

SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE

Informe Tecnico No. 01659, 03 de junio del 2021





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 de la RMCAB

**Luis Álvaro Hernández González**  
Líder Técnico de la RMCAB

**Leonardo Quiñones Cantor**  
**María Camila Buitrago Jiménez**  
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 36

## 1. RESUMEN

*De acuerdo con lo establecido en la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), en el mes de marzo de 2021 se tuvieron quince (15) excedencias diarias de las concentraciones de material particulado menor a 10 micras  $PM_{10}$  y treinta y cinco (35) excedencias de las concentraciones de material particulado menor a 2.5 micras  $PM_{2.5}$ . En cuanto a las concentraciones de ozono  $O_3$  se registraron siete (7) excedencias en los promedios de 8h de concentración. Para las concentraciones de dióxido de azufre  $SO_2$  se registraron cuatro (4) excedencias 1h, para el dióxido de nitrógeno  $NO_2$  se registraron diez (10) excedencias 1h y para el carbono  $CO$  se registraron catorce (14) excedencias 8h a la normatividad.*

*Durante el mes de marzo no se evidenciaron eventos notables de contaminación atmosférica, a excepción de algunos eventos pequeños de inversión térmica en la segunda semana del mes. Adicionalmente se evidenció un aumento en las concentraciones y en las excedencias de  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  respecto a febrero en la mayoría de las estaciones. En cuanto a los gases se presentó un aumento en las concentraciones de  $O_3$ ,  $NO_2$  y  $CO$  respecto al mes anterior, sin embargo, para  $SO_2$  las concentraciones bajaron en la mayoría de las estaciones.*

*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 incluyen dentro del análisis del informe. En la estación de Colina todos los parámetros tuvieron un porcentaje de representatividad menor al 75%, debido a que, se invalidaron varios datos por excedencia en el nivel establecido de desviación estándar de temperatura interna dentro de la estación, sin embargo, el resto de las estaciones tuvieron un porcentaje de representatividad favorable en la mayoría de los parámetros.*

*Como novedades, el 26 de marzo de 2021 se puso en línea la nueva estación de la RM CAB, denominada Móvil de Fontibón, esta es una estación de tráfico, de tipo móvil y está ubicada en la Carrera 98 No. 16 B – 50 en la estación de policía de Fontibón. Actualmente solo se encuentran en línea los registros de material particulado  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ ; los demás parámetros y variables monitoreados en la estación, se pondrán en línea una vez se completen las validaciones de datos iniciales que garantizan el adecuado funcionamiento de los equipos. El monitoreo en tiempo real de esta y las demás estaciones de la RM CAB podrá ser consultado en la página web <http://rmcab.ambientebogota.gov.co>.*

## 2. INTRODUCCIÓN

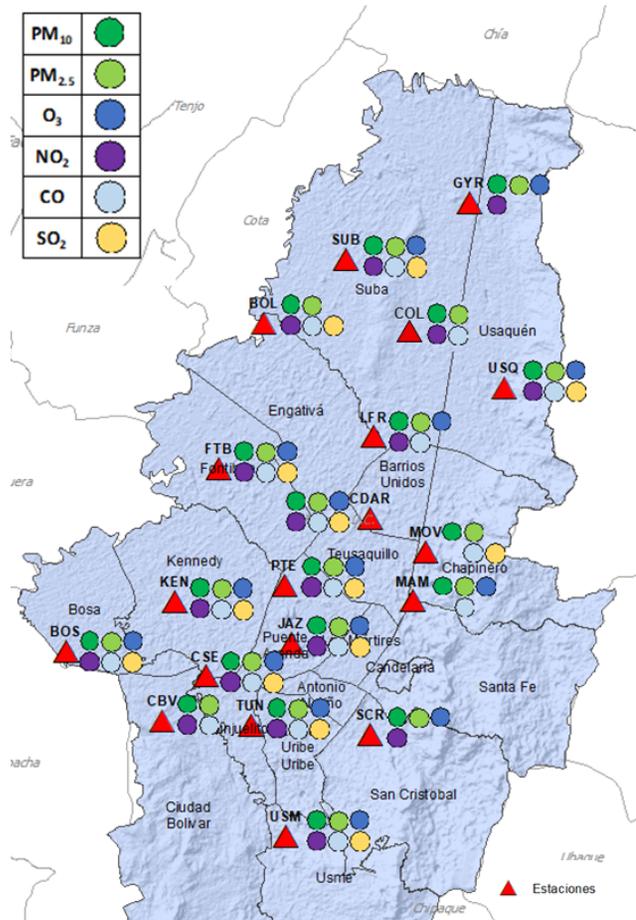


Figura 1. Estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB distribuidas a lo largo y ancho de Bogotá D.C.

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  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $O_3$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$  y  $CO$ , y las variables meteorológicas precipitación, temperatura, presión atmosférica, radiación, solar, velocidad y dirección del viento. La RMCAB está conformada por 19 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 ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $O_3$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$  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 interna 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 marzo de 2021 la temperatura interna osciló entre los 20 y 30°C en la mayoría de las estaciones, sin embargo, en la estación de Fontibón se registraron temperaturas de 32.8°C y en la estación de Colina se alcanzaron los 33.8°C; lo cual corresponde a fallos temporales en los equipos de aire acondicionado en 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 20 y 81% 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 a lo largo de este documento.

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

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

### **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 marzo 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 marzo 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

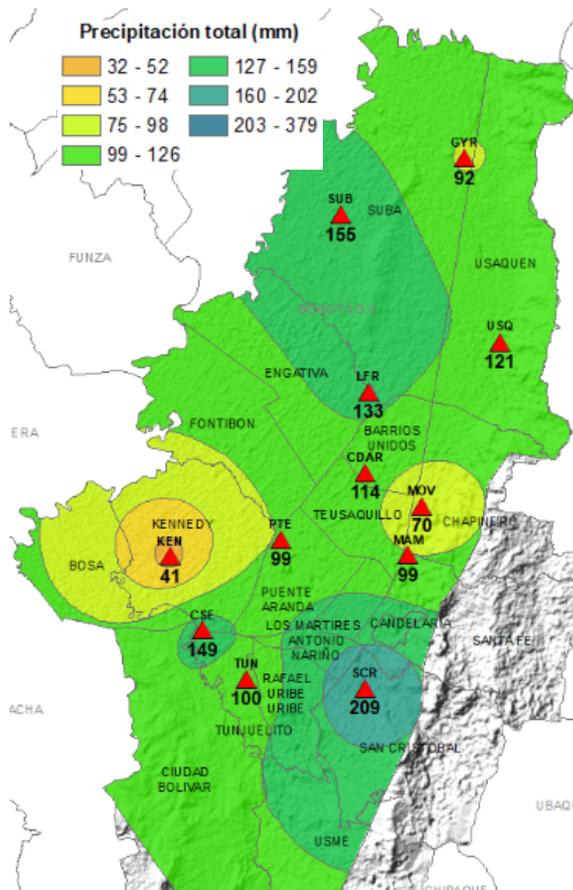


Figura 2. Mapa de la precipitación mensual total (mm) - marzo 2021.

De acuerdo con el ciclo estacional de las lluvias en la ciudad de Bogotá, en marzo de 2021 se presentó un incremento significativo en los acumulados de precipitación, duplicando los totales acumulados respecto del mes anterior en la mayoría de las estaciones de la RMCAB. De acuerdo con los registros, los sectores que recibieron mayores acumulados de precipitación fueron San Cristóbal y Suba seguidos de Carvajal-Sevillana, Las Ferias y Usaquén.

De acuerdo al acumulado de lluvias en cada estación, el número de días con precipitaciones presentó un ligero incremento superando los 20 días, en contraste con el mes de febrero que tuvo un máximo de 17 días en las estaciones Guaymaral y Usaquén. Los eventos de precipitación no contribuyeron en gran medida con la reducción de las concentraciones de contaminantes, dado que en general fueron eventos de baja intensidad, sin embargo, las concentraciones fueron menores a las del mismo mes en años anteriores, en los que no se evidenciaban eventos de precipitación, Ver **Error! Reference source not found.** y **Error! Reference source not found.**

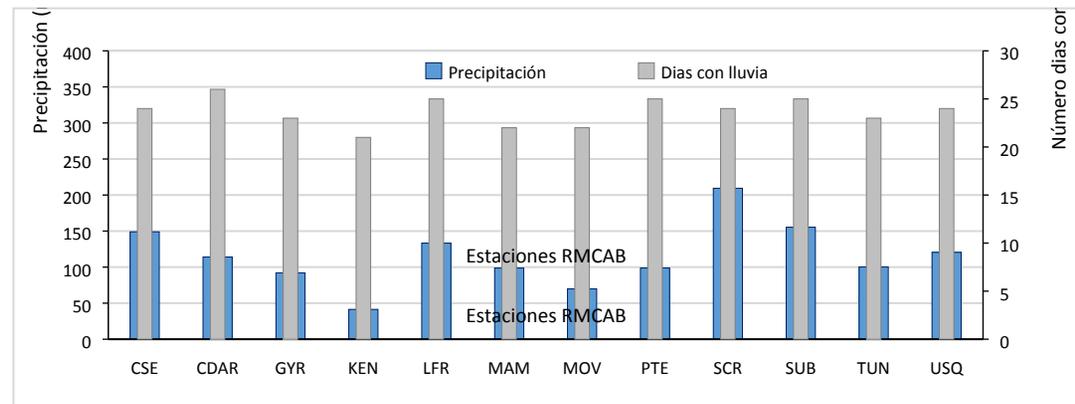


Figura 3. Precipitación media mensual y número de días con precipitación - marzo 2021



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

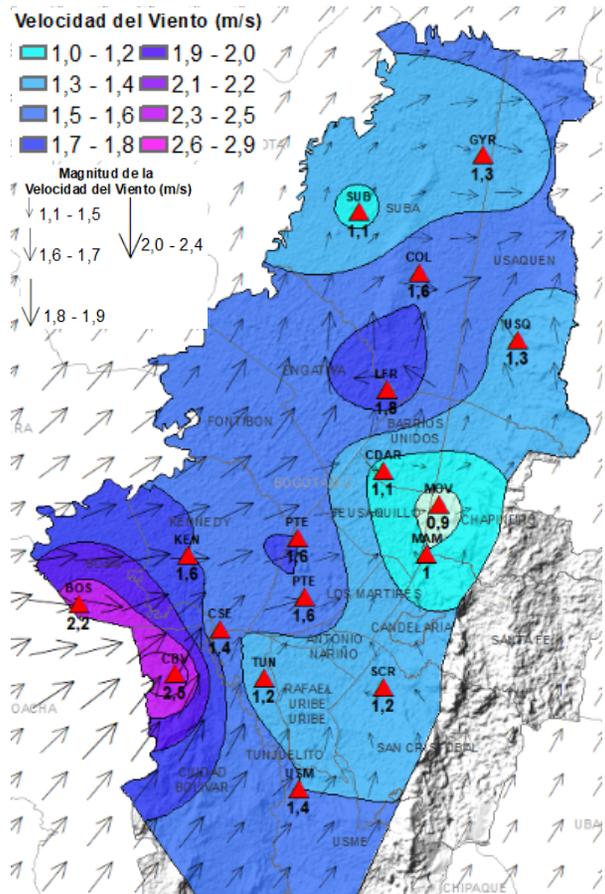


Figura 6. Velocidad promedio (Superficie en colores) y Dirección promedio (Vectores) del Viento de Bogotá con base en la interpolación de Kriging – marzo 2021

El patrón de flujo de los vientos en marzo 2021 se mantuvo semejante al mes anterior, con algunas variaciones de velocidad al suroccidente de la ciudad. En términos generales predominaron los vientos del suroccidente por el flanco occidental los cuales adoptaron una componente sur en el centro de la ciudad desviándose hacia el oriente al norte. Como se observa en la Figura 6, a lo largo de los cerros los vientos presentaron un comportamiento diverso, con predominio de la componente sur. Es posible que debido a la componente sur occidental se hayan presentado incrementos en las concentraciones de material particulado en el flanco oriental en algunos días del mes.

