



2020

INFORME ANUAL DE CALIDAD DEL AIRE



Subdirección de Ordenamiento y Planificación Integral del Territorio

Gestión del Conocimiento Ambiental

Dr. JUAN CARLOS REYES NOVA

Director General

Ing. Esp. LEONEL ENRIQUE ROA

Subdirector de Ordenamiento y Planificación Integral del Territorio

Ing. Esp. MARIA CARMENZA VICINI MARTINEZ

Coordinadora Gestión del Conocimiento e Investigación Ambiental

Ing. JOHANNA PATRICIA ARDILA LERMA

Profesional Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire

Bucaramanga, febrero del 2021

TABLA DE CONTENIDO

1	Introducción.....	3
2	Objetivos	4
1.	Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire.....	5
2.	Conceptualización Factores Meteorológicos y Contaminación Atmosférica	7
3.1.	Composición de la atmósfera	7
2.1.1	Ubicación	7
2.1.2	Zonas.....	7
2.1.3	Composición	7
2.1.4	Gases básicos	8
2.1.5	Dióxido de Carbono	8
2.1.6	Ozono	9
2.1.7	Agua.....	9
3.2.	Islas de calor	10
2.1.8	Bases y efectos generales	10
2.1.9	Reparto de las temperaturas.....	11
2.1.10	Cadencia de las islas de calor	12
2.1.11	Condicionantes de la isla de calor	12
3.3.	Los factores meteorológicos y la contaminación atmosférica.....	13
3.	Norma de Calidad del Aire	14
4.	Análisis del Monitoreo de los Contaminantes Criterio	16
3.4.	Evaluación de la cantidad y calidad de los datos	17
3.4.1.	Porcentaje de captura de datos de los equipos.	17
3.4.2.	Porcentaje de datos válidos.....	18
3.5.	Comportamiento de la concentración de PM10 en el cuarto trimestre	19
3.6.	Comportamiento anual de la concentración de PM10	21
3.7.	22
3.7.1.	Comportamiento mensual de la concentración de PM10	22
3.7.2.	Comportamiento histórico de la concentración de PM10	23
3.8.	24
3.9.	Comportamiento de la concentración de PM2.5 en el cuarto trimestre	24
3.10.	Comportamiento anual de la concentración de PM2.5.....	25

3.10.1.	Comportamiento mensual de la concentración de PM2.5	25
3.10.2.	Comportamiento histórico de la concentración de PM2.5	27
3.11.	Comportamiento de la concentración de Dióxido de Nitrógeno.....	28
3.12.	Resultados meteorológicos	29
3.12.1.	Comportamiento de la Precipitación	29
3.12.2.	Comportamiento de la Temperatura	31
3.12.3.	Comportamiento de la Humedad Relativa	34
3.12.4.	Comportamiento de la Dirección y Velocidad del Viento	37
3.12.5.	Comportamiento de la Radiación Solar	40
3.13.	Registro de puntos de calor.....	42
3.14.	Índice de la Calidad del Aire del Área Metropolitana de Bucaramanga.....	43
3	Conclusiones.....	45

1 Introducción

Desde el año 1992, en el marco de la conferencia de Naciones Unidas de Rio de Janeiro, se ha puesto la mirada en la necesidad extrema de desarrollar las actividades del hombre, especialmente las industriales y de producción, bajo el principio del desarrollo sostenible y la protección al medio ambiente como parte integral del proceso de desarrollo. Siendo pues un llamado expreso a que la sociedad en general y los gobiernos a armonizar el desarrollo del hombre con el respeto y cuidado de los recursos naturales; sin embargo, casi 30 años después, la actividad diaria de una ciudad sigue generando una gran cantidad de sustancias que modifican la composición natural de los recursos, en especial, del aire que respiramos. Al presente la humanidad y los gobiernos tienen la responsabilidad de cumplir, al año 2030, con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, cuyos propósitos son mejorar la calidad de los recursos naturales.

Actualmente el índice de calidad del aire es un indicador diseñado para informar de forma sencilla sobre el estado de la calidad del aire, muestra qué tan contaminado se

encuentra el aire y cuáles podrían ser los efectos en la salud. Un valor menor a 100 se considera aceptable y con un bajo riesgo para la salud. Cualquier nivel superior a 100 implica ya algún riesgo para la salud, entre más grande es el valor del índice, mayor es la contaminación y el riesgo.

Durante el año 2020, en el área metropolitana de Bucaramanga se monitoreó la calidad del aire mediante el Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire - SVCA, recolectando la información de las concentraciones horarias de los contaminantes criterio PM10, PM2.5 y NO2, como también de las variables meteorológicas, especialmente en los municipios Bucaramanga, Floridablanca y Girón.

La información arrojada por las estaciones es validada y evaluada para determinar el cumplimiento de los niveles máximos permisibles definidos por la norma de calidad del aire, la Resolución 2254 del 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), y es dicha información la que se expone en el presente informe, junto con el comportamiento de las variables monitoreadas durante el año 2020.

2 Objetivos

Generar información acerca del estado de calidad del aire del área metropolitana de Bucaramanga en el año de 2020, a partir de:

1. Determinar el cumplimiento al nivel máximo permitido para los contaminantes criterios PM10, PM2.5, Ozono y Dióxido de Nitrógeno, establecido en la norma de calidad del aire, Resolución 2254 de 2017.
2. Observar el comportamiento horario de los contaminantes y los parámetros meteorológicos, para identificar los posibles efectos del clima sobre el transporte de contaminantes en la atmosfera.
3. Calcular el índice de calidad del aire en el área metropolitana de Bucaramanga para el año 2020.

1. Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire

Un Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire – SVCA es “un conjunto de equipos de monitoreo de los contaminantes atmosféricos, que se encuentran instalados en un lugar de interés con un propósito determinado; esta infraestructura debe estar acompañada de todas las actividades necesarias para su correcto funcionamiento, dentro de las cuales se puede mencionar la operación por personal calificado, programas de mantenimiento preventivo y correctivo, un sistema de administración de información que permita una correcta validación de los datos, entre otras. Su implementación se realiza bien sea cuando se presenta una problemática específica relacionada con la calidad del aire, o en zonas con población por encima de los cincuenta mil habitantes” [MADS].

El SVCA operado por la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga - CDMB lo componen tres (3) estaciones automáticas denominadas

Cabecera, Ciudadela y Florida, integradas por equipos de monitoreo automático de los contaminantes criterios PM10 y el gas O₃. El SVCA operado por el Área Metropolitana de Bucaramanga - AMB lo componen cinco (5) estaciones automáticas ubicadas en los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón, con equipos para el monitoreo automático de material particulado PM10 y PM2.5, los gases O₃ y NO₂ y meteorología.

En la Tabla 1 se especifican la distribución, la ubicación y parámetros medidos con respecto a los contaminantes y a las variables meteorológicas. La medición de meteorología acompaña el monitoreo de los contaminantes criterio, con el fin de entender la dispersión de los contaminantes, pues parámetros meteorológicos como la radiación solar, la temperatura y la humedad, causan impacto en la transformación de las sustancias contaminantes emitidas en el aire y otros parámetros como las lluvias o turbulencias permiten una mejor remoción de los contaminantes.

Tabla 1. Estaciones del SVCA de la CDMB y el AMB

Nombre de la Estación	Ubicación	Municipio	Mide
CDMB			
Cabecera	Carrera 33 con calle 52	Bucaramanga	PM10
Ciudadela	Terraza de la Institución Educativa Aurelio Martínez Mutis en la Calle de los Estudiantes	Bucaramanga	PM10 y Meteorología
Florida	Terraza del Edificio Movistar Sede Sur en Cañaveral, Autopista Floridablanca - Bucaramanga	Floridablanca	O ₃ y Meteorología
AMB			
San Francisco	Colegio Normal Superior sede C Cra. 27 # 29-69	Bucaramanga	PM2.5, PM10, y Meteorología
La Ciudadela	Colegio Nuestra Señora del Pilar Ciudadela Calle de los Estudiantes 9-323	Bucaramanga	PM2.5, PM10, O ₃ , NO ₂ y Meteorología
Lagos del Cacique	Instituto Caldas Transversal Oriental Lagos del Cacique	Bucaramanga	PM2.5, PM10, y Meteorología
Lagos I	Parque Acualago Calle 29 # 10-13	Floridablanca	PM2.5, PM10, O ₃ , NO ₂ y Meteorología
Santa Cruz	Secretaría del Adulto Mayor Diagonal 15 Cra. 17	Girón	PM2.5, PM10, y Meteorología

2. Conceptualización Factores Meteorológicos y Contaminación Atmosférica

3.1. Composición de la atmósfera

2.1.1 Ubicación

La atmósfera terrestre es la envoltura gaseosa que rodea a la Tierra y que permanece unida a ella gracias a la atracción de la fuerza gravitatoria. Su límite inferior son los continentes y los océanos de la superficie del planeta y se extiende más allá de los 1.000 Km de altura. La densidad de la atmósfera disminuye con la altura a medida que la presión atmosférica va siendo menor, de manera que en los primeros 5 km se encuentra contenida la mitad de su masa total.

2.1.2 Zonas

El aire de la atmósfera está compuesto por una mezcla de gases, cuya proporción se mantiene prácticamente constante en las capas bajas, y una serie de partículas sólidas y líquidas que se encuentran presentes en suspensión en cantidades variables. En función de la composición del aire se diferencian dos capas en la atmósfera. Los primeros 80 km reciben el nombre de homósfera, que el aire está formado por una mezcla prácticamente homogénea de gases. Pero a mayor altura los gases se disponen en capas paralelas en función de sus pesos moleculares, en la región conocida como heterósfera.

2.1.3 Composición

La composición del aire de la homósfera se mantiene constante gracias a los continuos movimientos verticales que aseguran su mezcla continua. Las turbulencias impiden que los gases menos pesados, como el hidrógeno y el helio, se disocien de los más pesados y escapen hacia las capas más altas.

La proporción de los distintos gases en el aire de los primeros 25 km de altura de la atmósfera es que aparece en la siguiente tabla:

COMPONENTES	% EN VOLUMEN	PESO MOLECULAR
-------------	--------------	----------------

Nitrógeno (N ₂)	78,084	28,02
Oxígeno (O ₂)	20,946	32,00
Argón (Ar)	0,934	39,28
Dióxido de Carbono (CO ₂)	0,034	44,00
Neón (Ne)	0,0018	20,18
Helio (He)	0,000524	4,00
Ozono (O ₃)	0,0002	48,00
Hidrógeno (H ₂)	0,00005	2,02
Metano (CH ₄)	Trazas	
Criptón (Kr)	Trazas	
Xenón (Xe)	Trazas	

2.1.4 Gases básicos

Los principales componentes son el nitrógeno, el oxígeno, el argón y el dióxido de carbono, que suman entre los cuatro el 99,8% del volumen total del aire. El 0,4% restante está formado por trazas de distintos gases. Tan solo el oxígeno y el nitrógeno suponen un 98% del volumen, y sus proporciones permanecen constantes en prácticamente toda la heterosfera. El resto de los gases presentan un mayor rango de variación, pero desempeñan importantes funciones en el balance energético de la atmósfera y en los procesos termodinámicos. También están presentes en la atmósfera otros componentes cuya proporción varía enormemente, como son el vapor de agua, los aerosoles y las partículas en suspensión.

2.1.5 Dióxido de Carbono

La concentración atmosférica de CO₂ puede presentar variaciones tanto espaciales como temporales. Las fuentes naturales de emisión de CO₂ a la atmósfera son la respiración, la descomposición natural de la materia orgánica, los incendios por causas naturales, las emanaciones volcánicas y el intercambio entre la atmósfera y los océanos. El CO₂, puede proceder de fuentes artificiales, teniendo como principales orígenes la utilización de combustibles fósiles y la deforestación.

Las emisiones naturales se encuentran compensadas por la existencia de dos grandes sumideros o pozos, de manera que existe un equilibrio natural en el intercambio de CO₂ en la atmósfera. Los responsables de la absorción del CO₂ son los océanos y la vegetación. Los océanos pueden comportarse como fuentes o como sumideros en función de la temperatura de las aguas. En general los océanos actúan absorbiendo CO₂ en las latitudes altas, donde la disminución de la temperatura aumenta la solubilidad del CO₂ y liberándolo en los trópicos.

La vegetación, tanto de las aguas oceánicas como de la superficie terrestre, extrae el CO_2 de la atmósfera para emplearlo como sustrato de la fotosíntesis en la generación de compuestos orgánicos. Parte del CO_2 fijado regresa a la atmósfera como producto de la respiración al degradar compuestos para la obtención de energía, pero el resto permanece retenido durante mucho más tiempo en forma de biomasa. Tanto los océanos como la vegetación pueden actuar absorbiendo o liberando CO_2 , por lo que desempeñan una función reguladora de los flujos de entrada y salida de este gas en la atmósfera. Sin embargo, las emisiones antrópicas de CO_2 han ido aumentando progresivamente y se ha roto el equilibrio, de forma que la concentración actual es un 30% más alta que antes de la revolución industrial.

Debido a la localización superficial de las principales fuentes de emisión y de los sumideros de CO_2 , y al tratarse de un gas pesado, podrían esperarse grandes variaciones verticales del mismo. En la realidad esto no ocurre, ya que la mezcla turbulenta que existe en la tropósfera asegura que al menos en los 20 primeros kilómetros de altura se mantenga relativamente constante. Sin embargo, si que pueden existir variaciones del contenido en CO_2 del aire entre distintas zonas del planeta en función de la localización de las fuentes y de los sumideros. También existe una variabilidad de tipo estacional debido a la fotosíntesis neta de la vegetación durante la época de crecimiento, y a la emisión durante el resto del año. Por otra parte, la absorción de los mares fríos de las regiones polares durante el invierno hace que la concentración en el verano sea menor. Estas variaciones estacionales son mucho más marcadas en el hemisferio norte.

