

Informe Anual De Calidad del Aire

2022

Subdirección de Ordenamiento y Planificación Integral del Territorio
Gestión del Conocimiento Ambiental



JUAN CARLOS REYES NOVA
Director General CDMB

LEONEL ENRIQUE HERRERA ROA
Subdirector de Ordenamiento y Planificación Integral del Territorio
Director SVCA

MARÍA CARMENZA VICINI MARTÍNEZ
Coordinadora de Gestión del Conocimiento e Investigación Ambiental
Líder SVCA

VERONICA VANESSA CARDONA OLIVEROS
Profesional de Calidad y Logística SVCA

JOHANNA PATRICIA ARDILA LERMA
Profesional Operativo SVCA

MANUEL CAMPOS MALAGON
Profesional Auxiliar Operativo SVCA

JAIVERTH LEANDRO LÓPEZ GONZÁLEZ
Profesional Analista SVCA

GINA YULIANA RIVERA SANCHEZ
Auxiliar Analista SVCA

FECHA DE EMISIÓN: 26/04/2023

Dirección: Anillo Vial, Girón LT PR3+958

Contacto: info@cdmb.gov.co



Revisó	Líder del SVCA.	Ing. María Carmenza Vicini Martínez	
Aprobó	Director del SVCA.	Ing. Leonel Enrique Herrera Roa	

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	12
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).....	17
2.1.3. Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	18
2.1.4. Ozono Troposférico (O ₃).....	19
2.1.5. Monóxido de Carbono (CO).....	20
2.2. Marco normativo: norma de calidad del aire	20
2.2.1. Índice de Calidad del Aire: procedimiento de cálculo y rangos.....	21
2.3. Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire:.....	23
2.3.1. Condiciones ambientales y poblacionales de la región cubierta por el SVCA.	23
2.3.2. Ubicación geográfica de estaciones y entorno	25
2.3.3. Tecnologías de monitoreo y métodos analíticos utilizados.....	28
2.3.4. Resumen ficha técnica de las estaciones.....	35
2.4. Estadísticas empleadas	39
2.5. Meteorología:	40
2.6. Incertidumbre de las mediciones.....	41

3. EVALUACIÓN DE LA CANTIDAD, CALIDAD, OPORTUNIDAD Y DISPONIBILIDAD DE LA INFORMACIÓN EN LA BASE DE DATOS.....	41
3.1. Declaración de resultados	41
3.2. Análisis del porcentaje de captura de datos.....	42
3.3. Declaración de conformidad.....	43
4. CALIDAD DEL AIRE Y METEOROLOGÍA.....	44
4.1. Resultados de Calidad del Aire	44
4.1.1. MATERIAL PARTICULADO PM 2.5	44
4.1.2. MATERIAL PARTICULADO PM 10	50
4.1.3. OZONO O ₃	55
4.1.4. DIOXIDO DE NITROGENO (NO ₂).....	59
4.1.5. MONOXIDO DE CARBONO (CO).....	62
4.1.6. DIOXIDO DE AZUFRE (SO ₂)	66
4.1.7. AZUFRE TOTAL REDUCIDO (TRS)	70
4.2. Análisis de la Calidad del Aire.....	72
4.2.1. Índice de Calidad de Aire PM 2.5 (ICA).....	72
4.2.2. Índice de calidad de aire PM 10 (ICA)	73
4.2.3. Índice de Calidad de Aire O ₃ (ICA).....	74
4.2.4. Índice de Calidad de Aire NO ₂ (ICA).....	75
4.2.5. Índice de Calidad de Aire CO	75
4.2.6. Índice de Calidad de Aire SO ₂	76
4.3. Resultados de las mediciones meteorológicas	76
4.3.1. Temperatura	77
4.3.2. Precipitación	81
4.3.3. Humedad	86

4.3.4. Velocidad y Dirección del viento	88
4.4. Determinación de áreas – fuente de contaminación.	93
4.5. Estudios especiales.....	93
5. CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.....	95
5.1. Medidas de contingencia y/o de control de emisiones de fuentes fijas	95
5.2. Medidas de contingencia y/o de control de emisiones de fuentes móviles. 96	
6. CONCLUSIONES	97
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Comparación del tamaño de las partículas de PM.	16
Imagen 2. Analizador de partículas Fidas 200	29
Imagen 3. Analizador de Dióxido de Nitrógeno Envea AC32e	30
Imagen 4. Analizador de Dióxido de Azufre Envea AF22e.....	30
Imagen 5. Analizador de Monóxido de Carbono Envea CO12e	31
Imagen 6. Analizador de Ozono Troposférico Envea O342e.....	32
Imagen 7. Módulo convertidor de TRS CTRS S2-E	32
Imagen 8. Ficha técnica Estación Hospital Local del Norte.....	35
Imagen 9. Ficha técnica Estación Colegio Gaitán	36
Imagen 10. Ficha técnica Estación Club Unión.....	37
Imagen 11. Ficha técnica Estación CCDMO - Piedecuesta	38
Imagen 12 Ubicación espacial de las estaciones del SVCA.....	45

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.....	25
Tabla 4. Ubicación geográfica Estación Colegio Gaitán.....	26
Tabla 5. Ubicación geográfica Estación Centro Cultural Daniel Mantilla Piedecuesta	27
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.....	42
Tabla 9 Incertidumbre por contaminante.....	43
Tabla 10 Representatividad datos PM 2.5 Año 2022	45
Tabla 11 Representatividad datos PM 10 Año 2022	51
Tabla 12 Representatividad datos anuales O3.....	55
Tabla 13 Representatividad de datos NO2 año 2022.....	60
Tabla 14 Representatividad de datos CO-Año 2022	63
Tabla 15 Representatividad SO2- Año 2022.....	67
Tabla 16 Índice de Calidad de Aire por días en las estaciones del SVCA PM 2.5.....	72
Tabla 17 Índice de Calidad de Aire por días en las estaciones del SVCA PM 10.....	73
Tabla 18. Seguimientos de control Fuentes Fijas - vigencia año 2022.....	95

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Concentración promedio anual pm 2.5.....	47
Figura 2 Concentración temporal Hospital Local Norte PM 2.5 año 2022	47
Figura 3 Concentración temporal Centro Cultural Piedecuesta PM 2.5 año 2022	47
Figura 4 Concentración temporal Club Unión PM 2.5 año 2022.....	48
Figura 5 Concentración temporal Colegio Gaitán PM 2.5 año 2022.....	48
Figura 6 Perfil Horario estaciones del SVCA PM 2.5.....	49
Figura 7 Perfil diario de PM 2.5.....	50
Figura 8 Concentración promedio anual de PM 10 año 2022.....	52
Figura 9 Concentración temporal Hospital Local Norte PM 10 año 2022	52
Figura 10 Concentración temporal Centro Cultural Piedecuesta PM 10 año 2022	52
Figura 11 Concentración temporal Club Unión PM 10 año 2022.....	53
Figura 12 Concentración temporal Colegio Gaitán PM 10 año 2022.....	53
Figura 13 Perfil Horario estaciones SVCA PM 10	54
Figura 14 Perfil diario PM 10 estaciones del SVCA	54
Figura 15 Distribución temporal de la concentración de O3 estación Hospital del Norte ..	56
Figura 16 Distribución temporal de la concentración de O3 estación Centro Cultural Piedecuesta.....	56
Figura 17 Distribución temporal de la concentración de O3 estación Club Unión.....	57
Figura 18 Distribución temporal de la concentración de O3 estación Colegio Gaitán.....	57
Figura 19 Perfil Horario estaciones SVCA O3.....	58
Figura 20 Perfil Diario estaciones SVCA O3	59
Figura 21 Distribución temporal de la concentración de NO2 estación Piedecuesta.	60
Figura 22 Distribución temporal de la concentración de NO2 estación Club Unión.	61
Figura 23 Perfil horario de NO2 Año 2022	61
Figura 24 Perfil diario de NO2 año 2022	62
Figura 25 Distribución temporal horaria de Concentración de CO estación Piedecuesta- Año 2022	63
Figura 26 Distribución temporal 8 horas de Concentración de CO estación Piedecuesta- Año 2022	64

Figura 27 Distribución temporal horaria de Concentración de CO estación Club Unión- Año 2022 64

Figura 28 Distribución temporal 8 horas de Concentración de CO estación Club Unión- Año 2022 64

Figura 29 Perfil horario CO-Año 2022..... 65

Figura 30 Perfil diario CO-Año 2022 66

Figura 31 Distribución temporal horaria de Concentración de SO2 estación Piedecuesta- Año 2022 67

Figura 32 Distribución temporal 24 horas de Concentración de SO2 estación Piedecuesta- Año 2022 68

Figura 33 Distribución temporal horaria de Concentración de SO2 estación Club Unión- Año 2022 68

Figura 34 Distribución temporal 24 horas de Concentración de SO2 estación Club Unión- Año 2022 68

Figura 35 Perfil horario SO2 -Año 2022 69

Figura 36 Perfil diario SO2 -Año 2022 69

Figura 37 Comportamiento anual de concentración TRS 24 Horas estación Colegio Gaitán- año 2022..... 70

Figura 38 Comportamiento anual de concentración TRS Horario estación Colegio Gaitán- año 2022..... 71

Figura 39 Comportamiento anual de concentración TRS 24 Horas estación Hospital Norte- año 2022..... 71

Figura 40 Comportamiento anual de concentración TRS Horario estación Hospital Norte - año 2022..... 71

Figura 41 Índice de Calidad de Aire estaciones del SVCA PM 2.5..... 72

Figura 42 Porcentajes mensual del Índice de calidad de Aire (ICA)..... 73

Figura 43 Índice de Calidad de Aire estaciones del SVCA PM 10..... 74

Figura 44 Índice de Calidad de Aire estaciones del SVCA O3 75

Figura 45 Índice de Calidad de Aire estaciones del SVCA NO2 Año 2022..... 75

Figura 46 Índice de Calidad de Aire estaciones del SVCA CO- Año 2022 76

Figura 47 Índice de Calidad de Aire estaciones del SVCA SO2- Año 2022..... 76

Figura 48 Comportamiento temperatura anual 2022..... 77

Figura 49 Temperaturas máximas y mínimas mensuales años 2022..... 78

Figura 50 Comportamiento temperatura anual 2022..... 78

Figura 51 Temperaturas máximas y mínimas mensuales años 2022.....	79
Figura 52 Comportamiento temperatura anual 2022	79
Figura 53 Temperaturas máximas y mínimas mensuales años 2022.....	80
Figura 54 Comportamiento temperatura anual 2022.....	80
Figura 55 Temperaturas máximas y mínimas mensuales años 2022.....	81
Figura 56 Comportamiento precipitación anual 2022	82
Figura 57 Precipitación acumulada por mes año 2022.....	82
Figura 58 Comportamiento precipitación anual 2022	83
Figura 59 Precipitación acumulada por mes año 2022.....	83
Figura 60 Comportamiento precipitación anual 2022	84
Figura 61 Precipitación acumulada por mes año 2022.....	84
Figura 62 Comportamiento precipitación anual 2022	85
Figura 63 Precipitación acumulada por mes año 2022.....	85
Figura 64 Comportamiento humedad relativa anual 2022	86
Figura 65 Comportamiento humedad relativa anual 2022.....	87
Figura 66 Comportamiento humedad relativa anual 2022.....	87
Figura 67 Comportamiento humedad relativa anual 2022.....	88
Figura 68 Rosa de Vientos estación Piedecuesta año 2022	89
Figura 69 Rosa de Vientos horarios diario y nocturno estación Piedecuesta año 2022....	89
Figura 70 Rosa de vientos estación Club Unión año 2022.....	90
Figura 71 Rosa de vientos diurna y nocturna estación Club Unión año 2022.....	90
Figura 72 Rosa de vientos estación Colegio Gaitán año 2022	91
Figura 81 Rosa de Vientos diurno y nocturno estación Colegio Gaitán año 2022	91
Figura 74 Rosa de vientos estación Hospital Local del Norte año 2022.....	92
Figura 75 Rosa de vientos diurno y nocturno de la estación Hospital Local del Norte año 2022	92



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 componentes, 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 2023.

El nuevo 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 el Café Madrid de Bucaramanga. Por último, las estaciones del nuevo 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 Orbeagozo 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, así como obtener la acreditación del SVCA ante el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, conforme con lo establecido en la Norma Técnica Colombiana NTCA ISO IEC 17025:2017 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.

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 PM_{10} 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 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 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 $PM_{2.5}$)

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:

- **PM_{10}** : 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.

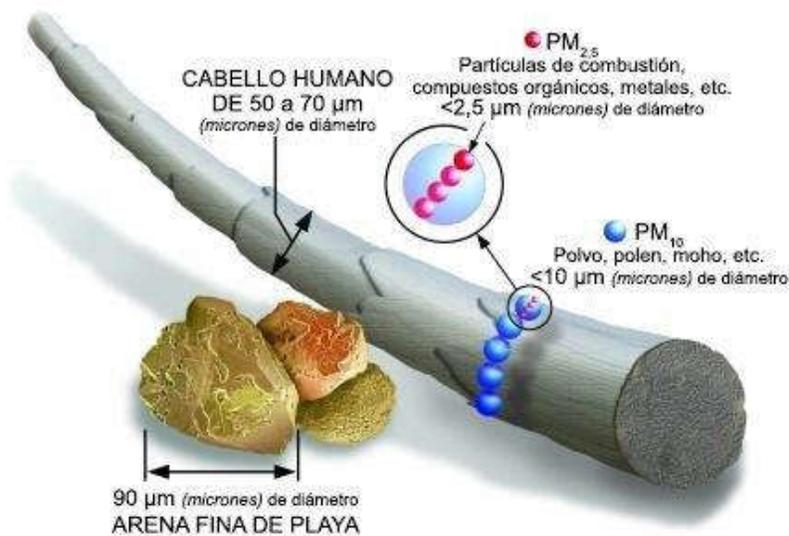


Imagen 1. Comparación del tamaño de las partículas de PM.

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 (PM2.5). 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 atmosfera, 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	20	Anual
	37	24 horas
O3	100	8 horas
NO2	60	Anual
	200	1 hora
SO2	50	24 horas
	100	1 hora
CO	5,000	8 horas
	35,000	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	PM 10 µg/m ³ 24 horas	PM2.5 µg/m ³ 24 horas	CO µg/m ³ 8 horas	SO ₂ µg/m ³ 1 hora	NO ₂ µg/m ³ 1 hora	O ₃ µg/m ³ 8 horas	O ₃ µg/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	—
	Dañina a la salud de grupos sensibles	101-150	155-254	38-55	10820-14254	198-486	190-677	139-167	245-323
	Dañina a la salud	151-200	255-354	56-150	14255-17688	487-797	678-1221	168-207	324-401
	Muy dañina a la salud	201-300	355-424	151-250	17689-34862	798-1583	1222-2349	208-393	402-794
	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, del río Sogamoso y en menor proporción a la cuenca del río Chicamocha. 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. Pese a que el entorno económico a nivel nacional se ha visto afectado por las restricciones implementadas para controlar el virus del COVID-19, 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

Tabla 3. Ubicación geográfica Estación Club Unión.

ESTACIÓN	DIRECCIÓN	COORDENADAS			ENTORNO
		Latitud	Longitud	Altitud	
Club Unión	Calle 49 No. 32 – 20. Terraza del Club Unión (Entre Carreras 33 y 32 y entre Calles 49 y 51).	07°06'52" N	76°06'39" W	976 m.	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			ENTORNO
		Latitud	Longitud	Altitud	
Colegio Gaitán	Calle 16 No. 9 – 54 Institución Educativa Jorge Eliécer Gaitán.	07°07'49" N	73°08'4" W	928 m.	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			ENTORNO
		Latitud	Longitud	Altitud	
Centro Cultural Daniel Mantilla Orbeozo-Piedecuesta / CCDMO - Piedecuesta	Centro Cultural Daniel Mantilla Orbeozo - Carrera 8 No. 10 - 65 Barrio Centro.	06°59'6" N	73°02'56" W	1004 m.	Casco urbano antiguo del municipio, con gran flujo vehicular, vía no principal, uso del suelo mixto entre residencial, institucional y de servicios.



Tabla 6. Ubicación geográfica Estación Hospital Local del Norte

ESTACIÓN	DIRECCIÓN	COORDENADAS			ENTORNO
		Latitud	Longitud	Altitud	
Hospital Local del Norte	Cl. 12 #10-5				Sector residencial con liviano flujo vehicular, cercano al polideportivo recrear del norte.
	Barrio Kennedy – Hospital Local del Norte	07°8'56.3" N	73°8'4.7" W	788 m.	



2.3.3. Tecnologías de monitoreo y métodos analíticos utilizados

Material Particulado PM₁₀ 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 PM₁₀ que deben controlarse. Al mismo tiempo se calculan y registran los valores PM₁, PM₄, 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 2. Analizador de partículas Fidas 200

Dióxido de Nitrógeno NO₂

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.

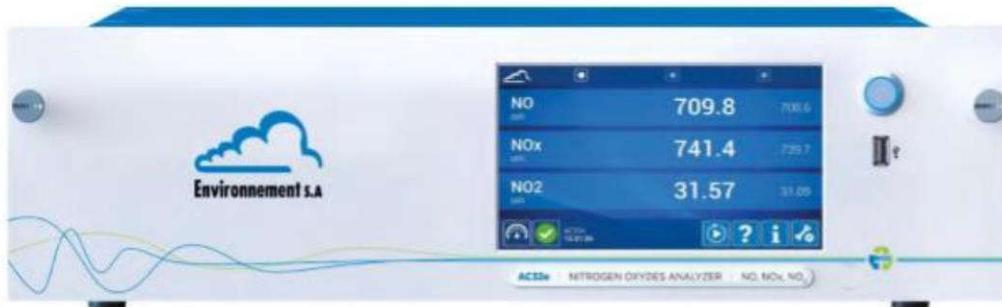


Imagen 3. Analizador de Dióxido de Nitrógeno Envea AC32e

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. Con la incorporación de las últimas tecnologías ópticas y electrónicas, el analizador ofrece muchas ventajas y requiere solo 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 interna. 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 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. Con la incorporación de tecnologías ópticas y electrónicas recientes, el analizador 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 interna. La medición se muestra en una pantalla a color equipada con una pantalla táctil ubicada en el panel frontal.



Imagen 5. 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 6. 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 7. 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
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}): EN 16450:2017
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}): EN 16450:2017
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
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.

ESTACIÓN	CONTAMINANTE CRITERIO	PRINCIPIO DE OPERACIÓN	REGIMEN DE OPERACIÓN	METODO
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.
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.
Colegio Gaitán, Hospital Local del Norte	TRS	Fluorescencia ultravioleta	Continuo - Automático	U.S. EPA CFR Título 40, Capítulo I, Subcapítulo C, Parte 50, Apéndice A-1. Fluorescencia Ultravioleta / Oxidación Termocatalítica, Método de Referencia Automático: EQSA- 0802-149

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:	
CODIGO: M-CA-FD128		Gestion del Conocimiento Ambiental	Delegado Dirección SIGC	Director(a) General	
VERSION: 01		FICHA TÉCNICA ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE			
INFORMACION GENERAL					
SISTEMA DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE					
PROYECTO: NOMBRE DE LA ESTACION: COORDENADAS:	HOSPITAL LOCAL DEL NORTE		MUNICIPIO:	BUCARAMANGA	
	LATITUD:	7°8'56.82"N	ALTITUD:	758	
Descripción de la ubicación:	LONGITUD:	73°8'4.73"W	ALT. DEL SUELO:	22	
	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"/>	Nivel II: Tiempo		Nivel III: Emisiones Dominantes	
Suburbana:	<input type="checkbox"/>	Fija:	<input checked="" type="checkbox"/>	Tráfico:	<input checked="" type="checkbox"/>
Rural:	<input type="checkbox"/>	Indicativa:	<input type="checkbox"/>	Punto Crítico:	<input type="checkbox"/>
Nivel IV: Información Adicional					
TRAFICO:					
Distancia al borde (m):	40		INDUSTRIAL:		
Ancho de la Via:	6		Tipo de Industria:	Parque Industrial II, Bavaria	
Trafico Diario Sentido 1:	BAJO		Distancia Fuentes (Km):	2.30, 1.56	
Trafico Diario Sentido 2:	BAJO		Dirección (Grados):	247.33, 348.04	
Velocidad Promedio:	30 Km/h		PUNTO CRITICO:		
% Vehiculos Pesados:	10		Fuente Evaluada:	<input type="checkbox"/>	
Estado de la Via:	PAVIMENTADA		Calle Encajonada:	<input type="checkbox"/>	
INDICATIVAS:					
Tiempo de Muestreo:	PERMANENTE		Calle Libre:	<input checked="" type="checkbox"/>	
Seco/Humedo:			RURALES DE FONDO:		
Fecha Inicio:	05-11-2021		Cercana Ciudades Regionales	<input checked="" type="checkbox"/>	
OBJETIVOS REPRESENTATIVIDAD DE LA ESTACION:					
REPRESENTATIVIDAD:					
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: 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 CAL. AIRE					
TRS - FLUORESCENCIA UV - EPA TITULO 40 PARTE 50					
OTROS MET.					
Resp. Diligenciamiento:	JERSON FABIAN GONZALEZ MEJIA		Cargo:	TECNICO DE CAMPO	
Interventor:			Empresa:	KZINGENIERIA	
Celular:			Firma:		
Resrepresentante Autoridad Ambiental:			JOHANNA ARDILA		
Firma:	JOHANNA ARDILA		Celular:	3183979774	
Nota:	Los datos consignados en este documento son válidos unicamente para el proyecto y/o estaciones relacionadas. Cualquier reproducción parcial requiere de la autorización de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga.				