En cuanto a la magnitud de los vientos, su mayor desarrollo se pudo observar hacia el flanco occidental que trascendió hasta el nororiente de la ciudad con velocidades entre 1,6 m/s a 2,6 m/s. Como es frecuente, los vientos con mayor intensidad se presentaron hacia el flanco sur occidental. En cuanto a las velocidades máximas absolutas, estas se presentaron al suroccidente de la ciudad, entre tanto las mínimas absolutas se registraron hacia el centro oriente. (**Error! Reference source not found.**)

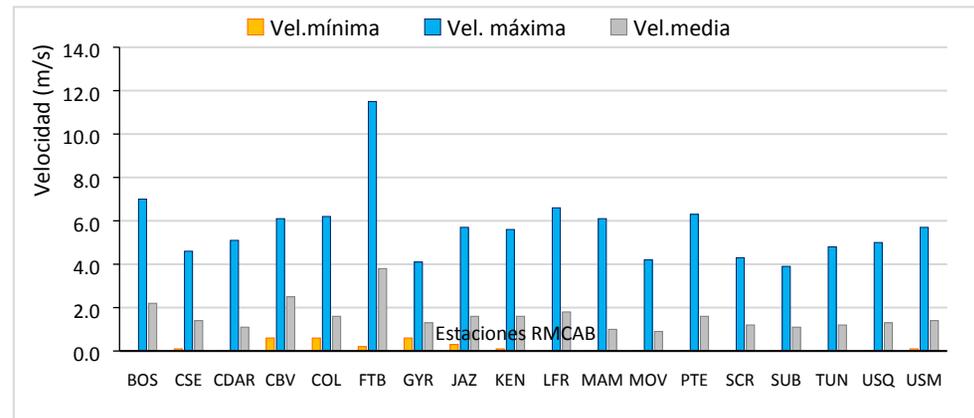


Figura 7. Velocidad del viento media, máxima y mínima absolutas por estación – marzo 2021.

### 3.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE PM<sub>10</sub>

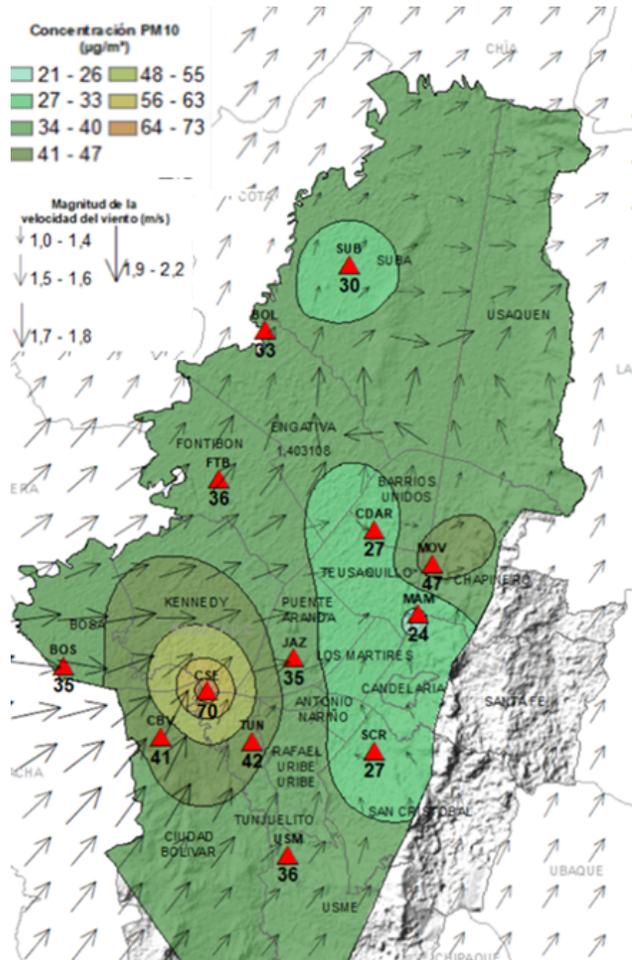


Figura 8. Distribución espacial concentraciones mensuales PM<sub>10</sub> - marzo 2021

Las concentraciones promedio mensuales más altas se presentaron en la zona sur occidente de la ciudad en la estación Carvajal - Sevillana (70,2 µg/m<sup>3</sup>) y en la zona norte en la estación Móvil 7ma (46,6 µg/m<sup>3</sup>), mientras que las menores concentraciones se registraron en la zona centro en la estación MinAmbiente (24,1 µg/m<sup>3</sup>) y en la zona suroriente en la estación San Cristóbal (27,1 µg/m<sup>3</sup>). Las concentraciones máximas diarias más altas para el mes corresponden a 116,6 µg/m<sup>3</sup> en la estación Carvajal – Sevillana y 75,5 µg/m<sup>3</sup> en la estación Móvil 7ma; las cuales sobrepasaron el nivel máximo definido por la norma (75 µg/m<sup>3</sup>). En el mes se registraron en total quince (15) excedencias a la norma diaria: trece (13) en Carvajal – Sevillana, una (1) en Kennedy y una (1) en Móvil 7ma.

Las estaciones Kennedy, Puente Aranda, Guaymaral, Las Ferias y Usaquén no alcanzaron el 75% de representatividad temporal, ya que se presentaron fallos en los monitores de PM<sub>10</sub> y entraron en mantenimiento operativo. La estación Colina, tampoco alcanzó el porcentaje de representatividad temporal mencionado, porque se tuvo que invalidar una cantidad significativa de datos debido a que la desviación estándar de la temperatura interna en la estación excedió el límite permisible.

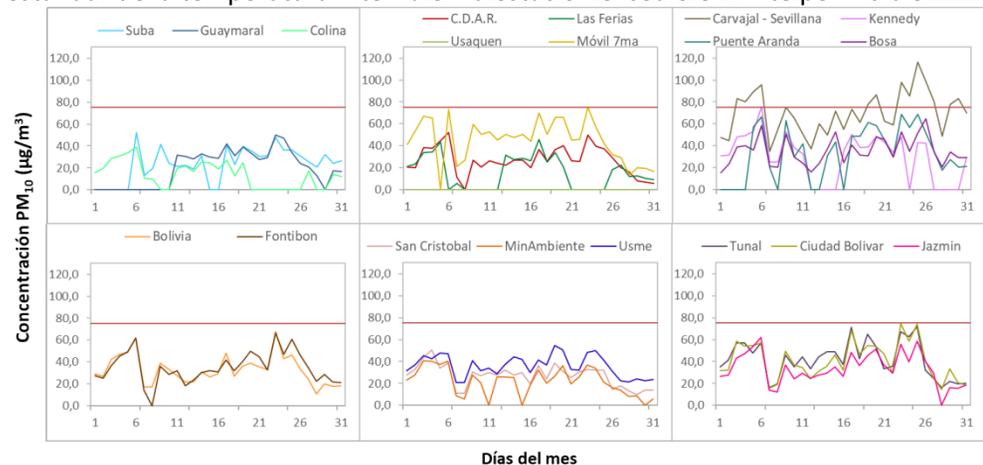


Figura 9. Concentraciones diarias PM<sub>10</sub> por estación de monitoreo - marzo 2021

### 3.3. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE PM<sub>2.5</sub>

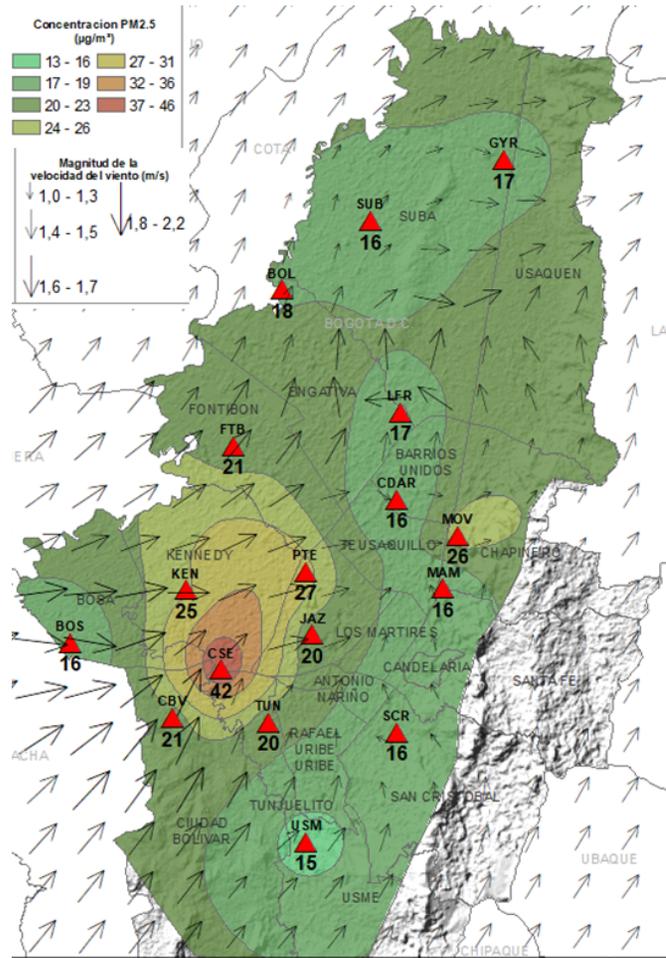


Figura 10. Distribución espacial concentraciones mensuales PM<sub>2.5</sub> - marzo 2021

En este mes, las concentraciones promedio mensuales más altas se presentaron en la zona suroccidente de la ciudad en las estaciones Carvajal – Sevillana (42,0 µg/m<sup>3</sup>) y Puente Aranda (27,5 µg/m<sup>3</sup>), mientras que las menores concentraciones se registraron en la zona suroriente en la estación Usme (14,6 µg/m<sup>3</sup>) y en la zona centro en la estación MinAmbiente (15,9 µg/m<sup>3</sup>). Las concentraciones máximas diarias más altas para el mes corresponden a 66,7 µg/m<sup>3</sup> en la estación Carvajal - Sevillana y 44,5 µg/m<sup>3</sup> en la estación Móvil 7ma, las cuales sobre pasaron el nivel máximo definido por la norma nacional diaria (37 µg/m<sup>3</sup>). Se registraron en total treinta y cinco (35) excedencias sobre la norma diaria: veintidós (22) en Carvajal - Sevillana, seis (6) en Puente Aranda, cinco (5) en Móvil 7ma, una (1) en Kennedy y una (1) en Ciudad Bolívar.

