

SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE

Informe Tecnico No. 02900, 30 de julio del 2021



**Informe Mensual
de Calidad del Aire
de Bogotá**

.....

Junio 2021

Estación Las Faldas

Red de Monitoreo de Calidad del Aire de
Bogotá - RMCAB



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.



BOGOTÁ
Secretaría de Ambiente



SECRETARÍA DE
AMBIENTE



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE

Claudia Nayibe López Hernández
Alcaldesa Mayor de Bogotá D.C.

Carolina Urrutia Vásquez
Secretaria Distrital de Ambiente

Julio Cesar Pulido Puerto
Subsecretario General y de Control Disciplinario

Camilo Alexander Rincón Escobar
Director de Control Ambiental

Hugo Enrique Sáenz Pulido
Subdirector de Calidad del Aire, Auditiva y Visual

José Hernán Garavito Calderón
Profesional Especializado RMCAB

Luis Álvaro Hernández González
Líder Técnico de la RMCAB

Leonardo Quiñones Cantor
María Camila Buitrago Jiménez
Lady Mateus Fontecha
Profesionales Especializados del SATAB

Daissy Lizeth Zambrano Bohórquez
Eaking Ballesteros Urrutia
Edna Lizeth Montealegre Garzón
Jennyfer Montoya Quiroga
Grupo de validación y Análisis de la RMCAB

Darío Alejandro Gómez Flechas
Henry Ospino Dávila
Luz Dary González González
Jesús Alberto Herrera Dallos
Luis Hernando Monsalve Guiza
Richard Alejandro Sánchez Serrano
Grupo de Operación de la RMCAB

Página 2 de 40

1. RESUMEN

De acuerdo con lo establecido en la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) con respecto a los niveles máximos permisibles, en el mes de junio de 2021 se registraron dieciocho (18) excedencias diarias de las concentraciones de material particulado menor a 10 micras PM_{10} y siete (7) excedencias de las concentraciones de material particulado menor a 2.5 micras $PM_{2.5}$. En cuanto a las concentraciones de ozono O_3 no se registraron excedencias a la norma. Para las concentraciones de dióxido de azufre SO_2 se registraron doce (12) excedencias 1h, para el dióxido de nitrógeno NO_2 y el carbono CO no se registraron excedencias a la normatividad.

Durante el mes de junio de 2021 se observaron dos episodios de incremento de concentraciones de material particulado, asociados a las variaciones del comportamiento de los parámetros meteorológicos, y un incremento en las concentraciones de SO_2 el día 11 de junio por influencia de la emisión de gases del volcán Nevado del Ruiz. Asimismo, se evidenció un aumento significativo en las concentraciones de PM_{10} y $PM_{2.5}$ respecto a mayo en la mayoría de las estaciones. En cuanto a los gases se presentó una disminución general en las concentraciones de O_3 y SO_2 , y un aumento en las concentraciones de NO_2 y CO en la mayoría de las estaciones respecto al mes anterior.

Por otro lado, aunque se presentan datos de concentración que no cumplieron con el porcentaje de representatividad temporal del 75%, establecido por el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire expedido por el entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, estos datos se presentan como indicativos, pero no se incluyeron dentro de los cálculos y análisis de media móvil de concentración. La representatividad temporal de las estaciones en este mes no se vio afectada por valores significativos de desviación estándar o de temperatura interna.

En cuanto a las interferencias del monitoreo, durante el mes, se detectó la salida de gases por una chimenea ubicada a 14 metros aproximadamente de la estación MinAmbiente, estos gases provienen del encendido y funcionamiento de una planta eléctrica que se encuentra en el primer piso de la edificación, sin embargo, las concentraciones de los gases en la estación no tuvieron una repercusión notable por dicha causa.

Finalmente, como novedad, este mes se ponen en línea el parámetro de NO_2 y las variables meteorológicas de dirección y velocidad del viento, temperatura, radiación solar, presión barométrica y humedad relativa en la estación Móvil Fontibón; esto se realizó el 24 de junio, sin embargo, los valores registrados se consideran como indicativos, dada su baja representatividad temporal.

2. INTRODUCCIÓN

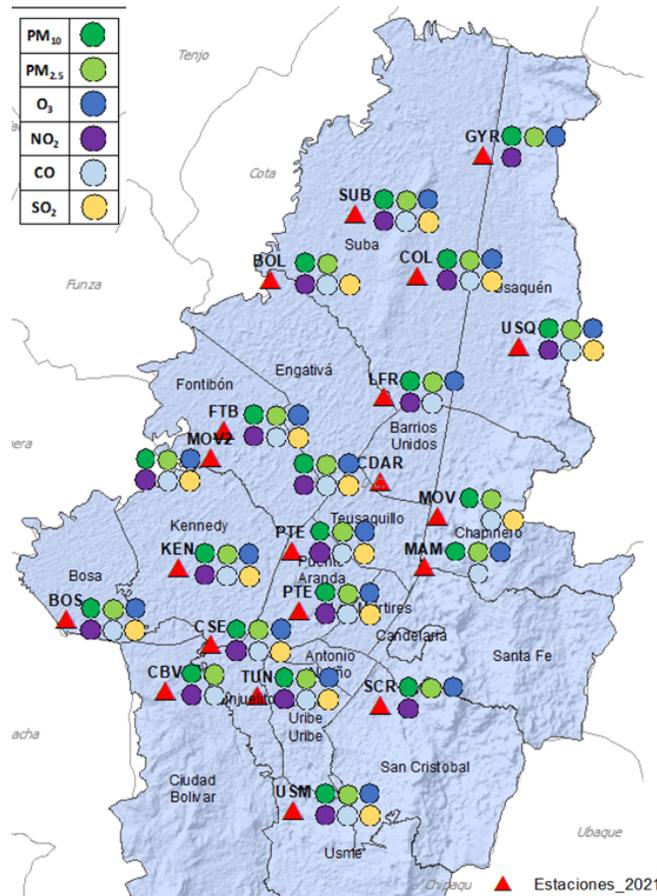


Figura 1. Estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB

La Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá - RMCAB es propiedad de la Secretaría Distrital de Ambiente - SDA desde el año 1997, la cual realiza el monitoreo de los contaminantes criterio PM₁₀, PM_{2.5}, O₃, SO₂, NO₂ y CO, y las variables meteorológicas precipitación, temperatura, presión atmosférica, radiación solar, velocidad y dirección del viento. La RMCAB está conformada por 20 estaciones que cuentan con sensores y analizadores automáticos, que reportan datos actualizados cada hora sobre la calidad del aire en la ciudad. Cada estación se encuentra ubicada en un lugar específico de la ciudad, atendiendo a los requerimientos definidos en la normatividad vigente (distancia a fuentes de emisión, posibles interferencias, restricciones de funcionamiento), y por lo tanto cada una registra las condiciones de una zona de influencia en la atmósfera.

Los contaminantes criterio (PM₁₀, PM_{2.5}, O₃, SO₂, NO₂ y CO) son los compuestos presentes en la atmósfera cuyos efectos en el ambiente y en la salud se han establecido a través de estudios y pruebas, por lo cual tienen unos niveles máximos establecidos para evitar dichos efectos, entre los cuales se relacionan las enfermedades respiratorias, cardiovasculares, y efectos en la visibilidad y la química atmosférica. Dichos niveles son establecidos por la Organización Mundial de la Salud, y se encuentran regulados en Colombia por la Resolución 2254 de 2017 del MADS.

En las estaciones de la RMCAB se realiza el monitoreo de la temperatura y la humedad al interior de las cabinas, con el fin de garantizar las condiciones ambientales necesarias para el correcto funcionamiento de los sensores y analizadores en cada estación. Para el mes de junio de 2021 la temperatura interna osciló entre los 20 y 30°C en la mayoría de las estaciones, sin embargo, en la estación Colina se registraron temperaturas de hasta 19.7°C y en la estación Guaymaral se tuvieron temperaturas de 19.9°C; lo cual corresponde a variaciones de temperatura por mantenimientos al interior de las estaciones. Para cada hora de excedencia al rango especificado, se invalidaron los datos de contaminantes en la estación correspondiente. Por otro lado, la humedad interna se mantuvo entre 23 y 77% en todas las estaciones.

En la Tabla 1, se presentan las estaciones que hacen parte de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB y las siglas que se utilizan para su identificación, de esta manera se encontraran citadas las estaciones a lo largo de este documento.

Tabla 1. Nombres y siglas de las estaciones de la RMCAB

Estación	Guaymaral	Usaquén	Suba	Bolivia	Las Ferias	Centro de Alto Rendimiento	MinAmbiente	Móvil 7ma	Fontibón	Colina
Sigla	GYR	USQ	SUB	BOL	LFR	CDAR	MAM	MOV	FTB	COL
Estación	Puente Aranda	Jazmín	Kennedy	Carvajal - Sevillana	Bosa	Tunal	Ciudad Bolívar	San Cristóbal	Usme	Móvil Fontibón
Sigla	PTE	JAZ	KEN	CSE	BOS	TUN	CBV	SCR	USM	MOV2

3. ANÁLISIS Y RESULTADOS

En los siguientes apartados se muestran los resultados y cálculos obtenidos con base en las mediciones de variables meteorológicas y concentraciones de contaminantes criterio durante el mes de junio 2021.

3.1. COMPORTAMIENTO GENERAL DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS

En este capítulo se describe el comportamiento general de las variables meteorológicas durante el mes de junio 2021, el cual incide directamente en la variabilidad de la concentración de contaminantes criterio en el Distrito Capital.

3.1.1. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LA PRECIPITACIÓN

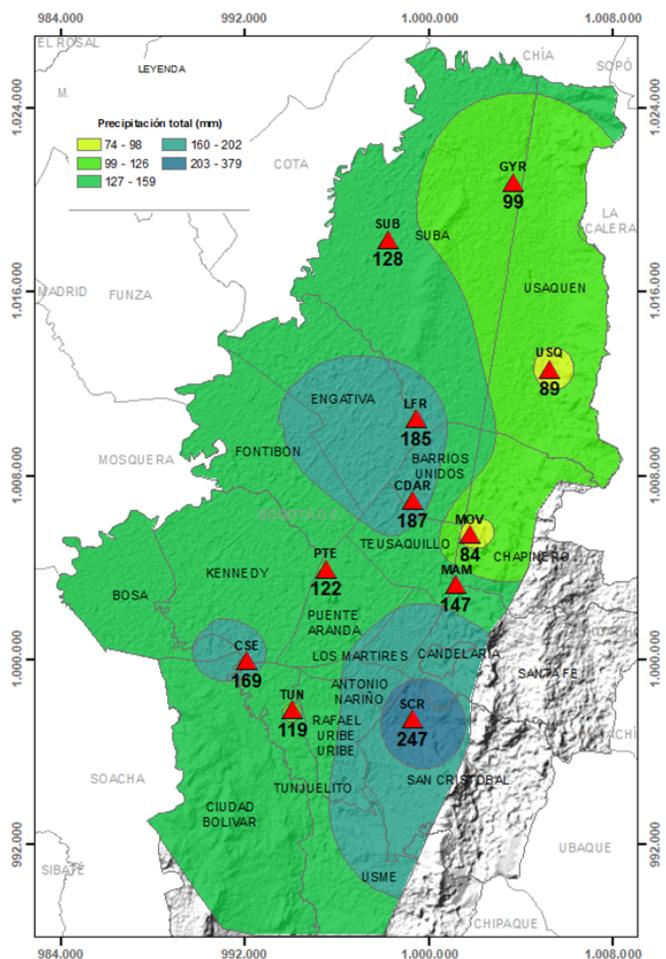


Figura 2. Mapa de la precipitación mensual total (mm) - junio 2021.

De acuerdo con la estacionalidad de las lluvias, el mes de junio se caracteriza por ser un mes de transición del primer periodo lluvioso al segundo período seco del año. No obstante, las lluvias registradas durante junio de 2021 fueron más abundantes que las del mes de abril de 2021; un mes característicamente lluvioso. Comparado con el mes anterior el comportamiento fue idéntico en todas las estaciones salvo en la estación de San Cristóbal donde se registró la mayor cantidad de agua precipitada durante el primer semestre de 2021. Los sectores centro oriente y nororiente de la ciudad registraron las menores precipitaciones del mes, representados por las estaciones Móvil 7ma, Usaquén y Guaymaral. El sector suroriente, el centro geográfico de la ciudad y el suroccidente registraron las mayores precipitaciones. Ver Figura 2.

Semejante a lo ocurrido en el mes anterior, el comportamiento de las precipitaciones junto con el régimen de vientos evidenció una posible contribución con la reducción de las concentraciones de material particulado hacia el suroriente y el centro de la ciudad. También pudo incidir en la reducción de contaminantes, la influencia de la disminución en el flujo vehicular y las actividades productivas, en el marco del paro nacional. Ver Figura 3.

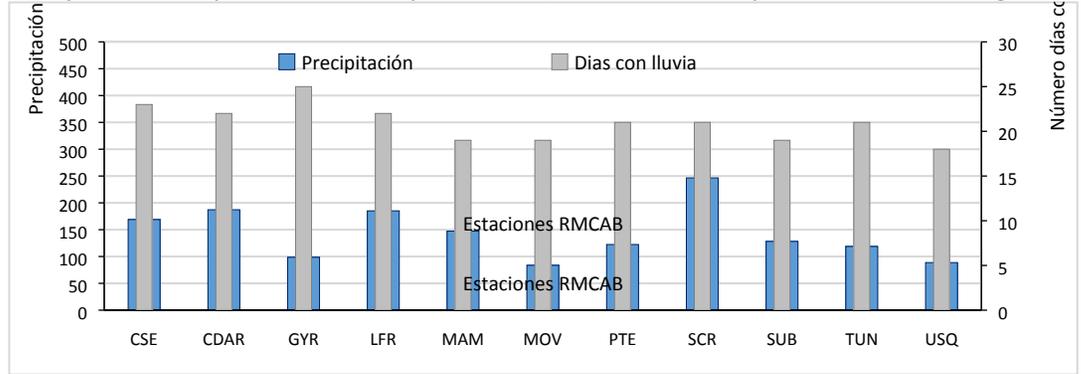


Figura 3. Precipitación media mensual y número de días con precipitación - junio 2021

3.1.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LA TEMPERATURA

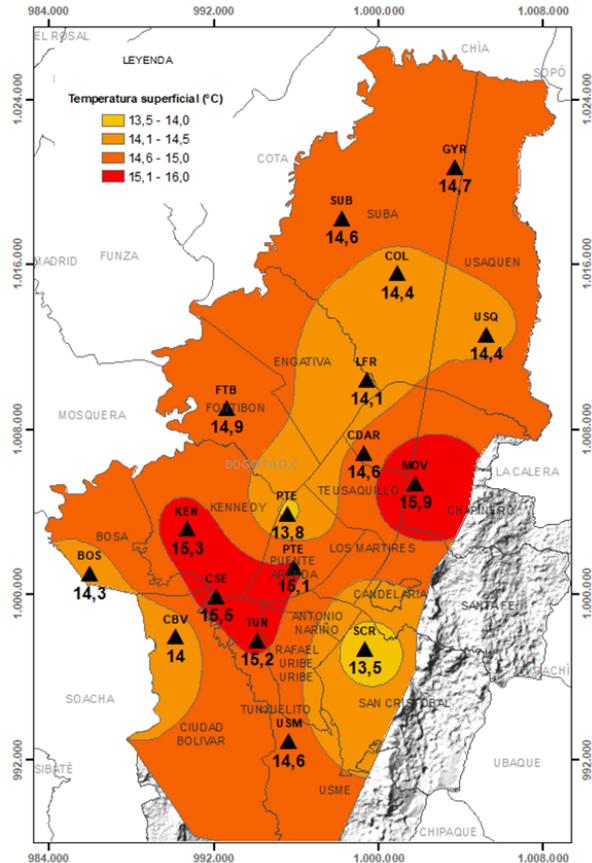


Figura 4. Mapa del promedio de temperatura superficial de las estaciones de la RMCAB con base en el método de interpolación de Kriging – junio 2021.