Imagen 8. Ficha técnica Estación Hospital Local del Norte

Estación Colegio Gaitán

	CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA - CDMB.		
	ELABORO: Gestión del Conocimiento Ambiental	REVISÓ: Delegado Dirección SIGC	APROBO: Director(a) General
CODIGO: M-CA-FD128	FICHA TÉCNICA 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		
	COLEGIO GAITAN		
Descripción de la ubicación:	LATITUD:	7°07'48.7"N	MUNICIPIO:
	LONGITUD:	73°08'04.4"W	BUCARAMANGA
		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"/> <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 TRAFICO: Distancia al borde (m): 20 Ancho de la Vía: 6 Trafico Diario Sentido 1: BAJO Trafico Diario Sentido 2: BAJO Velocidad Promedio: 20 Km/h % Vehiculos Pesados: 5 Estado de la Vía: PAVIMENTADA			
		INDUSTRIAL: Tipo de Industria: Sector Marinagro, Alimentos (Sector) Distancia Fuentes (Km): 2.25, 3.88 Dirección (Grados): 293.65, 232.69	
		PUNTO CRITICO: Fuente Evaluada: <input type="checkbox"/> Calle Encajonada: <input checked="" type="checkbox"/> Calle Libre: <input type="checkbox"/>	
		RURALES DE FONDO: Cercana Ciudades Regionales: <input checked="" type="checkbox"/>	
INDICATIVAS: Tiempo de Muestreo: PERMANENTE Seco/Humedo: Fecha Inicio: 25-10-2021			
OBJETIVOS REPRESENTATIVIDAD DE LA ESTACION: <input type="text"/> <input type="text"/>			
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	LINE-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. <input type="text"/>			
Resp. Diligenciamiento:	JERSON FABIAN GONZALEZ MEJIA	Cargo:	TECNICO DE CAMPO
Interventor:		Empresa:	
Celular:		Firma:	
Representante Autoridad Ambiental:	JOHANNA ARDILA		
Firma:	JOHANNA ARDILA	Celular:	3183979774
Nota:	Los datos consignados en este documento son válidos únicamente para el proyecto y/o estaciones relacionadas. Cualquier reproducción parcial requiere de la autorización de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga.		

Imagen 9. 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-FO128	FICHA TECNICA ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE		
VERSION: 01			

INFORMACION GENERAL				
PROYECTO: NOMBRE DE LA ESTACION: COORDENADAS: Descripción de la ubicación: TIPO DE ESTACION: Nivel I: Area Urbana: <input checked="" type="checkbox"/> Suburbana: <input type="checkbox"/> Rural: <input type="checkbox"/> Nivel IV: Información Adicional <u>TRAFICO:</u> Distancia al borde (m): Ancho de la Vía: Trafico Diario Sentido 1: Trafico Diario Sentido 2: Velocidad Promedio: % Vehiculos Pesados: Estado de la Vía: <u>INDICATIVAS:</u> Tiempo de Muestreo: Seco/Humedo: Fecha Inicio: OBJETIVOS REPRESENTATIVIDAD DE LA ESTACION: REPRESENTATIVIDAD: FUENTES DE EMISION: Principal Fuente: Segunda Fuente: Tercera Fuente: CONFIGURACION DE LA ESTACION: PARAMETRO PM10 PM2.5 PST CO SO2 NOx O3 Otro: OTROS CAL. AIRE OTROS MET. Resp. Diligenciamiento: Interventor: Celular: Representante Autoridad Ambiental: Firma: Nota:	SISTEMA DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE CLUB UNION			
	MUNICIPIO:	BUCARAMANGA		
	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, CERCAÑO A UNA VIA PRINCIPAL CON ALTO TRAFICO VEHICULAR MIXTO Y ZDNAS COMERCIALES			
	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 type="checkbox"/> De Fondo: <input checked="" type="checkbox"/>	
	INDUSTRIAL: Tipo de Industria: Parque industrial Distancia Fuentes (Km): 5.71 Dirección (Grados): 265.91		PUNTO CRITICO: Fuente Evaluada: <input type="checkbox"/> Calle Encajonada: <input checked="" type="checkbox"/> Calle Libre: <input type="checkbox"/>	
	RURALES DE FONDO: Cercana Ciudades Regionales: <input checked="" type="checkbox"/>			
	MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE PERMANENTE			
	TRAFICO VEHICULAR INDUSTRIA			

PARAMETRO	TECNOLOGIA	METODO REFERENCIA	ESTACION METEREOLÓGICA
PM10	<input checked="" type="checkbox"/> ESPECTOMETRIA	LINE-EN 16450	Serial: 21010132
PM2.5	<input checked="" type="checkbox"/> ESPECTOMETRIA	LINE-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:			RAD. SOLAR <input checked="" type="checkbox"/>
			OTROS <input type="checkbox"/>

Resp. Diligenciamiento:	JERSON FABIAN GONZALEZ MEJIA	Cargo:	TECNICO DE CAMPO	FECHA:	15/10/2021
Interventor:		Empresa:	K2 INGENIERIA	Cargo:	
Celular:		Firma:	JOHANNA ARDILA		
Representante Autoridad Ambiental:					
Firma:	JOHANNA ARDILA	Celular:	3183979774		
Nota:	Los datos consignados en este documento son válidos únicamente para el proyecto y/o estaciones relacionadas. Cualquier reproducción parcial requiere de la autorización de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga.				

Imagen 10. 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: Gestión del Conocimiento Ambiental	REVISÓ: Delegado Dirección SIGC	APROBO: Director(a) General
CODIGO: M-CA-FO128	FICHA TECNICA ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE		
VERSION: 01			

INFORMACION GENERAL			
PROYECTO:	SISTEMA DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE		
NOMBRE DE LA ESTACION:	CENTRO CULTURAL DANIEL MANTILLA - PIEDECUESTA	MUNICIPIO:	PIEDECUESTA
COORDENADAS:	LATITUD: 6°59'06.4"N	ALTITUD:	1008
	LONGITUD: 73°02'55.6"W	ALT. DEL SUELO:	15
Descripción de la ubicación:	PUNTO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE PIEDECUESTA, EN EL LUGAR CONOCIDO COMO INDERPIEDECUESTA, EN LA CARRERA 8 # 11, SOBRE LA AZOTEA DEL EDIFICIO, PASO CONSTANTE DE VEHICULOS DE TRAFICO LIVIANO		
TIPO DE ESTACION:			
Nivel I: Area	Nivel II: Tiempo	Nivel III: Emisiones Dominantes	
Urbana: <input checked="" type="checkbox"/>	Fija: <input checked="" type="checkbox"/>	Tráfico: <input checked="" type="checkbox"/>	
Suburbana: <input type="checkbox"/>	Indicativa: <input type="checkbox"/>	Punto Crítico: <input type="checkbox"/>	
Rural: <input type="checkbox"/>		Industrial: <input type="checkbox"/>	
		De Fondo: <input checked="" type="checkbox"/>	
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 type="checkbox"/>		
	Calle Libre: <input checked="" type="checkbox"/>		
INDICATIVAS:	RURALES DE FONDO:		
Tiempo de Muestreo: PERMANENTE	Cercana Ciudades Regionales: <input checked="" type="checkbox"/>		
Seco/Humedo: <input type="checkbox"/>			
Fecha Inicio: 23/09/2021			
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.			
Resp. Diligenciamiento:	JERSON FABIAN GONZALEZ MEJIA	Cargo: TECNICO DE CAMPO	FECHA: 21/09/2021
Interventor:		Empresa: K2 INGENIERIA	Cargo:
Celular:		Firma: JOHANNA ARDILA	
Responsante Autoridad Ambiental:			
Firma:	JOHANNA ARDILA	Celular: 3183979774	
Nota:	Los datos consignados en este documento son válidos únicamente para el proyecto y/o estaciones relacionadas. Cualquier reproducción parcial requiere de la autorización de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga.		

Imagen 11. 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= Factor de conversión.

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. 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.

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, determino 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 únicamente hacen referencia a los contaminantes PM₁₀, PM_{2.5}, CO, SO₂, NO₂, O₃, TRS y para el periodo comprendido entre el primero (01) de enero y el treinta y uno (31) de diciembre del 2022. Teniendo en cuenta los lineamientos establecidos por la NORMA NTC ISO/IEC 17025; 2017

3.2. Análisis del porcentaje de captura de datos

Las 4 estaciones de calidad de aire con que cuenta la CDMB iniciaron operaciones el día 01/12/2021, sin embargo desde el mes de agosto de 2022 entro en operación el Sistema de Vigilancia de Calidad de Aire (SVCA) bajo la norma ISO 17025 del 2017, se destaca para el año el cual se presenta este informe (2022) que durante algunos intervalos de tiempo no se presentan datos para algunos contaminantes esto se debe a que durante parte del año se estuvo realizando ajustes, calibraciones con el fin de poner a punto las estaciones, por ende fueron invalidados, se muestra representatividad de datos en la Tabla 8, no obstante se presenta el análisis de los datos obtenidos para que los diferentes actores conozcan el comportamiento temporal de los contaminantes medidos.

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

Estación	Contaminante	%Representatividad
Piedecuesta	PM 10	99%
	PM2.5	99%
	Ozono (O ₃)	98%
	Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	52%
	Dióxido de azufre (SO ₂)	76%
	Monóxido de carbono (CO)	65%
Club Unión	PM10	96%
	PM2.5	96%
	Ozono (O ₃)	75%
	Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	59%
	Dióxido de azufre (SO ₂)	98%
	Monóxido de carbono (CO)	63%
Colegio Gaitán	PM10	98%
	PM2.5	98%
	Ozono (O ₃)	73%
Hospital Local del Norte	PM10	83%
	PM2.5	83%
	Ozono(O ₃)	85%

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.

A continuación se presenta la incertidumbre para el análisis de los datos la cual es tipo A (Método para evaluar la incertidumbre por análisis estadístico de una serie de observaciones) y B (Método para evaluar la incertidumbre por otro medio que no sea en análisis estadístico de una serie de observaciones), esta se determina para cada contaminante y se aplica a cada una de las estaciones del SVCA, cabe señalar que en el análisis de este periodo de informe (Enero – Diciembre) todos los datos estuvieron alejados de los límites permitidos por la norma por lo cual es poco perceptible en las gráficas que se presentan en el siguiente numeral, sin embargo, a continuación en la Tabla 9 se presentan las incertidumbres para cada uno de los contaminantes medidos:

Tabla 9 Incertidumbre por contaminante

ESTACIÓN	Incertidumbre Estándar Expandida						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	CO	NO ₂	O ₃	SO ₂	TRS
CLUB UNIÓN	1.17	1.06	0.71	0.99	3.29	1.81	No Aplica
COLEGIO GAITÁN	1.33	1.09	No Aplica	No Aplica	3.06	No Aplica	1.86
HOSPITAL LOCAL DEL NORTE	1.46	1.06	No Aplica	No Aplica	2.91	No Aplica	1.95
CCDMO - PIEDECUESTA	1.32	1.07	0.70	5.85	2.32	5.32	No Aplica

4. CALIDAD DEL AIRE Y METEOROLOGÍA

4.1. Resultados de Calidad del Aire

4.1.1. MATERIAL PARTICULADO PM 2.5

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).

El sistema de Vigilancia de Calidad de Aire (SVCA) en el año 2022 conto con 4 estaciones monitoreo automático de PM2.5, ubicadas en los 2 municipios del área metropolitana de Bucaramanga. La Imagen 12 presenta el mapa con la ubicación geográfica de las diferentes estaciones automáticas de PM2.5.

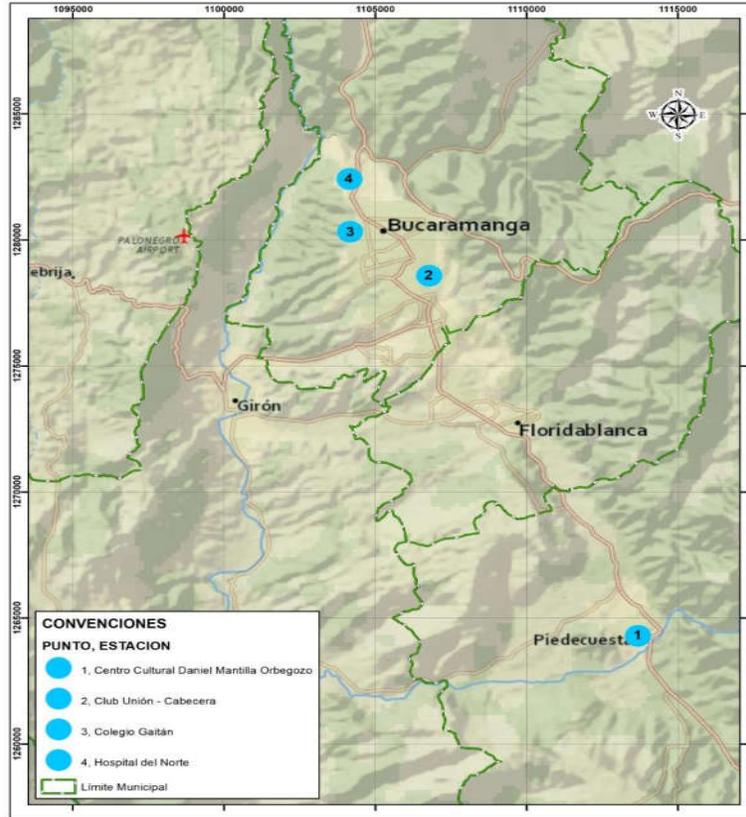


Imagen 12 Ubicación espacial de las estaciones del SVCA

Datos anual PM 2.5

Para la presentación de los datos de PM 2.5 en las estaciones es importante recalcar que el SVCA inicio su operación el día 23 de agosto de 2022 esto bajo la norma ISO 17025 de 2017, sin embargo, hay datos validados desde el día 01/01/2022, la representatividad de los datos para el contaminante PM2.5, así como la concentración promedio anual se presenta en la Tabla 10.

Tabla 10 Representatividad datos PM 2.5 Año 2022

Estación	Contaminante	% Representatividad datos	Concentración Promedio anual PM 2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Hospital Norte	PM 2.5	83%	9.09

Estación	Contaminante	% Representatividad datos	Concentración Promedio anual PM 2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
CCDMO - Piedecuesta	PM 2.5	99%	10.95
Club Unión	PM 2.5	96%	10.43
Colegio Gaitán	PM 2.5	98%	10.00

Comportamiento anual de PM2.5

La Figura 1 presenta la concentración anual promedio de PM 2.5 en las 4 estaciones que miden este parámetro, se observa que la concentración está alejada de la norma anual y en general para todas las estaciones se encuentra cercana a los $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la Resolución 2254 de 2017 también regula una concentración límite diaria para el año 2022 y en contaminante PM 2.5 este límite diario tampoco fue superado para el periodo reportado en este informe, aunque es posible de la Figura 2 a la Figura 5 observar el comportamiento temporal en el año 2022 y se evidencia que los meses Enero, Febrero y Marzo presentan las concentraciones más altas, en estos meses frecuentemente se presentan menos lluvias y se generan incendios en la región y en general en todo el territorio factores que inciden en la calidad de aire local, finalizando el mes de agosto y a inicios del mes de septiembre se registra otro incremento en las concentraciones esto debido a incendios presentados en la región amazónica lo cual también se vio reflejado en varios sistemas de vigilancia de calidad de aire en el país.

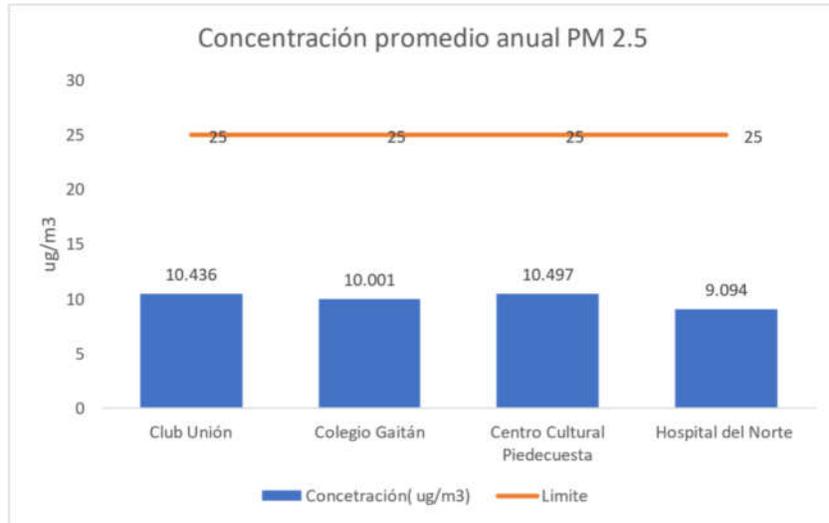


Figura 1 Concentración promedio anual pm 2.5

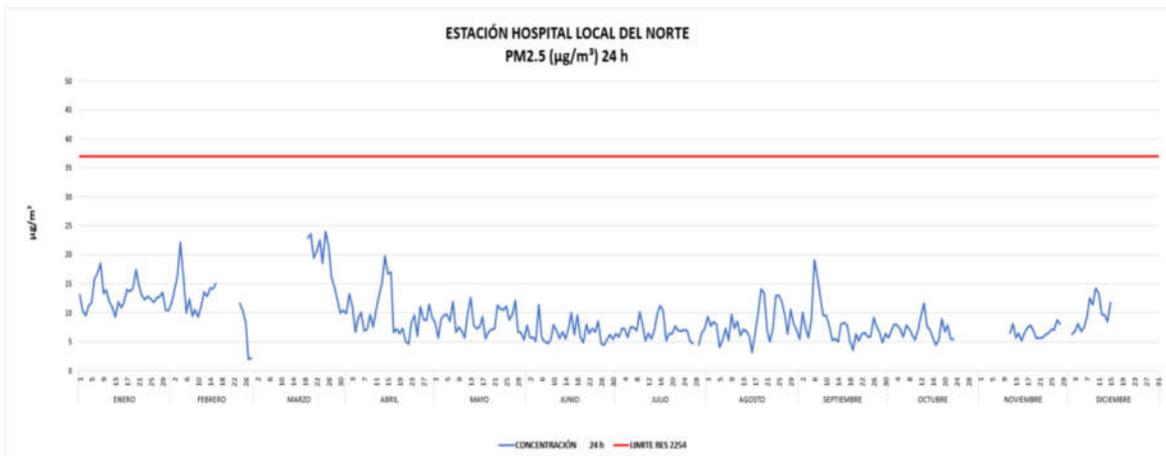


Figura 2 Concentración temporal Hospital Local Norte PM 2.5 año 2022



Figura 3 Concentración temporal Centro Cultural Piedecuesta PM 2.5 año 2022



Figura 4 Concentración temporal Club Unión PM 2.5 año 2022

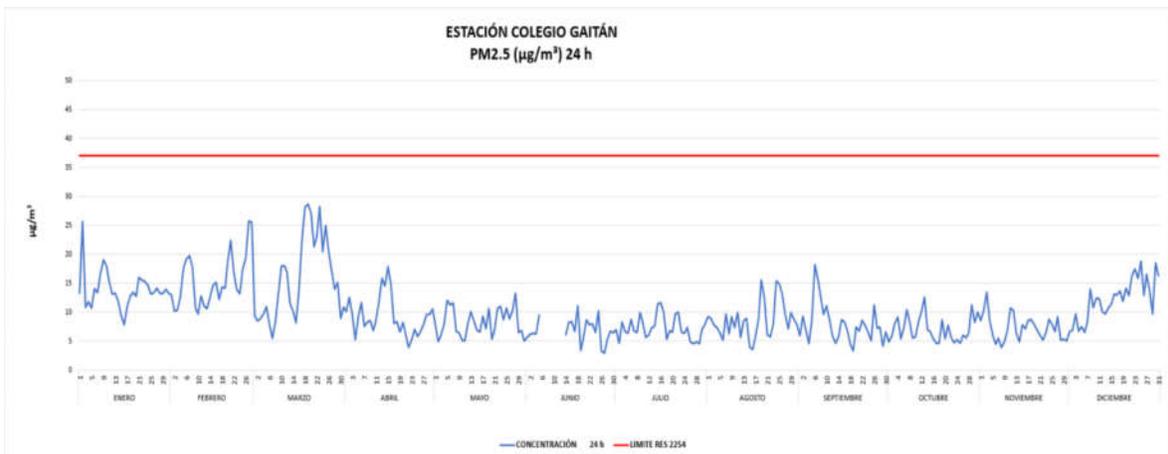


Figura 5 Concentración temporal Colegio Gaitán PM 2.5 año 2022

Ciclos diarios

La Figura 6 presenta el comportamiento promedio durante el día para el año 2022 donde en general puede observarse un comportamiento típico de las concentraciones a lo largo del día, con una mayor concentración de partículas entre las 07:00 y las 10:00 y uno un poco menos pronunciado entre las 19:00 y las 23:00, las estaciones presentan concentraciones similares en estos momentos de mayor concentración durante el día entre 12 y 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

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).

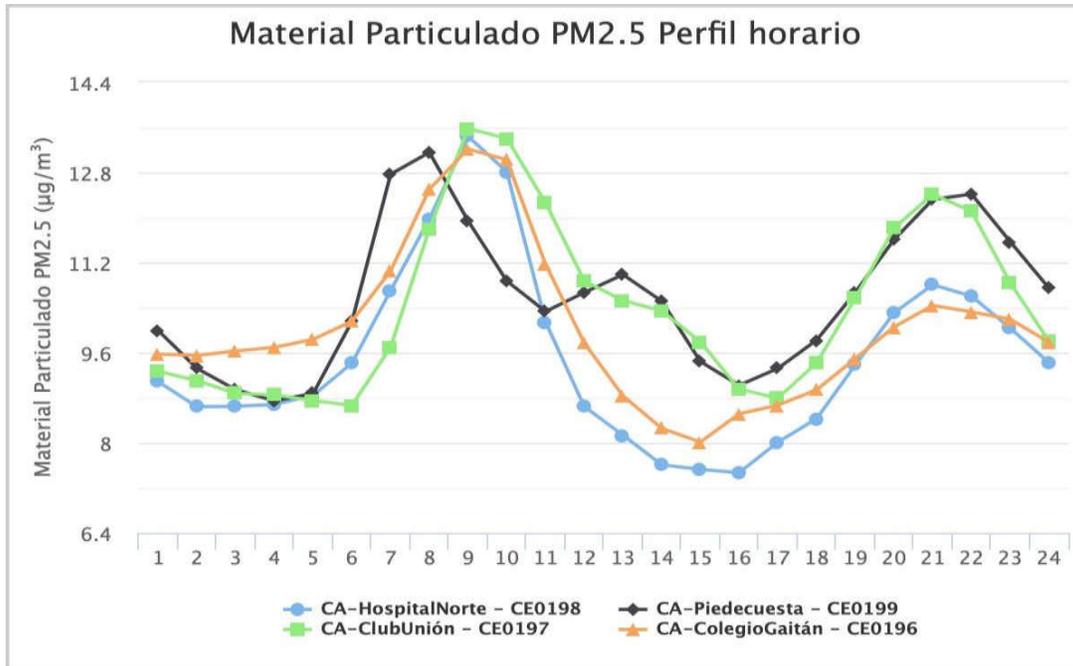


Figura 6 Perfil Horario estaciones del SVCA PM 2.5

En cuanto al comportamiento diario las concentraciones más altas de PM2.5 se ven los días jueves viernes y sábado como se observa en la Figura 7, siendo el sábado el día de más altas concentraciones registrando valores entre 10 y 12 µg/m³.

