándar es una medida de extensión o variabilidad en la estadística descriptiva. Se utiliza para calcular la variación o dispersión en la que los puntos de datos individuales difieren de la media.

Una desviación baja indica que los puntos de datos están muy cerca de la media, mientras que una desviación alta muestra que los datos están dispersos en un rango mayor de valores.

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X - x.)^2}{n - 1}}$$

Ecuación 3 Desviación estándar

S= Desviación estándar

X= Cada Valor

x.= Promedio aritmético

- Conversión de unidades: Para comparar con la normativa es necesario hacer un cambio de unidades ya que los equipos los toman muestra en partes por

billón (ppb) y la normativa esta expresada en microgramo por metro cubico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

$$\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} = \frac{(x * \textit{peso molucular contaminante})}{24.45}$$

Ecuación 4 Conversión de unidades

X= valor medido en el equipo ppb

24.45= volumen que ocupa un mol de aire a 25 °C y 1 atm.

Adicionalmente, a las operaciones automáticas realizadas por la plataforma AmbiensQ Suite, en el marco del proceso de análisis del Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire (SVCA) de la CDMB, se desarrollan procedimientos complementarios de tratamiento y evaluación estadística de la información y tienen como finalidad garantizar la validez, coherencia y representatividad de los datos, así como su adecuada interpretación frente a los criterios establecidos en la normativa ambiental vigente y los lineamientos de calidad aplicables.

Cálculo de promedios normativos

En el marco de la Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – Resolución 2254 de 2017, los datos son procesados para obtener:

- Promedios horarios
- Promedios diarios (24 horas)
- Promedios móviles (ej. ozono a 8 horas)
- Promedios anuales

Estos cálculos permiten la comparación directa con los valores límite permisibles establecidos en la normativa.

Análisis de representatividad de datos

Se realiza la evaluación del porcentaje de datos válidos por contaminante y estación, considerando criterios de completitud ($\geq 75\%$), con el fin de garantizar la confiabilidad de los resultados reportados.

Así mismo, se aplican criterios de validación y banderas de calidad de datos conforme a los procedimientos internos del SVCA, permitiendo identificar datos válidos, indicativos o descartados.

Análisis de excedencias

Se cuantifica el número de eventos en los cuales las concentraciones registradas superan los límites establecidos en la normativa, lo cual permite identificar posibles episodios de contaminación y evaluar el cumplimiento ambiental.

Análisis de tendencias y comportamiento temporal

Se desarrollan análisis de series de tiempo (horarias, diarias y/o anuales), permitiendo identificar patrones de comportamiento, variaciones estacionales y posibles tendencias en la calidad del aire.

2.5. Meteorología:

Las variables meteorológicas medidas por el SVCA de la CDMB incluyen, temperatura, precipitación, humedad relativa, dirección de viento y velocidad de viento y presión atmosférica. Para su análisis se tiene en cuenta:

- ❖ Precipitación total anual y mensual: señala el régimen de la precipitación total en milímetros.
- ❖ Temperatura media del aire: Corresponde al promedio aritmético de los valores de temperatura ambiente media diaria medidos durante un mes.

- ❖ Temperatura máxima del aire: Corresponde a la Temperatura ambiente máxima mensual, que se obtiene de los valores máximos de temperatura diaria durante un mes.
- ❖ Temperatura mínima del aire: Corresponde al promedio aritmético de los valores de temperatura ambiente mínima diaria medidos durante un mes.
- ❖ Humedad Relativa media del aire: Corresponde al promedio aritmético de los valores de Humedad Relativa ambiente media diaria medidos durante un mes.
- ❖ Humedad Relativa máxima del aire: Corresponde a la Humedad Relativa ambiente máxima mensual, que se obtiene de los valores máximos de temperatura diaria durante un mes.
- ❖ Humedad Relativa mínima del aire: Corresponde al promedio aritmético de los valores de Humedad Relativa ambiente mínima diaria medidos durante un mes.
- ❖ Rosas de viento: Velocidad y dirección del viento expresada en puntos cardinales, se realiza total, diaria y nocturna.

2.6. Incertidumbre de las mediciones

La palabra “incertidumbre” significa duda, y, por tanto, en un sentido más amplio “incertidumbre de medición” significa duda en la validez del resultado de una medición. Debido a la falta de palabras diferentes para este concepto general de incertidumbre y para las magnitudes específicas que suministran las medidas cuantitativas del concepto, por ejemplo, la desviación estándar, es necesario usar la palabra “incertidumbre” en estos dos sentidos diferentes. (ICONTEC, 2019)

La incertidumbre en el resultado de una medición refleja la imposibilidad de conocer exactamente el valor del mensurando. (ICONTEC, 2019).

El SVCA de la CDMB, en cumplimiento a los procedimientos establecidos, determinó la incertidumbre de medición para los contaminantes medidos en cada

una de las estaciones de monitoreo, dichos valores pueden ser consultados en el numeral 3.2 en la declaración de conformidad.

3. EVALUACIÓN DE LA CANTIDAD, CALIDAD, OPORTUNIDAD Y DISPONIBILIDAD DE LA INFORMACIÓN EN LA BASE DE DATOS

3.1. Declaración de resultados

Los resultados presentados en este informe hacen referencia exclusivamente al monitoreo de los contaminantes PM₁₀ (24 h), PM_{2.5} (24 h), CO (8 h y 1 h), SO₂ (24 h y 1 h), NO₂ (1 h), O₃ (8 h) y TRS (1 h y 24 h), correspondientes al periodo comprendido entre el primero (01) de enero y el treinta y uno (31) de diciembre de 2025. Todos estos contaminantes se expresan en unidades de concentración de µg/m³ y se presentan conforme a la temporalidad establecida en la Resolución 2254 de 2017 y la Resolución 1541 de 2013.

Los datos provienen de las estaciones automáticas Hospital Local del Norte, Colegio Gaitán, Club Unión y CCDMO Piedecuesta del Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire (SVCA) de la CDMB, entidad acreditada para “producir información cuantitativa física y química para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes”, conforme a lo dispuesto en el artículo 1 de la Resolución de Acreditación No. 1257 del 14 de septiembre de 2023 del IDEAM, corregida por la Resolución No. 055 del 17 de enero de 2024. Así mismo, el alcance de acreditación fue ampliado debido al cambio del equipo de ozono de la estación Club Unión, mediante la Resolución No. 1489, expedida el 25 de noviembre de 2025. No obstante, teniendo en cuenta que la ejecutoria de dicha resolución quedó en firme el 15 de diciembre de 2025, los datos generados entre el 1 de enero y el 14 de diciembre de 2025 para el parámetro Ozono (O₃) en la estación Club Unión se consideran por fuera del alcance de acreditación, por lo que se incluyen únicamente con fines informativos y de seguimiento técnico. A partir del 15 de

diciembre de 2025, los datos de Ozono (O_3) correspondientes a esta estación se consideran dentro del alcance acreditado, bajo los lineamientos de la norma NTC-ISO/IEC 17025:2017 – Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.

Las actividades de ensayo se realizaron empleando métodos acreditados ante el IDEAM, bajo condiciones controladas y conforme a los protocolos técnicos establecidos. Se aclara que todos los métodos fueron aplicados según lo establecido en los procedimientos normalizados, con excepción del parámetro TRS, para el cual se utilizó una modificación validada del método original, manteniendo su trazabilidad y confiabilidad técnica.

Se informa que los datos consignados en este informe son de carácter público y pueden ser consultados por cualquier parte interesada. No obstante, se solicita que su uso se realice de manera responsable, evitando interpretaciones descontextualizadas o ajenas al propósito del monitoreo ambiental. La CDMB no se hace responsable por interpretaciones o usos indebidos de esta información fuera del contexto técnico en el cual fue generada, por tal motivo se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización previa y expresa del Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire (SVCA) de la CDMB.

Los resultados reportados son válidos únicamente para las condiciones y fechas específicas en las que se llevó a cabo el muestreo

3.2. Análisis del porcentaje de captura de datos

En la Tabla 8 se presenta el porcentaje de representatividad de captura de datos para los diferentes parámetros medidos en cada una de las estaciones que conforman el SVCA. Durante la vigencia 2025, se llevaron a cabo diversas actividades asociadas a la operación y aseguramiento de la calidad de los equipos de monitoreo, tales como procesos de calibración, mantenimientos preventivos y correctivos, así como otras intervenciones técnicas propias del funcionamiento del

sistema, las cuales incidieron en la disponibilidad de datos para algunos contaminantes en determinados periodos.

Tabla 8 Representatividad de captura de datos por contaminante en las estaciones del SVCA.

Estación	Contaminante	%Representatividad
Piedecuesta	PM10	80 %
	PM2.5	81 %
	Ozono (O ₃)	83 %
	Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	81 %
	Dióxido de azufre (SO ₂)	78 %
	Monóxido de carbono (CO)	85 %
Club Unión	PM10	98 %
	PM2.5	98 %
	Ozono (O ₃)	93 %
	Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	84 %
	Dióxido de azufre (SO ₂)	96 %
	Monóxido de carbono (CO)	97 %
Colegio Gaitán	PM10	95 %
	PM2.5	95 %
	Ozono (O ₃)	98 %
	TRS	95%
Hospital Local del Norte	PM10	70 %
	PM2.5	70 %
	Ozono(O ₃)	99 %
	TRS	93%

3.3. Declaración de conformidad

La determinación de la conformidad se realiza usando la regla de decisión “Declaración Binaria para una regla de aceptación simple w=0” siguiendo la “Guía para establecer reglas de decisión en la declaración de conformidad”, esto entendiendo que la resolución 2254 de 2017 ofrece un límite único de cumplimiento para los diferentes contaminantes medidos y la resolución 1541 de 2013 respecto a las sustancias generadoras de olores ofensivos. La conformidad del dato de concentración obtenido se declarará cuando al sumársele el valor en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de la incertidumbre expandida, dicho resultado no supere el valor del nivel máximo

permisible del respectivo contaminante criterio y para el tiempo de exposición correspondiente, en caso de superar el límite permisible el dato se declarará no conforme frente a los límites establecidos en la resolución MADS No. 2254 de 2017 y la Resolución MAVDT No. 1541 de 2013.

A continuación, se presenta la incertidumbre de medición para el análisis de los datos, clasificada como tipo A (método para evaluar la incertidumbre mediante análisis estadístico de una serie de observaciones) y tipo B (método para evaluar la incertidumbre por otros medios distintos al análisis estadístico). Esta se determina para cada contaminante y se aplica a cada una de las estaciones del SVCA. Cabe señalar que, si bien la mayoría de los datos registrados durante el periodo del informe se mantuvieron alejados de los límites establecidos por la norma. En la Tabla 9 y 10 se presentan las incertidumbres asociadas a cada uno de los contaminantes medido en los periodos correspondientes al 2025/01/01 – 2025/07/24 y 2025/07/25 – 2025/12/31 respectivamente

Tabla 9 Incertidumbre por contaminante 1 de enero hasta el 24 de julio de 2025

ESTACIÓN	Incertidumbre Estándar Expandida en $\mu\text{g}/\text{m}^3$						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	CO	NO ₂	O ₃	SO ₂	TRS
CLUB UNIÓN	1.06	1.06	0.84	1.42	4.64	4.31	NA
COLEGIO GAITÁN	1.10	1.10	NA	NA	3.54	NA	4.32
HOSPITAL LOCAL DEL NORTE	1.06	1.06	NA	NA	4.38	NA	3.48
CCDMO - PIEDECUESTA	1.08	1.08	0.89	3.49	3.13	6.14	NA

Tabla 10 Incertidumbre por contaminante desde el 25 de julio hasta el 31 de diciembre de 2025

ESTACIÓN	Incertidumbre Estándar Expandida en $\mu\text{g}/\text{m}^3$						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	CO	NO ₂	O ₃	SO ₂	TRS
CLUB UNIÓN	0.62	0.57	93.66	2.64	1.77	1.80	NA
COLEGIO GAITÁN	0.62	0.57	NA	NA	1.77	NA	1.77
HOSPITAL LOCAL DEL NORTE	0.62	0.57	NA	NA	1.77	NA	1.78

ESTACIÓN	Incertidumbre Estándar Expandida en $\mu\text{g}/\text{m}^3$						TRS
	PM ₁₀	PM _{2.5}	CO	NO ₂	O ₃	SO ₂	
CCDMO - PIEDECUESTA	0.62	0.57	96.34	2.64	1.77	1.79	NA

Las declaraciones de conformidad de los datos generados y validados se concluyen en el numeral seis (6) del presente informe.

4. CALIDAD DEL AIRE Y METEOROLOGÍA

4.1. Resultados de Calidad del Aire

4.1.1. MATERIAL PARTICULADO PM2.5

El Material Particulado menor a 2.5 μm (PM2.5) es uno de los contaminantes criterio que tienen más impacto en la calidad del aire del área metropolitana de Bucaramanga. El PM2.5 es clave para establecer el estado de la calidad del aire de la región y, para lo cual se considera como información base la presentada en la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. De acuerdo con la última actualización del inventario de emisiones del área metropolitana de Bucaramanga año base 2021, las emisiones de PM2.5 están asociadas mayoritariamente a las fuentes móviles, siendo las motos 4 tiempos y los camiones los que más aportan (CDMB-UPB, 2022).

Datos anuales PM2.5

En la Tabla 11 se presenta la representatividad de mediciones horarias presentadas, así como la concentración promedio anual registrada del contaminante criterio PM2.5 en las estaciones del SVCA. Se destaca que los datos registrados por la estación de monitoreo ubicada en el Hospital de Norte no cumplen con la representatividad superior al 75%, debido a una falla técnica en el equipo de

medición. Aunque dicha falla fue corregida y el funcionamiento del sistema fue restablecido, el incumplimiento en los criterios mínimos de representatividad impide considerar estos datos en el análisis de concentración promedio anual, así como en los análisis de ciclos horarios y diarios. Por lo tanto, la información proveniente de esta estación no será objeto de dichos análisis en el presente informe.

Tabla 11 Representatividad datos PM2.5 Año 2025.

Estación	Contaminante	% Representatividad datos	Concentración Promedio anual PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Hospital Norte	PM2.5	70%	---
CCDMO - Piedecuesta	PM2.5	81 %	9.60
Club Unión	PM2.5	98 %	10.82
Colegio Gaitán	PM2.5	95 %	12.04

Comportamiento anual de PM2.5

La Figura 1 muestra la concentración anual promedio de PM2.5 en tres de las cuatro estaciones que miden este parámetro, se observa que los valores registrados están por debajo de la norma anual vigente de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En general, la concentración en todas las estaciones se mantiene entre 9.60 y 12.04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, lo que indica proximidad al objetivo intermedio establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y a la meta planteada en la Resolución 2254 de 2017 para el año 2030, que es de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Por otro lado, la Resolución 2254 de 2017 también establece un límite anual para el año 2025. Sin embargo, las concentraciones medidas aún se encuentran alejadas de este umbral.

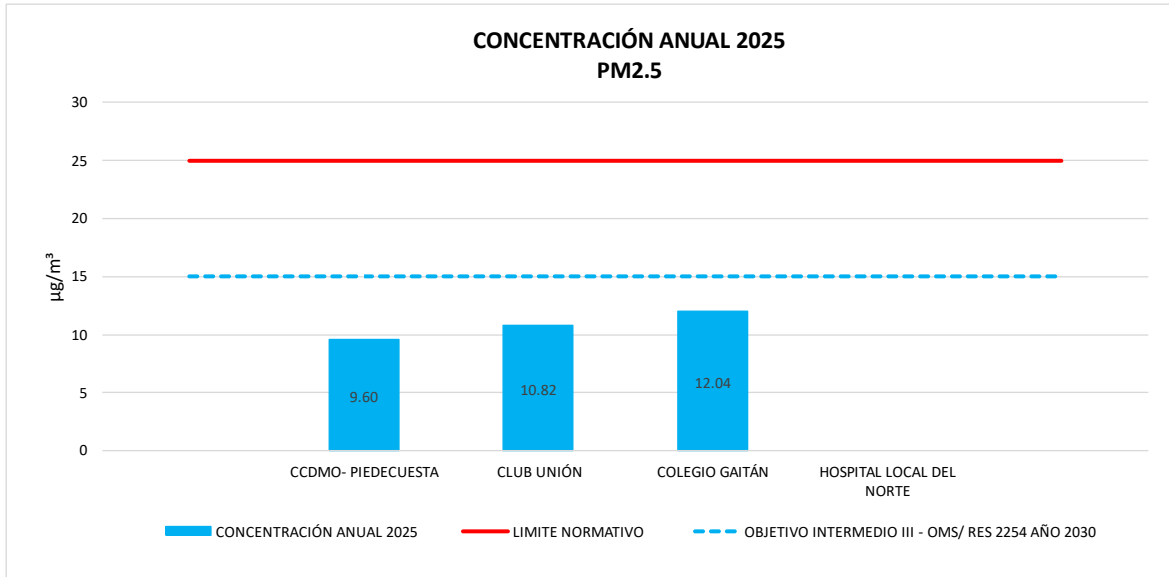


Figura 1 Concentración promedio anual PM2.5

En las gráficas que se presentan en la Figura 2 a la Figura 5 evidencia una relación directa entre la estacionalidad climática y la calidad del aire. Se observa que las mayores concentraciones ocurren durante el primer trimestre del año, coincidiendo con el periodo de menor precipitación. No obstante, es pertinente destacar que durante el 2025 los niveles registrados se mantuvieron por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la Resolución 2254 de 2017. A partir de mayo, las estaciones CCDMO-Piedecuesta, Club Unión y Colegio Gaitán reportaron una tendencia decreciente en las concentraciones, fenómeno atribuible al incremento de las precipitaciones que favorece el lavado atmosférico del contaminante. Por el contrario, la estación Hospital Local del Norte no alcanzó los criterios de representatividad temporal debido a fallas técnicas en los periodos comprendidos entre el 5 de mayo y el 17 de julio, y del 26 de septiembre al 24 de octubre.

Excedencias normativas

Durante el primer trimestre del año 2025, se registró un comportamiento pluviométrico atípico en la región, caracterizado por un incremento significativo en los niveles de precipitación acumulada en comparación con los promedios históricos

para este periodo. Contrario a la estacionalidad bimodal convencional de la zona, donde los primeros meses suelen corresponder a la temporada seca o de menos lluvias, este fenómeno de humedad actúa como un factor determinante en la dinámica atmosférica local (Zafra & Mayorga , 2021).

Este factor meteorológico facilita procesos de dispersión y deposición húmeda (lavado atmosférico), (Seinfeld & Pandis, 2016) lo que permitió que las concentraciones de material particulado PM2.5 se mantuvieran en niveles óptimos. Como consecuencia directa, los registros de calidad del aire durante este periodo no excedieron los límites máximos permisibles definidos en la Resolución 2254 de 2017, garantizando el cumplimiento de los estándares nacionales de calidad del aire incluso en los meses donde habitualmente se presentan los picos críticos de contaminación.

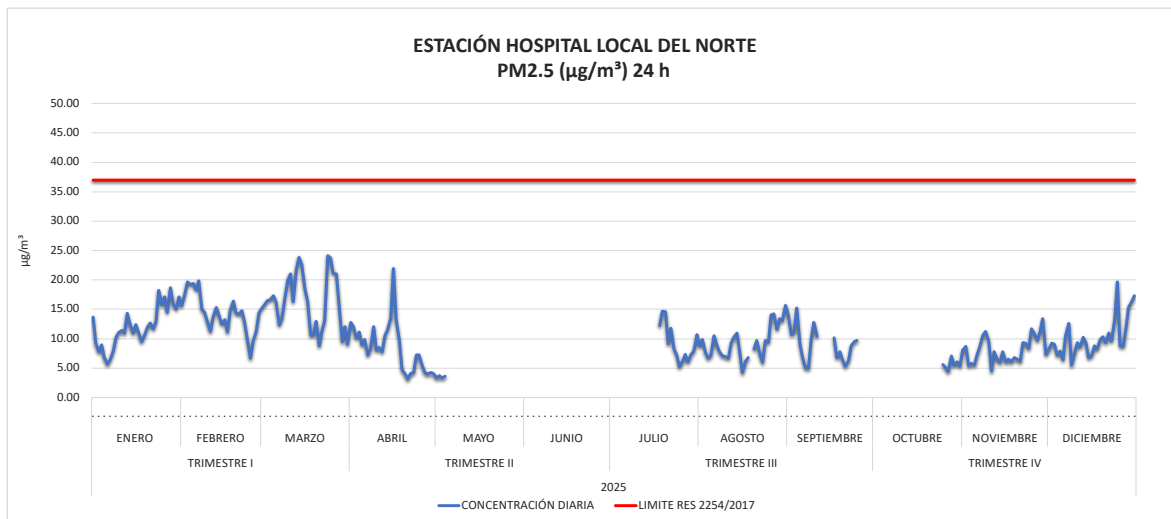


Figura 2 Concentración temporal Hospital Local Norte PM2.5 año 2025



Figura 3 Concentración temporal Centro Cultural Piedecuesta PM2.5 año 2025



Figura 4 Concentración temporal Club Unión PM2.5 año 2025

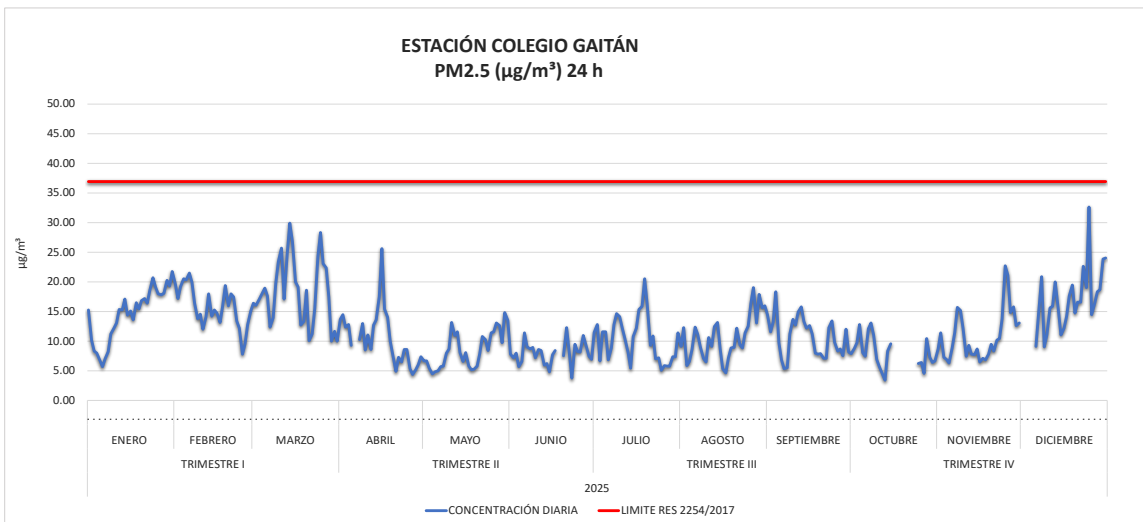


Figura 5 Concentración temporal Colegio Gaitán PM2.5 año 2025

Ciclos diarios

La Figura 6 presenta el perfil horario promedio de las concentraciones de PM_{2.5} para el año 2025 en las estaciones del SVCA. Se observa un comportamiento bimodal característico a lo largo del perfil del día. El primer incremento, de mayor magnitud, se registra en horas de la mañana entre las 07:00 y las 10:00, alcanzando el máximo a las 09:00, con concentraciones de 9.96 µg/m³ en Piedecuesta, 13.81 µg/m³ en Club Unión y 15.92 µg/m³ en Colegio Gaitán, siendo esta última la estación con los valores más altos.

Posteriormente, las concentraciones disminuyen hacia el mediodía y la tarde, presentando sus valores mínimos entre las 15:00 y las 17:00. En este intervalo se registran concentraciones cercanas a 8.30–8.51 µg/m³ en Piedecuesta, 9.14–9.75 µg/m³ en Club Unión y 8.99–9.83 µg/m³ en Colegio Gaitán, evidenciando una reducción generalizada en todas las estaciones.

En horas de la noche se identifica un segundo incremento, menos pronunciado, entre las 20:00 y las 22:00, con valores que alcanzan los 10.56–11.36 µg/m³ en Piedecuesta, 12.30–13.28 µg/m³ en Club Unión y 12.71–13.37 µg/m³ en Colegio Gaitán. En términos generales, la estación Colegio Gaitán presenta las concentraciones más elevadas durante todo el perfil diario, mientras que Piedecuesta registra los valores más bajos, manteniéndose un comportamiento similar en la tendencia horaria entre las tres estaciones.

Las concentraciones más altas se presentan en horas de estabilidad atmosférica lo cual se relaciona con que la atmosfera aún no ha sido calentada por los efectos de la radiación solar, impidiendo la dispersión y el ascenso de contaminantes a la atmosfera libre; (Haro, Limaico, Perugachi, & Fernandez, 2018).

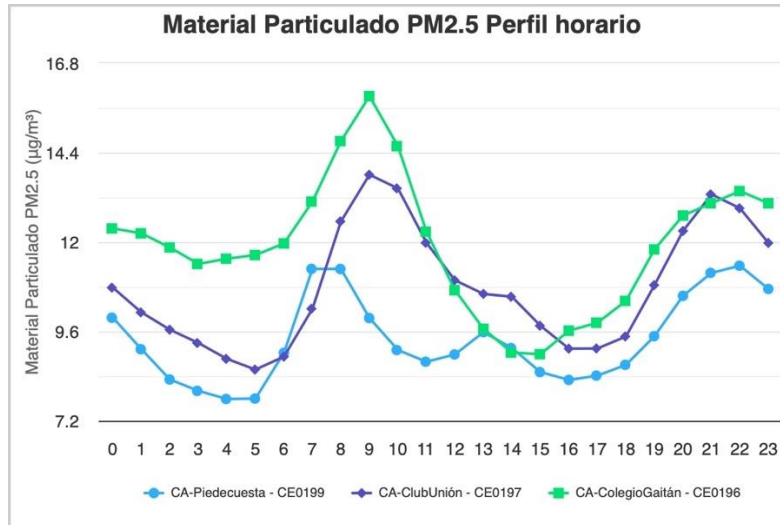


Figura 6 Perfil Horario estaciones del SVCA PM2.5

El comportamiento del material particulado PM2.5 durante la semana evidencia una variación moderada con tendencia al incremento hacia mitad de semana observa en la Figura 7, especialmente entre martes y jueves. La estación Colegio Gaitán registra de forma consistente las concentraciones más altas, con valores que superan los 12 µg/m³ y alcanzan su pico entre miércoles y jueves. Por su parte, la estación Club Unión presenta un incremento progresivo desde el lunes hasta el viernes, donde alcanza su valor máximo, seguido de una leve disminución el sábado. En contraste, la estación Piedecuesta mantiene los valores más bajos durante toda la semana, con un leve aumento hasta el jueves y una disminución hacia el viernes.

En general, el patrón observado sugiere que las mayores concentraciones de PM2.5 se presentan en días laborales, posiblemente asociadas a una mayor actividad vehicular y urbana, mientras que hacia el fin de semana se evidencia una leve reducción en algunas estaciones

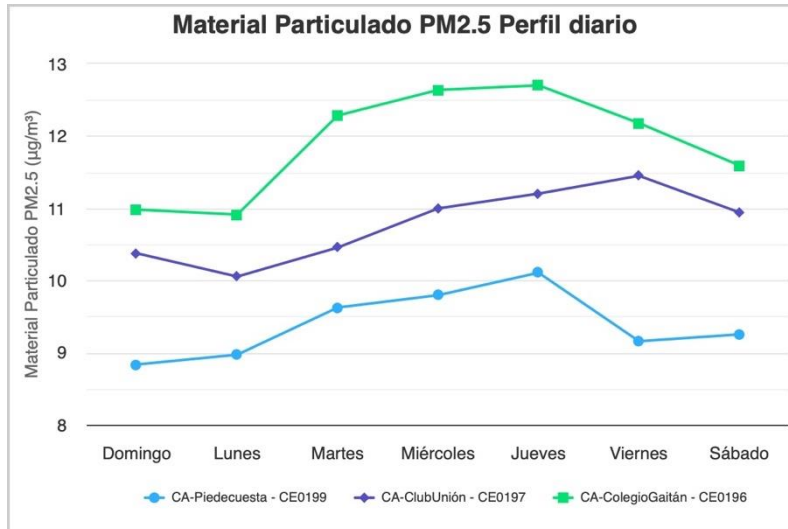


Figura 7 Perfil diario de PM2.5

4.1.2. MATERIAL PARTICULADO PM10

El material particulado menor a 10 µm (PM10) es uno de los contaminantes criterio monitoreados por el Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire (SVCA) de la CDMB.

Según la última actualización del Inventario de Emisiones del Área Metropolitana de Bucaramanga, elaborada para la CDMB en 2021, las emisiones de PM10 provienen principalmente de fuentes fijas, dentro de estas, el mayor aporte corresponde al sector de cerámicos, vítreos, ladrilleras, alfarerías y tejares.

Durante el año 2025, el SVCA operó cuatro estaciones automáticas para el monitoreo de PM10, ubicadas en dos de los cuatro municipios que conforman el área metropolitana de Bucaramanga: Bucaramanga y Piedecuesta. (ver Imagen 2)

Datos Anual PM10

La representatividad del contaminante PM10 supera el 75% de los datos en 3 de las 4 estaciones, como se observa en la Tabla 12 de igual forma se presentan graficas con los datos que se generaron durante la vigencia 2025.

Tabla 12 Representatividad datos PM10 Año 2025

Estación	Contaminante	% Representatividad datos	Concentración Promedio anual PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Hospital Norte	PM10	70%	---
Centro Cultural Piedecuesta	PM10	81 %	19.90
Club Unión	PM10	98 %	18.56
Colegio Gaitán	PM10	95 %	21.75

Comportamiento Anual de PM10

El promedio anual de PM10 en las estaciones de monitoreo se mantuvo por debajo del valor establecido en la Resolución 2254 de 2017, como se muestra en la Figura 8. Sin embargo, la estación Colegio Gaitán ubicada en el municipio de Bucaramanga, registró la concentración más alta en comparación con las estaciones de Bucaramanga, estas concentraciones oscilaron entre 18.56 y 21.75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

A pesar de esto, las concentraciones se mantuvieron alejadas del límite normativo. Las Figuras 9 a 12 muestran la variación de la concentración de PM10 a lo largo del año, destacando que los meses de enero, febrero, marzo y abril registraron los niveles más altos, este comportamiento es similar al observado con el PM2.5, debido a que las condiciones meteorológicas influyen directamente en el aumento de la concentración durante estos periodos, es importante destacar que en el mes de diciembre también se observa evidencia un incremento en las concentraciones, en este periodo algunas actividades propias de la época como quemas de pólvora generan incrementos en las concentraciones de este contaminante.

De igual forma, se ha tomado como referencia el valor objetivo intermedio III establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para material particulado PM10, correspondiente a una concentración anual de 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Este valor constituye un nuevo límite normativo, sino un umbral intermedio propuesto por la

OMS en su actualización de guías de calidad del aire, y ha sido adoptado como referencia en la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en el marco de las metas progresivas de mejora de la calidad del aire proyectadas hacia el año 2030. Las mediciones realizadas por las estaciones del Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire (SVCA) muestran valores que se aproximan a este umbral, lo cual representa un desafío para la gestión ambiental en la región y refuerza la necesidad de implementar acciones efectivas de mitigación de emisiones.