2.1.6 Ozono

El ozono (O_3) es un compuesto que se encuentra en muy baja concentración a nivel del suelo, pero que aumenta rápidamente con la altura. La mayor parte del ozono contenido en la atmósfera se acumula entre los 15 y los 35 km de altura, pero su máxima concentración se acumula entre los 20 y los 25 Km. Las características del ozono y los fenómenos en los que participa son muy distintos en función de la capa atmosférica en la que se encuentre. El ozono troposférico sufre variaciones espaciales debidas a los movimientos verticales y horizontales del aire, mientras que el ozono estratosférico presenta variaciones estacionales que pueden alterar el equilibrio fotoquímico de la atmósfera.

2.1.7 Agua

El vapor de agua es otro compuesto que presenta grandes variaciones de concentración en la atmósfera. A baja altura la proporción de vapor de agua presente en el aire oscila

entre el 0 y el 4% en volumen, pero disminuye rápidamente con la altura, de tal forma que a los 12 km de altura prácticamente se encuentra casi ausente de la composición del aire.

El agua presente en la atmósfera procede de la evaporación de las aguas superficiales y de la evapotranspiración de las plantas, y llega a las zonas altas de la tropósfera gracias a los movimientos verticales del aire. El agua no se encuentra nunca en equilibrio en la atmósfera, y está circulando constantemente en un ciclo cerrado. El agua se evapora en los océanos y continentes, es transportada a latitudes medias, se condensa en forma de nubes y se precipita, regresando de nuevo a la superficie.

La cantidad de agua contenida en el aire es un factor muy importante en el estudio del clima y en meteorología por el gran número de fenómenos en los que interviene: condensación, congelación, liberación de calor latente en los cambios de estado y balance energético, siendo el principal responsable del efecto invernadero que atrapa la radiación terrestre. Existen diferentes parámetros para cuantificar la cantidad de vapor de agua del aire, de los principales son los siguientes:

- Presión de vapor: presión parcial del vapor de agua en la atmósfera.
- Humedad relativa: cantidad de agua presente en el aire en comparación con la que podría contener en estado saturado en las mismas condiciones de temperatura.
- Humedad absoluta o densidad de vapor: masa de vapor por unidad de volumen del aire.

La humedad relativa del aire depende de la temperatura, de forma que las variaciones diarias de temperatura hacen que aumente durante la noche y disminuya durante el día. También existe una variabilidad estacional, siendo mayor la humedad relativa en invierno que en verano, pues las bajas temperaturas hacen que la cantidad máxima de agua que puede contener el aire sea menor. Por el contrario, la humedad absoluta es máxima en verano, cuando la radiación solar y la evaporación son mayores, y mínima en invierno. Al depender directamente de la temperatura, también pueden existir variaciones locales en la humedad del aire en función de las condiciones meteorológicas.

3.2. Islas de calor

2.1.8 Bases y efectos generales

Es bien sabido que en la ciudad hace más calor que en el campo, y este fenómeno es lo que se conoce como una isla de calor urbana. Una isla de calor resulta de una masa de material, natural o antropogénica, que absorbe e irradia calor en una mayor

proporción al área circundante, lo que provoca de moderadas a fuertes corrientes atmosféricas de convección verticales hacia las capas superiores del aire.

Este efecto se superpone a las condiciones meteorológicas reinantes en un determinado lugar, aunque en presencia de fuertes vientos se verá anulado. Los grandes polígonos industriales y las grandes o pequeñas ciudades son ejemplos que tiene lugar este fenómeno.

Debido al efecto producido por la isla de calor, la estabilidad atmosférica será menor sobre la ciudad que en sus alrededores. A causa de la contaminación atmosférica, la radiación solar que llega a una a una ciudad es entre un 10 y un 30% menor. Esta disminución es compensada por:

- La radiación de onda larga emitida por la superficie de la ciudad.
- La capa de contaminación
- La gran cantidad de edificios que almacenan calor recibido y lo emiten.
- Existe un escaso consumo energético por evapotranspiración debido a que hay pocos y muy reducidos espacios verdes y, además, la superficie es impermeable.
- El calor generado por el hombre.

Dependiendo del origen de la contaminación, esto traerá consecuencias favorables o desfavorables. Será bueno en aquellas condiciones en las cuales existan fuentes de contaminación a nivel del suelo, tales como los automóviles, porque la masa de aire inestable que forma la isla de calor permitirá un mayor volumen de aire para la dilución de los contaminantes.

Sin embargo, se observa que cuando las condiciones reinantes son estables, las plumas de las grandes chimeneas son transportadas hacia las afueras de las ciudades sin incrementar sus concentraciones, mientras que la inestabilidad causada por las islas de calor provoca que dicha contaminación se acumule en las capas de la atmósfera muy próximo al suelo.

2.1.9 Reparto de las temperaturas

Las islas de calor dan lugar a temperaturas ambientales superiores (del orden de 1 a 4 °C) a las de los alrededores. Estos cuatro grados de diferencia constituyen un hecho palpable.

Diferentes estudios han podido comparar lo siguiente:

- Londres. Cuando en el centro urbano hay una temperatura de 11°C, en la periferia es de 10,3° y en el campo es de 9°C.

- París. Cuando se mide en el centro una temperatura de 12,3°C, en las periferias es del orden de 10,8°C.

En los mapas de isotermas se puede observar:

- Las curvas isotermas están muy próximas.
- El desnivel rápido en los perfiles térmicos.

Esto quiere decir que la ciudad origina un frente cálido, con gradiente de varios grados por kilómetro. Dentro de las repercusiones urbanas hay que tener en cuenta:

- El diseño del volumen de las edificaciones
- Las necesidades de calefacción o refrigeración.

2.1.10 Cadencia de las islas de calor

Dentro de las islas de calor se pueden distinguir unos ciclos y una determinada ritmicidad. A las dos o tres horas después de la puesta del sol, la isla de calor presenta un valor máximo. Esto se debe a que la ciudad pierde el calor de forma mas lenta que la periferia o el campo. Si la ciudad es muy grande, este valor máximo puede durar hasta el amanecer.

Durante el día las zonas rurales se calientan más deprisa que la ciudad, siendo inferior así la diferencia entre ellas.

Existe también un ritmo semanal, y se ha visto que los fines de semana, debido a las menores actividades industriales, a la inferior contaminación, etc., tiende a disminuir el valor máximo de la isla de calor.

2.1.11 Condicionantes de la isla de calor

Las islas de calor se ven afectadas por una serie de factores biológicos, físicos y socioeconómicos. Dentro de los factores biológicos y físicos cabe destacar:

- El clima. Las islas de calor dependen del clima urbano, pero este es una variante regional del clima global. Los estudios que se han realizado en latitudes medias indican que parece que se atenúa en las zonas tropicales y en cambio se acentúa en zonas subárticas. Así, los edificios en grandes ciudades serían favorables para mejorar el clima en las zonas frías, y ocurre a la inversa en zonas cálidas.
- El tipo de clima. La diferencia máxima se da con un tiempo anticiclónico y cielo despejado, lo que favorece una elevada insolación. Con viento ligero la isla de calor se atenúa, y con vientos fuertes llega a desaparecer. Cuando hay viento en general, la isla de calor sufre un desplazamiento hacia sotavento.

Por otra parte, existe una relación entre el tamaño de la ciudad y la intensidad del viento de la isla de calor, como se indica en la tabla adjunta.

NÚMERO DE HABITANTES	VELOCIDAD LÍMITE DEL VIENTO (m/s)
30.000 – 50.000	4 – 5
120.000 – 400.000	6 – 8
2'000.000 – 8'500.000	11 – 12

Como consecuencia, se puede deducir que a partir de una velocidad límite del viento desaparece la isla de calor.

Dentro de los factores socioeconómicos se encuentran:

- Las edificaciones. Las construcciones elevadas tienen gran capacidad térmica, pero la difusión del calor es muy lenta debido a la presencia de los cañones urbanos, como calle estrechas, huecos interiores, etc.

Las zonas verdes y los parques son núcleos de frescor, y como consecuencia las temperaturas disminuyen de forma palpable.

- El tamaño de la ciudad y el desarrollo de la ciudad.

3.3. Los factores meteorológicos y la contaminación atmosférica

Se ha podido concluir que los factores y las condiciones meteorológicas están influidos por elementos externos como la topografía o las grandes masas superficiales de agua, y por elementos internos, extraños o no, como ocurre con las capas bajas de la atmósfera de las zonas industriales y urbanas y de sus áreas de influencia, afectadas por la contaminación atmosférica que originan sustancias contaminantes, o con los vientos y corrientes (sustancias presentes en el ambiente)

Los agentes contaminantes de origen industrial o urbano, y sus mezclas y reacciones químicas y fotoquímicas, tienen así una relación directa con las condiciones meteorológicas y con sus factores incidentes, de modo que unas veces los factores meteorológicos catalizan la evolución de esos contaminantes, otras veces los dispersan y otras veces provocan sinergismos y transformaciones complejas.

Los agentes contaminantes se emiten en ciudades e industrias de forma irregular, en el tiempo diario y estacionalmente, a causa de los cambios de las condiciones meteorológicas, por las jornadas laborales y de ocio y por las modificaciones en volumen y composición en las propias emisiones.

Con sustento en la contextualización anterior, es posible afirmar lo siguiente:

- El tiempo inestable y turbulento favorece la dispersión de los contaminantes.
- Las corrientes verticales favorecen la dispersión de los contaminantes.
- El tiempo de calmas meteorológicas (estabilidad atmosférica) favorece la concentración de los contaminantes.
- Ciertos gradientes térmicos en condiciones de humedad específicas, pueden favorecer la estabilidad o la inestabilidad atmosférica (presencia de inversiones térmicas).
- Las ciudades modifican la composición del aire urbano.
- Las ciudades modifican el equilibrio térmico.
- Las ciudades modifican la humedad del aire.
- La topografía urbana modifica las condiciones climáticas respecto de su entorno.
- Las industrias emisoras de contaminantes modifican la composición del aire de su entorno, su equilibrio térmico y la humedad del aire.
- La presencia de agentes contaminantes modifica el clima urbano, la penetración de la radiación solar y otros factores climáticos.
- Lo mismo ocurre con las industrias y las zonas industriales.
- En general, los factores meteorológicos agravan o mitigan la contaminación atmosférica.
- En general, la contaminación atmosférica afecta en muchas situaciones al clima urbano.

3. Norma de Calidad del Aire

La Norma de Calidad del 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 No. 2, los cuales son la base para evaluar e identificar el comportamiento de los contaminantes monitoreados.

Tabla 2. 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

Por otra parte la Resolución 2254 de 2017, en el capítulo IV define el Índice de Calidad del Aire - ICA, relaciona a este con el Estado de la Calidad del Aire y sus efectos en la salud, también establece cómo calcular el ICA y los puntos de corte del ICA para cada contaminante criterio, lo cual se resume en la Tabla No. 3; en el caso de los puntos de corte, se presentan para los contaminantes monitoreados en el área metropolitana de Bucaramanga.

Tabla 3. Descripción del ICA, sus efectos y Puntos de Corte

Rango y Color	Estado de la calidad del Aire	Efectos	Puntos de Corte			
			PM2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 24 horas	PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 24 horas	O ₃ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 8 horas	NO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1 hora
0 – 50 Verde	Buena	La contaminación atmosférica supone un riesgo bajo para la salud.	0-12	0 – 54	0 – 106	0-100
51 – 100 Amarillo	Aceptable	Posibles síntomas respiratorios en grupos poblacionales sensibles.	13-37	55 – 154	107 – 138	101-189

<p>101 – 150 Naranja</p>	<p>Dañina a la salud de grupos sensibles</p>	<p>Los grupos poblacionales sensibles pueden presentar efectos sobre la salud.</p> <p>1) Ozono Troposférico: las personas con enfermedades pulmonares, niños, adultos mayores y las que constantemente realizan actividad física al aire libre, deben reducir su exposición a los contaminantes del aire.</p> <p>2) Material Particulado: Las personas con enfermedad cardíaca o pulmonar, los adultos mayores y los niños se consideran sensibles y por lo tanto en mayor riesgo.</p>	<p>38-55</p>	<p>155 – 254</p>	<p>139 – 167</p>	<p>190-677</p>
<p>151 – 200 Rojo</p>	<p>Dañina para la salud</p>	<p>Todos los individuos pueden comenzar a experimentar efectos sobre la salud. Los grupos sensibles pueden experimentar efectos más graves para la salud.</p>	<p>56-150</p>	<p>255 – 354</p>	<p>168 – 207</p>	<p>678-1221</p>
<p>201 – 300 Púrpura</p>	<p>Muy Dañina para la salud</p>	<p>Estado de alerta que significa que todos pueden experimentar efectos más graves para la salud.</p>	<p>151-250</p>	<p>355 – 424</p>	<p>208 – 393</p>	<p>1221-2349</p>
<p>301 – 500 Marrón</p>	<p>Peligroso</p>	<p>Advertencia sanitaria. Toda la población puede presentar efectos adversos graves en la salud y están propensos a verse afectados por graves efectos sobre la salud.</p>	<p>251-500</p>	<p>425 – 604</p>	<p>394</p>	<p>2350-3853</p>

4. Análisis del Monitoreo de los Contaminantes Criterio

En esta sección se realiza el análisis de la información recopilada por los Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire de la CDMB y el AMB, con el fin de determinar el cumplimiento del nivel máximo permitido que se ha establecido en la norma de calidad del aire, como también observar el comportamiento de los contaminantes criterios monitoreados teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas, y por último calcular el índice de calidad del aire en el área metropolitana de Bucaramanga para el año 2020.