Durante el mes de junio de 2021 las temperaturas medias superficiales mostraron una reducción con respecto al mes anterior. Este comportamiento, además de la influencia del aumento de las precipitaciones, puede obedecer al tiempo de persistencia y al tipo de las nubes que cubrieron el cielo. Las nubes estratiformes se extienden a lo largo de la bóveda celeste reflejando grandes cantidades entrantes de radiación solar, mientras que las nubes cumuliformes forman conglomerados, pero permiten el ingreso de radiación solar con mayor facilidad. De allí que las temperaturas medias en la ciudad durante el mes de junio en gran parte de la ciudad fluctuaron alrededor de los 14.4 °C salvo en las estaciones Móvil 7ma Kennedy, Carvajal-Sevillana, Tunal y Jazmín. Ver Figura 4.

En relación con las temperaturas extremas, las máximas absolutas se registraron en las estaciones Tunal (26.5 °C), Móvil 7ma (25.4 °C), Kennedy y Suba (24.7 °C). Las mínimas absolutas en las estaciones CDAR (5.9 °C), Guaymaral (6.4 °C), y Suba (6.8 °C). (Figura 5). Las mayores amplitudes térmicas que favorecen la expansión de la capa límite y dispersión de contaminantes en las zonas tropicales, por convección térmica, ocurrieron en Suba, San Cristóbal y CDAR.

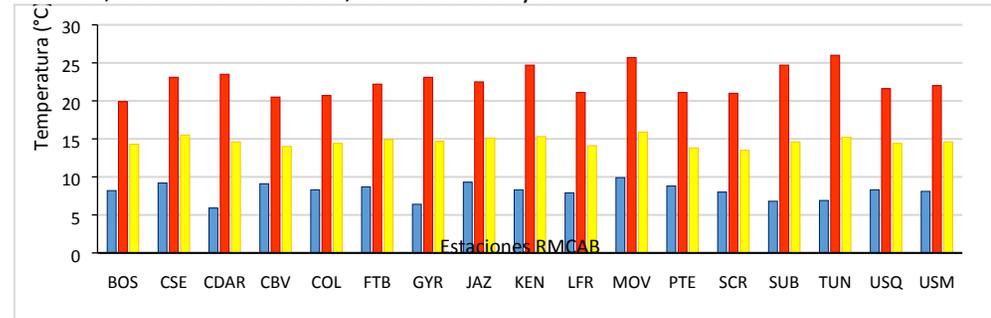


Figura 5. Temperaturas medias, máximas y mínimas absolutas por estación – junio 2021

3.1.3. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LA VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO.

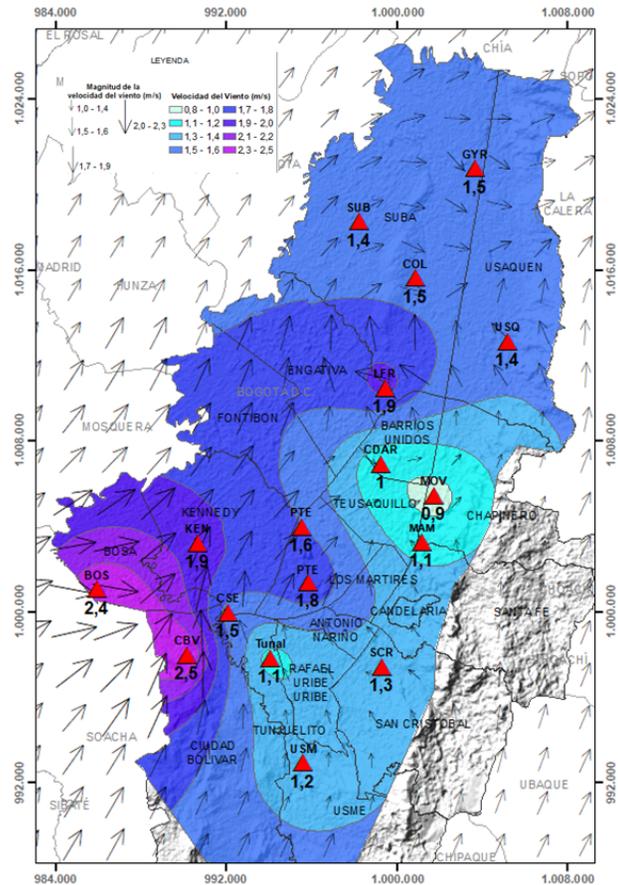


Figura 6. Velocidad promedio (Superficie en colores) y Dirección promedio (Vectores) del Viento de Bogotá con base en la interpolación de Kriging – junio 2021

El comportamiento de los vientos durante el mes de junio 2021 fue semejante al del mes anterior en magnitud y dirección. Se observaron vientos predominantes del suroriente por el flanco oriental de la ciudad y los vientos del sur y suroccidente en el flanco sur y suroccidental del distrito. Hacia el norte al parecer se presentaron divergencias del flujo de los vientos del suroriente al interactuar con los vientos del sur, generando un cambio de trayectoria predominante del suroccidente hacia el oriente de la ciudad. Las mayores velocidades se presentaron hacia el sur occidente de la ciudad y en el centro de esta, con velocidades que fluctuaron entre 1.6 m/s a 2.5 m/s. El comportamiento de los vientos durante el mes de junio asociados a los eventos de precipitación, probablemente contribuyó con la reducción de las concentraciones de material particulado en la ciudad, tal como se mencionó anteriormente. Ver **Error! Reference source not found..**

En cuanto a las velocidades máximas absolutas, estas se presentaron al sur occidente de la ciudad y las mínimas absolutas hacia el centro oriente. (Figura 7).

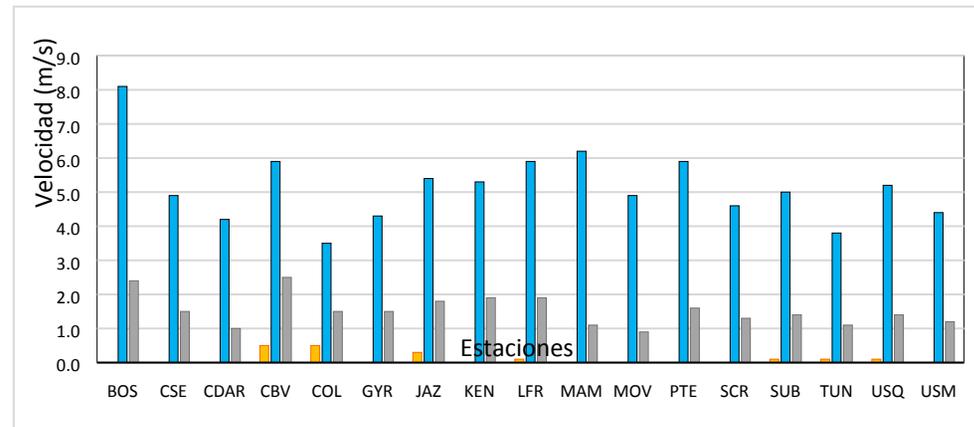


Figura 7. Velocidad del viento media, máxima y mínima absolutas por estación – junio 2021.

3.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE PM₁₀

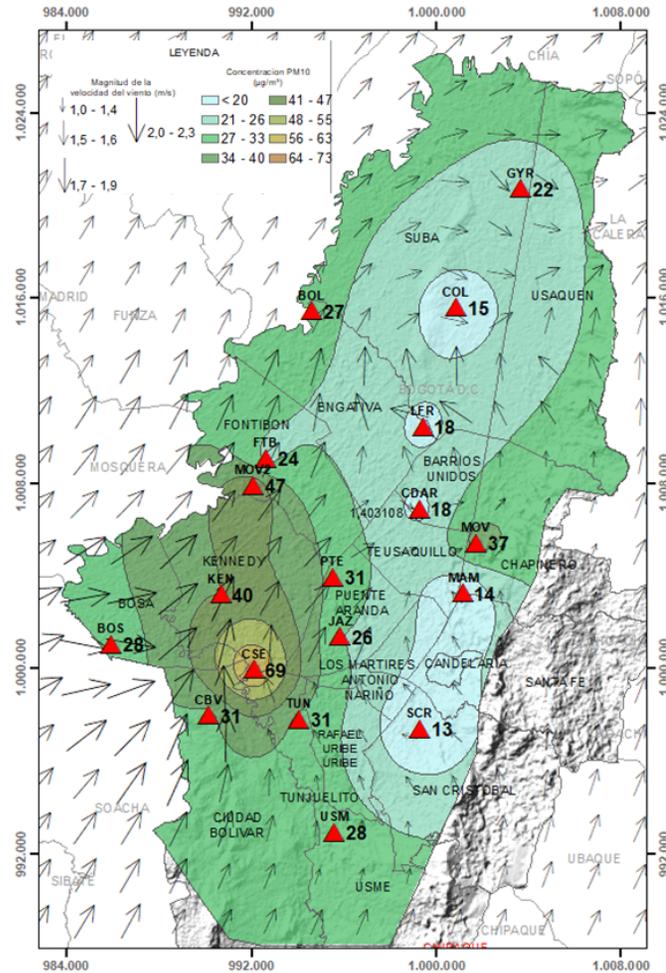


Figura 8. Distribución espacial concentraciones mensuales PM₁₀ - junio 2021

Las concentraciones promedio mensuales más altas se presentaron en la zona sur occidental de la ciudad en la estación Carvajal - Sevillana (69.2 µg/m³) y en la zona occidental en la estación Móvil Fontibón (46.9 µg/m³), mientras que las menores concentraciones se registraron en la zona suroriental en la estación San Cristobál (13.4 µg/m³) y en la zona central en la estación MinAmbiente (14.2 µg/m³). Las concentraciones máximas diarias más altas para el mes corresponden a 127.0 µg/m³ en la estación Carvajal – Sevillana y a 98.1 µg/m³ en la estación Ciudad Bolívar; estas concentraciones sobrepasaron el nivel máximo definido por la norma nacional diaria (75 µg/m³). En el mes se registraron en total dieciocho (18) excedencias de las concentraciones promedio 24 horas, las cuales NO CUMPLIERON con el nivel máximo permisible de la norma de PM₁₀, once (11) en Carvajal-Sevillana, tres (3) en la Móvil Fontibón, dos (2) en Kennedy, una (1) en Ciudad Bolívar y una (1) en Tunal. Las concentraciones restantes, CUMPLIERON con el nivel máximo permisible establecido en la norma.

La estación Suba, no alcanzó el 75% de representatividad temporal, ya que se presentaron datos atípicos, por lo que el monitor entró en mantenimiento operativo.

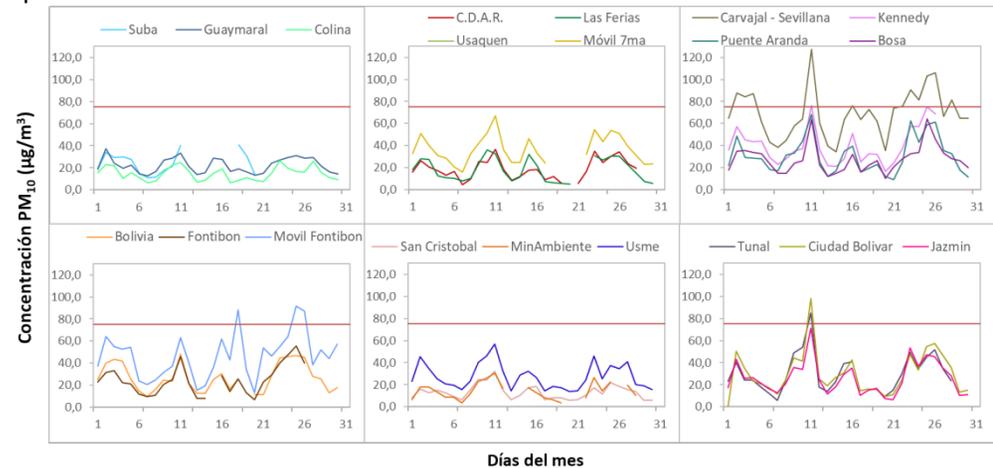


Figura 9. Concentraciones diarias PM₁₀ por estación de monitoreo - junio 2021

3.3. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE PM_{2.5}

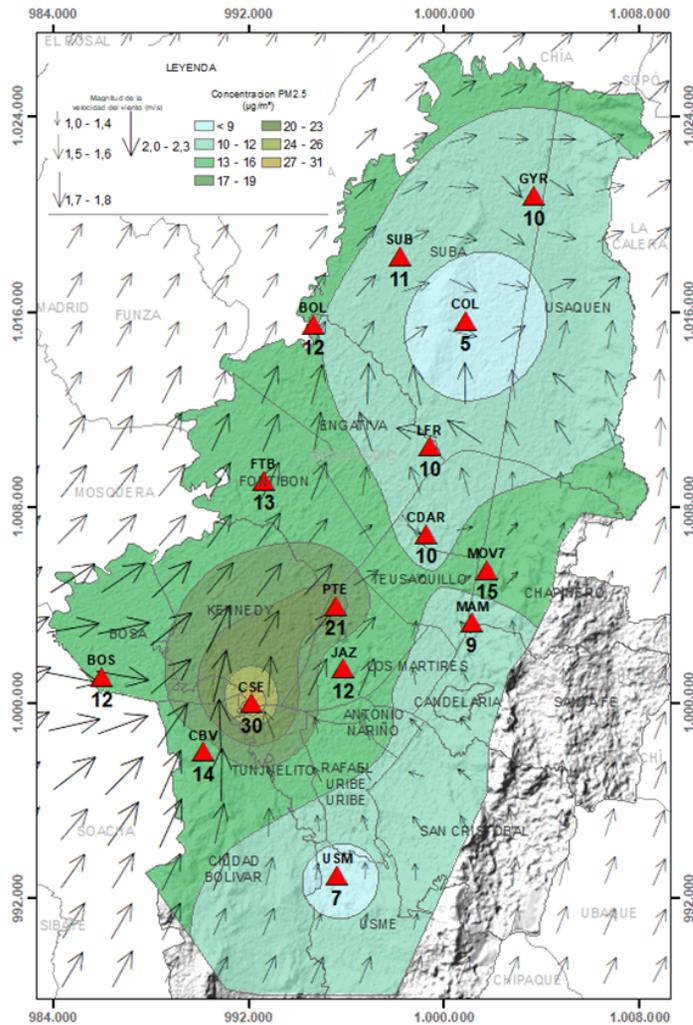


Figura 10. Distribución espacial concentraciones mensuales PM_{2.5} - junio 2021

En este mes, las concentraciones promedio mensuales más altas se presentaron en la zona suroccidental de la ciudad en las estaciones Carvajal - Sevillana (26.3 µg/m³) y Puente Aranda (18.0 µg/m³), mientras que las menores concentraciones se registraron en la zona suroriental en la estación Usme (8.0 µg/m³) y en la zona noroccidental en la estación Suba (8.9 µg/m³). Las concentraciones máximas diarias más altas para el mes corresponden a 37.6 µg/m³ en la estación Carvajal - Sevillana y 31.7 µg/m³ en la estación Ciudad Bolívar, solo el valor de la estación Carvajal - Sevillana sobrepasó el nivel máximo definido (37 µg/m³). En el mes se registraron en total dos (2) excedencias de las concentraciones promedio 24 horas, las cuales NO CUMPLIERON con el nivel máximo permisible de la norma de PM_{2.5}, ambas en la estación Carvajal - Sevillana. Las concentraciones restantes, CUMPLIERON con el nivel máximo permisible establecido en la norma. Las estaciones San Cristóbal, Tunal, Fontibón, Las Ferias, Colina y Usaquén no alcanzaron el 75% de representatividad temporal, ya que se presentaron fallos en los monitores de PM_{2.5} y entraron en mantenimiento operativo.