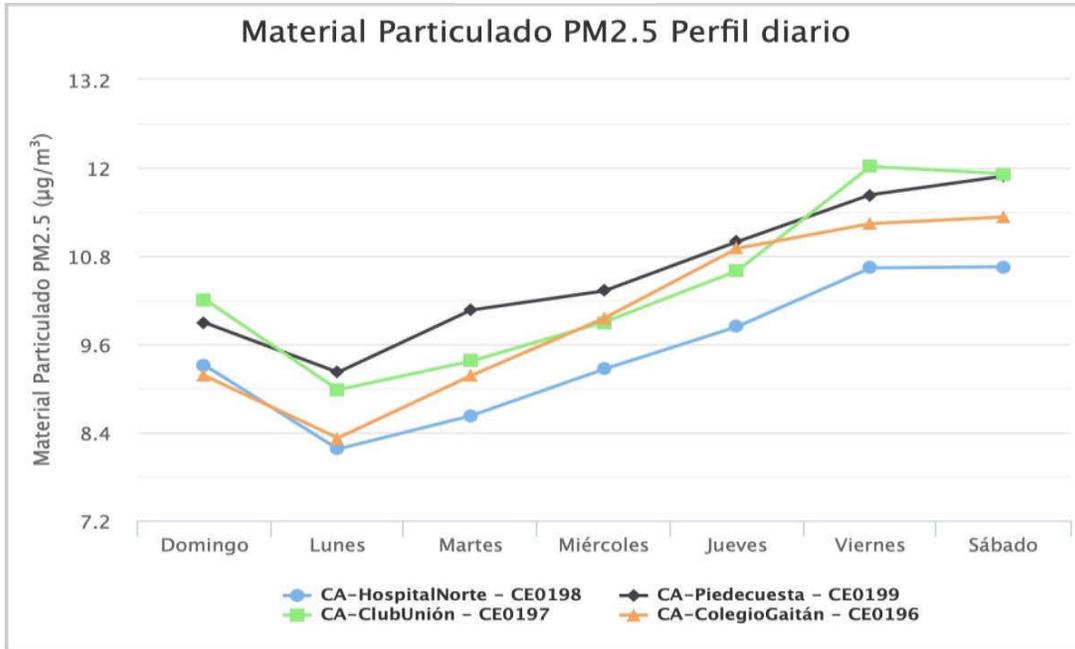


Figura 7 Perfil diario de PM 2.5

4.1.2. MATERIAL PARTICULADO PM 10

El Material Particulado menor a 10 µm (PM10) es uno de los contaminantes criterio monitoreado por el Sistema de Vigilancia de la Calidad de Aire (SVCA). Conforme la última actualización del inventario de emisiones del área metropolitana de Bucaramanga para la CDMB, las emisiones de PM10 están asociadas mayoritariamente a las fuentes fijas, siendo el sector de cerámicos, vitreos, ladrilleras, alfareras y tejares, el sector que más aporte realiza.

Durante el año 2022 el SVCA tuvo en operación 4 estaciones de monitoreo automático de PM10 ubicadas en dos (Bucaramanga y Piedecuesta) de los cuatro municipios del área metropolitana de Bucaramanga.

Datos Anual PM 10

La representatividad del contaminante PM 10 supera el 75% de los datos en las 4 estaciones donde se registra el contaminante como se observa en la Tabla 11 este porcentaje debe superarse para que hubo operación en ese porcentaje del año, hay que recordar que el SVCA inicio operación bajo ISO 17025 en el mes de agosto.

Tabla 11 Representatividad datos PM 10 Año 2022

Estación	Contaminante	% Representatividad datos	Concentración Promedio anual PM 2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Hospital Norte	PM 10	83%	18.79
Centro Cultural Piedecuesta	PM 10	99%	22.82
Club Unión	PM 10	96%	18.16
Colegio Gaitán	PM 10	98%	18.62

Comportamiento Anual de PM 10

El promedio anual de PM10 en las 4 estaciones estuvo por debajo del valor que indica la Resolución 2254 de 2017 visto en la Figura 8, la estación de Centro Cultural en el municipio de Piedecuesta presento la concentración más alta a las registradas en las demás estaciones ubicadas en Bucaramanga, sin embargo, las concentraciones en las estaciones estuvieron muy alejadas de la norma, de la Figura 9 a la Figura 12 se presentan la variación en la concentración durante el año de lo que los meses de enero, febrero, marzo y diciembre presentan las concentraciones más altas que se registraron durante el año, este comportamiento muy similar a lo ocurrido con el PM 2.5 siendo las mismas condiciones las que afectan estas temporadas en que se incrementa la concentración.

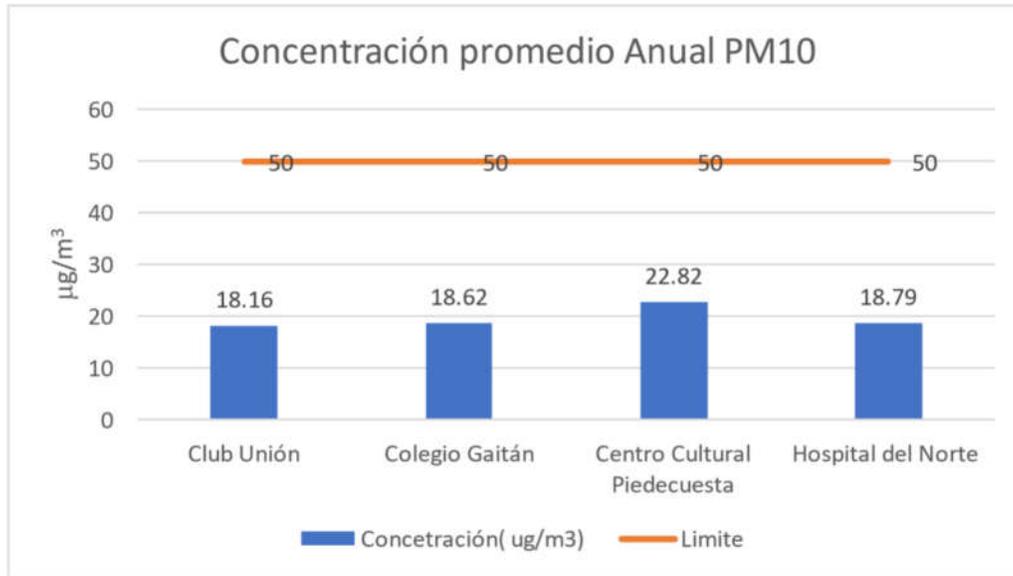


Figura 8 Concentración promedio anual de PM 10 año 2022

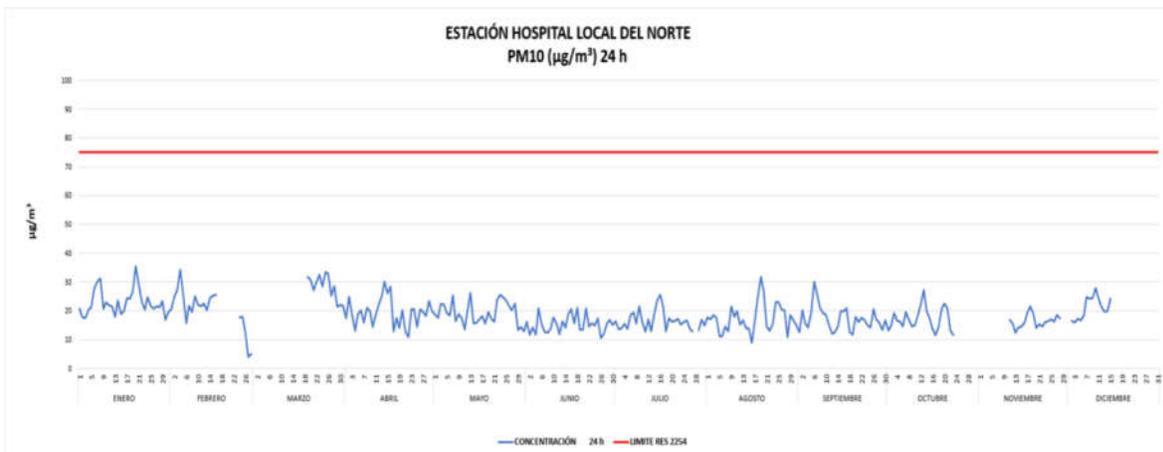


Figura 9 Concentración temporal Hospital Local Norte PM 10 año 2022

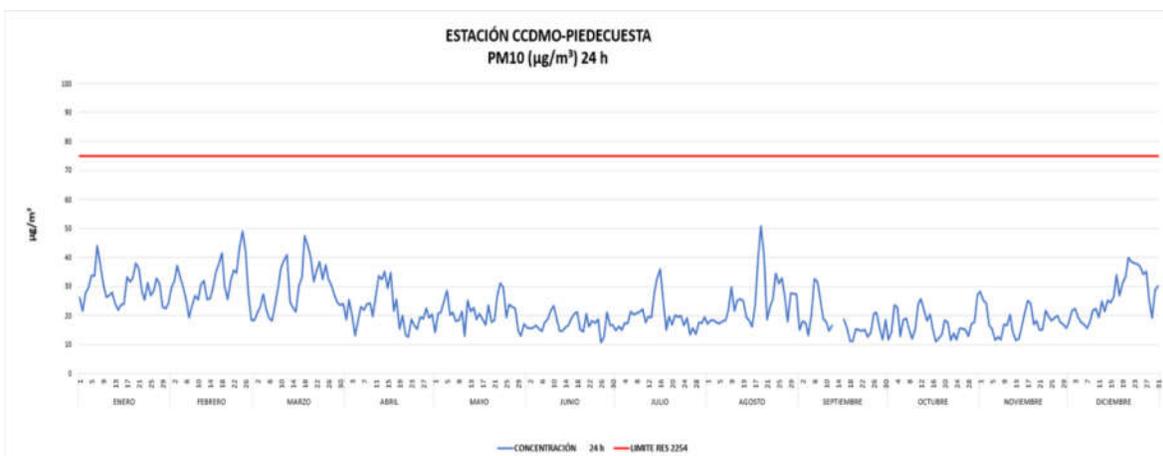


Figura 10 Concentración temporal Centro Cultural Piedecuesta PM 10 año 2022



Figura 11 Concentración temporal Club Unión PM 10 año 2022

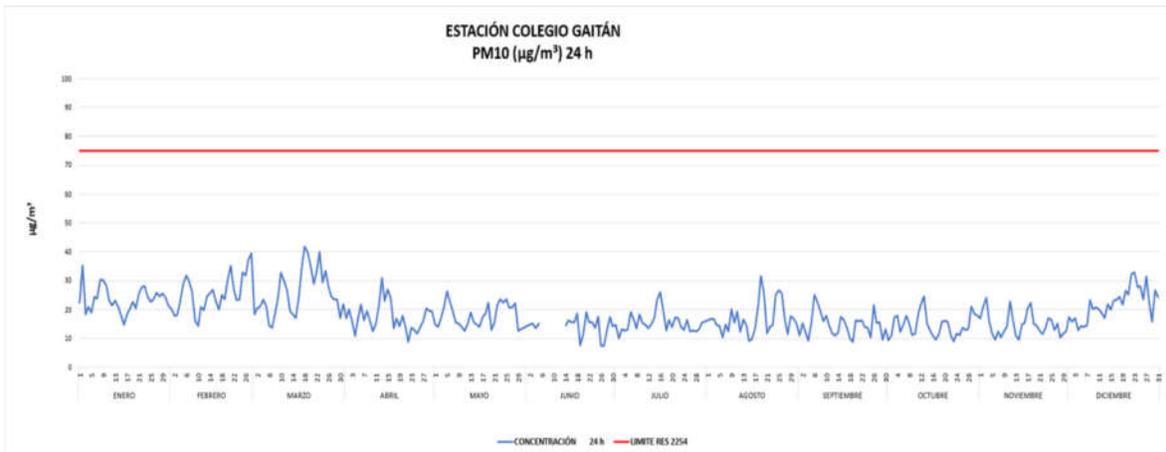


Figura 12 Concentración temporal Colegio Gaitán PM 10 año 2022

Ciclos diarios y horarios

La Figura 13 presenta el comportamiento horario de PM10, al igual que para el PM2.5, se conserva en todas las estaciones el pico máximo de concentración en las horas de la mañana entre las 05:00 y las 9:00 y un pico de menor concentración después de las 19:00, se observa también que la estación Piedecuesta presenta concentraciones más altas en el horario en que se presentan concentraciones más altas.

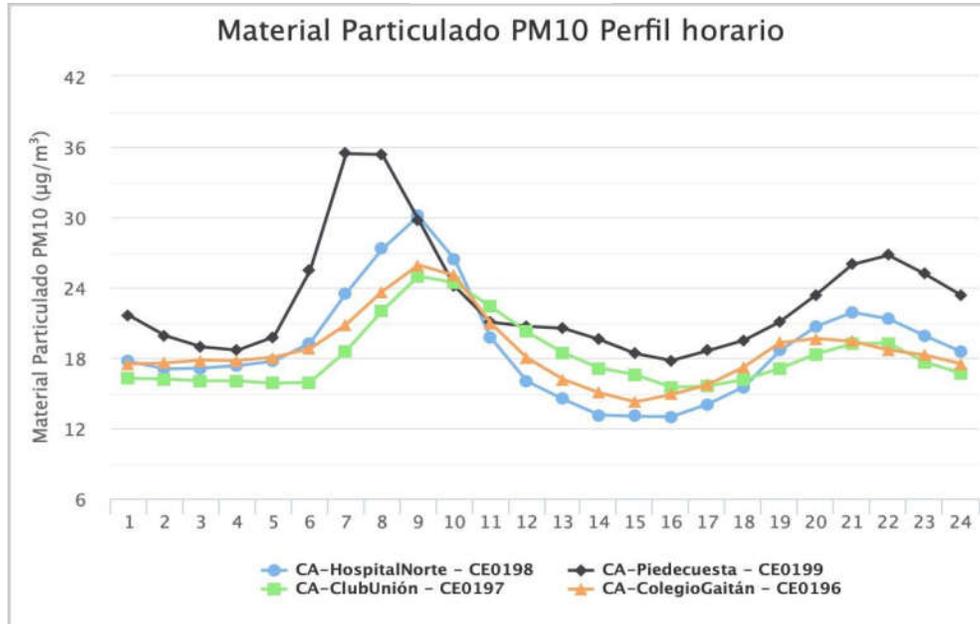


Figura 13 Perfil Horario estaciones SVCA PM 10

A diferencia del PM 2.5 en la Figura 14 se observa que desde el día miércoles empieza a incrementarse la concentración de PM10 y que en pico más alto es el día viernes, la estación ubicada en Piedecuesta es la que presenta una concentración más alta que las ubicadas en Bucaramanga.

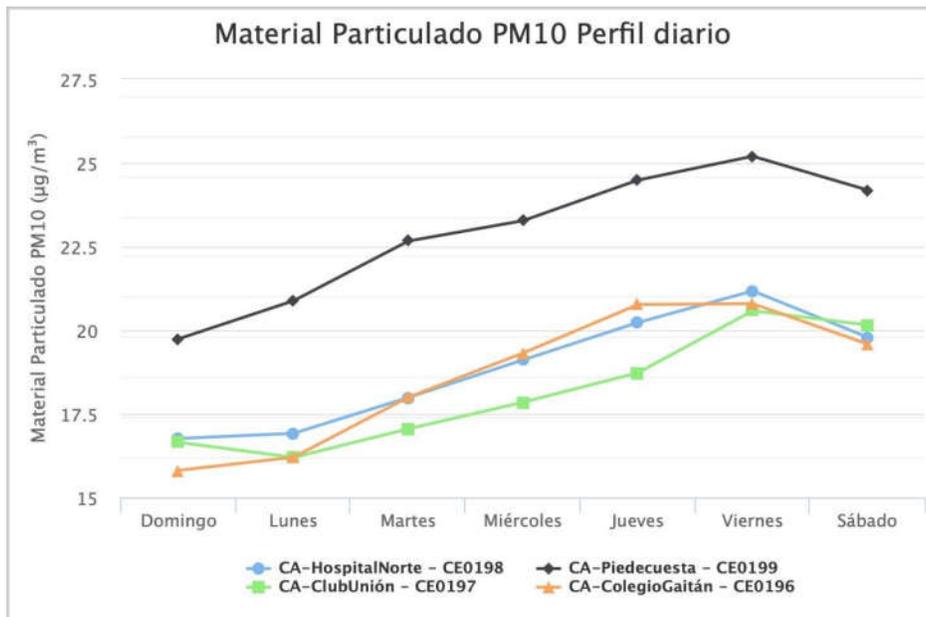


Figura 14 Perfil diario PM 10 estaciones del SVCA

4.1.3. OZONO O₃

El O₃ es un gas que existe en las capas altas bajas de la atmósfera, pero mientras en la estratósfera es de tipo natural, actuando como un filtro protector de la radiación ultravioleta, en las capas bajas es perjudicial en los seres vivos (ozono troposférico), ya que es un oxidante fuerte e irritante que en altas concentraciones en el sistema respiratorio de humanos afecta las mucosas y tejidos pulmonares, y causa toxicidad en plantas. Este ozono troposférico no es emitido directamente a la atmosfera, sino que es producido por la reacción química entre el oxígeno natural del aire y los óxidos de nitrógeno e hidrocarburos, los cuales actúan como precursores de la reacción química en presencia de la luz solar.

Durante el año 2022 el SVCA tuvo en operación 4 estaciones de monitoreo automático de Ozono ubicadas en dos de los cuatros municipios del área metropolitana de Bucaramanga (Bucaramanga y Piedecuesta).

Datos anual Ozono (O₃)

La Tabla 12 relaciona que la operación da cumplimiento al porcentaje de datos que se solicita en las estaciones de Hospital del norte, CCDMO Piedecuesta, Club Unión y que la estación de Colegio Gaitán aunque no cuenta con el 75% de datos pero se encuentra muy cercano.

Tabla 12 Representatividad datos anuales O₃

Estación	Contaminante	% Representatividad datos
Hospital Norte	O ₃	85%
CCDMO- Piedecuesta	O ₃	98%
Club Unión	O ₃	75%
Colegio Gaitán	O ₃	73%

Comportamiento Anual O₃

Para en análisis de la distribución temporal se observa que en las estaciones presentan diferentes meses donde se ubican las concentraciones más altas, en la

Figura 15 se observa la concentración de la estación Hospital del norte y se observa que las concentraciones más altas se dan en los meses de Agosto, Septiembre y Diciembre, la estación de Piedecuesta que se presenta en la Figura 16 muestra un comportamiento homogéneo en el año con unos picos de altas concentraciones en febrero y septiembre, para la estación Club unión las concentraciones más altas se dieron en los meses de julio y diciembre como se observa en la Figura 17 y para la estación del Colegio Gaitán el comportamiento es homogéneo desde el inicio de su operación en el mes de marzo presentando concentraciones más altas en agosto, septiembre y diciembre.