3.4. Evaluación de la cantidad y calidad de los datos

Para realizar el ejercicio de análisis de los datos es absolutamente necesario iniciar por evaluar para cada contaminante el porcentaje de datos válidos, que se emplearan para calcular los promedios, comparar con la norma de calidad del aire y estimar el número de excedencias, el cual no podrá ser inferior al 75%, de acuerdo con el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire [MAVDT, 2008].

3.4.1. Porcentaje de captura de datos de los equipos.

En este caso se evalúa la operación de cada equipo que conforma las estaciones del SVCA, determinando el porcentaje de captura de datos por equipo, los cuales por ser automáticos registran 24 datos al día, los siete días de la semana. El año 2020 tuvo 366 días; es decir, teóricamente se debieron registrar 8.784 datos (N) correspondientes a concentraciones horarias; sin embargo, los equipos no registran el 100% de los datos debido a actividades de mantenimientos preventivos, correctivos o fallas técnicas imprevistas tanto en el equipo de monitoreo como en los equipos de soporte.

En la Tabla 4 se relaciona por cada equipo el porcentaje de captura y almacenamiento, que expresa la relación entre cantidad de datos horarios registrados y el total de datos horarios posibles en el año. Las estaciones Lagos del Cacique y Lagos I del SVCA del AMB tuvo una parcial operación en el 2020, de igual manera la estación Florida de la CDMB.

Tabla 4. Porcentaje de Datos Capturados por Equipos

Estación	Ciudadela	Cabecera		Florida	
Equipo	PM10	PM10		O3	
Datos capturados	7399	6794		3832	
% de Captura	84%	77%		44%	
Estación	La Ciudadela				
Equipo	PM10 y PM2.5	NO2		O3	
Datos capturados	6158	7839		5412	
% de Captura	70%	89%		62%	
Estación	San Francisco	Lagos del Cacique		Santa Cruz	
Equipo	PM10 y PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5
Datos capturados	8443	4595	5826	6864	8228
% de Captura	96%	52%	66%	78%	94%
Estación	Lagos I				
Equipo	PM10 y PM2.5	NO2		O3	

Datos capturados	2901	2780	2655
% de Captura	33%	32%	30%

3.4.2. Porcentaje de datos válidos.

Los registros horarios de concentración de cada contaminante deben ser evaluados para determinar si este es válido o no, toda vez que puede presentar error o ser inconsistente. El porcentaje de datos válidos es la relación entre la cantidad de datos válidos (V) y la cantidad de datos que debieron ser reportados en un período de tiempo definido (N), los correspondientes porcentajes de datos válidos se relacionan a continuación en la Tabla 5.

Tabla 5. Porcentaje de Datos Válidos por Estación

Estación	Ciudadela	Cabecera	Florida	
Equipo	PM10	PM10	O3	
V*	309	281	97	
% de Captura	84%	77%	26%	
Estación	La Ciudadela			
Equipo	PM10 y PM2.5	NO2	O3	
V*	255	322	205	
% de Captura	70%	88%	56%	
Estación	San Francisco	Lagos del Cacique	Santa Cruz	
Equipo	PM10 y PM2.5	PM10 y PM2.5	PM10	PM2.5
V*	352	187	239	284
% de Captura	96%	51%	65%	78%
Estación	Lagos I			
Equipo	PM10 y PM2.5	NO2	O3	
V*	122	117	116	
% de Captura	33%	32%	32%	

* Cantidad de datos válidos

Cantidad de datos que debieron ser reportados (N): 366

De acuerdo al porcentaje de datos válidos calculados los equipos de monitoreo:

- Ozono (O₃), de las estaciones de Florida, La Ciudadela y Lagos I;
- Material particulado PM10 y PM2.5, de las estaciones La Ciudadela, Lagos del Cacique y Lagos I;
- Dióxido de Nitrógeno (NO₂), de la estación Lagos I

No alcanzan el umbral de representatividad equivalente al 75%, por tanto los datos que se presentan de estos contaminantes, en estas estaciones, son de tipo indicativo y los mismos no pondrán compararse con la norma. Para el caso del equipo de ozono de la estación Florida el bajo porcentaje de datos capturados y a su vez de datos válidos se debió al daño en el equipo de refrigeración de la estación, cuya corrección se vio extendida en el tiempo por el confinamiento obligatorio a causa de la pandemia por el COVID-19.

3.5. Comportamiento de la concentración de PM10 en el cuarto trimestre

El material particulado (PST, PM10 o PM2.5) es originado tanto por fuentes móviles y fijas como por la misma naturaleza. Generalmente es emitido por vehículos de combustión interna, manipulación de materiales de construcción, el polvo levantado por el viento, por incendios forestales o chimeneas industriales donde se quema madera o carbón.

El monitoreo de material particulado PM10 o PM2.5 se compara con la norma nacional para un tiempo de exposición de 24 horas, para ello se debe calcular el promedio aritmético a partir de los respectivos valores horarios, los cuales deben cumplir con el criterio de representatividad temporal del 75%, es decir, un mínimo de 18 concentraciones horarias por día.

La concentración de PM10 durante el cuarto trimestre de 2020 se muestra en la Imagen 1. Las líneas continuas de color negra representan el PM10 24h y la línea punteada representa el nivel máximo permisible para un tiempo de exposición de 24 horas que equivale a $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Los colores verde y amarillo en el fondo de las gráficas indican el estado de la calidad del aire, referidos previamente en la Tabla 3 del presente informe.

De acuerdo a las gráficas se puede decir que la concentración del contaminante del aire PM10, durante el cuarto trimestre de 2020, cumplió el nivel máximo permisible para el periodo de exposición de 24 horas y presentó cero (0) excedencias al mismo.

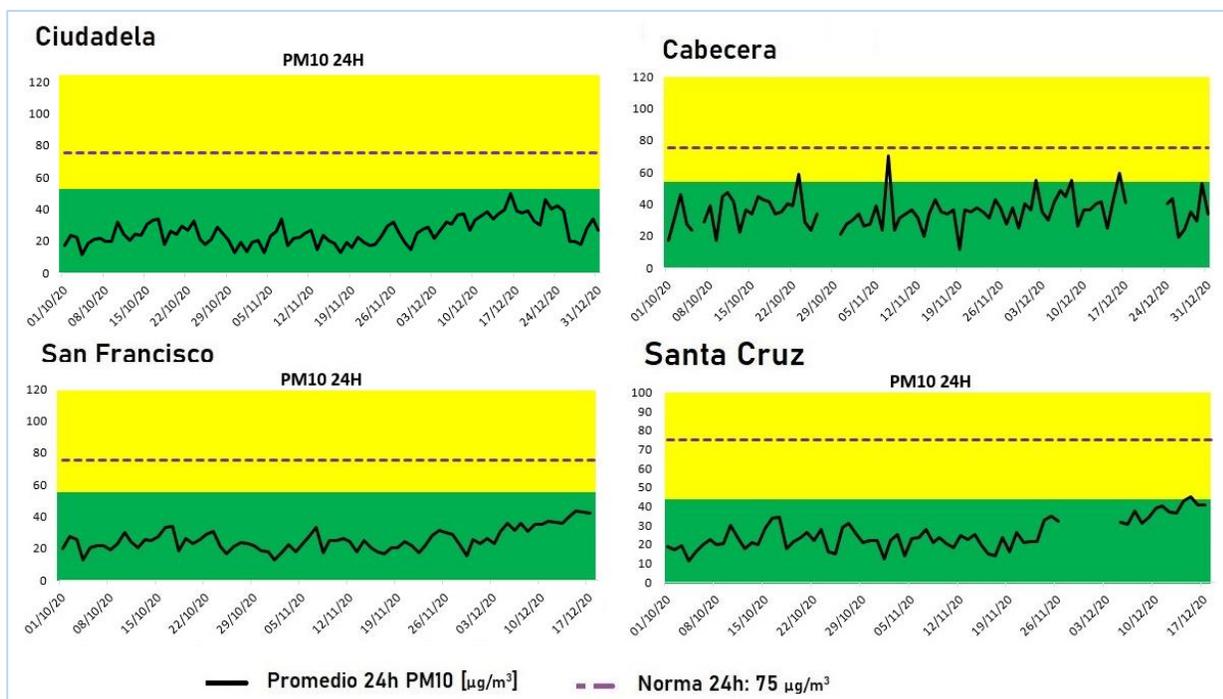


Imagen 1 . Concentración de PM10 24h en el cuarto trimestre del año 2020

En la Tabla 6 se observan el promedio mensual y trimestral de PM10 y el número de excedencias al nivel máximo permisible de la norma de calidad del aire para las estaciones Cabecera, Ciudadela y San Francisco en el municipio de Bucaramanga y la estación Santa Cruz en el municipio de Girón, para el periodo entre octubre y diciembre de 2020. De esta se puede comentar el incremento de la concentración de PM10 en el mes de diciembre respecto a octubre y noviembre, por otra parte la mayor concentración de PM10 en la estación Cabecera toda vez que registra la contaminación del tráfico vehicular que circula por la carrera 33 de Bucaramanga, mientras que las demás estaciones registran la contaminación de fondo de la ciudad.

Tabla 6. Concentración de PM10 trimestre Oct - Dic 2020

Estación	Oct ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Nov ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Dic ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Promedio Trimestral 24H ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Número de Excedencias
Ciudadela	23	21	33	25.7	0
Cabecera	42	41	47	43.3	0
San Francisco	23	22	34*	26.3	0
Santa Cruz	22	22	37*	27.0	0

* Concentración indicativa dada que la representatividad de los datos es menor al 75%

3.6. Comportamiento anual de la concentración de PM10

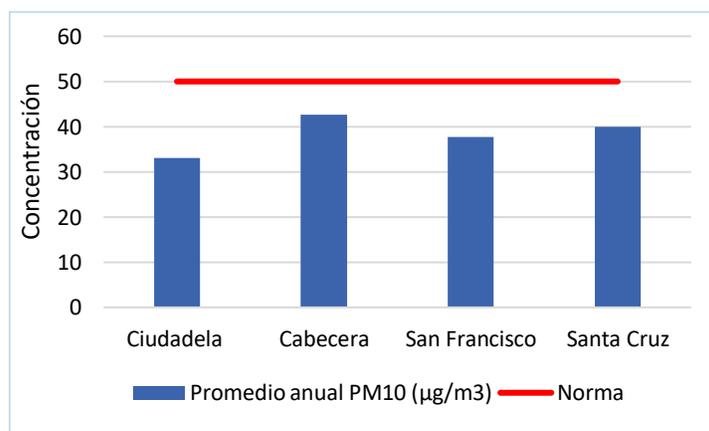
De los contaminantes monitoreados en el 2020 son el PM10 y PM2.5 los que presentaron excedencias a la norma para el tiempo de exposición de 24 horas, por ello la importancia de calcular el promedio anual de las concentraciones horarias, que se obtiene de todas las concentraciones horarias válidas durante el año por estación de vigilancia.

En la Tabla 7 y la Imagen se observan los promedios anuales de PM10 registrados en las estaciones que tuvieron una representatividad temporal mayor al 75% durante el 2020, además incluye las excedencias a la norma para el periodo de 24h y el porcentaje de datos válidos. El nivel máximo permisible anual para PM10 equivale a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en este caso ninguna estación excedió el valor de la norma, el mayor promedio registrado durante el 2020 es en la estación Cabecera con $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$, consecuente con ser estación para medición del tráfico vehicular, mientras que la estación Ciudadela registró el promedio más bajo, con $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En cuanto a las excedencias a la norma se dieron en el primer trimestre del año, debido a varios fenómenos que fueron expuestos en el informe de la calidad del aire para este periodo.

Tabla 7. Promedio anual de PM10, año 2020

Estación	Promedio anual PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	% de datos válidos	No. de Excedencias 24h
Norma anual PM10: $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$			
Ciudadela	34	84%	15
Cabecera	43	77%	10
San Francisco	38	96%	24
Lagos del Cacique	ND	52%	29
Lagos I	ND	33%	31
Santa Cruz	40	78%	29



3.7.

3.7.1. Comportamiento mensual de la concentración de PM10

En la Imagen 2 se representa la concentración mensual del contaminante criterio PM10 en 6 estaciones, evidenciando el comportamiento del contaminante durante el año; al iniciar el 2020 aumenta la concentración en el transcurso de enero y febrero hasta alcanzar en marzo la mayor concentración de material particulado, mientras que en el mes de abril empieza a disminuir la concentración, pasando a tener entre los meses de mayo y noviembre poca variación y conservándose por debajo de $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$; terminando el año con un leve incremento en diciembre.