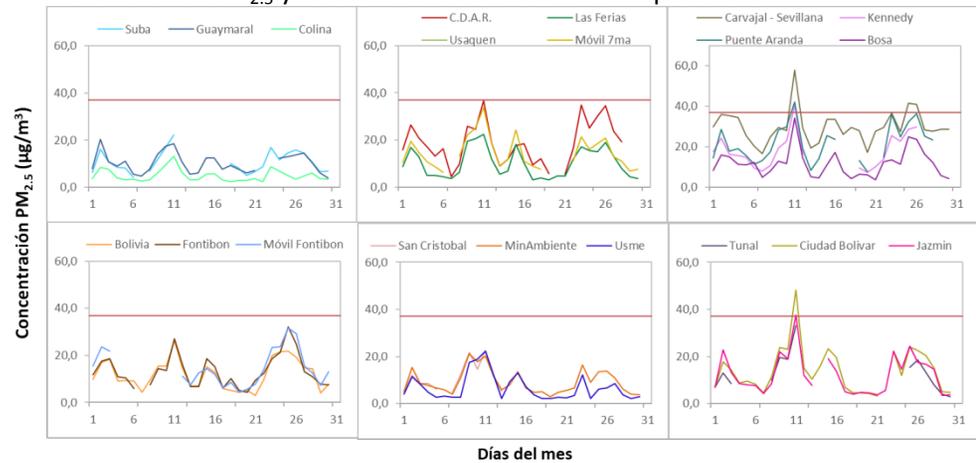


Figura 11. Concentraciones diarias PM_{2.5} por estación de monitoreo- junio 2021

3.4. CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS Y EL MATERIAL PARTICULADO

La Figura 12 representa la variación diaria en la ciudad de las concentraciones de PM₁₀, PM_{2.5} precipitación y velocidad del viento durante el mes de junio de 2021. Se evidencia que cuando se registraron incrementos de la velocidad del viento, las concentraciones de material particulado disminuyeron, presentando un comportamiento inverso y favorable para la calidad del aire en la ciudad, observando la mayor influencia los días 17, 21 y 30 de junio. Asimismo, las concentraciones de material particulado se incrementaron los días 11, 25 y 26 de junio lo cual coincide con la baja en la velocidad del viento. Por otro lado, los días 11, 12 y 14 se presentaron precipitaciones más altas que el resto del mes y se evidencia una disminución de las concentraciones de material particulado; esto coincide además con el aumento de la velocidad del viento los mismos días.

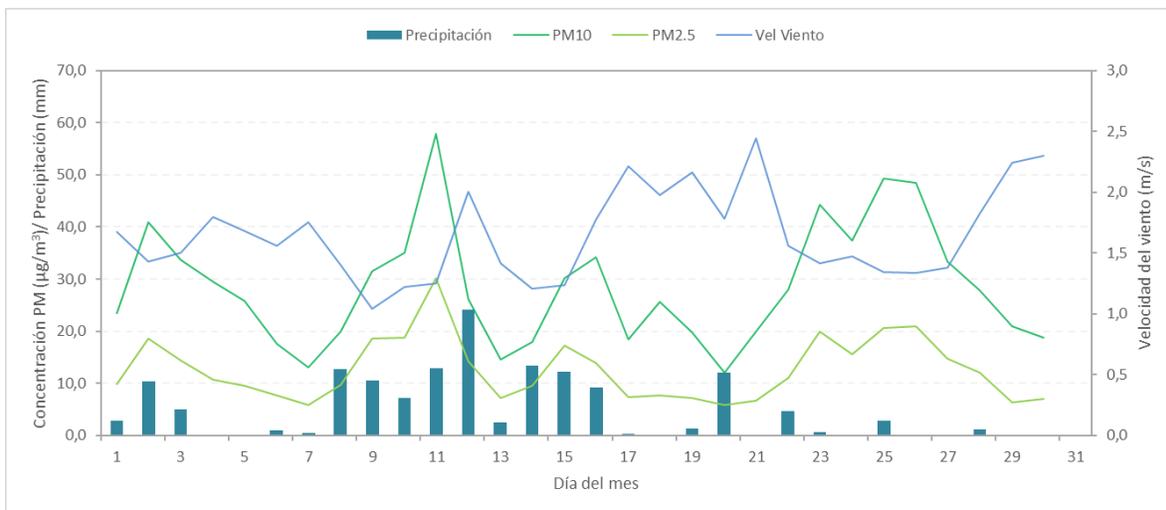


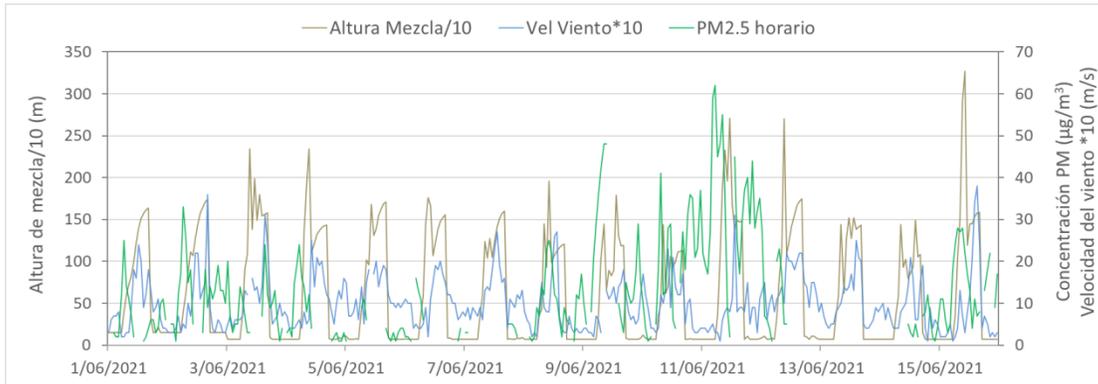
Figura 12. Promedio de concentración PM₁₀ y PM_{2.5}, precipitación y velocidad del viento a nivel ciudad - junio 2021

Cabe resaltar que dichas variaciones dependen del comportamiento de las variables meteorológicas según la época del año, ya que en la época seca (primer y tercer trimestre) hay mayor tendencia a que se presenten inversiones térmicas en las mañanas, también depende de la variación diaria de las concentraciones (reducción en fines de semana) y de la influencia de fenómenos regionales como corrientes de viento o arrastre de material particulado por incendios forestales u otros eventos de contaminación atmosférica.

Por otro lado, en la Figura 13 y la Figura 14, se observa la comparación del comportamiento horario durante el mes de junio de 2021 de la altura de la capa de mezcla, las concentraciones de PM_{2.5} y la velocidad del viento en las estaciones Guaymaral y Tunal. Se puede evidenciar que los registros más bajos de altura de la capa de mezcla coinciden con incrementos de la concentración de material particulado, debido a que hay un volumen menor de aire para la dispersión del contaminante, lo cual ocurre principalmente en las madrugadas cuando la temperatura del aire y la velocidad del viento son más bajas y la atmósfera es más estable. Como ejemplo de lo anterior, este comportamiento se observa en la Figura 13 correspondiente a la estación Tunal el 11, 23 y 28 de junio y en la Figura 14 correspondiente a la estación de Guaymaral el 5, 11 y 26 de junio.

TUNAL

Junio 01 al 15



Junio 16 al 30

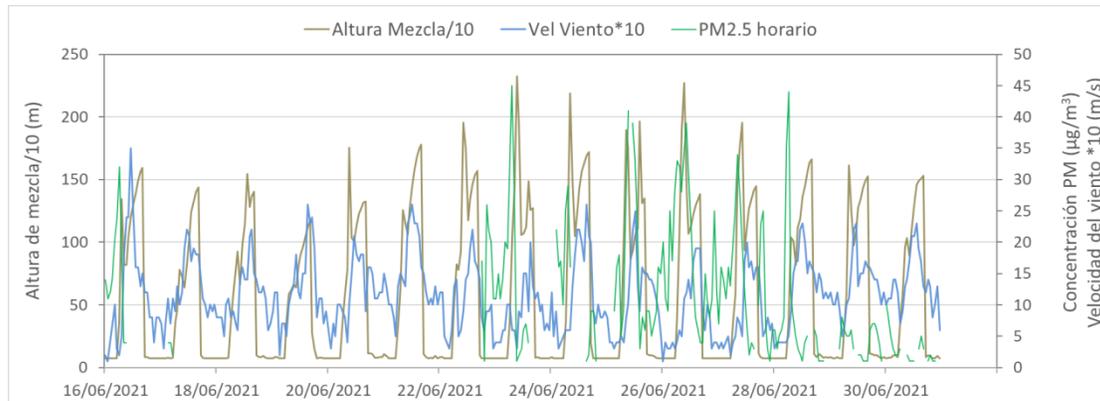
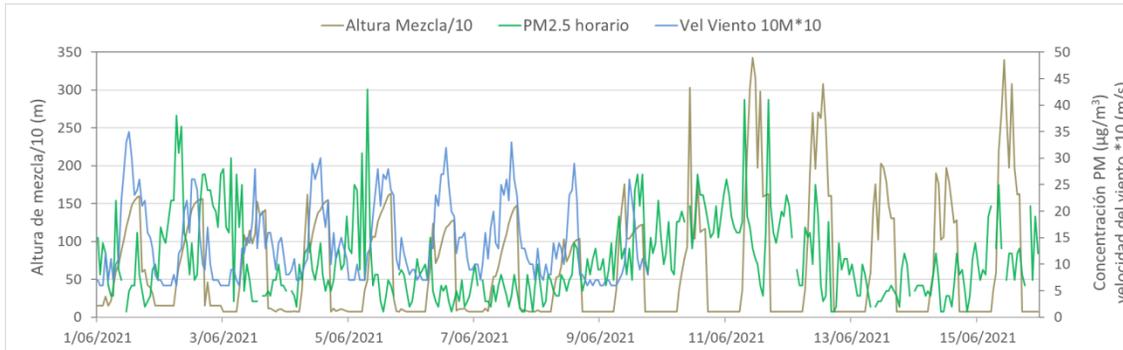


Figura 13. Comparación altura de mezcla, concentraciones PM_{2.5} y velocidad del viento estación Tunal - Junio 2021

GUAYMARAL

Junio 01 al 15



Junio 16 al 30

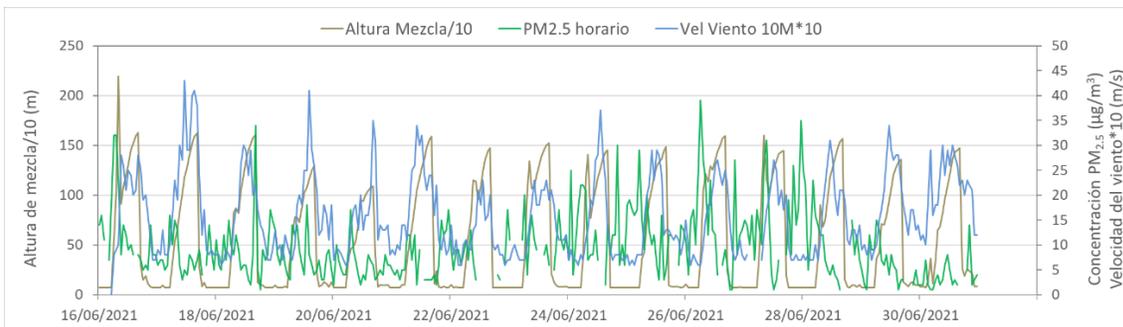


Figura 14. Comparación altura de mezcla, concentraciones $PM_{2.5}$ y velocidad del viento estación Guaymaral Junio 2021

3.5. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LAS CONCENTRACIONES DE BLACK CARBON

Los equipos de Black Carbon realizan el monitoreo de las partículas sólidas o líquidas que se encuentran suspendidas en la atmósfera y cuyo tamaño varía entre 0.001 y 1 μm . La RMCAB cuenta con ocho aethalómetros que funcionan en dos (2) longitudes de onda; 880 nm para medir la concentración de black carbon (BC) total, el cual es producto de la combustión incompleta de combustibles fósiles; y 370 nm para indicar una medida del “componente UV”, es decir, para medir

concentraciones de black carbon (UV-BC) proveniente de la quema directa de biomasa (Ramirez Cely, 2016).

Para el mes de junio 2021 en las estaciones Carvajal – Sevillana y Tunal se presentaron las concentraciones más altas de BC calculadas en las longitudes de 880 y 370 nm, con concentraciones promedio horarias fueron 8.9 y 7.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la longitud de 880 nm para cada estación, respectivamente. En la longitud de 370 las concentraciones son 8.8 y 7.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para las mismas estaciones. En orden descendente de concentraciones promedio horarias de BC a 880 nm se encontraron las siguientes estaciones: Kennedy con 7.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Fontibón con 5.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Centro de Alto Rendimiento con 4.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, MinAmbiente con 3.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Las Ferias con 3.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y San Cristóbal con 2.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Adicionalmente, las estaciones que presentan una captura de datos menor al 75% son aquellas en las que se han presentado dificultades para acceder a la estación a realizar las labores de mantenimiento preventivo y correctivo; en este caso, durante este mes la estación de Carvajal – Sevillana presento una captura de datos menor al 75% debido a problemas de acceso para realizar el mantenimiento del equipo

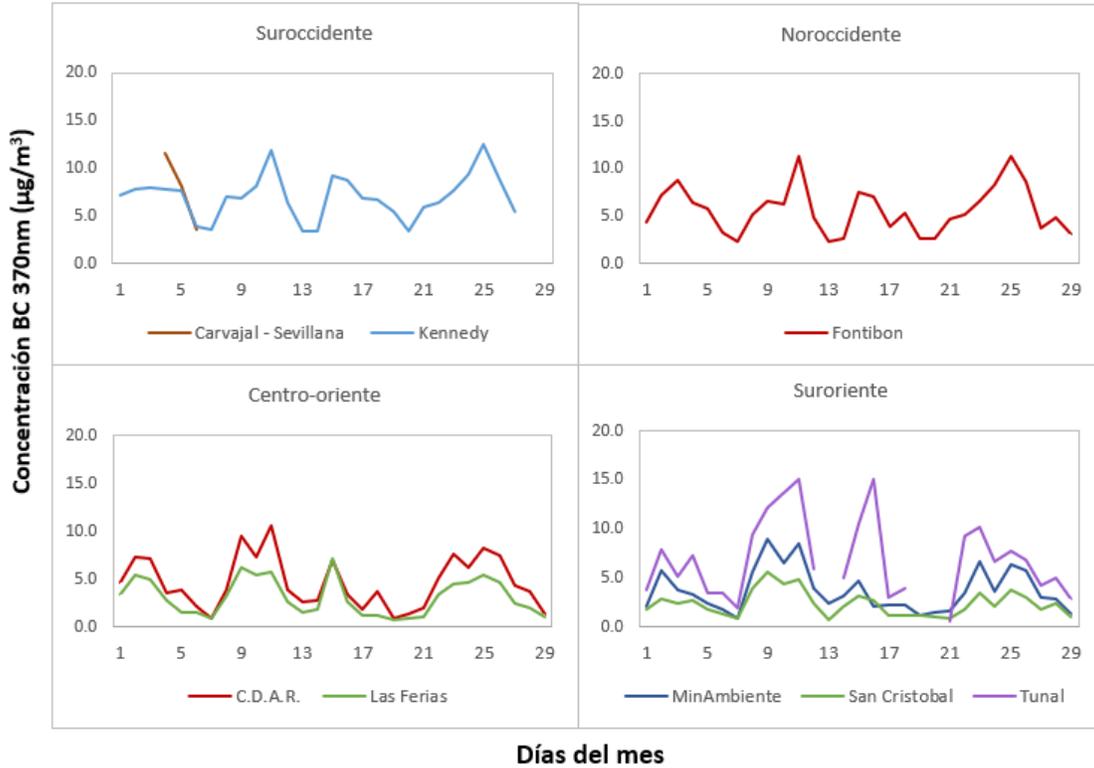


Figura 15. Comportamiento de las concentraciones diarias de longitud de onda 370nm para junio de 2021

