



CDMB

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA
DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA

Informe de Calidad del Aire

Segundo Trimestre

2020



Dr. JUAN CARLOS REYES NOVA

Director General

Ing. Esp. LEONEL ENRIQUE HERRERA 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, Julio de 2020

Tabla de contenido

Introducción.....	4
Objetivos	4
1. Norma de Calidad del Aire.....	5
2. La meteorológica en la eliminación de contaminantes.....	8
3. Análisis del Monitoreo de los Contaminantes Criterio	9
3.1. Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire.....	9
3.2. Evaluación de la cantidad y calidad de los datos	11
3.2.1. Porcentaje de captura de datos de los equipos.	11
3.2.2. Porcentaje de datos válidos.	13
3.3. Comportamiento de la concentración de PM10	14
3.4. Comportamiento de la concentración de PM2.5.....	16
3.5. Comportamiento de la concentración de Ozono	18
3.6. Comportamiento de la concentración de Dióxido de Nitrógeno	20
3.7. Resultados meteorológicos.....	21
3.7.1. Estación Ciudadela	22
3.7.2. Estación San Francisco.....	24
3.7.3. Estación Santa Cruz.....	25
3.8. Índice de la Calidad del Aire del Área Metropolitana de Bucaramanga	26
Conclusiones	28

Introducción

Determinar la calidad del aire es medir la concentración de las sustancias nocivas para el ser humano y el medio ambiente, estas sustancias nocivas son de dos tipos: material particulado y gases contaminantes como el ozono troposférico, dióxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, entre otros, que a altos niveles afectan nuestra salud.

El presente informe contiene los resultados de calidad del aire del Área Metropolitana de Bucaramanga, para el periodo entre abril y junio del 2020, con respecto a los contaminantes PM10, PM2.5, O3 y NO2 registrado por las estaciones del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de la CDMB y de la AMB.

Los resultados de las concentraciones de los contaminantes registrados se comparan con la norma de calidad del aire, la Resolución 2254 de 2017 del MinAmbiente, con el fin de determinar su cumplimiento y determinar el índice de calidad del aire en los municipios del Área Metropolitana de Bucaramanga donde están ubicadas las estaciones.

Objetivos

Generar información acerca del estado de calidad del aire del área metropolitana de Bucaramanga para el segundo trimestre de 2020, con el fin de tener información que permita la gestión del recurso aire 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.
2. Observar el comportamiento de los contaminantes criterios monitoreados teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas, relacionando el efecto de estas variables con el aumento y disminución de las concentraciones.
3. Calcular el índice de calidad del aire en el área metropolitana de Bucaramanga para los meses correspondientes al segundo trimestre del 2020.

1. Norma de Calidad del Aire

La Resolución 2254 de 2017 es la Norma de Calidad del Aire para el territorio nacional colombiano, que indica entre otras cosas, los niveles máximos permisibles de concentración en el aire de los contaminantes criterio y tóxicos que ponen en riesgos la salud humana y del medio ambiente.

La tabla 1 relaciona el nivel máximo permitido para los contaminantes criterios desde el 1 de julio de 2018 hasta el 31 de diciembre de 2019, como también las concentraciones que regirán a partir del 2030 para algunos parámetros.

Tabla 1. Nivel Máximo Permissible de Contaminantes

Contaminante	Nivel Máximo Permissible [$\mu\text{g}/\text{m}_3$]	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
Concentraciones a partir del 1 de enero de 2030		
PM10	30	Anual
PM2.5	15	Anual
SO2	20	24 Horas
NO2	40	Anual

De igual manera, la norma establece los rangos de concentración y el tiempo de exposición bajo los cuales se debe declarar por parte de las autoridades ambientales los estados excepcionales de contaminación del aire denominados niveles de prevención, alerta o emergencia, que se relacionan en la tabla 2.

Tabla 2. Concentración para los niveles de prevención, alerta o emergencia

Contaminante	Tiempo de Exposición	Prevención	Alerta	Emergencia*
PM10	24 Horas	155 - 254	255 – 354	≥ 355
PM2.5	24 Horas	38-55	56-150	≥ 151
O3	8 Horas	139 - 167	168 – 207	≥ 208
SO2	1 Hora	198-486	487-797	≥ 798
NO2	1 Hora	190-677	678-1221	≥1222
CO	8 Horas	10820-14254	14255-17688	≥17689

*Aplicables a concentraciones mayores o iguales a las establecidas en la columna de emergencia

La Resolución 2254 de 2017 en el artículo 18 también definió el Índice de Calidad del Aire – ICA, como un valor adimensional para reportar el estado de la calidad del aire; en una escala numérica de 0 a 500 dividida en 6 colores, a los cuales hay asociados unos efectos en la salud humana. Entre más pequeño sea el ICA mejor es la calidad del aire.

El índice de calidad del aire está enfocado en cinco contaminantes principales o contaminantes criterio: Ozono (O3), material particulado (PM10 y PM2.15), dióxido de azufre (SO2), dióxido de nitrógeno (NO2) y monóxido de carbono (CO).

La tabla 4 describe de forma general el Índice de Calidad del Aire – ICA, entre más bajo sea el ICA menos riesgosa es la contaminación atmosférica. También relaciona los puntos de corte para las concentraciones de PM10, PM2.5, ozono y dióxido de nitrógeno de acuerdo al tiempo de exposición.

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 µg/m3 24 horas	PM10 µg/m3 24 horas	O ₃ µg/m3 8 horas	NO ₂ µg/m3 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
101 – 150 Naranja	Dañina a la salud de grupos sensibles	Los grupos poblacionales sensibles pueden presentar efectos sobre la salud. 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. 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.	38-55	155 – 254	139 – 167	190-677
151 – 200 Rojo	Dañina para la salud	Todos los individuos pueden comenzar a experimentar efectos sobre la salud. Los grupos sensibles pueden experimentar efectos más graves para la salud.	56-150	255 – 354	168 – 207	678-1221
201 – 300 Púrpura	Muy Dañina para la salud	Estado de alerta que significa que todos pueden experimentar efectos más graves para la salud.	151-250	355 – 424	208 – 393	1221-2349
301 – 500 Marrón	Peligroso	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.	251-500	425 – 604	394	2350-3853

2. La meteorológica en la eliminación de contaminantes

Recordar el importante papel del comportamiento de las variables meteorológicas sobre la concentración de los contaminantes ya que son los medios con los que cuenta la atmosfera para eliminar parcialmente o dispersar la concentración de los contaminantes, los cuales son:

1. La transformación en otras sustancias mediante reacción química o fotoquímica, por ejemplo el ozono.
2. La deposición seca para partículas de diámetro mayor a $100\ \mu\text{m}$ que se precipitan cerca a la fuente. Las de menor diámetro se sedimentaran luego que alcancen dicho tamaño por soldadura con otras partículas.
3. El lavado por lluvia, la nieve o las nubes, que disuelve algunos de los compuestos gaseosos, líquidos o sólidos y los deposita en el suelo. Es el más eficaz, ya que una gota de lluvia barre un cierto volumen.
4. La dispersión o difusión atmosférica, que no es una verdadera eliminación de contaminantes si no que reparte el volumen de los contaminantes en el aire a una mayor área, es decir que fenómenos meteorológicos como el viento (movimiento horizontal) o la estabilidad atmosférica (movimiento vertical) los que transportan los contaminantes bien sea a zonas próximas a las fuentes de emisión o más alejadas. Este es el más cotidiano para la eliminación de los contaminantes ya que los anteriores son más esporádicos.