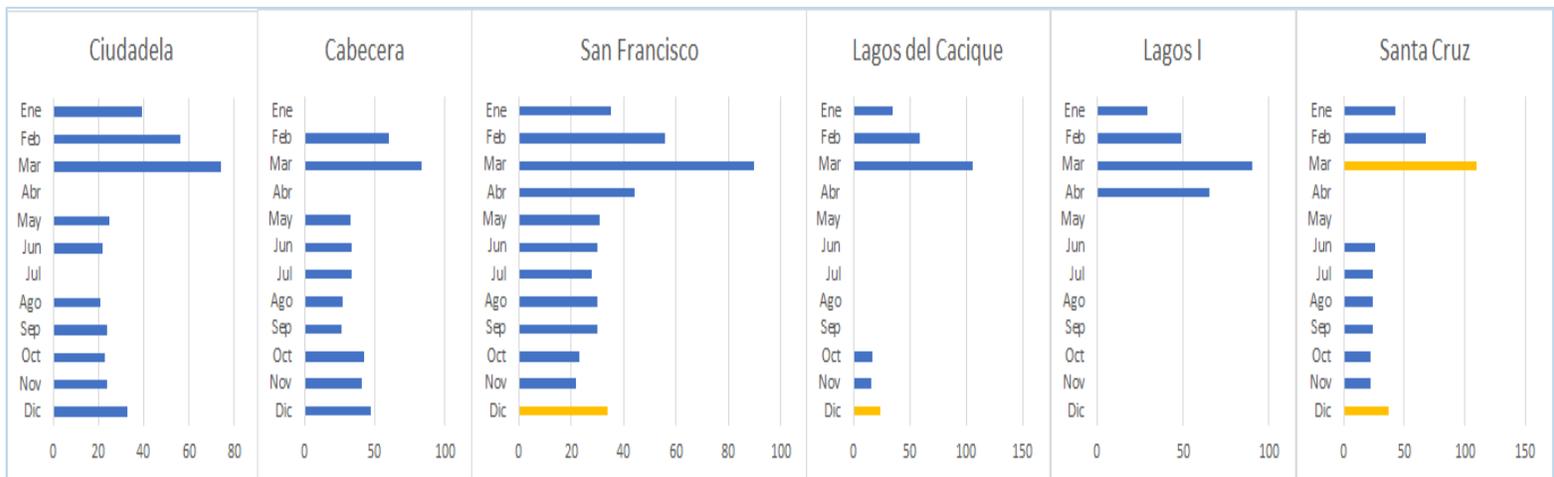


Imagen 2. Concentraciones mensuales de PM10 por estaciones, año 2020

La Tabla 8 muestra la concentraciones mensuales de PM10 entre enero y diciembre de 2020 para las estaciones de monitoreo, en el mes de marzo en Bucaramanga el promedio de PM10 fue $88.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en Floridablanca fue $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en Girón un aproximado de $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (concentración indicativa); mientras que en noviembre Bucaramanga la concentración promedio fue $25.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en Girón $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabla 8. Concentración promedio mensual de PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Mes	Ciudadela	Cabecera	San Francisco	Lagos del Cacique	Lagos I	Santa Cruz
Enero	39	ND	35	35	29	43

Febrero	56	60	56	59	49	68
Marzo	74	83	90	106	90	110*
Abril	ND	ND	44	ND	65	ND
Mayo	25	33	31	ND	ND	ND
Junio	22	33	30	ND	ND	26
Julio	ND	34	28	ND	ND	24
Agosto	21	27	30	ND	ND	24
Septiembre	24	27	30	ND	ND	24
Octubre	23	42	23	17	ND	22
Noviembre	21	41	22	16	ND	22
Diciembre	33	47	34*	24*	ND	37*

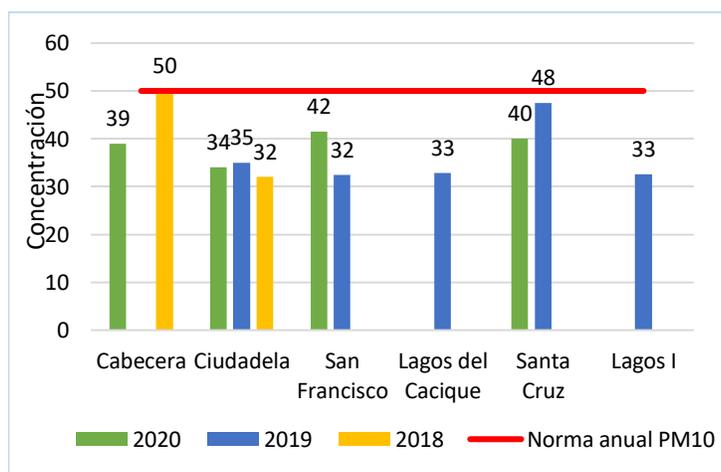
* Concentración indicativa dada que la representatividad de los datos es menor al 75%

3.7.2. Comportamiento histórico de la concentración de PM10

Con el fin de evidenciar el comportamiento del contaminante criterio PM10 en los últimos tres (3) años se presenta los promedios anuales de la concentración, sin embargo se deber tener en cuenta que el SVCA operado por el AMB entró en funcionamiento en octubre de 2018. En la tabla 9 y su respectiva gráfica muestra que la contaminación por PM10 en estaciones como Ciudadela, Cabecera y Santa Cruz en el año 2020 disminuyó frente al año anterior; situación diferente presentada en la estación San Francisco que aumentó en $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el 2020 frente al 2019.

Tabla 9. Histórico Promedio Anual PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Promedio Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
Norma: $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$			
Estación	2020	2019	2018
Cabecera	39	ND	50
Ciudadela	34	35	32
San Francisco	38	32	-
Lagos del Cacique	ND	33	-
Santa Cruz	40	48	-
Lagos I	ND	33	-



3.8.

3.9. Comportamiento de la concentración de PM2.5 en el cuarto trimestre

El PM2.5 es la masa de las partículas cuyo diámetro es inferior 2.5 μm , es decir son las partículas más finas del material particulado siendo hasta 100 veces más delgadas que un cabello humano, que pueden llegar a ser respirables y en combinación con otros factores generar problemas de salud.

La concentración de PM2.5 para el periodo entre el 01 de octubre de 2020 y el 17 de diciembre de 2020 para las estaciones Santa Cruz en Girón y San Francisco en Bucaramanga se ilustra en la Imagen 3. Nuevamente se indica que las líneas continuas de color negra representan el PM2.5 24h y la línea punteada representa el nivel máximo permisible para un tiempo de exposición de 24 horas que equivale a 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Los colores verde, amarillo, naranja y rojo en el fondo de las gráficas indican el estado de la calidad del aire, referidos previamente en la Tabla 3 del presente informe.

De acuerdo a las gráficas se puede decir que la concentración del contaminante del aire PM2.5, durante el cuarto trimestre de 2020, cumplió el nivel máximo permisible para el periodo de exposición de 24 horas y presentó cero (0) excedencias al mismo.

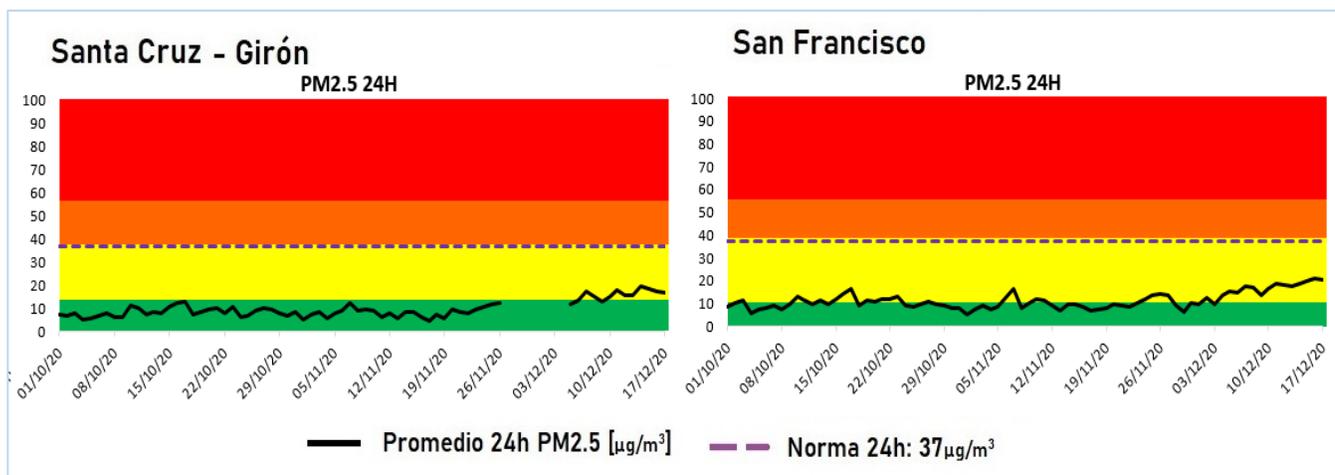


Imagen 3. Concentración de PM2.5 24h en el cuarto trimestre del año 2020

Tabla 10. Concentración de PM2.5 trimestre Oct - Dic 2020

Estación	Oct (µg/m ³)	Nov (µg/m ³)	Dic (µg/m ³)	Promedio Trimestral 24H (µg/m ³)	Número de Excedencias
Santa Cruz	8	8	16*	10	0
San Francisco	10	10	16*	11	0

* Concentración indicativa dada que la representatividad de los datos es menor al 75%

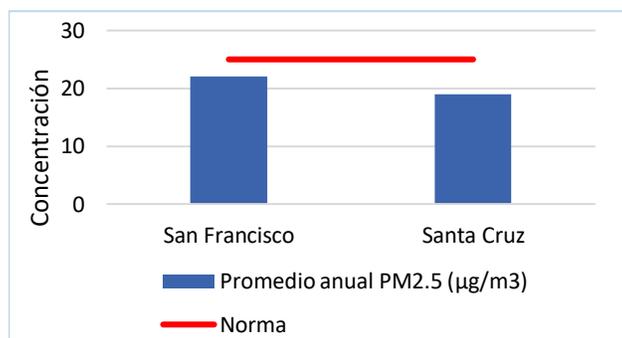
3.10. Comportamiento anual de la concentración de PM2.5

En la Tabla 11 y la Imagen se observan los promedios anuales de PM10 registrados en las estaciones que tuvieron una representatividad temporal mayor al 75% durante el 2020, además incluye las excedencias a la norma para el periodo de 24h y el porcentaje de datos válidos. El nivel máximo permisible anual para PM2.5 equivale a 25 µg/m³, por lo cual se verifica que en el área de influencia de estas dos estaciones se cumplió la norma; la estación San Francisco registró 22 µg/m³ y la estación Santa Cruz registró 19 µg/m³.

En cuanto a las excedencias a la norma se dieron en el primer trimestre del año, debido a varios fenómenos que fueron expuestos en el informe de la calidad del aire para este mismo periodo.

Tabla 11. Promedio anual de PM2.5, año 2020

Estación	Promedio anual PM2.5 (µg/m ³)	% de datos válidos	No. de Excedencias 24h
La Ciudadela	ND	70%	24
San Francisco	22	96%	45
Lagos del Cacique	ND	66%	51
Santa Cruz	19	94%	34
Lagos I	ND	33%	38



3.10.1. Comportamiento mensual de la concentración de PM2.5

El comportamiento descrito en la sección 3.3.1 para el PM10, se repite con el PM2.5 como bien lo muestra la Imagen 4, donde se representó por cada mes la concentración

contaminante criterio PM2.5 para las 5 estaciones del SVCA operado por el AMB, el comportamiento del contaminante durante el año. En el primer trimestre se incrementa de la concentración entre enero y marzo, siendo este último el mes de la más alta concentración de material particulado de todo el año, en el segundo trimestre hay un descenso que se mantiene en el tercer trimestre y parte del cuarto trimestre donde también se evidencia un leve incremento en el mes de diciembre.

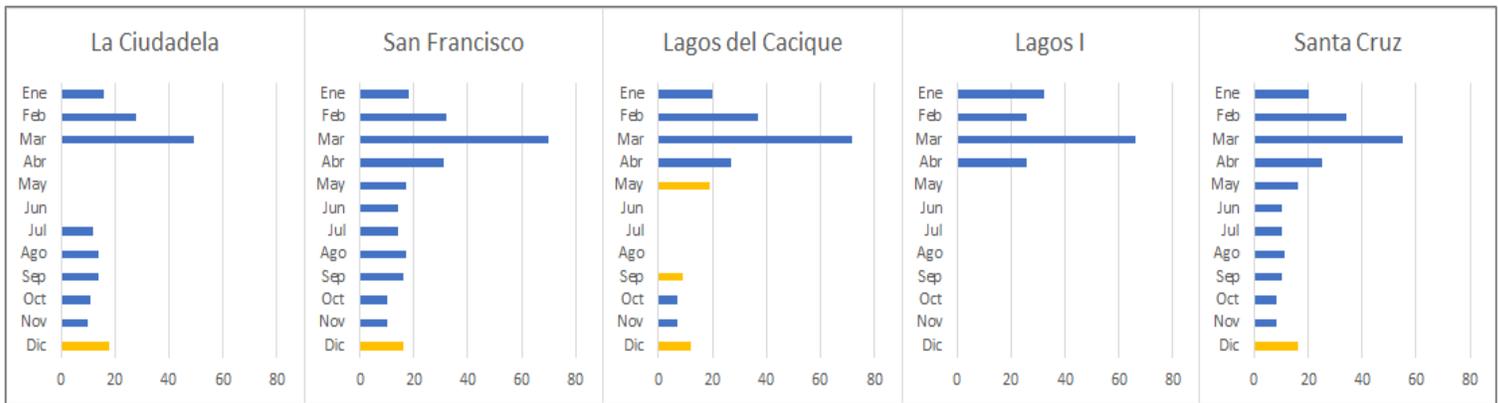


Imagen 4. Concentraciones mensuales de PM2.5 por estaciones, año 2020

La Tabla 12 muestra la concentraciones mensuales de PM2.5 entre enero y diciembre de 2020 para las estaciones de monitoreo, en el mes de marzo en Bucaramanga el promedio de PM10 fue 63.7 µg/m³, en Floridablanca fue 66 µg/m³ y en Girón un fue 55 µg/m³; mientras que en noviembre Bucaramanga la concentración promedio fue 9 µg/m³ y en Girón 8 µg/m³.