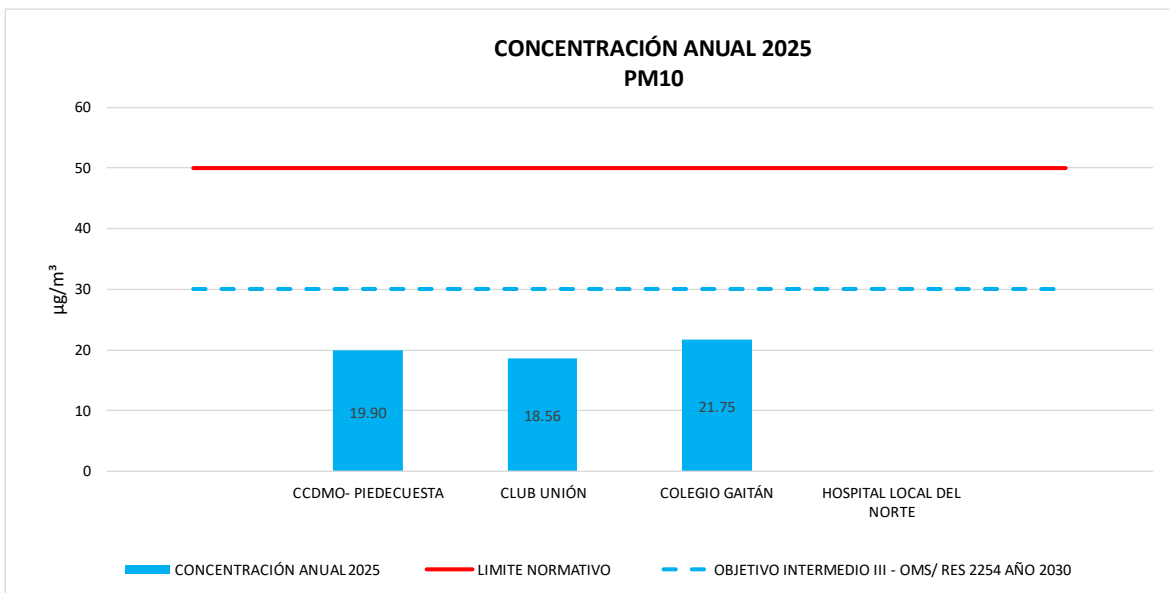


Figura 8 Concentración promedio anual de PM10 año 2025

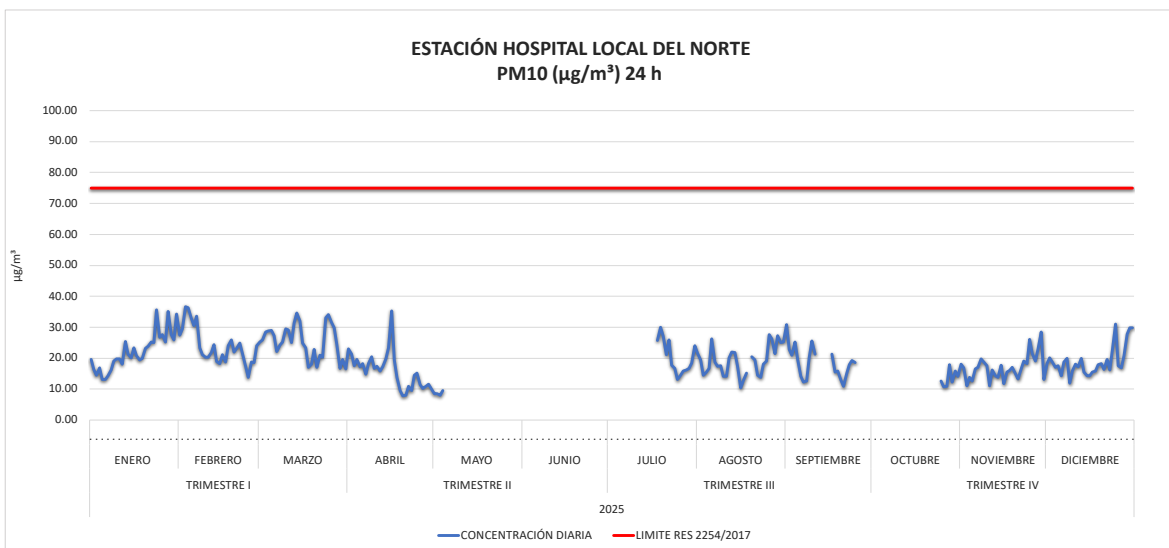


Figura 9 Concentración temporal Hospital Local Norte PM10 año 2025

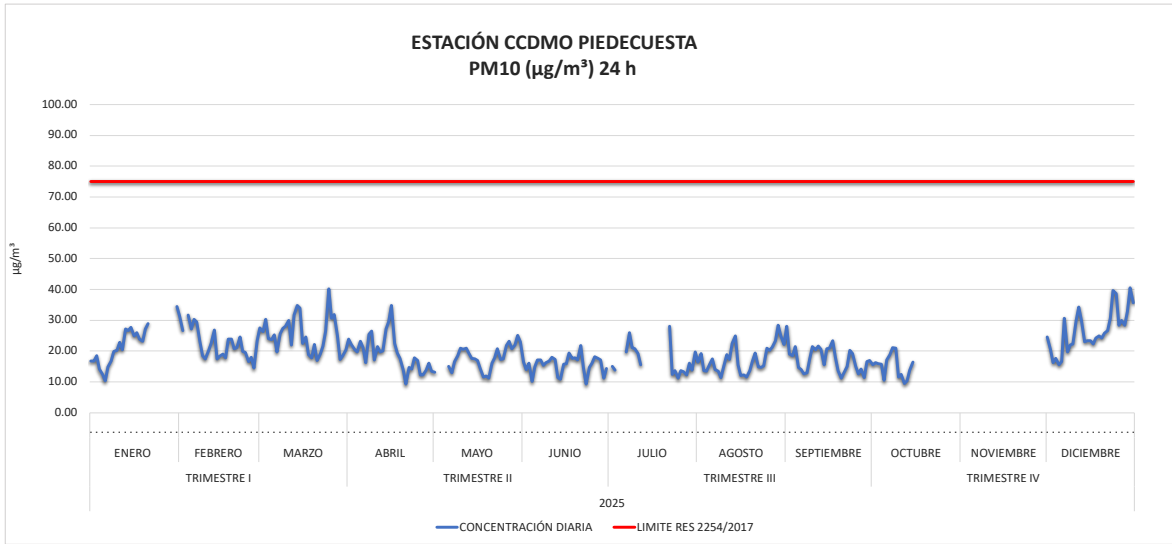


Figura 10 Concentración temporal Centro Cultural Piedecuesta PM10 año 2025

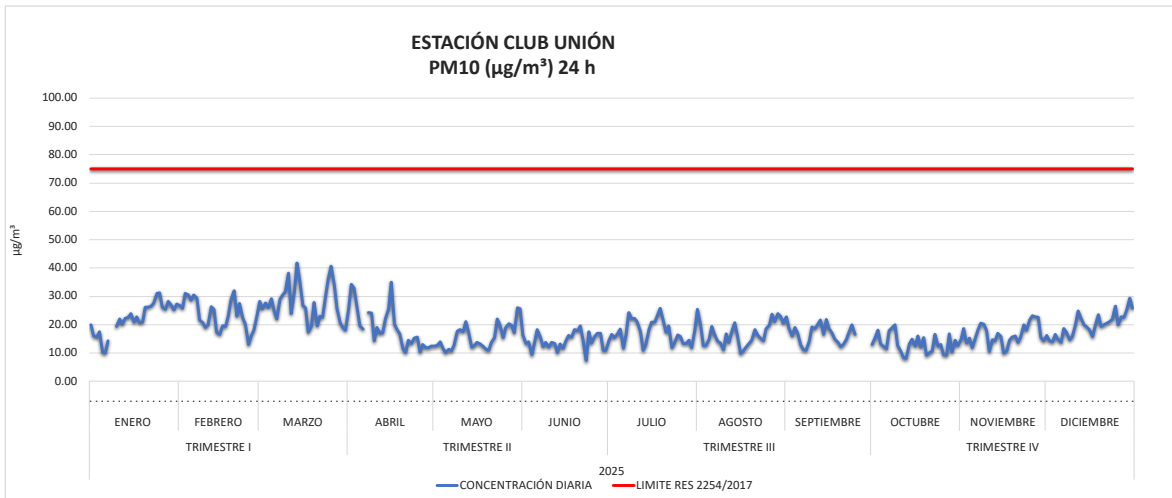


Figura 11 Concentración temporal Club Unión PM10 año 2025

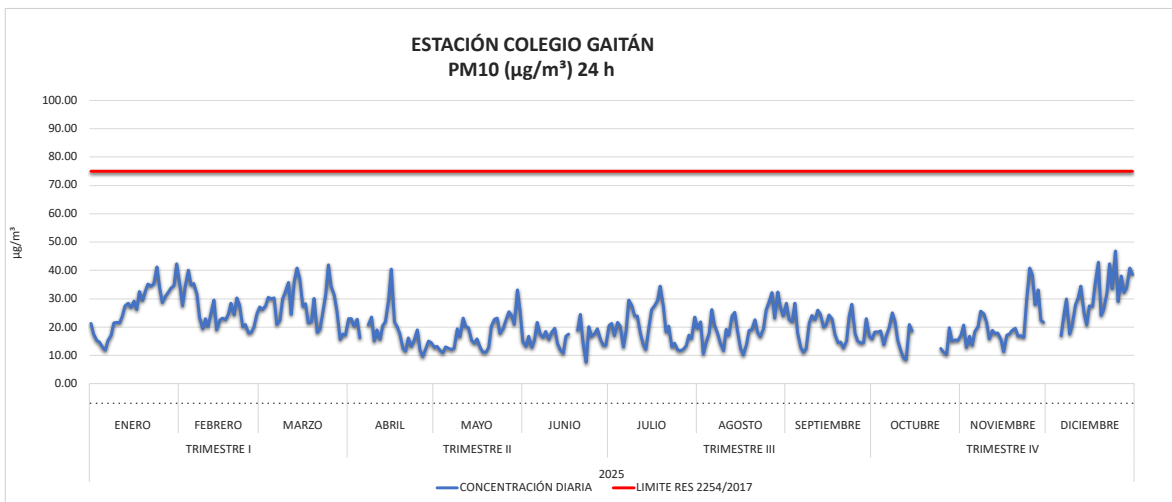


Figura 12 Concentración temporal Colegio Gaitán PM10 año 2025

Ciclos diarios y horarios

La Figura 13 muestra el comportamiento horario de PM10, El comportamiento horario del material particulado PM10 muestra una variación marcada a lo largo del día, con los valores más altos durante las horas de la mañana, especialmente entre las 7:00 y 10:00 horas. En este intervalo se presentan los picos máximos en todas las estaciones, destacándose Colegio Gaitán con la concentración más alta, cercana a 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ alrededor de las 9:00 horas. De manera similar, las estaciones Piedecuesta y Club Unión, lo que sugiere una mayor influencia de actividades como el tránsito vehicular y el inicio de actividades urbanas.

Posteriormente, a partir del mediodía y durante las horas de la tarde, se observa una disminución progresiva de las concentraciones, alcanzando los valores más bajos entre las 14:00 y 17:00 horas. Hacia la noche, entre las 19:00 y 22:00 horas, las concentraciones vuelven a incrementarse moderadamente en todas las estaciones, posiblemente asociadas al aumento de movilidad y actividades de cierre de jornada. En términos generales, la estación Colegio Gaitán mantiene los valores más altos durante gran parte del día.

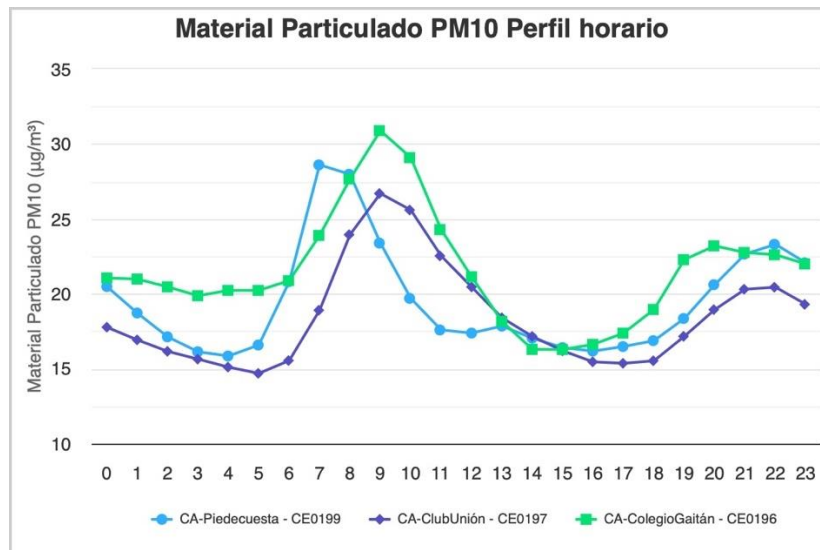


Figura 13 Perfil Horario estaciones SVCA PM10

Al igual que el PM2.5 en la Figura 14 se observa que los días martes y miércoles se presentan las concentraciones más altas siendo la estación del Colegio Gaitán la que presenta la concentración más alta.

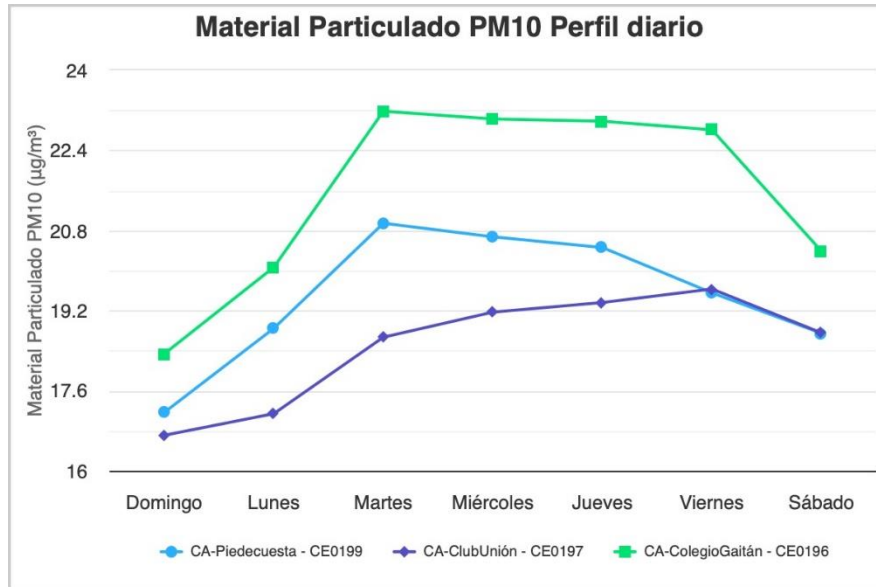


Figura 14 Perfil diario PM10 estaciones del SVCA

4.1.3. OZONO O₃

A continuación, se presentan las concentraciones del contaminante O₃ para las estaciones del SVCA, sin embargo, se deben tener en cuenta las siguientes aclaraciones:

Desde el 27 de noviembre de 2023 hasta el 14 de diciembre de 2025, los datos obtenidos por el equipo de medición de ozono (O₃) de la estación Club Unión se consideran por fuera del alcance de acreditación del Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire (SVCA). La Resolución No. 1489 del 25 de noviembre de 2025 modifica el alcance de acreditación de la CDMB e integra los datos de ozono (O₃) de la estación Club Unión, esta quedó en firme a partir del 15 de diciembre de 2025. En consecuencia, los datos generados desde el 15 de diciembre de 2025 en adelante se consideran dentro del alcance de acreditación. No obstante, la información registrada tanto previa como posterior al cambio del equipo ha sido

verificada y evaluada dentro del proceso interno de análisis de datos del SVCA-CDMB, garantizando la consistencia y trazabilidad de los datos generados durante el periodo correspondiente.

El ozono (O_3) es un gas presente en diferentes capas de la atmósfera. En la estratósfera, se forma de manera natural y cumple una función esencial al actuar como un filtro protector contra la radiación ultravioleta. Sin embargo, en las capas bajas de la atmósfera se convierte en un contaminante perjudicial para los seres vivos, conocido como ozono troposférico.

El ozono troposférico es un oxidante fuerte e irritante que, en altas concentraciones, puede afectar el sistema respiratorio humano, dañando mucosas y tejidos pulmonares, además de causar toxicidad en las plantas. A diferencia de otros contaminantes, no es emitido directamente a la atmósfera, sino que se forma a partir de una reacción química entre el oxígeno del aire y los óxidos de nitrógeno (NO_x) e hidrocarburos, los cuales actúan como precursores en presencia de la luz solar.

En Bucaramanga, este fenómeno puede verse acentuado en los meses con mayor radiación solar, lo que favorece la formación de ozono troposférico y, en consecuencia, el incremento de sus efectos negativos en la calidad del aire y la salud ambiental.

Durante el año 2025, el SVCA operó cuatro estaciones automáticas para el monitoreo de Ozono, ubicadas en dos de los cuatro municipios que conforman el área metropolitana de Bucaramanga: Bucaramanga y Piedecuesta. (ver Imagen 2)

Datos anual Ozono (O_3)

La

Tabla 13 presenta los valores de representatividad de las estaciones Hospital Local del Norte, CCDMO Piedecuesta, Club Unión y Colegio Gaitán, las cuales alcanzaron un porcentaje de captura de datos superior al 75%, cumpliendo con el criterio establecido en los lineamientos técnicos para los sistemas de vigilancia de calidad

del aire. Este cumplimiento respalda la validez de los datos generados por estas estaciones para el análisis anual y la evaluación de tendencias en la concentración de contaminantes atmosféricos.

Tabla 13 Representatividad datos anuales O₃ 2025

Estación	Contaminante	% Representatividad datos
Hospital Norte	O ₃	99 %
CCDMO- Piedecuesta	O ₃	83 %
Club Unión	O ₃	93 %
Colegio Gaitán	O ₃	98 %

Comportamiento Anual O₃

En el análisis de la distribución temporal de las concentraciones de ozono (O₃) en temporalidad de 8h media móvil, se observa una tendencia común entre las estaciones de monitoreo, registrándose las concentraciones más elevadas durante los primeros cuatro meses del año. En la Figura 15, la estación Hospital Local del Norte presenta picos de concentración en los meses de enero y febrero. Por su parte, la estación Piedecuesta, representada en la Figura 16, muestra un comportamiento más estable a lo largo del año, aunque con máximos también en el mes de agosto; En la Figura 17, se observa que la estación Club Unión presenta un comportamiento relativamente homogéneo con las concentraciones más altas entre enero y febrero, así como en el mes de septiembre, mientras que la estación del Colegio Gaitán presenta concentraciones más altas en los meses de enero y febrero, y otro periodo en septiembre octubre. Este patrón coincide con el inicio de la temporada seca, cuando la radiación solar es más intensa, presentando concentraciones más altas en los primeros meses del año.

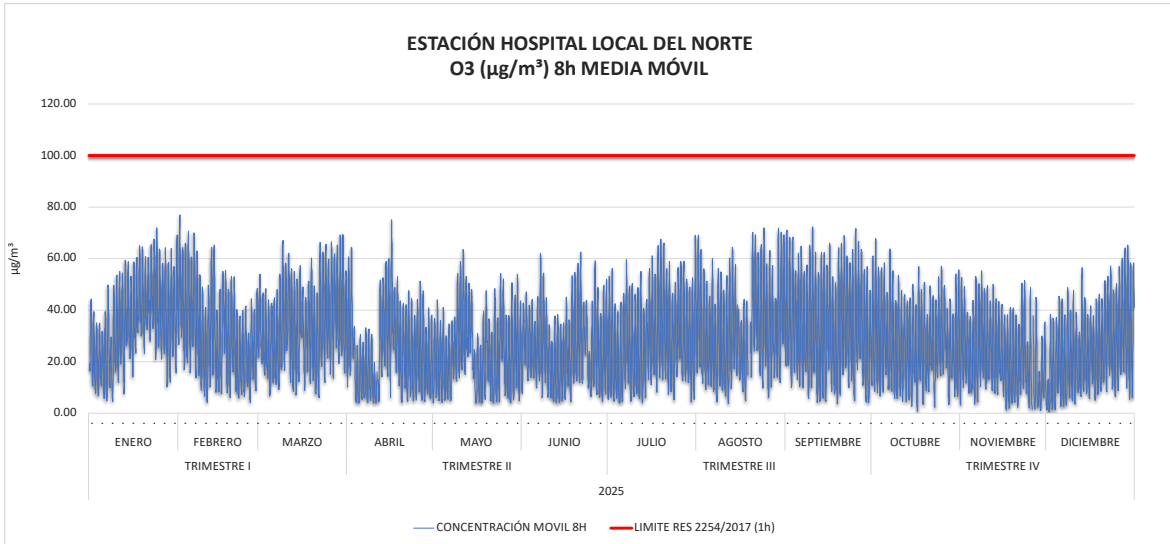


Figura 15 Distribución temporal de la concentración de O₃ estación Hospital del Norte

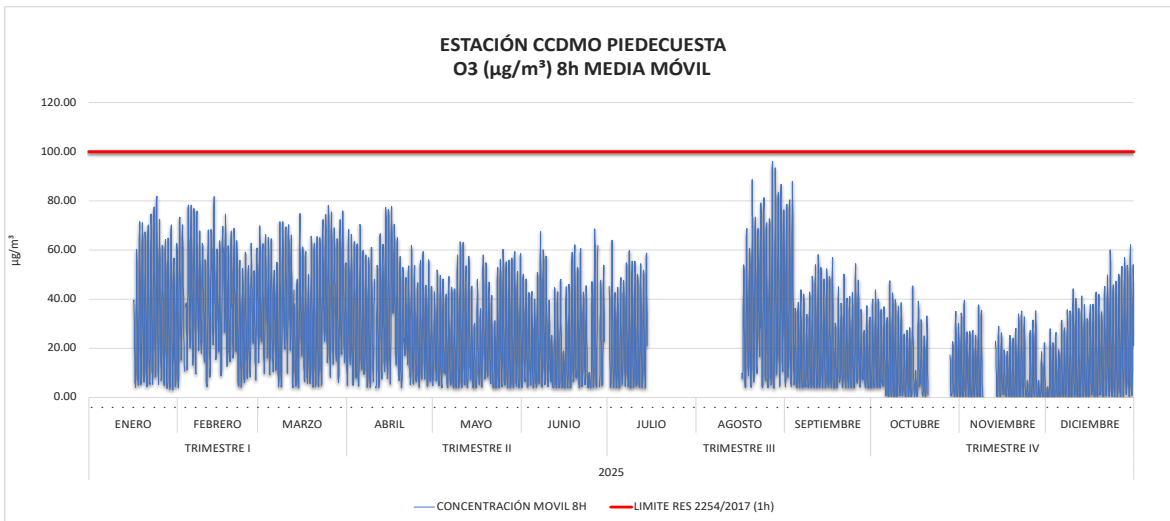


Figura 16 Distribución temporal de la concentración de O₃ estación Centro Cultural Piedecuesta

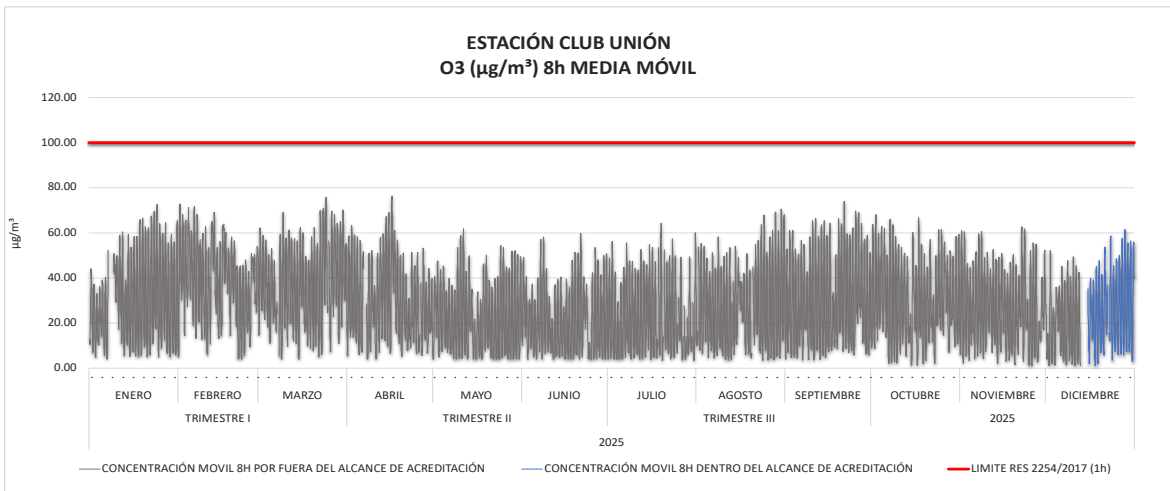


Figura 17 Distribución temporal de la concentración de O₃ estación Club Unión

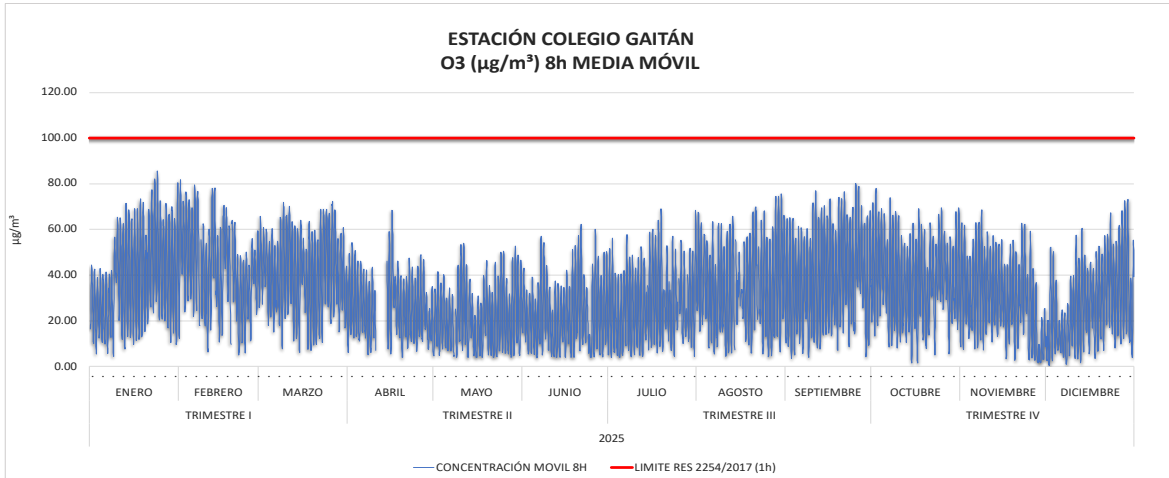


Figura 18 Distribución temporal de la concentración de O₃ estación Colegio Gaitán

Ciclos diarios y horarios

La Figura 19 presenta el ciclo diurno de la concentración de ozono (O₃) registrado en las cuatro estaciones de monitoreo del Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire (SVCA) durante el año 2025.

En todas las estaciones analizadas se observa un comportamiento típico de a lo largo del día, con un pico máximo de concentración alrededor del mediodía, momento en el que hay mayor disponibilidad de radiación solar, entre las estaciones, la ubicada en Piedecuesta presenta la concentración más alta durante este pico, alcanzando valores de 66.63 µg/m³.

Esta dinámica responde fundamentalmente al ciclo de radiación solar, dado que la génesis del ozono troposférico (O₃) depende de una reacción fotoquímica compleja. Este proceso requiere la coexistencia de precursores como los óxidos de nitrógeno (NO_x) y los compuestos orgánicos volátiles (COV) y una alta incidencia de radiación ultravioleta, la cual actúa como el agente energético necesario para activar la formación de este contaminante en la baja atmósfera

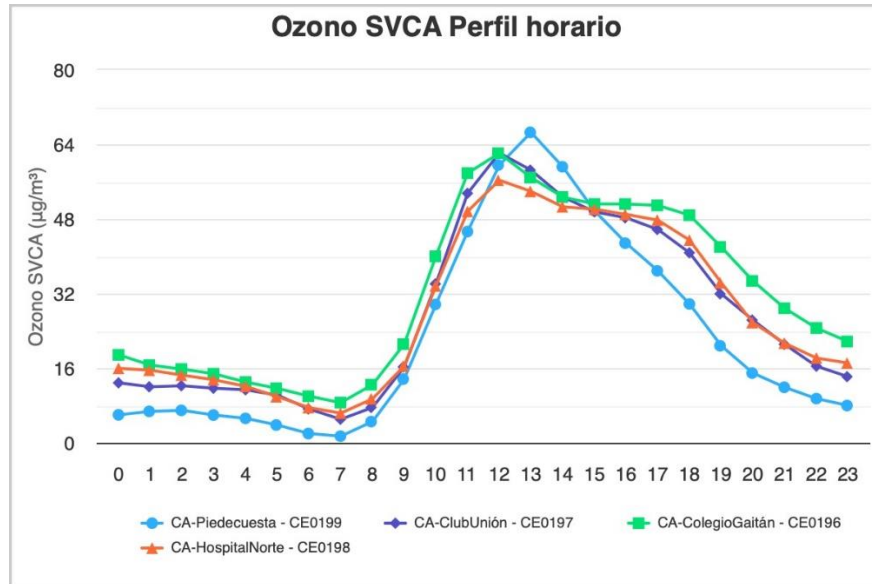


Figura 19 Perfil Horario estaciones SVCA O₃

El perfil diario de ozono troposférico muestra que la estación Colegio Gaitán registra los niveles más altos durante toda la semana, alcanzando su máximo el domingo con 33.41 µg/m³ y su punto más bajo el martes con 30.22 µg/m³, lo que evidencia una carga contaminante superior en comparación con los demás puntos de monitoreo. Por el contrario, la estación Piedecuesta presenta el comportamiento más bajo y estable, fluctuando entre un máximo de 24.50 µg/m³ el domingo y un mínimo de 22.61 µg/m³ el martes. Las estaciones Club Unión y Hospital Norte muestran una convergencia notable hacia el final de la semana, finalizando el domingo con valores casi idénticos de 30.45 y 29.44 µg/m³ en los más altos y 25.33 µg/m³ en Club Unión el más bajo el día martes y 27.25 µg/m³ en el Hospital Local del Norte el día viernes. En términos generales, se observa una tendencia de mayores concentraciones durante el fin de semana (domingo y sábado) como se observa en la Figura 20.

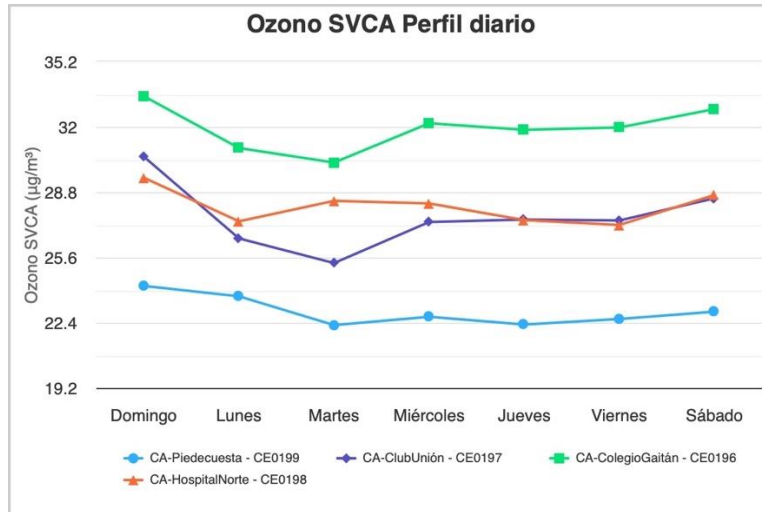


Figura 20 Perfil Diario estaciones SVCA O₃

4.1.4. DIOXIDO DE NITROGENO (NO₂)

A continuación, se presentan las concentraciones del contaminante NO₂ para las estaciones del SVCA, sin embargo, se deben tener en cuenta las siguientes aclaraciones:

Durante los procesos de combustión, el compuesto que se forma en mayor proporción es el óxido nítrico (NO), mientras que el dióxido de nitrógeno (NO₂) se emite en cantidades menores, sin embargo, el NO₂ también puede generarse en la atmósfera a partir de la oxidación del NO.

Según el inventario de emisiones actualizado con año base 2021, los óxidos de nitrógeno (NO_x) están principalmente asociados a las fuentes móviles, siendo los camiones, autos particulares y buses los principales responsables de las emisiones de este contaminante

El Sistema de Vigilancia de la Calidad de Aire (SVCA) desde el año 2022 ha tenido en operación dos estaciones de NO₂, ubicadas en los municipios de Bucaramanga y Piedecuesta (Club Unión, Centro Cultural Daniel Mantilla Orbeagozo).

Datos anuales de NO₂

Para este contaminante se cumple con el criterio del 75% de captura de datos durante el año 2025, tal como se indica en la Tabla 14.

Tabla 14 Representatividad de datos NO₂ año 2025

Estación	Contaminante	Concentración Anual $\mu\text{g}/\text{m}^3$	% Representatividad datos
CCDMO- Piedecuesta	NO ₂	29.97	81 %
Club Unión	NO ₂	30.26	84 %

Comportamiento Anual NO₂

Se presenta la concentración anual de dióxido de nitrógeno (NO₂) registrada en el año 2025 para las estaciones CCDMO Piedecuesta y Club Unión. Se observa que ambas estaciones se encuentran por debajo del límite normativo actual de 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ establecido en la legislación nacional. Sin embargo, la estación Club Unión, con un valor de 30.26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, se aproxima al objetivo intermedio III recomendado por la OMS y adoptado en la Resolución 2254 de 2017 como meta a alcanzar en el año 2030, fijado en 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Por su parte, la estación de Piedecuesta reporta una concentración de 29.97 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, manteniéndose más alejada de dicho umbral. Aunque los niveles no superan los límites vigentes, la cercanía a las metas futuras de calidad del aire evidencia la necesidad de continuar fortaleciendo las estrategias de reducción de emisiones.