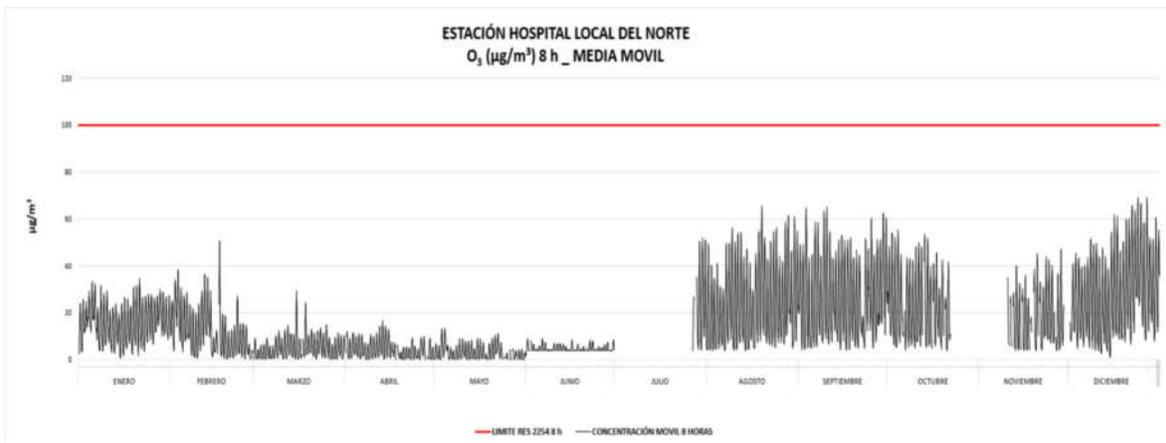


Figura 15 Distribución temporal de la concentración de O3 estación Hospital del Norte



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

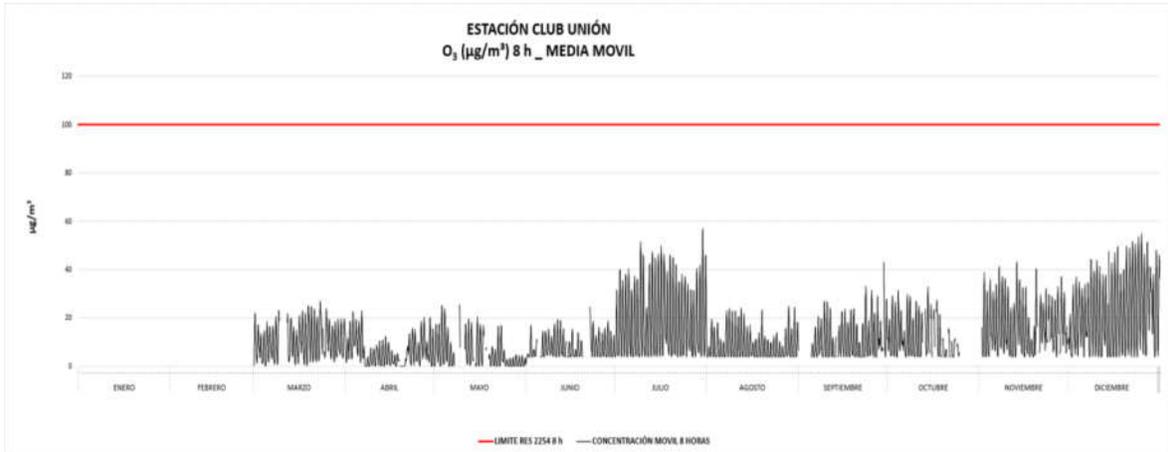


Figura 17 Distribución temporal de la concentración de O3 estación Club Unión

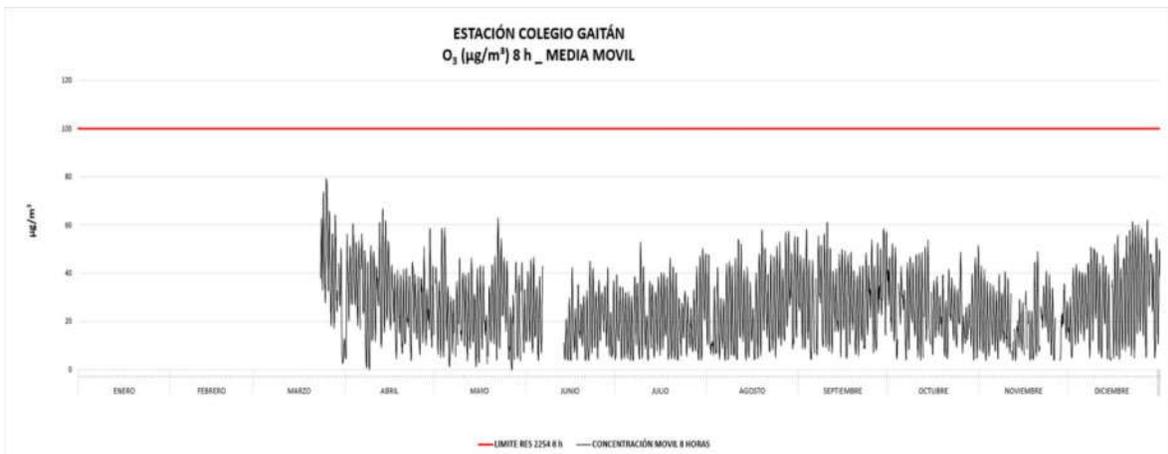


Figura 18 Distribución temporal de la concentración de O3 estación Colegio Gaitán

Ciclos diarios y horarios

La Figura 19 presenta el ciclo diurno de la concentración de ozono para las cuatro estaciones de monitoreo del SVCA durante el año 2022. Puede observarse un ciclo para la concentración de este contaminante a lo largo del día para todas las estaciones en analizadas, presentando su pico máximo cerca del mediodía, momento en que hay mayor disponibilidad de luz solar, siendo la estación de Piedecuesta la que presenta la concentración más alta (cerca de $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en el pico más alto del día.

Este comportamiento en las concentraciones de ozono se puede explicar principalmente por el ciclo diurno de la radiación solar. Para la formación de ozono

a nivel troposférico se necesitan básicamente dos condiciones: la presencia de óxidos de nitrógeno o compuestos orgánicos volátiles dentro de la atmósfera y la presencia de luz solar.

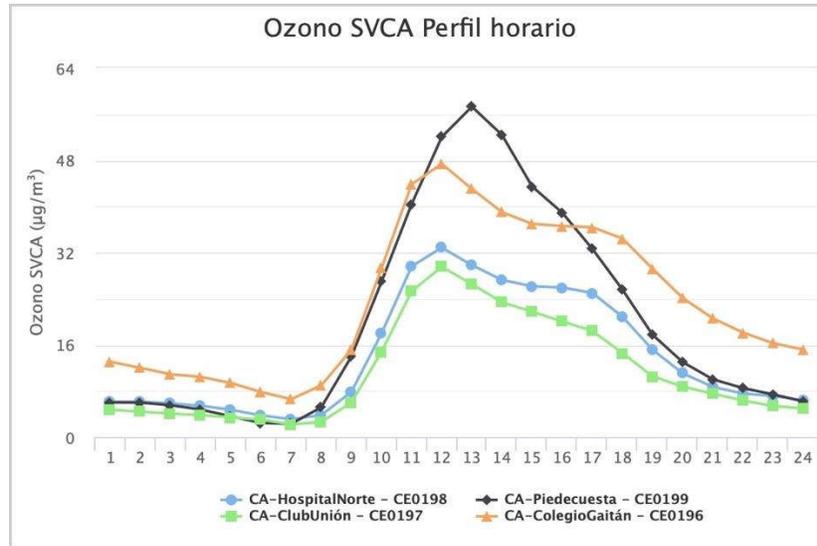


Figura 19 Perfil Horario estaciones SVCA O3

En general las concentraciones son estables durante la semana, pero se observaron descensos de concentración los martes y miércoles, y un leve aumento los jueves y sábados respecto a los primeros días de la semana, es importante destacar que en la Figura 20 las estaciones de Colegio Gaitán y la estación de Piedecuesta presentan las concentraciones más altas.

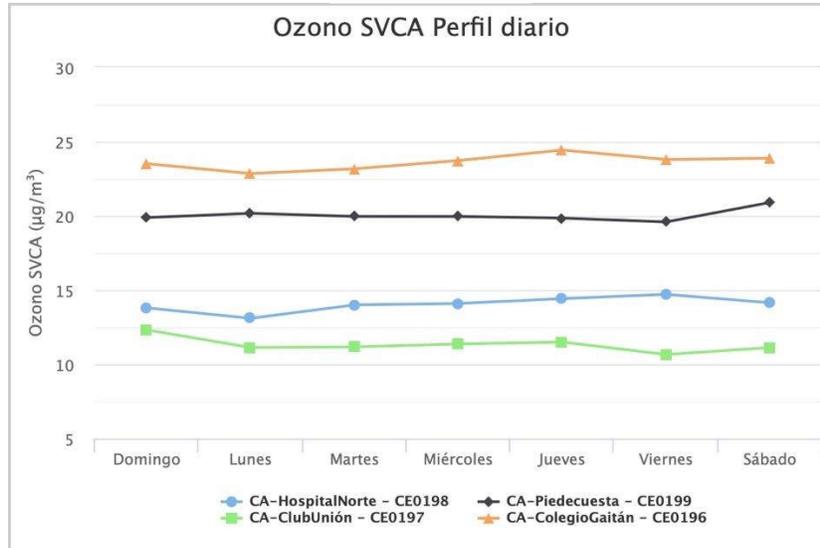


Figura 20 Perfil Diario estaciones SVCA O3

4.1.4. DIOXIDO DE NITROGENO (NO₂)

La suma entre el dióxido de nitrógeno (NO₂) y el óxido de nitrógeno (NO) se conoce como óxidos de nitrógeno (NO_x). Ambas moléculas forman juntas una familia química. El NO es el óxido de nitrógeno que más se forma durante los procesos de combustión, mientras que el NO₂ es emitido en pequeñas cantidades. El NO₂ también se forma dentro de la atmósfera por los procesos de oxidación del NO, los óxidos de nitrógeno en el inventario de emisiones actualizado año base 2021 están asociadas a las fuentes móviles siendo las camiones, autos particulares y buses los que más aporte de este contaminante realizan.

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

Datos anuales de NO₂

Para este contaminante no se cumple con el 75% de datos (operación de estaciones) como se indica en la Tabla 13, por tanto, se van a presentar el comportamiento del contaminante de los datos registrados durante el año 2022.

Tabla 13 Representatividad de datos NO2 año 2022

Estación	Contaminante	% Representatividad datos
CCDMO- Piedecuesta	NO ₂	52%
Club Unión	NO ₂	59%

Comportamiento Anual NO₂

La Figura 21 y la Figura 22 presentan la distribución temporal que, aunque no cumple con la representatividad muestra el comportamiento del contaminante, el cual en la estación de Piedecuesta se mantiene sobre los 50 µg/m³ y en la estación del club unión también se mantiene predominantemente por debajo de los 50 µg/m³ sobrepasando esta concentración En el mes de octubre y diciembre.



Figura 21 Distribución temporal de la concentración de NO2 estación Piedecuesta.

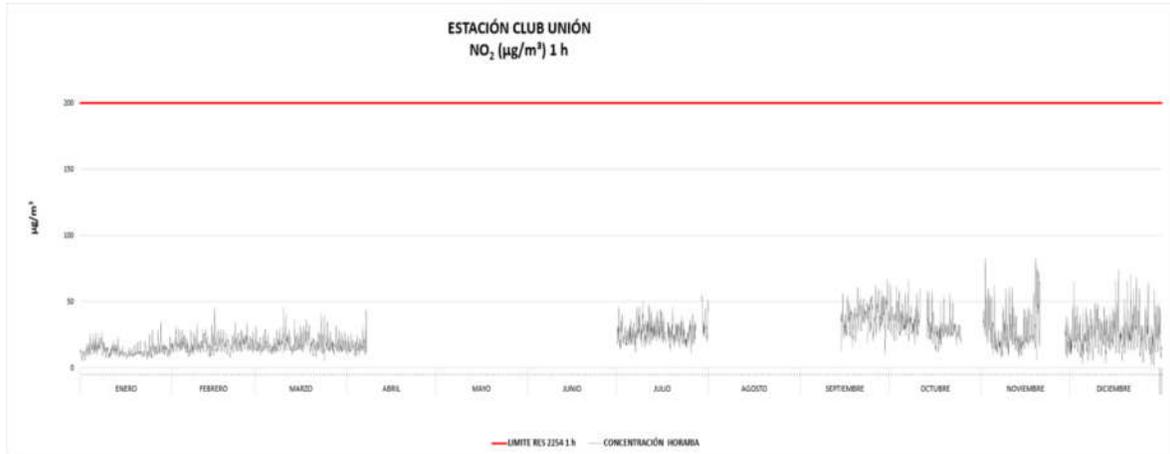


Figura 22 Distribución temporal de la concentración de NO₂ estación Club Unión.

Ciclos diarios y horarios NO₂

La Figura 23 muestra dos franjas de concentración elevada de NO₂ una en la mañana y otra en la tarde y una reducción al medio día, este comportamiento es bastante influenciado por las horas pico de transporte en la ciudad, en la salida hacia los lugares de trabajo en la mañana y retorno a los hogares de los ciudadanos en la tarde, en cuanto al ciclo diario que se ve en la Figura 24 el incremento en las concentraciones los días jueves, viernes y sábados y un descenso los domingos el día de menos flujo vehicular.

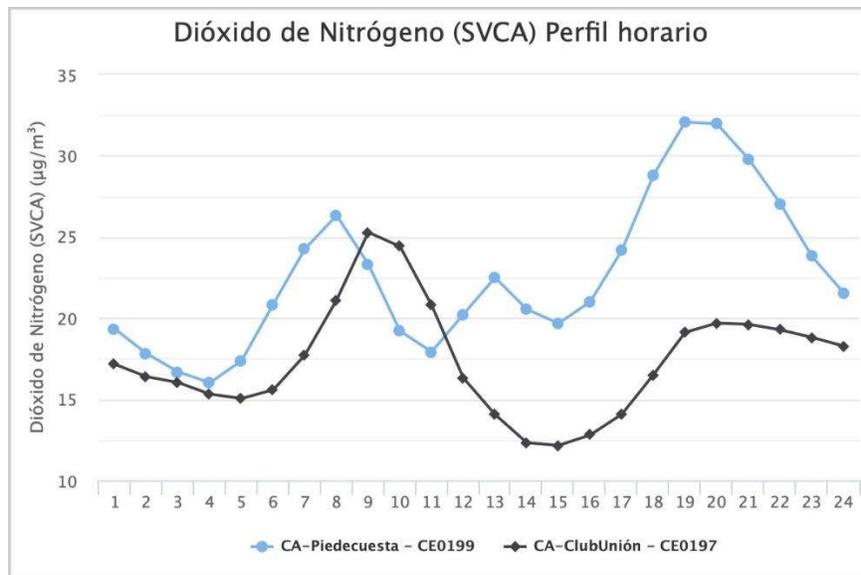


Figura 23 Perfil horario de NO₂ Año 2022

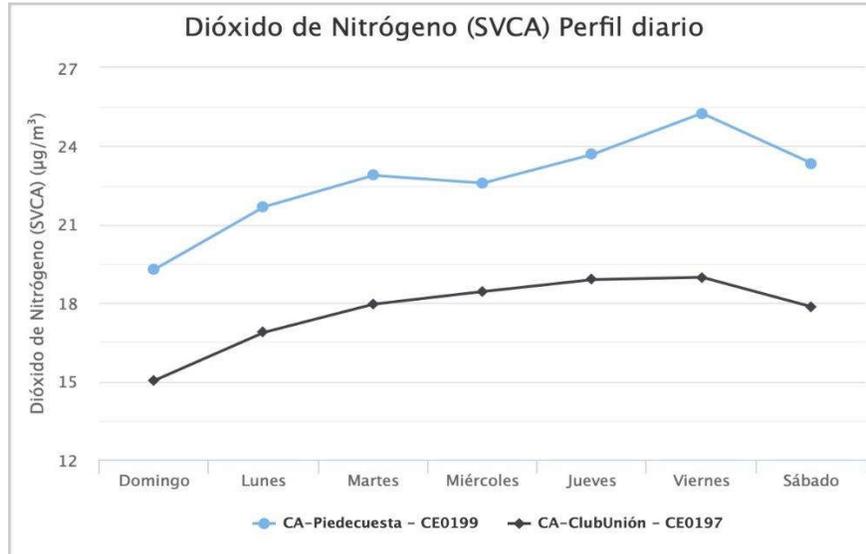


Figura 24 Perfil diario de NO2 año 2022

4.1.5. MONOXIDO DE CARBONO (CO)

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 2022 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 2022, y posteriormente el comportamiento del contaminante.

Estación	Contaminante	% Representatividad datos
CCDMO Piedecuesta	CO	65%
Club Unión	CO	63%

Tabla 14 Representatividad de datos CO-Año 2022

Comportamiento Anual CO

De la Figura 25 a la Figura 28 se presenta el comportamiento durante los meses que se validaron datos para monóxido de carbono en los dos niveles que indica la Resolución 2254 de 2017 uno horario y el otro de acumulado de 8 horas, para ambos en ambos niveles la concentración del contaminante estuvo por debajo de la norma y bastante alejado de los límites, para la gráfica de media móvil 8 horas en las dos estaciones se observa unas concentraciones más elevadas en los meses de agosto y octubre .

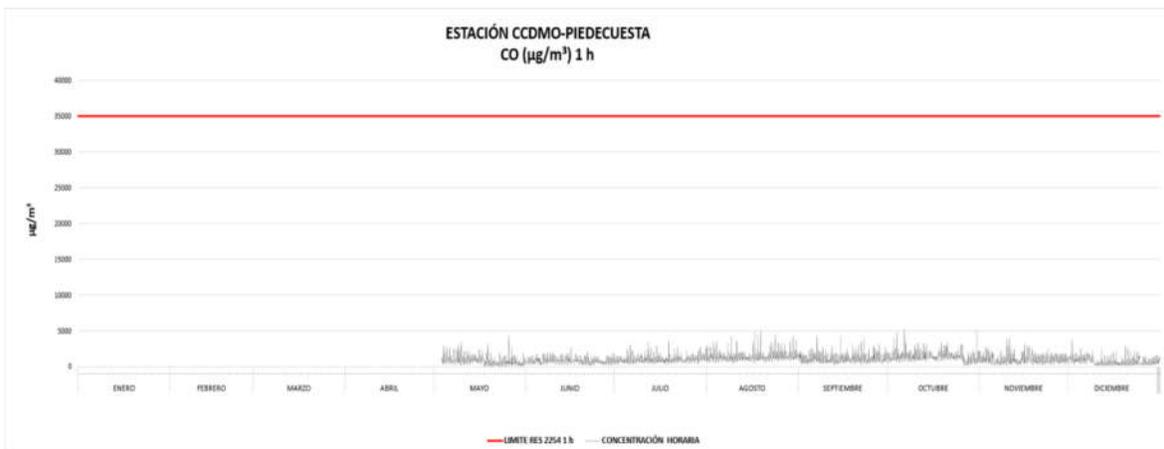


Figura 25 Distribución temporal horaria de Concentración de CO estación Piedecuesta- Año 2022



Figura 26 Distribución temporal 8 horas de Concentración de CO estación Piedrecuesta- Año 2022



Figura 27 Distribución temporal horaria de Concentración de CO estación Club Unión- Año 2022

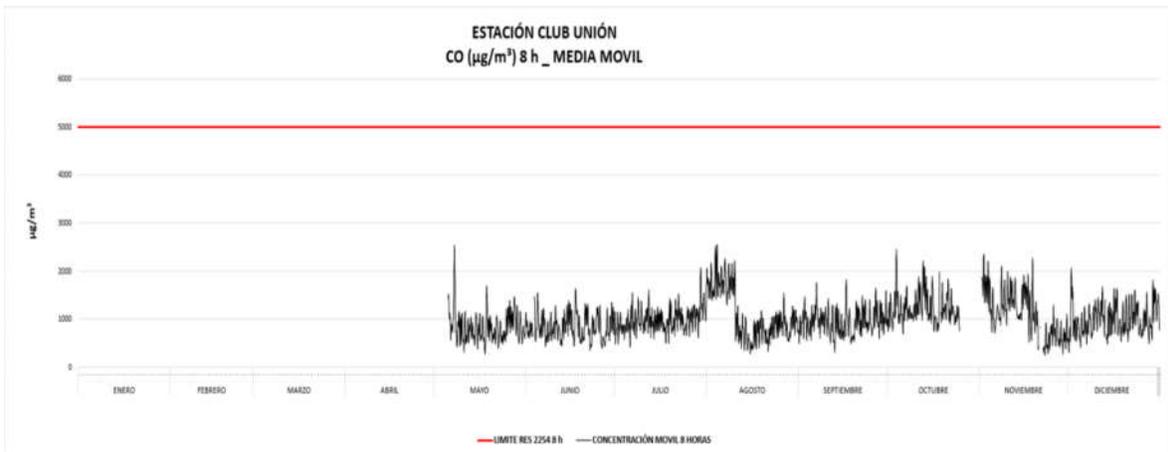


Figura 28 Distribución temporal 8 horas de Concentración de CO estación Club Unión- Año 2022

Ciclos diarios y horarios CO.

En la Figura 29 puede observarse un comportamiento bimodal para ambas estaciones, teniendo la estación de Piedecuesta valores más altos en comparación con la estación del Club Unión. Las concentraciones máximas horarias ocurrieron entre las 07:00 y las 10:00 para el primer pico y para el segundo pico con menos concentración entre las 18:00 y las 22:00 en ambas estaciones. La variabilidad observada está relacionada principalmente por la actividad vehicular en el área metropolitana de Bucaramanga la cual condiciona el ciclo diurno del tráfico.

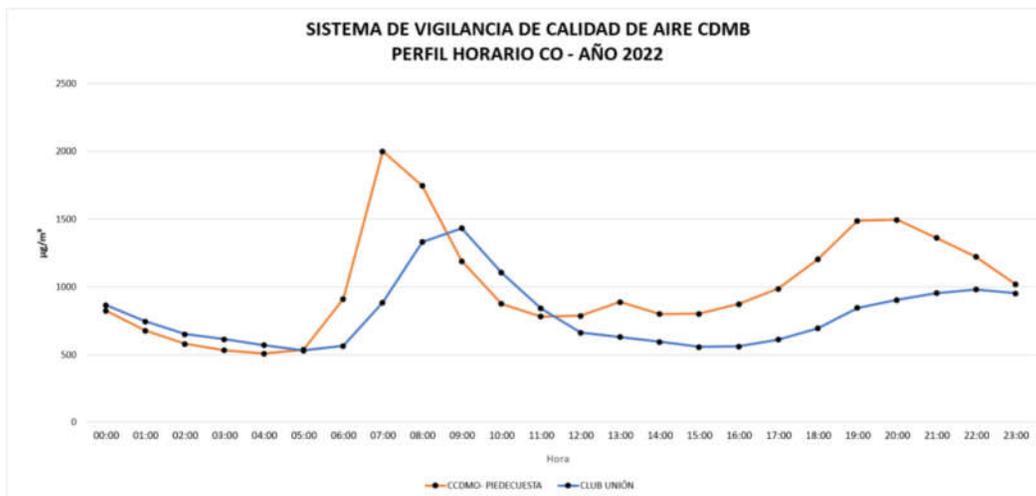


Figura 29 Perfil horario CO-Año 2022

El comportamiento de las estaciones muestra los niveles más altos de concentración desde el día martes hasta el viernes los días martes, miércoles y jueves la estación de Piedecuesta es más alta y el día viernes la concentración en la estación del Club Unión es más alta (Ver Figura 30)

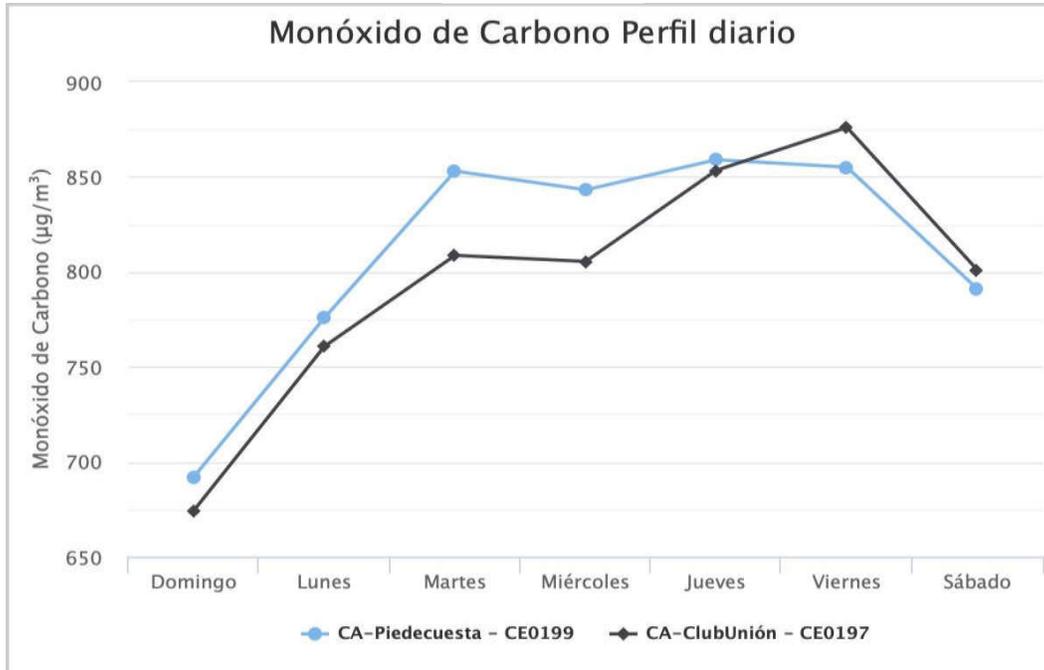


Figura 30 Perfil diario CO-Año 2022

4.1.6. DIOXIDO DE AZUFRE (SO₂)

El SO₂ es un contaminante primario este es monitoreado por el Sistema de Vigilancia de Calidad de Aire (SVCA), es un gas incoloro y de olor picante e irritante, perceptible en concentraciones superiores a 3 ppm (8 µg/m³). Se genera principalmente por la utilización de combustibles fósiles con contenido de azufre como el carbón, la gasolina y el diésel, que son usados en la industria y el transporte.