Tabla 12. Concentración de PM2.5 (µg/m³) por mes

Mes	La Ciudadela	San Francisco	Lagos del Cacique	Lagos I	Santa Cruz
Enero	16	18	20	32	20
Febrero	28	32	37	26	34
Marzo	49	70	72	66	55
Abril	ND	31	27	26	25
Mayo	ND	17	19*	ND	16
Junio	ND	14	ND	ND	10
Julio	12	14	ND	ND	10
Agosto	14	17	ND	ND	11

Septiembre	14	16	9*	ND	10
Octubre	11	10	7	ND	8
Noviembre	10	10	7	ND	8
Diciembre	18*	16*	12*	ND	16*

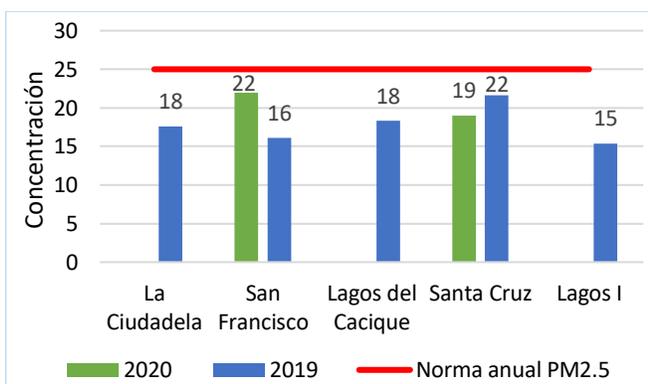
* Concentración indicativa dada que la representatividad de los datos es menor al 75%

3.10.2. Comportamiento histórico de la concentración de PM2.5

Con el fin de evidenciar el comportamiento del contaminante criterio PM2.5 en los últimos dos (2) años se presenta los promedios anuales de concentración. De acuerdo con la tabla 12 y su respectiva gráfica, la concentración promedio anual de PM2.5 en la estación Santa Cruz disminuyó en el 2020 frente al año 2019, mientras que en la estación San Francisco aumentó en 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el 2020 frente al 2019. Situación que se presentó previamente con el PM10.

Tabla 13. Histórico Promedio Anual PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Promedio Anual PM2.5		
Norma anual: 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
Estación	2020	2019
La Ciudadela	ND	18
San Francisco	22	16
Lagos del Cacique	ND	18
Santa Cruz	19	22
Lagos I	ND	15



3.11. Comportamiento de la concentración de Dióxido de Nitrógeno

El dióxido de nitrógeno (NO_2) es un gas tóxico e irritante, uno de los principales contaminantes entre los varios óxidos de nitrógeno, es un contaminante secundario y precursor del ozono y el material particulado.

En la naturaleza se produce por los incendios forestales o la descomposición de nitratos orgánicos. El volumen total que se produce de forma natural es infinitamente menor que el producido por factores antropogénicos. Tiene su origen en la oxidación del NO que se produce en la combustión de los motores de los vehículos, en especial los diésel. El NO emitido por los motores, una vez en la atmósfera, se oxida y se convierte en NO_2 . Es también un potenciador del material particulado, sobre todo del $\text{PM}_{2.5}$ que son las más perjudiciales y en su reacción con los rayos del sol es un precursor del ozono troposférico.

En la imagen 5 se observa que durante el año 2020 las concentraciones del contaminante criterio dióxido de nitrógeno se encuentran por debajo del nivel máximo permitido para un tiempo de exposición de 1 hora, conservando concentraciones mayoritariamente inferiores a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por lo que se supone un estado de la calidad del aire “bueno” y bajos riesgos para la salud. En la gráfica se observa la disminución de la contaminación por NO_2 en el mes de abril, cuando se presentó el aislamiento preventivo obligatorio por la emergencia sanitaria por COVID-19.

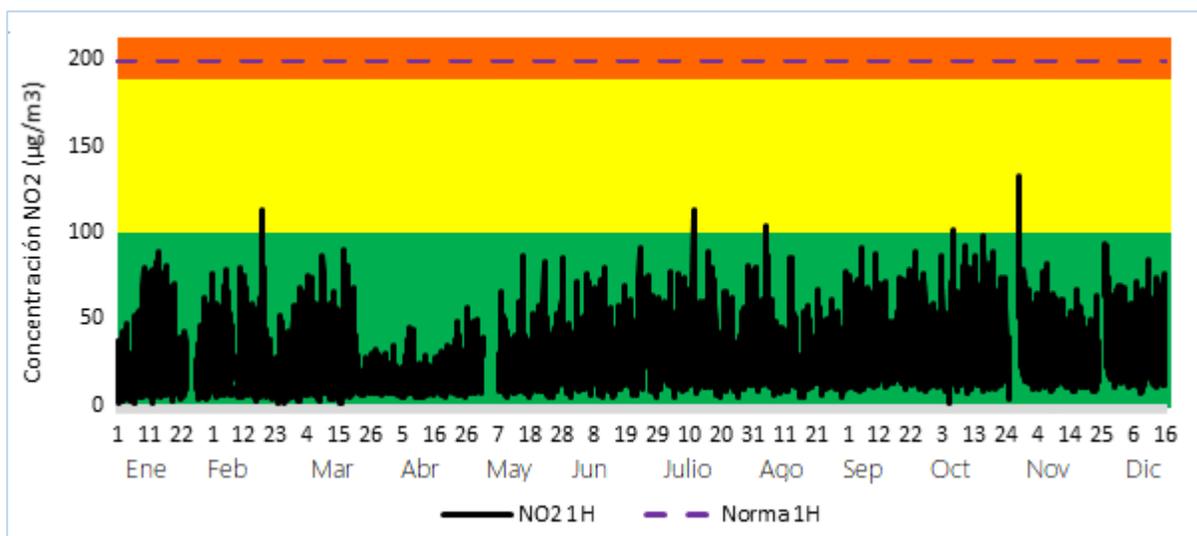
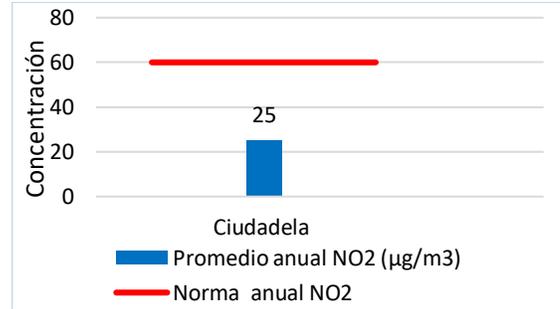


Imagen 5. Comportamiento temporal NO_2 1H, año 2020

En la Tabla 14 contiene el promedio anual de las concentraciones horarias de NO₂, el porcentaje de datos válidos, número de excedencias, y el nivel máximo permisible para el contaminante para el periodo de 1 hora.

Tabla 14. Promedio anual de NO₂, año 2020

Estación	Promedio anual NO ₂ (µg/m ³)	% de datos válidos	No. de Excedencias 1h	Norma anual NO ₂ (µg/m ³)
Ciudadela	25	89%	0	60



3.12. Resultados meteorológicos

En esta sección se presentan los registros meteorológicos de las estaciones Ciudadela, San Francisco, Lagos del Cacique, Florida y Santa Cruz, resumiendo el comportamiento de las variables precipitación, temperatura, radiación solar, velocidad y dirección del viento para año 2020, además pretende mostrar cómo ciertas condiciones atmosféricas propiciaron una baja concentración en los contaminantes atmosféricos.

3.12.1. Comportamiento de la Precipitación

Para el cuarto trimestre de 2020, se tiene una precipitación acumulada aproximada a los 300 mm en la mayoría de las estaciones, siendo los meses de octubre y noviembre de mayor lluvia en el año, lo cual permitió disminuir las concentraciones de PM₁₀, PM_{2.5} y NO₂. Disminuidas las precipitaciones en diciembre se incrementó la concentración de los contaminantes.

La Tabla 15 contiene la precipitación acumulada anual y mensual en las estaciones Ciudadela y Lagos del Cacique en Bucaramanga, Florida en Floridablanca y Santa Cruz en Girón. La mayor cantidad de agua precipitada en el 2020 estuvo en la estación Ciudadela, seguido de Florida y Lagos del Cacique. Asimismo, se observa que el municipio de Girón alcanzó la menor precipitación acumulada anual, correspondiendo en un 50% aproximadamente frente a la precipitación de Bucaramanga y Floridablanca como se muestra en la imagen 6.

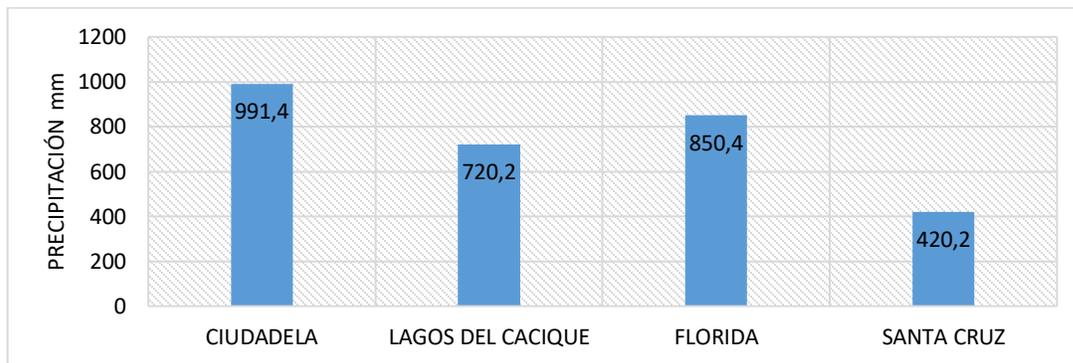


Imagen 6. Precipitación acumulada anual, año 2020

En general Colombia presenta dos períodos con lluvias abundantes durante el año, y dos períodos menos abundantes, reconocidos como invierno y verano respectivamente. El primero periodo de lluvias inicia a mediados de marzo y se extiende hasta mayo; el segundo, empieza a mediados de septiembre y dura hasta noviembre; mientras que los meses predominantemente sin lluvias son julio, agosto, enero y febrero. Los meses de marzo, junio, septiembre y diciembre son transición entre los dos períodos, es decir que presentan alternancia entre días de lluvias y tiempo seco.

La Imagen 7 y la Tabla 15 presentan la lluvia acumulada durante cada mes del 2020 en los que se puede apreciar que los meses de marzo y noviembre registraron los mayores acumulados durante todo el año; el cuarto trimestre presentó las mayores cantidades de lluvia, y fue segundo semestre del año 2020 con más precipitación en el que cayó un promedio de 443 mm de agua en el área metropolitana.

Tabla 15. Precipitación acumulada mensual y anual, año 2020

ESTACIÓN	CIUDADELA	LAGOS DEL CACIQUE	FLORIDA	SANTA CRUZ	PROM ACUM MENSUAL	ACUM SEMESTRAL
unidad	mm					
ENERO	69.8	52.2	26.2	42.4	47.7	319.5
FEBRERO	52.8	31.9	2.4	9.3	24.1	
MARZO	117.6	151.6	34.4	70.4	93.5	
ABRIL	33.4	81.5	70.2	23.9	52.3	
MAYO	89.8	9.4	103.6	46.2	62.3	
JUNIO	67.8	2.1	68.4	20.6	39.7	
JULIO	85.8	82.8	108.6	34.2	77.9	442.9
AGOSTO	80.2	67.3	47.2	15.9	52.7	
SEPTIEMBRE	69.8	70.0	101.2	37.2	69.6	
OCTUBRE	104.4	68.0	124.4	62.9	89.9	
NOVIEMBRE	175.4	103.4	141	57.2	119.3	
DICIEMBRE	44.6	1.3*	22.8	0*	33.7	
ANUAL	991.4	720.2	850.4	420.2	762.4	

* Los datos en estas estaciones son indicativas dado que la representatividad es menor al 75%

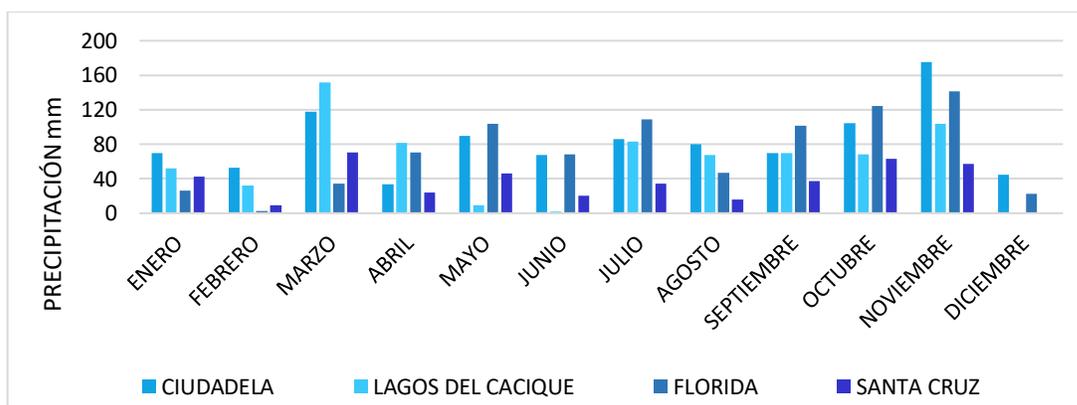


Imagen 7. Precipitación acumulada mensual, año 2020

3.12.2. Comportamiento de la Temperatura

En el cuarto trimestre del 2020 la temperatura del aire tuvo un comportamiento constante frente al tercer trimestre, como también la temperatura en el primer semestre fue superior que en el segundo semestre. Siendo el mes de mayo el más caluroso registrando 26 °C y el mes de noviembre el menos caluroso con 24°C.