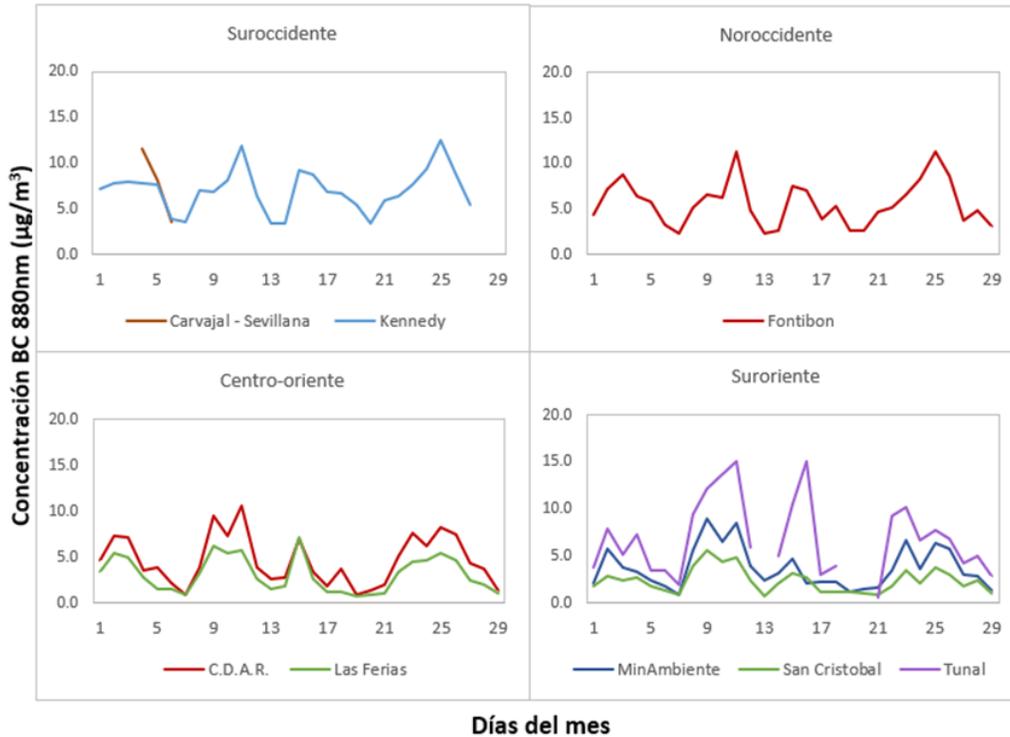


Figura 16. Comportamiento de las concentraciones diarias de longitud de onda 880nm para junio de 2021

En la Figura 15 y la Figura 16 se presentan las concentraciones promedio horarias de las longitudes de onda 370 y 880nm. De acuerdo con la ubicación y su comportamiento, se presentaron incrementos durante la primera y cuarta semana del mes superando los $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en estaciones como Kennedy, Fontibón y Tunal. Por otro lado, las estaciones de Centro de Alto Rendimiento, Las Ferias, MinAmbiente y San Cristóbal presentaron las menores concentraciones a lo largo del mes con valores máximos de $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante la tercera y cuarta semana y mínimos de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.5.1. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LAS CONCENTRACIONES DE BLACK CARBON PROVENIENTE DE LA QUEMA DE BIOMASA

Para el cálculo del BC biomasa se aplicó la metodología propuesta por Sandradewi (2008) el cual toma las mediciones de longitudes de onda para calcular un porcentaje de BC proveniente de la Biomasa. Como valor indicativo de la quema de biomasa se optó por tomar datos satelitales del

sensor MODIS, el cual capta las áreas quemadas caracterizadas por depósitos de carbón y cenizas, remoción de vegetación y alteración de la estructura vegetal. Es por eso que varios estudios han registrado el transporte de las plumas de quema de biomasa, que varían entre cientos y hasta miles de kilómetros, es por ello que se seleccionó un dominio en el Norte de Suramérica (NSA) para el análisis de incendios activos.

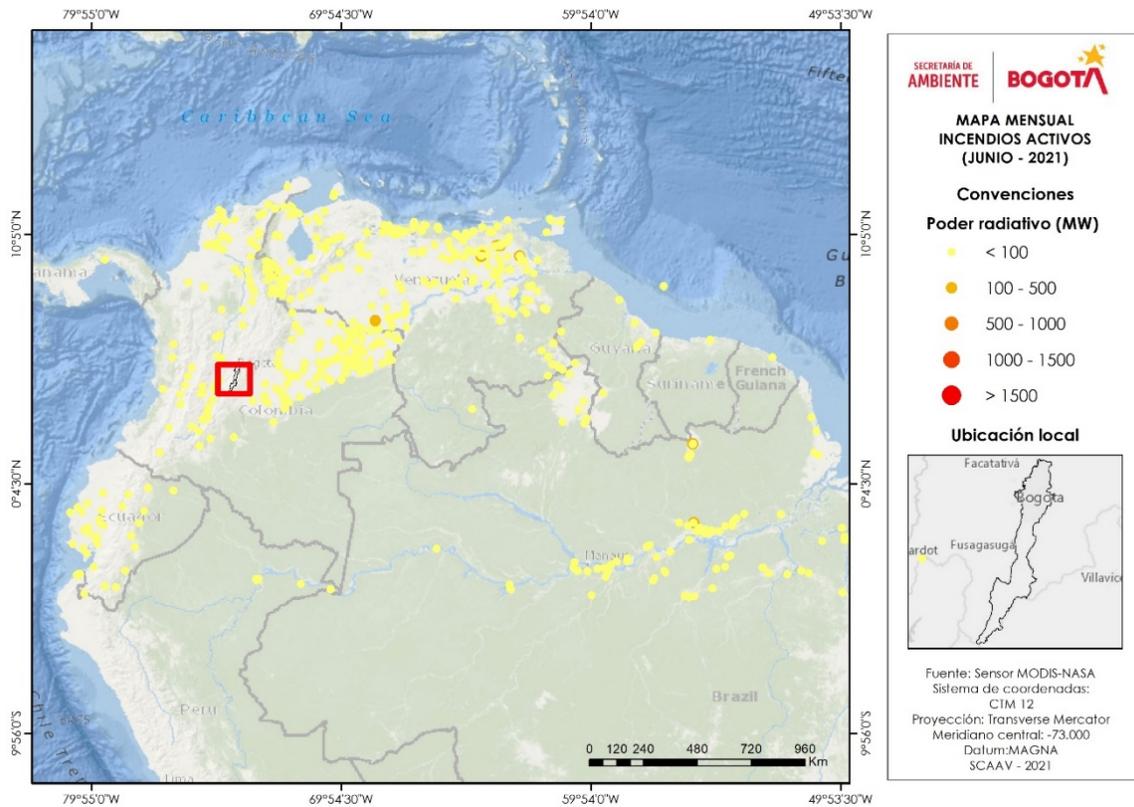


Figura 17. Distribución espacial de incendios activos identificados por el sensor MODIS en el mes de junio 2021

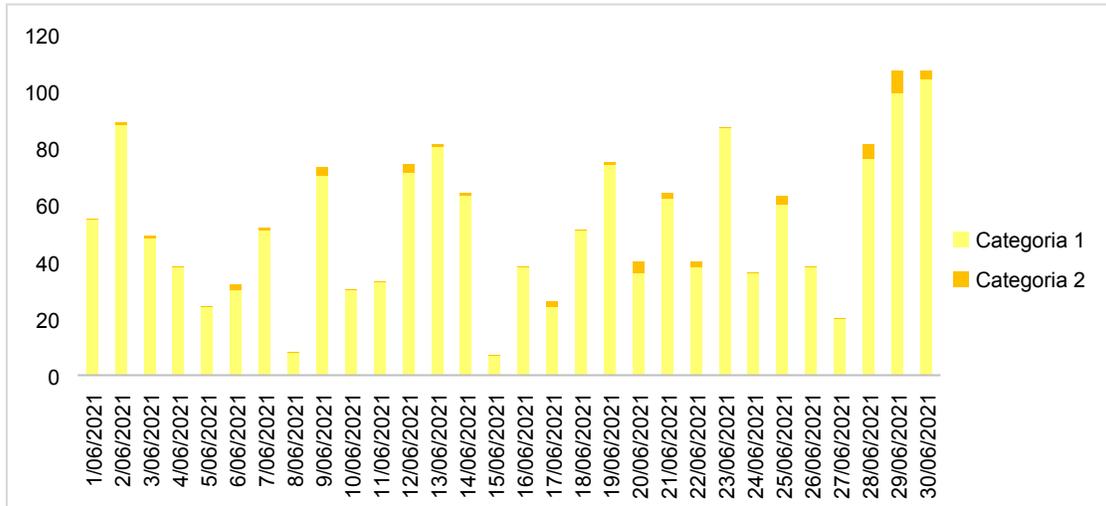


Figura 18. Número de eventos o puntos calientes identificados por el sensor MODIS en el mes de junio 2021.

En la Figura 17 se muestra la distribución espacial de incendios durante el mes de junio. Según la clasificación de la potencia del incendio propuesta por Ichoku et al (2008), el 97% de los puntos calientes registrados por el sensor MODIS en la zona delimitada se encuentran clasificados en una categoría 1, es decir, anomalías térmicas con un poder radiativo (FRP) menor a 100MW, el porcentaje restante se encuentra clasificado en una categoría 2, es decir, incendios con FRP entre 100MW y 500MW. Adicionalmente, en la Figura 18 se muestra el número de puntos identificados diariamente por el sensor MODIS durante el mes de junio, donde se evidencia un aumento en la cantidad de incendios registrados los días 29 y 30 del mes.

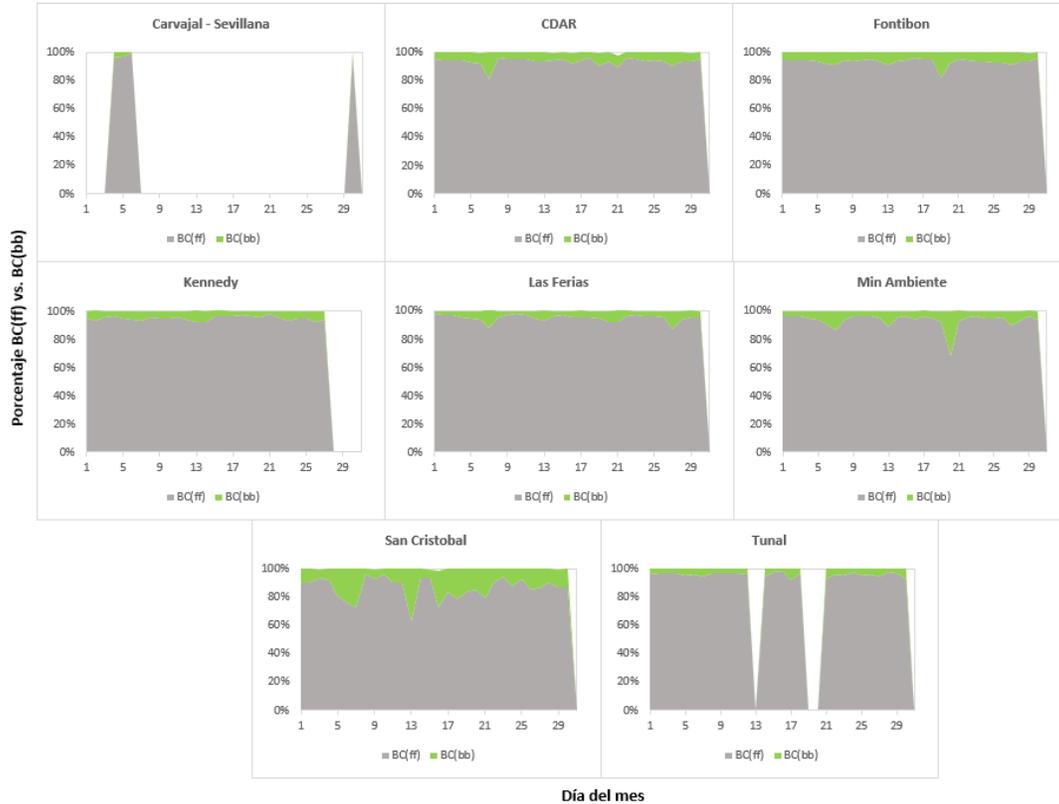


Figura 19. Serie temporal porcentaje de quema black carbon de combustibles fósiles BC(ff) vs. Black carbon de quema de biomasa BC(bb) – junio 2021

La Figura 19 muestra el comportamiento temporal del porcentaje de black carbon por quema de biomasa (BC(bb)) vs el porcentaje de black carbon por quema de combustibles fósiles (BC(ff)). La estación de Carvajal – Sevillana muestra pocos datos debido al problema de acceso para realizar el mantenimiento correspondiente al equipo. De acuerdo con esta gráfica, se puede apreciar que el mayor porcentaje de black carbon que se encuentra en la atmosfera es proveniente de la quema de combustibles fósiles, el cual es emitido por las fuentes fijas y móviles de la ciudad. Adicionalmente, se refleja que la estación de San Cristóbal supera el 15% del porcentaje de quema de biomasa, en donde se registran varios aumentos durante la segunda y tercera semana del mes; otros aumentos se registraron durante la tercera semana en las estaciones de Fontibón y MinAmbiente.

3.6. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE O₃, SO₂, NO₂, CO.

En la Figura 20 se observan las concentraciones promedio mensuales registradas en las estaciones de la RMCAB para el mes de junio 2021; los valores promedio más altos de SO₂, NO₂ y CO, gases asociados a la combustión, fueron registrados en la estación Carvajal-Sevillana, mientras que el promedio más alto de O₃ se evidenció en la estación Usme, siendo las zonas sur occidental y suroriental de la ciudad las que tuvieron los niveles más elevados de gases criterio en el mes.

Por otro lado, en el mes se registraron en total doce (12) excedencias de las concentraciones promedio 1 hora de SO₂, todas en la estación Carvajal – Sevillana las cuales NO CUMPLIERON con el nivel máximo permisible de la normal de SO₂ (100 µg/m³). Las concentraciones restantes, CUMPLIERON con el nivel máximo permisible establecido en la norma ya que no se registraron excedencias a la norma en: O₃: 100 µg/m³ para datos 8 horas; NO₂: 200 µg/m³ para datos 1 hora; SO₂: 50 µg/m³ para datos 24h; CO: 5000 µg/m³ para datos 8h y 35000 µg/m³ para datos 1 hora.