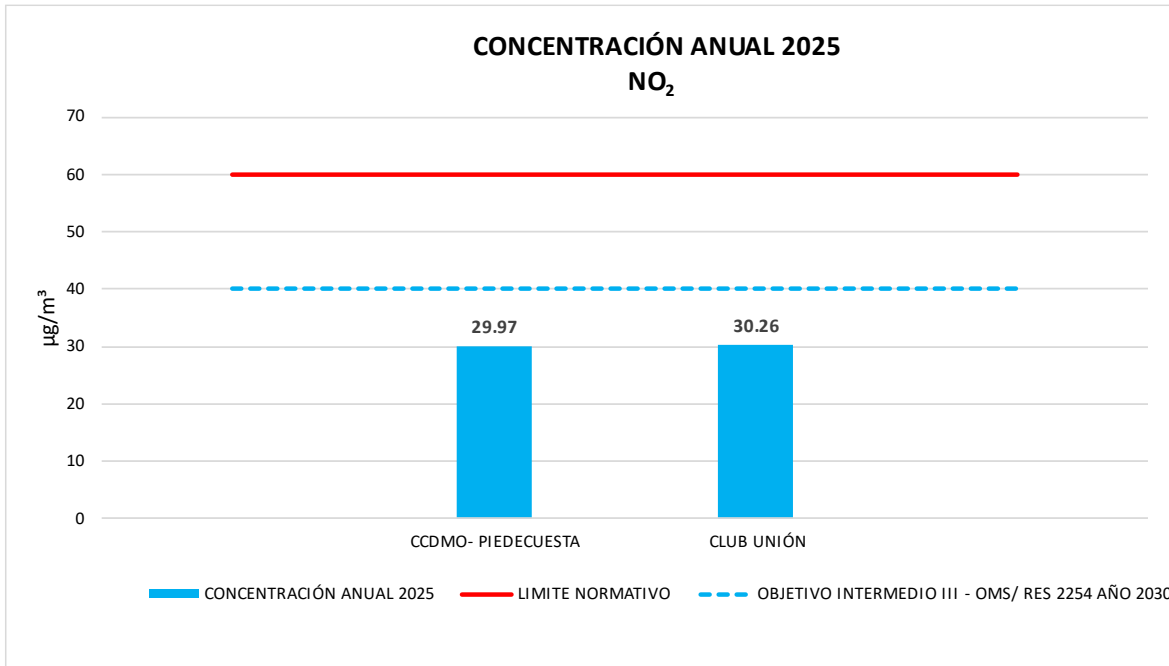


Figura 21 Concentración Anual NO₂

Las Figuras 22 y 23 muestran la distribución temporal de las concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO₂) durante el año, específicamente en las estaciones de monitoreo CCDMO- Piedecuesta y Club Unión.

En la estación de Piedecuesta, las concentraciones se mantienen en su mayoría por cercano de los 50 µg/m³, registrando algunos incrementos que tuvieron como valor máximo 116.72 µg/m³ el 28 de noviembre de 2025, se destaca que en los meses de septiembre, octubre y noviembre se presentaron las concentraciones más altas. Por su parte, la estación del Club Unión se presenta concentraciones homogéneas durante todo el periodo presentándose valores más altos el día 23 de mayo con un valor de 118.72 µg/m³.

A pesar de esto, se presentan horas de altas concentraciones, en ambas estaciones los niveles de NO₂ se mantienen por debajo de los límites establecidos en la Resolución 2254 de 2017, lo cual indica que, si bien existen variaciones significativas a lo largo del año, las concentraciones no superan los valores normativos establecidos para la protección de la salud y el ambiente

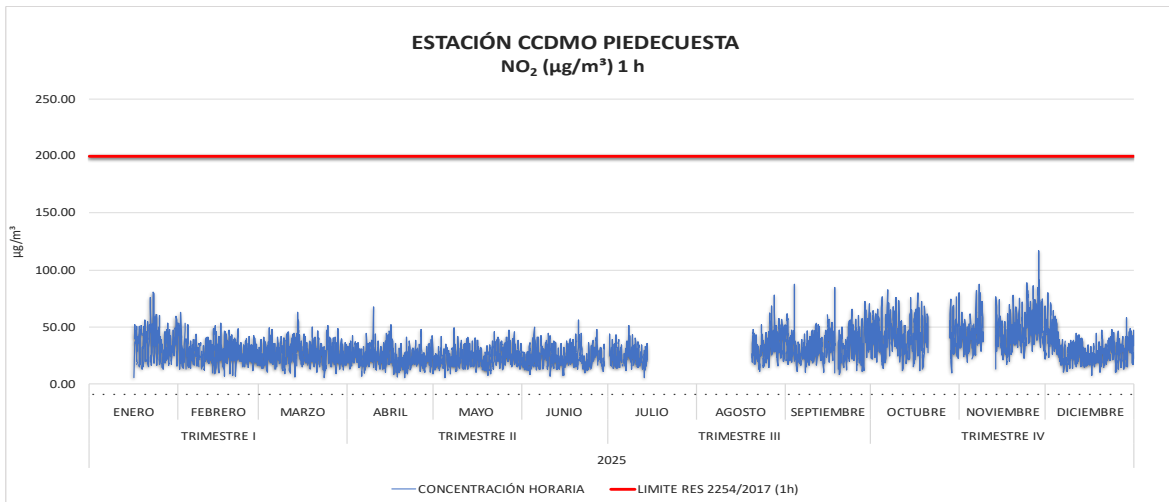


Figura 22 Distribución temporal de la concentración de NO₂ estación Piedecuesta.



Figura 23 Distribución temporal de la concentración de NO₂ estación Club Unión.

Ciclos diarios y horarios NO₂

La Figura 24 muestra el perfil horario del dióxido de nitrógeno (NO₂) exhibe un comportamiento bimodal, caracterizado por dos picos de concentración pronunciados en la mañana y al final de la tarde, con un descenso significativo hacia el mediodía. Esta fluctuación está estrechamente vinculada a los periodos de máxima intensidad vehicular en el área metropolitana, coincidiendo con los ciclos de movilidad pendular: el desplazamiento matutino hacia centros laborales y educativos, y el retorno masivo a los hogares en la jornada vespertina. La reducción observada en las horas centrales del día no solo responde a la disminución del

tráfico, sino también a una mayor altura de la capa de mezcla, que facilita la dispersión de los contaminantes.

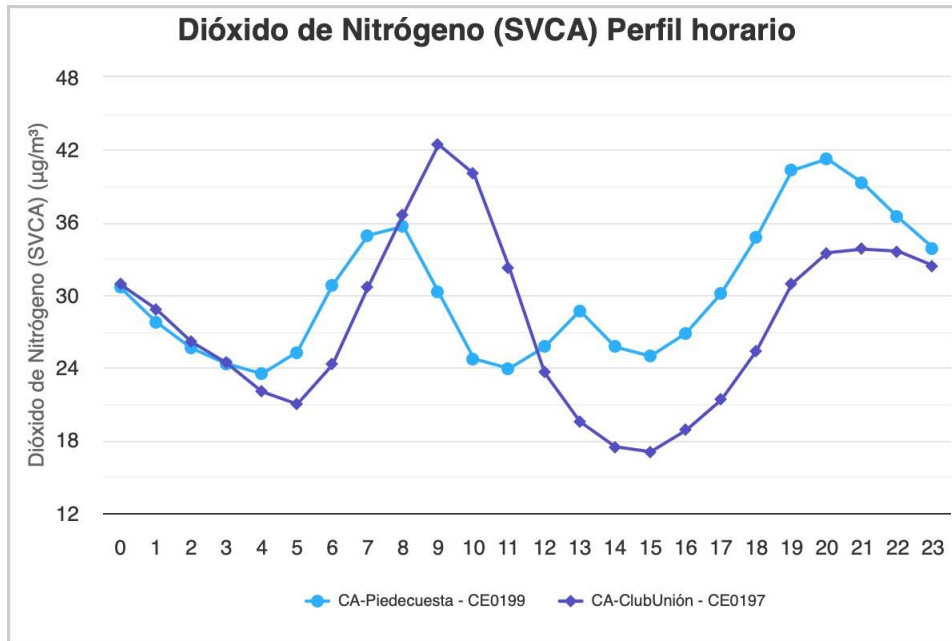


Figura 24 Perfil horario de NO₂ Año 2025

Por su parte, en la Figura 25, el perfil semanal de concentraciones de dióxido de nitrógeno (NO₂) exhibe una dinámica vinculada directamente con los ciclos de actividad urbana. Se observa un incremento progresivo hacia los días miércoles y jueves, comportamiento que se atribuye a la intensificación del flujo vehicular derivado de la convergencia de actividades comerciales, sociales y recreativas propias del cierre de la semana laboral. En contraste, el día domingo registra los niveles mínimos de NO₂ , lo que evidencia una reducción sustancial en la carga de emisiones por fuentes móviles y una pausa en la intensidad de las dinámicas antropogénicas en el área metropolitana."

Este comportamiento semanal y horario evidencia el rol protagónico del transporte como fuente emisora de óxidos de nitrógeno, y resalta la necesidad de implementar estrategias de gestión de la movilidad urbana y promoción del transporte sostenible para mejorar la calidad del aire en la ciudad.

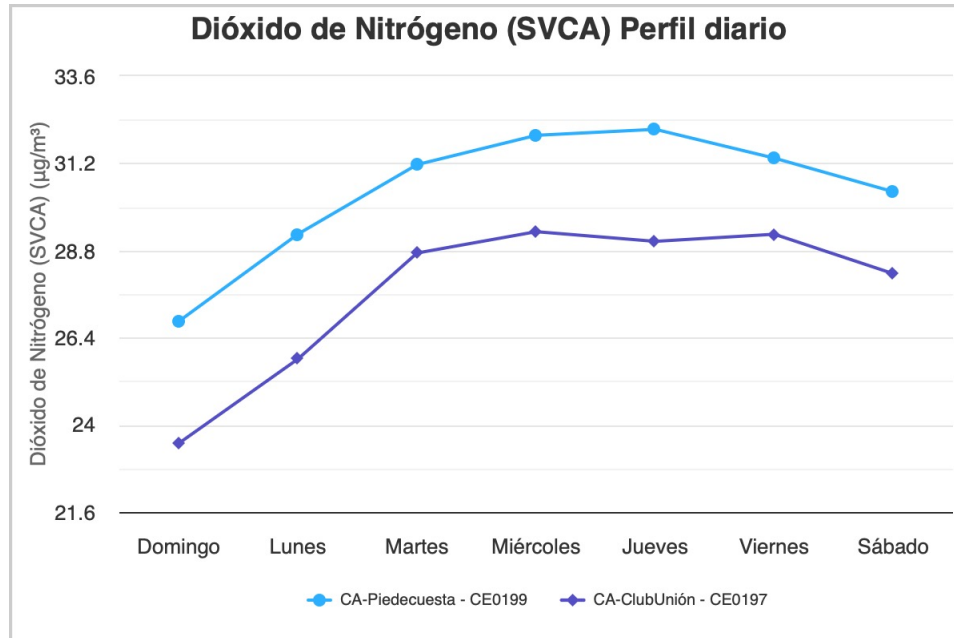


Figura 25 Perfil diario de NO₂ año 2025

4.1.5. MONOXIDO DE CARBONO (CO)

A continuación, se presentan las concentraciones del contaminante CO para las estaciones del SVCA, teniendo en cuenta las siguientes aclaraciones:

El CO es un contaminante criterio monitoreado por el Sistema de Vigilancia de Calidad de Aire (SVCA) es un gas inflamable, inodoro, incoloro e insípido. Este gas afecta la salud puesto que tiene mayor afinidad con la hemoglobina de la sangre que el oxígeno, por lo cual en altas concentraciones puede llegar a interferir en el proceso de transporte de oxígeno en la sangre, según el inventario de emisiones actualizado al año 2021 son las fuentes móviles las que más aportan este contaminante siendo las motos 4 tiempos y los autos particulares las categorías vehiculares que más lo emiten.

El Sistema de Vigilancia de la Calidad de Aire (SVCA) para el año 2025 tuvo en operación dos estaciones que monitorean CO ubicadas en los municipios de

Bucaramanga y Piedecuesta (Club Unión, Centro Cultural Daniel Mantilla Orbezo).

Datos Anuales CO

En la siguiente tabla se muestra la representatividad de datos durante el año 2025, y posteriormente el comportamiento del contaminante, se resalta que se cumplen con la representatividad de datos según se exige que sea mayor al 75%.

Tabla 15 Representatividad de datos CO-Año 2025

Estación	Contaminante	% Representatividad datos
CCDMO Piedecuesta	CO 1h	85%
CCDMO Piedecuesta	CO 8 h	86%
Club Unión	CO 1h	97%
Club Unión	CO 8 h	98%

Comportamiento Anual CO

De la Figura 26 a la Figura 29 se presenta el comportamiento del monóxido de carbono (CO), con base en los datos validados para las estaciones del Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire (SVCA), en las figuras se evalúan los dos niveles de exposición establecidos por la Resolución 2254 de 2017: el valor horario y el promedio móvil de 8 horas, ambos diseñados para proteger la salud humana frente a exposiciones tanto puntuales como prolongadas a este contaminante.

Durante el periodo evaluado, las concentraciones de monóxido de carbono (CO) en la totalidad de las estaciones de monitoreo exhibieron una tendencia de cumplimiento frente a la normativa de la calidad del aire, manteniéndose significativamente por debajo de los niveles de alerta y los límites máximos permisibles definidos en la Resolución 2254 de 2017. Esta reducida carga contaminante en la tropósfera baja sugiere una alta eficiencia en la capacidad de dispersión del área de estudio.

Aunque la dinámica del CO está intrínsecamente ligada a las emisiones antropogénicas de fuentes móviles derivadas principalmente de procesos de combustión incompleta en motores de ciclo Otto y Diésel.

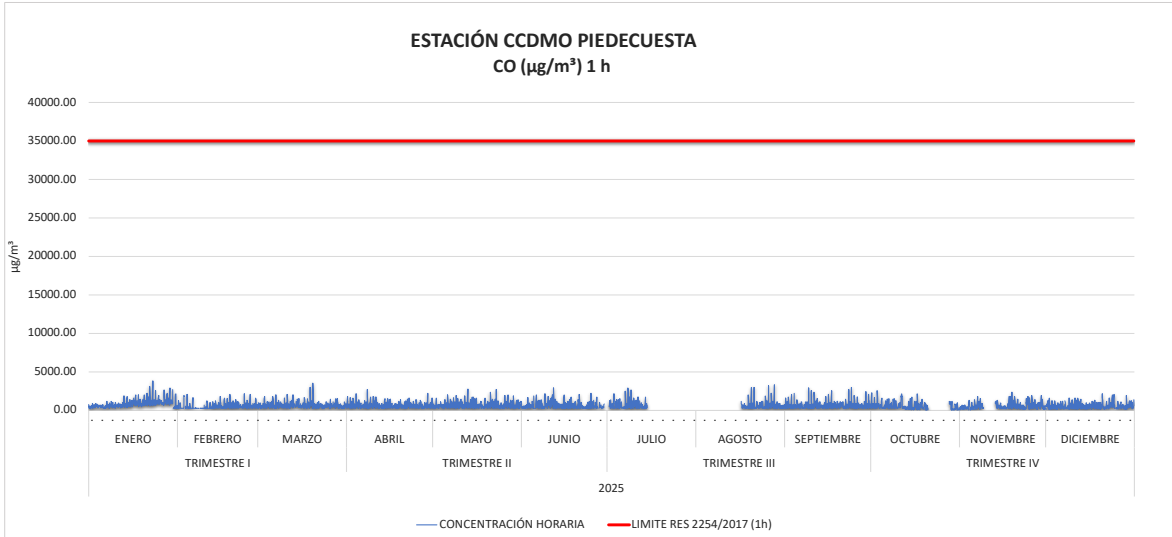


Figura 26 Distribución temporal horaria de Concentración de CO estación Piedecuesta- Año 2025

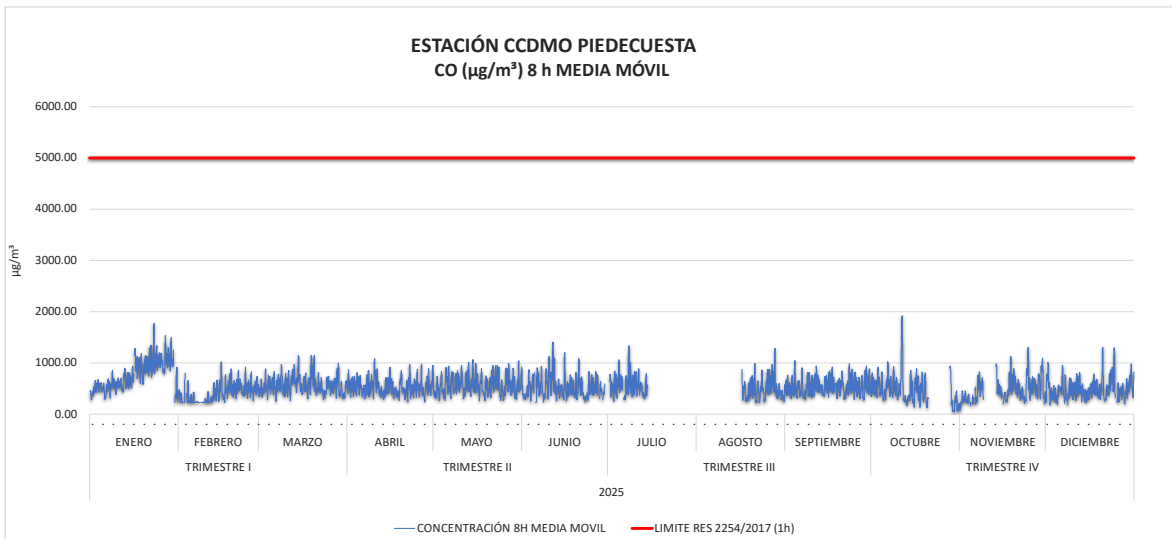


Figura 27 Distribución temporal 8 horas de Concentración de CO estación Piedecuesta- Año 2025



Figura 28 Distribución temporal horaria de Concentración de CO estación Club Unión- Año 2025

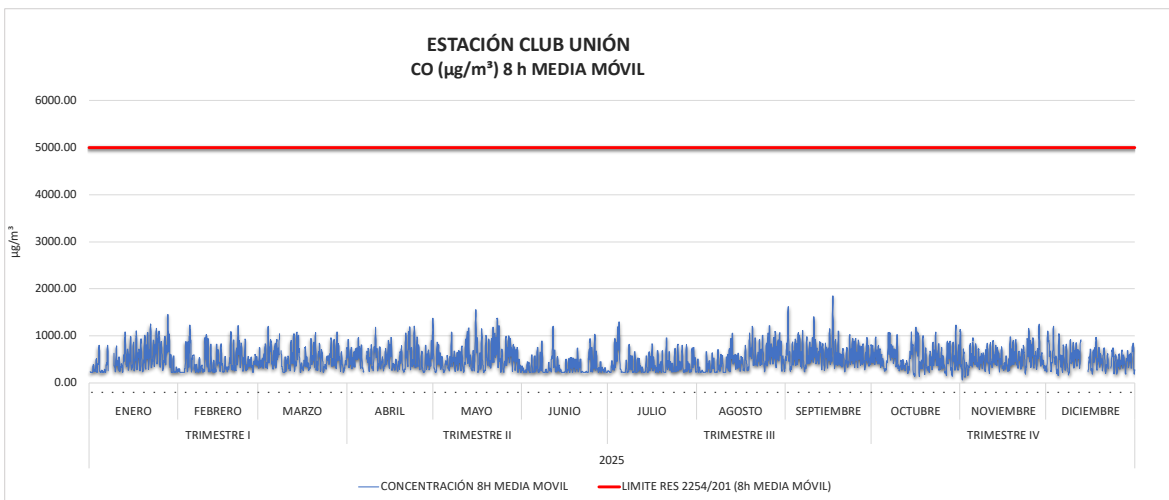


Figura 29 Distribución temporal 8 horas de Concentración de CO estación Club Unión- Año 2025

Ciclos diarios y horarios CO.

La Figura 30 muestra un comportamiento bimodal en las concentraciones horarias de monóxido de carbono (CO) para ambas estaciones analizadas. Este patrón se caracteriza por la presencia de dos picos diarios de concentración: el primero, más pronunciado, se presenta entre las 07:00 y las 09:00 horas, mientras que el segundo, de menor intensidad, ocurre entre las 19:00 y las 21:00 horas.

Este comportamiento bimodal está fuertemente influenciado por el ciclo diurno de la actividad vehicular en el Área Metropolitana de Bucaramanga en las primeras horas

del día, el aumento en la circulación de vehículos debido a los desplazamientos hacia el trabajo, instituciones educativas y actividades comerciales genera un incremento en las emisiones, de manera similar, el segundo pico coincide con el retorno a los hogares al final de la jornada laboral y académica.

La variabilidad observada en las concentraciones también puede estar asociada a condiciones meteorológicas locales, como la estabilidad atmosférica durante la madrugada y la noche, que tiende a reducir la dispersión de contaminantes, permitiendo su acumulación en niveles más bajos de la atmósfera.

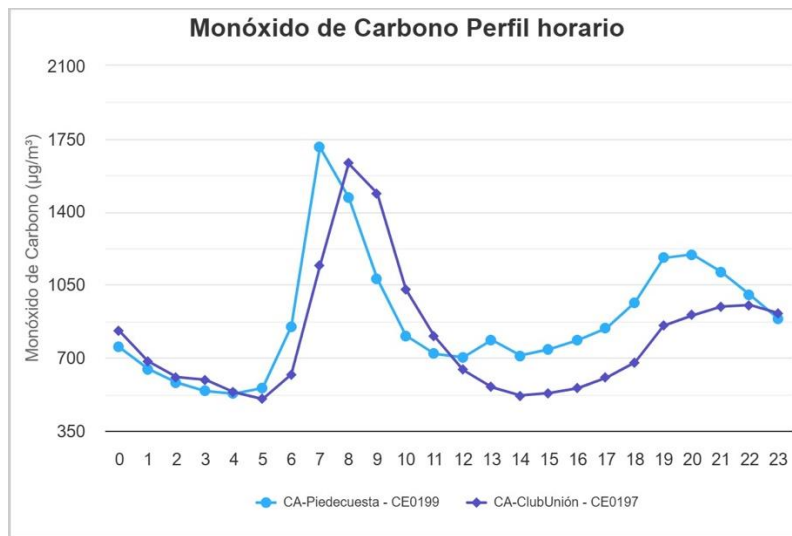


Figura 30 Perfil horario CO-Año 2025

El comportamiento de las estaciones evidencia que los niveles más altos de concentración se presentan entre los días martes y viernes. Durante este periodo, la estación de Piedecuesta registra concentraciones superiores en comparación con la estación Club Unión. Por su parte, la estación Club Unión presenta su valor más alto el día martes; sin embargo, este no supera los niveles registrados en la estación de Piedecuesta para el mismo día. (Ver Figura 31)

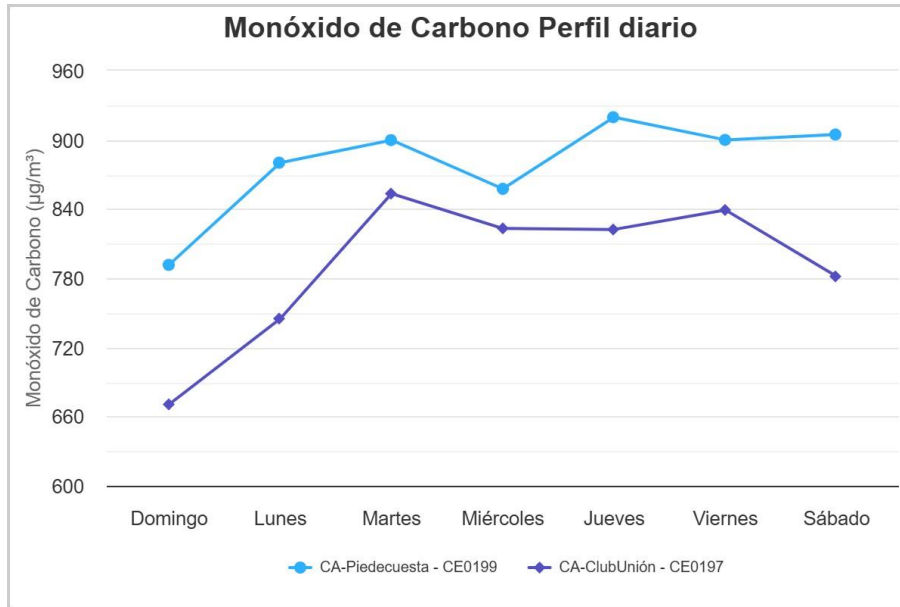


Figura 31 Perfil diario CO-Año 2025

4.1.6. DIOXIDO DE AZUFRE (SO₂)

A continuación, se presentan las concentraciones del contaminante SO₂ para las estaciones del SVCA, teniendo en cuenta las siguientes aclaraciones

El dióxido de azufre (SO₂) es un contaminante primario que es monitoreado por el Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire (SVCA), se trata de un gas incoloro, irritante.

Este contaminante se genera principalmente a partir de la combustión de combustibles fósiles que contienen azufre, tales como el carbón, el diésel y la gasolina, los cuales son comúnmente utilizados en procesos industriales y en el transporte, la quema de estos combustibles libera SO₂ directamente a la atmósfera, donde puede contribuir a la formación de otros contaminantes secundarios, como los aerosoles sulfatos, y afectar negativamente la salud humana y el ambiente en general.

El Sistema de Vigilancia de la Calidad de Aire (SVCA) desde el año 2022 tiene en operación dos estaciones que monitorean SO₂ ubicadas en los municipios de

Bucaramanga y Piedecuesta (Club Unión, Centro Cultural Daniel Mantilla Orbeagozo).

Datos Anuales SO₂

El contaminante SO₂ presenta una representatividad superior al 75% esto indica que los datos que se presentan los cuales ya están validados tal como muestra la Tabla 16.

Tabla 16 Representatividad SO₂- Año 2025

Estación	Contaminante	% Representatividad datos
CCDMO Piedecuesta	SO ₂ 1h	78%
CCDMO Piedecuesta	SO ₂ 24h	77%
Club Unión	SO ₂ 1h	96%
Club Unión	SO ₂ 24h	97%

Comportamiento Anual SO₂

Las concentraciones de dióxido de azufre (SO₂), según lo evidenciado en las Figuras 32 a 35, se mantienen muy por debajo de los límites establecidos por la Resolución 2254 de 2017 en las dos estaciones de monitoreo evaluadas (Piedecuesta y Club Unión). En este sentido, los valores registrados no superan los 10 µg/m³ para la media de 24 horas, frente al límite normativo de 50 µg/m³. De igual forma, el valor horario máximo registrado fue de 16,35 µg/m³ en la estación de Piedecuesta durante el mes de marzo, el cual se encuentra por debajo del límite de 100 µg/m³ establecido para periodos de 1 hora.

Este comportamiento refleja una baja presencia de SO₂ en la atmósfera del área de influencia, lo cual puede estar asociado a un uso reducido de combustibles con alto contenido de azufre en las fuentes locales, también se observa que las concentraciones de SO₂ se mantienen relativamente estables y homogéneas a lo largo del año en ambas estaciones, sin registrar picos significativos.



Figura 32 Distribución temporal horaria de Concentración de SO₂ estación Piedecuesta- Año 2025



Figura 33 Distribución temporal 24 horas de Concentración de SO₂ estación Piedecuesta- Año 2025



Figura 34 Distribución temporal horaria de Concentración de SO₂ estación Club Unión- Año 2025



Figura 35 Distribución temporal 24 horas de Concentración de SO₂ estación Club Unión- Año 2025

Ciclos diarios y horarios SO₂

Las concentraciones horarias presentan diferencias en las dos estaciones que reportan este contaminante para la estación de Piedecuesta se presenta el pico más alto en las horas de la mañana 9:00 a 11:00 horas, al igual que en la estación del Club Unión presenta un pico en la mañana de 8:00 a 10:00 horas (Ver Figura 36)

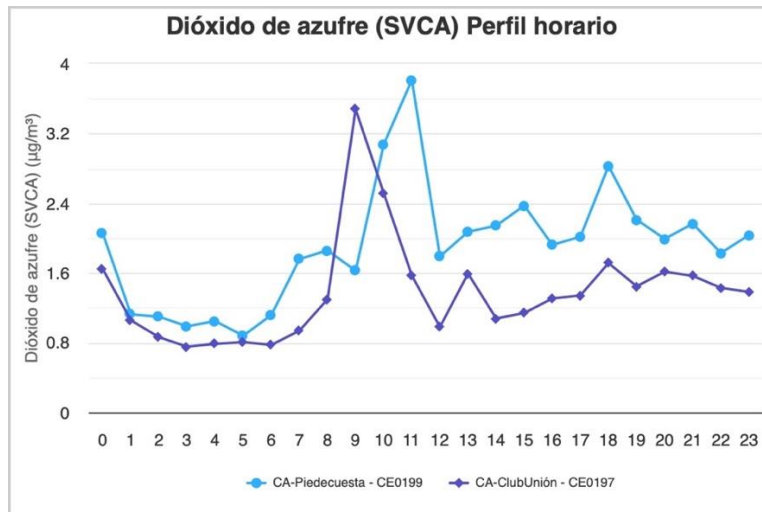


Figura 36 Perfil horario SO₂ -Año 2025

La Figura 37 muestra el comportamiento semanal de la concentración de SO₂, donde la estación de Piedecuesta presenta un incremento progresivo desde el día martes, alcanzando su valor máximo el día jueves. Por su parte, la estación Club

Unión evidencia un aumento desde el día lunes, registrando su concentración más alta el día martes, seguido de una disminución durante el resto de la semana.

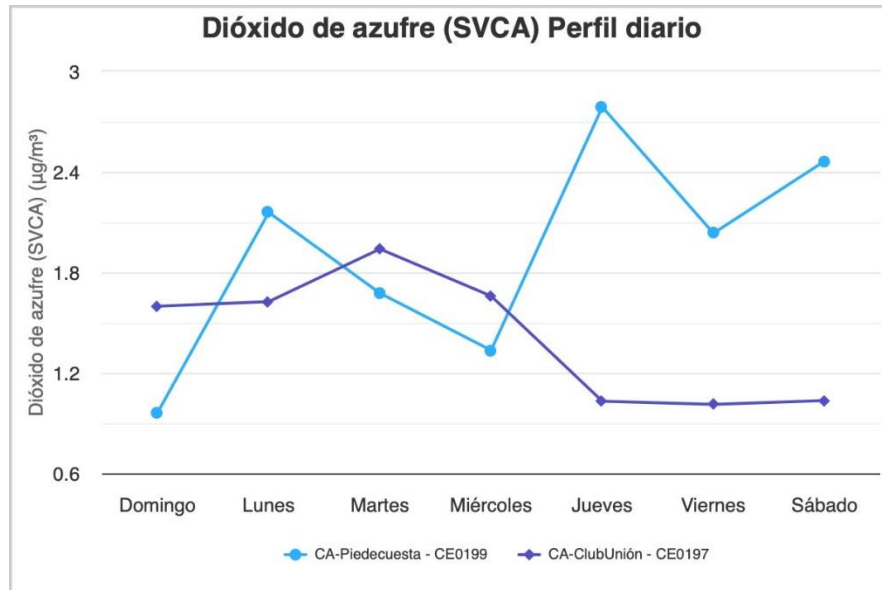


Figura 37 Perfil diario SO₂ -Año 2025

4.1.7. AZUFRE TOTAL REDUCIDO (TRS)

El Azufre Total Reducido (TRS) es un parámetro analítico que cuantifica la concentración conjunta de gases de azufre en estado de oxidación reducido, tales como el sulfuro de hidrógeno, el metilmercaptano, el sulfuro de dimetilo y el disulfuro de dimetilo, los cuales se caracterizan por su alta volatilidad y un umbral de olor extremadamente bajo que genera fuertes molestias sensoriales.

A continuación, se presentan las concentraciones del contaminante TRS para las estaciones del SVCA, sin embargo, se deben tener en cuenta las siguientes aclaraciones:

El azufre total reducido (TRS) expresado como SO₂ es una sustancia generadora de olor ofensivo que se reglamenta en la Resolución 1541 de 2013 y el Sistema de Vigilancia de la Calidad de Aire (SVCA) para el año 2025 tuvo en operación dos

estaciones que monitorean TRS ubicadas en el municipio de Bucaramanga (Hospital Local del Norte y el Colegio Jorge Eliecer Gaitán).

Datos anuales de TRS

Tabla 17 Representatividad TRS año 2025

Estación	Contaminante	% Representatividad datos
Colegio Gaitán	TRS 1h	95%
Colegio Gaitán	TRS 24 h	95%
Hospital del Norte	TRS 1h	93%
Hospital del Norte	TRS 24 h	92%

De la Figura 38 a la Figura 41 se presenta el comportamiento anual de las concentraciones de Azufre Total Reducido TRS, evaluadas según los dos límites establecidos en la Resolución 1541 de 2013: el límite horario y el de promedio en 24 horas, en las dos estaciones, se observa que las concentraciones registradas cumplen con los valores normativos en las dos estaciones que monitorean este parámetro.