La Tabla 16 y la Imagen 8 contiene los registros de temperatura promedio mensual para cada una de las 5 estaciones, distribuidas en Bucaramanga (3), Floridablanca (1) y

Girón (1). De esta grafica se visualiza que Bucaramanga presenta una temperatura un inferir que los municipios de Floridablanca y Girón.

Tabla 16. Temperatura promedio mensual, año 2020

ESTACIÓN	CIUDEDELA	SAN FRANCISCO	LAGOS DEL CACIQUE	FLORIDA	SANTA CRUZ	PROMEDIO
Unidad	°C					
ENERO	24.3	24.4	23.9	25.5	26.4	24.9
FEBRERO	25.2	25.3	24.8	26.4	27.3	25.8
MARZO	24.9	25.0	25.5	26.2	27.2	25.8
ABRIL	24.7	24.8	25.4	25.9	27.0	25.6
MAYO	24.9	25.1	26.2	26.2	27.4	26.0
JUNIO	23.9	24.1	25.3	25.0	26.2	24.9
JULIO	23.6	23.8	24.2	24.7	26.0	24.5
AGOSTO	23.9	24.0	24.5	25.0	26.4	24.8
SEPTIEMBRE	23.7	23.8	24.3	24.7	26.1	24.5
OCTUBRE	23.7	23.9	24.5	24.9	26.1	24.6
NOVIEMBRE	23.1	23.3	23.8	24.5	25.5	24.0
DICIEMBRE	23.7	23.8	24.5	25.0	26.1	24.6

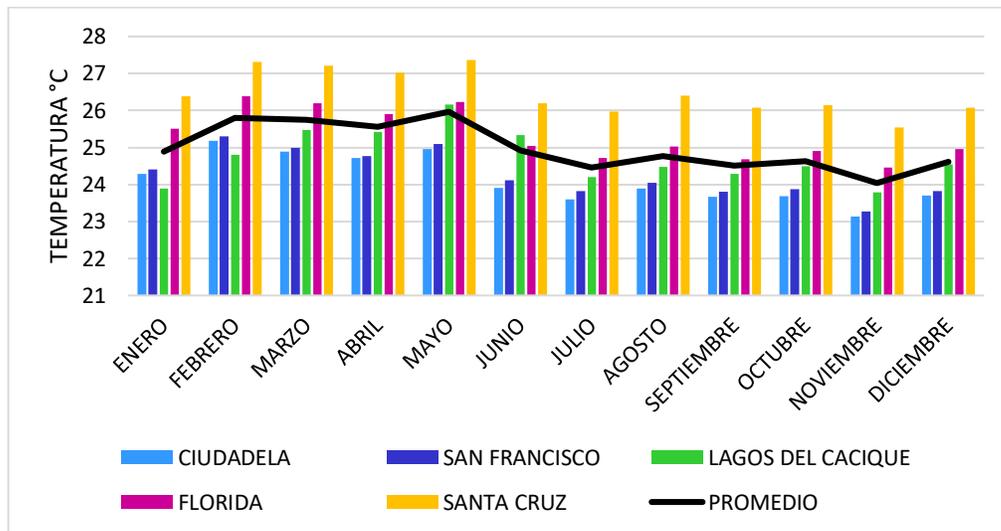


Imagen 8. Temperatura promedio mensual, año 2020

Por otra parte la Tabla 17 resume el comportamiento de la temperatura horaria durante el año 2020 en cada una de las estaciones. Así mismo la Imagen 9 muestra el perfil promedio horario de la temperatura en el área metropolitana de Bucaramanga y sus variaciones a través de cada una de las estaciones. Se destaca también que las mayores temperaturas se registran en las estaciones Santa Cruz y Florida. Las

estaciones Ciudadela y Floridablanca registran los valores más bajos de temperatura horaria durante el año.

Tabla 17. Comportamiento horario de la Temperatura durante el año 2020

HORA	CIUDADELA	SAN FRANCISCO	LAGOS DEL CACIQUE	FLORIDA	SANTA CRUZ	PROMEDIO
Unidad	°C					
0	22.8	22.7	22.6	23.6	23.6	23.1
1	22.4	22.4	22.3	23.2	23.2	22.7
2	22.0	22.1	22.0	22.9	22.8	22.4
3	21.7	21.8	21.7	22.6	22.6	22.1
4	21.5	21.6	21.4	22.4	22.3	21.8
5	21.3	21.4	21.2	22.2	22.1	21.6
6	21.2	21.8	21.6	22.1	22.4	21.8
7	21.7	23.1	23.6	22.3	24.1	23.0
8	22.8	24.5	25.5	23.3	26.5	24.5
9	24.3	25.9	27.4	24.9	28.8	26.3
10	25.9	27.0	29.0	26.8	30.7	27.9
11	27.0	27.3	29.5	28.2	31.4	28.7
12	27.3	27.2	29.1	29.1	31.6	28.9
13	27.2	27.1	28.5	29.2	31.5	28.7
14	27.0	26.9	28.1	29.0	31.1	28.4
15	26.8	26.6	27.6	28.7	30.5	28.0
16	26.3	26.0	26.9	28.2	29.6	27.4
17	25.7	25.2	25.6	27.5	28.3	26.5
18	24.9	24.5	24.8	26.7	27.2	25.6
19	24.5	24.1	24.2	25.9	26.5	25.1
20	24.2	23.9	24.0	25.4	25.8	24.7
21	23.9	23.7	23.7	25.0	25.1	24.3
22	23.6	23.3	23.3	24.5	24.5	23.9
23	23.2	23.1	23.0	24.1	24.0	23.5

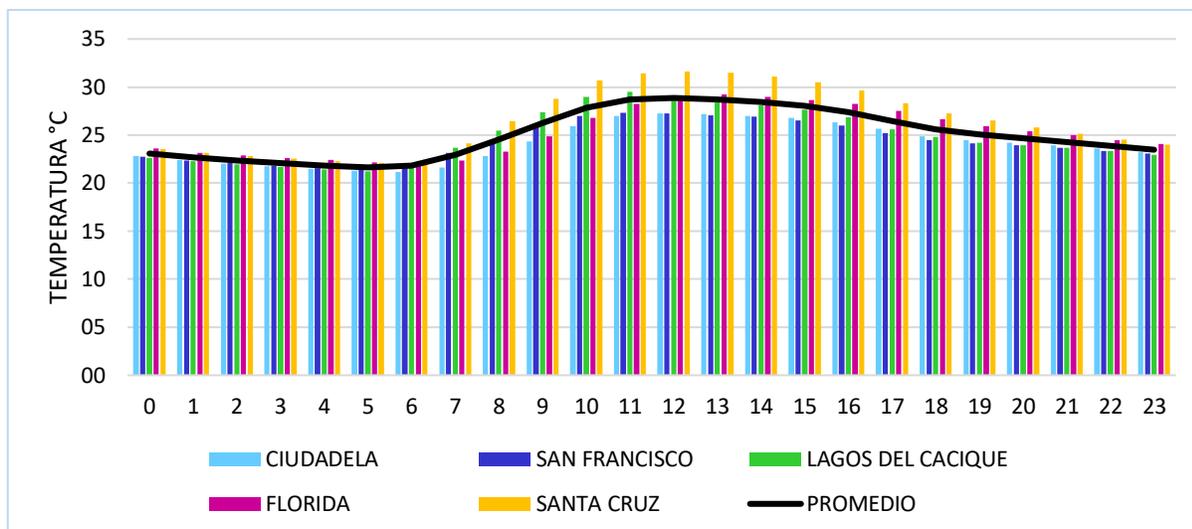


Imagen 9. Comportamiento horario Temperatura, año 2020

3.12.3. Comportamiento de la Humedad Relativa

En el cuanto al último trimestre del año 2020 la humedad relativa del aire tuvo un comportamiento de muy poca variación frente al tercer trimestre, de acuerdo a los promedios mensuales presentados en la Tabla 18, en este caso la humedad relativa fue menor en el primer semestre del año y aumentó en el segundo semestre, guardando la relación inversa con la temperatura, siendo pues febrero en mes más seco y noviembre el más húmedo.

La Tabla 16 y la Imagen 10 contiene los registros de temperatura promedio mensual para cada una de las 5 estaciones, distribuidas en Bucaramanga (3), Floridablanca (1) y Girón (1). De esta grafica se visualiza que Bucaramanga presenta una temperatura un inferir que los municipios de Floridablanca y Girón. Adicionalmente en la gráfica se percibe que las estaciones Ciudadela y Florida presentan la humedad relativa más alta, mientras que Lagos del Cacique, San Francisco y Santa Cruz están bajo una condición de humedad relativa más baja.

Tabla 18. Humedad relativa promedio mensual, año 2020

ESTACIÓN	CIUDADELA	SAN FRANCISCO	LAGOS DEL CACIQUE	SANTA CRUZ	FLORIDA	PROMEDIO
----------	-----------	---------------	-------------------	------------	---------	----------

Unidad	%					
ENERO	70.8	65.1	65.4	63.2	71.7	67.2
FEBRERO	68.8	62.6	63.1	60.9	70.6	65.2
MARZO	71.4	64.3	65.6	61.6	72.5	67.1
ABRIL	74.3	67.4	67.6	64.5	74.4	69.6
MAYO	76.5	68.2	66.0	64.4	74.8	70.0
JUNIO	78.2	69.5	63.3	66.4	75.7	70.6
JULIO	79.0	69.7	70.1	66.2	76.2	72.2
AGOSTO	80.2	70.6	70.6	65.9	75.9	72.6
SEPTIEMBRE	80.4	70.2	70.5	66.5	75.9	72.7
OCTUBRE	80.7	69.8	69.4	65.5	75.0	72.1
NOVIEMBRE	85.2	73.6	73.0	69.0	76.0	75.4
DICIEMBRE	81.6	70.1	69.6	66.1	74.6	72.4

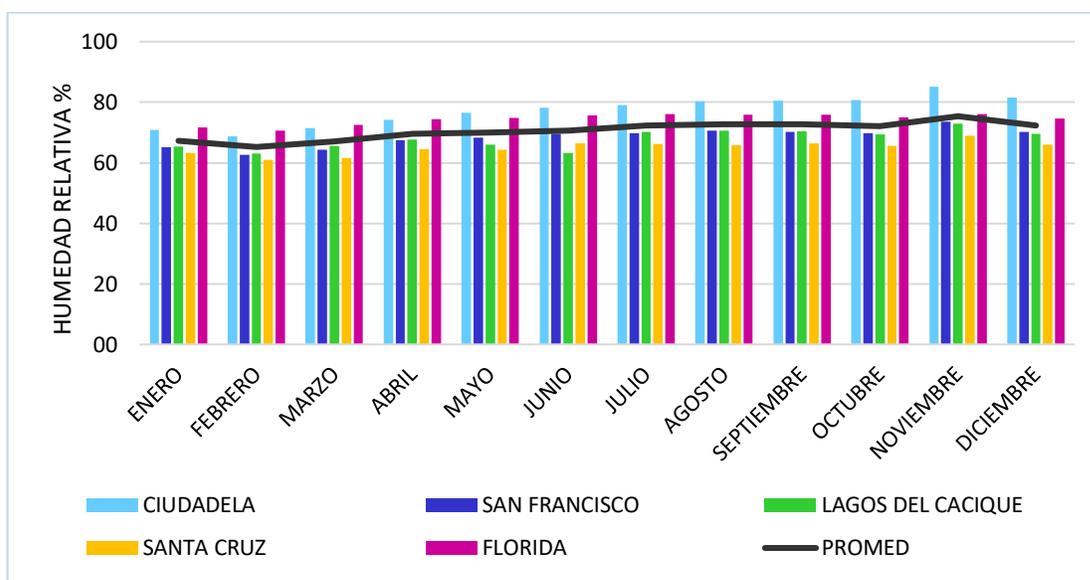


Imagen 10. Humedad relativa promedio mensual, año 2020

En cuanto al comportamiento horario de la humedad relativa, dada su relación inversa con la temperatura, en las horas de la madrugada y la noche la atmósfera se satura cuando la temperatura desciende, adquiriendo niveles de humedad relativa por encima del 70%; entre tanto, cuando la atmósfera se calienta, se hace más seca y la humedad relativa disminuye.

En el año 2020, de acuerdo a la Tabla 19, se registró la humedad relativa horaria más alta a las 5 a.m. con un valor de 82.6% mientras que la más baja a las 11 a.m. con un valor de 54.2%. La Imagen 11 muestra el perfil promedio horario de la humedad relativa en el área metropolitana de Bucaramanga y sus variaciones a través de cada una de las estaciones.