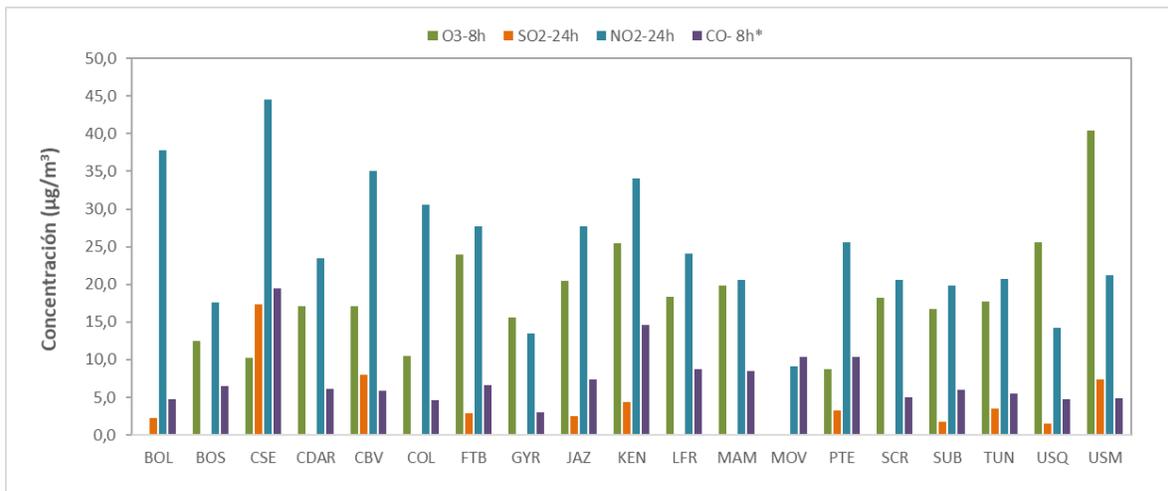


Figura 20. Concentraciones mensuales de gases (O₃, SO₂, NO₂ y CO) por estación de monitoreo - junio 2021

*Las concentraciones promedio mensuales de Monóxido de Carbono (CO), están divididas por 100 con el fin de ajustar la escala a las concentraciones de los demás contaminantes.

3.6.1. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE OZONO - O₃

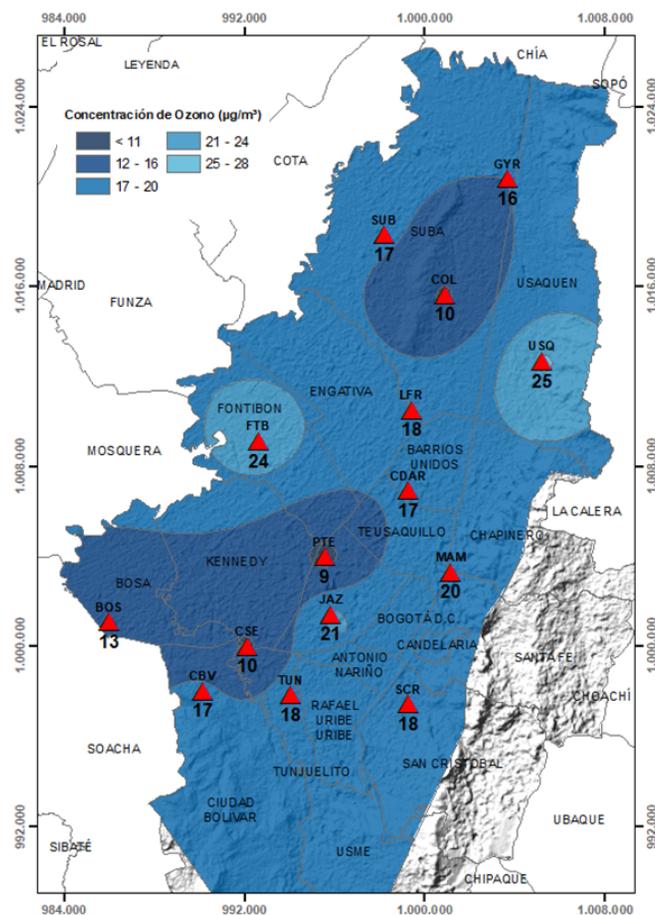


Figura 21. Distribución espacial concentraciones mensuales O₃ - junio 2021

En el mapa de la Figura 21 se representa la distribución espacial de las concentraciones promedio mensuales de O₃ con base en datos media móvil 8 horas para el mes de junio de 2021. Se observa que las concentraciones más altas predominan en las zonas norte y occidente de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Usaquén y Fontibón. Por otro lado, las concentraciones más bajas se evidencian en la zona de influencia de las estaciones Puente Aranda y Carvajal - Sevillana.

Las estaciones Kennedy, Usme, Móvil 7ma y Bolivia no alcanzaron el 75% de representatividad temporal, ya que se presentaron datos atípicos, por lo que los analizadores entraron en mantenimiento operativo. Por lo anterior, no se tienen en cuenta para el análisis de este contaminante y se toman los valores como indicativos.

3.6.6.1. COMPORTAMIENTO DE LA RADIACIÓN SOLAR Y SU RELACIÓN CON LAS CONCENTRACIONES DE OZONO

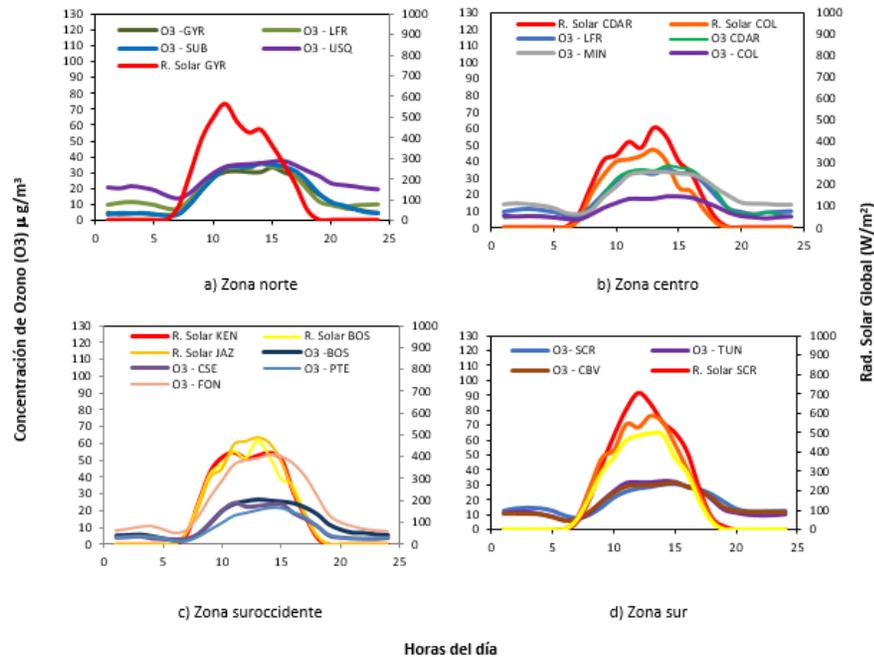


Figura 22. Comportamiento horario de las concentraciones de O₃ (µg/m³) y su relación con la Radiación Solar entrante (W/m²) - junio 2021.

Como se indicó anteriormente las cantidades de radiación solar durante el mes de junio se redujeron propiciando una disminución en la temperatura ambiente y en las concentraciones de ozono a nivel superficial. Las cantidades de radiación solar entrante, en promedio horario mensual en la hora de mayor incidencia, estuvieron por debajo de los 700 W/m² en la mayoría de las estaciones.

Asimismo, las concentraciones de ozono se redujeron con respecto al mes anterior a valores por debajo de los 40 µg/m³. Sólo en la estación Fontibón las concentraciones de ozono alcanzaron valores cercanos a 55 µg/m³ en la hora de mayor concentración. Ver Figura 22.

3.6.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE DIÓXIDO DE AZUFRE – SO₂

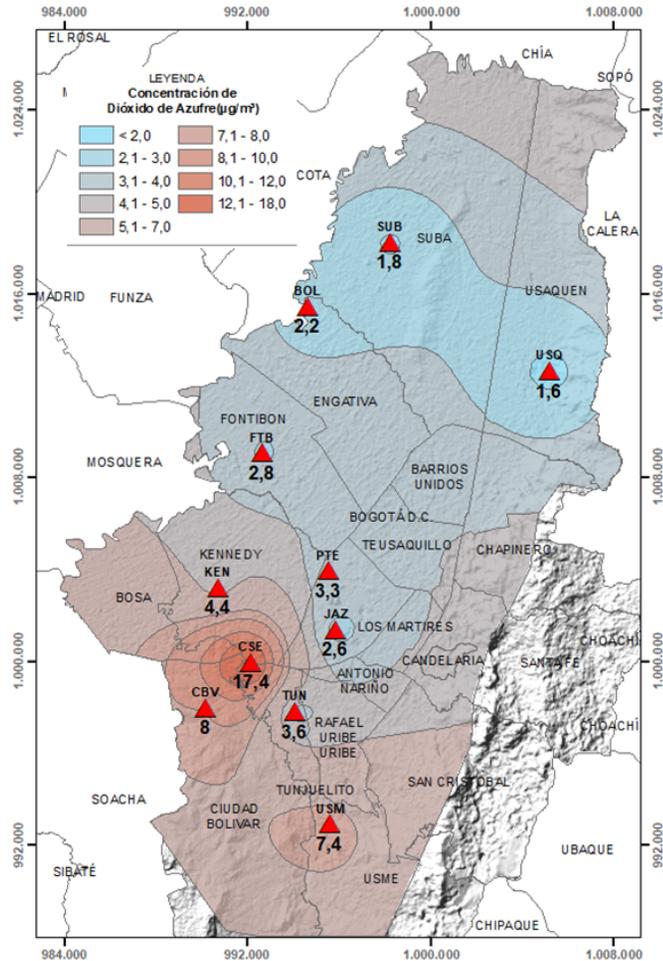


Figura 23. Distribución espacial concentraciones mensuales SO₂ - junio 2021

En el mapa de la Figura 23 se representa la distribución espacial de las concentraciones promedio mensuales de SO₂ para el mes de junio de 2021 con base en los datos 24 horas. Se observa que las concentraciones más altas predominan en las zonas sur occidental y sur de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Carvajal – Sevillana y Ciudad Bolívar. Las concentraciones más bajas se evidencian en las zonas norte y noroccidental, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Usaquén y Suba.

Las estaciones Bosa, Colina, Móvil 7ma, MinAmbiente y CDAR no alcanzaron el 75% de representatividad temporal, ya que se presentaron datos atípicos, por lo que los analizadores entraron en mantenimiento operativo. Por lo anterior, no se tienen en cuenta para el análisis de este contaminante y se toman los valores como indicativos.

3.6.3. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE DIÓXIDO DE NITROGENO – NO₂

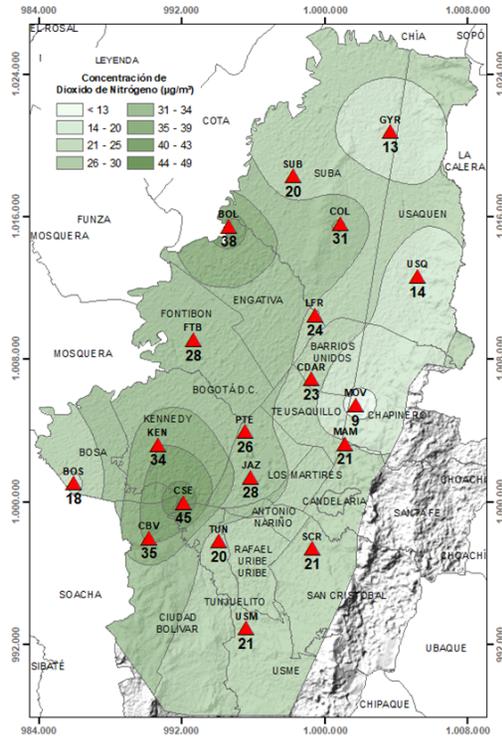


Figura 24. Distribución espacial concentraciones mensuales NO₂ – junio 2021

En el mapa de la Figura 24 se representa la distribución espacial de las concentraciones promedio mensuales de NO₂ para el mes de junio de 2021. Se observa que las concentraciones más altas predominan en las zonas occidente y suroccidente de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Carvajal-Sevillana y Bolivia. Las concentraciones más bajas se evidencian en la zona norte, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Móvil 7ma y Guaymaral.

La estación Tunal no alcanzó el 75% representatividad temporal, ya que se presentaron datos atípicos, por lo que el analizador entró en mantenimiento operativo. Por lo anterior, no se tiene en cuenta para el análisis de este contaminante y se toman los valores como indicativos.

3.6.4. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE MONÓXIDO DE CARBONO – CO

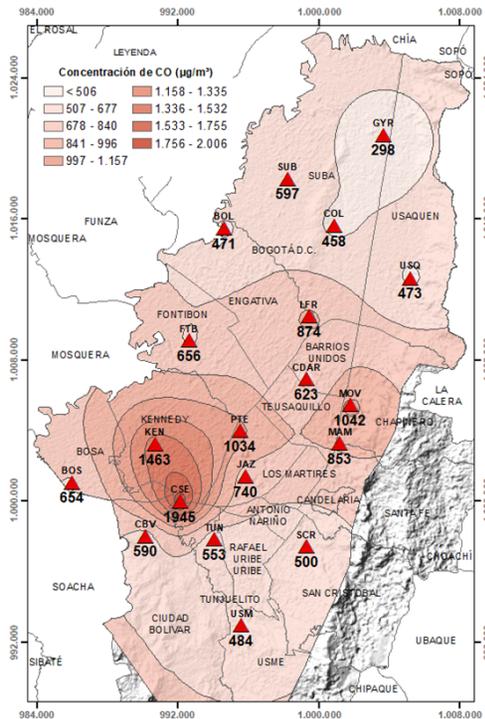


Figura 25. Distribución espacial concentraciones mensuales CO - junio 2021

En el mapa de la Figura 25 se representa la distribución espacial de las concentraciones promedio mensuales de CO con base en datos media móvil 8 horas para el mes de junio de 2021. Se observa que las concentraciones más altas predominan en las zonas sur occidental y norte de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Carvajal – Sevillana y Móvil 7ma. Las concentraciones más bajas se evidencian en las zonas noroccidental y norte de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Bolivia y Colina.

Las estaciones Kennedy no alcanzó el 75% representatividad temporal, ya que se presentaron datos atípicos, por lo que el analizador entró en mantenimiento operativo. Por lo anterior, no se tiene en cuenta para el análisis de este contaminante y se toman los valores como indicativos.

3.7. INDICE BOGOTANO DE CALIDAD DEL AIRE (IBOCA)

El Índice Bogotano de Calidad de Aire y Riesgo en Salud, IBOCA, adoptado mediante la Resolución Conjunta 868 de abril de 2021, es un indicador multipropósito adimensional en una escala de 0 a 500, calculado a partir de las concentraciones de contaminantes atmosféricos que indica el estado de la calidad del aire que se basa en el contaminante que presenta la mayor afectación a la salud en un tiempo de exposición determinado, sin embargo, puede ser calculada para cada contaminante prioritario con el fin de establecer su importancia en términos de afectación.