Las estaciones Usaquén y Colina no alcanzaron el 75% de representatividad temporal; en Usaquén se presentaron fallos en el monitor de PM<sub>2.5</sub> y tuvo entrar en mantenimiento operativo y en Colina se tuvo que invalidar una cantidad significativa de datos debido a que la desviación estándar de la temperatura interna en la estación excedió el límite permisible.

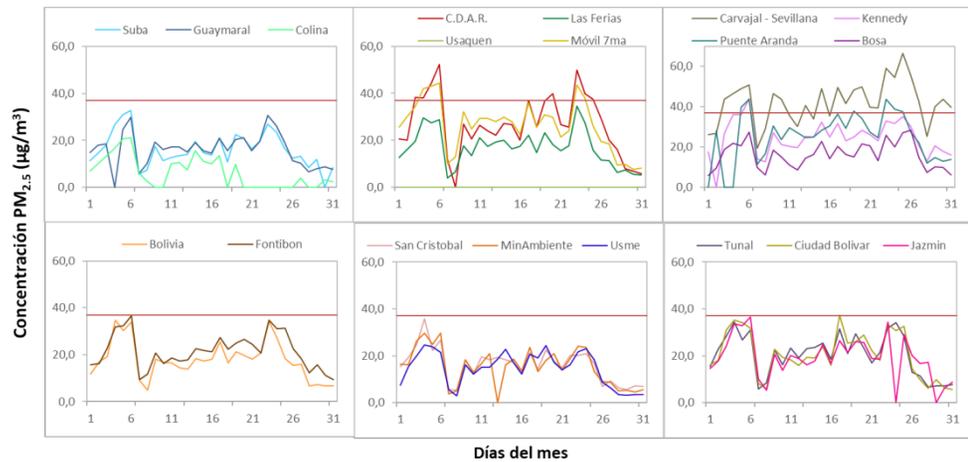


Figura 11. Concentraciones diarias PM<sub>2.5</sub> por estación de monitoreo- marzo 2021

### 3.4 CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS Y EL MATERIAL PARTICULADO

En la Figura 12 se representa la variación diaria en la ciudad de las concentraciones de  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ , precipitación y velocidad del viento durante el mes de marzo 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 8, 21, 28 y 30 de marzo, días en los que se presentan los mayores valores de velocidad del viento y las menores concentraciones de material particulado. Asimismo, las concentraciones de material particulado se incrementaron los días 4, 6 y 23 de marzo, días en los que baja la velocidad del viento. Por otro lado, los días 12, 15 y 23 se presentaron precipitaciones más altas que el resto del mes, el 12 se evidencia una disminución del material particulado, que además coincide con el aumento de velocidad del viento, sin embargo, los otros dos días no se presentó disminución de las concentraciones de material particulado, probablemente debido a que, aunque se presentaron cantidades significativas de lluvia, corresponden a eventos de baja intensidad, además de los valores bajos de velocidad del viento que en esos días, no contribuyeron a la dispersión de estos contaminantes.

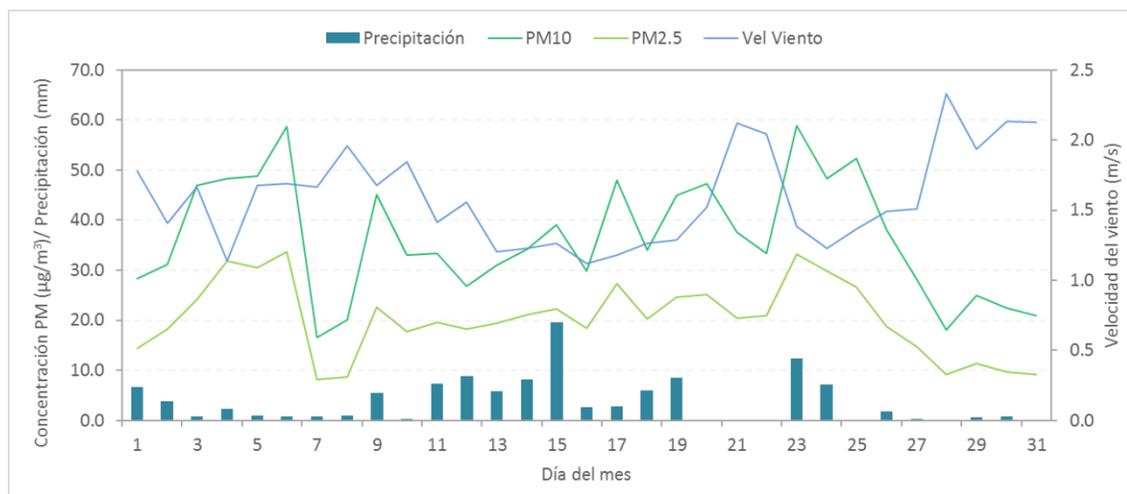


Figura 12. Promedio de concentración  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ , precipitación y velocidad del viento a nivel ciudad - marzo 2021

Cabe resaltar que dichas variaciones dependen del comportamiento de las variables meteorológicas según la época del año, ya que en periodo seco (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 las Figuras 13 y 14, se observa la comparación del comportamiento horario durante el mes de marzo 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 es más baja, y asimismo la velocidad del viento también es más baja y la atmósfera más estable. Como ejemplo de lo anterior, este comportamiento se observa en la Figura 13 correspondiente a la estación Tunal el 5, el 6 y el 25 de marzo y en la Figura 14 correspondiente a la estación de Guaymaral el 2, el 20 y el 24 de marzo.

## TUNAL

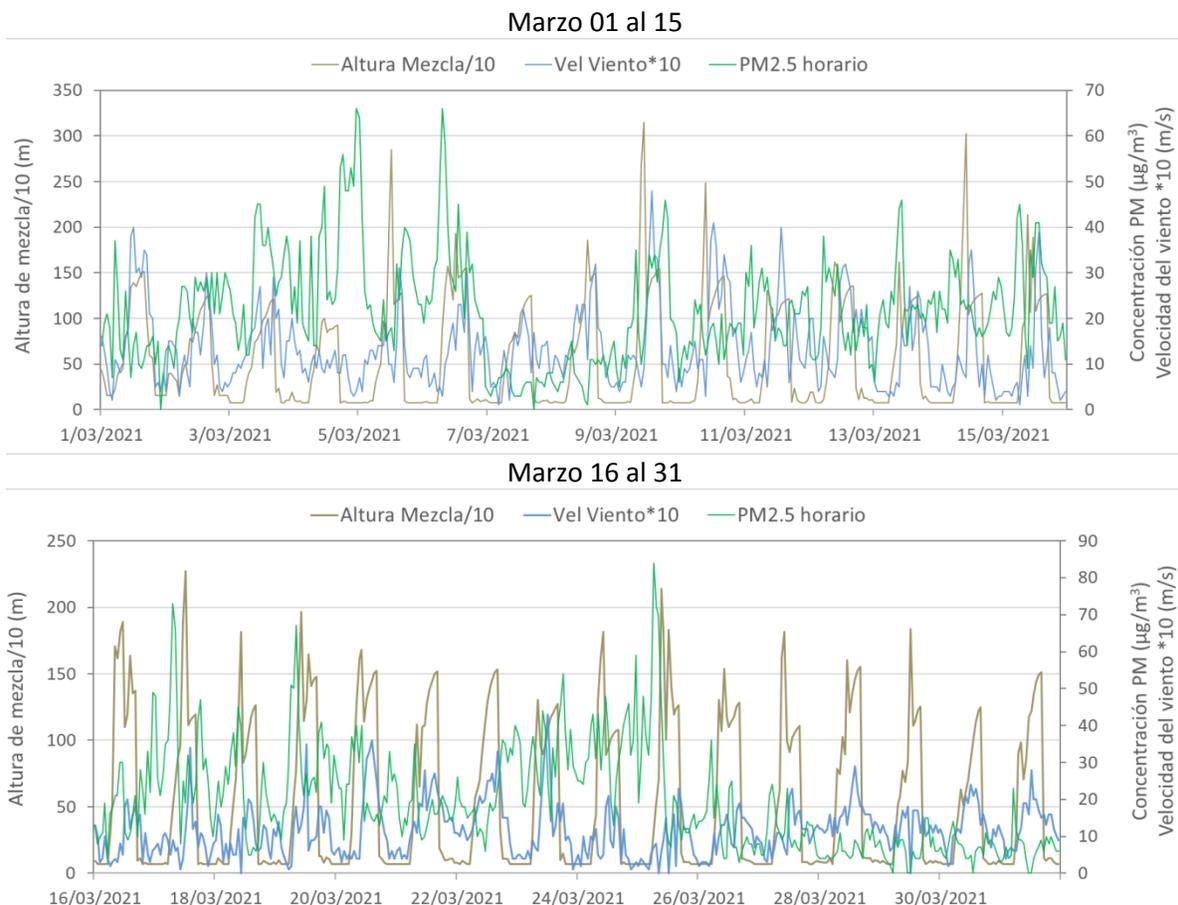
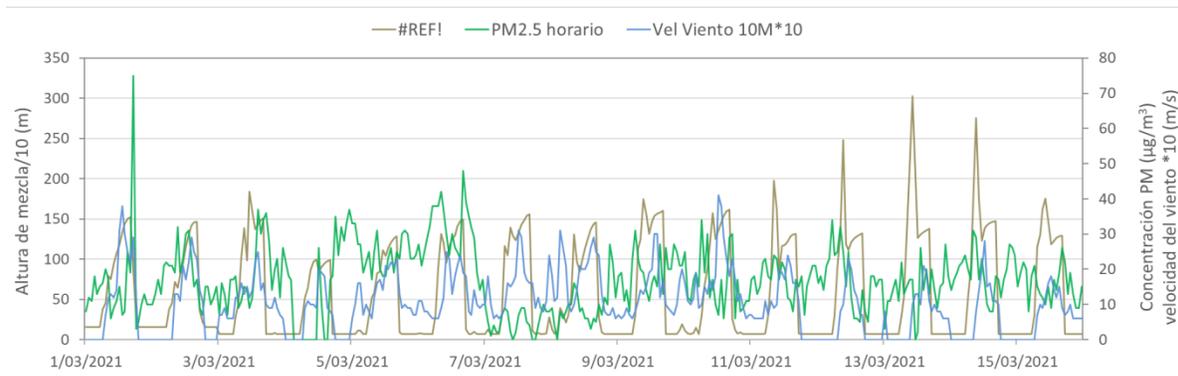