En particular, la estación Gaitán 24 horas muestra los valores más altos durante los meses de febrero y agosto, mientras que en la estación Hospital Local del Norte, el pico más significativo se presenta en los meses de junio y agosto, sin embargo, a pesar de estos incrementos, no se superaron los límites establecidos para el promedio de 24 horas, lo que indica un cumplimiento normativo sostenido.

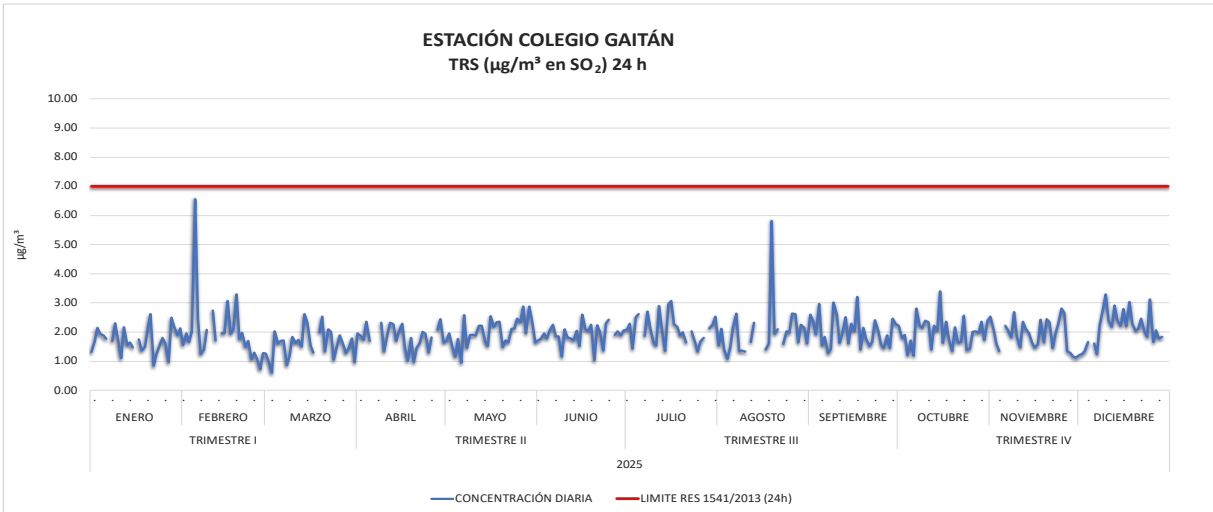


Figura 38 Comportamiento anual de concentración TRS 24 Horas estación Colegio Gaitán- año 2025

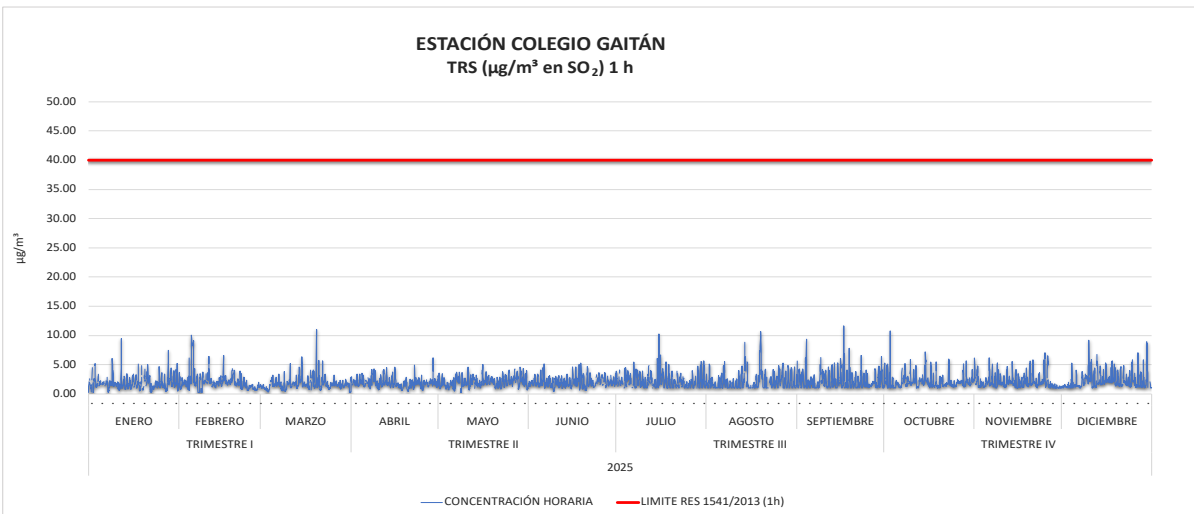


Figura 39 Comportamiento anual de concentración TRS Horario estación Colegio Gaitán- año 2025

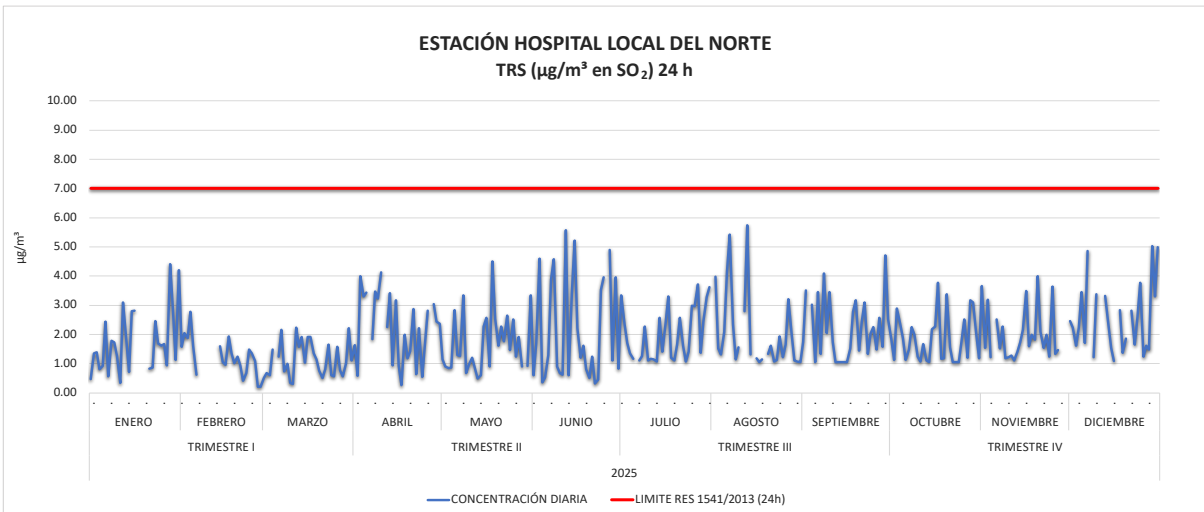


Figura 40 Comportamiento anual de concentración TRS 24 Horas estación Hospital Norte- año 2025

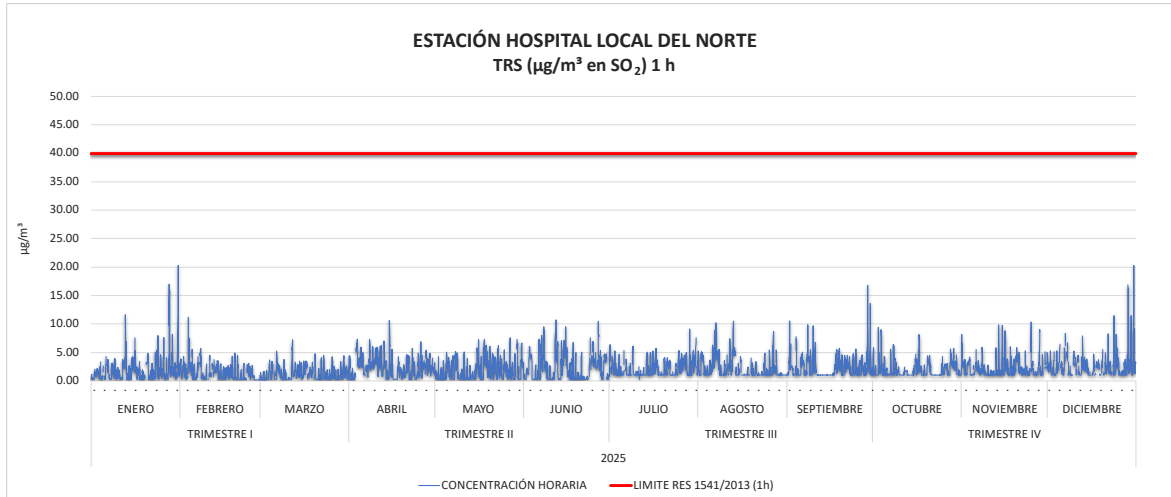


Figura 41 Comportamiento anual de concentración TRS Horario estación Hospital Norte - año 2025

El perfil horario del Azufre Total Reducido (TRS) en las estaciones Colegio Gaitán y Hospital Norte exhibe un comportamiento bimodal con picos pronunciados durante las horas de la mañana y fluctuaciones marcadas en la tarde. La estación Hospital Norte registra el nivel máximo de la jornada con $3.24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a las 08:00 horas, superando la tendencia de Colegio Gaitán que alcanza su mayor concentración de $2.93 \mu\text{g}/\text{m}^3$ una hora antes, a las 07:00. Tras este pico matutino, ambas estaciones muestran un descenso drástico hacia el mediodía, llegando a niveles mínimos cercanos a $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entre las 11:00 y las 13:00 horas. En la tarde, se observa una alta inestabilidad, especialmente en Hospital Norte con un repunte súbito a las 14:00 horas ($2.65 \mu\text{g}/\text{m}^3$), sugiriendo una influencia directa de fuentes de emisión intermitentes o cambios en la dinámica de dispersión atmosférica local antes de estabilizarse durante la noche.

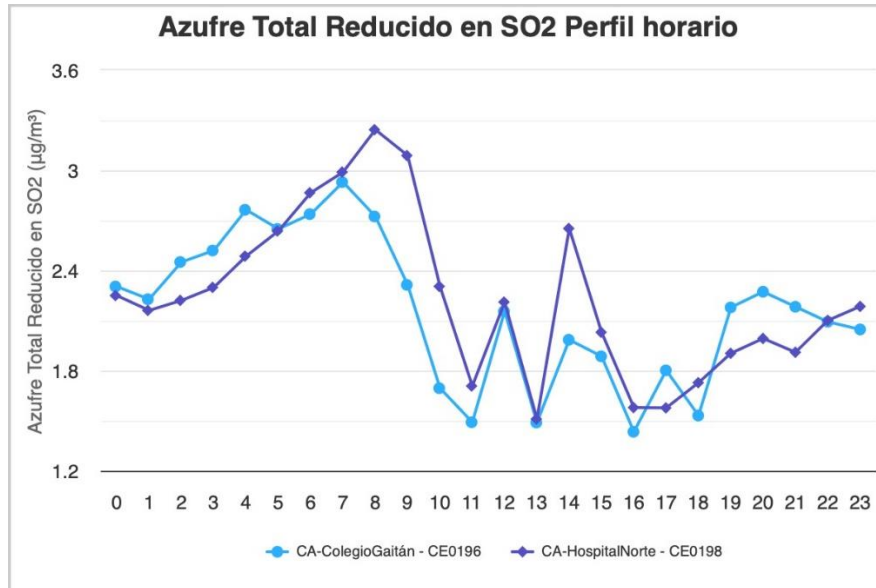


Figura 42 Comportamiento TRS Horario - año 2025

El perfil diario de Azufre Total Reducido (TRS) muestra un comportamiento marcadamente diferenciado entre ambas estaciones, caracterizado por picos de concentración desplazados en el tiempo. La estación Colegio Gaitán presenta un incremento a mitad de semana, alcanzando el valor máximo registrado en la gráfica de 3.07 µg/m³ el miércoles, para luego descender drásticamente el jueves a 2.07 µg/m³. Por su parte, la estación Hospital Norte mantiene una estabilidad relativa a principios de semana (rondando los 2.0 µg/m³), pero experimenta su mayor repunte el jueves, situándose en 2.79 µg/m³, justo cuando la otra estación muestra un descenso notable. Al finalizar la semana, ambas estaciones convergen hacia sus niveles mínimos el sábado, con valores de 1.87 µg/m³ para Colegio Gaitán y 1.83 µg/m³ para Hospital Local del Norte.

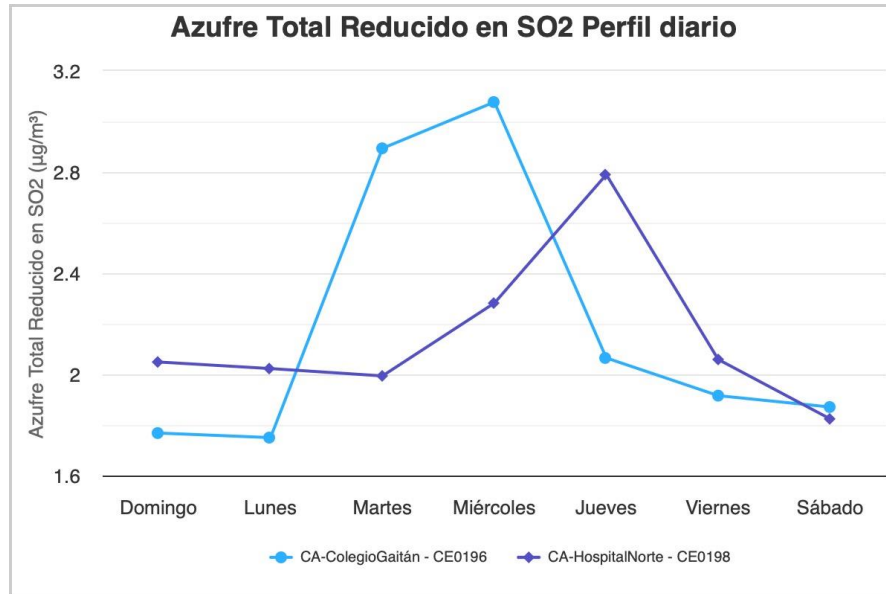


Figura 43 Comportamiento TRS Diario - año 2025

4.2. Análisis de la Calidad del Aire

4.2.1. Índice de Calidad de Aire PM2.5 (ICA)

El Índice de Calidad del Aire (ICA) para PM_{2.5} durante el periodo evaluado se mantuvo predominantemente en las categorías de "Bueno" y "Aceptable", siendo la categoría "Bueno" la más frecuente, como se evidencia en la Tabla 18.

No obstante, durante el primer trimestre del año (enero, febrero y marzo) se registró la mayor frecuencia de días bajo la categoría de calidad del aire 'Aceptable'. Este comportamiento se atribuye a una configuración meteorológica adversa para la dispersión de contaminantes, caracterizada por un marcado déficit de precipitación, una mayor estabilidad atmosférica (que limita la mezcla vertical de aire) y un incremento crítico en la incidencia de incendios forestales en la región, factores que en conjunto propician la acumulación de material particulado en la tropósfera baja

Estos resultados reflejan la necesidad de mantener una vigilancia constante de los contaminantes criterio, especialmente en temporadas propensas a eventos críticos, para proteger la salud de la población más vulnerable

Tabla 18 Índice de Calidad de Aire por días en las estaciones del SVCA PM2.5

Estación	Días ICA BUENA	Días ICA ACEPTABLE	Días ICA DAÑINO A LA SALUD DE GRUPOS SENSIBLES
Hospital Local Norte	179	77	--
Centro Cultural Daniel Mantilla - Piedecuesta	234	62	--
Club Unión	247	110	--
Colegio Gaitán	203	144	---

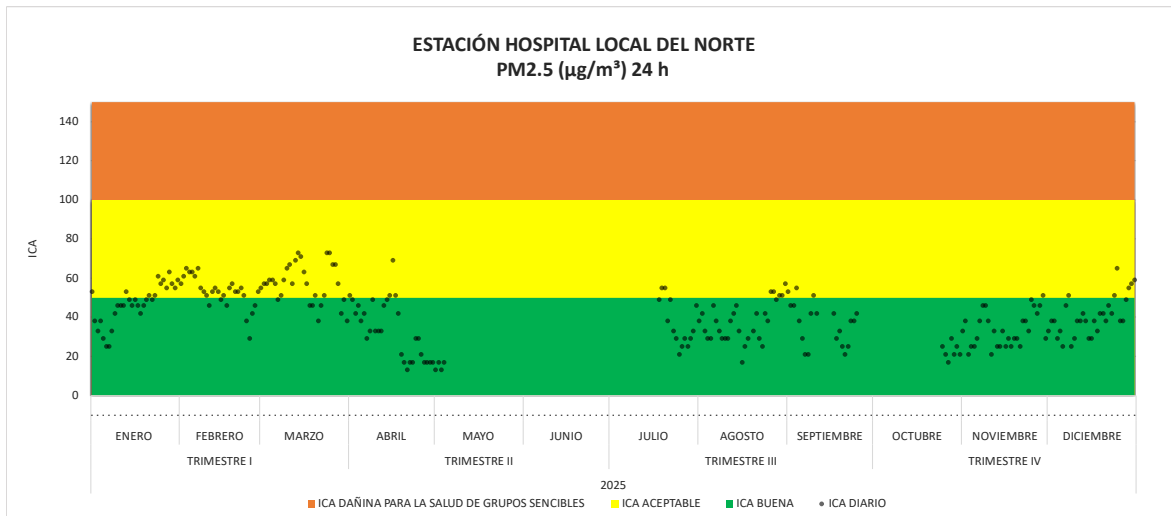


Figura 44 Índice de Calidad de Aire estación Hospital Local del Norte del SVCA PM2.5

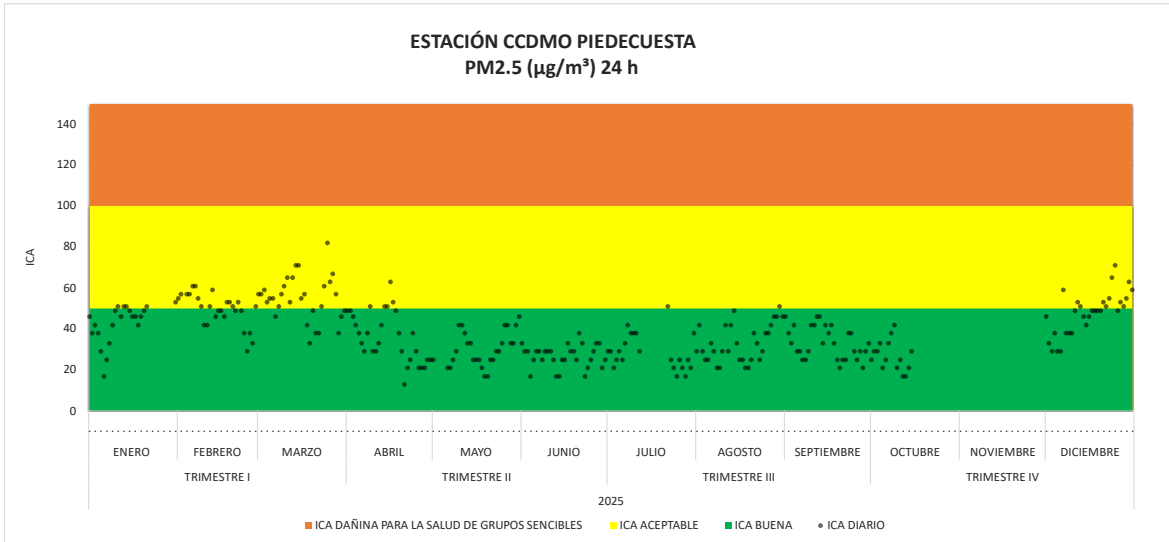


Figura 45 Índice de Calidad de Aire estación Piedecuesta del SVCA PM2.5

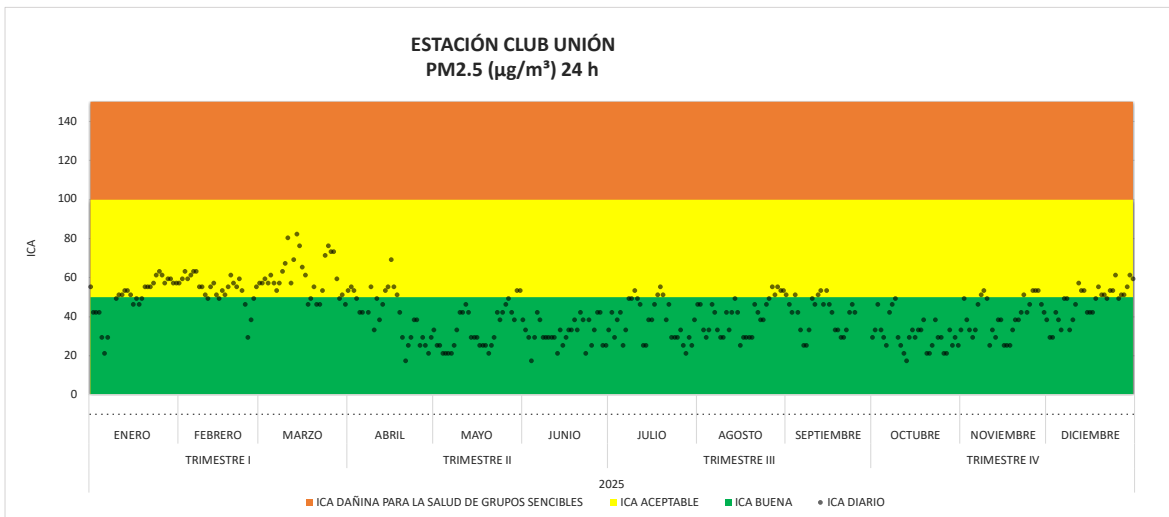


Figura 46 Índice de Calidad de Aire estación Club Unión del SVCA PM2.5

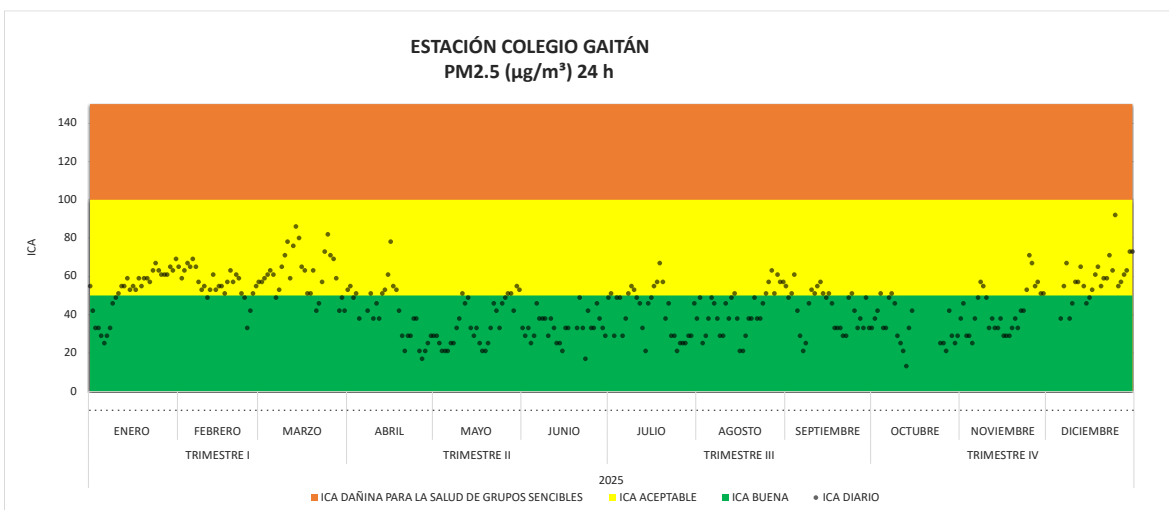


Figura 47 Índice de Calidad de Aire estación Colegio Gaitán del SVCA PM2.5

Durante enero, febrero, marzo y diciembre de 2025, se registró la mayor frecuencia de días con Índice de Calidad del Aire (ICA) en categoría 'Aceptable' (Figura 48). Este comportamiento se atribuye, en gran medida, a la ocurrencia de incendios forestales a nivel regional y nacional, los cuales incrementaron significativamente las concentraciones de material particulado.

Coincidiendo con estos eventos, las condiciones meteorológicas del periodo — caracterizadas por bajas precipitaciones y altas temperaturas— favorecieron la estabilidad atmosférica. La presencia de fenómenos como la inversión térmica (donde una capa de aire cálido se sobrepone a una más fría cerca del suelo) restringió la dispersión vertical de los contaminantes. Esta configuración meteorológica facilitó la acumulación de PM2.5 en la baja atmósfera, elevando así los niveles de exposición para la población.

En conjunto, estos factores explican el deterioro en la calidad del aire durante estos meses y la mayor frecuencia de registros en la categoría "Aceptable".

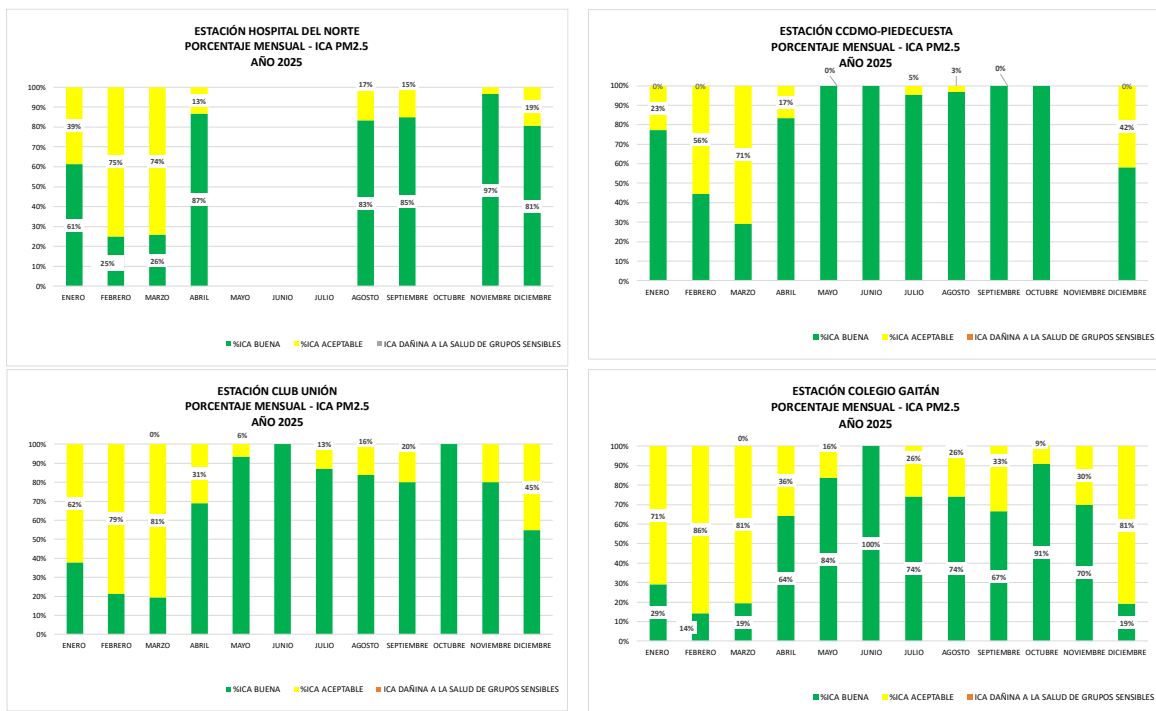


Figura 48 Porcentajes mensual del Índice de calidad de Aire (ICA)

4.2.2. Índice de calidad de aire PM10 (ICA)

En las cuatro estaciones del Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire (SVCA) que monitorean PM₁₀, el Índice de Calidad del Aire (ICA) de 24 horas estuvo en la categoría "Buena", como se evidencia en la Tabla 19 y en las Figuras 49 a 52.

Durante el primer trimestre del año, se registraron las concentraciones más elevadas de material particulado PM10, evidenciando una estacionalidad propia de la transición a la época seca. Este comportamiento responde a una configuración meteorológica que inhibe la autodepuración de la atmósfera: la marcada reducción de precipitaciones limita el lavado atmosférico (deposición húmeda), mientras que el aumento en la estabilidad de la capa de mezcla restringe la dispersión vertical. A estas condiciones locales se suma el transporte transfronterizo de emisiones provenientes de incendios forestales regionales, los cuales incrementan la carga de aerosoles y favorecen su confinamiento en la tropósfera baja.

Tabla 19 Índice de Calidad de Aire por días en las estaciones del SVCA PM10

Estación	Días ICA BUENA	Días ICA ACEPTABLE
Hospital Local Norte	256	0
CCDMO - Piedecuesta	292	0
Club Unión	357	0
Colegio Gaitán	348	--

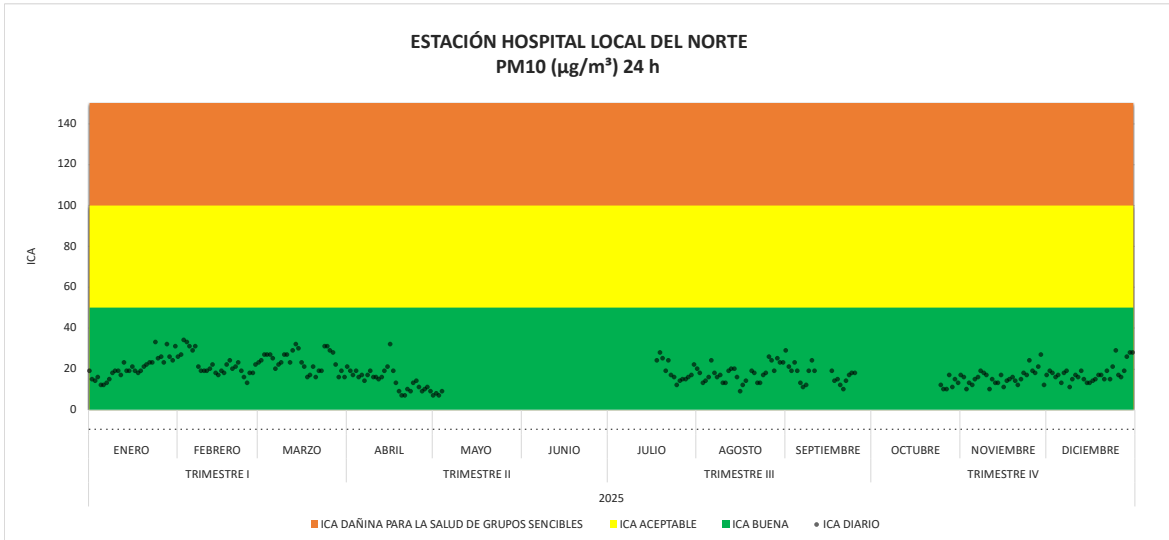


Figura 49 Índice de Calidad de Aire estación Hospital Local del Norte del SVCA PM10

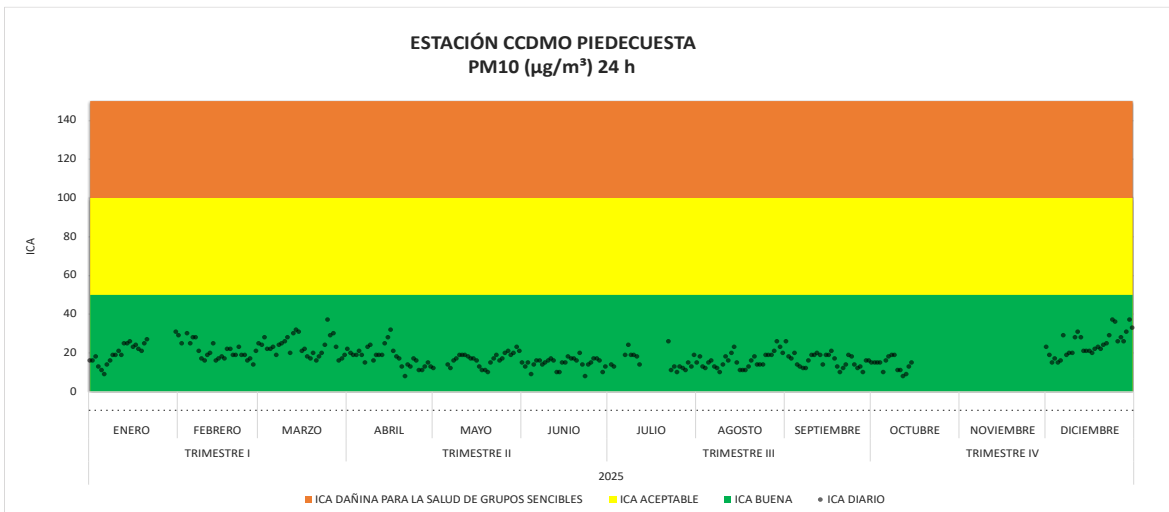


Figura 50 Índice de Calidad de Aire estación Piedecuesta del SVCA PM10

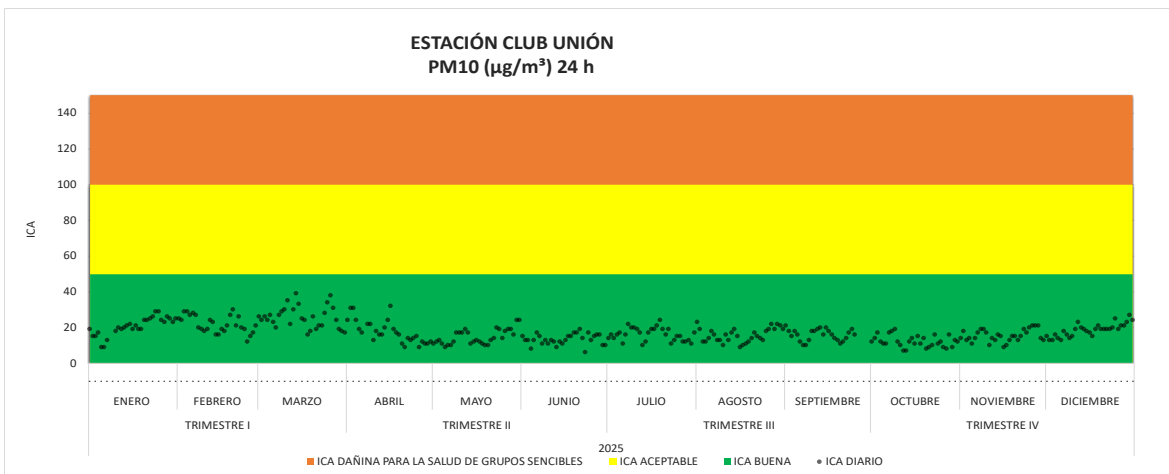


Figura 51 Índice de Calidad de Aire estación Club Unión del SVCA PM10

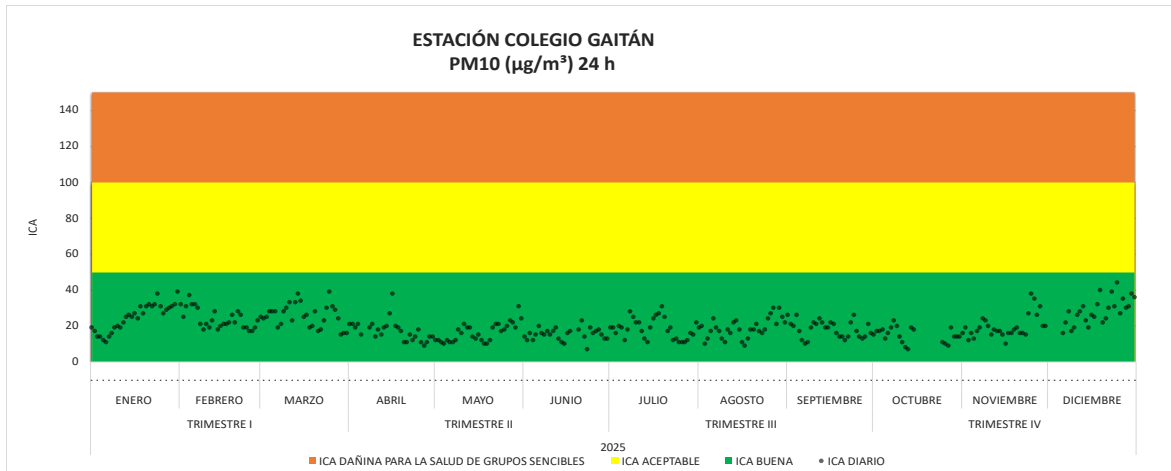


Figura 52 Índice de Calidad de Aire estación Colegio Gaitán del SVCA PM10

4.2.3. Índice de Calidad de Aire O₃ (ICA)

A continuación, se presentan los ICAS para el contaminante ozono, la Resolución 2254 de 2017 establece los puntos de corte para el cálculo del Índice de Calidad del Aire (ICA) asociado a cada contaminante criterio. En el caso del ozono (O₃) en temporalidad de media móvil 8h, el ICA considera que las concentraciones superiores a 139 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ corresponden a una calidad del aire dañina para la salud de los grupos sensibles.