3. Análisis del Monitoreo de los Contaminantes Criterio

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 durante el segundo trimestre del 2020.

3.1. Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible define un Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire – SVCA como “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”.

El SVCA operado por la CDMB lo componen tres 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 estaciones automáticas ubicadas en 3 municipios, Bucaramanga, Floridablanca y Girón, con equipos para el monitoreo automático de material particulado PM10 y PM2.5, los gases O3 y NO2 y la meteorología

La ubicación de las estaciones y distribución de los equipos es la siguiente:

Tabla 4. 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

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.

3.2. Evaluación de la cantidad y calidad de los datos

3.2.1. Porcentaje de captura de datos de los equipos.

Para la presentación de los datos es necesario evaluar la operación de cada equipo que conforman las estaciones del SVCA, determinando el porcentaje de captura de datos por equipo.

El porcentaje de captura de datos se calcula a partir de la cantidad máxima de datos que se pueden obtener en el trimestre (N) y la cantidad de datos recolectados durante este mismo periodo (d), utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de Captura} = (d/N) * 100$$

La tabla 5 muestra el porcentaje de datos capturados por los equipos, los cuales por ser automáticos registran 24 datos al día, los siete días de la semana. El segundo trimestre de 2020 tuvo 91 días; es decir, teóricamente se debieron registrar 2.184 (N) datos correspondientes a concentraciones horarias; sin embargo, se puede presentar que los equipos no registren el 100% de los datos debido a actividades de mantenimientos preventivos o fallas técnicas imprevistas tanto en el mismo equipo de monitoreo como en los de equipos de soporte.

Tabla 5. Porcentaje de Datos Capturados por Equipos

Estación	Ciudadela	Cabecera		Florida	
Equipo	PM10	PM10		O3	
d*	1646	1670		0	
% de Captura	75%	76%		0%	
Estación	La Ciudadela				
Equipo	PM10 y PM2.5	NO2		O3	
d*	3	1922		1806	
% de Captura	0%	88%		83%	
Estación	San Francisco	Lagos del Cacique		Santa Cruz	
Equipo	PM10 y PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5
d*	2049	22	1157	914	2052
% de Captura	94%	1%	53%	42%	94%
Estación	Lagos I				
Equipo	PM10 y PM2.5	NO2		O3	
d*	738	654		640	
% de Captura	34%	30%		29%	

* Cantidad de datos recolectados

Cantidad máxima de datos que se pueden obtener (N): 2.184

En el caso del equipo monitor de O3 de la estación Florida tuvo un desempeño del 0%, por falla en los equipos de soporte que no pudieron ser solucionados por el aislamiento obligatorio frente al Covid-19.

Por otra parte, es necesario precisar que la información correspondiente a las estaciones del AMB, fue obtenida por medio de su portal web, por lo cual se desconocen el motivo por los que los equipos de esta entidad alcanzan bajos porcentajes de captura. Esta información fue publicada el día 7 de julio de 2020.

3.2.2. Porcentaje de datos válidos.

Según el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, el porcentaje de datos válidos empleados para calcular los promedios de concentraciones de los contaminantes criterios, las comparaciones con la norma de calidad de aire y la estimación del número de excedencias, no debe ser inferior al 75%.

El porcentaje de datos válidos se calcula de la relación entre la cantidad de datos válidos (V) y la cantidad de datos que debieron ser reportados (N) en un período de tiempo definido (91 días), usando la ecuación $\%Val_datos = (V/N) * 100$.

Tabla 6. Porcentaje de Datos Válidos por Estación

Estación	Ciudadela	Cabecera		Florida	
Equipo	PM10	PM10		O3	
V*	68	64		0	
% de Captura	75%	70%		0%	
Estación	La Ciudadela				
Equipo	PM10 y PM2.5	NO2		O3	
V*	0	82		59	
% de Captura	0%	90%		65%	
Estación	San Francisco	Lagos del Cacique		Santa Cruz	
Equipo	PM10 y PM2.5	PM10	PM2.5	PM10	PM2.5
V*	87	2	49	39	89
% de Captura	95%	2%	54%	43%	92%
Estación	Lagos I				
Equipo	PM10 y PM2.5	NO2		O3	
V*	31	31		31	
% de Captura	34%	34%		34%	

* Cantidad de datos válidos

Cantidad de datos que debieron ser reportados (N): 91

La concentración promedio de PM10 en estación Cabecera, Lagos I y Santa Cruz, PM2.5 de Lagos del Cacique y Lagos I, O3 de La Ciudadela y Lagos I y NO2 de Lagos I, se presentaran a nivel indicativo, ya que no cumplen con el criterio de representatividad del 75%.

3.3. Comportamiento de la concentración de PM10

El material particulado (PST, PM10 o PM2.5) es una mezcla de partículas sólidas y líquidas encontradas en el aire, su clasificación es de acuerdo a su tamaño, y entre más pequeñas más peligrosas son para el hombre ya que tienen mayor probabilidad de ser inhaladas. Estas partículas son originadas tanto por fuentes móviles y fijas como por la misma naturaleza. Generalmente emitidas 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.

En la ilustración 1 se muestran los registros de concentración de material particulado inferior a 10 micrómetros representadas por las líneas continuas de color negra, en comparación con el nivel máximo permisible para un tiempo de exposición de 24 horas que equivale a $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ representada por la línea punteada.

El fondo de cada gráfica, indican los colores correspondientes a las categorías del índice de calidad del aire de acuerdo a los puntos de corte del contaminante, referidos previamente en la tabla 3 del presente informe, que a su vez indican el estado de la calidad del aire.

Para comparar los valores de concentración obtenidos en el monitoreo de material particulado PM10 o PM2.5 con la norma nacional de 24 horas, 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.