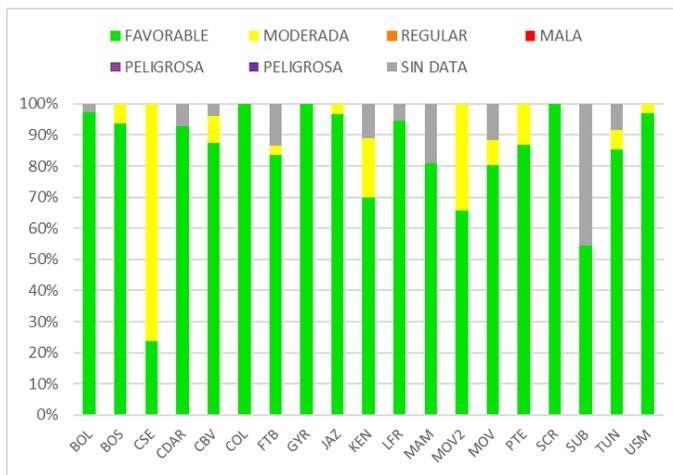


Figura 26. IBOCA para PM₁₀ por estación - junio 2021

La Figura 26 muestra el comportamiento del IBOCA para los promedios móviles de las concentraciones 24 horas de PM₁₀ por estación de monitoreo registrados en el mes de junio 2021. Se observa que la condición “favorable” predominó en la mayoría las estaciones; además en Carvajal-Sevillana, Kennedy, Móvil Fontibón y Puente Aranda se registraron concentraciones en la condición “moderada” entre el 13 y el 76% del mes.

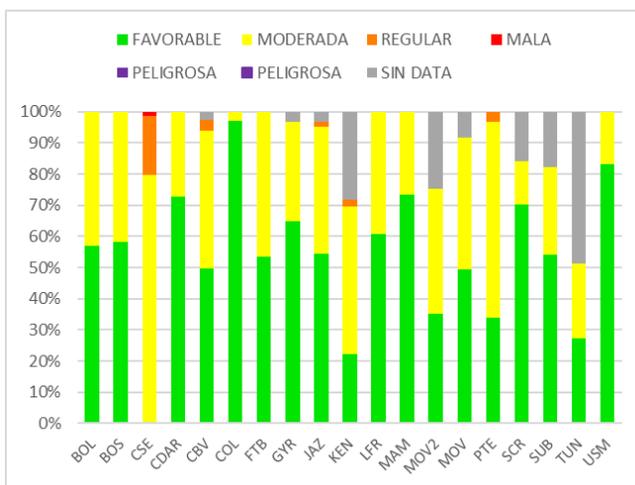


Figura 27. IBOCA para PM_{2.5} por estación - junio 2021

La Figura 27 muestra el comportamiento del IBOCA para los promedios móviles de las concentraciones 24 horas de PM_{2.5} en cada estación de monitoreo. Se observa que en el mes de junio 2021 predominaron las condiciones “favorable” y “moderada” en la mayoría de las estaciones. En el caso de Carvajal-Sevillana y de Puente Aranda hubo un mayor porcentaje de datos en la condición “moderada”, con 80 y 63% respectivamente. Adicionalmente en cinco estaciones se registró la condición “mala”, entre un 2 y un 19% del mes.

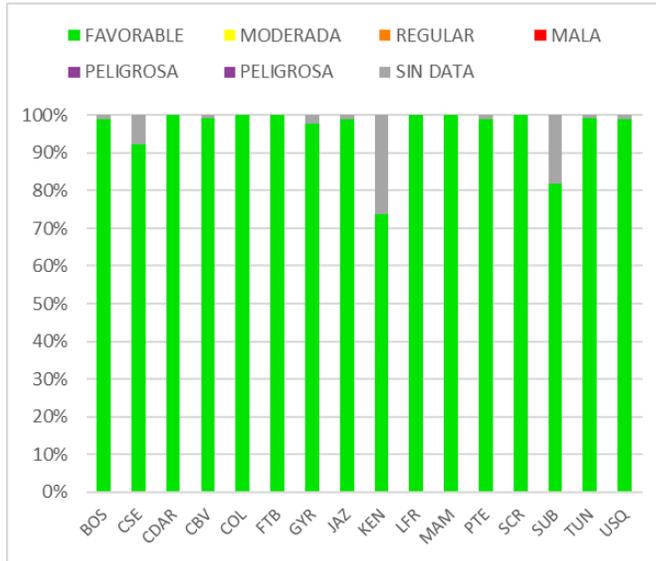


Figura 28. IBOCA para O₃ por estación - junio 2021

La Figura 28 **Error! Reference source not found.** muestra el comportamiento del IBOCA para los promedios móviles de las concentraciones 8 horas de O₃ en cada una de las estaciones de monitoreo para el mes de junio 2021. Se observa que la categoría “favorable” predomina durante todo el mes en las estaciones de la RMCAB. Las estaciones Kennedy y Suba registraron el menor porcentaje de datos válidos.

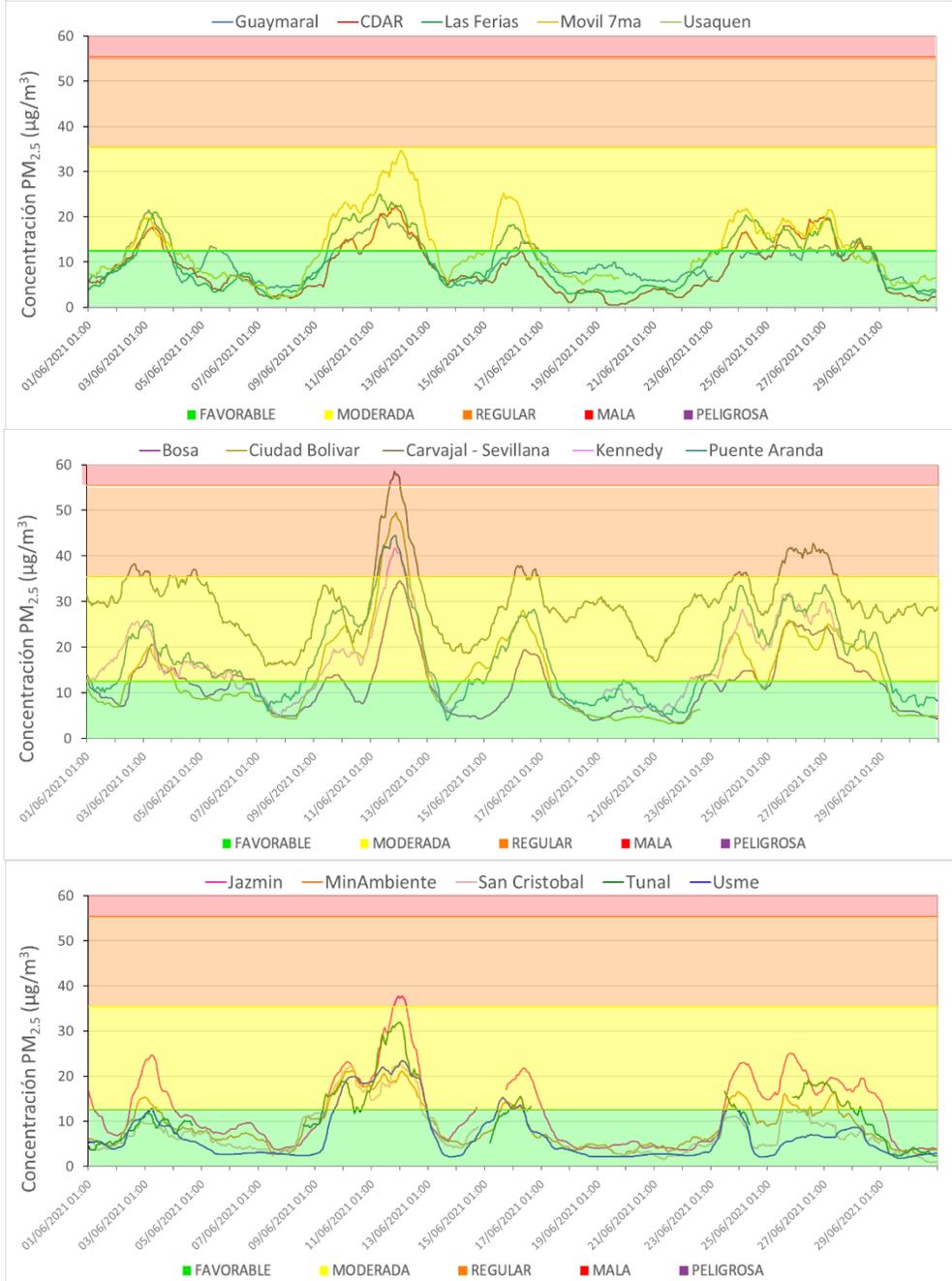
3.8. EVENTOS DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

En la Figura 29 se observan las concentraciones de PM_{2.5} media móvil 24 horas registradas en las estaciones de la RMCAB durante el mes de junio de 2021. Se observa que las estaciones de la zona suroccidente registraron las concentraciones más altas de PM_{2.5} en la ciudad, con predominancia de la condición “moderada” durante la mayor parte del mes, y la condición “favorable” prevaleció en las demás estaciones de la ciudad.

A nivel ciudad se evidenció un incremento notable de las concentraciones de material particulado durante los días 11 y 12 de junio, el cual pudo estar asociado a las emisiones de ceniza provenientes de la emisión del volcán Nevado del Ruiz. Sin embargo, durante los días previos a este evento se evidenciaron velocidades del viento bajas, con valores menores a 3.7 m/s, a diferencia de la primera semana de junio que registró hasta 6 m/s.

En los últimos días del mes se evidenció otro incremento notable de las concentraciones de PM_{2.5} en todas las estaciones de la ciudad, sin embargo, en las estaciones de la zona norte se registraron concentraciones más altas que en la segunda semana del mes, aunque no sobrepasaron el límite de la condición moderada, al registrar valores de media móvil 24h de PM_{2.5} entre 15 y 32 µg/m³. En esta zona la estación Colina registró las menores concentraciones, las cuales se mantuvieron en el rango de la condición “favorable” durante el final del mes. En estos días también se evidenció una reducción de la velocidad del viento respecto a la semana anterior, y se registraron las temperaturas mínimas más bajas (5.9 y 7.1 °C), lo cual pudo incidir en la reducción de la dispersión de contaminantes en horas de la mañana.

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB



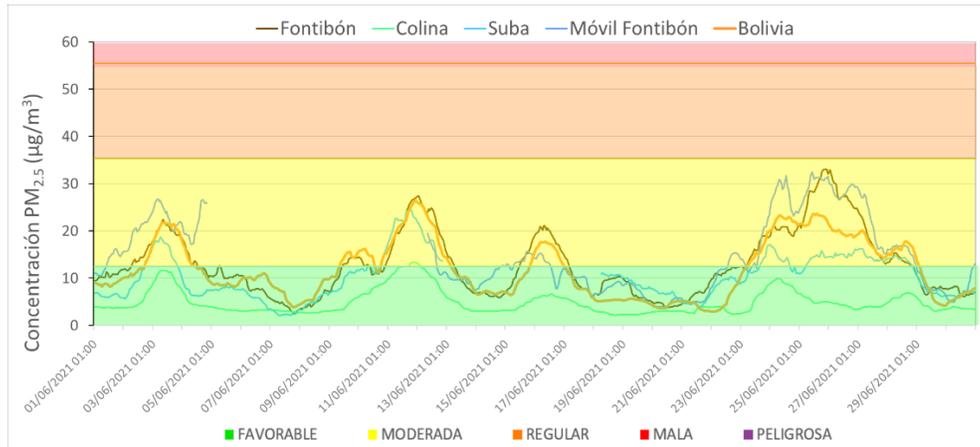


Figura 29. Concentraciones media móvil 24 h $PM_{2.5}$ junio 2021



Figura 30. Comportamiento volcán Nevado del Ruiz Junio 11 de 2021.

Fuente: Twitter Servicio Geológico Colombiano

El día 11 de junio fue informada por parte del Servicio Geológico Colombiano (SGC) la observación de una emisión en el volcán Nevado del Ruiz que alcanzó los 1245 m de altura, y se observó desplazamiento de la pluma de la emisión hacia el nororiente del volcán.

En el boletín del SGC del 15 de junio de 2021 se informó que tuvo un comportamiento inestable, y el 11 de junio se evidenció el sismo de mayor magnitud, lo cual generó emisión de ceniza y gases (principalmente SO_2), con una altura máxima de 2186 m. La columna de gases se dirigió principalmente hacia el nororiente y noroccidente del volcán, por lo cual podía incidir en el incremento de concentraciones de SO_2 en Bogotá.

Según el patrón de la dirección del viento observado en el modelo CAMS-ECMWF (Figura 31), se evidenció que el comportamiento de los vientos entre 600 mb - 500 mb (4000 m - 5500m), altura estimada del movimiento del penacho producto del volcán, presentó una dorsal que podía favorecer el desplazamiento de contaminantes desde el volcán hacia el oriente, con posible afectación sobre Bogotá.

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB

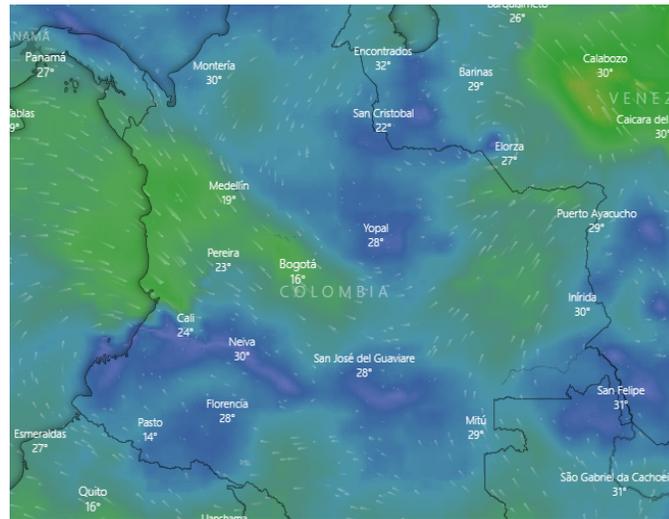


Figura 31. Líneas de corriente entre 600 mb y 500 mb para el modelo CAMS-ECMWF para el 11 de junio en la mañana.

Según lo observado en el pronóstico del modelo CAMS (COPERNICUS Atmospheric Modeling System) de la Agencia Meteorológica Europea (ECMWF) (Figura 32), se evidenció una afectación importante en las concentraciones de azufre en la ciudad, situación que permanecería hasta el día 14 de junio, aunque se proyectaba una reducción del impacto de las concentraciones por cambios en la dirección del viento en los días siguientes a la observación de la emisión.