Respecto al ozono en promedio de 8 horas, como se muestra en la Figura 53 a la 56, los registros de todas las estaciones del SVCA de la CDMB se mantuvieron consistentemente dentro de la categoría 'Buena' durante el periodo evaluado. Estos resultados indican que, bajo criterios de exposición prolongada, las concentraciones se situaron significativamente por debajo de los umbrales de riesgo establecidos en la Resolución 2254 de 2017. Este escenario representa un balance positivo para la salud pública regional, sugiriendo una baja incidencia de precursores fotoquímicos o condiciones meteorológicas que favorezcan la acumulación crítica de este contaminante en la tropósfera baja.

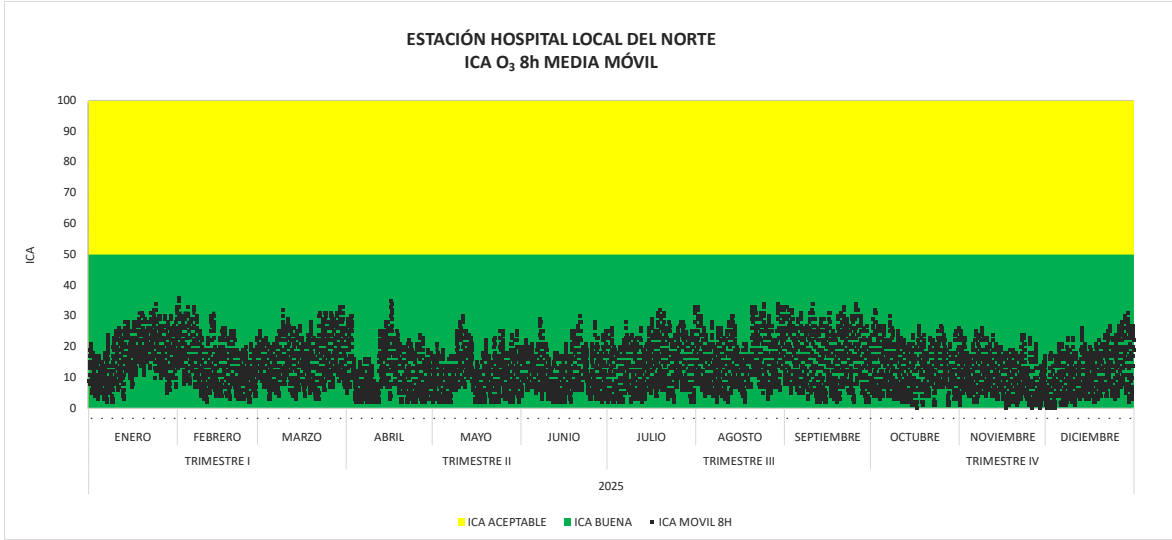


Figura 53 Índice de Calidad de Aire estación Hospital Local del Norte del SVCA O₃

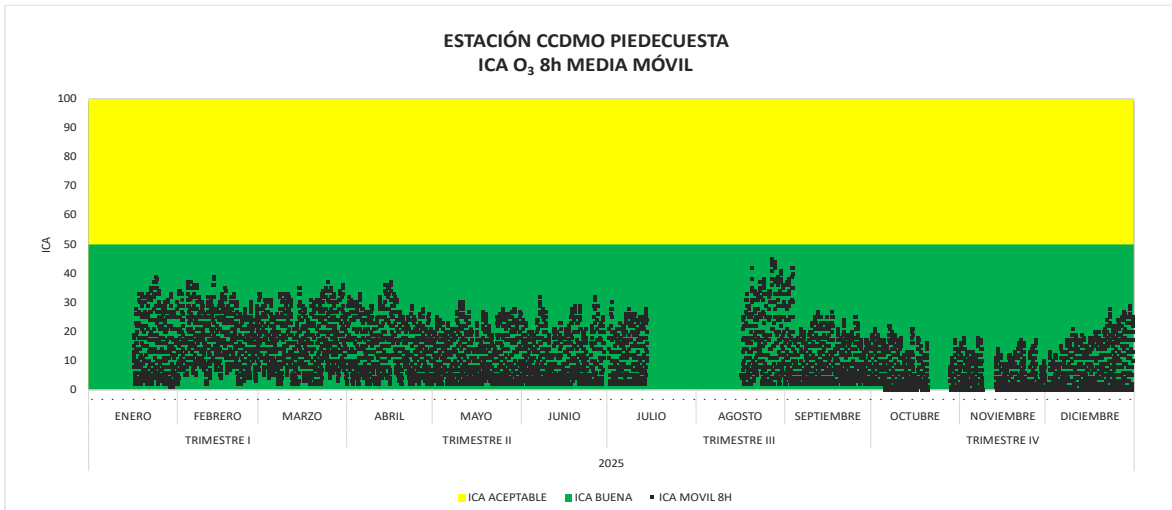


Figura 54 Índice de Calidad de Aire estación Piedecuesta del SVCA O₃

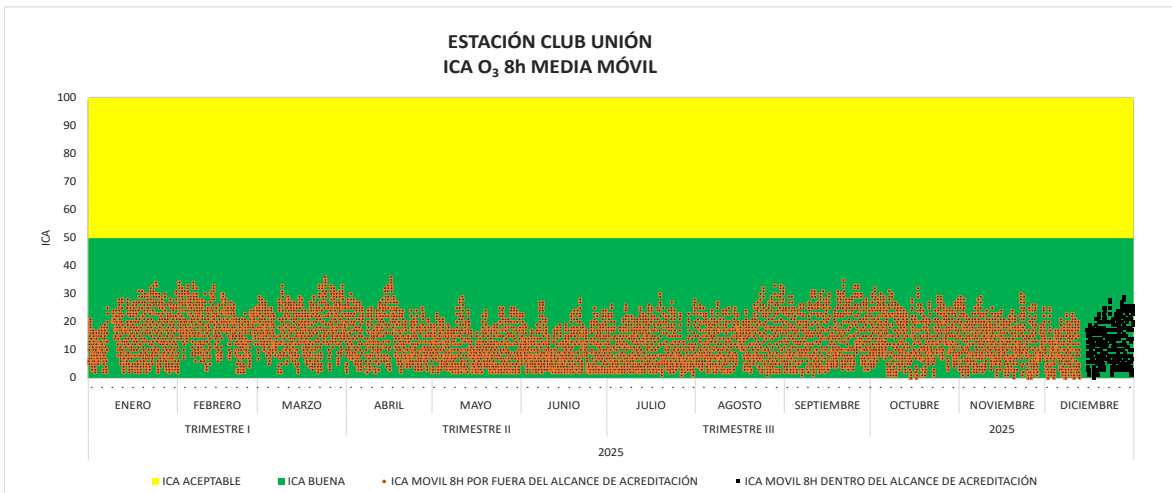


Figura 55 Índice de Calidad de Aire estación Club Unión del SVCA O₃

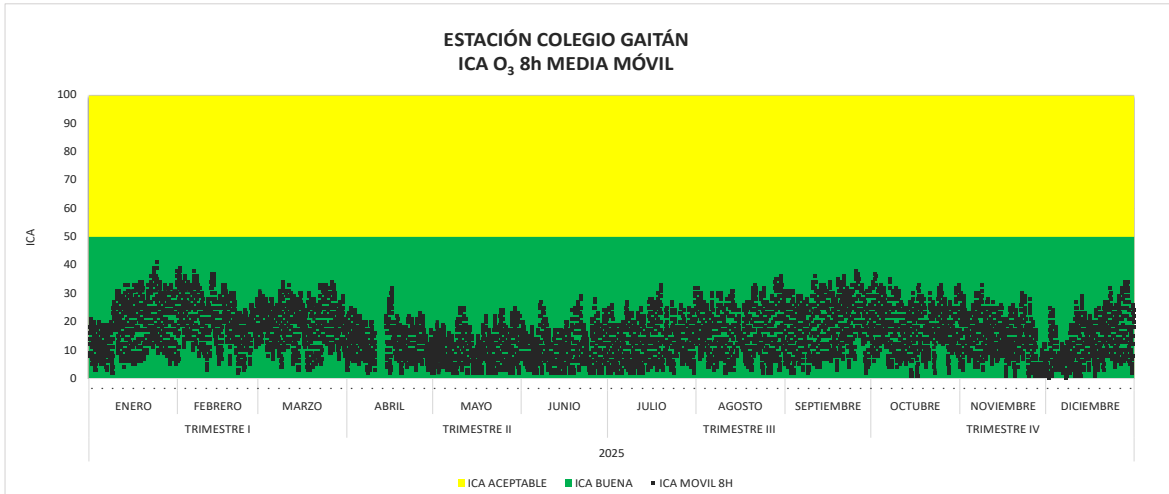


Figura 56 Índice de Calidad de Aire estación Colegio Gaitán del SVCA O₃

4.2.4. Índice de Calidad de Aire NO₂ (ICA)

A continuación, se presentan los Índices de Calidad del Aire (ICA) asociado al dióxido de nitrógeno (NO₂), calculado de forma horaria para las estaciones del Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire (SVCA), se mantuvo en la categoría "Buena" y "Aceptable" durante todo el año 2025, como se puede observar en las Figura 57 y la Figura 58.

A pesar de este comportamiento favorable, se identificaron picos relativos de concentración en determinados periodos del año. En la estación de Piedecuesta, los valores más altos se registraron en el mes de noviembre donde hubo dos horas que presentaron ICA en categoría ACEPTABLE, por su parte, la estación ubicada en el Club Unión presentó concentraciones ligeramente más elevadas durante el mes de mayo donde en dos horas se presentó un ICA en categoría ACEPTABLE.

Estos incrementos puntuales, aunque no superaron los niveles establecidos por la normatividad, reflejan la influencia de factores como el aumento en el flujo vehicular, condiciones meteorológicas.

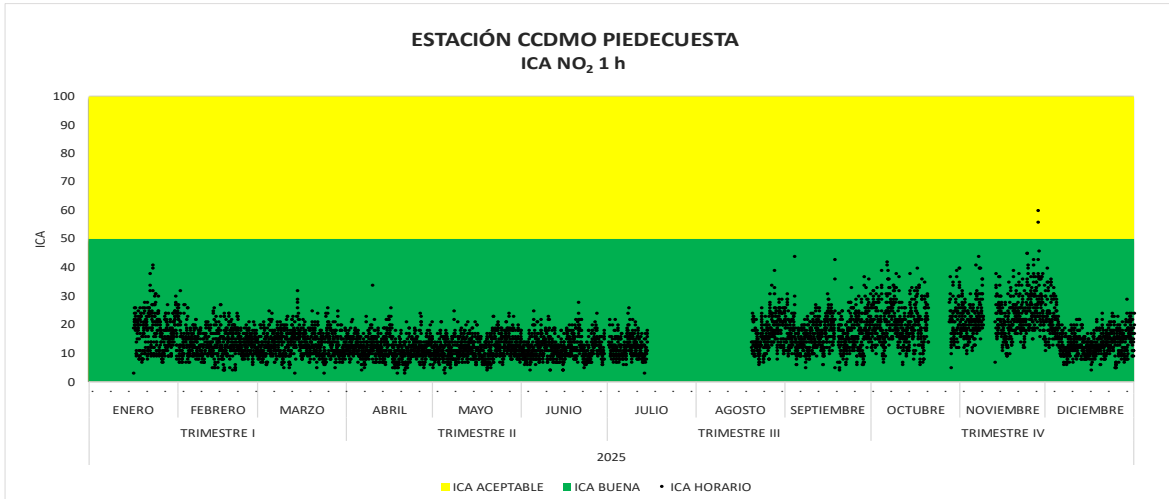


Figura 57 Índice de Calidad de Aire estación Piedecuesta del SVCA NO₂ Año 2025.

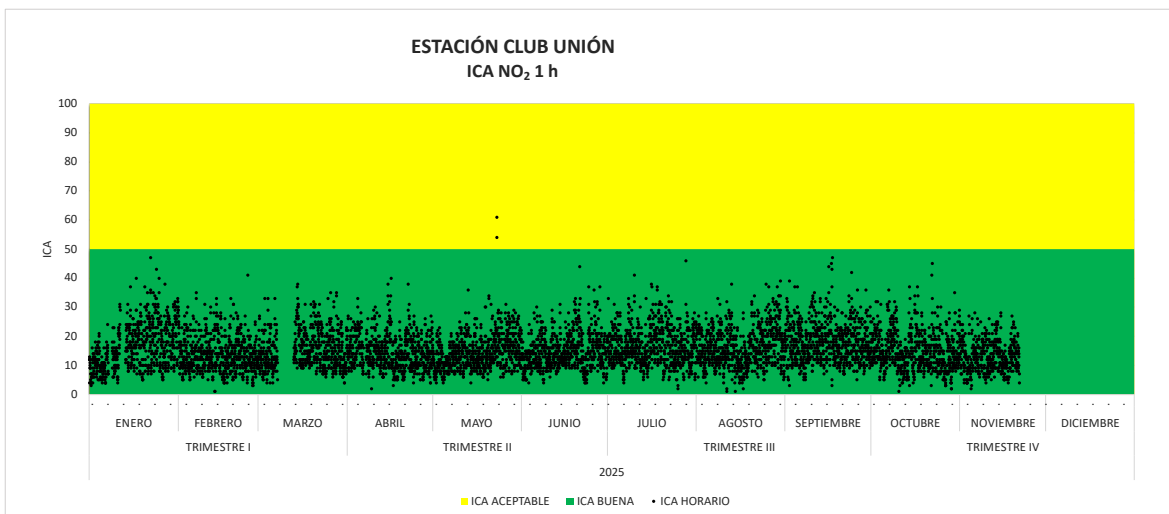


Figura 58 Índice de Calidad de Aire estación Club Unión del SVCA NO₂ Año 2025

4.2.5. Índice de Calidad de Aire CO

Las Figuras 59 y 60 muestran el comportamiento del Monóxido de Carbono (CO) durante el año 2025 en las estaciones de monitoreo de Piedecuesta y Club Unión, en ambas estaciones, el Índice de Calidad del Aire (ICA) asociado a este contaminante se mantuvo dentro de la categoría "Buena" durante todo el periodo para el que se presenta este informe.

Este resultado indica que los niveles de CO registrados estuvieron muy por debajo de los límites establecidos por la normativa nacional, sin representar riesgos para la salud de la población

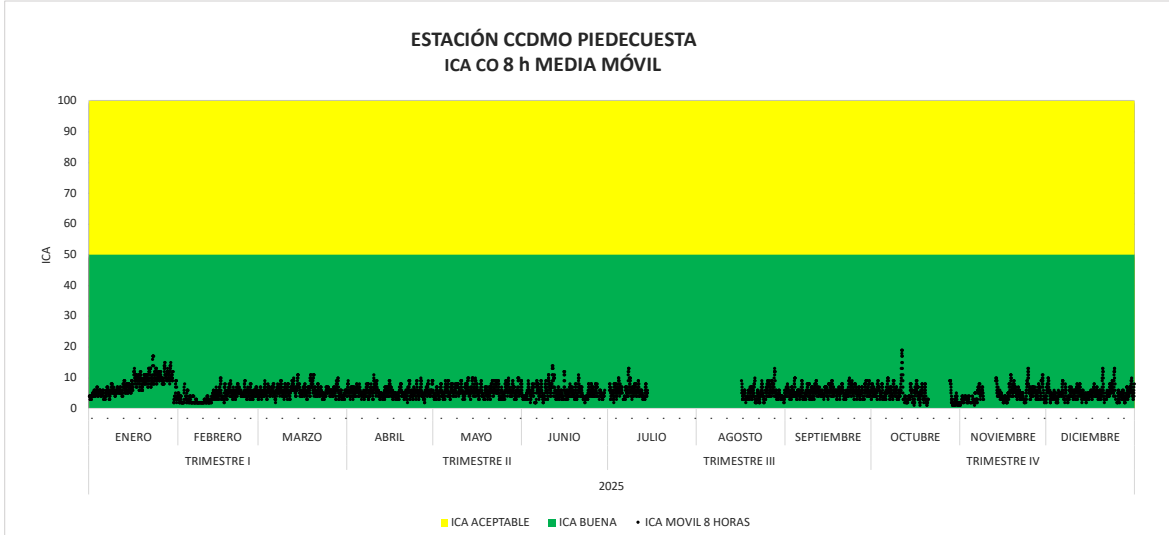


Figura 59 Índice de Calidad de Aire estación de Piedecuesta del SVCA CO- Año 2025

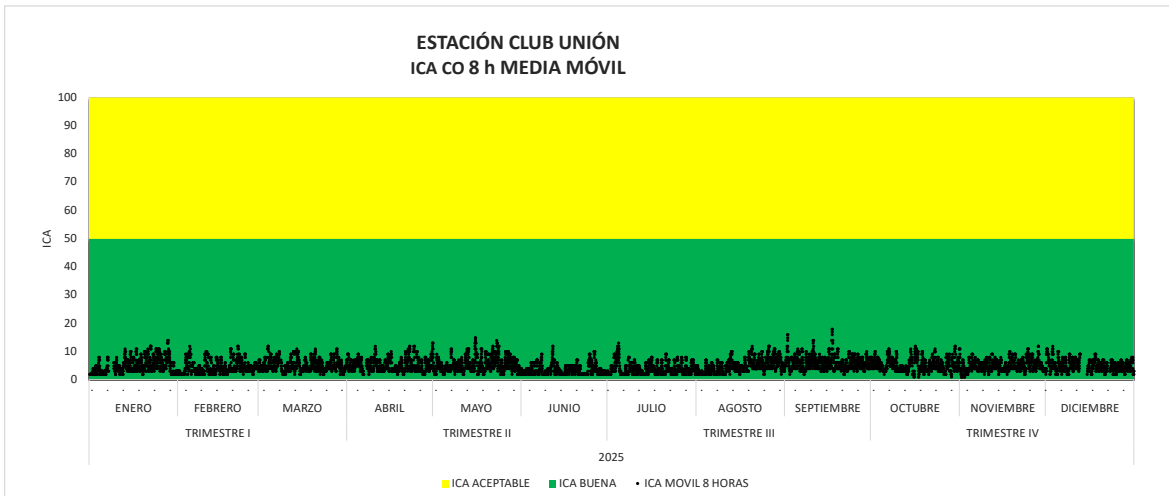


Figura 60 Índice de Calidad de Aire estación Club Unión del SVCA CO- Año 2025

4.2.6. Índice de Calidad de Aire SO₂

A continuación, se presentan los ICAS para el contaminante SO₂, las Figuras 61 y 62 muestra que el Índice de Calidad del Aire (ICA) asociado al dióxido de azufre (SO₂) se mantuvo en la categoría "Buena" durante todo el periodo evaluado en el

año 2025. Esto refleja los bajos niveles de concentración de este contaminante registrados por las estaciones del Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire (SVCA).

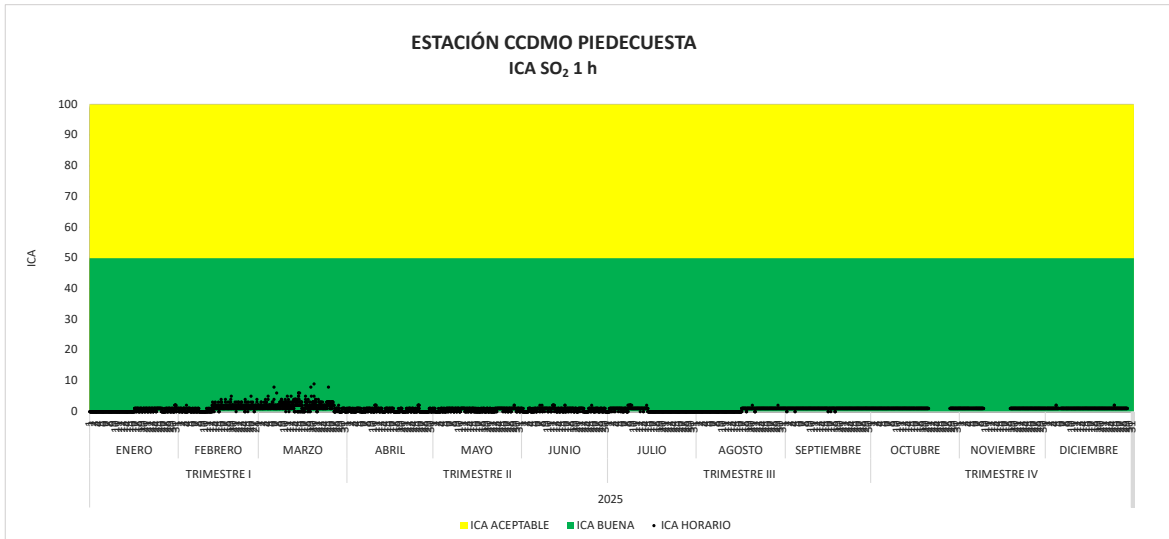


Figura 61 Índice de Calidad de Aire estación Piedecuesta del SVCA SO₂- Año 2025

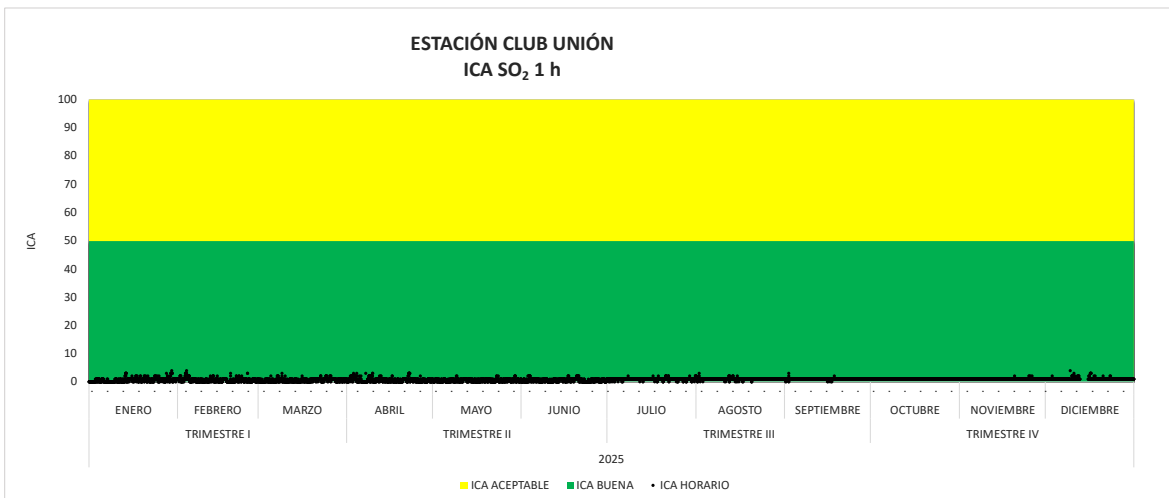


Figura 62 Índice de Calidad de Aire estación Club Unión del SVCA SO₂- Año 2025

4.3. Comparación multianual Material Particulado

4.3.1. Comparación multianual PM10

Durante el año 2025, las concentraciones de PM10 registraron una reducción de las concentraciones respecto a periodos anteriores en las estaciones del SVCA que cumplen con los criterios de representatividad (Figura 63), los niveles se mantienen dentro del límite anual de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ establecido por la Resolución 2254 de 2017.

No obstante, es imperativo señalar que el Objetivo Intermedio III de la OMS recomienda un máximo de 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, meta que Colombia ha adoptado para el año 2030. Si bien la tendencia actual es favorable, la cercanía a este valor objetivo exige fortalecer la gobernanza de la calidad del aire en el área metropolitana. Por ello, la CDMB avanza en la implementación del Plan de Gestión de la Calidad del Aire (PGCA), reafirmando el compromiso de ejercer un control riguroso para garantizar reducciones progresivas y proteger la salud pública.

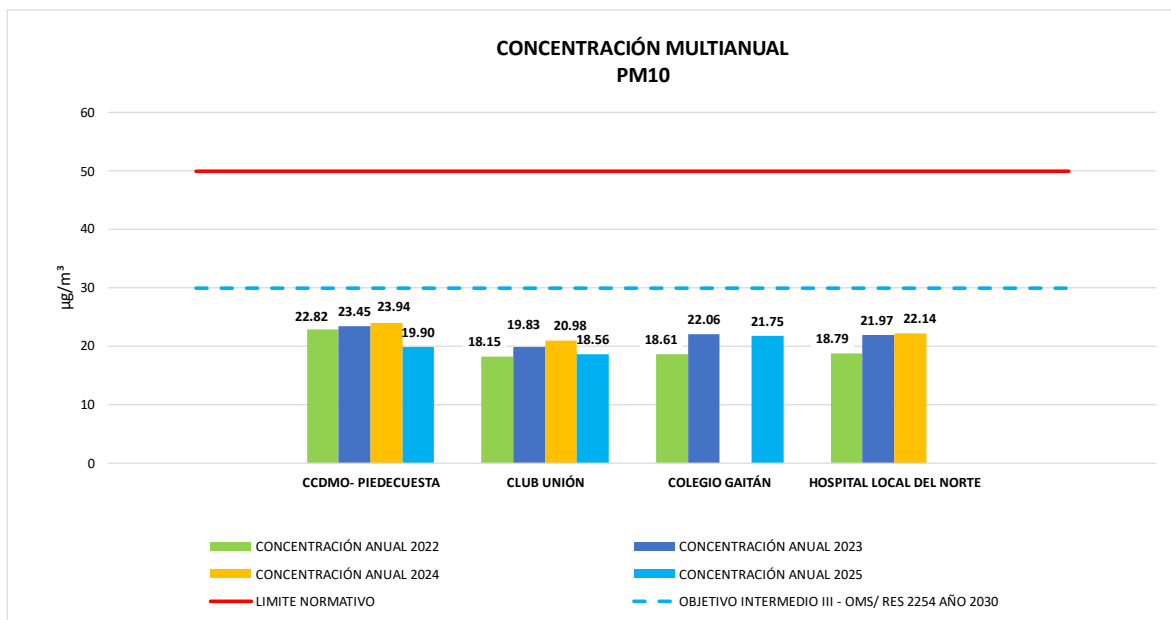


Figura 63 Comparación multianual PM10

4.3.2. Comparación multianual PM2.5

Para el año 2025, las concentraciones de PM_{2.5} evidencian una disminución entre 2,26 y 3,13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ con respecto al año inmediatamente anterior, en dos de las estaciones del Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire (SVCA) que cuentan con información comparable y cumplen criterios de representatividad. Este

comportamiento sugiere una tendencia favorable en la reducción del material particulado fino en dichas estaciones durante el periodo evaluado.

Las concentraciones se encuentran por debajo del límite anual de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ establecido por la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), lo que indica cumplimiento de la normativa vigente.

Es fundamental señalar que el Objetivo Intermedio III de la Organización Mundial de la Salud (OMS) establece una concentración anual máxima de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, valor adoptado por la Resolución 2254 de 2017 como meta nacional para el año 2030. Si bien durante el año 2025 se registró una reducción en las concentraciones de PM2.5 respecto a periodos anteriores, los niveles medidos por el SVCA se encuentran próximos a dicho valor objetivo. Este escenario, aunque positivo en su tendencia reciente, subraya la necesidad de persistir en la disminución de contaminantes, representando un desafío continuo para el control de emisiones y la salvaguarda de la salud pública

Este comportamiento resalta la necesidad de fortalecer la implementación de las medidas dentro del Plan de Gestión de la Calidad del Aire (PGCA) liderado por la CDMB, con el fin de garantizar la mejora continua en la calidad del aire del área metropolitana de Bucaramanga.