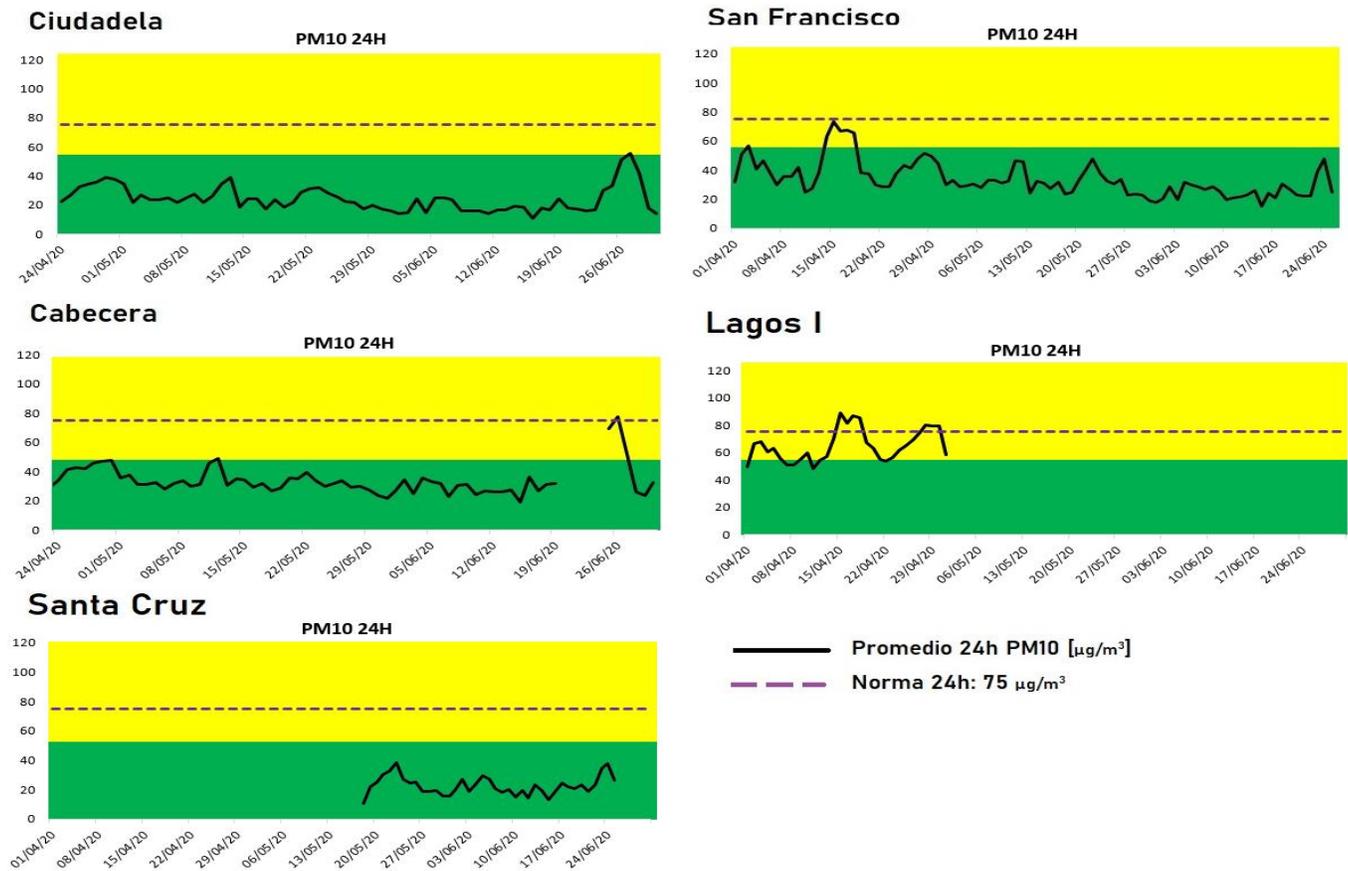


Ilustración 1. Concentración Material Particulado PM10 en el trimestre Abr-Jun 2020

La Tabla 7 resume las concentraciones de material particulado PM10 en el segundo trimestre de 2020, conteniendo los promedios mensuales de concentración, el promedio diario trimestral y el número de excedencias al nivel máximo permisible establecido por la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

Tabla 7. Resumen PM10 trimestre Abr - Jun 2020

Estación	Abril [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Mayo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Junio [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Promedio Trimestral 24H [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Número de Excedencias
Ciudadela	ND	25	22	23	0
Cabecera	ND	33	33	33	1
San Francisco	44	31	26	34	0
Lagos I	65	ND	ND	ND	7
Santa Cruz	ND	ND	22	ND	0

ND: No cumple con el criterio de 75% de datos válidos

Para el segundo trimestre de 2020, se observa mayores concentraciones en el mes de abril, que disminuyen en mayo y junio, siendo las estaciones Cabecera y San Francisco las mayores concentraciones como promedio diario trimestral. Pero sin duda, existe disminución del contaminante de PM10 en el segundo trimestre de 2020 respecto al primer trimestre de este mismo año, toda vez que las concentraciones la mayor parte del tiempo y en la mayoría de estaciones se mantuvo por debajo del nivel máximo permisible, a excepción de la estación Lagos I que presentó siete (7) excedencias a la norma en el mes de abril, que se atribuyen a haber tenido gran cantidad de puntos de calor en este mismo mes, como lo muestra la tabla 9, y de la excedencia a la norma presentada en la estación Cabecera el día 26 de junio como afectación de las arenas del Sahara, que según el IDEAM, es un fenómeno meteorológico típico para el periodo de junio y julio y se suscita debido al tránsito de ondas tropicales, que son sistemas atmosféricos que se desplazan de oriente a occidente, desde la costa africana y a medida que se desplazan son acompañadas de nubosidad, vientos, tormentas eléctricas y partículas de polvo del Desierto del Sahara, que afectó el norte y parte del centro del país¹.

3.4. Comportamiento de la concentración de PM2.5

En la ilustración 2 se muestran los registros de concentración de material particulado inferior a 2.5 micrómetros, representadas por las líneas continuas de color negra, y la comparación con el nivel máximo permisible para un tiempo de exposición de 24 horas que equivale a 37 µg/m³ representada por la línea punteada.