Tabla 19. Comportamiento horario Humedad Relativa durante el año 2020

HORA	CIUDADELA	SAN FRANCISCO	LAGOS DEL CACIQUE	FLORIDA	SANTA CRUZ	PROMEDIO
Unidad	%					
0	83.9	75.9	77.4	79.4	77.7	78.9
1	85.2	77.4	78.6	80.0	79.1	80.1
2	86.4	78.0	79.5	80.6	80.1	80.9
3	87.1	78.6	80.2	81.1	80.9	81.6
4	87.4	79.4	80.9	81.4	81.6	82.2
5	88.1	79.7	81.5	81.7	82.0	82.6
6	88.4	77.6	79.8	81.9	80.3	81.6
7	86.0	70.8	72.3	81.6	72.8	76.7
8	80.8	63.4	64.2	79.4	62.3	70.0
9	73.2	56.3	55.8	75.0	52.5	62.6
10	65.7	51.5	49.7	69.1	45.8	56.4
11	62.0	51.9	48.8	64.0	44.2	54.2
12	63.2	54.7	52.0	62.2	44.0	55.2
13	64.8	56.5	54.3	63.1	45.4	56.8
14	66.0	57.7	55.7	64.6	47.5	58.3
15	67.0	60.0	57.6	65.8	49.9	60.1
16	69.0	63.0	60.7	67.2	53.1	62.6
17	72.3	67.4	66.0	69.8	58.0	66.7
18	76.1	71.2	70.7	73.0	62.7	70.7
19	78.2	72.9	72.3	75.2	66.0	72.9
20	79.4	73.5	72.9	76.8	69.0	74.3
21	80.3	74.0	74.0	77.5	71.8	75.5
22	81.6	74.4	75.1	78.0	74.2	76.7
23	82.7	75.0	76.4	78.6	76.2	77.8

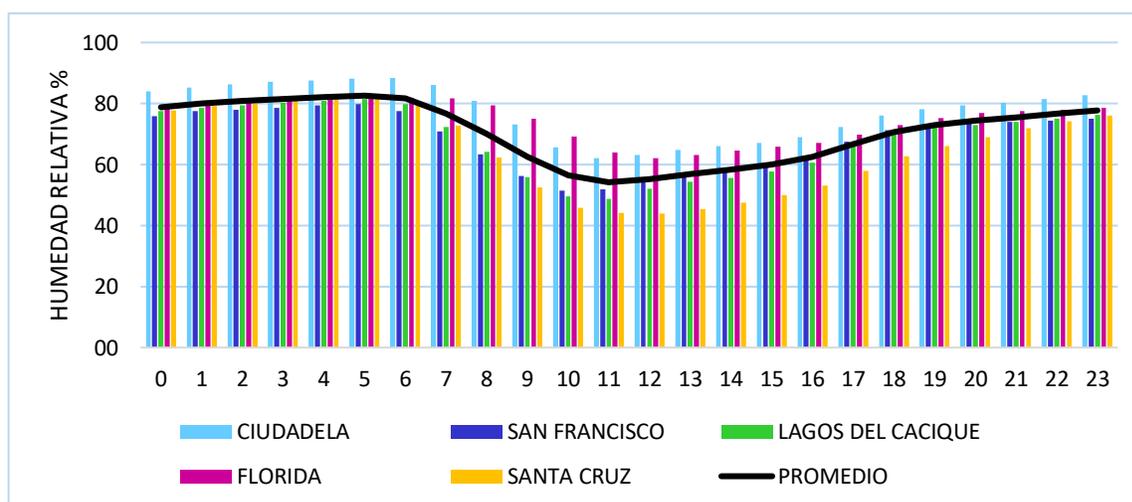


Imagen 11. Humedad relativa promedio horario, año 2020

3.12.4. Comportamiento de la Dirección y Velocidad del Viento

El viento es el aire en movimiento que tiene magnitud y dirección, por lo cual su análisis se realiza tomando en cuenta en sus dos componentes, velocidad y dirección.

- Comportamiento de la Velocidad del Viento

Para el año 2020 la velocidad del viento promedio mensual varió entre 0.9 m/s y 1.6 m/s, de acuerdo al registro de las estaciones contenidos en la Tabla 20. De acuerdo a la gráfica en la Imagen 12, se puede decir que el comportamiento de la magnitud del viento presenta muy poca variación entre los meses, así mismo que la mayor velocidad promedio mensual se dio en los meses de marzo, abril y mayo con valor de 1.4 m/s y que la menor velocidad promedio mensual se dio en el mes de agosto. Por otra parte, en la estación Santa Cruz se presentó la mayor velocidad promedio anual equivalente a 1.5 m/s, mientras que en la estación Lagos del Cacique se registró la menor velocidad promedio anual equivalente a 1 m/s.

Tabla 20. Velocidad promedio mensual, año 2020

VEL. VIENTO (m/s)	CIUDADELA	SAN FRANCISCO	LAGOS DEL CACIQUE	SANTA CRUZ	FLORIDA	PROM MENSUAL
ENERO	1.5	1.4	1.0	1.4	1.2	1.3
FEBRERO	1.5	1.5	1.0	1.4	1.2	1.3
MARZO	1.5	1.6	1.1	1.6	1.2	1.4
ABRIL	1.5	1.6	1.2	1.4	1.2	1.4
MAYO	1.5	1.6	1.2	1.4	1.1	1.4
JUNIO	1.3	1.5	1.0	1.6	0.9	1.3
JULIO	1.3	ND	1.0	1.6	0.9	1.2
AGOSTO	1.4	ND	0.9	ND	1.0	1.1
SEPTIEMBRE	1.4	1.1	0.9	1.4	1.0	1.2
OCTUBRE	1.5	1.5	0.9	1.6	1.2	1.3
NOVIEMBRE	1.5	1.4	1.0	1.5	1.1	1.3
DICIEMBRE	1.5	1.3	1.0	1.5	1.2	1.3
PROM ANUAL	1.4	1.4	1.0	1.5	1.1	1.3

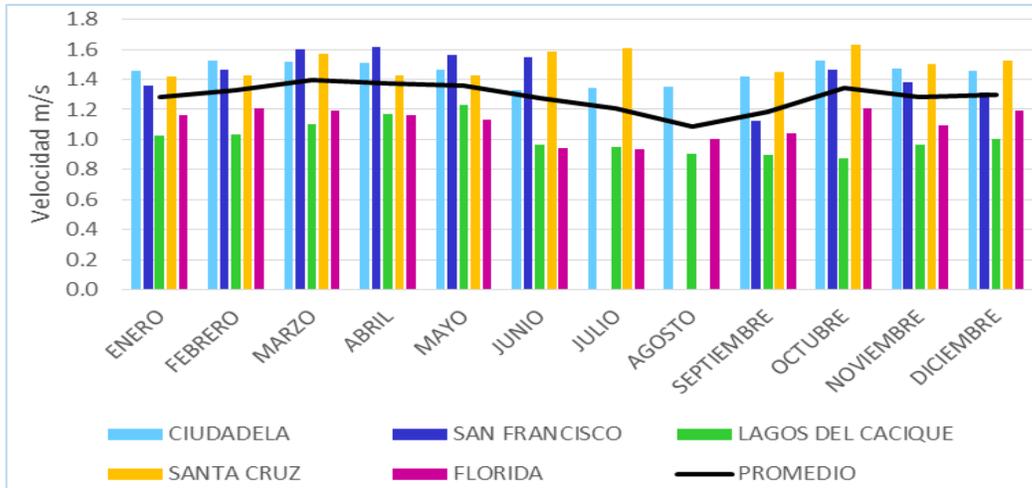


Imagen 12. Velocidad promedio mensual, año 2020

- Comportamiento de la Dirección del Viento

La dirección del viento indica de dónde viene el viento, no hacia dónde va. Por ejemplo, el viento norte es el que sopla desde el norte.

A continuación se realiza el análisis de la dirección del viento a partir de la representación en rosa de vientos, la cual indica la frecuencia de donde vienen el viento y su magnitud, es decir la velocidad.

Revisa la predominancia de la dirección del viento en la Imagen 13, resaltan los vientos que se desplazan a baja velocidad, específicamente entre 0.4 m/s y 1.8 m/s (en rojo), los cuales provienen desde todas las direcciones y equivalen aproximadamente al 50% de los registros; mientras que los vientos de velocidad superior a 1.8 m/s provienen desde el norte y el noroeste con una representatividad cerca del 30%.

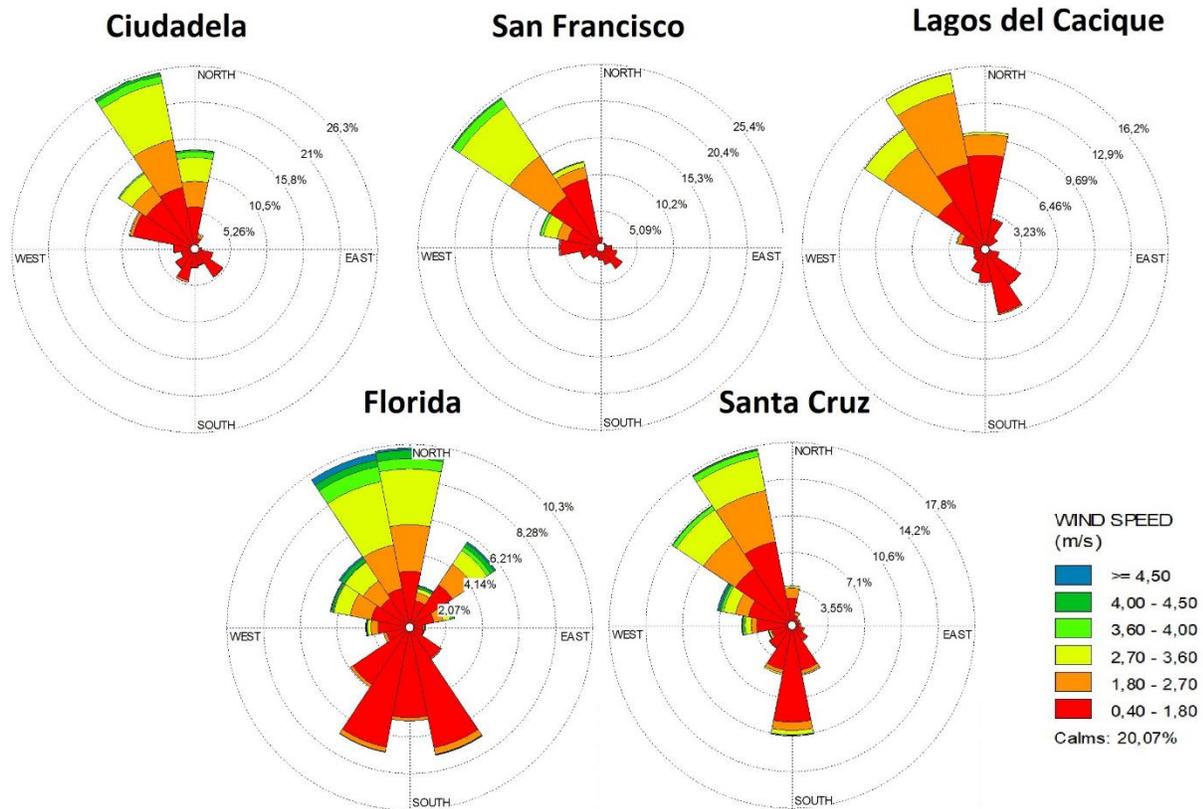


Imagen 13. Rosa de vientos año 2020

En las imágenes 14 y 15 se presentan un ejemplo del comportamiento horario de la velocidad y dirección del viento para el mes de enero de la estación Ciudadela, y retomando el análisis realizado a partir de la rosa de vientos, se evidencia que entre las 10 am y las 7 pm ocurren las velocidades superiores a 1.8 m/s; proviniendo del noroeste. Además ratificar el comportamiento de los vientos más débiles e inferir que en la noche existe recirculación del aire en el área metropolitana de Bucaramanga.

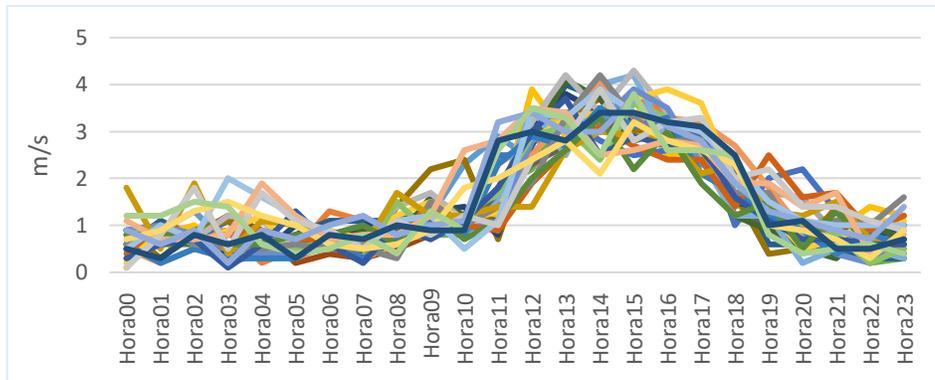


Imagen 14. Comportamiento horario de velocidad del viento

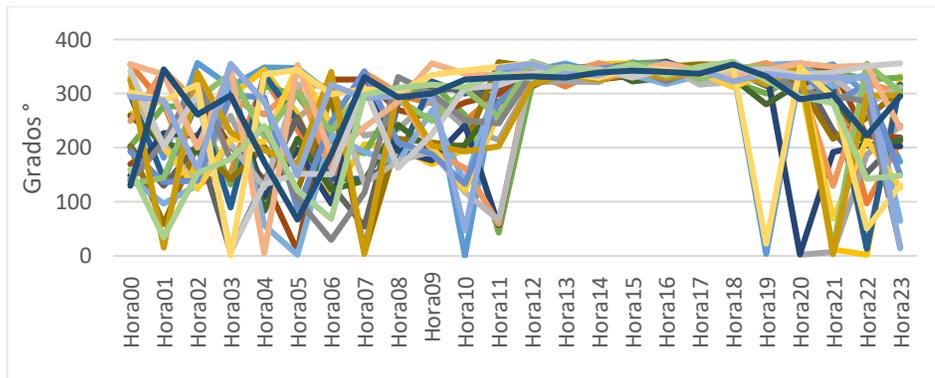


Imagen 15. Comportamiento horario de la dirección del viento

3.12.5. Comportamiento de la Radiación Solar

En la Tabla 21 se resume el promedio horario anual de la radiación solar y la energía solar acumulada durante el día en cada estación, de acuerdo a este último dato la estación Santa Cruz en Girón, seguida de San Francisco en Bucaramanga, registran la mayor energía solar acumulada en un día. Los promedios horarios se grafican en la Imagen 16, la cual ilustra el incremento de la energía solar en las primeras horas de la mañana y su descenso en las últimas horas de la tarde, alcanzando su mayor valor entre las 10 am y las 2 pm, dependiendo cuan cercana se encuentre la estación al este.