El Sistema de Vigilancia de la Calidad de Aire (SVCA) para el año 2022 tuvo en operación dos estaciones que monitorean SO₂ ubicadas en los municipios de Bucaramanga y Piedecuesta (Club Unión, Centro Cultural Daniel Mantilla Orbezo).

Datos Anuales SO₂

El contaminante SO₂ si presenta una representatividad superior al 75% esto indica que los datos que se presentan los cuales ya están validados tal como muestra la Tabla 15.

Tabla 15 Representatividad SO₂- Año 2022

Estación	Contaminante	% Representatividad datos
CCDMO Piedecuesta	SO ₂	76%
Club Unión	SO ₂	89%

Comportamiento Anual SO₂

Las concentraciones de SO₂ Como se ve en las figuras que se presentan a continuación (Figura 31 a la Figura 34) está muy por debajo de los límites que establece la Resolución 2254 de 2017, en las dos estaciones medidas (Piedecuesta y Club Unión) las concentraciones no alcanzan los 10 µg/m³, el comportamiento durante al año es homogéneo durante todo el año también para estas dos estaciones.

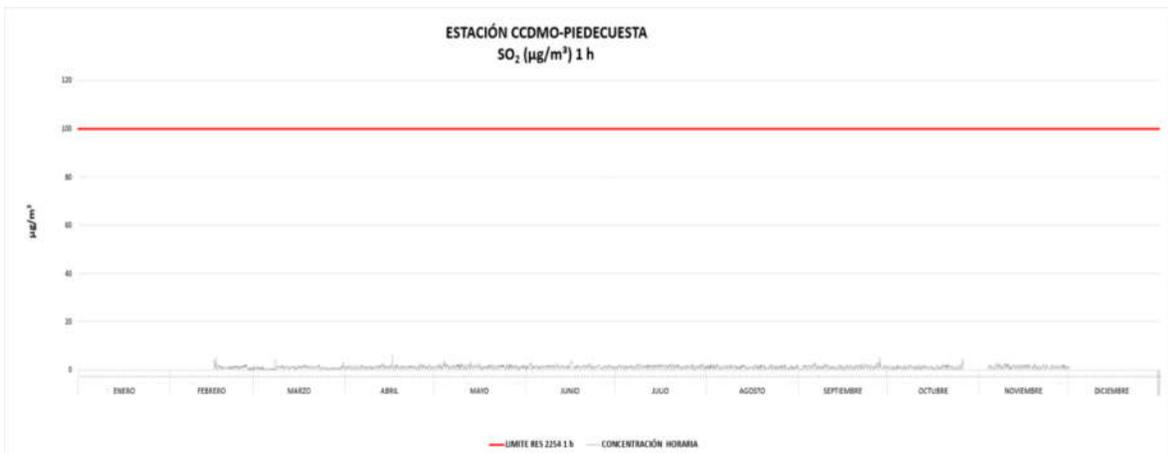


Figura 31 Distribución temporal horaria de Concentración de SO₂ estación Piedecuesta- Año 2022



Figura 32 Distribución temporal 24 horas de Concentración de SO₂ estación Piedecuesta- Año 2022

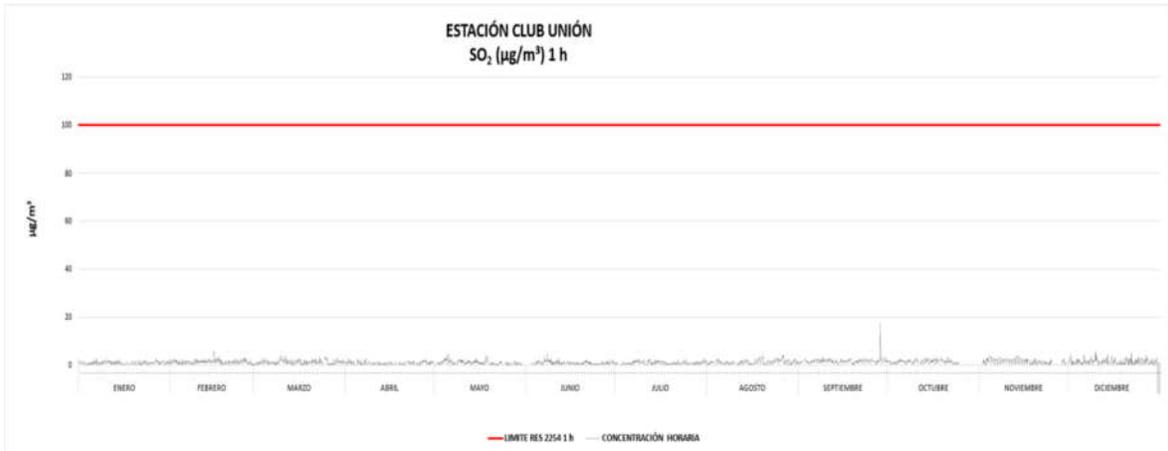


Figura 33 Distribución temporal horaria de Concentración de SO₂ estación Club Unión- Año 2022



Figura 34 Distribución temporal 24 horas de Concentración de SO₂ estación Club Unión- Año 2022

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 un pico en las horas de la mañana 7:00 a 9:00 horas y su pico más alto se presenta a las 13:00 horas, mientras que la estación del Club Unión presenta un pico en la mañana de 8:00 a 10:00 horas y luego otro que va desde las 16:00 horas hasta las 0:00 (Ver Figura 35)

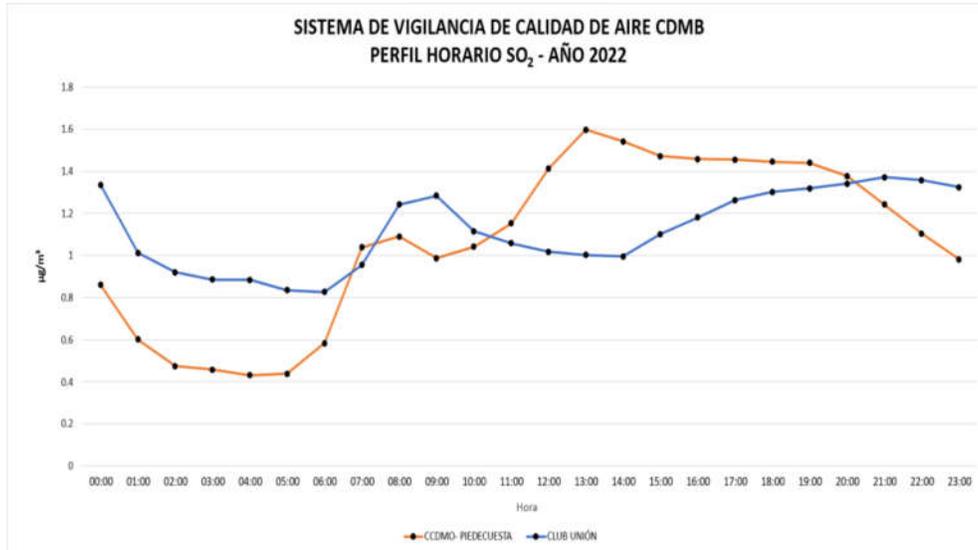


Figura 35 Perfil horario SO2 -Año 2022

La Figura 36 muestra comportamiento semanal de la concentración de SO₂ donde la estación de Piedecuesta incrementa su concentración desde el día martes y su pico más alto es el día miércoles, por otra parte, la estación Club Unión incrementa desde el día miércoles encontrando el jueves su pico más alto que al igual que la estación Piedecuesta es cercano a 1 µg/m³.

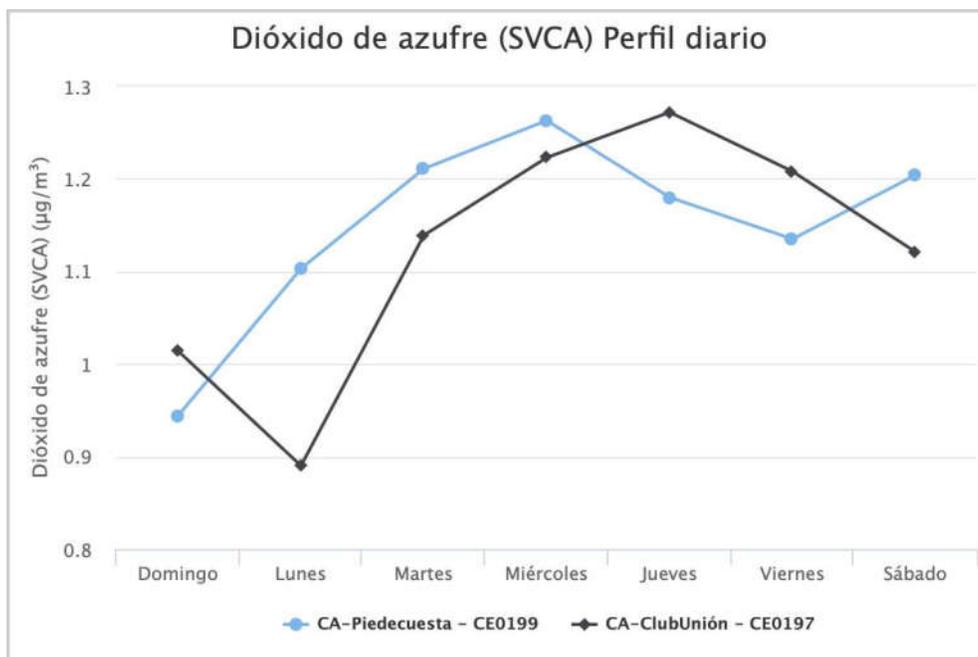


Figura 36 Perfil diario SO2 -Año 2022

4.1.7. AZUFRE TOTAL REDUCIDO (TRS)

El azufre total reducido (TRS) expresado como SO_2 es un 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 2022 tuvo en operación dos estaciones que monitorean TRS ubicadas en los municipios de Bucaramanga y Piedecuesta (Hospital del Norte y el Colegio Jorge Eliecer Gaitán).

Datos anuales de TRS

De la Figura 37 a la Figura 40 se presenta el comportamiento anual de la concentración según los dos límites que indica la Resolución 1541 de 2013 uno horario y el otro 24 horas, destacando que se da cumplimiento a la normativa en estos dos límites y en las dos estaciones que monitorean este parámetro, en la estación Gaitán 24 horas se presentan los valores más altos en los meses de julio y noviembre y la estación Hospital Local del norte en el mes de octubre (Ver Figura 39)

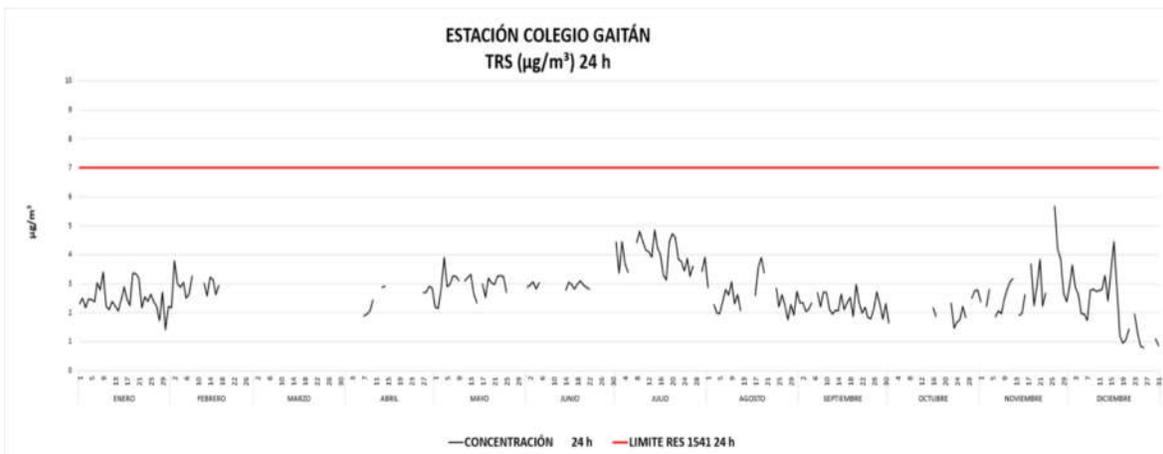


Figura 37 Comportamiento anual de concentración TRS 24 Horas estación Colegio Gaitán- año 2022

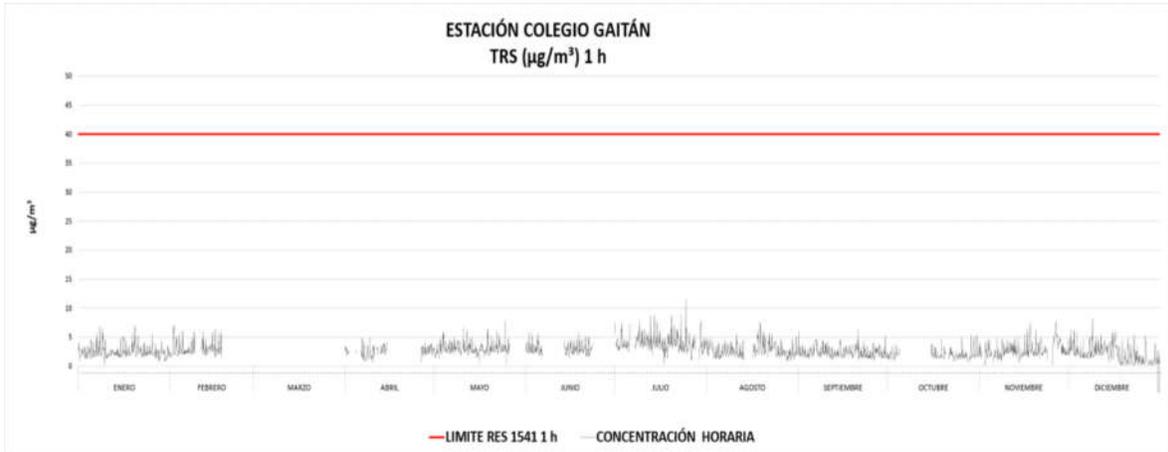


Figura 38 Comportamiento anual de concentración TRS Horario estación Colegio Gaitán- año 2022

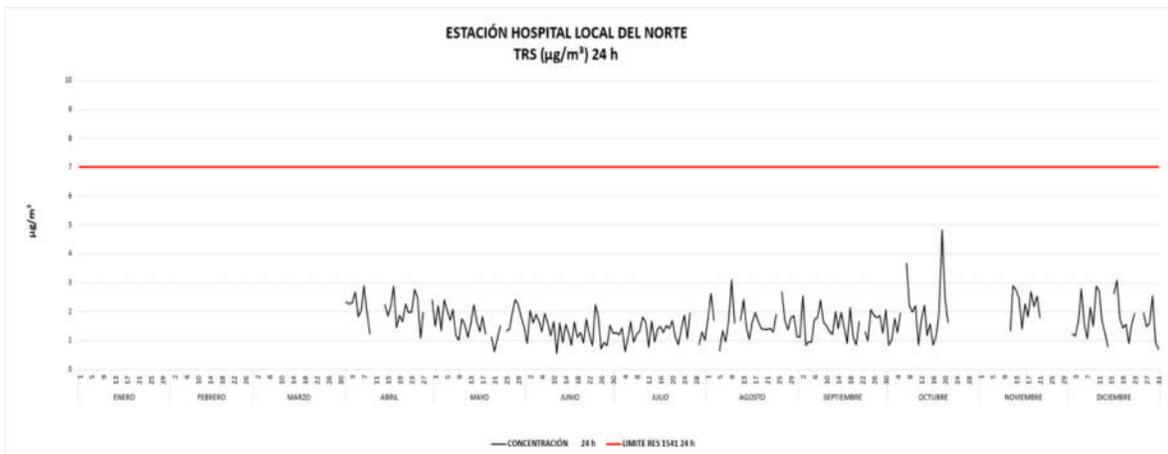


Figura 39 Comportamiento anual de concentración TRS 24 Horas estación Hospital Norte- año 2022



Figura 40 Comportamiento anual de concentración TRS Horario estación Hospital Norte - año 2022

4.2. Análisis de la Calidad del Aire

4.2.1. Índice de Calidad de Aire PM 2.5 (ICA)

El índice de Calidad de Aire (ICA) para PM 2.5 estuvo entre bueno y Aceptable, siendo buena en la mayor cantidad de días como se observa en la Tabla 16, en los meses de enero, febrero, marzo y diciembre es donde se ubican la mayor cantidad de días en la categoría de Aceptable, estos meses se relacionan con algunos fenómenos que inciden en la calidad del aire como, menos lluvias, incendios, quemas de pólvora y el levantamiento de restricciones como el pico y placa lo que afecta la calidad del aire, cabe destacar que en ninguna de las cuatro estaciones se presentó una calidad de aire dañina para la salud por el contaminante PM 2.5.

Estación	Días ICA BUENA	Días ICA ACEPTABLE
Hospital Local Norte	251	51
Centro Cultural Piedecuesta	257	105
Club Unión	253	98
Colegio Gaitán	263	94

Tabla 16 Índice de Calidad de Aire por días en las estaciones del SVCA PM 2.5

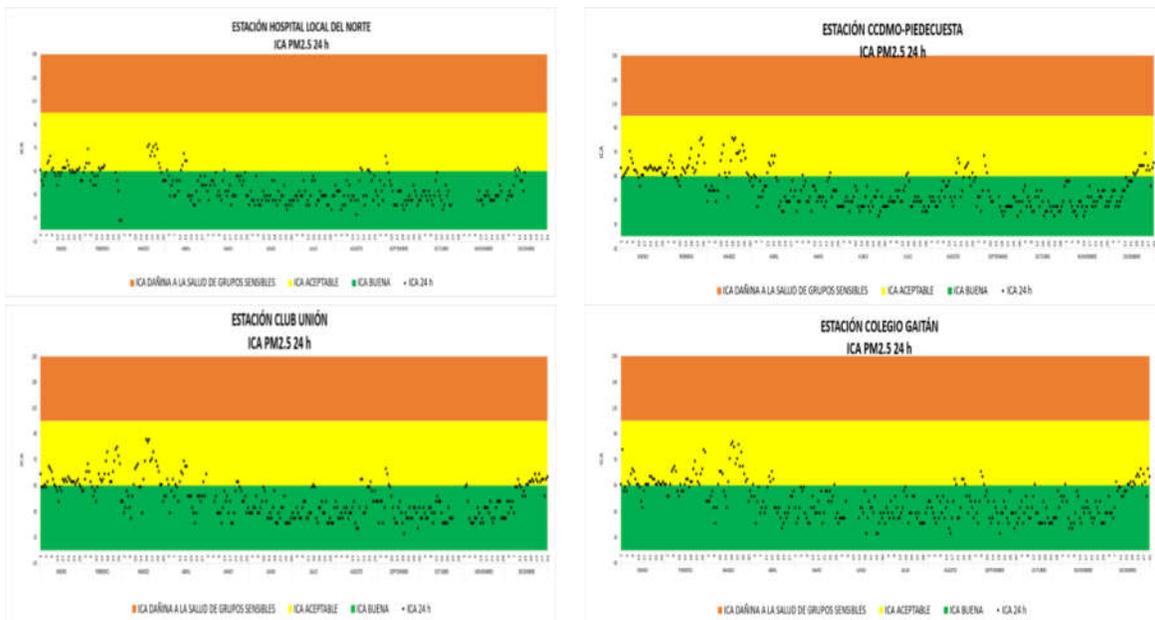


Figura 41 Índice de Calidad de Aire estaciones del SVCA PM 2.5

Los meses de enero y febrero en el año 2022 fue donde se presentó un mayor porcentaje de ICA en categoría aceptable, como puede observarse en la Figura 42, meses donde ocurren gran cantidad de incendios a nivel regional y nacional algunos en la amazonia estos presentados en algunos diarios nacionales.



Figura 42 Porcentajes mensual del Índice de calidad de Aire (ICA)

4.2.2. Índice de calidad de aire PM 10 (ICA)

Las 4 estaciones del SVCA que monitorean PM10 presentaron todos los ICAS de 24 horas en categoría buena esto se puede observar en la Tabla 17 y en la Figura 43, las concentraciones más altas se presentan en el primer trimestre del año y en la estación ubicada en el municipio de Piedecuesta se presentan las concentraciones más altas.