¹ https://www.youtube.com/watch?v=EQh7Xx_QY5U

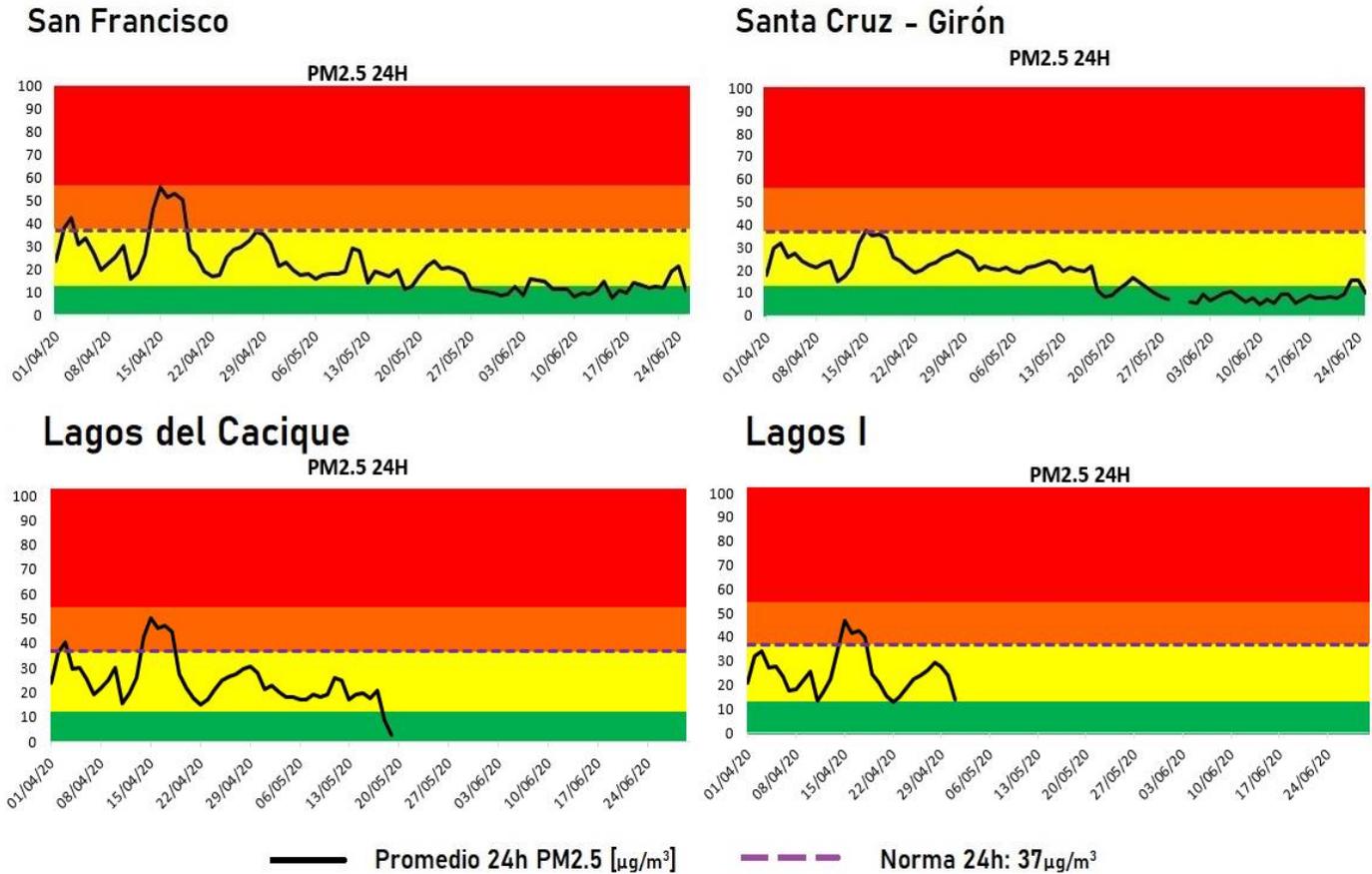


Ilustración 2. Concentración Material Particulado PM2.5 en el trimestre Abr-Jun 2020

La Tabla 8 sintetiza los datos obtenidos de material particulado PM2.5 en el segundo trimestre de 2020, conteniendo los promedios mensuales de concentración, el promedio diario trimestral y el número de excedencias al nivel máximo permisible establecido por la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

Tabla 8. Resumen PM2.5 trimestre Abr - Jun 2020

Estación	Abril [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Mayo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Junio [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Promedio Trimestral 24H [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Número de Excedencias
San Francisco	31	18	12	20	7
Santa Cruz	25	17	8	17	1
Lagos del Cacique	29	ND	ND	ND	6
Lagos I	26	ND	ND	ND	4

ND: No cumple con el criterio de 75% de datos válidos

De igual manera que el PM10, el comportamiento del PM2.5 fue mayor concentración en el mes de abril que disminuyó en mayo y un poco más en junio, alcanzando niveles de concentración en el rango de bueno y aceptable, como también se evidencia la mejoría de la calidad del aire en el segundo trimestre del 2020 frente al primer trimestre de este mismo año. No obstante, se observa que la mayor concentración como promedio diario trimestral se presentó en la estación San Francisco ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$), y el registro de dieciocho (18) excedencias a la norma en el mes de abril, de ellas siete (7) en San Francisco, una (1) en Santa Cruz, seis (6) en Lagos de Cacique y cuatro (4) en la estación Lagos I, situación concordante con que para el segundo trimestre de 2020 y de acuerdo al portal de Monitoreo de puntos de calor en Colombia del IDEAM, se tuvieron 167 puntos de calor activos en el mes de abril, mientras que para mayo y junio se registraron menos puntos de calor, 48 y 53 respectivamente, como se relaciona en la tabla 9.

Tabla 9. Puntos de calor trimestre Abr - Jun 2020

Año	Santander			Colombia		
	abril	mayo	junio	Abril	mayo	junio
2020	167	48	53	12,798	2,264	1,651
2019	163	37	25	14,976	1,345	1,345

3.5. Comportamiento de la concentración de Ozono

El ozono (O_3) es considerado como un contaminante criterio y secundario. Se forma mediante una serie compleja de reacciones en la atmósfera. En términos sencillos, se forma mediante la reacción química del dióxido de nitrógeno (NO_2) y compuestos orgánicos volátiles (COV) en presencia de la luz solar. Las fuentes principales de estos contaminantes son los productos de combustión incompleta que emiten los escapes de los vehículos, la quema de combustibles fósiles y el uso de compuestos de petróleo y solventes orgánicos en procesos industriales y de limpieza.

La norma de calidad de aire define la concentración máxima permitida de ozono en el aire en el territorio nacional para un tiempo de exposición de 8 horas equivalente

a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Para monitorear este contaminante se requiere de equipos analizadores automáticos ya que solo a través de estos es posible obtener resultados de concentración horarios.

Una vez se tienen los datos horarios de concentración de ozono, deben ser convertidos a condiciones de referencia (para lo cual previamente debe conocerse las condiciones locales de temperatura y presión) y finalmente se procede con el cálculo de los promedios móviles de 8 horas, por ejemplo el promedio móvil de las 5 p.m. se calcula del promedio de las concentraciones registradas a las 10 a.m., 11 a.m., 12 p.m., 1 p.m., 2 p.m., 3 p.m., 4 p.m. y 5 p.m. del mismo día, de igual manera se debe tener en cuenta el criterio de representatividad temporal del 75% de los datos, es decir un mínimo de 6 concentraciones horarias válidas. Y son estos valores de promedio móvil los que son comparados con la norma nacional para períodos de tiempo iguales a 8 horas.