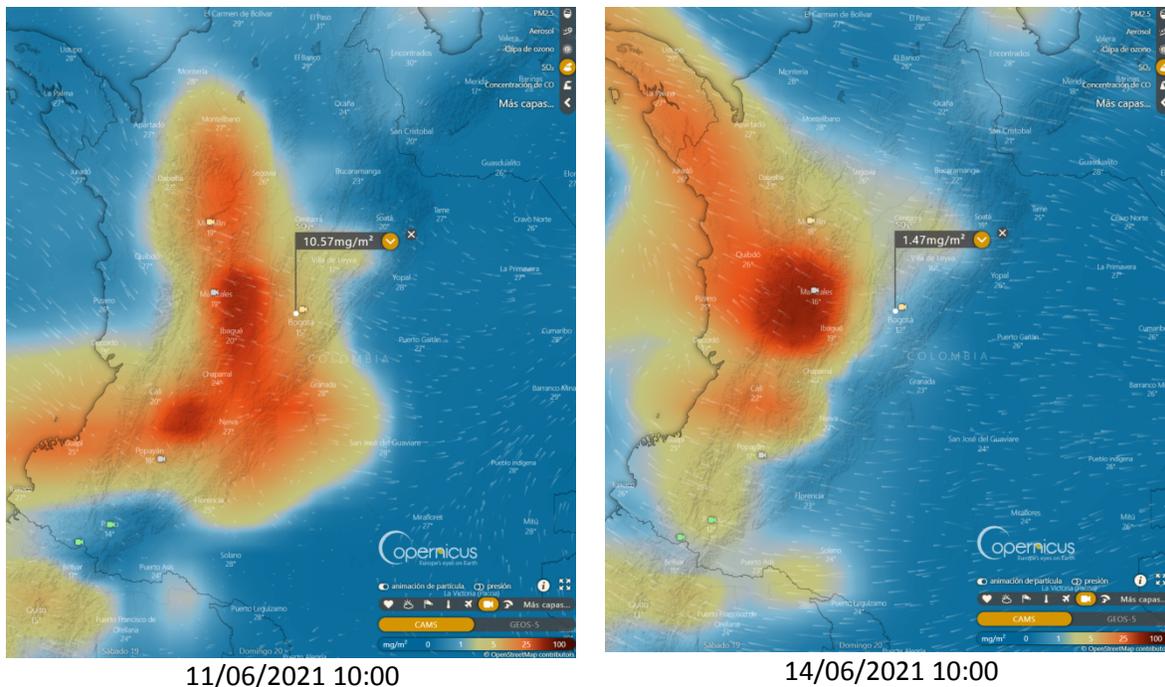


Figura 32. Pronóstico del movimiento del penacho del volcán Nevado del Ruíz usando el SO₂ como trazador, entre el 11/06/2021 y el 14/06/2021

En la Figura 33 se observan las concentraciones horarias de SO₂ registradas por las estaciones de la

RMCAB durante los días 06 y 16 de junio de 2021. Se evidencia que el día 11 de junio hubo un aumento generalizado de las concentraciones de SO₂, principalmente en las estaciones del norte y suroccidente de la ciudad. En el suroccidente, la estación Carvajal-Sevillana registró el promedio horario más alto, con 36.6 µg/m³, y hacia el norte de la ciudad el valor más alto observado corresponde a en la estación Bolivia con 18.8 µg/m³. Se hace más evidente el incremento de las concentraciones al norte de la ciudad, dado que el suroccidente registra usualmente las concentraciones más altas de SO₂ dada la influencia de las fuentes de emisión en esta área, con lo cual se puede inferir que las emisiones del volcán Nevado del Ruiz se desplazaron hacia la ciudad y fueron registradas por varias estaciones de la RMCAB, sin embargo los valores observados no superaron el nivel máximo permisible del contaminante para un tiempo de exposición de una hora (100 µg/m³)

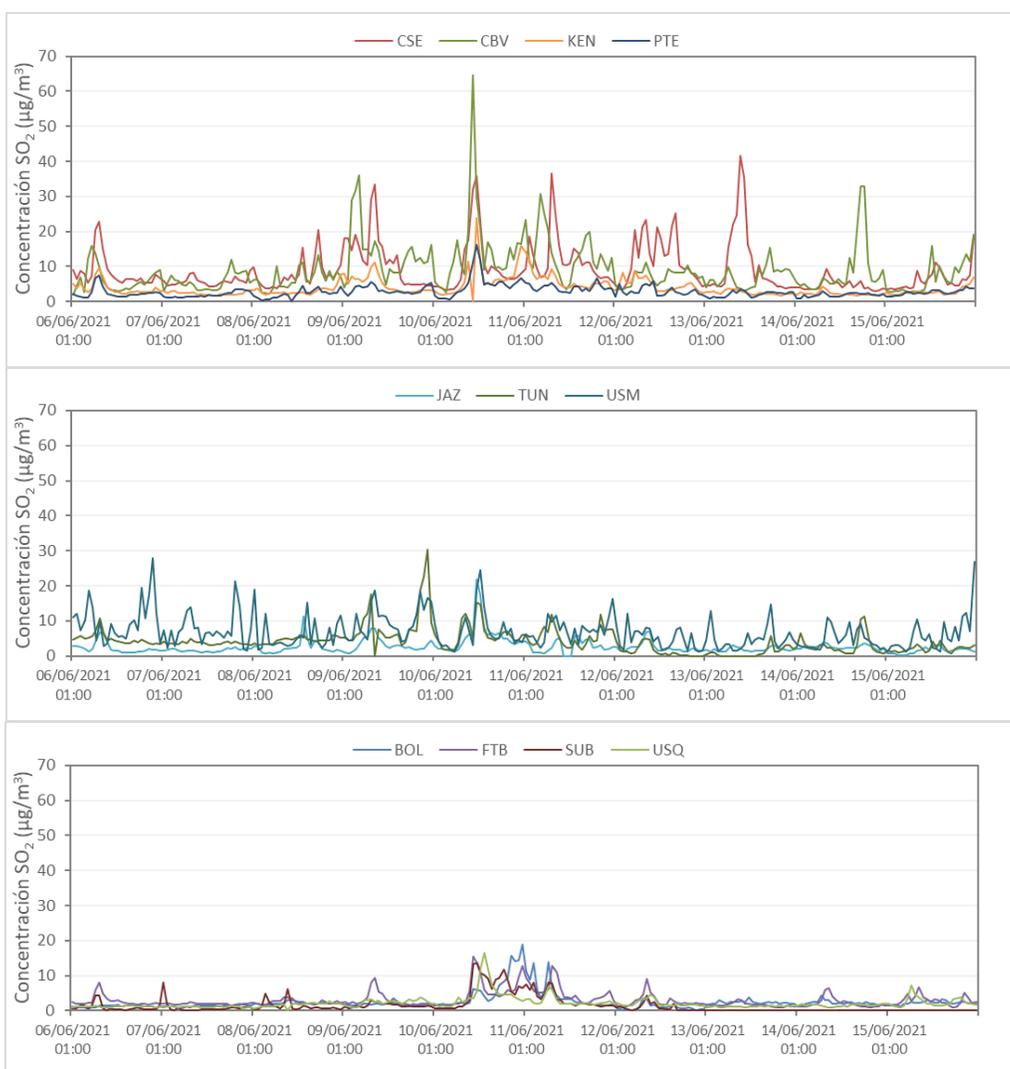


Figura 33. Concentraciones horarias de SO₂ por estación. Junio 06-16 de 2021

En la Figura 34 se puede observar el comportamiento de la contaminación atmosférica en la mañana y en la tarde del día 25 de junio en la zona suroccidental de la ciudad. Aunque las concentraciones de material particulado fueron más altas el día 11 de junio por la posible influencia de las emisiones del volcán Nevado del Ruiz, entre los días 24 y 28 de junio también se observó un aumento notable de las concentraciones de material particulado en la mayoría de las estaciones de la RMCAB, las cuales permanecieron en la condición “moderada” la mayor parte del tiempo. Esta condición estuvo influenciada por una disminución notable de la temperatura en las mañanas, lo cual generó una mayor diferencia de temperatura en estos días, además de reducción en la velocidad del viento respecto a la semana previa.



Figura 34. Fotografía del suroccidente de la ciudad mañana y tarde. Junio 25 de 2021

4. CONCLUSIONES

- La precipitación en junio 2021 aumentó respecto al mes de abril 2021, el más lluvioso del año. El mayor acumulado se observó en la estación San Cristóbal y en las estaciones del centro de la ciudad.
- Debido al aumento de la nubosidad y las precipitaciones, se observó una reducción en la temperatura superficial respecto al mes anterior. La estación Móvil 7ma registró el valor más alto, con 15.9 °C.
- El viento tuvo un comportamiento similar al del mes anterior, con direcciones predominantes del sureste y del sur de la ciudad. Las mayores velocidades del viento se registraron en las zonas suroccidente y centro, variando entre 1.6 a 2.5 m/s.
- Las concentraciones de material particulado en junio 2021 fueron más altas en la zona suroccidente de la ciudad, Carvajal-Sevillana registró los promedios mensuales más altos con 69.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} y 26.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{PM}_{2.5}$. En total se registraron 18 excedencias de PM_{10} y 2 excedencias de $\text{PM}_{2.5}$.
- Las mayores concentraciones de Black Carbon se registraron al suroccidente de la ciudad en las estaciones Tunal y Carvajal-Sevillana, con 7 y 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente para la longitud de 880 nm. Se observó un mayor aporte por actividades de quema de los combustibles fósiles a las concentraciones de Black Carbon en el mes. La estación San Cristóbal evidenció el mayor porcentaje de Black Carbon por quema de biomasa.

- La estación Carvajal-Sevillana registró las concentraciones más altas de SO₂, NO₂ y CO, seguida de la estación Kennedy, por lo que predominan las concentraciones de gases asociados a la combustión en el suroccidente de la ciudad. Usme registró el promedio más alto de O₃ en el mes. Se observaron 12 excedencias a la norma horaria de SO₂ en Carvajal-Sevillana.
- En junio de 2021 las concentraciones de PM_{2.5} permanecieron en condiciones favorables la mayor parte del mes, a excepción de las concentraciones observadas al suroccidente de la ciudad, en donde se observaron datos en condiciones “regular” y “mala”, principalmente en la segunda y cuarta semana del mes.
- El aumento de las precipitaciones contribuyó a la reducción de las concentraciones de material particulado a mediados de junio de 2021, sin embargo, se observaron dos episodios de incrementos de concentraciones en la segunda y cuarta semana por reducción de la velocidad del viento. Adicionalmente se observó un incremento de concentraciones de SO₂ en varias estaciones de la RMCAB asociados a las emisiones del volcán Nevado del Ruiz el día 11 de junio.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Servicio Geológico Colombiano. *Boletín Semanal de Actividad Volcán Nevado del Ruiz*. Junio 15 de 2021. Obtenido de https://www2.sgc.gov.co/Noticias/boletinesDocumentos/Boletin_semanal_de_actividad_del_volcan_Nevado_del_Ruiz_del_15_de_junio_al_21_de_junio_de_2021.pdf
- U. (Diciembre de 2020). *List of designated reference and equivalent methods*. Obtenido de https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-08/documents/designated_reference_and-equivalent_methods.pdf
- LII, L. (2020). *40 CFR Appendix Table A-1 to Subpart A of Part 53, Summary of Applicable Requirements for Reference and Equivalent Methods for Air Monitoring of Criteria Pollutants*. Obtenido de https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/appendix-Table_A-1_to_subpart_A_of_part_53
- Ramirez Cely, P. (2016). *Determinación de la contribución de brown carbon en el material particulado presente en el aire de Bogotá durante la temporada de incendios febrero-febrero de 2016*. Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/17937/u729349.pdf?sequence=1>
- Sandradewi, J., Prévôt, A., Szidat, S., Perron, N., Alfarra, M., Lanz, V., Baltensperger, U. (2008). Using aerosol light absorption measurements for the quantitative determination of wood burning and traffic emission contributions to particulate matter. *Environ. Sci. Technol.*, 42, 3316-3323.

6. ANEXOS

6.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB

Tabla 2. Características, ubicación de las estaciones y variables monitoreadas de la RMCAB

Características	Ubicación								Contaminantes					Variables Meteorológicas								
	Sigla	Latitud	Longitud	Altitud (m)	Altura (m)	Localidad	Tipo de zona	Tipo de estación	Dirección	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	NO ₂	CO	SO ₂	V. Viento	D. Viento	Temperatura	Precipitación	R. Solar	H. Relativa	Presión Atm.
Guaymaral	GYR	4°47'1.52"N	74°2'39.06"W	2580	0	Suba	Sub urbana	De fondo	Autopista Norte # 205-59	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X
Usaquén	USQ	4°42'37.26"N	74°1'49.50"W	2570	10	Usaquén	Urbana	De fondo	Carrera 7B Bis # 132-11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X
Suba	SUB	4°45'40.49"N	74°5'36.46"W	2571	6	Suba	Sub urbana	De fondo	Carrera 111 # 159A-61	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X
Bolivia	BOL	4°44'9.12"N	74°7'33.18"W	2574	0	Engativá	Sub urbana	De fondo	Avenida Calle 80 # 121-98	X	X		X	X	X	X	X	X				X
Las Ferias	LFR	4°41'26.52"N	74°4'56.94"W	2552	0	Engativá	Urbana	De tráfico	Avenida Calle 80 # 69Q-50	X	X	X	X	X		X	X	X			X	X
Centro de Alto Rendimiento	CDAR	4°39'30.48"N	74°5'2.28"W	2577	0	Barrios Unidos	Urbana	De fondo	Calle 63 # 59A-06	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
Estación Móvil 7ma	MOV	4°38'32.75"N	74°5'2.28"W	2583	0	Chapinero	Urbana	De tráfico	Carrera 7 con calle 60	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X
MinAmbiente	MAM	4°37'31.75"N	74°4'1.13"W	2621	15	Santa Fe	Urbana	De tráfico	Calle 37 # 8-40	X	X	X		X		X		X				X
Fontibón	FTB	4°40'41.67"N	74°8'37.75"W	2551	11	Fontibón	Urbana	De tráfico	Carrera 104 # 20 C-31	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X
Puente Aranda	PTE	4°37'54.36"N	74°7'2.94"W	2590	10	Puente Aranda	Urbana	Industrial	Calle 10 # 65-28	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X
Kennedy	KEN	4°37'30.18"N	74°9'40.80"W	2580	3	Kennedy	Urbana	De fondo	Carrera 80 # 40-55 sur	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
Carvajal - Sevillana	CSE	4°35'44.22"N	74°8'54.90"W	2563	3	Kennedy	Urbana	Tráfico / Industrial	Autopista Sur # 63-40	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X
Tunal	TUN	4°34'34.41"N	74°7'51.44"W	2589	0	Tunjuelito	Urbana	De fondo	Carrera 24 # 49-86 sur	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
San Cristóbal	SCR	4°34'21.19"N	74°5'1.73"W	2688	0	San Cristóbal	Urbana	De fondo	Carrera 2 Este # 12-78 sur	X	X	X	X			X	X	X	X	X		X
El Jazmín	JAZ	4°36'30.6"N	74°06'53.8"W	2559	0	Puente Aranda	Urbana	Residencial	Calle 1 G # 41 A 39	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
Usme	USM	4°31'55.4"N	74°07'01.7"W	2593	0	Usme	Urbana	Residencial	Carrera 11 # 65 D 50 Sur	X	X		X	X	X	X	X	X		X	X	X
Bosa	BOS	4°36'20.2"N	74°12'14.6"W	2546	0	Bosa	Urbana	De fondo	Diagonal 73 F Sur # 78 - 44	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X
Ciudad Bolívar	CBV	4°34'40.1"N	74°09'58.6"W	2661	0	Ciudad Bolívar	Urbana	Residencial	Calle 70 Sur # 56 - 11	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
Colina	COL	4°44'14.1"N	74°04'10.0"W	2555	0	Suba	Urbana	Residencial	Avenida Boyacá No 142#-55	X	X		X	X	X	X	X	X		X	X	X
Móvil Fontibón	MOV2	4°40'03.7"N	74°08'55.9"W		0	Fontibón	Urbana	Tráfico / Industrial	Cra. 98 #16 B 50	X	X					X	X	X		X	X	X

6.2. NORMATIVA Y MÉTODOS DE REFERENCIA

La elaboración de informes de calidad del aire se realiza teniendo en cuenta uno de los componentes de la misionalidad de la Secretaría Distrital de Ambiente, como autoridad ambiental del Distrito Capital. Además, se tiene en cuenta lo establecido en la norma NTC ISO/IEC 17025:2017 con respecto a la elaboración de los reportes del laboratorio, y teniendo en cuenta que los informes de calidad del aire de la RMCAB se elaboran con base en los procedimientos asociados a las funciones del Laboratorio Ambiental de la Secretaría Distrital de Ambiente, los cuales se incluyen dentro de del proceso de apoyo de la SDA denominado “Metrología, Monitoreo y Modelación”.