Tabla 17 Índice de Calidad de Aire por días en las estaciones del SVCA PM 10

Estación	Días ICA BUENA	Días ICA ACEPTABLE
Hospital Local Norte	294	0
Centro Cultural Piedecuesta	354	0

Estación	Días ICA BUENA	Días ICA ACEPTABLE
Club Unión	343	0
Colegio Gaitán	349	0

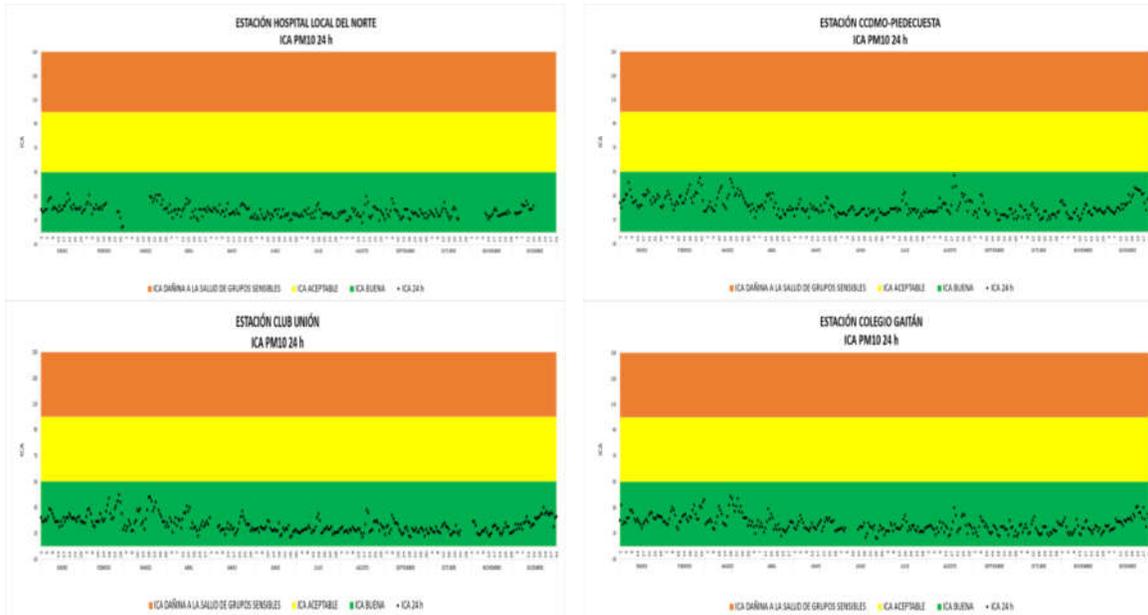


Figura 43 Índice de Calidad de Aire estaciones del SVCA PM 10

4.2.3. Índice de Calidad de Aire O₃ (ICA)

La Resolución 2254 de 2017 establece los puntos de corte para el cálculo del índice de Calidad de Aire asociado a cada contaminante criterio. En el caso del ozono horario, el ICA está definido para concentraciones superiores a 245 µg/m³. Durante el año 2021 los niveles horarios de ozono registrados por las estaciones de la Red de Monitoreo fueron inferiores a este valor, por lo tanto, no es posible calcular ICA asociado a las concentraciones de horarias de este contaminante, para el cálculo del ozono de ocho (8) horas como se observa en la Figura 44 durante el año 2022 en todas las estaciones de monitoreo del SVCA se mantuvo en categoría Buena.

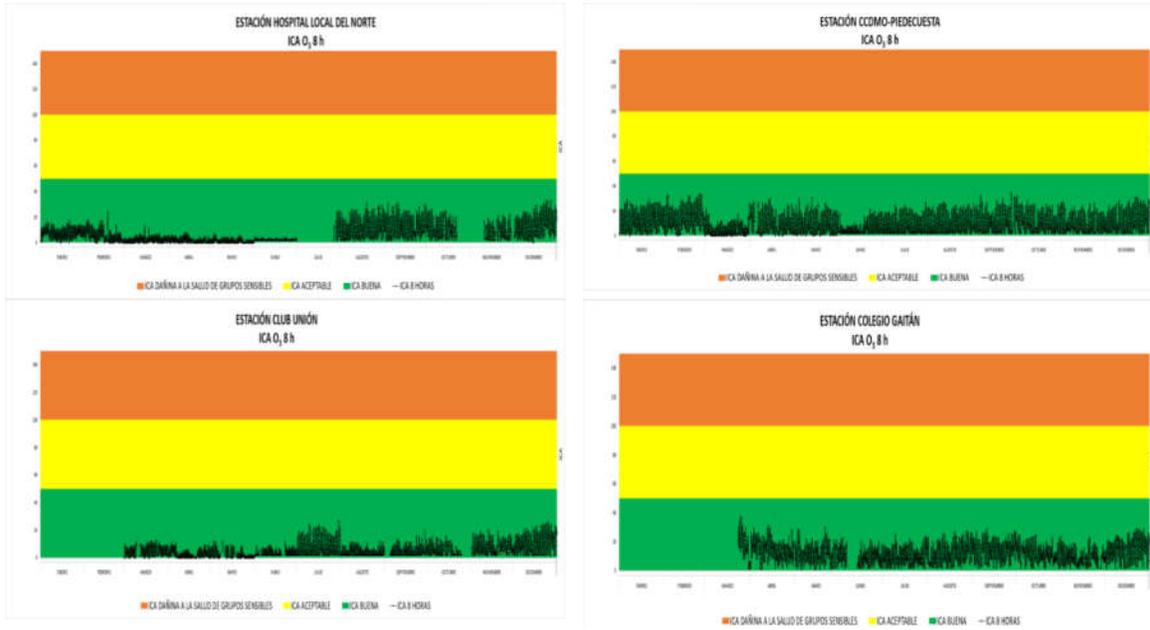


Figura 44 Índice de Calidad de Aire estaciones del SVCA O3

4.2.4. Índice de Calidad de Aire NO₂ (ICA)

El índice de Calidad de Aire (ICA) de las estaciones que monitorean NO₂ es horario y se ubicó en categoría buena para todo el tiempo del año 2022 (ver Figura 45) en el que se tienen datos.

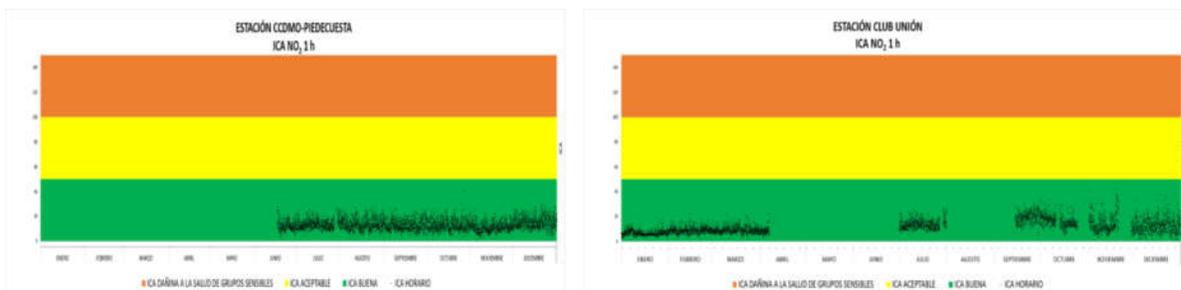


Figura 45 Índice de Calidad de Aire estaciones del SVCA NO2 Año 2022

4.2.5. Índice de Calidad de Aire CO

La Figura 46 evidencia como fue el comportamiento durante el año 2022 del Monóxido de Carbono (CO) el índice de calidad de aire para todo el periodo del cual se tienen datos se ubicó en la categoría de buena.

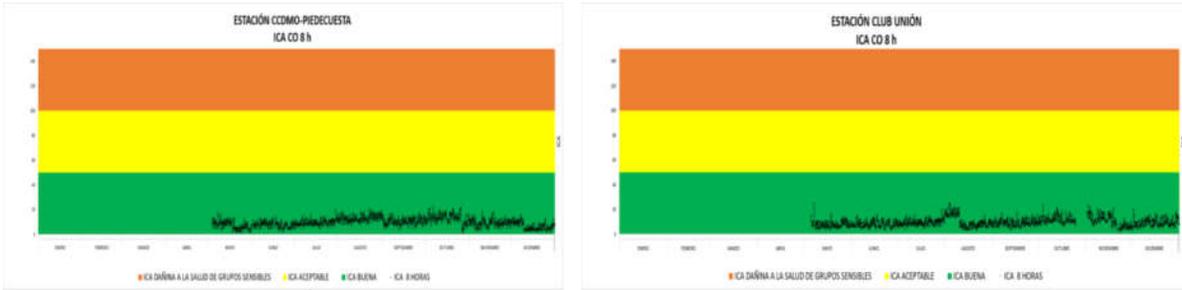


Figura 46 Índice de Calidad de Aire estaciones del SVCA CO- Año 2022

4.2.6. Índice de Calidad de Aire SO₂

El índice de calidad de aire que se observa en la Figura 47 como ya ha sido expuesto anteriormente es los bajos niveles de concentración del contaminante dióxido de azufre y para todo el tiempo que existe datos el ICA estuvo en categoría buena.

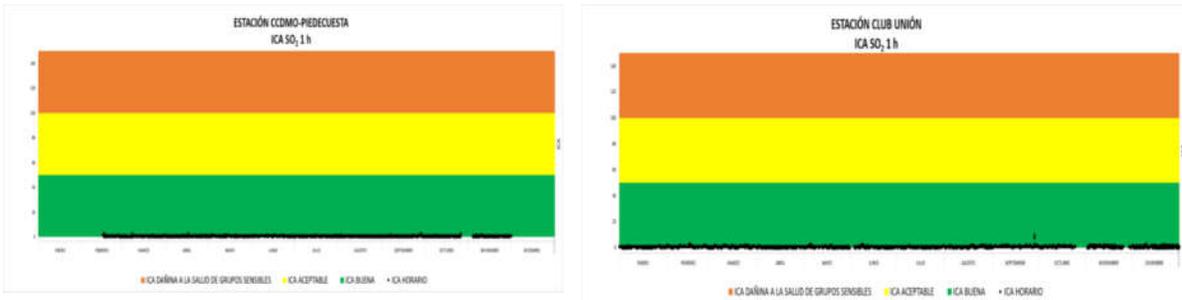


Figura 47 Índice de Calidad de Aire estaciones del SVCA SO₂- Año 2022

4.3. 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 2022.

4.3.1. Temperatura

La temperatura del aire ambiente determina la ocurrencia de los procesos de difusión de contaminantes por su contribución al incremento de los flujos turbulentos que son claves para el ascenso a niveles por encima del suelo y el transporte y mezcla de los contaminantes, que diariamente se descargan en la ciudad ya sea por fuentes propias o por fuentes externas como las quemadas regionales que son recurrentes en los primeros meses del año

Hospital Local del Norte

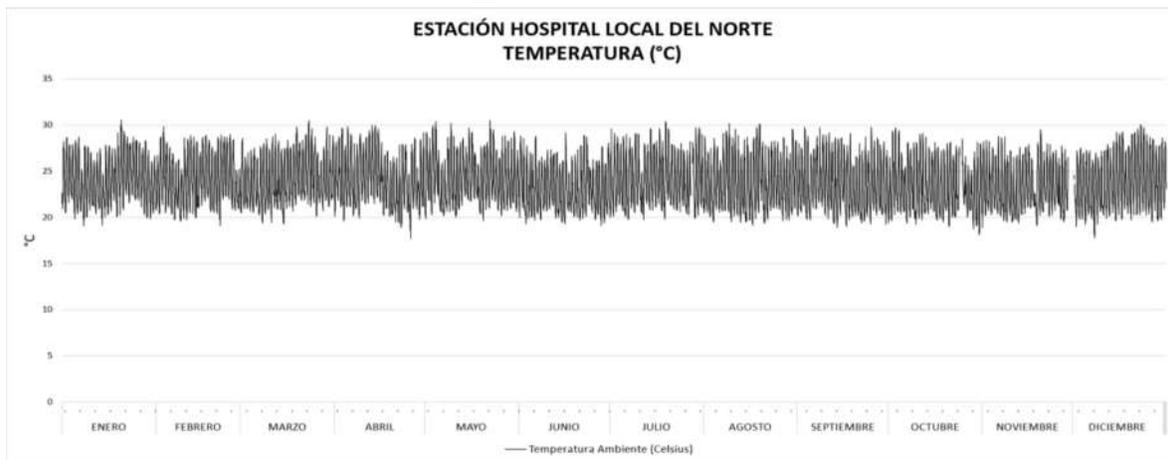


Figura 48 Comportamiento temperatura anual 2022.

La temperatura tal como lo muestra la Figura 48 estuvo en valores entre 20°C y 30°C, comportamiento que se mantuvo durante todo el año 2022, esto se corrobora en la Figura 49 donde se observa que las temperaturas mensuales máximas son cercanas a los 30°C y las temperaturas mensuales mínimas a los 24°C.

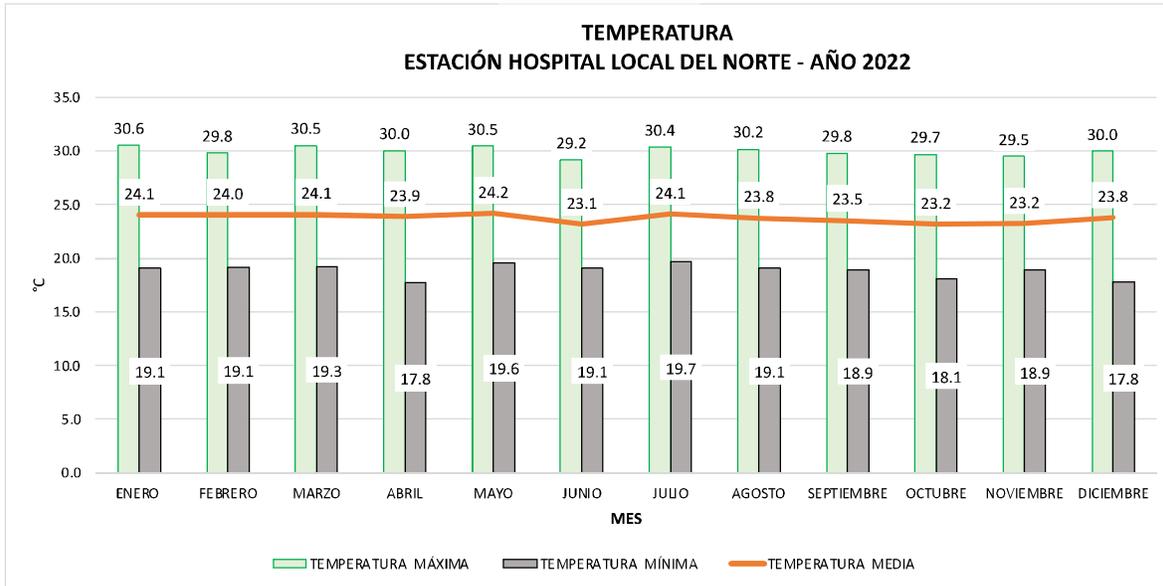


Figura 49 Temperaturas máximas y mínimas mensuales años 2022

Estación Piedecuesta

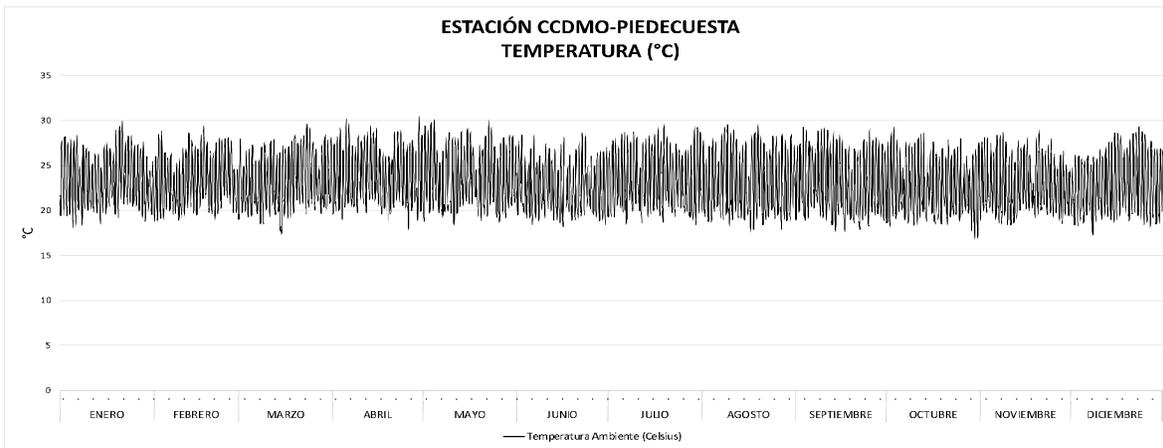


Figura 50 Comportamiento temperatura anual 2022

Para la estación de Piedecuesta la temperatura oscilo en el año 2022 entre 16°C a los 30°C (Ver Figura 50), el mes con la temperatura más alta es abril con 30.4 °C, sin embargo estuvo muy cercano a los promedios mensuales durante el año en mención.

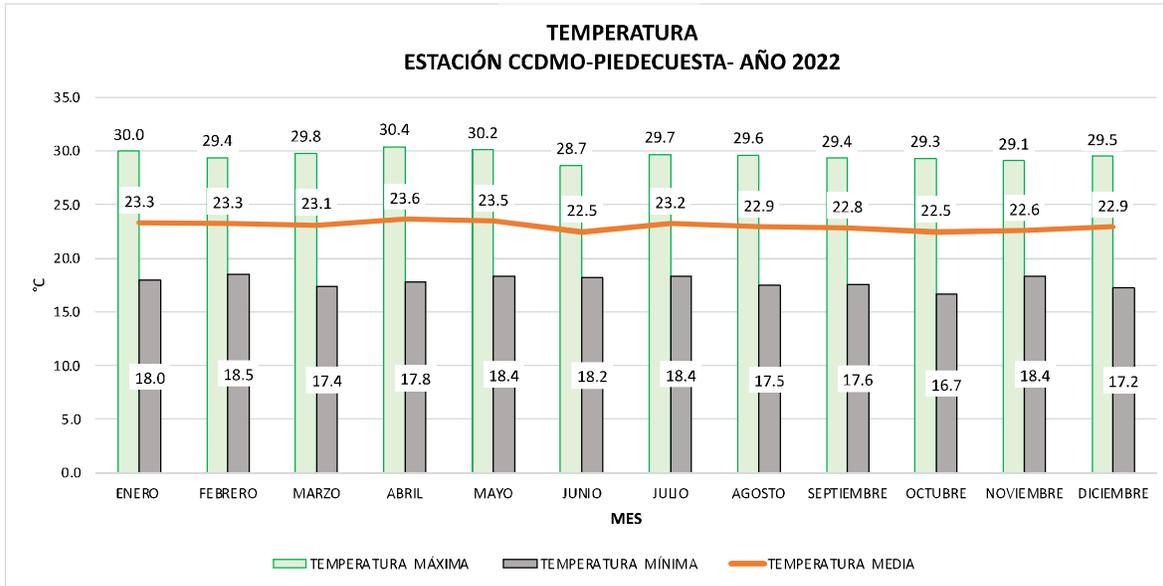


Figura 51 Temperaturas máximas y mínimas mensuales años 2022

Estación Club Unión.

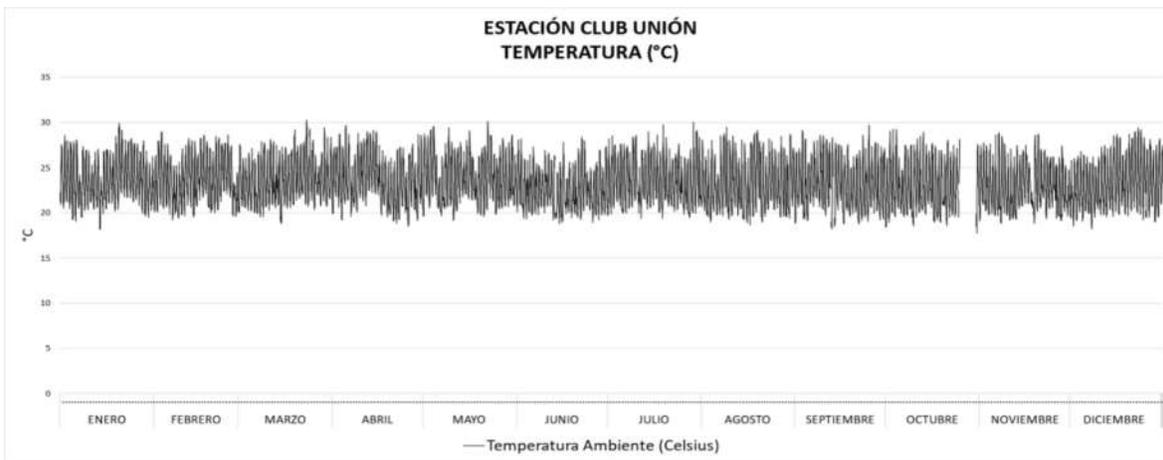


Figura 52 Comportamiento temperatura anual 2022

El comportamiento es similar al ya mencionado en las otras dos estaciones donde las temperaturas máximas de encuentran sobre los 30°C y las mínimas alrededor de los 18°C, en la Figura 52 puede verse que el mes de junio es donde las temperaturas son más bajas.

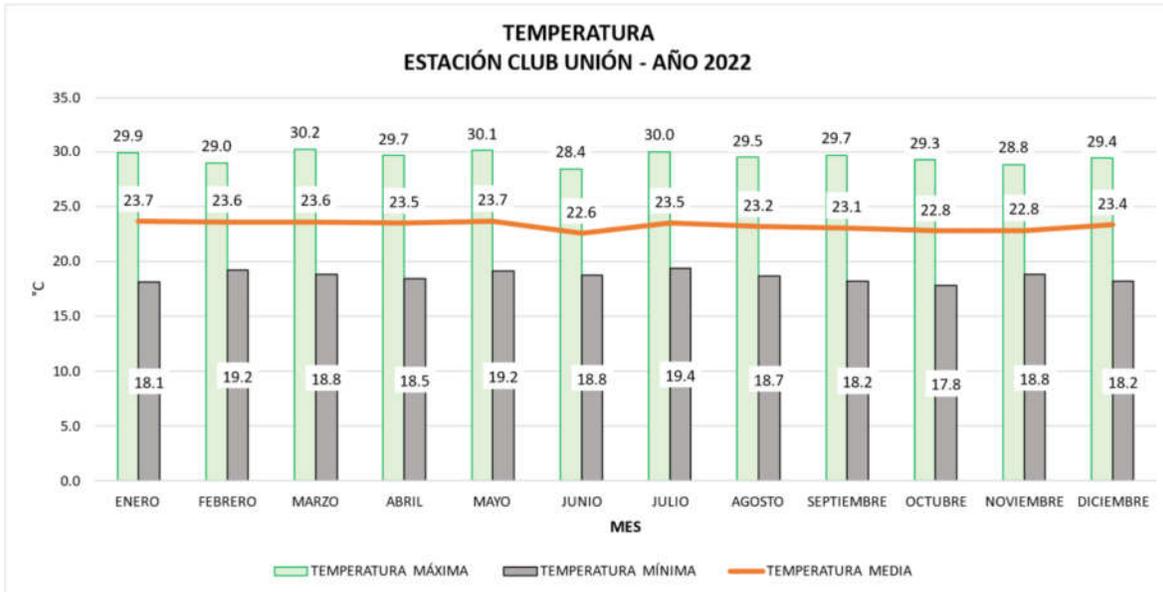


Figura 53 Temperaturas máximas y mínimas mensuales años 2022

Estación Colegio Gaitán.