En la ilustración 3 se muestran los registros de concentración del gas ozono para un periodo de exposición de 8 horas, representadas por las barras de color negro, y la comparación con el nivel máximo permisible para un tiempo de exposición de 8 horas que equivale a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ representada por la línea punteada.

El fondo de cada gráfica, indican los colores correspondientes a las categorías del índice de calidad del aire de acuerdo a los puntos de corte del contaminante, referidos previamente en la tabla 3 del presente informe, que a su vez indican el estado de la calidad del aire.

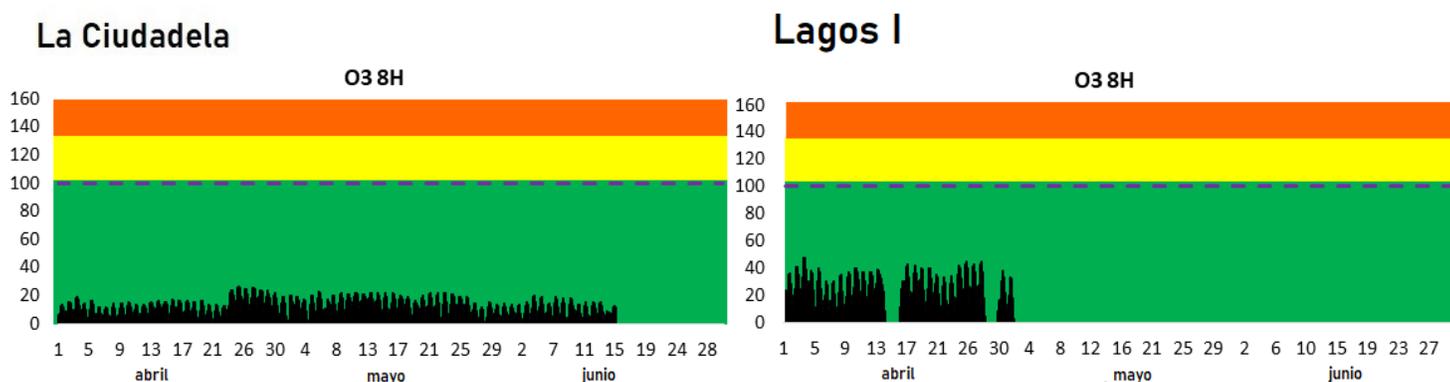


Ilustración 3. Concentración de Ozono en el trimestre Abr-Jun 2020

Tabla 10. Resumen Ozono trimestre Abr - Jun 2020

Estación	Abril [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Mayo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Junio [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Promedio Trimestral 8H [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Número de Excedencias
La Ciudadela	11	12	ND	ND	0
Lagos I	22	ND	ND	ND	0

ND: No cumple con el criterio de 75% de datos válidos

La estación La Ciudadela, para el periodo entre el 1 de abril y el 15 de junio de 2020, registró concentraciones en el rango de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que la estación Lagos I, para el mes de abril de 2020, registró entre $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pese a ello, no se puede determinar el comportamiento del contaminante ozono para el segundo trimestre de 2020 por no cumplir el criterio de mínimo el 75% de temporalidad de los datos, como se indicó en la tabla 6 del presente informe.

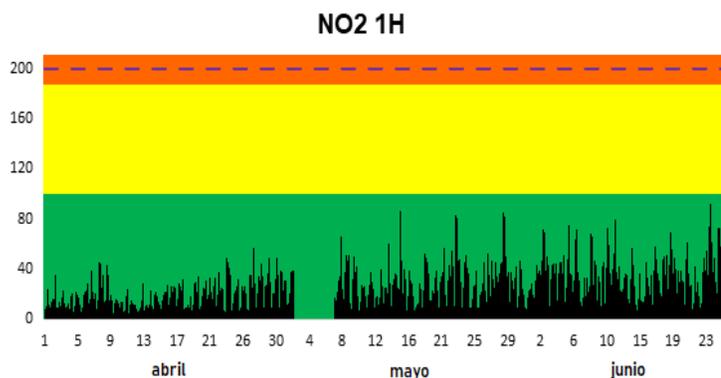
3.6. Comportamiento de la concentración de Dióxido de Nitrógeno

El dióxido de nitrógeno (NO_2) es un gas tóxico e irritante, uno de los principales contaminantes entre los varios óxidos de nitrógeno, es 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 atmosfera, se oxida y se convierte en NO_2 . Es también un potenciador del material particulado, sobre todo de $\text{PM}_{2.5}$ que son las más perjudiciales. En su reacción con los rayos del sol es un precursor del ozono troposférico.

En la ilustración 4 se muestran los registros de concentración del gas NO_2 para un periodo de exposición de 1 hora, representadas por las barras de color negro, y la comparación con el nivel máximo permisible para un tiempo de exposición de 1 hora que equivale a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ representada por la línea punteada.

La Ciudadela



Lagos I

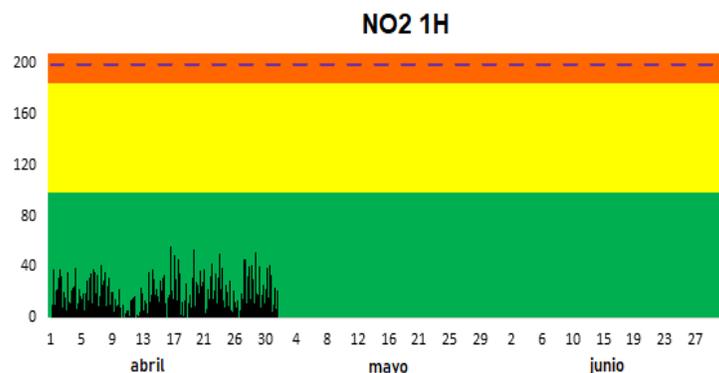


Ilustración 4. Concentración de Dióxido de Nitrógeno en el trimestre Abr-Jun 2020

Tabla 11. Resumen Dióxido de Nitrógeno trimestre Abr - Jun 2020

Estación	Abril [µg/m ³]	Mayo [µg/m ³]	Junio [µg/m ³]	Promedio Trimestral 1H [µg/m ³]	Número de Excedencias
La Ciudadela	14	21	26	20	0
Lagos I	15	ND	ND	ND	0

ND: No cumple con el criterio de 75% de datos válidos

Se observa que las concentraciones de NO₂, presentaron magnitudes relativamente bajas durante el segundo trimestre de 2020, sin presentar excedencias en la norma. La estación La Ciudadela, para el periodo en análisis, registró una concentración promedio horario trimestral de 20 µg/m³, correspondiente a una buena calidad del aire en la zona de influencia de la estación.