Figura 13. Comparación altura de mezcla, concentraciones PM2.5 y velocidad del viento estación Tunal - Marzo 2021

**GUAYMARAL**

Marzo 01 al 15



Marzo 16 al 31

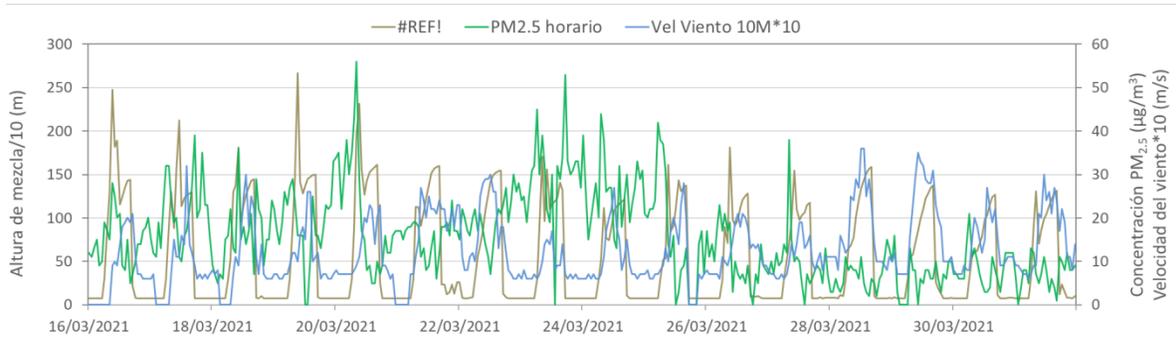


Figura 14. Comparación altura de mezcla, concentraciones  $PM_{2.5}$  y velocidad del viento estación Guaymaral Marzo 2021

### 3.5. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LAS CONCENTRACIONES DE BLACK CARBON

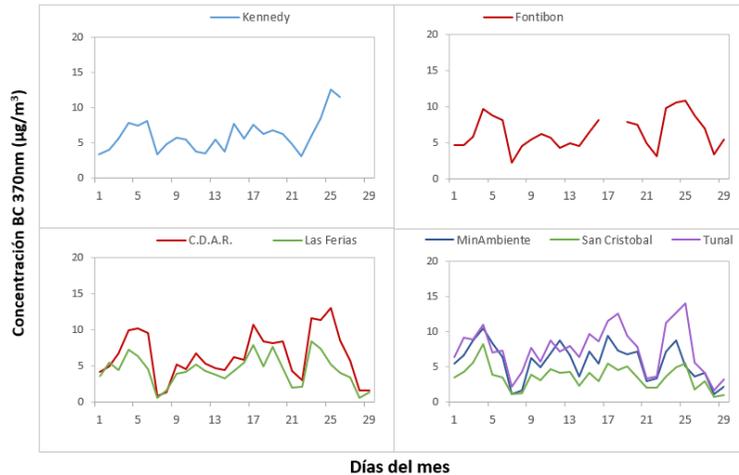


Figura 15. Comportamiento de las concentraciones diarias de longitud de onda 370 nm - marzo de 2021

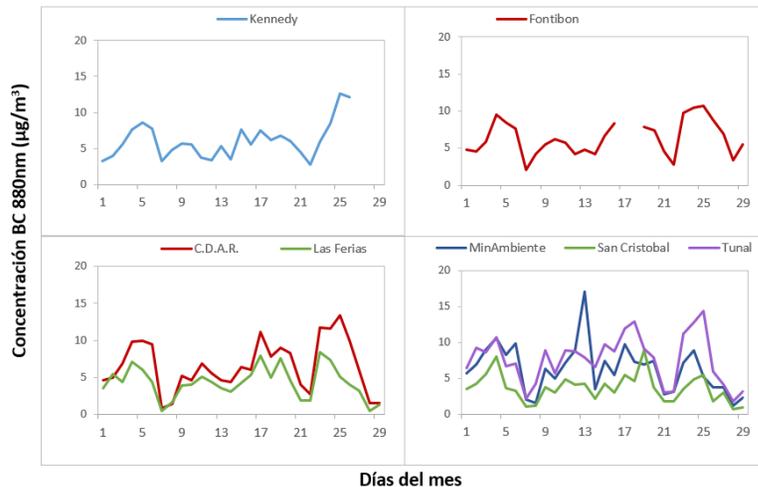


Figura 16. Comportamiento de las concentraciones diarias de longitud de onda 880 nm - marzo de 2021

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  $\mu\text{m}$ . 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 marzo el promedio mensual más alto se presentó en la zona suroccidental de la ciudad, en la estación Tunal con 7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Por otro lado, las menores concentraciones se registraron en la zona Suroriental en la estación San Cristóbal con 3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Las concentraciones máximas diarias más altas se presentaron en la estación Tunal con 49  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Estas concentraciones fueron más altas en comparación con el mes anterior, ya que hacia mediados del mes de marzo se levantaron las medidas restrictivas para las actividades económicas declaradas por la pandemia por COVID-19. Adicionalmente la estación Carvajal – Sevillana no registró datos en el mes debido a que la cinta de muestreo se terminó y se ha dificultado el ingreso a la estación para reemplazarla.

En la Figura 15 y la Figura 16 presenta las concentraciones promedio diarias de las longitudes de onda 370 y 880nm. De acuerdo con la ubicación y su comportamiento, las concentraciones más altas se presentaron durante la tercera y cuarta semana del mes superando los 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en estaciones como Kennedy, Centro de Alto Rendimiento, MinAmbiente y Tunal; la estación MinAmbiente presenta un incremento en las concentraciones de Black Carbon durante la segunda semana del mes que superó los 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Por otro lado, las estaciones Las Ferias y San Cristóbal presentaron las menores concentraciones a lo largo del mes con valores máximos de 8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  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 BIOMASA

Para el cálculo del BC biomasa se aplicó la metodología propuesta por (Sandradewi, y otros, 2008), en la cual se toman 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.

En la **Error! Reference source not found.** se puede observar la distribución espacial de incendios para todo el mes de marzo, con una zona altamente activa en Colombia, los incendios se distribuyen a lo largo de la cuenca de la Orinoquia colombo venezolana, con una alta densidad de incendios activos; adicionalmente, en la Figura 18 se muestra el número de eventos o puntos calientes ocurridos diariamente e identificados por el sensor MODIS durante el mes, en donde se evidencia que durante la primera y tercera semana del mes se vio un aumento en el número de eventos.

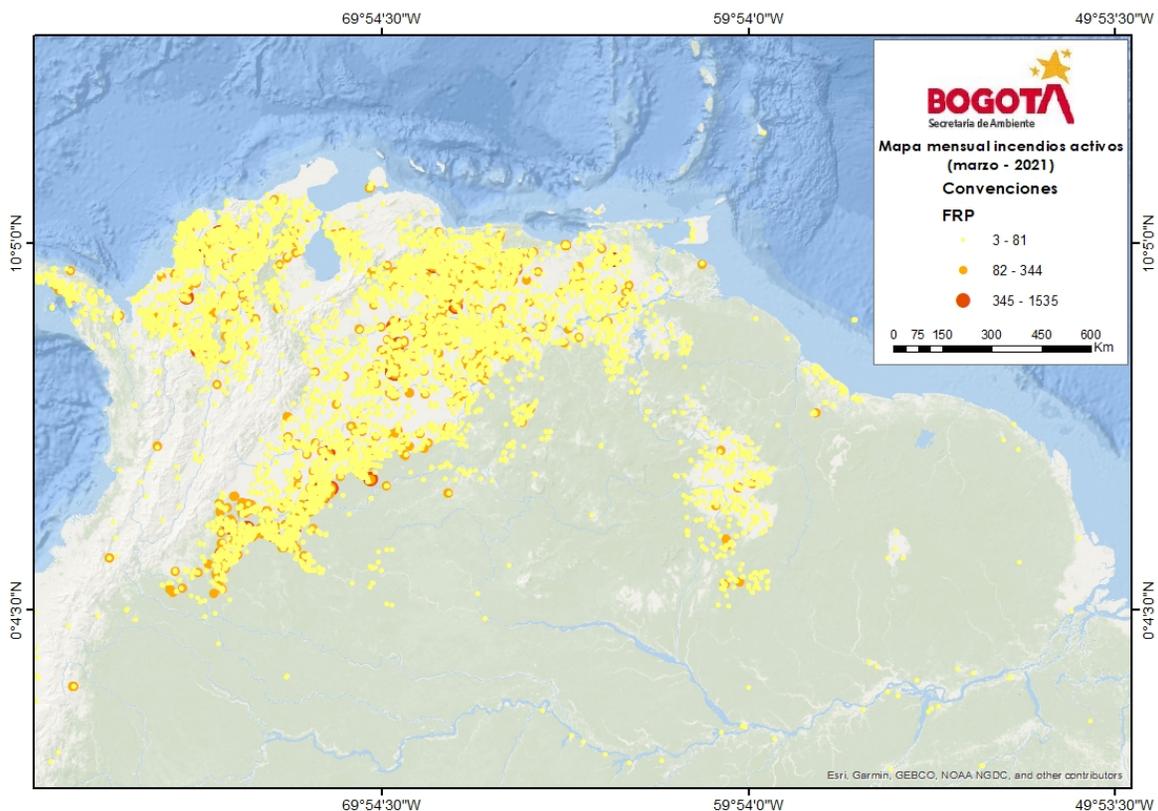


Figura 17. Distribución espacial de incendios activos identificados por el sensor MODIS - marzo 2021