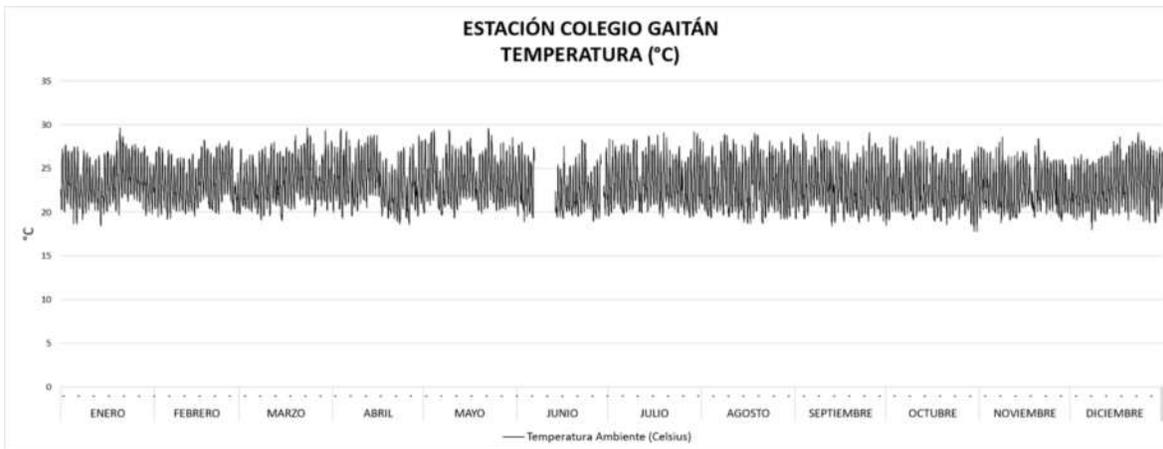


Figura 54 Comportamiento temperatura anual 2022

El comportamiento de la temperatura es similar en las 4 estaciones que cuenta el SVCA donde los valores están en un máximo de 30°C, la estación de colegio Gaitán está en la misma escala como se muestra en la Figura 54 y la Figura 55.

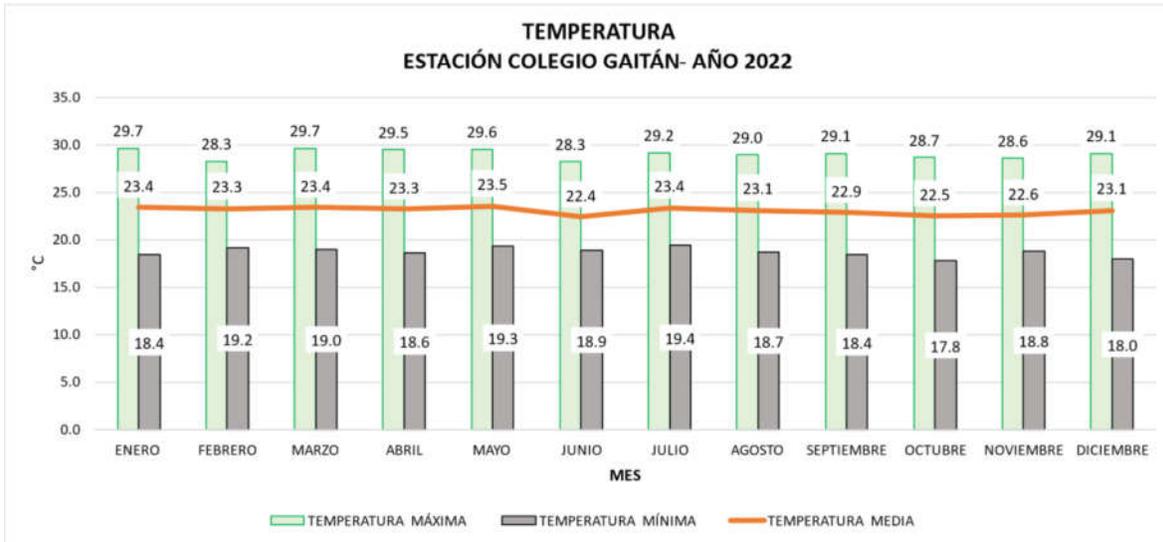


Figura 55 Temperaturas máximas y mínimas mensuales años 2022

4.3.2. 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.

Estación Hospital local del Norte

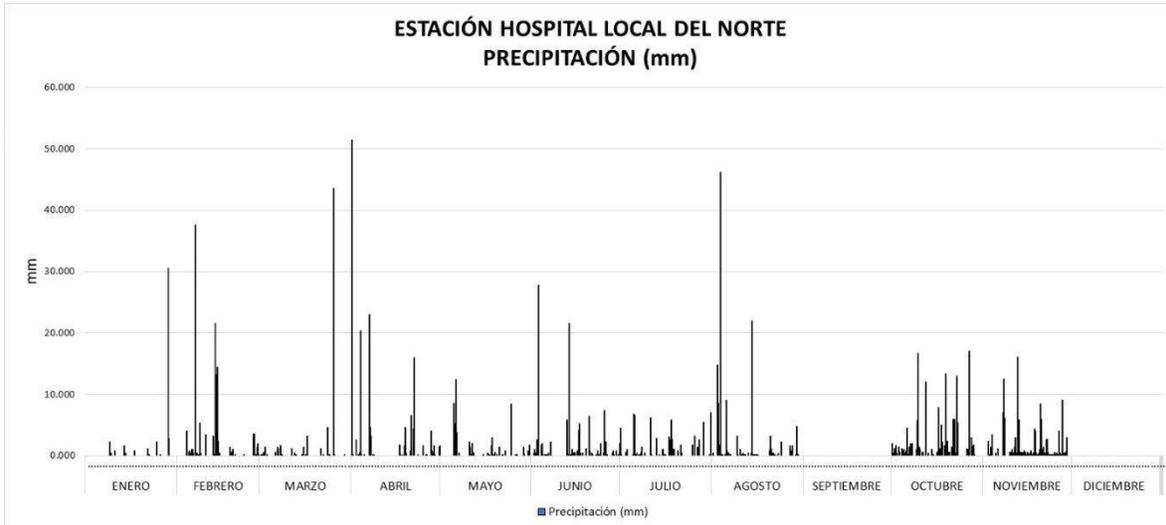


Figura 56 Comportamiento precipitación anual 2022

La precipitación para la estación del hospital del norte en el año 2022 refleja que en los primeros meses del año fue donde hubo menos lluvias periodo en el que concentración de PM 2.5 estuvo más alta, los meses donde mayor promedio de lluvias acumulado hubo fue en septiembre, octubre y diciembre según la Figura 57

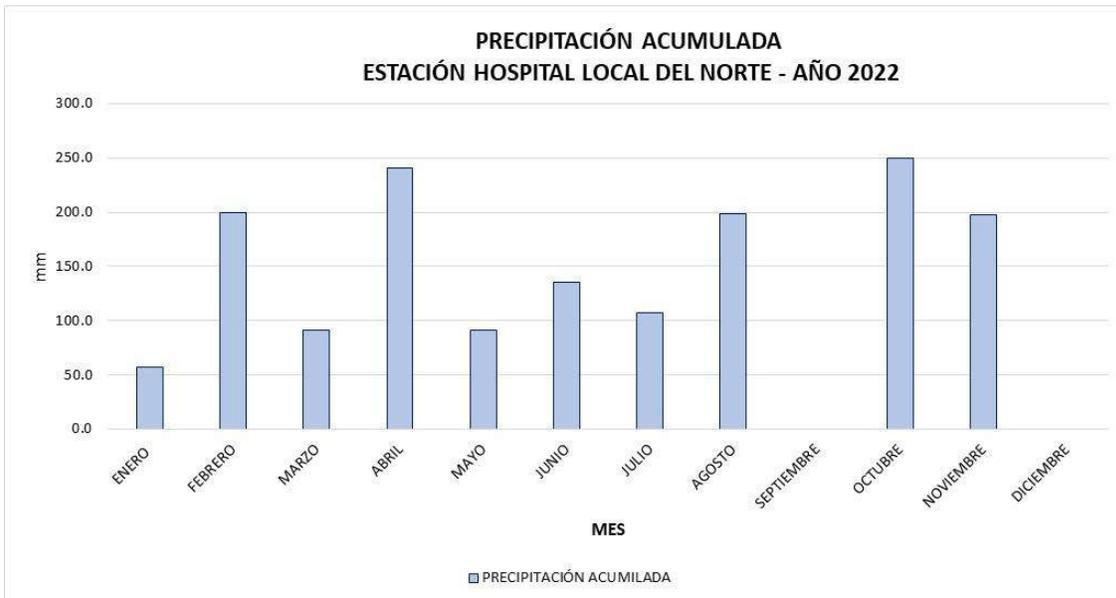


Figura 57 Precipitación acumulada por mes año 2022

Estación Piedecuesta

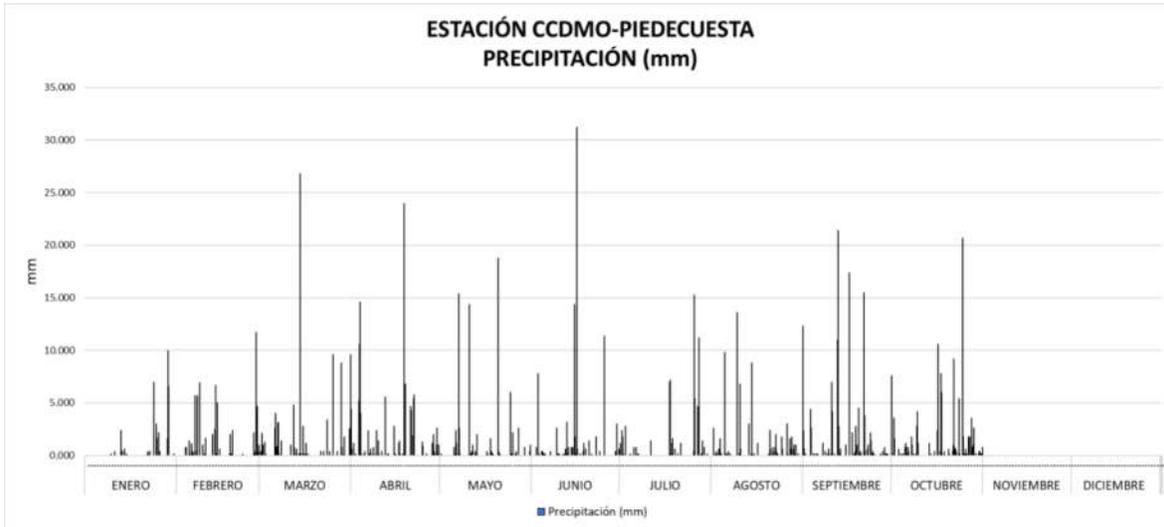


Figura 58 Comportamiento precipitación anual 2022

Para la estación de Piedecuesta las lluvias se concentran principalmente en los meses de abril y octubre donde según la Figura 59 hay un acumulado de lluvias por encima de los 180 mm, cabe destacar que en los primeros meses del año y en el mes de julio es donde se presentan menos lluvias.



Figura 59 Precipitación acumulada por mes año 2022

Estación Club Unión

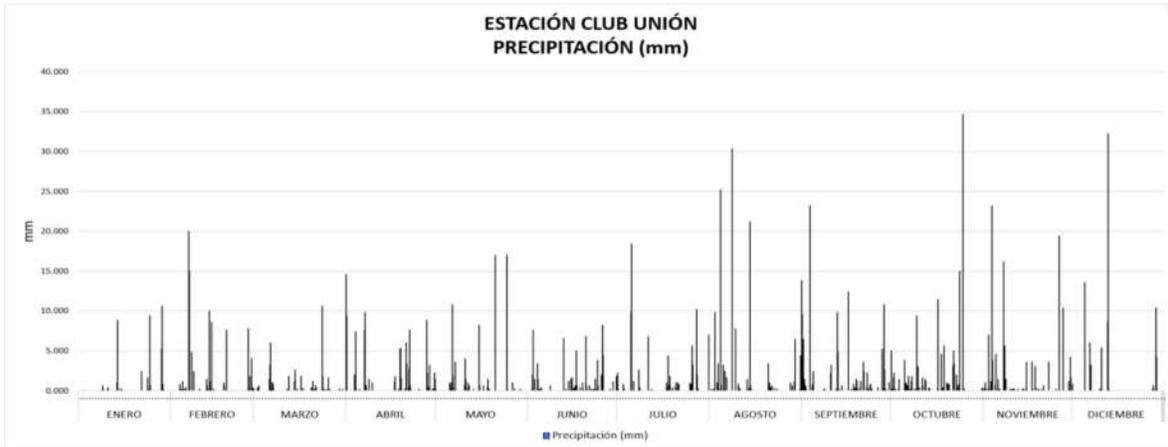


Figura 60 Comportamiento precipitación anual 2022

La precipitación para la estación ubicada en el club unión estuvo más constante durante el año, aunque los valores acumulados estuvieron por debajo de los presentados en las estaciones de Hospital del norte y de Piedecuesta, como se observa en la Figura 61 los meses de septiembre y octubre presentan mayor cantidad de precipitación acumulada, y el mes de enero y marzo menos lluvias.

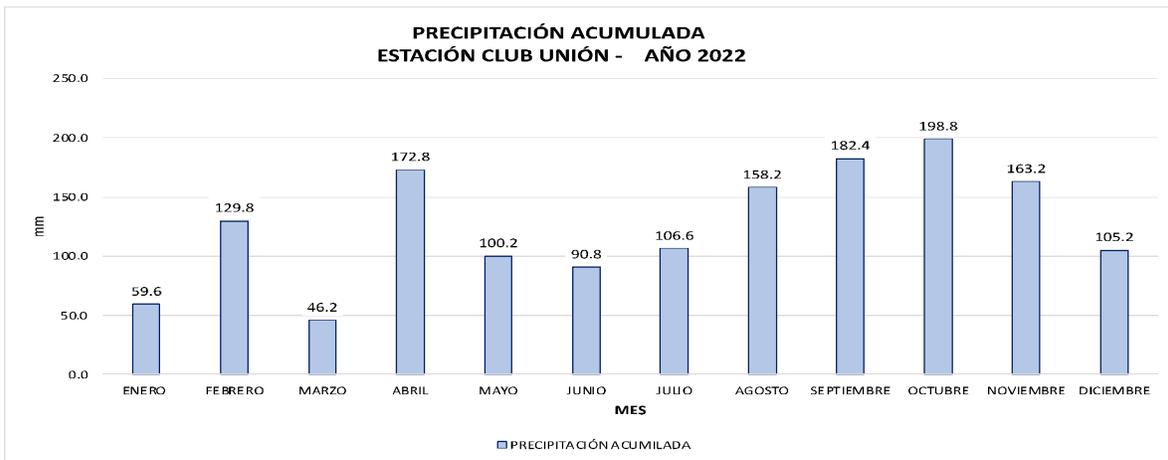


Figura 61 Precipitación acumulada por mes año 2022

Estación Colegio Gaitán.

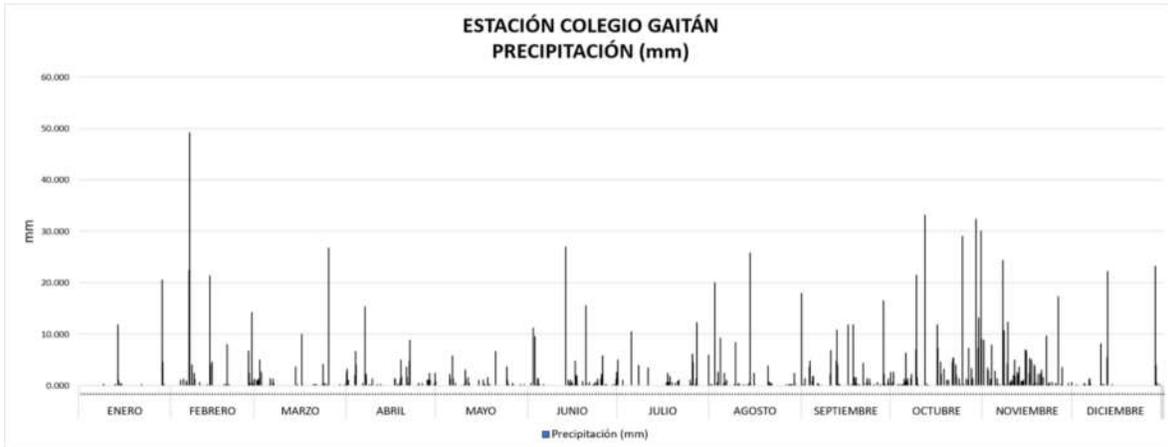


Figura 62 Comportamiento precipitación anual 2022

La estación del colegio Gaitán presenta una intensidad de lluvias alta en el mes de febrero como se ve en la Figura 62, sin embargo, la precipitación acumulada más alta se presenta en los meses de octubre y noviembre (Ver Figura 63), los meses de menos lluvias fueron el mes de enero y mayo del año 2022.

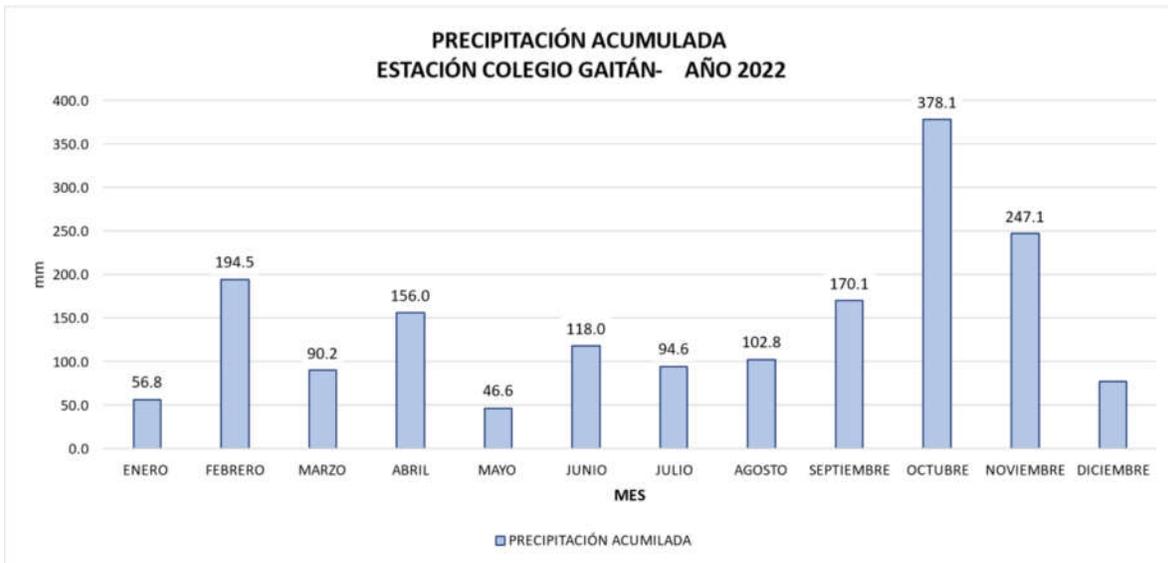


Figura 63 Precipitación acumulada por mes año 2022

4.3.3. 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 Figura 64 a la Figura 67), el comportamiento en todo el año 2022 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

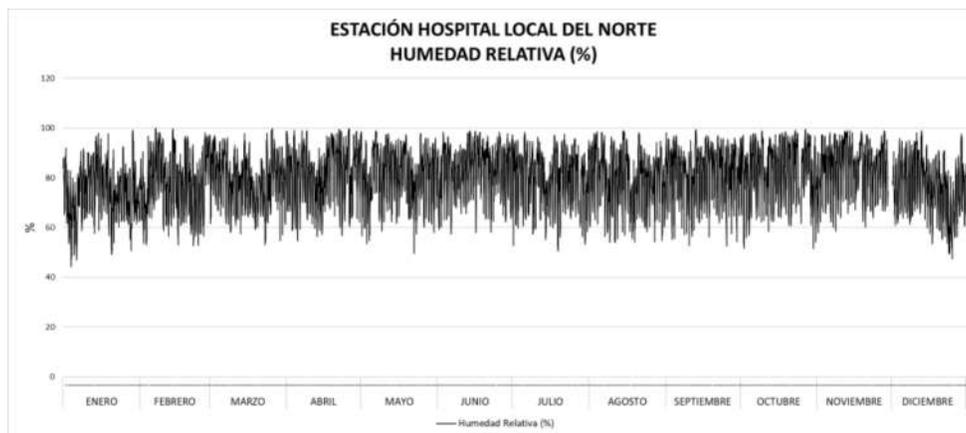


Figura 64 Comportamiento humedad relativa anual 2022

Estación Piedecuesta



Figura 65 Comportamiento humedad relativa anual 2022

Estación Club Unión.