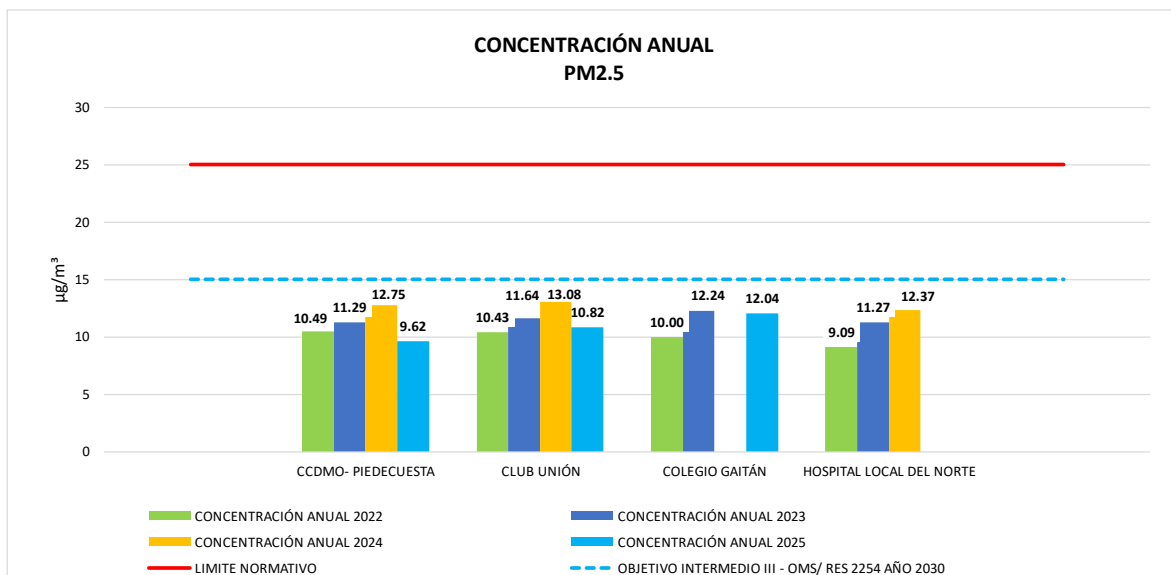


Figura 64 Comparación multianual PM2.5

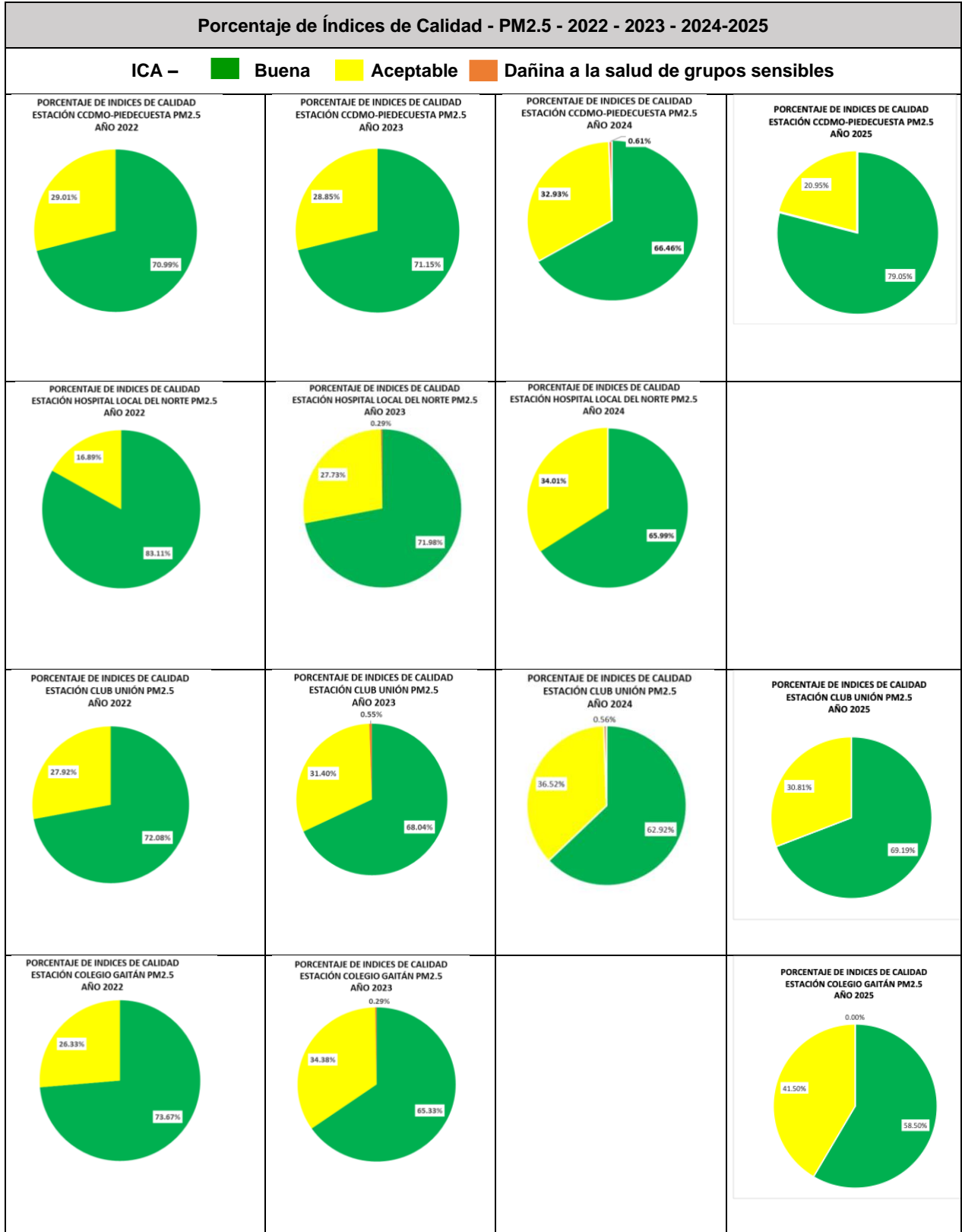


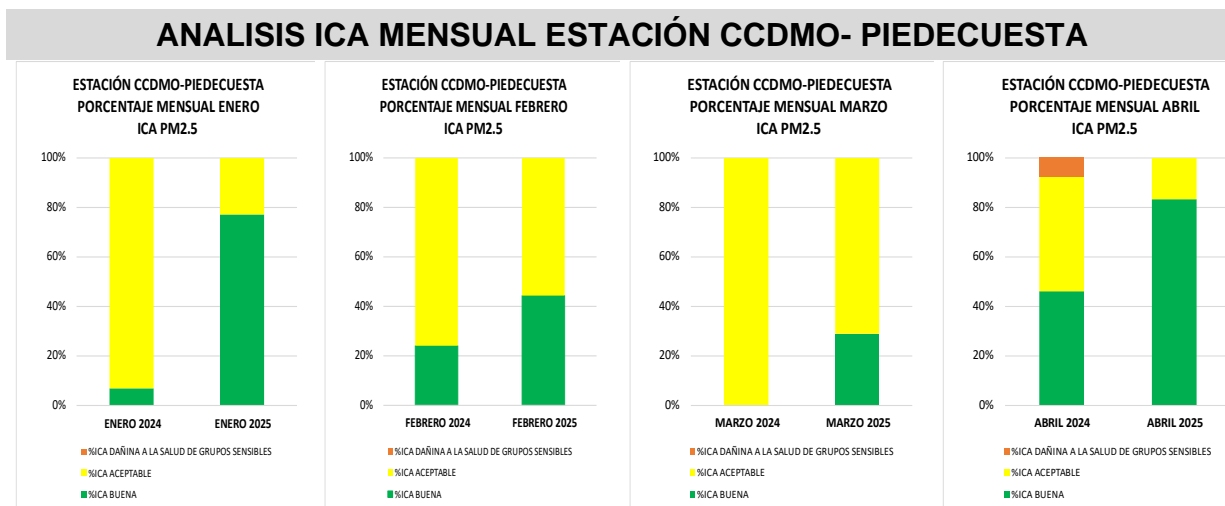
Figura 65 Porcentaje de Índice de Calidad de Aire 2022 - 2023 – 2024-2025

4.3.2.1. ANALISIS INDICE DE CALIDAD DE AIRE MENSUAL PM2.5

Las estaciones de monitoreo de PM2.5 del Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire (SVCA) reportaron que, durante el trimestre febrero-abril, la prevalencia de la categoría 'Aceptable' fue superior en 2024 en comparación con el mismo periodo de 2025 (Figuras 66 a 69).

Esta diferencia interanual se vincula a una mayor incidencia de condiciones meteorológicas adversas en 2024, tales como una estabilidad atmosférica más persistente e inversiones térmicas frecuentes que limitaron la dispersión de contaminantes. A este escenario se sumó una actividad más intensa de incendios forestales a nivel regional y nacional, lo que resultó en una carga de material particulado fino significativamente más alta que la registrada en 2025.

Esta situación pone de manifiesto la necesidad de fortalecer las estrategias de gestión ambiental y de resiliencia frente a eventos climáticos extremos, con el fin de mitigar los impactos sobre la calidad del aire y la salud pública.

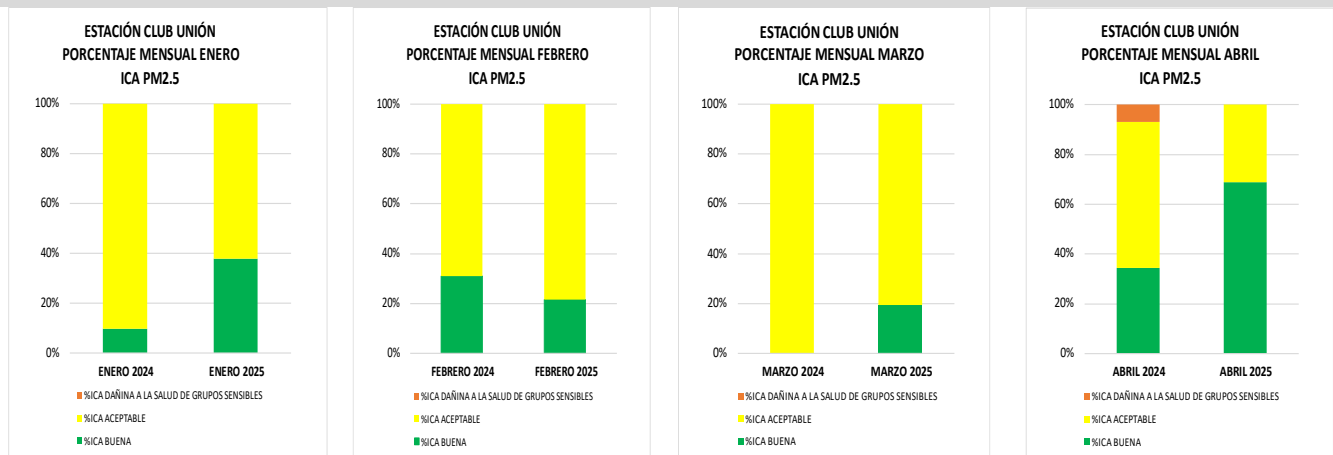


ANÁLISIS ICA MENSUAL ESTACIÓN CCDMO- PIEDECUESTA



Figura 66 Índice de Calidad de Aire por mes estación Piedecuesta año 2024 -2025

ANÁLISIS ICA MENSUAL ESTACIÓN CLUB UNIÓN



ANÁLISIS ICA MENSUAL ESTACIÓN CLUB UNIÓN

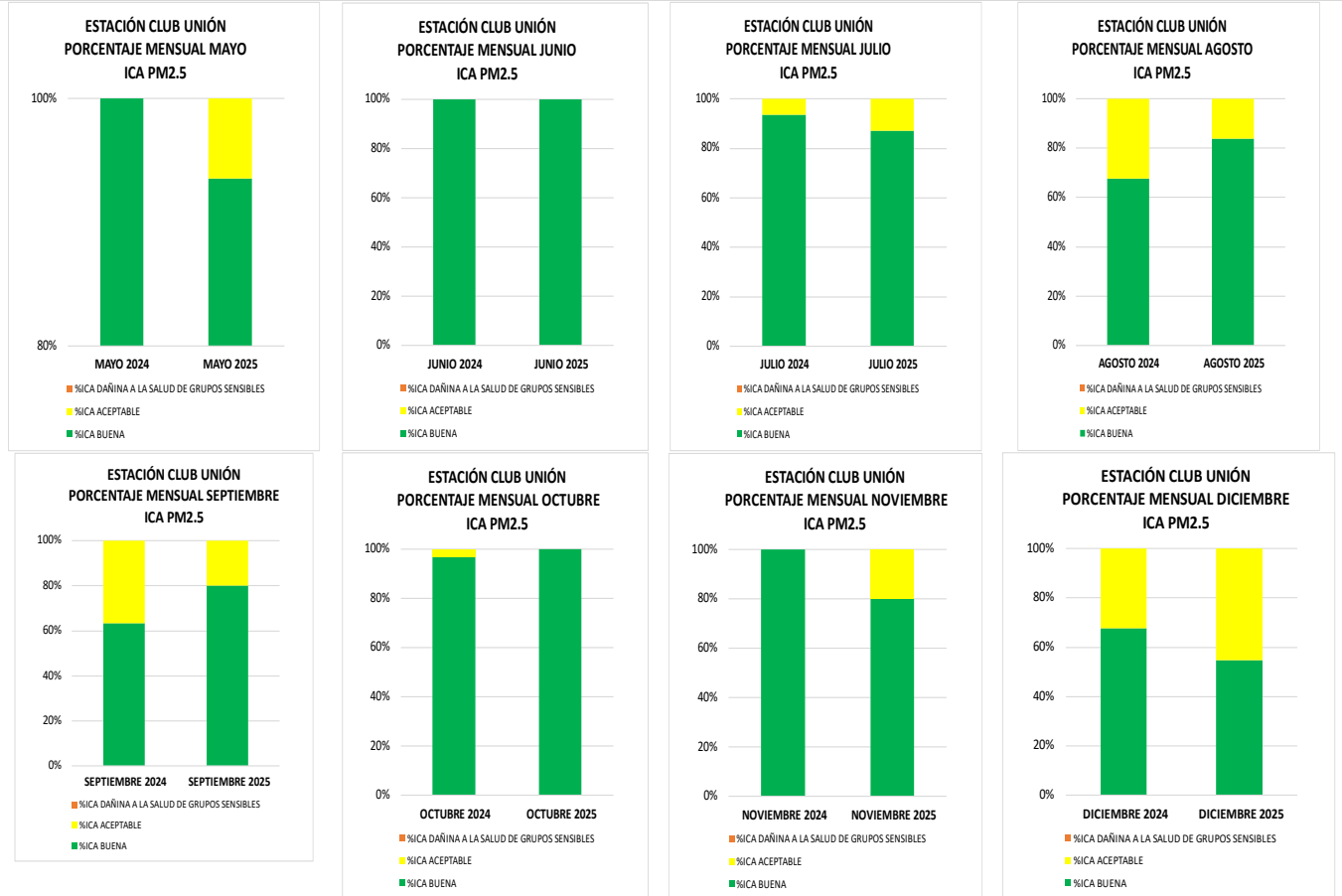
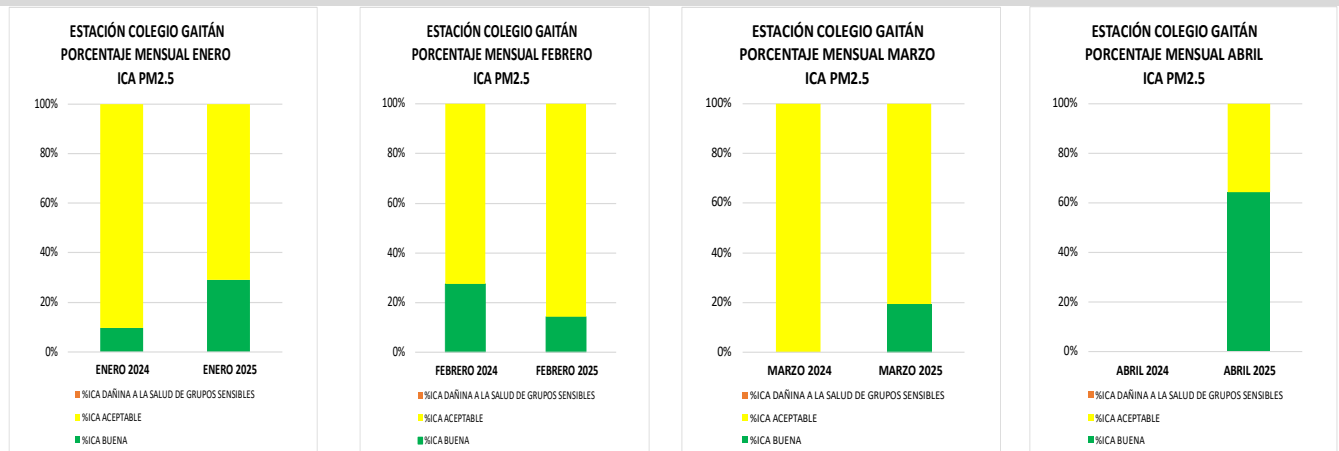


Figura 67 Índice de Calidad de Aire por mes estación Club Unión año 2024 - 2025

ANÁLISIS ICA MENSUAL ESTACIÓN COLEGIO GAITÁN



ANÁLISIS ICA MENSUAL ESTACIÓN COLEGIO GAITÁN

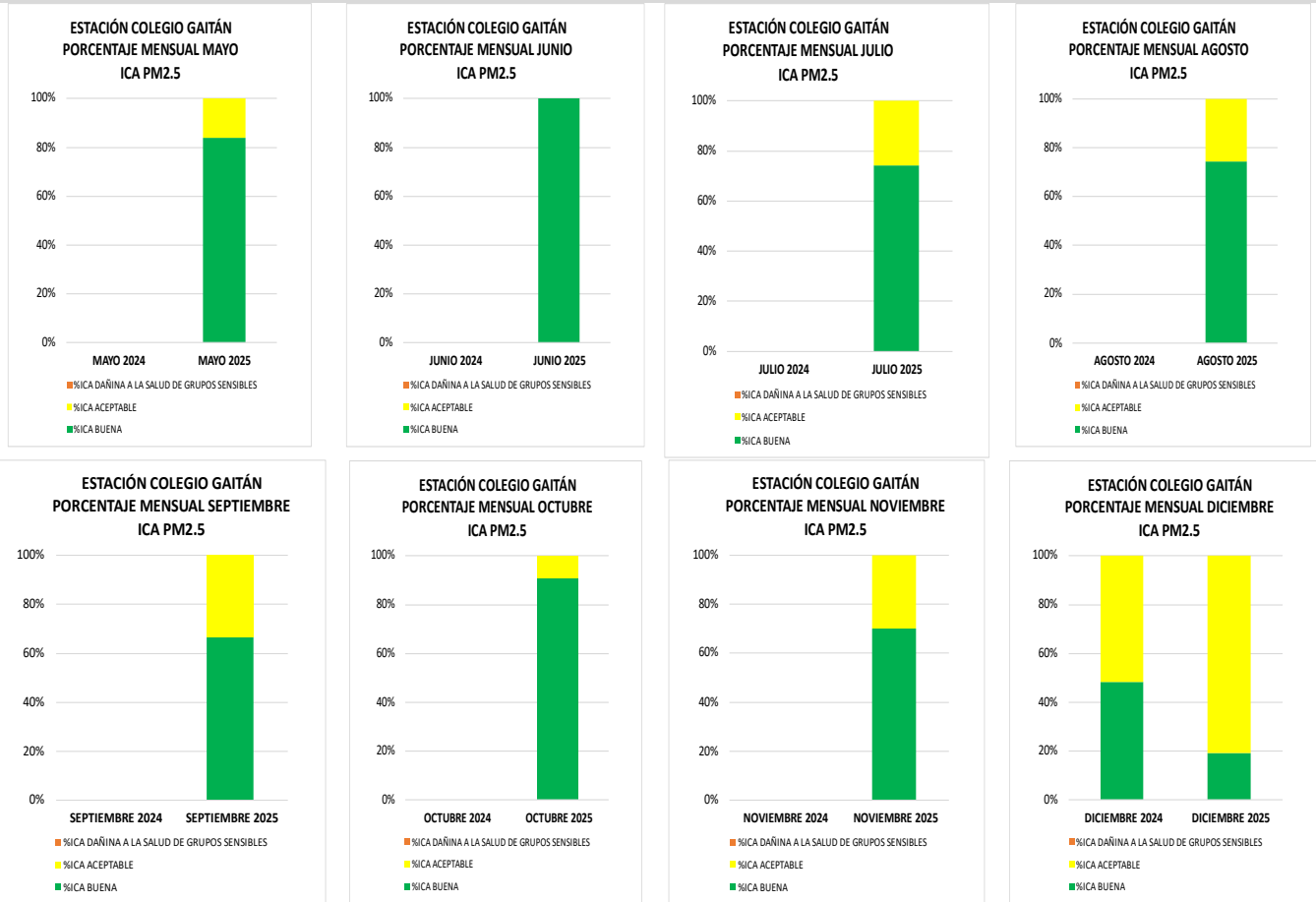
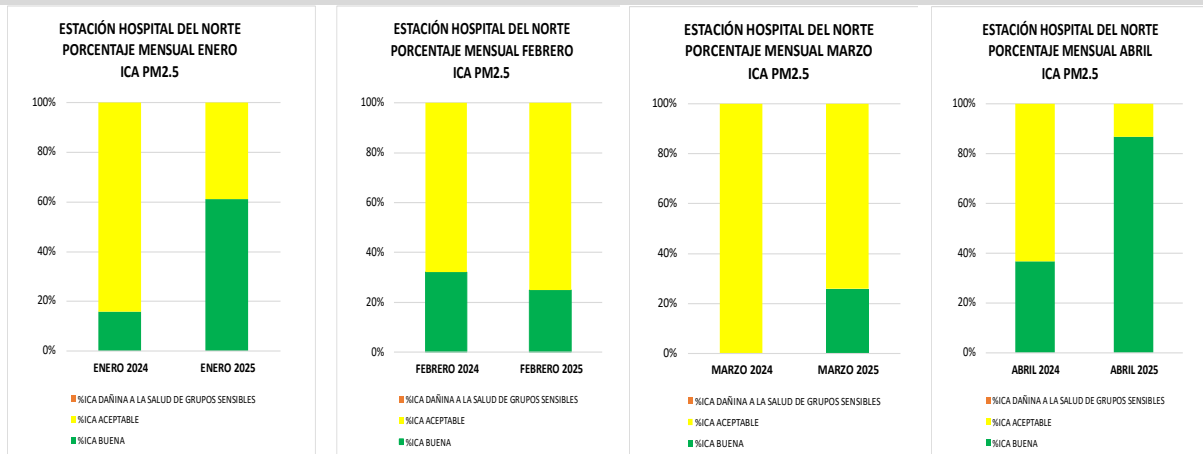


Figura 68 Índice de Calidad de Aire por mes estación Colegio Gaitán año 2024 – 2025

ANÁLISIS ICA MENSUAL ESTACIÓN HOSPITAL LOCAL DEL NORTE



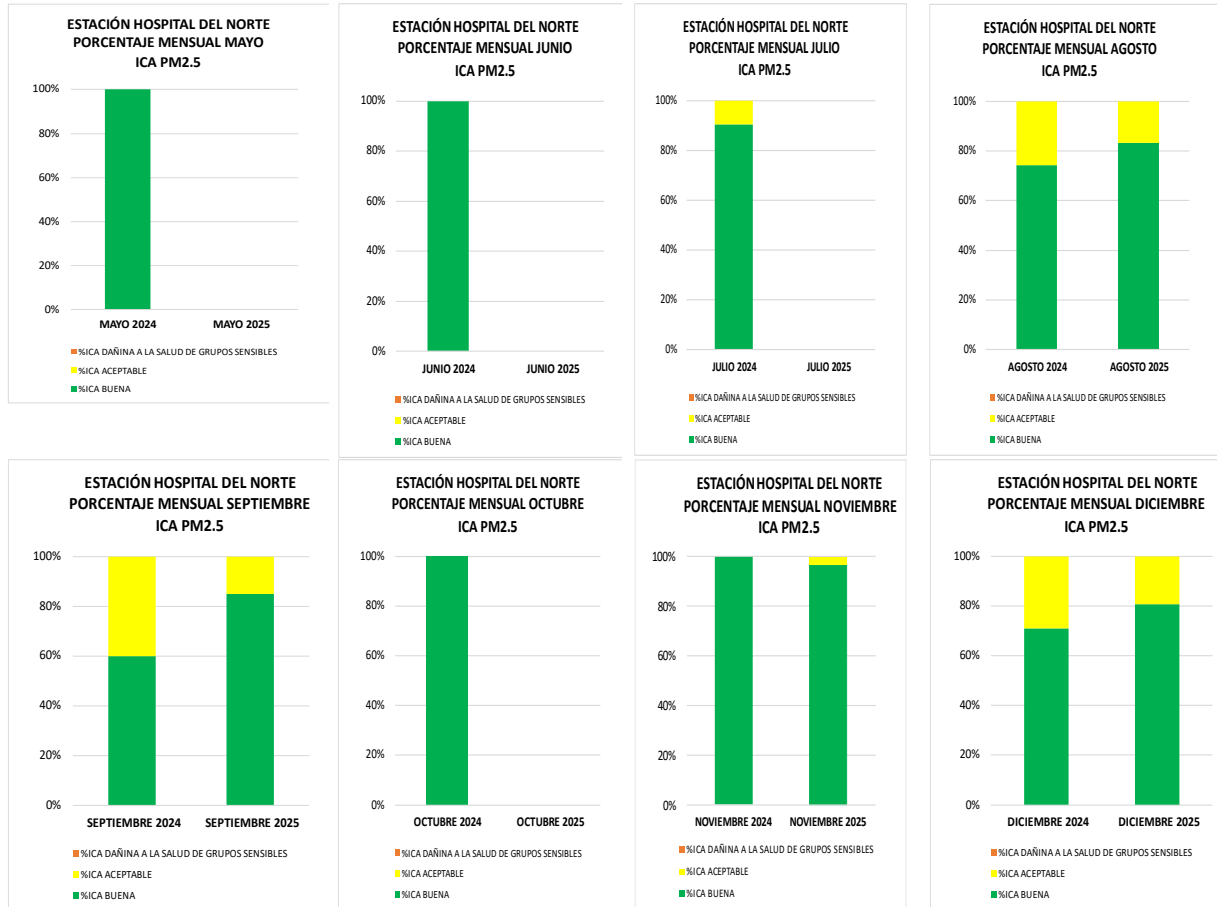


Figura 69 Índice de Calidad de Aire por mes estación Hospital Local del Norte año 2024-2025

4.4. Particularidades del periodo

Para el período analizado, las concentraciones de los contaminantes monitoreados por el Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire (SVCA) NO registraron excedencias en los niveles de $PM_{2.5}$, según los límites establecidos en la Resolución 2254 de 2017.

4.5. Resultados de las mediciones meteorológicas

Cada una de las estaciones que forman parte del SVCA posee una estación meteorológica de la cual a continuación se realizara un análisis del comportamiento para el año 2025.

4.5.1. Plan de calibración año 2025

Como parte del proceso de aseguramiento de la información y en cumplimiento de los lineamientos establecidos por el SVCA de la CDMB para el periodo de 1 de enero a 31 de diciembre de 2025, se realizaron las calibraciones de las estaciones meteorológicas LSI bajo el siguiente cronograma:

Tabla 20. Calibraciones estaciones LSI en el 2025.

Estación	CALIBRACIÓN ESTACIÓN METEOROLOGIA LSI	
	Fecha de retiro	Fecha de instalación
CLUB UNIÓN	2025/10/16	2025/09/12
COLEGIO GAITÁN	2025/09/26	2025/10/24
HOSPITAL LOCAL DEL NORTE	2025/10/16	2025/12/09
CCDMO-PIEDECUESTA	2025/09/26	2025/10/24

4.5.2. Temperatura

La temperatura del aire ambiente juega un papel fundamental en los procesos de difusión y dispersión de contaminantes, ya que contribuye al incremento de los flujos turbulentos atmosféricos, facilitando el ascenso vertical, el transporte horizontal y la mezcla de contaminantes en la atmósfera. Estos procesos son clave para diluir o concentrar los contaminantes que diariamente se emiten en la ciudad, ya sea desde fuentes locales (como el tráfico vehicular o la industria) o desde fuentes externas, como las quemadas regionales, las cuales son comunes en los primeros meses del año.

Hospital Local del Norte

La temperatura tal como lo muestra la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**⁷⁰ el análisis de la temperatura a lo largo del año muestra que los valores más altos se presentan principalmente durante los primeros cuatro meses, especialmente entre febrero y marzo. En este periodo, las temperaturas máximas alcanzan los 30°C, pero el valor diario más alto de temperatura se presenta el día 28 de julio con 31.69 °C, mientras que la temperatura media presenta el valor más alto el día 2 de febrero con 26.89 °C. Esto se debe a la menor presencia de nubes

y lluvias, lo que permite una mayor radiación solar y, por tanto, un incremento en la temperatura y en los procesos de dispersión de contaminantes, que se presentan en el primer trimestre del año

Al comparar las temperaturas máximas, promedio y mínimas, se observa que la diferencia entre ellas se mantiene relativamente constante, aunque tiende a disminuir ligeramente en la segunda mitad del año. Las temperaturas mínimas son bastante estables, alrededor de los 21 °C, mientras que los mayores cambios se presentan en las temperaturas máximas, que comienzan a descender a partir de mayo. Esta disminución hacia mitad de año está asociada al aumento de las lluvias y la humedad, factores que ayudan a regular la temperatura.

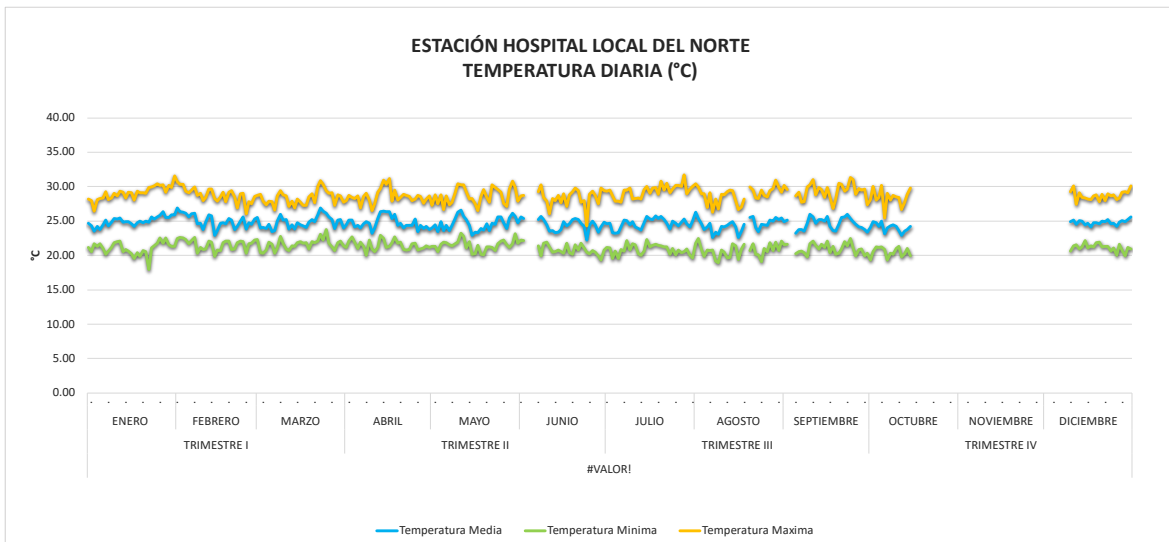


Figura 70 Temperaturas máximas y mínimas mensuales años 2025

Estación Piedecuesta

Para la estación de Piedecuesta la temperatura horaria oscilo en el año 2025 entre 17.41°C a los 32.41°C (Ver Figura 71), El comportamiento de la temperatura ambiente durante el año 2025 muestra que los registros más elevados en las tres medias se concentraron en el primer trimestre. La temperatura máxima alcanzó su punto más alto finalizando el mes de enero, situándose 32.41 °C el día 31 de enero, mientras que la temperatura media más alta se registró en el mes de marzo, con un valor de 26.73 °C el día 23 de marzo. Este incremento en los niveles térmicos

coincide con la temporada de menor pluviosidad, donde la alta radiación solar incidente eleva los valores de las tres líneas de tendencia.

Por su parte, la temperatura mínima más baja del año se presentó en el mes de diciembre, con un valor cercano a los 17.41 °C. La interacción de estas tendencias muestra que, mientras la línea de temperaturas mínimas mantiene una oscilación constante a lo largo del año, las líneas de temperatura media y máxima presentan una mayor variabilidad mensual, reduciendo su valor a partir de mayo.

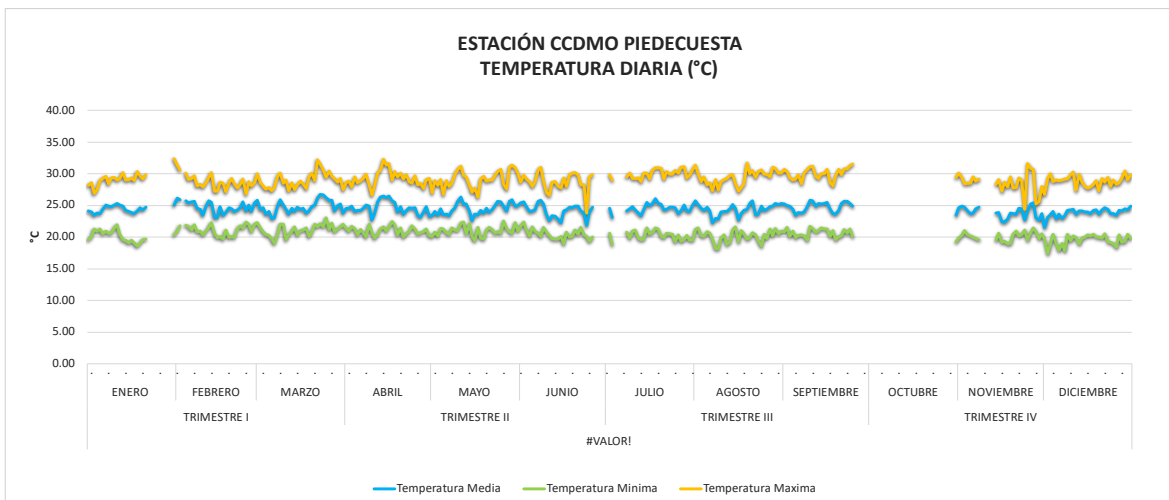


Figura 71 Temperaturas máximas y mínimas mensuales años 2025

Estación Club Unión.