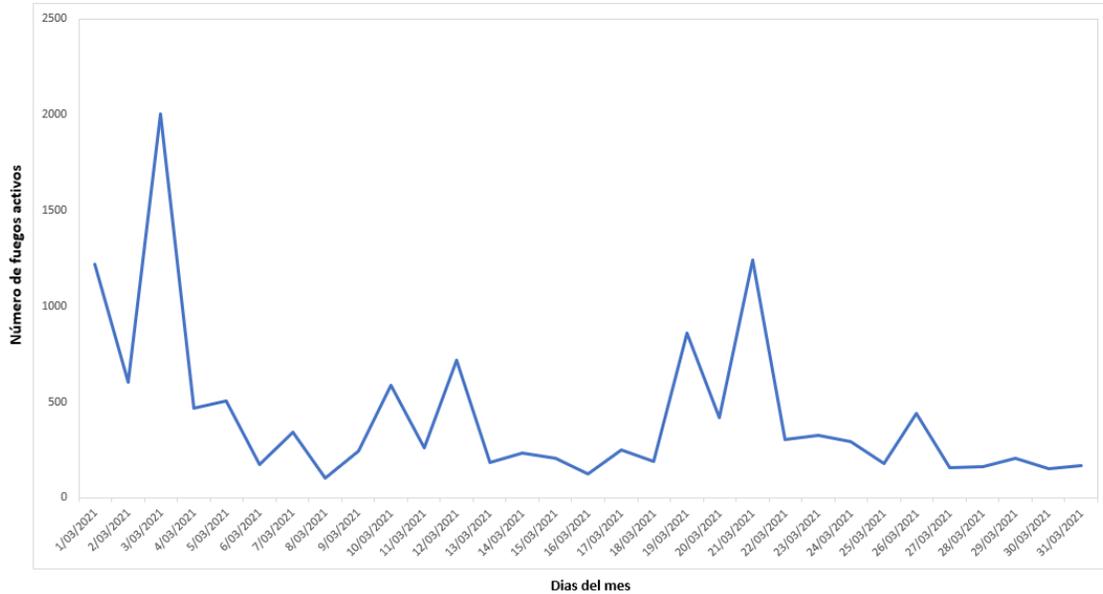


Figura 18. Serie temporal de BC biomasa e incendios identificados por el sensor MODIS - marzo 2021

La Figura 19 muestra el comportamiento temporal del porcentaje de quema de biomasa, se reflejan solo 7 estaciones debido a que la estación Carvajal – Sevillana cuenta con problemas de acceso. Las concentraciones de quema de biomasa en la ciudad reflejan un impacto significativo en estaciones como Centro de Alto Rendimiento, Las Ferias, Min Ambiente y San Cristóbal para los días 18, 22 y 28 de marzo. Estos picos pueden estar relacionados a partir de la ocurrencia de incendios en la zona oriental del país. Finalmente se puede concluir que en el mes de marzo hubo un impacto menor en el transporte regional, sin embargo, se evidencia un impacto local menor por la contaminación producida a causa de los incendios en el oriente del país.

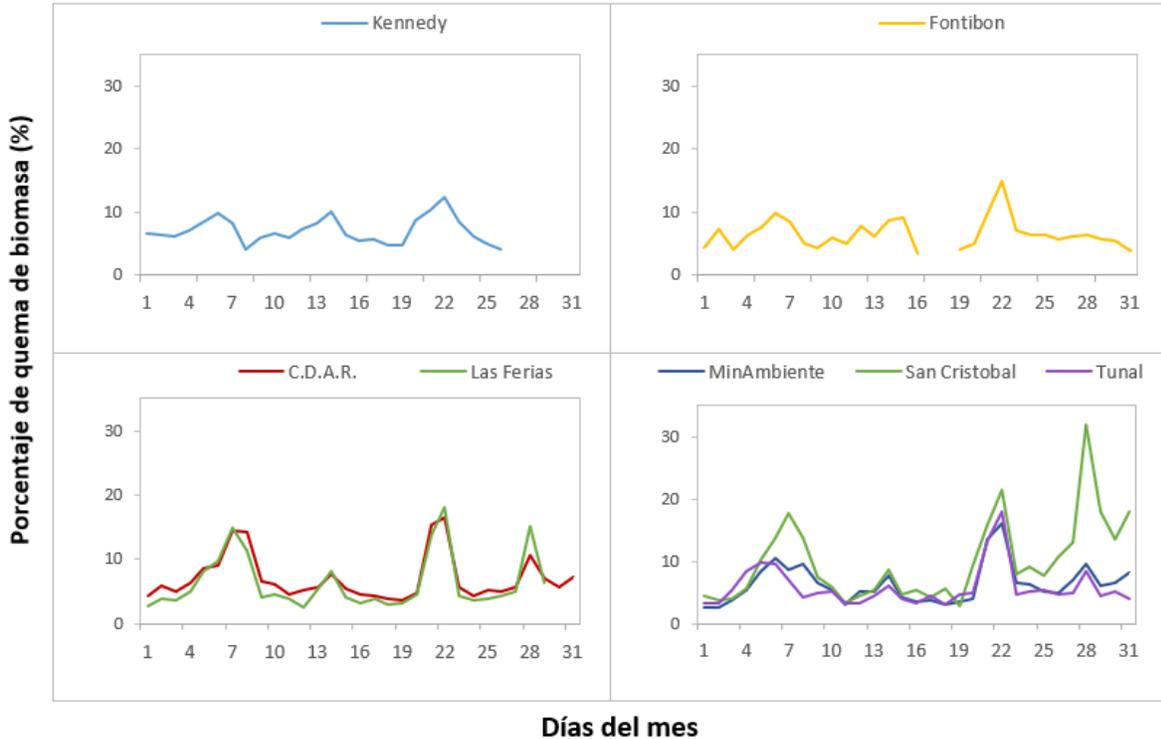


Figura 19. Serie temporal del porcentaje de quema biomasa (BBP) para marzo de 2021

### 3.6. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE $O_3$ , $SO_2$ , $NO_2$ , $CO$ .

En la Figura 20 se observan las concentraciones promedio mensuales registradas en las estaciones de la RMCAB para el mes de marzo 2021; los valores promedio más altos de  $SO_2$  y  $CO$ , gases asociados a la combustión, fueron registrados en la estación Carvajal-Sevillana, mientras que los promedios más altos de  $O_3$  y  $NO_2$  se evidenciaron en las estaciones Kennedy ( $O_3$ ) y Tunal ( $NO_2$ ), siendo la zona suroccidental de la ciudad la que tuvo más incidencia de gases criterio en el mes.

Por otro lado, se registraron siete (7) excedencias al nivel máximo permisible de ozono ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para datos 8 horas) en la estación Kennedy, asimismo, se registraron diez (10) excedencias al nivel permisible de  $NO_2$  ( $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para datos horarios) en la estación Tunal, también se registraron cuatro (4) excedencias al nivel permisible de  $SO_2$  ( $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para datos horarios) en la estación

Carvajal – Sevillana y se registraron catorce (14) excedencias al nivel permisible de CO (5000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para datos 8h) en la estación Carvajal - Sevillana. No se registraron excedencias al nivel permisible de SO<sub>2</sub> (50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para datos 24h), ni para el nivel permisible de CO (35000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para datos 1 hora).

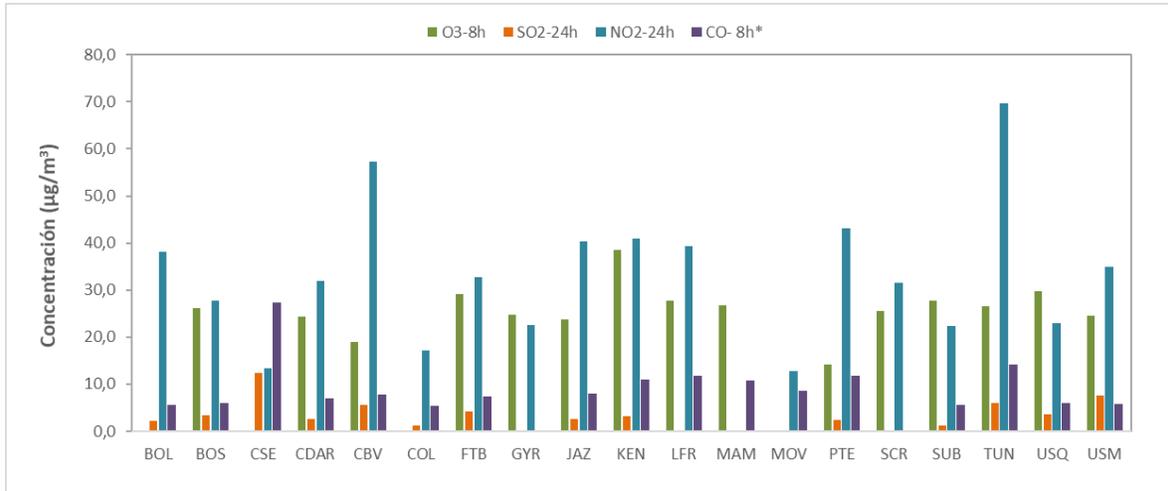


Figura 20. Concentraciones mensuales de gases (O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y CO) por estación de monitoreo - marzo 2021