La obtención de los datos de concentraciones de contaminantes y de variables meteorológicas se realiza a través de los registros en tiempo real de los equipos de monitoreo y sensores meteorológicos, cuyo funcionamiento y operatividad son verificados mediante la realización de mantenimientos preventivos y correctivos por parte del equipo de campo de la RMCAB, programados periódicamente mediante un software destinado para este fin. Adicionalmente se realizan periódicamente las calibraciones y verificaciones de los equipos de monitoreo, con el fin de garantizar que la medición de los equipos se realice de acuerdo con los estándares establecidos en los métodos de medición.

Los métodos de medición utilizados por los monitores de la RMCAB se encuentran descritos en la lista de métodos de referencia y equivalentes designados, publicada en diciembre de 2020 (EPA, 2020). Los métodos de referencia se encuentran establecidos en el Título 40 del CFR (*Code of Federal Regulations*), los cuales están aprobados por la *Environmental Protection Agency* (EPA) de Estados Unidos. Para cada contaminante se encuentra definido un método de referencia específico, de acuerdo con el método equivalente por el cual funciona cada monitor, lo cual se encuentra establecido en los apéndices de la Parte 50 del Título 40 del CFR (LII, 2020). (Tabla 3)

Tabla 3. Técnicas de medición automáticas de los equipos de la RMCAB, métodos equivalentes y de referencia EPA

Contaminante	Principio de Medición	Método equivalente automatizado EPA	Apéndice Parte 50 del CFR
PM ₁₀	Atenuación por Radiación Beta	EQPM-0798-122	J
		EQPM-0404-151	
PM _{2,5}	Atenuación por Radiación Beta	EQPM-0308-170	L
		EQPM-1013-211	
O ₃	Espectrofotometría de Absorción en el Ultravioleta	EQOA-0992-087	D
		EQOA-0193-091	
NO ₂	Quimioluminiscencia	RFNA-1289-074	F
		RFNA-1194-099	
		RFNA-0118-249	
CO	Espectrofotometría de Absorción en el Infrarrojo	RFCA-0992-088	C
		RFCA-0981-054	
		RFCA-1093-093	
		RFCA-0915-228	
SO ₂	Fluorescencia Pulsante en el Ultravioleta	EQSA-0495-100	A-1

6.3. DECLARACIONES

Se declara que los resultados relacionados en el presente informe mensual de calidad del aire corresponden únicamente a los parámetros y variables monitoreadas por los analizadores y sensores en las estaciones de la RMCAB, adicionalmente los resultados del informe sólo están relacionados con ítems ensayados y/o comprobados metrológicamente.

Las concentraciones y resultados presentados en este informe de calidad del aire y en la página web se encuentran a condiciones de referencia, con el fin de que sean comparables con los niveles establecidos por la normatividad vigente.

La identificación de las contribuciones a la incertidumbre de la medición de los equipos y su evaluación se registra en el formato interno PA10-PR03-F12 de acuerdo con lo establecido en el instructivo interno PA10-PR03-INS8, y no se reporta en los informes periódicos de calidad del aire, minimizando cualquier posibilidad de interpretaciones equívocas o de uso incorrecto.

El análisis realizado en el presente informe mensual corresponde a los datos recolectados por la Red de Monitoreo de Calidad el Aire de Bogotá – RMCAB durante el período comprendido entre el 01 y el 30 de junio de 2021.

Este informe fue elaborado con base en el modelo de los informes periódicos de la RMCAB establecido en el procedimiento interno PA10-PR04 Análisis de datos, generación y publicación de informes de calidad del aire de Bogotá. Adicionalmente para la validación de los datos se tiene en cuenta lo definido en el procedimiento interno PA10-PR05- Revisión y Validación de datos de la RMCAB. Cabe resaltar que los procesos de monitoreo de contaminantes y de estimación de la incertidumbre en la RMCAB se realizan bajo los siguientes procedimientos internos, para los cuales se utiliza la última versión vigente cargada el aplicativo interno de la Secretaría Distrital de Ambiente - SDA “Isolucion”.

Tabla 4. Procedimientos Internos para la operación y calibración de equipos de la RMCAB

Código Procedimiento Interno	Nombre del Procedimiento Interno
PA10-PR02	Operación de la Red de Monitoreo y Calidad del Aire de Bogotá
PA10-PR06	Monitoreo y revisión rutinaria de la operación analizadores, monitores de partículas y sensores meteorológicos
PA10-PR03	Aseguramiento de Calidad de los Resultados emitidos por el Laboratorio Ambiental SDA Formato PA10-PR03-F12 - Cálculo de Incertidumbre RMCAB

La siguiente tabla presenta los factores de conversión de unidades que deben ser aplicados a las concentraciones de los gases en partes por millón (ppm) y en partes por billón (ppb) para ser convertidos a mg/m^3 y $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente:

Tabla 5. Procedimientos Internos para la operación y calibración de equipos de la RMCAB

Gas	Multiplicar por	Para convertir
CO	1144,9	ppm a $\mu\text{g}/\text{m}^3$
SO ₂	2,6186	ppb a $\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO ₂	1,8804	ppb a $\mu\text{g}/\text{m}^3$
O ₃	1,9620	ppb a $\mu\text{g}/\text{m}^3$

El resultado de cada una de las conversiones se encuentra a una presión de 760 mm Hg y a una temperatura de 25°C, que son las condiciones de referencia según los términos establecidos en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de Calidad del Aire.

El factor de conversión se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\text{Factor de Conversión [ppb o ppm]} = \frac{M * P}{R * T} * \frac{1}{1000} \left[\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \text{ o } \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right] \uparrow$$

Donde:

M: masa molar del gas contaminante [g/mol]

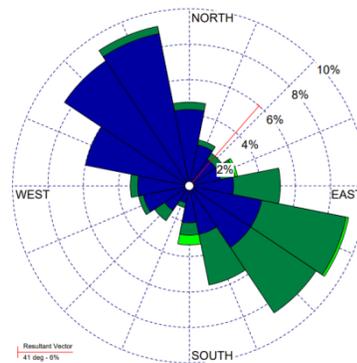
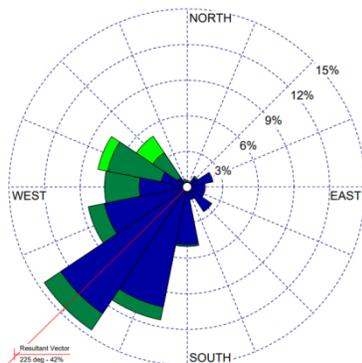
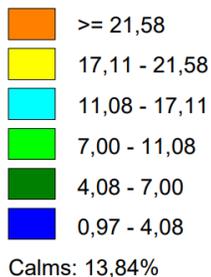
P: presión atmosférica [Pa]

R: constante universal de los gases ideales =

T: temperatura absoluta [K]

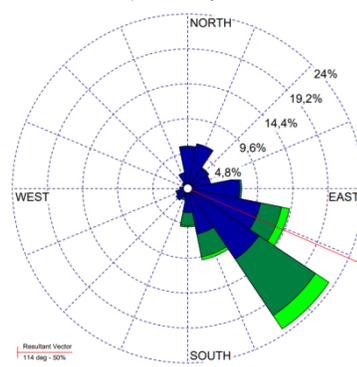
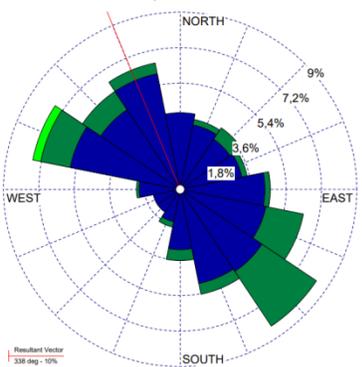
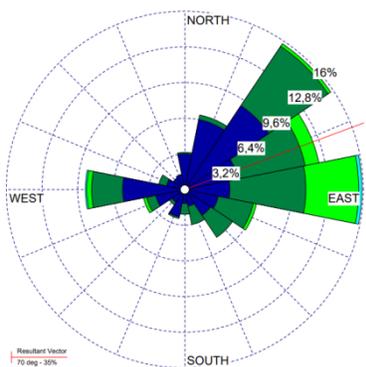
6.4. ROSAS DE LOS VIENTOS

Las rosas de viento que se observan en la Figura 34 describen el comportamiento puntual en cuanto a la frecuencia y la dirección de los vientos en cada estación de la RMCAB durante el mes de junio de 2021. Cada rosa de viento describe el vector resultante (en línea roja) de todos los vientos durante el mes de junio. Es decir que en últimas es la dirección hacia donde en promedio se dirigieron los vientos durante este mes. Los vientos con mayor predominio se registraron en las estaciones San Cristóbal (40%) y Usme (39%) con vientos predominantes del oriente y del sur respectivamente y velocidades con velocidades de entre 0,97 m/s a 11,08 m/s siendo más frecuentes las bajas velocidades con poco más del 24% a 31% del mes.



a) Suba

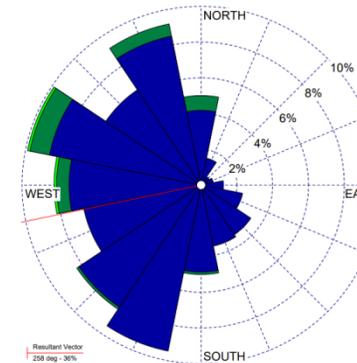
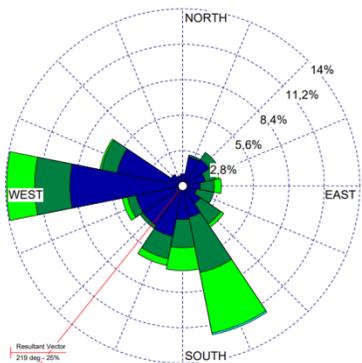
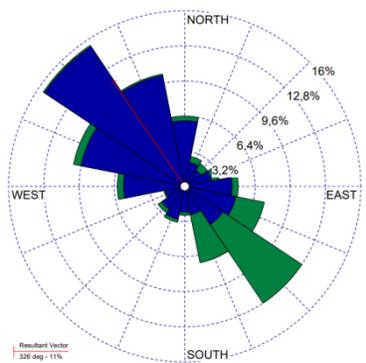
b) Guaymaral



c) Las Ferias

d) CDAR

e) Usaquén



f) Colina

g) Puente Aranda

h) Móvil 7ma

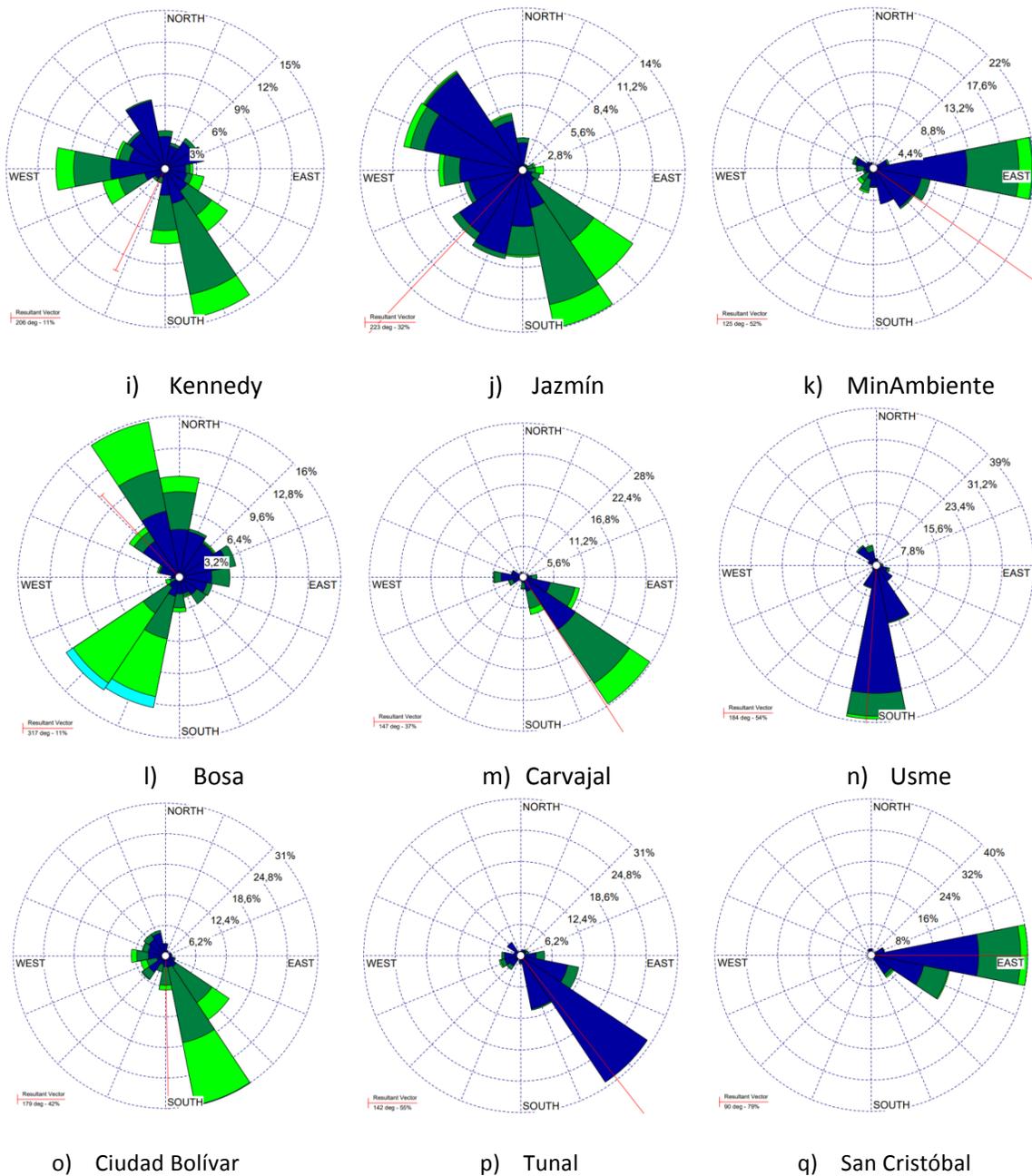


Figura 35. Rosas de los vientos – junio 2021

FIN DEL INFORME



HUGO ENRIQUE SAENZ PULIDO
SUBDIRECCIÓN DE CALIDAD DEL AIRE, AUDITIVA Y VISUAL

(Anexos):

Elaboró:

DAISSY LIZETH ZAMBRANO
BOHORQUEZ

C.C: 1023908909 T.P: N/A

CPS: CONTRATO
20210914 DE
2021

FECHA
EJECUCION:

29/07/2021

Revisó:

LUIS ALVARO HERNANDEZ
GONZALEZ

C.C: 80164122 T.P: N/A

CPS: Contrato SDA-
CPS-20210380
de 2021

FECHA
EJECUCION:

29/07/2021

Aprobó:

Firmó:

HUGO ENRIQUE SAENZ PULIDO

C.C: 79876838 T.P: N/A

CPS: FUNCIONARIO

FECHA
EJECUCION:

30/07/2021