3.7. Resultados meteorológicos

En esta sección se presentan los registros meteorológicos de las estaciones Ciudadela, San Francisco y Santa Cruz, resumiendo el comportamiento de la precipitación, temperatura, radiación solar, velocidad y dirección del viento para el segundo trimestre de 2020, además pretende mostrar cómo estas condiciones atmosféricas propician la remoción o dilución de los contaminantes atmosféricos o por el contrario que se conserven y aumenten en la atmósfera.

3.7.1. Estación Ciudadela

Las gráficas de la ilustración 4 tienen al fondo la concentración del contaminante PM10 (área azul) de la estación Ciudadela, de estas se aprecia la relación directa de la temperatura del ambiente con la concentración del contaminante, en días donde se presentan aumentos consecutivos de la temperatura también se da un rápido aumento del contaminante. También se aprecia la remoción o disminución de concentración de material particulado PM10 en presencia de precipitaciones, las lluvias más intensas son las que en su mayoría contribuyen con el lavado de la atmósfera; y de modo contrario en los periodos secos, en los que además se tiene una baja humedad relativa del aire, se da un aumento continuo de la concentración del contaminante.

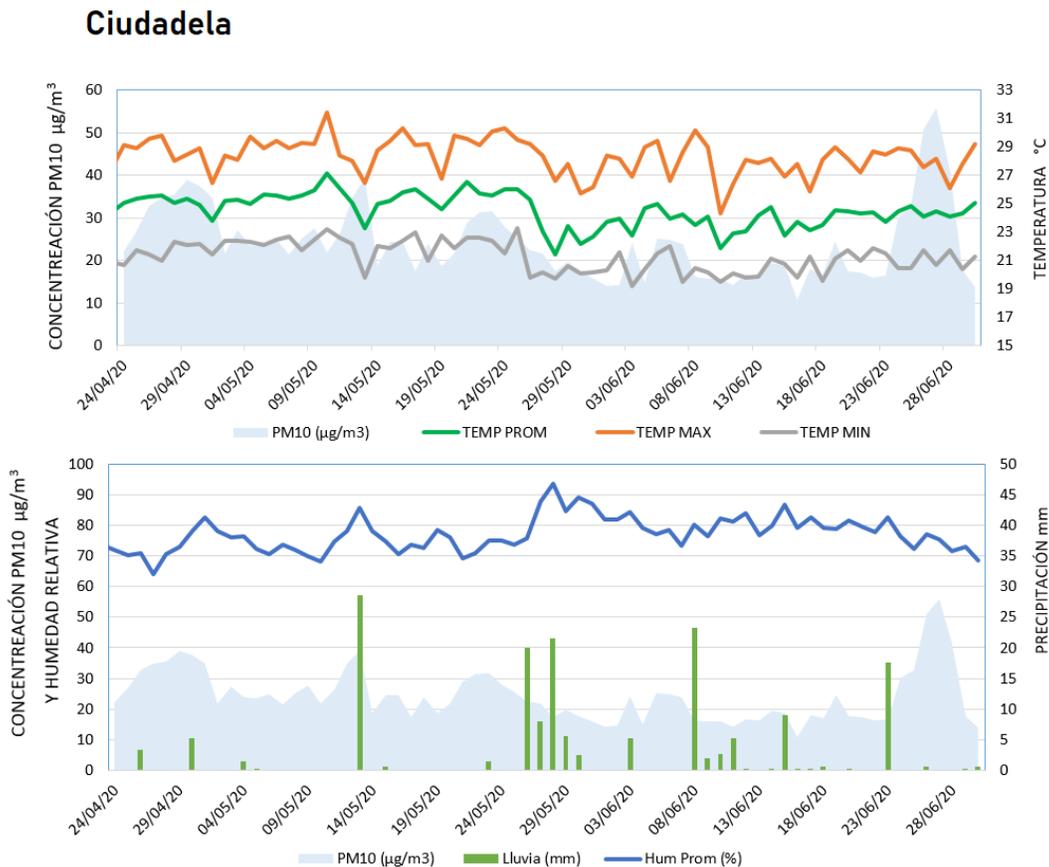


Ilustración 5. Comportamiento del PM10 frente a las variables meteorológicas en estación Ciudadela

La tabla 12 resume las condiciones meteorológicas, en la que se puede ver que el mes de abril presentó la más baja precipitación, menor humedad y mayor radiación solar, es decir las condiciones propicias para tener mayor concentración de contaminantes en la atmósfera. Por parte contraria el mes de junio, que tuvo la menor concentración de PM10, se dieron mayor precipitación y humedad relativa, menor temperatura y radiación solar.

Tabla 12. Parámetros meteorológicas estación Ciudadela

Estación Ciudadela						
Mes	Temp Prom [°c]	Lluvia Acum [mm]	Hum Prom [%]	Rad Máx Prom [W/m ²]	Dir. del Viento Frecuente	Vel. del Viento Prom [m/s]
abril	24.8	64.4	74.4	833	NO	1.50
mayo	25.0	179.6	76.7	805	NO	1.45
junio	24.0	135.6	78.5	749	NO	1.31

La ilustración 6 presenta las rosas de vientos para el segundo trimestre del año 2020 en la estación Ciudadela, durante este periodo los vientos se desplazaron predominantemente con velocidades entre 0.4 m/s y 1.8 m/s con un 61.7 % de frecuencia desde todas las direcciones, seguidos por un 32% de vientos con velocidades entre 1.8 m/s y 4.5 m/s desplazándose desde el noroeste, seguidos por un 6.3% de calmas. Con respecto al trimestre anterior aumentaron en un 1.3% las calmas y disminuyendo en esta misma proporción las velocidades entre 0.4 m/s y 1.8 m/s.