El comportamiento de la temperatura en la estación muestra una dinámica relativamente estable a lo largo del año, con variaciones más marcadas en los valores máximos. Las temperaturas más altas se concentran principalmente entre los meses de febrero y marzo, así como en algunos picos hacia septiembre siendo este mes el valor más alto de 31.02 °C el día 24 de septiembre. La tendencia general indica que durante el primer cuatrimestre se presentan los valores más elevados, seguidos de una leve disminución entre mayo y junio, y posteriormente una estabilización con fluctuaciones moderadas durante el segundo semestre, finalizando el año con un ligero incremento hacia diciembre.

Por su parte, la temperatura media presenta su mayor nivel en los meses de marzo, abril, mayo y septiembre siendo el 5 de mayo su valor más alto con 26.10°C, manteniéndose relativamente constante durante el resto del año. En cuanto a la temperatura mínima, esta muestra un comportamiento bastante uniforme, con valores alrededor de los 20–21 °C, registrando ligeras disminuciones entre junio y agosto, donde se evidencian los valores más bajos, el día 28 de junio se presenta el valor más bajo con 18.41 °C. En general, la reducida amplitud térmica refleja condiciones climáticas estables, donde las principales variaciones están asociadas a cambios en la temperatura máxima más que en la mínima.

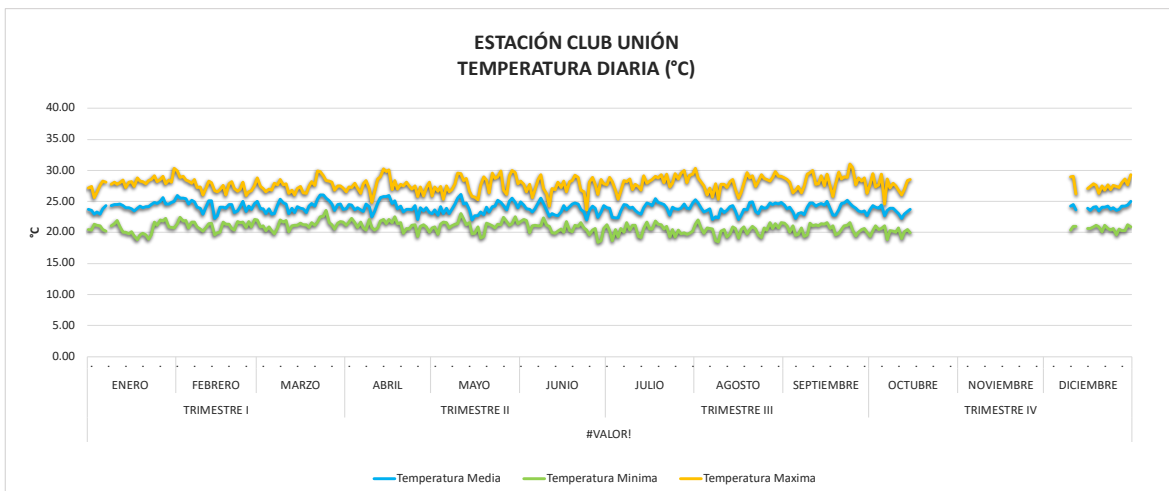


Figura 72 Temperaturas máximas y mínimas mensuales años 2025

Estación Colegio Gaitán.

El comportamiento de la temperatura en la estación Colegio Gaitán presenta una dinámica similar a lo largo del año, con variaciones más marcadas en los valores máximos. Las temperaturas más altas se concentran principalmente entre los meses de febrero, abril y septiembre, donde se alcanzan valores cercanos o ligeramente superiores a los 30 °C, siendo el 24 de septiembre el más alto con 31.08 °C. En general, durante el primer semestre se mantienen valores relativamente altos, seguidos de una leve disminución hacia junio, y posteriormente un aumento

con fluctuaciones moderadas en el segundo semestre, especialmente entre julio y septiembre.

Por su parte, la temperatura media alcanza sus valores más altos en los meses de marzo, mayo y septiembre, con el valor medio mas alto el 5 de mayo con 26.05°C, manteniéndose estable durante el resto del periodo. En cuanto a la temperatura mínima, esta presenta poca variación a lo largo del año, con valores alrededor de los 20–21 °C, registrando ligeras disminuciones entre junio y agosto presentándose el valor más bajo el 9 de agosto con 18.45°C, donde se observan los niveles más bajos.

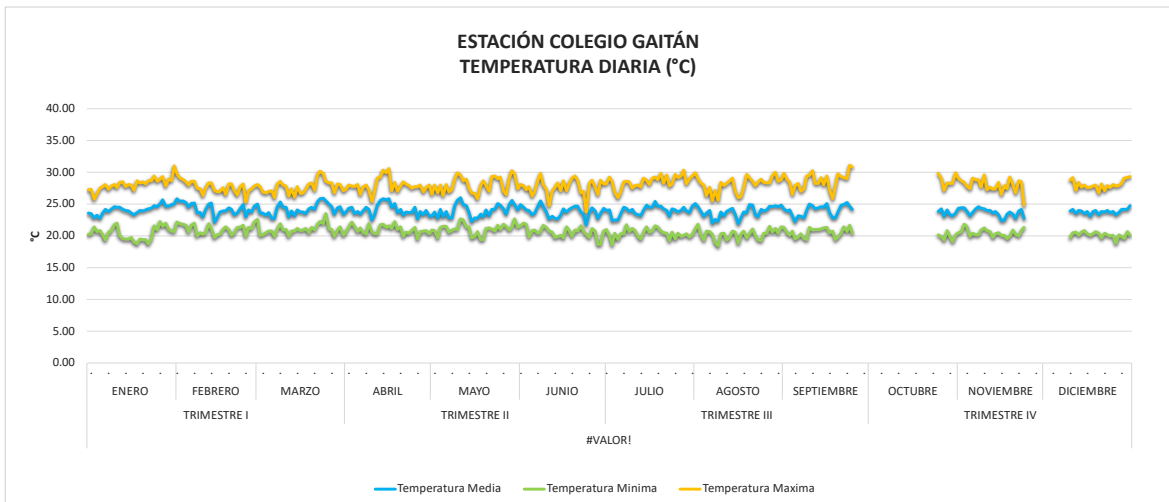


Figura 73 Temperaturas máximas y mínimas mensuales años 2025

4.5.3. Precipitación

La precipitación se define como el producto líquido o sólido de la condensación del vapor de agua que cae de las nubes o del aire y se deposita en el suelo, la lluvia ejerce una labor muy importante en la limpieza de la atmósfera, puesto que al tener las gotas un diámetro mayor que el tamaño de las partículas contaminantes, puede producir arrastre de partículas presentes en la atmósfera, contribuyendo con la descontaminación de la ciudad, mayormente cuando se presentan lluvias intensas, aunque existen periodos particulares (primer trimestre del año) en que la lluvia

precipita las partículas, pero las corrientes de aire transportan el contaminante de otros lugares.

Estación Hospital local del Norte

El gráfico de la estación Hospital Local del Norte para el año 2025 muestra un régimen de lluvias bimodal con variaciones significativas a lo largo de los trimestres. Los meses más lluviosos, donde se registran los picos de precipitación diaria más altos, son febrero (destacando un evento extremo cercano a los 80 mm), seguido de octubre, julio y junio, meses en los que se superan frecuentemente los 50 mm de lluvia acumulada por evento. Por el contrario, se observa una marcada disminución de la pluviosidad en los meses de enero, marzo, agosto y septiembre, que actúan como periodos de transición o temporadas secas, con registros que raramente superan los 15 mm. Este comportamiento sugiere una concentración de la humedad hacia finales del primer trimestre y durante el último trimestre del año, siendo octubre el mes con mayor recurrencia de lluvias de moderada a alta intensidad.

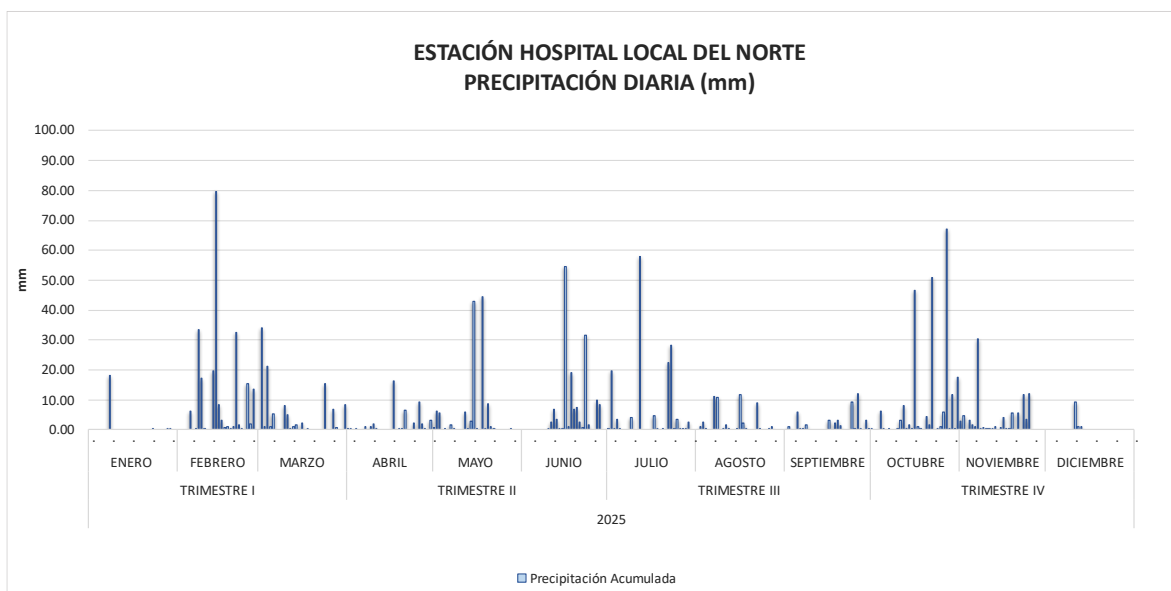


Figura 74 Comportamiento precipitación anual 2025

Para la estación Hospital Local del Norte, el comportamiento de la precipitación acumulada durante la vigencia 2025 muestra una distribución variable a lo largo del año, con picos importantes en los meses de febrero (237,4 mm) y octubre (231,2 mm), los cuales representan los mayores acumulados registrados. Así mismo, se evidencian valores significativos en junio (158,6 mm) y julio (150,0 mm), indicando periodos con presencia constante de lluvias. En contraste, los meses de enero, abril y diciembre presentan los menores registros, con acumulados inferiores a 50 mm. Los meses restantes muestran precipitaciones moderadas, lo que sugiere una dinámica pluviométrica distribuida en varios periodos del año, sin una concentración exclusiva en una sola temporada.

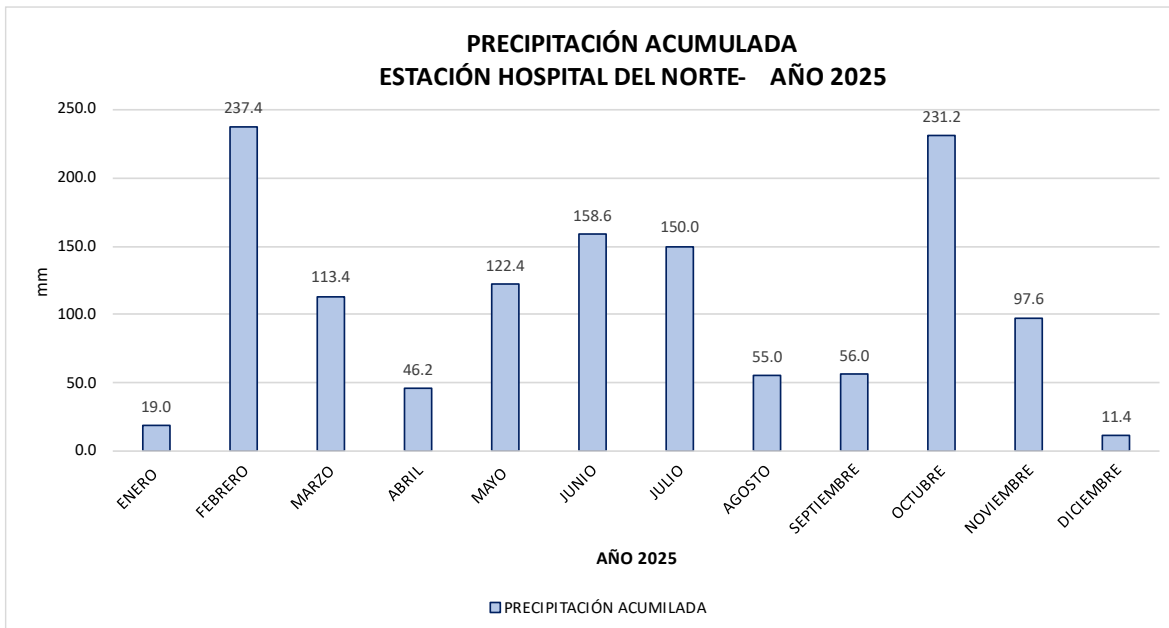


Figura 75 Precipitación acumulada por mes año 2025

Estación Piedecuesta

El análisis de la estación CCDMO Piedecuesta para el año 2025 revela una distribución de lluvias irregular, con eventos puntuales de alta intensidad y periodos de sequía técnica muy marcados. Los meses con mayor pluviosidad son marzo, octubre y febrero, destacando picos diarios de 62 mm en el mes de marzo. Es

notable la presencia de un evento significativo en agosto, que rompe con la tendencia seca del tercer trimestre. En contraste, los meses de enero y julio presentan una ausencia casi total de registros, consolidándose como los periodos más secos del año, mientras que septiembre y diciembre muestran una actividad pluvial muy baja y dispersa.

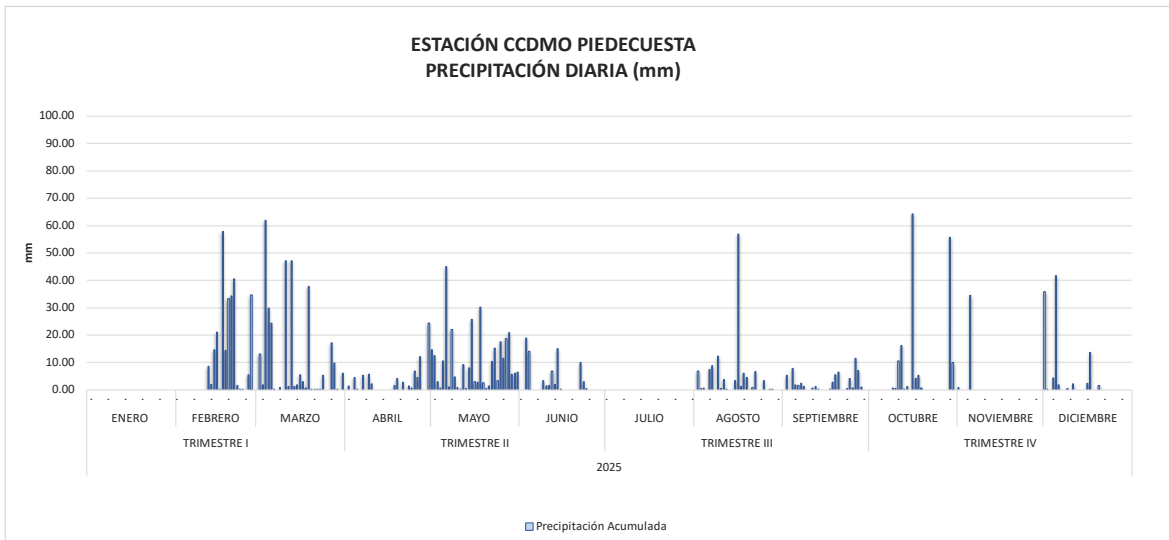


Figura 76 Comportamiento precipitación anual 2025

Para la estación CCDMO–Piedecuesta, se observa que los mayores acumulados de precipitación durante la vigencia 2025 se presentan en los meses de marzo (317,4 mm) y mayo (315,2 mm), seguidos por febrero (269,4 mm), evidenciando los picos más representativos de lluvia en el año. En contraste, los meses de enero y julio no registran precipitación, mientras que abril, junio, septiembre, noviembre y diciembre presentan valores relativamente bajos, lo que refleja periodos de menor intensidad pluviométrica. Así mismo, se identifica un leve incremento de las lluvias en el segundo semestre, particularmente en agosto y octubre, aunque sin alcanzar los máximos observados en el primer semestre.

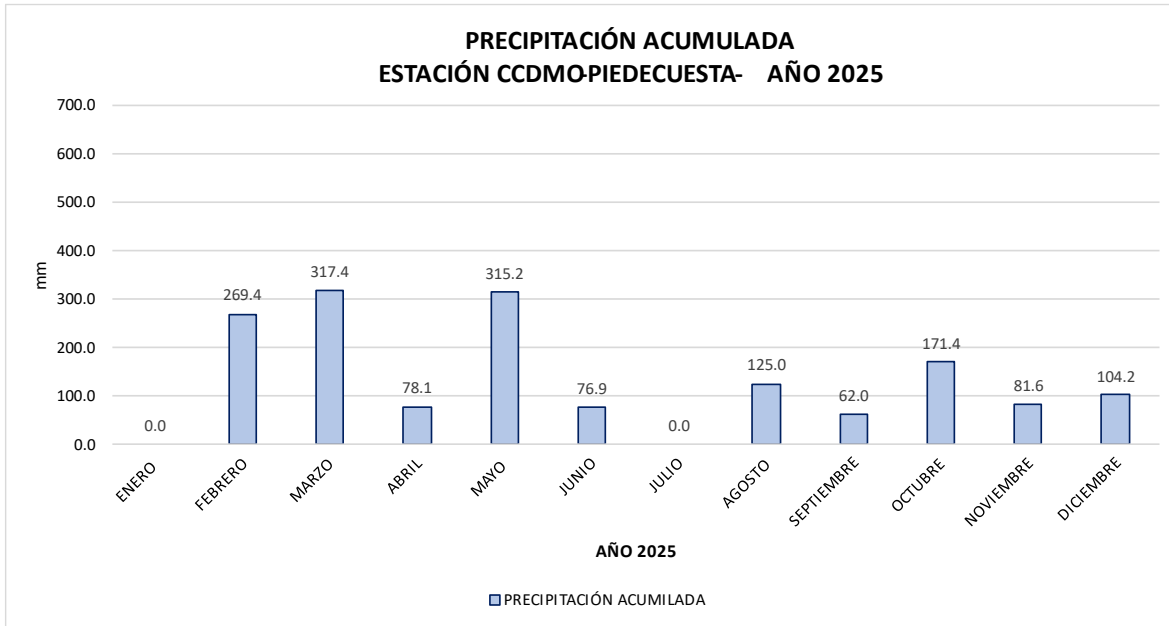


Figura 77 Precipitación acumulada por mes año 2025

Estación Club Unión

El análisis de la estación Club Unión para el año 2025 muestra un comportamiento pluviométrico con eventos de intensidad extrema, superando los registros de las estaciones anteriores en puntos específicos. Los meses más lluviosos son julio, que presenta el pico máximo anual alcanzando los 100 mm en un solo día, seguido de mayo con dos eventos consecutivos sobre los 80 mm, y febrero junto a marzo, que mantienen una actividad constante con topes cercanos a los 60 mm. A diferencia de los otros puntos de monitoreo, esta estación registra una actividad moderada pero persistente durante agosto y septiembre, mientras que enero, noviembre y diciembre se consolidan como los meses con menor precipitación, presentando lluvias escasas que difícilmente superan los 10 mm. Este patrón sugiere una fuerte influencia de fenómenos locales que generan descargas torrenciales muy puntuales, especialmente a mitad de año.

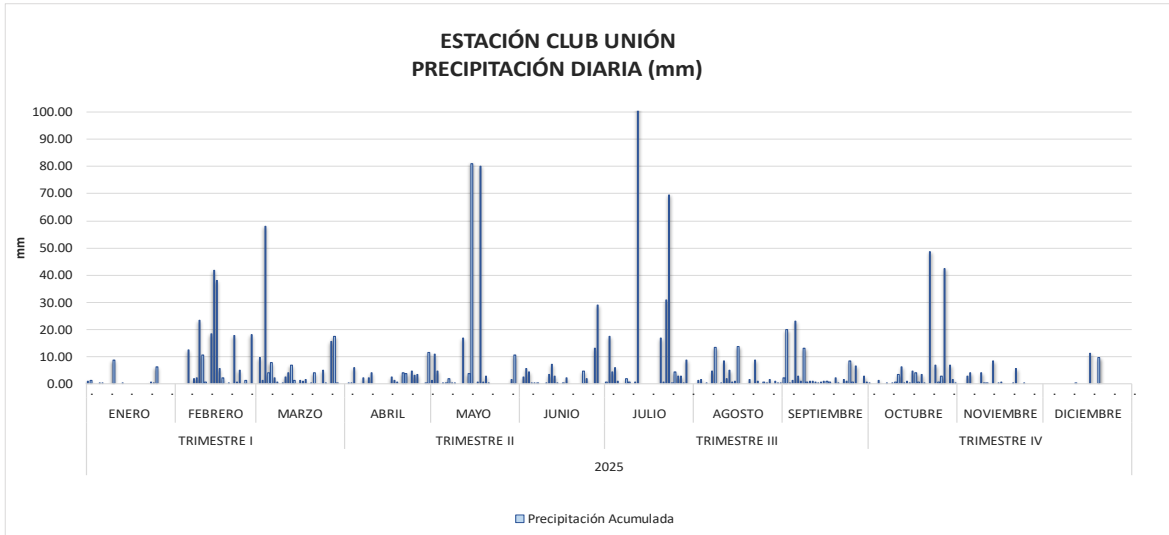


Figura 78 Comportamiento precipitación anual 2025

Para la estación Club Unión, el comportamiento de la precipitación acumulada durante la vigencia 2025 presenta una distribución variable a lo largo del año, destacándose el mes de julio como el de mayor acumulado con 273,2 mm, seguido de mayo (219,2 mm) y febrero (201,6 mm). Así mismo, se observan valores intermedios en marzo y octubre, mientras que los meses de abril, junio, agosto y septiembre presentan precipitaciones moderadas. En contraste, los menores registros se evidencian en enero, noviembre y diciembre, con acumulados significativamente bajos. Este comportamiento sugiere una dinámica pluviométrica con picos distribuidos en diferentes momentos del año, sin una marcada concentración en un único periodo.

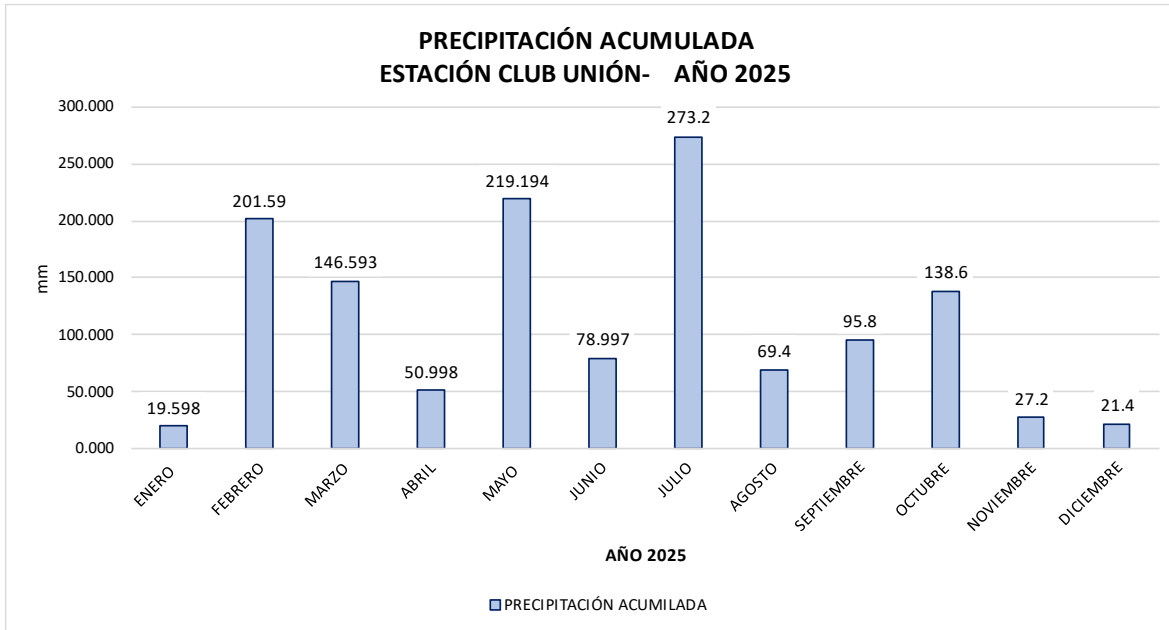


Figura 79 Precipitación acumulada por mes año 2025

Estación Colegio Gaitán.

El análisis de la estación Colegio Gaitán para el año 2025 muestra un régimen de lluvias con picos de intensidad moderada, distribuidos principalmente en los periodos de transición de cada semestre. Los meses más lluviosos son mayo y octubre, donde se registran las precipitaciones diarias más altas, alcanzando y superando los 65 mm y 60 mm respectivamente. Asimismo, los meses de febrero y julio presentan una actividad relevante con eventos que oscilan entre los 45 mm y 50 mm. Por el contrario, la estación registra sus niveles más bajos en enero, marzo, septiembre y diciembre, periodos en los que la pluviosidad es escasa o nula, con registros que raramente superan los 10 mm. Este patrón refuerza la tendencia bimodal observada en la región, con una marcada concentración de humedad en el segundo y cuarto trimestre del año.



Figura 80 Comportamiento precipitación anual 2025

Para la estación Colegio Gaitán, el comportamiento de la precipitación acumulada durante la vigencia 2025 evidencia una distribución variable a lo largo del año, destacándose los mayores acumulados en los meses de febrero (206,8 mm), octubre (199,4 mm) y julio (185,2 mm), los cuales representan los principales picos de precipitación. Así mismo, se observan valores intermedios en mayo y marzo, mientras que los meses de abril, junio, agosto y septiembre presentan precipitaciones moderadas. En contraste, los menores registros se presentan en enero, noviembre y diciembre, con acumulados inferiores a 30 mm. Este comportamiento refleja una dinámica pluviométrica con varios picos distribuidos durante el año, sin una concentración exclusiva en un único periodo.

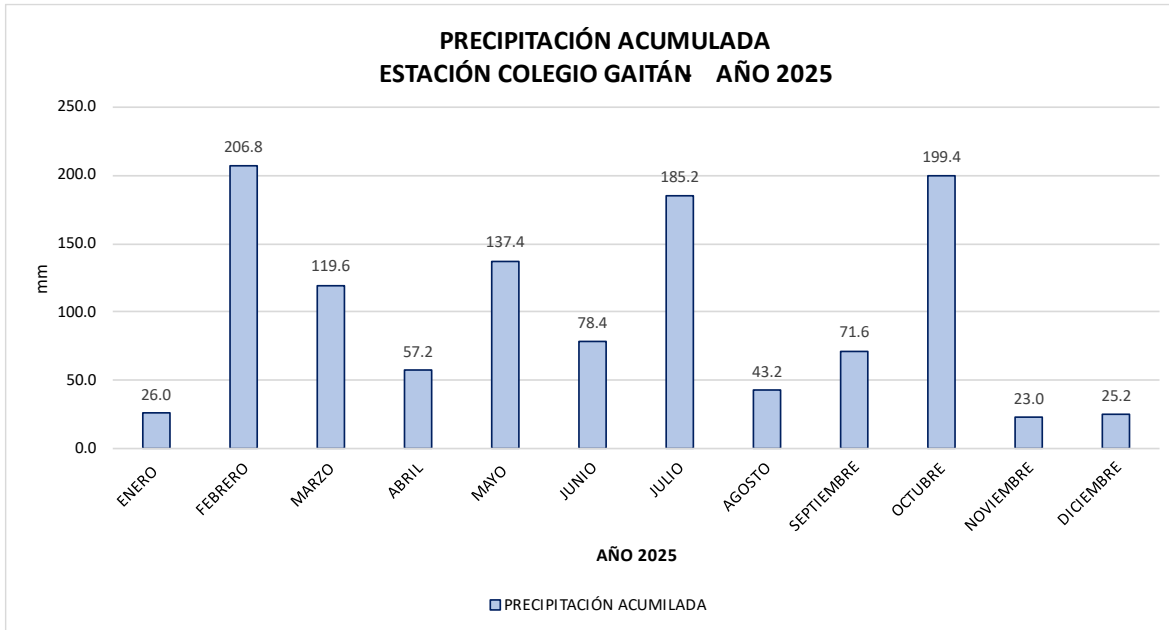


Figura 81 Precipitación acumulada por mes año 2025

4.5.4. Humedad

Es la cantidad de vapor de agua presente en el aire, se puede expresar de forma absoluta mediante la humedad absoluta, o de forma relativa mediante la humedad relativa o grado de humedad. La humedad del aire juega un papel importante en los procesos de reducción o transformación de sustancias contaminantes en el aire, puede contribuir con la decantación o deposición de material particulado.

La humedad relativa en las 4 estaciones del SVCA oscilan entre el 40 y 100 %, siendo para las 4 estaciones los primeros meses del año la humedad más baja (ver 82 a la Figura 85), el comportamiento en todo el año 2025 es uniforme para todas las estaciones donde la mayoría de datos para humedad relativa se encuentran entre el 60% y el 100%.

Estación Hospital Local del Norte

El análisis de la Humedad Relativa Diaria (%) en la estación Hospital Local del Norte para el año 2025 revela una atmósfera predominantemente saturada, donde la Humedad Máxima se mantiene de forma casi constante entre el 66.91% y el 99.02%, reflejando una alta presencia de vapor de agua. Por su parte, la Humedad Media exhibe una estabilidad notable con valores que oscilan mayoritariamente entre el 53.14% y 90.72%, mientras que la Humedad Mínima es la métrica más variable, alcanzando descensos pronunciados fluctuando entre el 33.46% y 80.080% el resto del año. La tendencia anual muestra un comportamiento cíclico con humedades más bajas y mayor amplitud térmica en el primer trimestre, seguido de una estabilización en niveles altos durante el resto del periodo, solo interrumpida por un vacío de datos significativo entre octubre y noviembre; en general, el perfil de la estación consolida un entorno de alta humedad relativa persistente, típico de zonas con influencia de precipitaciones frecuentes.

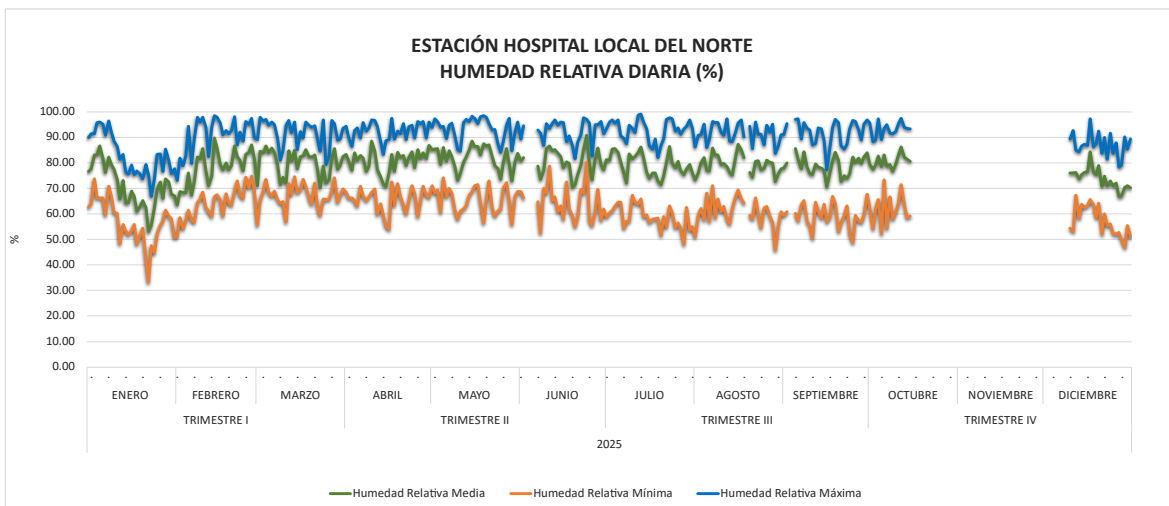


Figura 82 Comportamiento humedad relativa anual 2025

Estación Piedecuesta

El análisis de la Humedad Relativa Diaria (%) en la estación CCDMO Piedecuesta para el año 2025 muestra un comportamiento dinámico y con mayor amplitud entre sus métricas en comparación con otras zonas. La Humedad Máxima oscila frecuentemente entre el 75.79% y el 99.75%, alcanzando picos de saturación total

principalmente en el primer semestre, mientras que la Humedad Media se sitúa en un rango estable del 60.97% al 88.11%, con una ligera tendencia al descenso hacia el final del año. Por otro lado, la Humedad Mínima refleja condiciones de mayor sequedad relativa, manteniéndose mayoritariamente entre el 35.61% y el 81.65%, con caídas notables en enero y diciembre. La tendencia anual se caracteriza por una marcada estacionalidad, donde los periodos de transición (trimestres I y II) presentan humedades más elevadas, seguidos de una fase de mayor variabilidad y descenso gradual en los trimestres III y IV, resaltando también un vacío de datos significativo durante el mes de octubre.