Tabla 21. Comportamiento horario de la radiación solar durante el año 2020

RADIACION SOLAR W/m2	CIUDADELA	SAN FRANCISCO	LAGOS DEL CACIQUE	FLORIDA	SANTA CRUZ	PROMEDIO
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0.3	0.1	1.0	0.3	0.3
6	6.7	52.5	39.7	10.5	47.5	31.4
7	103.6	205.9	172.3	55.4	186.4	144.7
8	275.2	396.0	337.1	152.7	371.0	306.4
9	461.3	580.7	501.0	306.6	547.3	479.4
10	606.7	674.9	617.8	486.6	647.6	606.7
11	677.3	653.3	628.7	602.6	664.9	645.4
12	658.2	575.0	548.1	626.6	657.1	613.0
13	570	525.7	496.2	607.0	611.1	562.0
14	510.8	472.0	424.6	517.1	487.6	482.4
15	423.0	334.7	314.2	424.1	318.0	362.8
16	269.6	171.4	173.5	310.3	158.3	216.6
17	105.3	39.2	34.9	184.1	37.7	80.3
18	7.6	0.1	0	69.5	1.7	15.8
19	0	0	0	10.7	0	2.1
20	0	0	0	0.1	0	0
21	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0
Acumulada	4675.5	4681.8	4288.4	4364.9	4736.7	4549.4

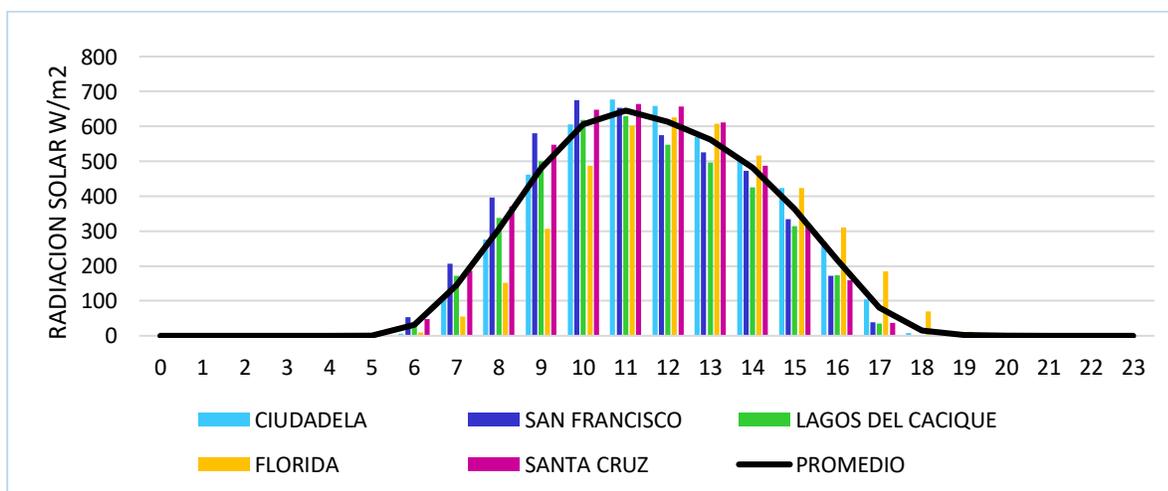


Imagen 16. Radiación solar media horaria, año 2020

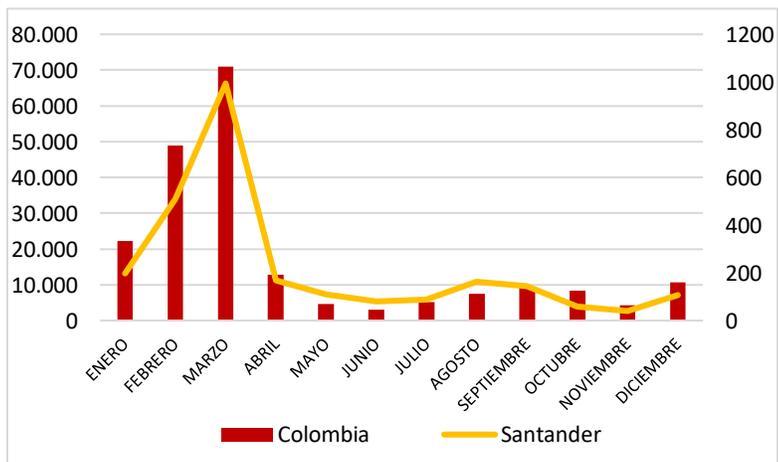
3.13. Registro de puntos de calor

El portal puntosdec calor.ideam.gov.co del IDEAM, se encuentra dispuesto para el monitoreo de los puntos de calor en Colombia, los cuales son detectados por el satélite de la Nasa VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite), gran parte de los puntos identificados por el satélite son incendios forestales en áreas con algún tipo de vegetación, sin embargo, también pueden ser llamas por combustión de gases o tormentas eléctricas.

Con el fin de identificar las quemadas de biomasa, por ser grandes aportadores de material particulado, se presenta el resultado de la consulta al portal del IDEAM, identificando por mes la cantidad de puntos de calor para Colombia y el departamento de Santander, cuya relación se expone en la Tabla 22. Los datos encontrados indican que en marzo de 2020 se presentaron 70,899 puntos calientes en Colombia, lo cuales fueron identificados como los causantes, en mayor medida, de la contaminación del aire por material particulado no solo en Bucaramanga sino en otras ciudades de Colombia como Bogotá todas vez que en Colombia se estableció la medida de aislamiento preventivo obligatorio por el COVID-19 el 25 de marzo, donde gran cantidad de transporte vehicular dejó de circular, como también muchas industrias dejaron de operar.

Tabla 22. Cantidad de puntos calientes año 2020

MES	Santander	Colombia
ENERO	197	22,263
FEBRERO	509	48,899
MARZO	994	70,899
ABRIL	167	12,798
MAYO	110	4,670
JUNIO	79	3,014
JULIO	88	5,103
AGOSTO	164	7,453
SEPTIEMBRE	145	9,424
OCTUBRE	59	8,321
NOVIEMBRE	40	4,292
DICIEMBRE	107	10,752



En la Imagen 17 se paraleliza los puntos de calor en Santander en el año 2020 con la concentración promedio mensual de PM2.5 de la estación San Francisco, de la cual se aprecia su relación directa, los incendios generan y aumentan la contaminación del aire por material particulado.

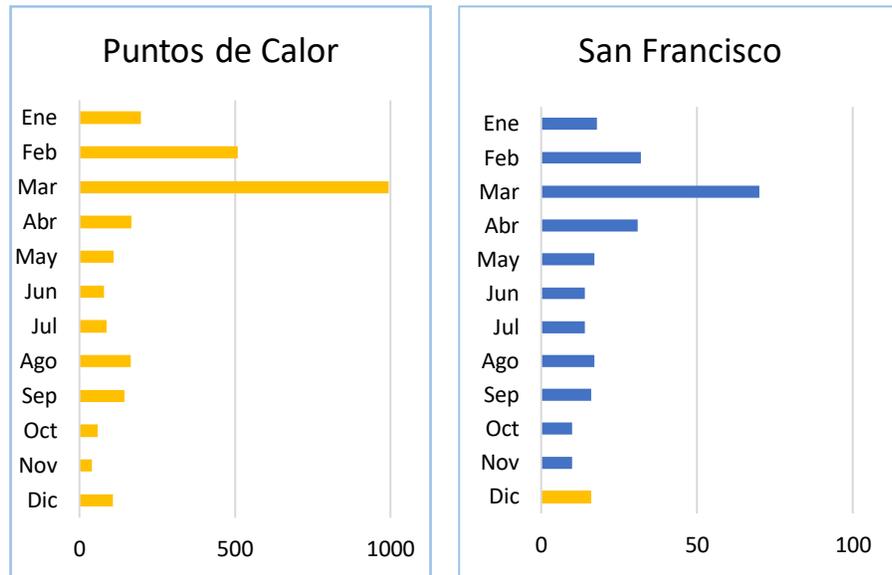


Imagen 17. Comparación PM2.5 con Puntos de Calor

3.14. Índice de la Calidad del Aire del Área Metropolitana de Bucaramanga

En esta sección se establecerá el valor del índice de calidad del aire – ICA para un periodo mensual, de los contaminantes criterio PM10 y PM2.5. La metodología de cálculo del ICA se encuentra definida en el capítulo IV de la Resolución 2254 de 2017. Sin embargo, se indica que el ICA mensual se calculó a partir de la concentración promedio mensual del contaminante utilizando las concentraciones horarias válidas en el mes por cada estación.

En las Tablas 23 y 24 representa el índice de calidad del aire expresado en el valor (adimensional) y el estado de la calidad del aire a través del color de cada casilla, que permiten observar y analizar la presencia del contaminante e identificar los posibles efectos.

Tabla 23. ICA Mensual para contaminantes criterio PM10

Mes \ Est.	Cabecera	Ciudadela	San Francisco	Santa Cruz	La Ciudadela	Lagos del Cacique	Lagos I
Enero	ND	36	32	40	32	32	27
Febrero	53	52	51	58	50	53	45
Marzo	65	61	68	84	57	80	69
Abril	ND	ND	41	ND	ND	ND	56
Mayo	31	23	29	ND	ND	ND	ND
Junio	31	20	24	20	ND	ND	ND
Julio	31	ND	26	22	22	ND	ND
Agosto	25	19	28	22	24	ND	ND
Septiembre	25	22	28	22	25	ND	ND
Octubre	39	21	21	20	21	16	ND
Noviembre	38	22	20	20	20	15	ND
Diciembre	44	31	31*	34*	35*	22*	ND

* ICA indicativo dada que la representatividad de los datos es menor al 75%

Tabla 24. ICA Mensual para contaminantes criterio PM2.5

Mes \ Est.	San Francisco	La Ciudadela	Santa Cruz	Lagos del Cacique	Lagos I
Enero	61	57	65	65	53
Febrero	90	82	94	100	80
Marzo	166	133	150	167	162
Abril	88	ND	76	84	78
Mayo	61	ND	59	ND	ND
Junio	49	ND	15	ND	ND
Julio	53	49	45	ND	ND
Agosto	59	53	47	ND	ND
Septiembre	57	51	45	ND	ND
Octubre	45	47	41	39	ND
Noviembre	45	45	41	39	ND
Diciembre	57*	61*	57*	49*	ND

* ICA indicativo dada que la representatividad de los datos es menor al 75%

De los índices de calidad del aire se aprecian que en cuanto al contaminante PM10 en 10 meses del año el estado del aire fue buena, sin embargo para el contaminante PM2.5 solo 4 meses gozaron de este mismo estado. Es decir, el área metropolitana de Bucaramanga en los meses de junio, julio, octubre y noviembre tuvo una calidad del aire, que no supone riesgo para la salud. Por otra parte, la calidad del aire en los meses enero, febrero, abril, mayo, septiembre y diciembre fue aceptable, con lo que se podría generar posibles síntomas respiratorios en grupos poblacionales sensibles. Y por último el registro de la calidad del aire en el mes de marzo generó la máxima alerta toda vez

que el estado es catalogado dañino para la salud, donde todos los individuos pueden experimentar efectos sobre la salud y los grupos sensibles efectos más graves.

3 Conclusiones

Del análisis a la información de Calidad del Aire, generado por los Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire de la CDMB y el AMB, se puede señalar que la concentración de los contaminantes PM10, PM2.5 y NO2, en el cuarto trimestre del 2020, se conserva dentro del rango bueno y aceptable del índice de calidad del aire - ICA, y sin presentar excedencia al nivel máximo permisible para un tiempo de exposición de 24 horas.

A pesar de presentar condiciones climatológicas como abundantes precipitaciones para el lavado de la atmosfera, en el mes de marzo la concentración de material particulado, en especial PM2.5, fue incrementando con los días hasta alcanzar un índice de calidad del aire de 166 cuyos efectos se cataloga como dañinos de para la salud; como consecuencia de la gran cantidad de incendios forestales presentados, que superaron por mucho los presentados en enero y febrero de este mismo año, no solo en Santander, sino en toda Colombia. Frente a este episodio de contaminación en Bucaramanga, se implementó el de “pico y placa ambiental” por parte de la Alcaldía de Bucaramanga, mediante la resolución 094/20, a partir del 14 de marzo, con el fin de disminuir la concentración del PM2.5, y posteriormente fue implementado el aislamiento poblacional a causas de la emergencia sanitaria por COVID-19. No obstante a estas medidas la concentración de PM2.5 siguió aumentando; sin embargo, sí disminuyó el dióxido de nitrógeno (NO₂).

A excepción de la contaminación del aire presentada en el mes de marzo por PM2.5, en el año 2020 la calidad del aire se encontró en niveles diarios que suponen un bajo riesgo para la salud, de la misma manera, el promedio anual de PM10 y PM2.5 está por debajo de la norma, en algunos casos como las estaciones de monitoreo Ciudadela y Santa Cruz la concentración promedio anual del 2020 disminuyó frente a la del 2019.