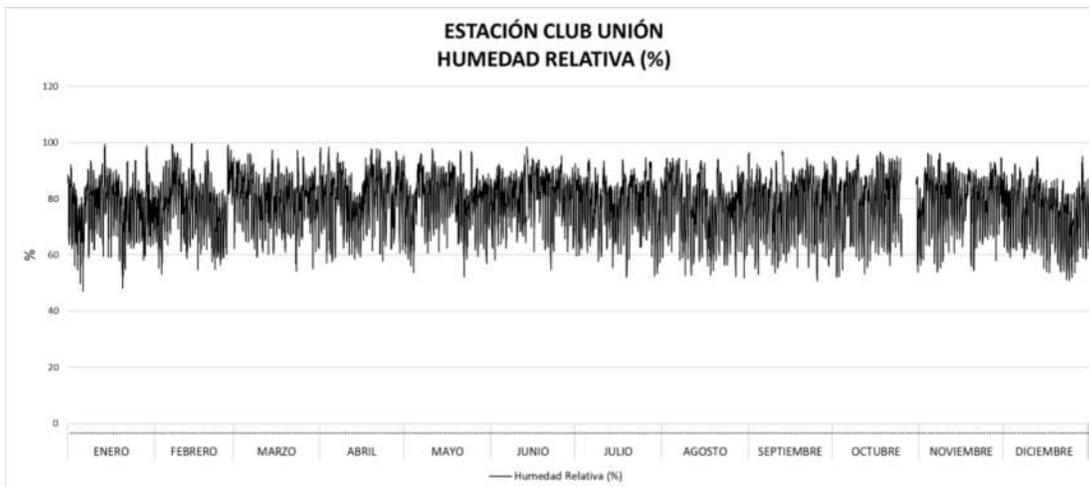


Figura 66 Comportamiento humedad relativa anual 2022

Estación Colegio Gaitán

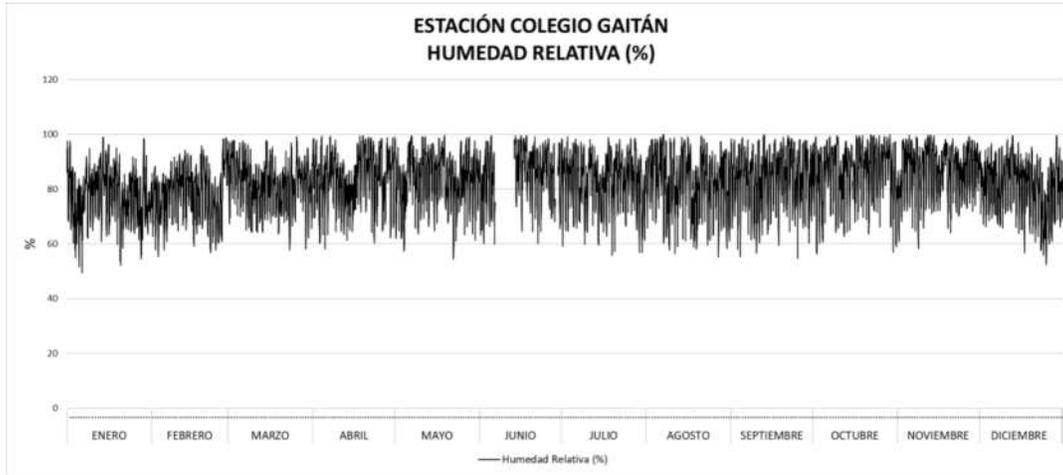


Figura 67 Comportamiento humedad relativa anual 2022

4.3.4. 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.

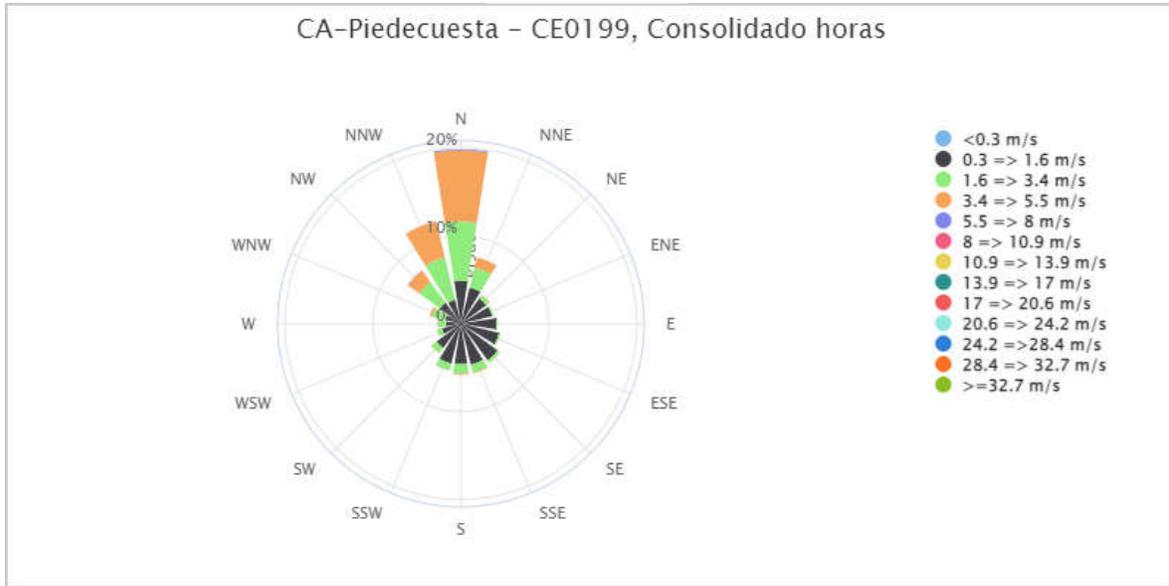


Figura 68 Rosa de Vientos estación Piedecuesta año 2022

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

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

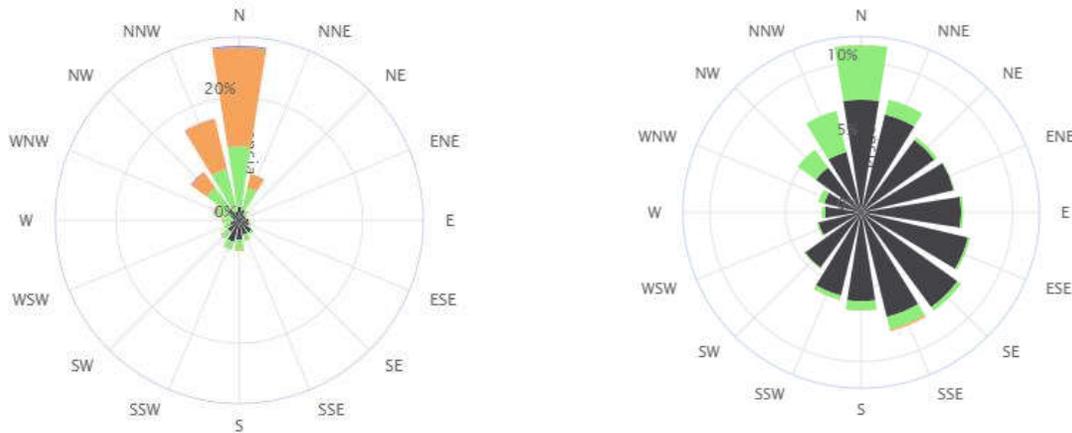


Figura 69 Rosa de Vientos horarios diario y nocturno estación Piedecuesta año 2022

ESTACIÓN CLUB UNIÓN

Para la estación Club Unión, la velocidad y la dirección del viento en el año 2022 muestra la predominancia desde el Noroeste, 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

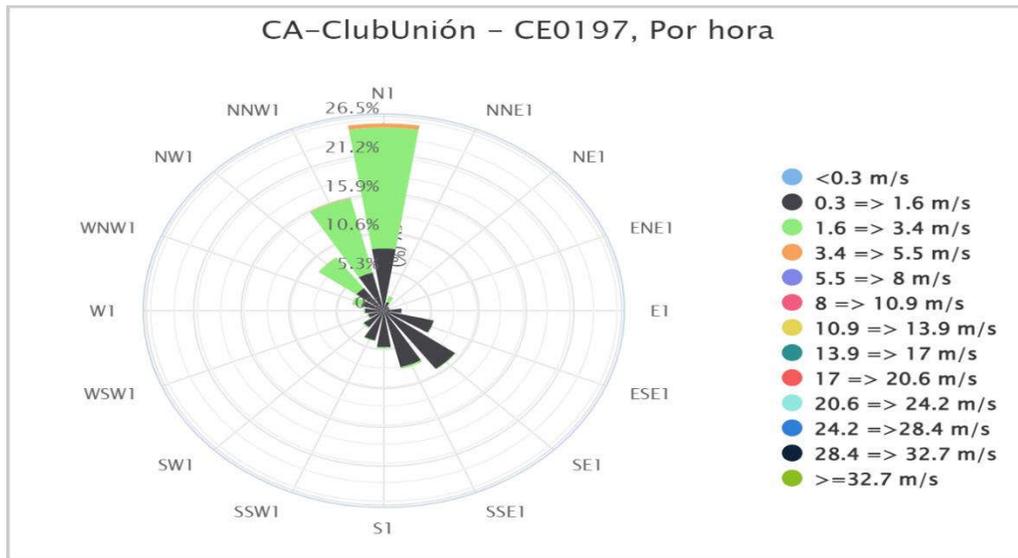
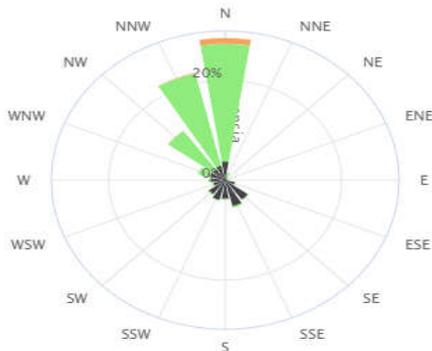


Figura 70 Rosa de vientos estación Club Unión año 2022

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



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

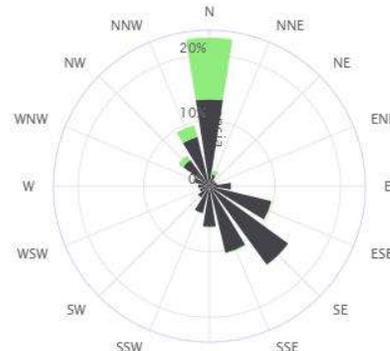


Figura 71 Rosa de vientos diurna y nocturna estación Club Unión año 2022

ESTACIÓN COLEGIO GAITÁN

Para la Estación Colegio Gaitán, la velocidad y la dirección del viento para el año 2022 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

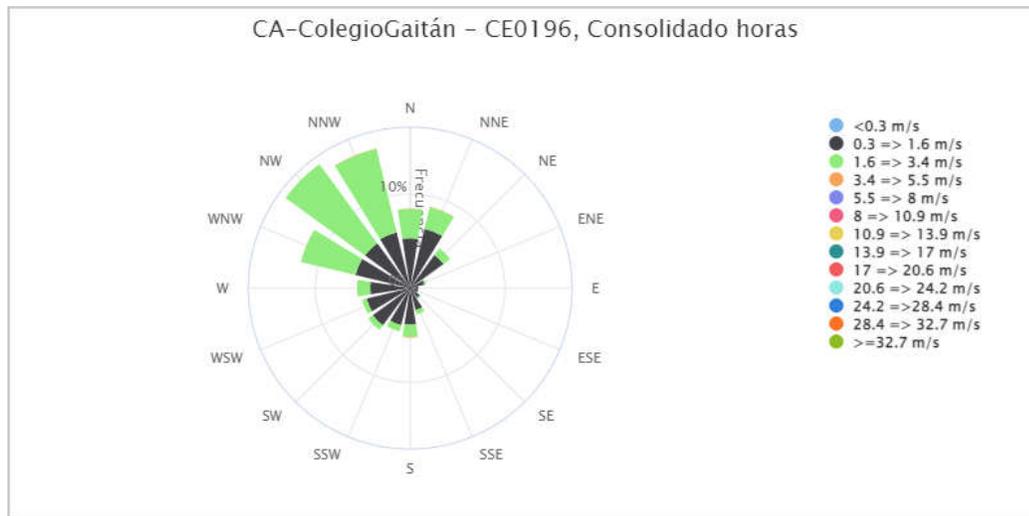
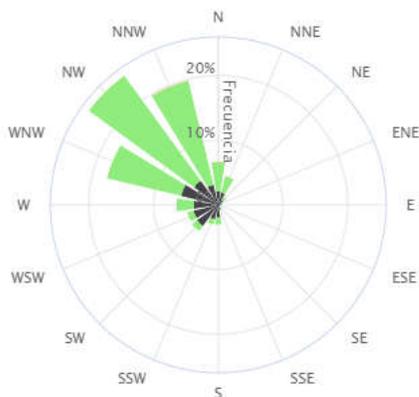


Figura 72 Rosa de vientos estación Colegio Gaitán año 2022

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



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

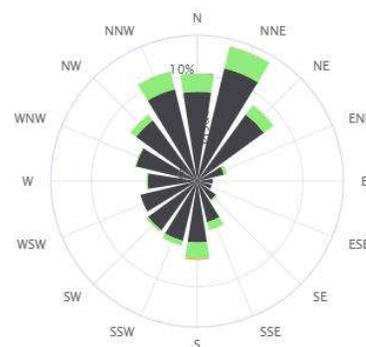


Figura 73 Rosa de Vientos diurno y nocturno estación Colegio Gaitán año 2022

ESTACIÓN HOSPITAL LOCAL DEL NORTE

Para la estación Hospital Local del Norte, la velocidad y la dirección del viento en el año 2022 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

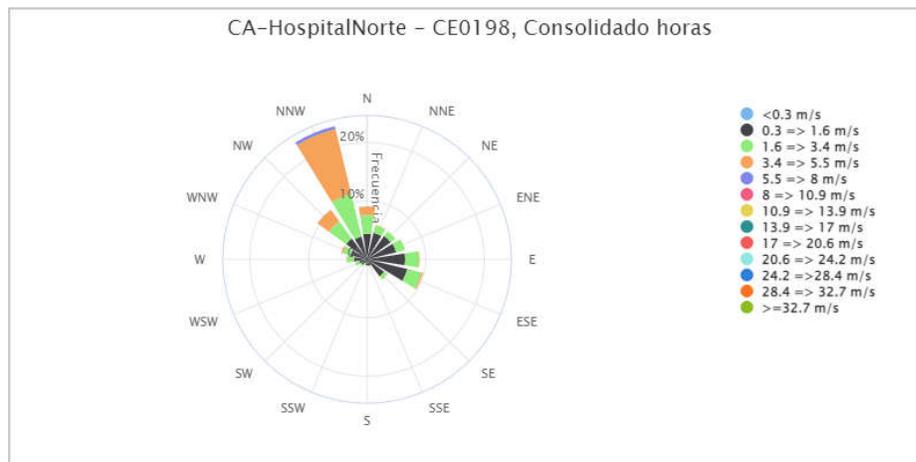
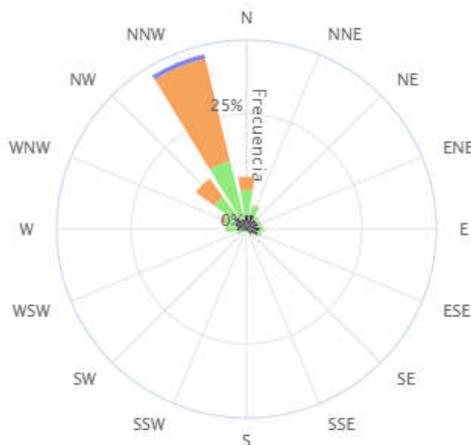


Figura 74 Rosa de vientos estación Hospital Local del Norte año 2022

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



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

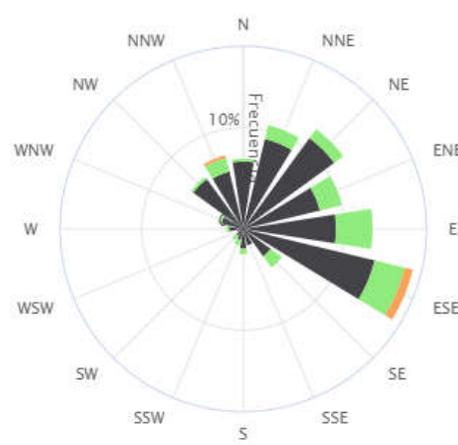


Figura 75 Rosa de vientos diurno y nocturno de la estación Hospital Local del Norte año 2022

4.4. Determinación de áreas – fuente de contaminación.

En el plan de gestión de la calidad de aire realizado en el convenio entre la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) y la CDMB, se determinó mediante la metodología que presenta la Resolución 2254 de 2017 que actualmente no se cuenta con datos suficientes para analizar los resultados de los diferentes contaminantes (PM10, PM2.5, NO₂, etc...), por ende no es posible para el tiempo de este informe (año 2022) determinar áreas-fuente de contaminación para ninguno de los contaminantes medidos en las estaciones del SVCA de la CDMB.

4.5. Estudios especiales

Durante el año 2022, en convenio de cooperación No 13364-17 del 2021 entre la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga y la Universidad Pontificia Bolivariana, se formuló el Plan de Gestión de la Calidad del Aire de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga – CDMB, para los municipios del Área Metropolitana de Bucaramanga, conforme lo establecido en la Resolución MADS No. 2254 de 2017 y la política para el mejoramiento de la calidad del aire, el plan es una herramienta que propone una serie de medidas y acciones a partir del conocimiento de los diferentes sectores productivos que, en sus procesos, generan emisiones de contaminantes atmosféricos, principalmente, los que representan mayores riesgos para la salud y la atmosfera (CDMB-UPB, 2022). Para la formulación del plan de gestión de calidad de aire, se realizó un inventario de emisiones año base 2021 que tuvo en cuenta tanto el área urbana como el área rural de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta, este inventario se realizó con el propósito de conocer la distribución y estado de los procesos realizados y comportamiento de las diferentes fuentes de emisiones encontradas en los municipios de interés, constituyendo una herramienta esencial en la definición de los planes de reducción de la contaminación, siendo soporte en la toma de

decisiones frente a medidas para mejorar la calidad del aire. De igual forma, el inventario de emisiones es una herramienta importante en la identificación de las zonas con mayor aporte de emisiones e impacto en la calidad del aire.

Adicional al Plan de Gestión para la Calidad del Aire de la CDMB, se formuló también el Plan para la atención de episodios de contaminación del aire de la CDMB que contiene un contexto internacional y nacional, el marco normativo que regula los planes de atención de episodios en Colombia, la caracterización de la zona, el diagnóstico de calidad del aire, las medidas tendientes a mitigar o reducir la contaminación en estos periodos y a prevenir la exposición de la población a altos niveles de contaminación atmosférica y un procedimiento de actuación para la implementación del Plan. (CDMB - UPB, 2022)

Por medio de la Resolución 1233 del 15/09/2022 de la CDMB, se adoptaron los planes anteriormente mencionados con la finalidad de alcanzar los estándares definidos para el año 2030, de conformidad con lo establecido en la norma de calidad de aire Resolución 2254 de 2017 expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

A modo de resumen se presenta listado de los documentos generados:

- Inventario de fuentes de emisiones año base 2021
- Plan de Gestión de la Calidad de Aire de la CDMB
- Plan para la atención de episodios de contaminación del aire de la CDMB
- Resolución 1233 del 15/09/2022, por medio del cual se adopta el plan estratégico para la gestión de la calidad del aire.

La CDMB también, se vinculó como entidad colaboradora regional del proyecto de investigación titulado “Calidad del aire y salud ambiental urbana en cinco ciudades de Colombia” cuyo objetivo es el de estimar la exposición crónica a contaminantes del aire y ruido ambiental y su variación geográfica y evaluar sus efectos sobre la salud humana en las ciudades de Barranquilla, Bogotá, Bucaramanga, Cali, y

Medellín. Este proyecto es desarrollado por la Universidad Industrial de Santander UIS y cofinanciado por Minciencias.

5. CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

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

La Subdirección de Evaluación y Control Ambiental SEYCA de la CDMB realiza el seguimiento de control a las fuentes fijas permanentemente, para la vigencia del año 2022, se realizaron los siguientes seguimientos.

Tabla 18. Seguimientos de control Fuentes Fijas - vigencia año 2022

Empresa	Equipo Evaluado	Parámetros Evaluados	Periodicidad
Dstraves	Sistema Control	MP	2 años
	Olores	H ₂ S	1 año
	Lavador de Gases		2 años
	Caldera	NH ₃	3 años
Edepsa esp sas	Caldera Vertical	NO _x	3 años
Pollos El Bucanero	Caldera JCT	MP	3 años
		SO ₂	1 año
		NO _x	2 años
Ladrillos y Tubos SAS	Horno Tipo Hoffman	MP NO _x	1 año 3 años
Colbeef sas	Caldera Auxiliar Termovapor	NO ₂	3 años
Alimentos Finca sas	Caldera 2 JCT	NO ₂	1 año
Asfaltar sas	Planta Elva 60	MP SO ₂ NO _x	6 meses 3 años 2 años
	Caldera Piro tubular	NO _x	3 años
	Caldera Piro tubular	NO ₂	3 años
Operadora Avícola Colombia	Caldera Piro tubular	NO ₂	3 años
Paviandi sas	Tambor Quemador ABL Elva 60	NO _x	3 años
Cementerio Arquidiocesano B/ga	Horno Crematorio INCOL	MP	6 meses
		CO	6 meses
		HC _T	6 meses
Jardines la Colina sas	Horno Crematorio TKF-2001	MP CO	6 meses 6 meses

Empresa	Equipo Evaluado	Parámetros Evaluados	Periodicidad
		HC _T Benzoapireno Dibenzoantraceno	6 meses 36 meses 36 mese
Inversiones Rugo	Horno Hoffman	MP SO ₂ NO ₂	1 año 1 año 3 años

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

La CDMB realiza seguimiento y control en los centros de diagnóstico automotriz (CDA) periódicamente y se encuentra realizando gestiones para la adquisición de equipos requeridos para ejercer la función de control de medición de las fuentes móviles dentro del área de jurisdicción de la CDMB y solicitar ante el IDEAM la autorización de medición de las fuentes móviles

6. CONCLUSIONES

- De acuerdo con los datos obtenidos de PM_{10} para el año 2022, las estaciones de calidad automáticas del aire ubicadas en el Club Unión, Colegio Gaitán, Hospital Local del Norte y Centro Cultural Daniel Mantilla Orbegozo 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 2022, las estaciones de calidad automáticas del aire ubicadas en el Club Unión, Colegio Gaitán, Hospital Local del Norte y 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 O_3 para el año 2022, las estaciones de calidad automáticas del aire ubicadas en el Club Unión, Colegio Gaitán, Hospital Local del Norte y CCDMO - Piedecuesta reflejaron el cumplimiento del límite máximo permisible octohorario establecido en la Resolución MADS No. 2254 de 2017.
- De acuerdo con los datos obtenidos de NO_2 para el año 2022, 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 SO_2 para el año 2022, las estaciones de calidad automáticas del aire ubicadas en el Club Unión, Colegio Gaitán, Hospital Local del Norte 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 para el año 2022, 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 para el año 2022, 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 2022, 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 en todas las estaciones del SVCA. 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 2023). 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.