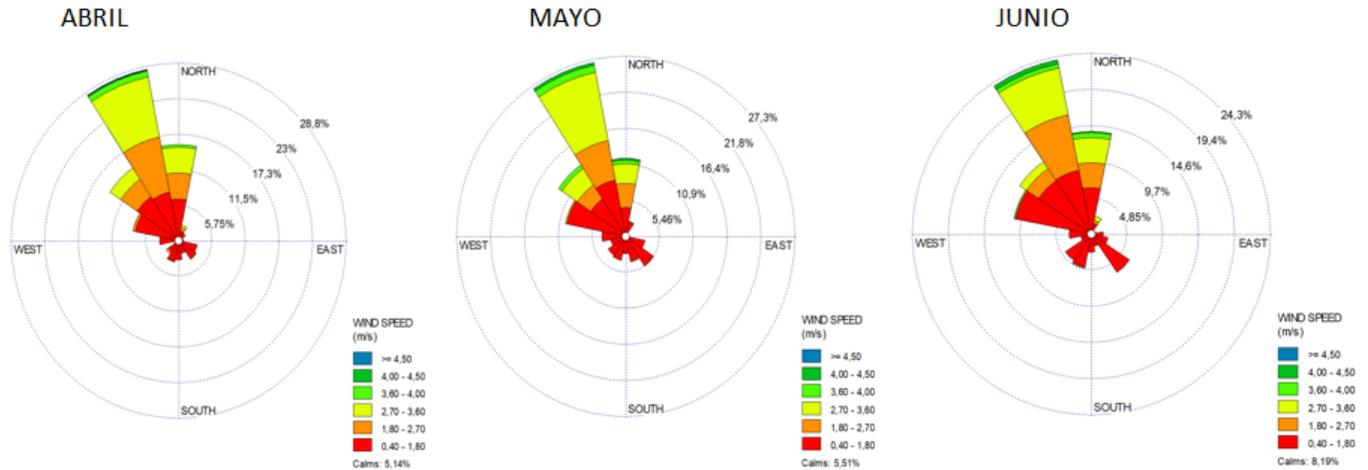


Ilustración 6. Velocidad y Dirección del Viento Estación Ciudadela

3.7.2. Estación San Francisco

Las gráficas de la ilustración 7 tienen al fondo la concentración del contaminante PM2.5 (área verde) de la estación San Francisco. El comportamiento que se observa es el crecimiento permanente del contaminante en los periodos sin precipitaciones, que por ende llevan a disminuir la humedad relativa del aire, como también tener días con mayor radiación solar. De la tabla 13 se percibe que abril fue de poca precipitación y que se dieron más lluvias en mayo y se evidencia la gran disminución del contaminante cuando las precipitaciones se mantienen en los días como lo fue a finales de mayo hasta la primera quincena de junio.

La dirección del viento más frecuente no registra variación entre los meses del segundo trimestre de 2020, como tampoco varió respecto al primer trimestre del año, permaneciendo proveniente del noroeste, en cambio aumentó levemente la velocidad promedio en el segundo trimestre respecto al primer semestre.

Tabla 13. Variables meteorológicas estación San Francisco

Estación San Francisco						
Mes	Temp Prom [°c]	Lluvia Acum [mm]	Hum Prom [%]	Rad Máx Prom [W/m²]	Dir. del Viento Frecuente	Vel. del Viento Prom [m/s]
abril	24.7	114.2	67.7	813.1	NO	1.61
mayo	25.2	161.4	67.6	816.6	NO	1.56
junio	19.6	163.9	58.3	616.2	NO	1.64

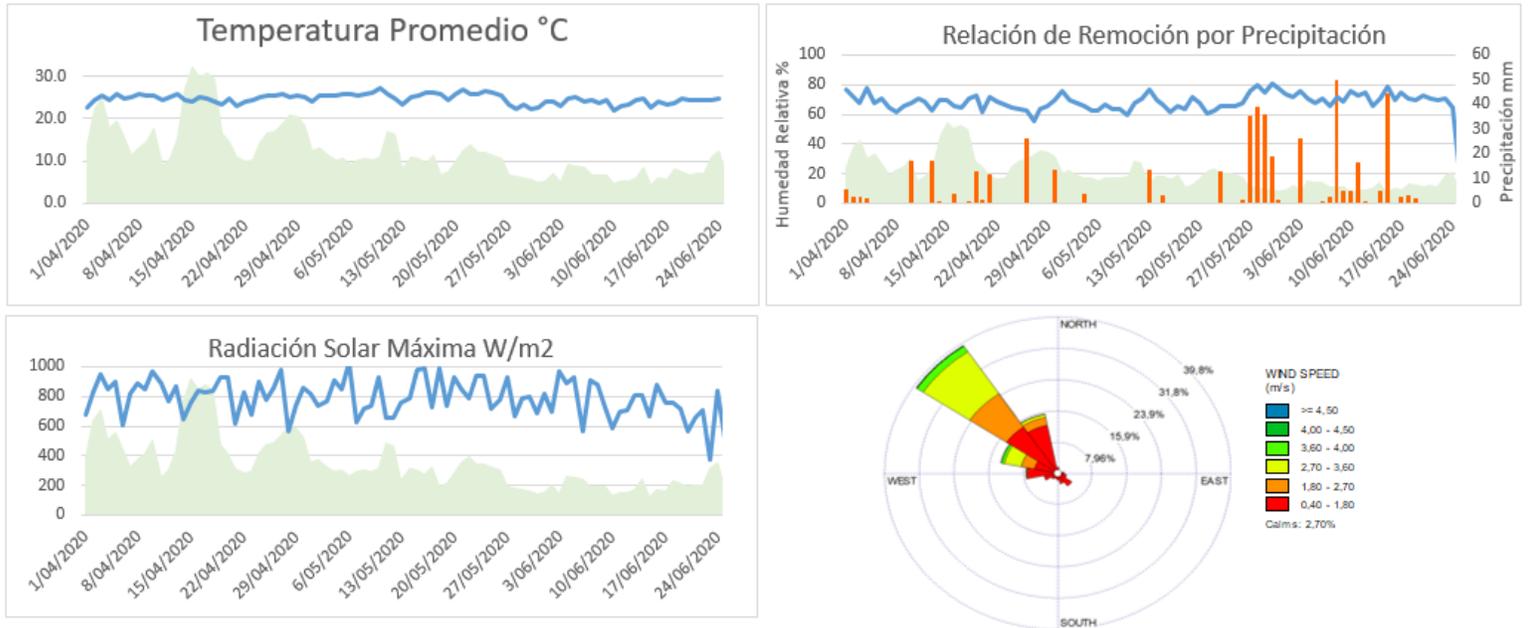


Ilustración 7. Meteorología Estación San Francisco

3.7.3. Estación Santa Cruz

Las gráficas de la ilustración 8 tienen al fondo la concentración del contaminante PM2.5 (área verde) de la estación San Cruz.