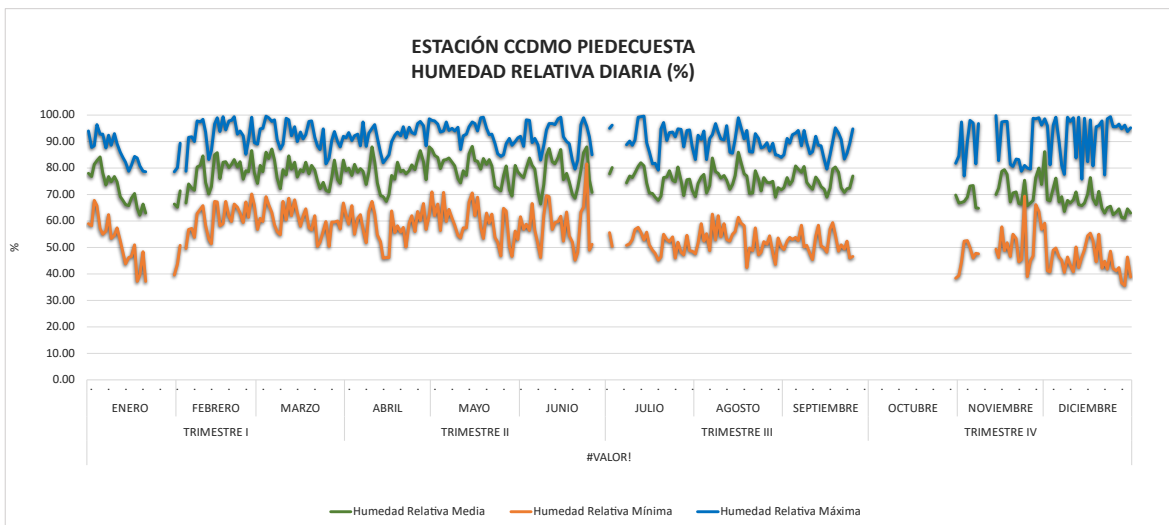


Figura 83 Comportamiento humedad relativa anual 2025

Estación Club Unión.

El análisis de la Humedad Relativa Diaria (%) en la estación Club Unión para el año 2025 exhibe una tendencia a la estabilidad con picos de saturación recurrentes a lo largo de los trimestres. La Humedad Máxima se posiciona consistentemente entre el 75.03% y 99.79%, alcanzando niveles próximos a la saturación total de manera más frecuente durante el segundo y tercer trimestre del año. Por su parte, la Humedad Media muestra una oscilación constante en el rango del 66.29% al 90.30%, mientras que la Humedad Mínima es la medida que presenta mayor variabilidad, manteniéndose mayoritariamente entre el 42.67% y 81.62%, con descensos en los meses de enero, agosto y diciembre. La tendencia anual refleja

un perfil sostenido con poca amplitud entre la media y la máxima, lo que sugiere un ambiente con alta carga de humedad persistente, viéndose interrumpido únicamente por la ausencia de registros en octubre y noviembre debido a proceso de calibración.

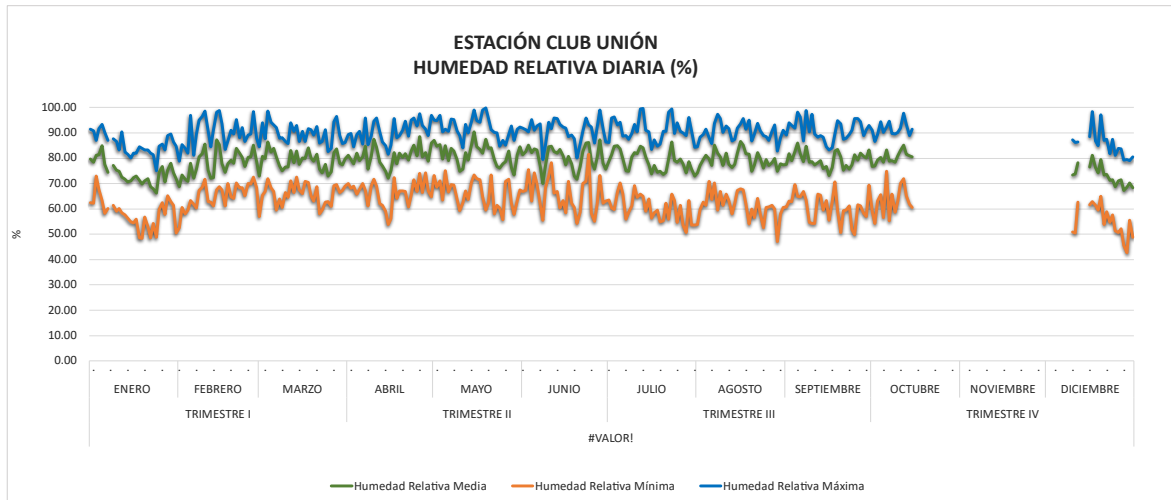


Figura 84 Comportamiento humedad relativa anual 2025

Estación Colegio Gaitán

El análisis de la Humedad Relativa Diaria (%) en la estación Colegio Gaitán para el año 2025 muestra un comportamiento con alta saturación y una variabilidad moderada en sus extremos. La Humedad Máxima se sitúa de forma persistente en el rango del 76.92% al 100%, con picos de saturación total frecuentes durante el segundo y tercer trimestre, mientras que la Humedad Media presenta una estabilidad notable oscilando mayoritariamente entre el 63.17% y el 91.80%. Por otro lado, la Humedad Mínima es la variable que refleja mayor amplitud, fluctuando generalmente entre el 44.22% y el 84%, aunque con descensos en los meses de enero y noviembre. La tendencia anual consolida un perfil de humedad alta y sostenida, con una ligera disminución de los valores mínimos hacia el cierre del año y un vacío de información crítico durante el mes de octubre, similar al patrón observado en las otras estaciones de la red

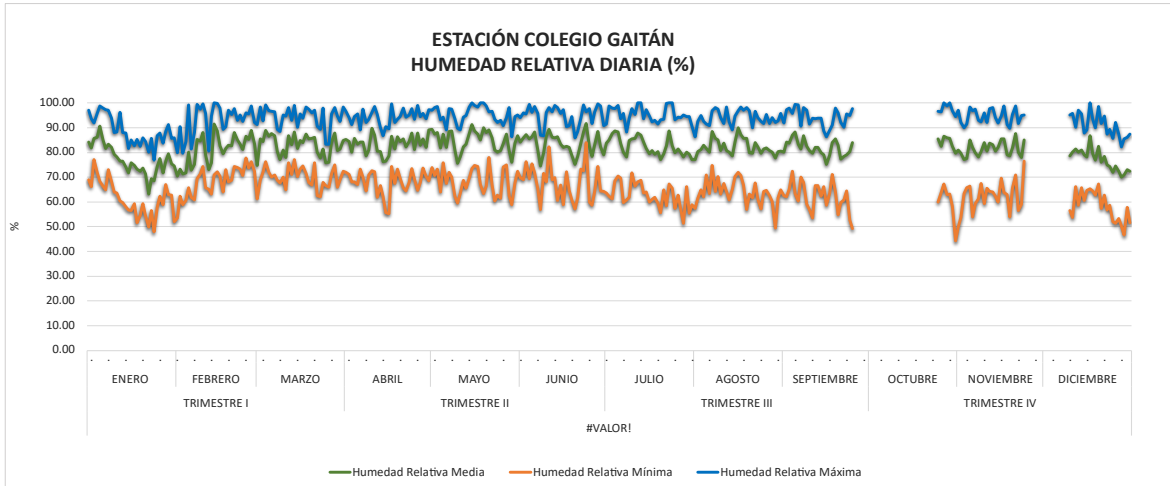


Figura 85 Comportamiento humedad relativa anual 2025

4.5.5. Velocidad y Dirección del viento

ESTACIÓN CCDMO- PIEDECUESTA

Para la estación CCDMO - Piedecuesta, la velocidad y la dirección del viento muestra la predominancia desde el Noroeste, con velocidades máximas entre 3.4 y 5.5 m/s, para los horarios nocturnos tanto norte como sueste predominan con velocidades entre 0.3 y 1.6 m/s.

CA-Piedecuesta - CE0199, Por hora

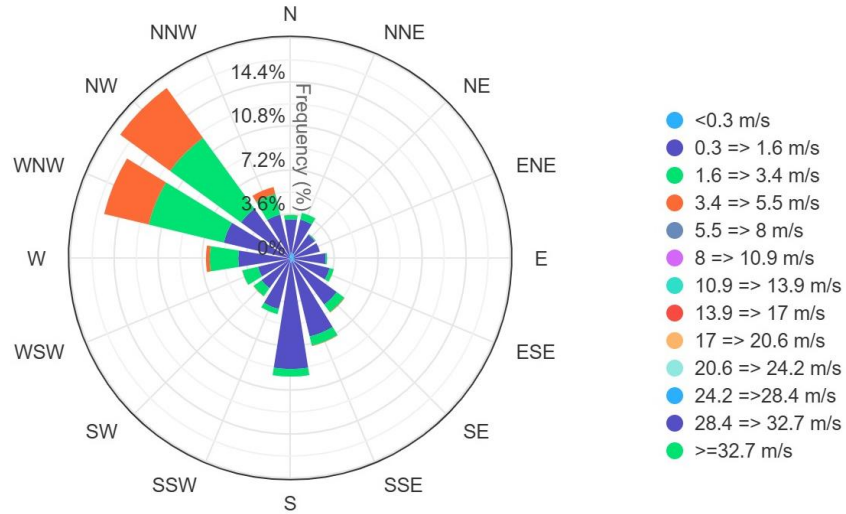


Figura 86 Rosa de Vientos estación Piedecuesta año 2025

Rosa de vientos diurna (06:00 a 17:00 horas)

Rosa de vientos nocturna (18:00 a 05:00 horas)

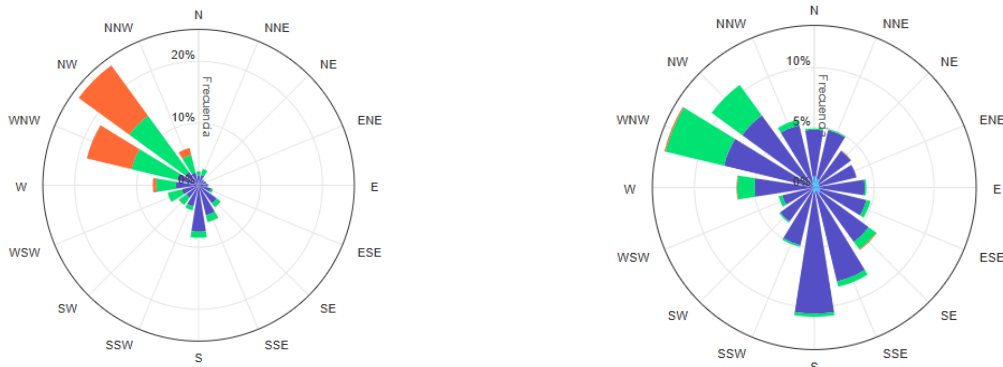


Figura 87 Rosa de Vientos horarios diario y nocturno estación Piedecuesta año 2025

ESTACIÓN CLUB UNIÓN

Para la estación Club Unión, la velocidad y la dirección del viento en el año 2025 muestra la predominancia desde el Noroeste, las velocidades máximas están entre 3.4 y 5.5 m/s,

con velocidades entre 1.6 y 3.4 m/s principalmente tanto en horas diurnas, en horas nocturnas hay vientos que proceden del sureste con velocidades entre 0.3 y 1.6 m/s.

Rosa de vientos Totales

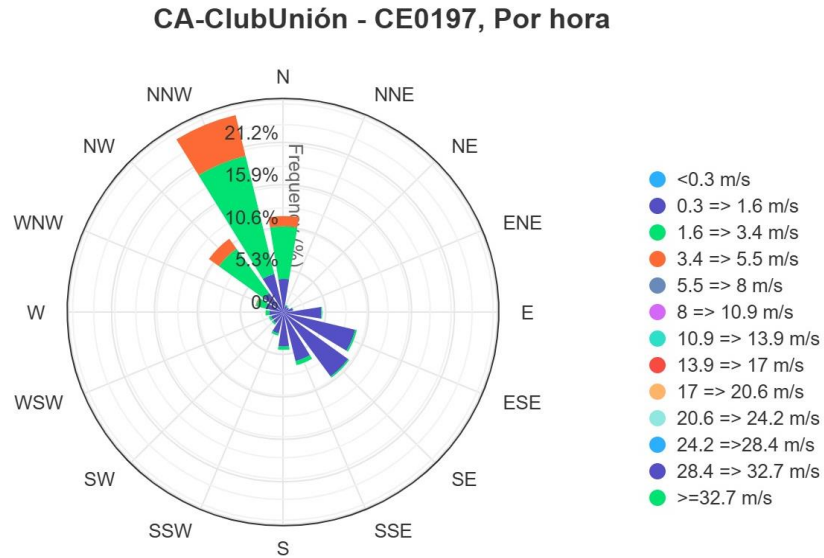


Figura 88 Rosa de vientos estación Club Unión año 2025

Rosa de vientos diurna (06:00 a 17:00 horas)

Rosa de vientos nocturna (18:00 a 05:00 horas)

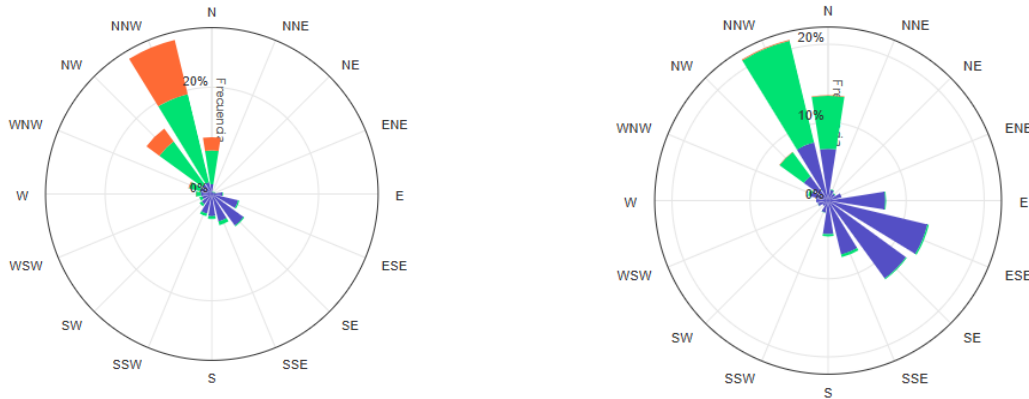


Figura 89 Rosa de vientos diurna y nocturna estación Club Unión año 2025

ESTACIÓN COLEGIO GAITÁN

Para la Estación Colegio Gaitán, la velocidad y la dirección del viento para el año 2025 nos muestra la tendencia desde el Noroeste, con velocidades máximas entre 1.6 y 3.4 m/s, tanto en horas diurnas como en nocturnas, sin embargo, en horas nocturnas se observan predominancia en velocidades menores, que van desde 0.3 a 1.6 m/s y en la dirección suroeste.

Rosa de vientos Totales

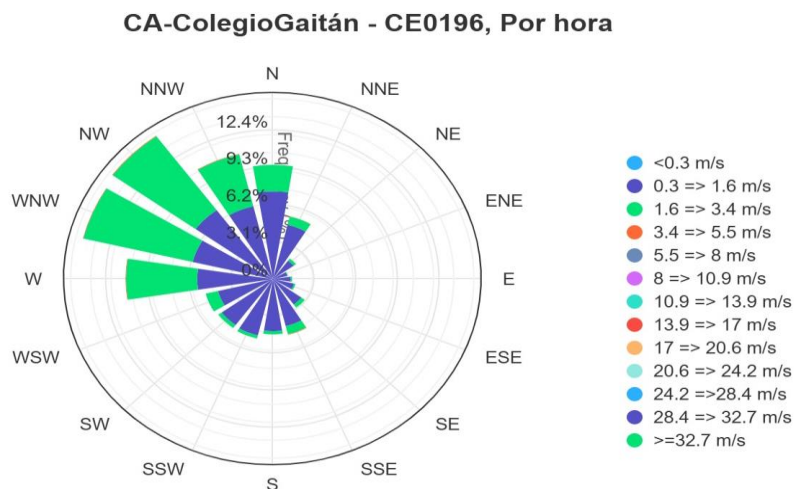


Figura 90 Rosa de vientos estación Colegio Gaitán año 2025

Rosa de vientos diurna (06:00 a 17:00 horas)

Rosa de vientos nocturna (18:00 a 05:00 horas)

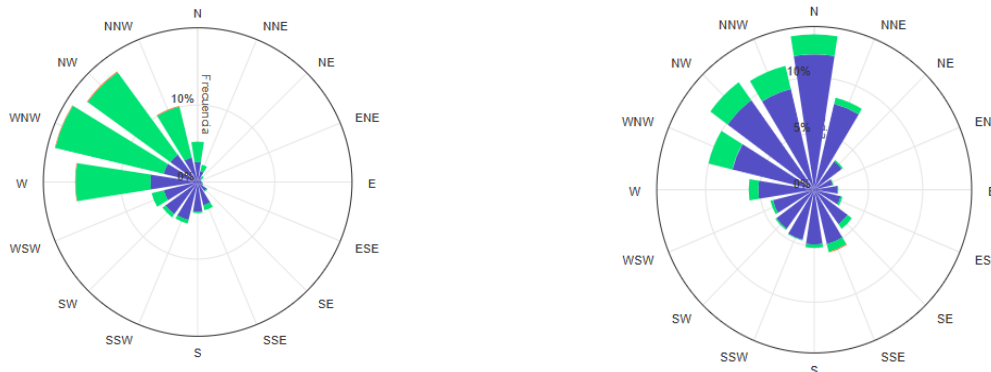


Figura 91 Rosa de Vientos diurno y nocturno estación Colegio Gaitán año 2025

ESTACIÓN HOSPITAL LOCAL DEL NORTE

Para la estación Hospital Local del Norte, la velocidad y la dirección del viento en el año 2025 nos muestra predominancia desde el Noroeste, con velocidades máximas entre 3.4 y 5.5 m/s, para horas diurnas y para horas nocturnas predominan las velocidades máximas de 0.3 a 1.6 m/s en dirección Sureste.

Rosa de vientos Totales

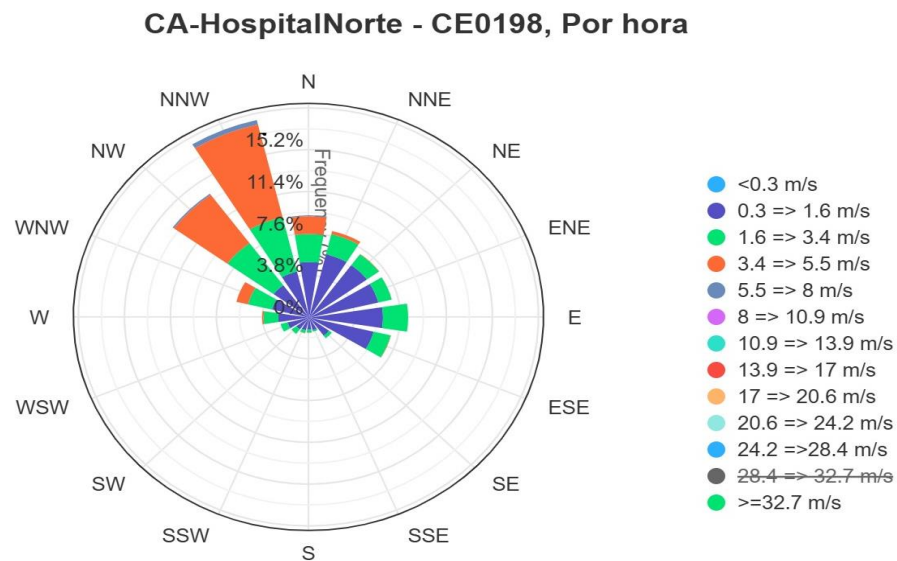
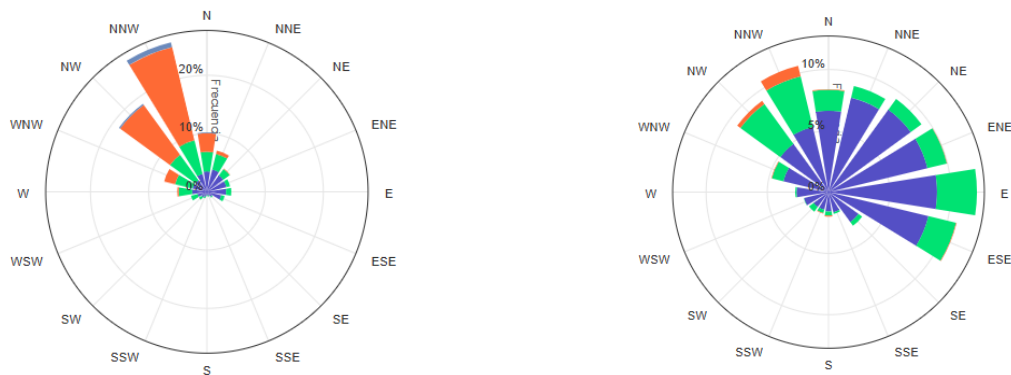


Figura 92 Rosa de vientos estación Hospital Local del Norte año 2025



Rosa de vientos diurna (06:00 a 17:00 horas)

Rosa de vientos nocturna (18:00 a 05:00 horas)

Figura 93 Rosa de vientos diurno y nocturno de la estación Hospital Local del Norte año 2025

4.6. Determinación de áreas – fuente de contaminación.

En el marco de la aplicación de la metodología establecida en la Resolución 2254 de 2017, se evidenció que para la vigencia 2025 no se dispone de una cantidad suficiente de datos acreditados que permita realizar un análisis robusto y representativo de los contaminantes evaluados (PM_{10} , $PM_{2.5}$, NO_2 , entre otros).

En consecuencia, no es técnicamente procedente declarar áreas-fuente de contaminación, dado que la determinación de estas requiere el cumplimiento de criterios mínimos de calidad, cobertura y representatividad de la información, los cuales no se alcanzan con la disponibilidad actual de datos acreditados del SVCA de la CDMB para el periodo analizado.

4.7. Estudios especiales

Durante el año 2025 se continuo con el fortalecimiento institucional para el Plan de Atención de Episodios de Contaminación del Aire PLAN-ECA, con el que se buscó articular la autoridad ambiental con la autoridad municipal para atender los episodios de contaminación que se puedan presentar en los municipios del área metropolitana de Bucaramanga, como resultado de este convenio se logró:

- Socializar el Plan de Atención de Episodios de Calidad del Aire PLAN-ECA con los municipios del área metropolitana de Bucaramanga.
- Asesorar la formulación de un Plan de Acción Municipal para la implementación del Plan para la atención de episodios de contaminación del aire de la CDMB.

Todos estos resultados son parte de las acciones establecidas en la implementación del Plan de Gestión de Calidad de Aire.

5. CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

En el marco de las competencias de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB, y por medio de la Subdirección de Evaluación y Control Ambiental (SEYCA), durante la vigencia 2025 se desarrollaron diferentes acciones orientadas al control de las emisiones atmosféricas provenientes de fuentes fijas y móviles en el área de su jurisdicción.

Estas acciones comprenden actividades de seguimiento, control, evaluación de permisos ambientales y atención de requerimientos ciudadanos, las cuales contribuyen a la prevención, mitigación y control de la contaminación atmosférica, en concordancia con la normatividad vigente.

5.1. Medidas de contingencia y/o de control de emisiones de fuentes fijas

Durante la vigencia 2025, se desarrollaron acciones orientadas al control de emisiones atmosféricas provenientes de fuentes fijas, mediante actividades de seguimiento, evaluación y control del cumplimiento de la normatividad ambiental vigente.

- Se realizaron visitas de seguimiento y verificación documental a 79 establecimientos del sector industrial, incluyendo principalmente actividades del sector ladrillero, materiales de construcción, plantas de mezclas asfálticas, caleras, areneras y otras industrias, con el fin de verificar el cumplimiento de permisos, concesiones y obligaciones ambientales relacionadas con emisiones atmosféricas.
- Se gestionaron trámites asociados a permisos de emisiones atmosféricas, tales como solicitudes de nuevos permisos, modificaciones, prórrogas y atención de requerimientos técnicos, lo que permitió fortalecer el control administrativo sobre las fuentes fijas y asegurar la trazabilidad de los procesos regulatorios.

- Se adelantaron seguimientos a empresas con permisos de emisiones atmosféricas vigentes, mediante visitas técnicas e informes de control, verificando el cumplimiento de las condiciones establecidas en los actos administrativos y promoviendo la adopción de medidas correctivas cuando fue necesario.
- Se atendieron aproximadamente 850 Peticiones, Quejas, Reclamos y Solicitudes (PQRS) relacionadas con afectaciones por emisiones atmosféricas, asociadas a diferentes tipos de fuentes fijas como restaurantes, talleres de pintura automotriz, carpinterías y otras actividades de menor escala, lo cual permitió atender oportunamente las problemáticas reportadas por la comunidad.

5.2. Medidas de contingencia y/o de control de emisiones de fuentes móviles.

En relación con las fuentes móviles, se desarrollaron acciones de control de emisiones, teniendo en cuenta que el parque automotor constituye una de las principales fuentes de contaminación en el área metropolitana de Bucaramanga. De acuerdo con el inventario de emisiones con año base 2021, el parque automotor supera los 779.000 vehículos, de los cuales aproximadamente el 63 % corresponde a motocicletas y el 30 % a vehículos particulares, categorías que aportan significativamente a la emisión de contaminantes como material particulado (PM), óxidos de nitrógeno (NOx) y monóxido de carbono (CO).

Por ello, durante la vigencia 2025 se realizaron operativos de verificación de emisiones en vía, mediante la medición directa a vehículos en circulación dentro de la jurisdicción, alcanzando un total de 1.321 mediciones. Los resultados evidencian que el 74 % de los vehículos evaluados no cumplen con los límites permisibles de emisión, mientras que solo el 26 % cumple con la normatividad vigente, lo que refleja

una problemática significativa asociada al mantenimiento y control del parque automotor.

- En vehículos diésel, que representan el 58 % de las mediciones, el 81 % fue rechazado, evidenciando una alta incidencia de incumplimiento en este tipo de fuente.
- En vehículos con motor ciclo Otto, el 80 % de las mediciones fueron rechazadas, con un bajo porcentaje de cumplimiento (20 %).
- En motocicletas 4 tiempos, que corresponden al 24 % de las mediciones, el comportamiento es más equilibrado, con un 52 % de rechazo y un 48 % de aprobación, aunque aún refleja un nivel importante de incumplimiento.

Las mediciones fueron realizadas mediante la contratación de servicios especializados, lo que permitió contar con información técnica confiable bajo condiciones reales de operación. Así mismo, los operativos se desarrollaron en articulación con autoridades de tránsito y control, fortaleciendo la vigilancia ambiental en puntos estratégicos del área metropolitana.

6. CONCLUSIONES

En las siguientes conclusiones se declara la conformidad de los datos analizados que se encuentran dentro del rango de acreditación otorgado al Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire, conforme a la Resolución 1257 del 14 de septiembre de 2023, corregida por la Resolución 055 del 17 de enero de 2024 posteriormente, mediante la Resolución 1489 del 25 de noviembre de 2025, amplió el alcance de la acreditación del SVCA, incorporando la determinación del parámetro Ozono (O_3) en la estación Club Unión dentro del alcance acreditado vigente. Dichos datos corresponden a los contaminantes Ozono (O_3) entre el 15 y el 31 de diciembre de 2025.

Así mismo, se confirma que la información presentada cumple con los requisitos establecidos en la norma NTC-ISO/IEC 17025:2017, garantizando la validez, confiabilidad y trazabilidad de los resultados reportados.

- De acuerdo con los datos obtenidos de PM₁₀ para el año 2025 las estaciones de calidad automáticas del aire ubicadas en el Club Unión, Colegio Gaitán, Hospital Local del Norte y Centro Cultural Daniel Mantilla Orbeago de CCDMO - Piedecuesta reflejaron el cumplimiento del límite máximo permisible diario establecido en la Resolución MADS No. 2254 de 2017.
- De acuerdo con los datos obtenidos de PM_{2.5} para el año 2025, las estaciones automáticas de calidad del aire ubicadas en el Club Unión, Colegio Gaitán y Piedecuesta no registraron incumplimientos del límite máximo permisible diario establecido en la Resolución MADS No. 2254 de 2017.
- De acuerdo con los datos obtenidos de PM₁₀ y PM_{2.5} para el año 2025, las estaciones automáticas de calidad del aire ubicadas en el Club Unión, el Colegio Gaitán y el Centro Cultural Daniel Mantilla Orbeago (CCDMO) en Piedecuesta reflejaron el cumplimiento del límite máximo permisible anual establecido en la Resolución MADS No. 2254 de 2017. No obstante, para la estación ubicada en el Hospital Local del Norte no se puede otorgar la conformidad, ya que no se alcanzó la representatividad necesaria en las mediciones para establecer una concentración anual confiable.
- De acuerdo con los datos obtenidos de O₃ desde el 1 de enero hasta el 31 de diciembre del año 2025, las estaciones de calidad automáticas del aire ubicadas en el Colegio Gaitán, Hospital Local del Norte y CCDMO – Piedecuesta y la estación Club Unión desde el 15 de diciembre hasta el 31 de diciembre de 2025 reflejaron el cumplimiento del límite máximo permisible octohorario establecido en la Resolución MADS No. 2254 de 2017.
- De acuerdo con los datos obtenidos de NO₂ desde el 1 de enero hasta el 31 de diciembre del año 2025, las estaciones de calidad automáticas del aire ubicadas en el Club Unión y CCDMO - Piedecuesta reflejaron el cumplimiento

del límite máximo permisible horario establecido en la Resolución MADS No. 2254 de 2017..

- De acuerdo con los datos obtenidos de SO₂ desde el 1 de enero hasta el 31 de diciembre del año 2025, las estaciones de calidad automáticas del aire ubicadas en el Club Unión y CCDMO - Piedecuesta reflejaron el cumplimiento del límite máximo permisible horario y diario establecido en la Resolución MADS No. 2254 de 2017.
- De acuerdo con los datos obtenidos de CO desde el 1 de enero hasta el 31 de diciembre del año 2025, las estaciones de calidad automáticas del aire ubicadas en el Club Unión y CCDMO - Piedecuesta reflejaron el cumplimiento del límite máximo permisible horario y octohorario establecido en la Resolución MADS No. 2254 de 2017.
- De acuerdo con los datos obtenidos de TRS desde el 1 de enero hasta el 31 de diciembre del año 2025, las estaciones de calidad automáticas del aire ubicadas en el Colegio Gaitán y el Hospital Local del Norte reflejaron el cumplimiento del límite máximo permisible horario y diario establecido en la Resolución MADS No. 2254 de 2017.
- Con respecto a los Índices de Calidad del Aire (ICA) obtenidos para los parámetros PM₁₀, PM_{2.5}, O₃, NO₂, SO₂ y CO durante el año 2025, para todos los contaminantes criterio la categoría de calidad del aire predominante fue la de BUENA, con excepción del material particulado menor a 2.5 micras (PM_{2.5}), en el cual la categoría osciló entre BUENA y ACEPTABLE. Es necesario destacar que el PM_{2.5} es el contaminante más crítico en lo que a afectación a la salud pública significa, por lo que se requiere realizar un especial seguimiento al comportamiento de dicho contaminante, en aras de garantizar el efectivo derecho de un ambiente sano a los ciudadanos.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL (EPA). (MAYO de 2022). Obtenido de <https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-del-material-particulado-pm-sobre-la-salud-y-el-medioambiente>
- AGENCIA PROTECCIÓN AMBIENTAL (EPA). (MARZO de 2024). Obtenido de <https://espanol.epa.gov/cai/el-impacto-del-dioxido-de-nitrogeno-en-la-calidad-del-aire-interior>
- CDMB - UPB. (2022). *Plan para la atención de episodios de contaminación del aire de la CDMB.*
- CDMB-UPB. (2022). *Plan de Gestión para la Calidad del Aire de la CDMB.* CDMB - UPB, Santander.
- Haro, A. X., Limaico, C. T., Perugachi, N. P., & Fernandez, M. I. (Junio de 2018). *Scielo*. Obtenido de <https://doi.org/10.1590/0102-7786332015>
- ICONTEC. (22 de 05 de 2019). GTC-ISO/IEC 98-3 Incertidumbre de medición. Parte 3: Guia para la expresión de la incertidumbre de la medición.
- MADS. (01 de 11 de 2017). Resolución 2254 de 2017 del MADS.
- MAVDT. (2010). Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. 132 a 138.



FIN DEL INFORME