\*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 - O<sub>3</sub>

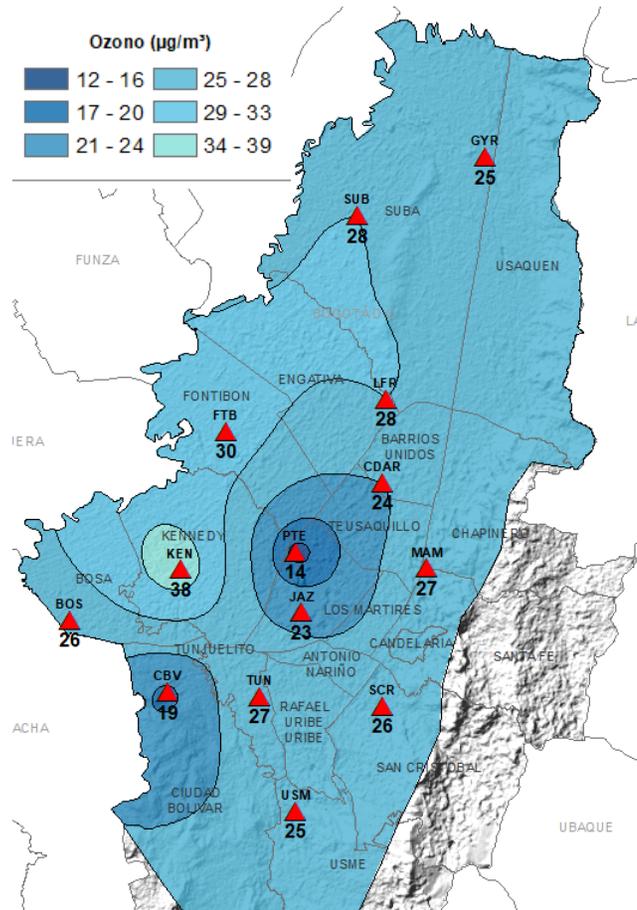
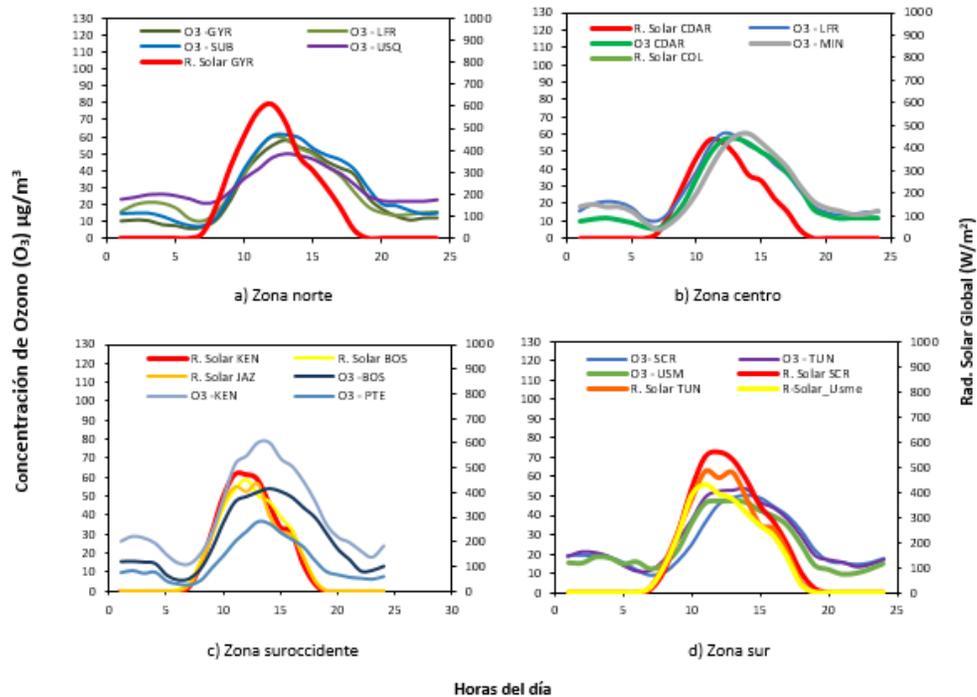


Figura 21. Distribución espacial concentraciones mensuales O<sub>3</sub> - marzo 2021

En el mapa de la Figura 20, se representa la distribución espacial de las concentraciones promedio mensuales de O<sub>3</sub> con base en datos media móvil 8h para el mes de marzo de 2021. Se observa que las concentraciones más altas predominan en la zona suroccidental y norte de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Kennedy y Usaquén, con 38,442 y 29,840 µg/m<sup>3</sup> respectivamente. Las concentraciones más bajas se evidencian al suroccidente y sur de la ciudad, en la zona de influencia de las estaciones Puente Aranda y Ciudad Bolívar.

Las estaciones Carvajal – Sevillana, Bolivia y Móvil 7ma no alcanzaron el 75% de representatividad temporal, por lo tanto, no se tienen en cuenta para el análisis de este contaminante y se toman los valores como indicativos. En los analizadores de estas estaciones se presentaron fallos, por lo cual los datos fueron invalidados y los analizadores tuvieron que ser puestos en mantenimiento operativo.

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



Con el incremento de las lluvias, la cantidad de radiación solar entrante se redujo en gran parte de la ciudad. Nótese que en la zona suroriental (donde se registran usualmente altos niveles de radiación solar) se presentó una reducción significativa consistentemente con los registros de precipitación de la estación de San Cristóbal.

Asimismo, se observó una ligera reducción en las concentraciones de ozono, principalmente en las estaciones Puente Aranda y Usaquén. Las altas concentraciones horarias registradas en Kennedy del orden de los 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pueden obedecer a procesos de transporte toda vez que no son consistentes con la cantidad de radiación entrante la cual en promedio no superó los 500  $\text{W}/\text{m}^2$ . Ver **Error! Reference source not found..**

Figura 22. Comportamiento horario de las concentraciones de  $\text{O}_3$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y su relación con la Radiación Solar entrante ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) - marzo 2021. a) zona norte, b) zona centro, c) zona suroccidente y d) zona sur

### 3.6.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE DIÓXIDO DE AZUFRE – SO<sub>2</sub>

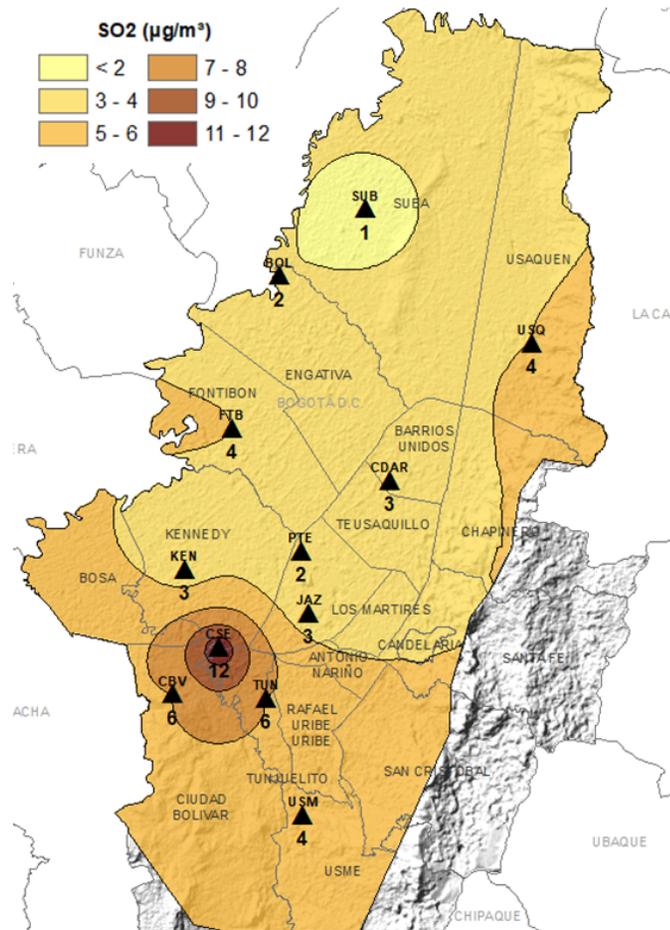


Figura 23. Distribución espacial concentraciones mensuales SO<sub>2</sub> - marzo 2021

En el mapa de la Figura 22 se representa la distribución espacial de las concentraciones promedio mensuales de SO<sub>2</sub> con base en promedios 24h para el mes de marzo de 2021. Se observa que las concentraciones más altas predominan en la zona suroccidente y sur de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Carvajal – Sevillana, Tunal y Ciudad Bolívar, siendo el promedio registrado en Carvajal-Sevillana el más elevado de la ciudad (12.4 µg/m<sup>3</sup>). Las concentraciones más bajas se evidencian en la zona nororiental, especialmente en la zona de influencia de la estación Suba.

Las estaciones Bosa, Móvil 7ma y MinAmbiente no alcanzaron el 75% de representatividad temporal, ya que se presentaron fallos en los analizadores y entraron en mantenimiento operativo, por lo tanto, no se tienen en cuenta para el análisis de este contaminante y se toman los valores como indicativos. La estación Colina, tampoco alcanzó el porcentaje de representatividad temporal mencionado, porque se tuvo que invalidar una cantidad significativa de datos debido a que la desviación estándar de la temperatura interna en la estación excedió el límite permisible.



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

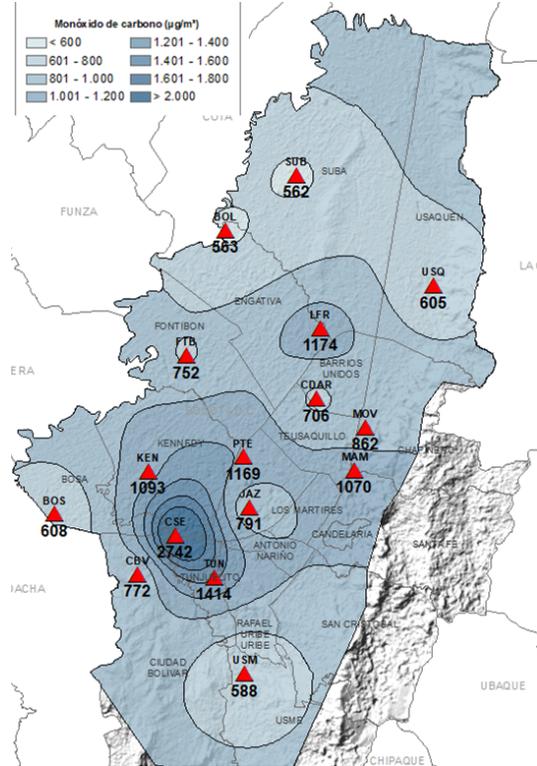


Figura 25. Distribución espacial concentraciones mensuales CO - marzo 2021

En el mapa de la Figura 24 se representa la distribución espacial de las concentraciones promedio mensuales de CO con base en datos media móvil 8h para el mes de marzo de 2021. Se observa que las concentraciones más altas predominan en las zonas suroccidental y sur de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Carvajal – Sevillana y Tunal, las cuales registraron promedios de 2741.8 y 1414.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente. Las concentraciones más bajas se evidencian en la zona noroccidental de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Suba y Bolivia.

La estación Colina no alcanzó el 75% de representatividad temporal, ya que se tuvo que invalidar una cantidad significativa de datos debido a que la desviación estándar de la temperatura interna en la estación excedió el límite permisible.

### 3.7. INDICE BOGOTANO DE CALIDAD DEL AIRE (IBOCA)

El Índice Bogotano de Calidad de Aire, IBOCA, adoptado mediante la Resolución Conjunta 2410 de 2015, es un indicador multipropósito adimensional, calculado a partir de las concentraciones de contaminantes atmosféricos que indican el estado de la calidad del aire y que se basa en el contaminante que presenta la mayor afectación a la salud en un momento determinado, sin embargo, puede ser calculada para cada contaminante prioritario con el fin de establecer la importancia en términos de afectación para cada uno.