La estación Santa Cruz también evidencia el incremento de la precipitación para el mes de mayo, con ello la disminución de la concentración al aumentar las precipitaciones en cantidad de días al finalizar mayo y mediados de junio. Presenta vientos provenientes de varias direcciones y velocidades de 0.4 m/s – 1.8 m/s con una representatividad del 63.7%

Tabla 14. Variables meteorológicas estación Santa Cruz

Estación Santa Cruz						
Mes	Temp Prom [°c]	Lluvia Acum [mm]	Hum Prom [%]	Rad Máx Prom [W/m²]	Dir del Viento Frecuente	Vel. Del Viento [m/s]
abril	27.0	23.9	64.5	797.3	NNO	1.47
mayo	27.3	46.2	64.6	800.0	NNO/ S	1.42
junio	26.0	20.4	67.4	632.9	NO	1.6

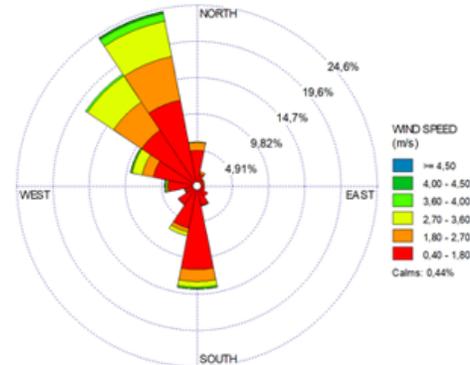
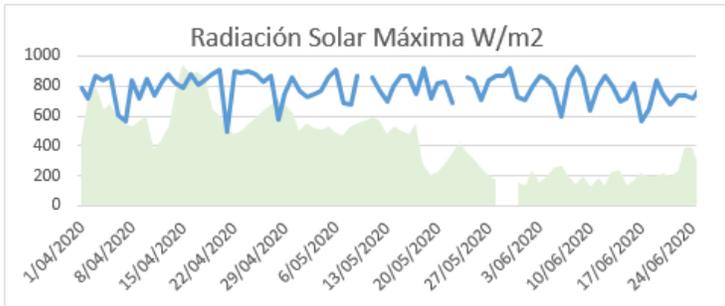
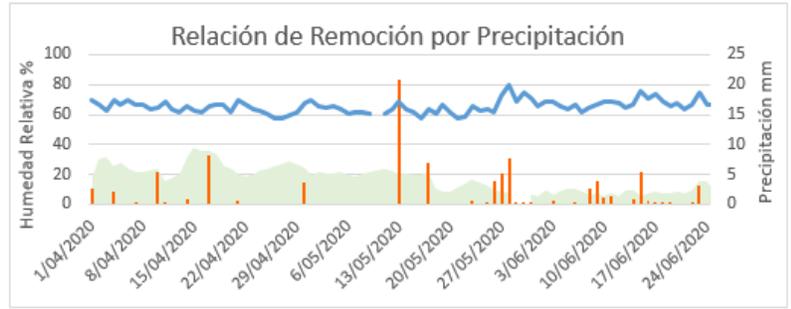
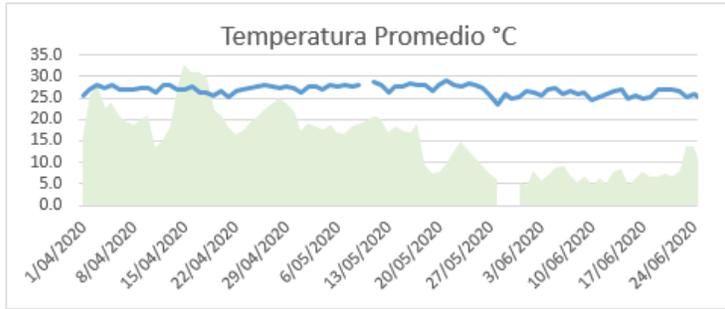


Ilustración 8. Meteorología Estación Santa Cruz

3.8. 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 que tuvieron excedencias a la norma como los son el PM10 y el PM2.5

El ICA se calcula a partir de la concentración del contaminante, utilizando la fórmula señalada en el artículo 21 de la Resolución 2254 de 2017. Se determina el ICA mensual y para ello se establece la concentración promedio mensual del contaminante utilizando las concentraciones horarias válidas en el mes por cada estación.

Tabla 15. ICA Mensual para contaminantes criterio PM10 y PM2.5

Mes	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio	
PM10												
Estación	CPM	ICA	CPM	ICA	CPM	ICA	CPM	ICA	CPM	ICA	CPM	ICA
Cabecera	ND		58	53	83	65	ND		33	31	33	31
Ciudadela	39	36	56	52	74	61	ND		25	23	22	20
San Francisco	35	32	55	51	89	68	44	41	31	29	26	24
Lagos I	29	27	49	45	90	69	65	56	ND		ND	
La Ciudadela	35	32	54	50	67	57	ND		ND		ND	
Lagos del Cacique	35	32	58	53	113	80	ND		ND		ND	
Santa Cruz	43	40	68	58	121	84	ND		ND		22	20
PM2.5												
Estación	CPM	ICA	CPM	ICA	CPM	ICA	CPM	ICA	CPM	ICA	CPM	ICA
San Francisco	18	61	32	90	70	166	31	88	18	61	12	49
La Ciudadela	16	57	28	82	49	133	ND				ND	
Santa Cruz	20	65	34	94	55	150	25	76	17	59	8	15
Lagos del Cacique	20	65	37	100	71	167	29	84	ND		ND	
Lagos I	14	53	27	80	66	162	26	78	ND		ND	

CPM: Concentración Promedio mensual [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

ND: No cumple con el criterio de 75% de datos válidos

De los ICA obtenidos se puede indicar que el área metropolitana de Bucaramanga para los meses de abril y mayo de 2020 tuvo una calidad del aire en estado aceptable, cuyos efectos sería posibles síntomas respiratorios en grupos poblacionales sensibles, situación que mejoró en junio, teniendo bajas concentraciones para los contaminantes PM10 y PM2.5, que indican un estado bueno en la calidad del aire. Frente al primer trimestre del 2020, en el segundo trimestre se puede decir que se tuvo mejor calidad del aire, en el área de influencia de las estaciones, ya que las concentraciones de los contaminantes PM10 y PM2.5 la mayor parte del tiempo estuvieron por debajo del nivel máximo permisible.

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 el estado de la calidad del aire mejoró en el segundo trimestre del año, donde las concentraciones de los contaminantes PM10 y PM2.5 fueron reduciéndose en el tiempo. Situación que guarda relación con la entrada de un periodo de lluvias y la disminución de las quemadas e incendios forestales.

Los registros de ozono y dióxido de nitrógeno de la estación La Ciudadela, muestran que estos contaminantes se mantienen con el tiempo en niveles bajos, sin presentar excedencias a la norma y sin representar mayor riesgo en la salud pública y del ambiente.

De igual importancia es el análisis de las condiciones meteorológicas, que juega tan esencial papel en la remoción, dilución y transporte de la contaminación atmosférica. Se pudo observar mayor cantidad de días con lluvias y con mayor intensidad entre finales de mayo y mediados de junio. Como también se pudo ver un leve aumento en la velocidad promedio del viento, pero conservando el comportamiento de la dirección del viento, vientos inferiores a 1.8 m/s provienen de todas las direcciones, mientras los vientos con velocidades entre 1.8 y 4.5 m/s provienen predominantemente del noroeste.