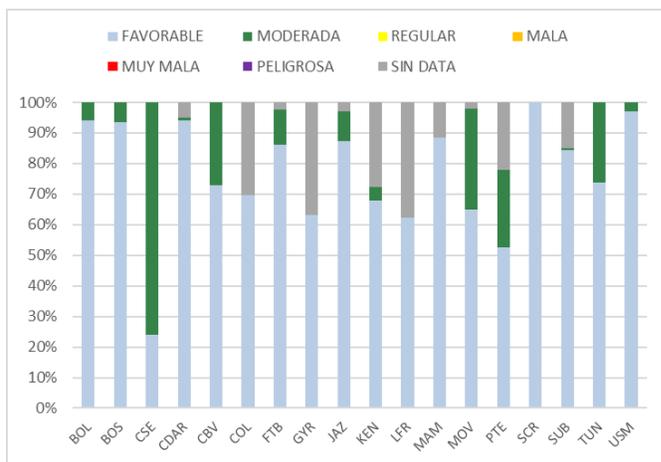


Figura 26. IBOCA para PM<sub>10</sub> por estación - marzo 2021

La Figura 25 muestra el comportamiento del IBOCA para los promedios móviles de las concentraciones 24 horas de PM<sub>10</sub> por estación de monitoreo registrados en el mes de marzo 2021. Se observa que la condición “favorable” predominó en todas las estaciones, a excepción de Carvajal-Sevillana, que registró la condición “moderada” durante un 76% del mes. Las estaciones Ciudad Bolívar, Móvil 7ma, Puente Aranda y Tunal también registraron la condición moderada en un porcentaje considerable, entre un 25 y 33% del periodo.

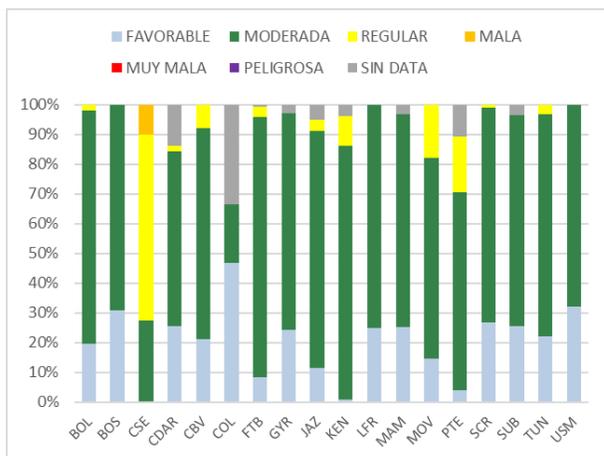


Figura 27. IBOCA para PM<sub>2.5</sub> por estación - marzo 2021

La **Error! Reference source not found.** muestra el comportamiento del IBOCA para los promedios móviles de las concentraciones 24 horas de PM<sub>2.5</sub> en cada estación de monitoreo. Se observa que en el mes de marzo 2021 predominó la condición “moderada” en la mayoría de las estaciones. La estación Carvajal-Sevillana presentó la condición “regular” en un 63% del mes, y la condición “mala” en un 10%”. La condición “regular”. También se observó en proporción notable en las estaciones Ciudad Bolívar, Kennedy, Móvil 7ma y Puente Aranda, en un porcentaje entre 8 y 19%.

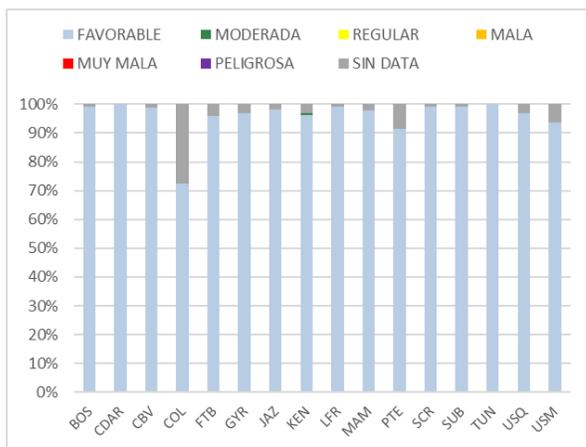


Figura 28. IBOCA para O<sub>3</sub> por estación - marzo 2021

La **Error! Reference source not found.** muestra el comportamiento del IBOCA para los promedios móviles de las concentraciones 8 horas de O<sub>3</sub> en cada una de las estaciones de monitoreo para el mes de marzo 2021. Se observa que la categoría “favorable” predomina durante todo el mes en las estaciones de la RMCAB. Las estaciones Puente Aranda y Colina registraron el mayor porcentaje de datos no representativos, con 8 y 28% respectivamente

### 3.8. EVENTOS DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

En la Figura 29 se observan las concentraciones de PM<sub>2.5</sub> media móvil 24 horas registradas en las estaciones de la RMCAB durante el mes de marzo de 2021. Se observa que en la zona suroccidente se registraron las concentraciones más altas de PM<sub>2.5</sub> en la ciudad, por lo cual la calidad del aire estuvo en condición “regular” por mayor tiempo en comparación a las demás zonas de la ciudad. La estación Móvil 7ma en el centro-orienté también registró la condición “regular” en la primera y la tercera semana del mes. En las demás zonas de la ciudad predominó la condición “moderada” durante la mayor parte del mes.

En la segunda semana del mes se observó un notable descenso de las concentraciones de PM<sub>2.5</sub>, con lo cual permanecieron en condición “favorable” la mayoría de las estaciones durante los días 7, 8 y 9 de marzo, lo cual pudo haber sido causado por aumentos en la velocidad del viento en horas de la mañana, lo cual influyó en el horario de mayores emisiones atmosféricas. Asimismo, dichas fechas coincidieron con horario de fin de semana, con lo cual las emisiones son menores a las de un día entre semana. Del mismo modo se registraron bajas concentraciones de material particulado en los últimos días del mes, por la influencia de algunos eventos de precipitación y aumento sostenido de la velocidad del viento.

Durante el mes de marzo se eliminaron varias restricciones en el marco de las medidas contra el contagio del COVID-19, debido a que se registró un notable descenso de los casos respecto a la situación presentada al inicio del año, por lo cual se restablecieron varios servicios, establecimientos comerciales e instituciones educativas.

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

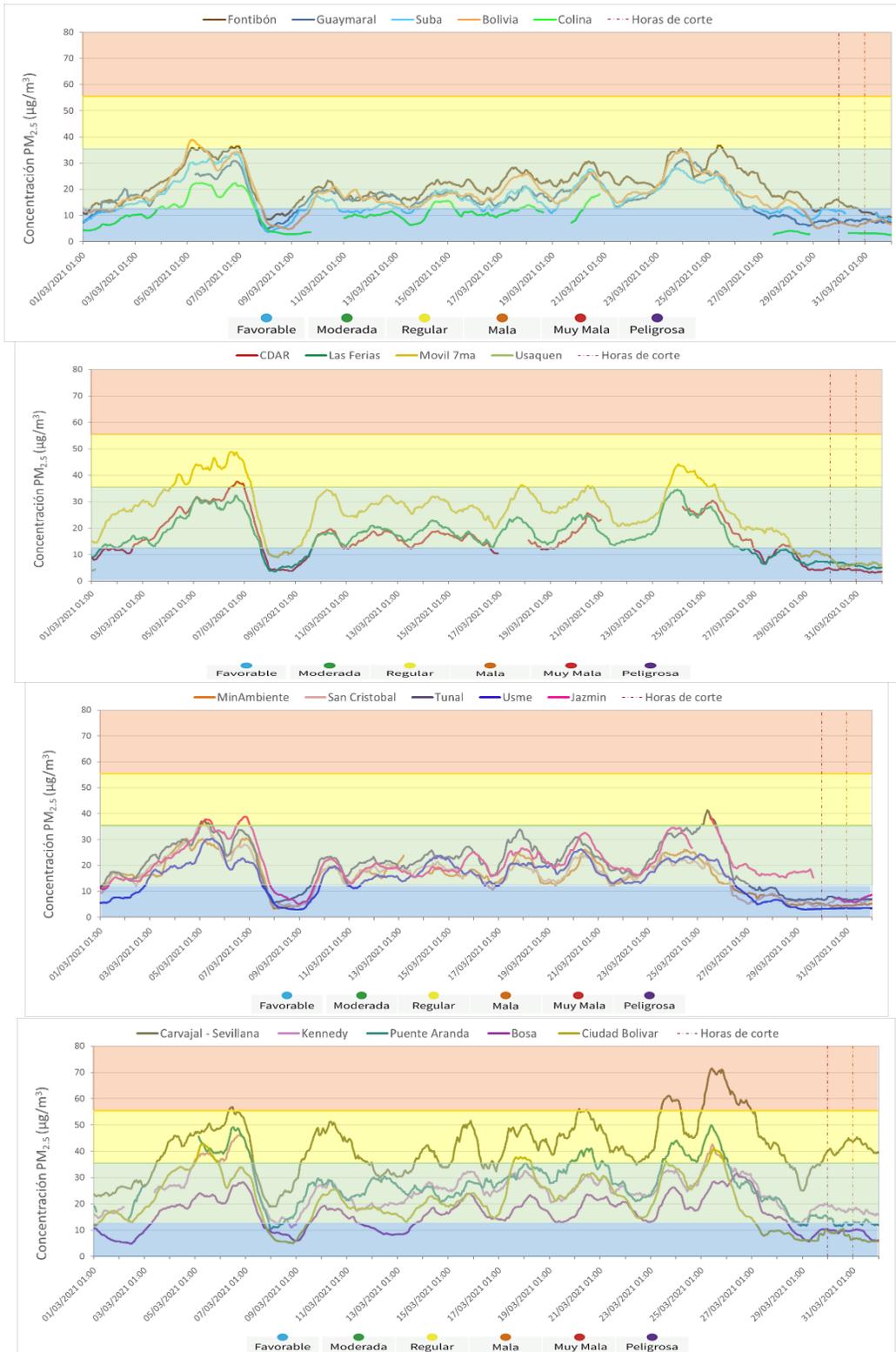


Figura 29. Concentraciones media móvil 24 h PM<sub>2.5</sub> Marzo 2021

En la Figura 30 se puede observar el comportamiento de la contaminación atmosférica en la mañana y en la tarde del día 09 de marzo en la zona suroccidental de la ciudad. Aunque las concentraciones más altas de material particulado fueron más elevadas en la cuarta semana del mes, en este día se observó de manera más evidente la contaminación debido a que la mañana estuvo más despejada y hubo bajas velocidades del viento en la madrugada, pues la mayoría de las mañanas amanecieron nubladas y no fue tan evidente la acumulación de las concentraciones. En horas de la tarde la contaminación se dispersó, el cielo se tornó nublado y se registraron precipitaciones de baja intensidad.



Figura 30. Fotografía del occidente de la ciudad mañana y tarde. Marzo 09 de 2021

#### 4. CONCLUSIONES

- Los mayores acumulados de precipitación se registraron en Suba y San Cristóbal, con valores mayores a los 155 mm. Los valores registrados durante marzo fueron mayores a los del mes anterior y el mismo mes del año anterior.
- La temperatura superficial se incrementó respecto al mes anterior, siendo el registro de Móvil 7ma el más elevado de la ciudad. Además, se registraron temperaturas mínimas más altas, ya que la ITZC influyó en el aumento de nubosidad en el mes.
- En marzo de 2021 predominaron los vientos provenientes del suroccidente, y en esta zona se registraron las mayores velocidades promedio, entre 2.2 y 2.5 m/s, y en la zona occidental se registraron los máximos absolutos, con velocidades mayores a los 7 m/s.
- Las concentraciones de material particulado fueron mayores a las del mes anterior, pero menores a la del mismo mes en años anteriores, por los cambios en el comportamiento de la meteorología. Se registraron 15 excedencias de PM<sub>10</sub> y 35 excedencias de PM<sub>2.5</sub>.
- Las mayores concentraciones de black carbon se registraron al sur de la ciudad en la estación Tunal, con 7 µg/m<sup>3</sup>. El aporte de black carbon por quema de biomasa fue más evidente en los primeros días del mes y en la tercera semana.
- Las concentraciones de gases asociadas a la combustión (SO<sub>2</sub> y CO) fueron más altas en Carvajal-Sevillana, y los gases O<sub>3</sub> y NO<sub>2</sub> en Kennedy y Tunal respectivamente. Se registraron 7 excedencias octohorarias de O<sub>3</sub>, 10 excedencias horarias de NO<sub>2</sub>, 4 excedencias horarias de SO<sub>2</sub> y 14 excedencias octohorarias de CO.



ALCALDÍA MAYOR  
DE BOGOTÁ D.C.

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 – RM CAB

- Con relación al índice IBOCA para el contaminante  $PM_{2.5}$ , se registraron principalmente concentraciones en la condición “moderada”, aunque la estación Carvajal-Sevillana registró un 63% de datos en la condición “regular”, siendo la estación más afectada por la contribución de emisiones por fuentes móviles.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- U. (Febrero 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](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](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.



## 6.2. 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 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 <sub>10</sub>	Atenuación por Radiación Beta	EQPM-0798-122	J
		EQPM-0404-151	
PM <sub>2.5</sub>	Atenuación por Radiación Beta	EQPM-0308-170	L
		EQPM-1013-211	
O <sub>3</sub>	Espectrofotometría de Absorción en el Ultravioleta	EQOA-0992-087	D
		EQOA-0193-091	
NO <sub>2</sub>	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 <sub>2</sub>	Fluorescencia Pulsante en el Ultravioleta	EQSA-0495-100	A-1
		EQSA-0486-060	

### 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 31 de marzo 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  $\text{mg}/\text{m}^3$  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 <sub>2</sub>	2,6186	ppb a $\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO <sub>2</sub>	1,8804	ppb a $\mu\text{g}/\text{m}^3$
O <sub>3</sub>	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]

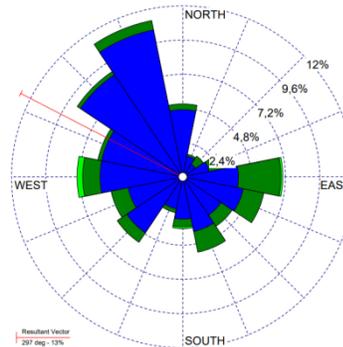
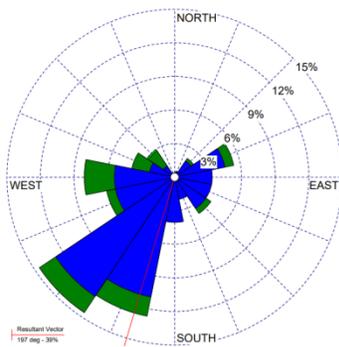
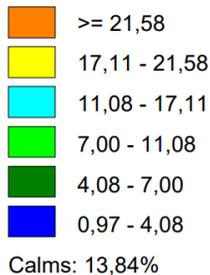
P: presión atmosférica [Pa]

R: constante universal de los gases ideales =

T: temperatura absoluta [K]

#### 6.4. ROSAS DE LOS VIENTOS

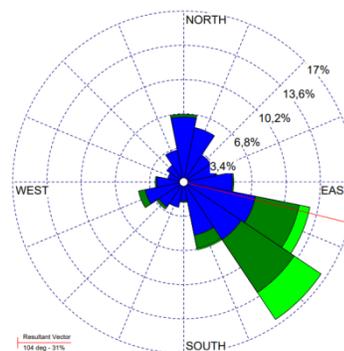
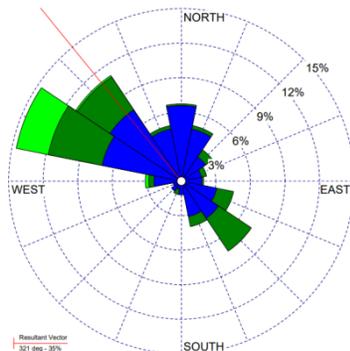
Las rosas de viento que se observan en la Figura 34 permiten evidenciar la frecuencia y magnitud de los vientos por cada estación en promedio durante el mes de marzo 2021, así como las direcciones predominantes y el vector resultante promedio del mes, en cada estación de la RMCAB.



a) Suba

b) Guaymaral

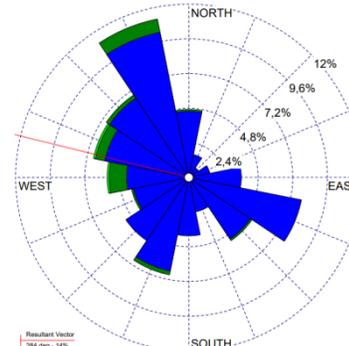
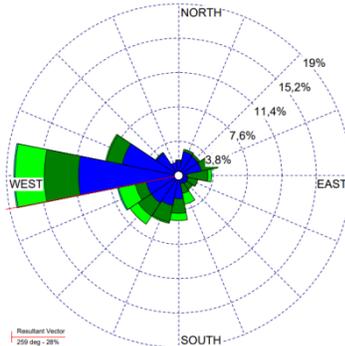
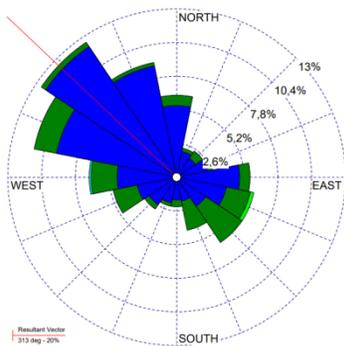
N.A



c) Las Ferias

d) CDAR

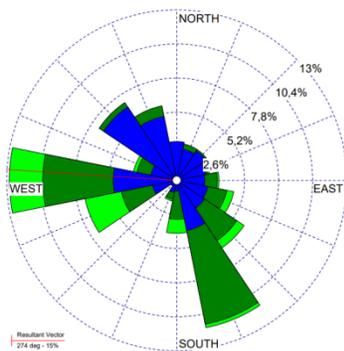
e) Usaqué



f) Colina

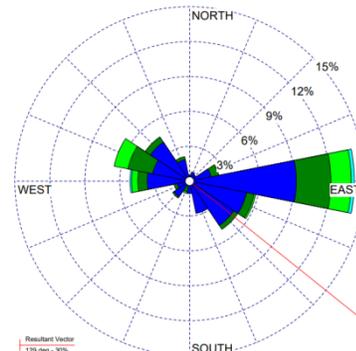
g) Puente Aranda

h) Móvil 7ma



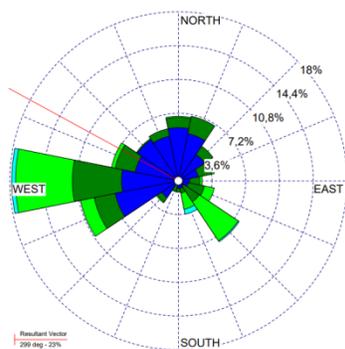
i) Kennedy

N.A

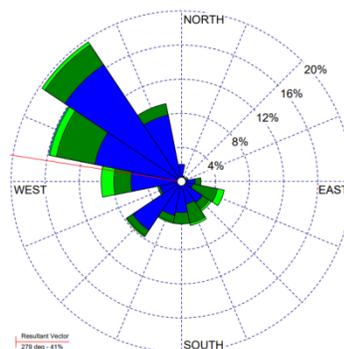


j) Carvajal

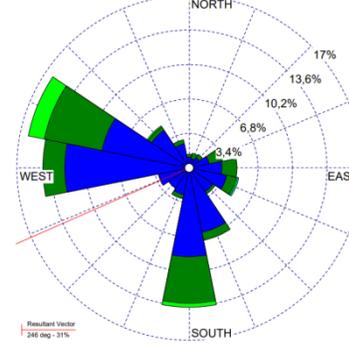
k) MinAmbiente



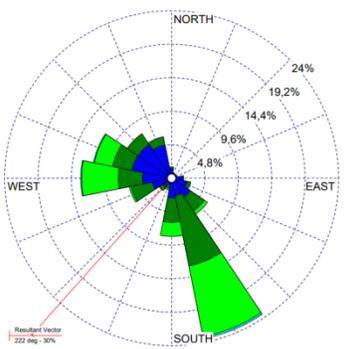
l) Bosa



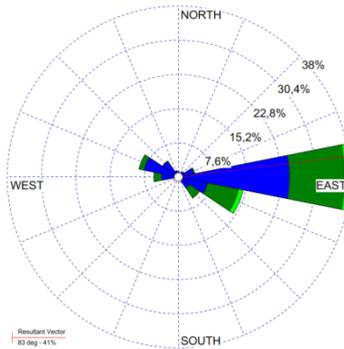
m) Jazmín



n) Usme



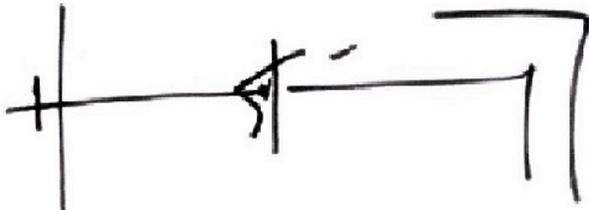
o) Ciudad Bolívar



p) San Cristóbal

Figura 31. Rosas de los vientos – marzo 2021

**FIN DEL INFORME**



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

**Elaboró:**

DAISSY LIZETH ZAMBRANO  
BOHORQUEZ

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

CPS: CONTRATO 20210914 DE 2021 FECHA EJECUCION: 03/06/2021

**Revisó:**

LUIS ALVARO HERNANDEZ  
GONZALEZ

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

CPS: Contrato SDA- CPS-20210380 de 2021 FECHA EJECUCION: 03/06/2021

**Aprobó:**

**Firmó:**

HUGO ENRIQUE SAENZ PULIDO

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

CPS: FUNCIONARIO FECHA EJECUCION: 03/06/2021