



Informe Mensual de Calidad del Aire de Bogotá

.....
Marzo 2022

Estación Jazmín

Red de Monitoreo de Calidad del Aire de
Bogotá - RMCAB



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.



  	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME MENSUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M2	Versión: 2



**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

Ana Milena Hernández Quinchara
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

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME MENSUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M2	Versión: 2

NOTA ACLARATORIA

El presente informe corresponde a la segunda versión del documento del “Informe mensual de calidad del aire Marzo 2022”, que se encuentra vinculado como anexo al resumen ejecutivo del proceso No. 5441909 del Sistema de Información Ambiental FOREST de la Secretaría Distrital de Ambiente, el cual fue publicado en la página web de la RMCAB el día 30 de abril de 2022. En esta segunda versión se realizaron los siguientes ajustes con respecto a la primera versión del documento:

- Modificación de las concentraciones promedio mensuales de CO en el mapa de la distribución espacial de las concentraciones mensuales para Marzo de 2022 en las estaciones Usme pasando de 624 a 625 μm^3 y Puente Aranda pasando de 821 a 822 μm^3 .
- Modificación de la representatividad temporal de datos de CO para Marzo de 2022 en la estación Colina, pasando de 1% a 0%.

Lo anterior se realiza, debido a un ajuste en la validación de los datos registrados durante el periodo en cuestión. El contenido del resto del informe es el mismo que se incluyó en la primera versión del documento.

1. RESUMEN EJECUTIVO

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 marzo de 2022 se tuvieron trece (13) excedencias diarias de las concentraciones de material particulado menor a 10 micras PM_{10} y nueve (9) excedencias de las concentraciones de material particulado menor a 2.5 micras $\text{PM}_{2.5}$. En cuanto a las concentraciones 1h de dióxido de nitrógeno NO_2 se registraron cuatro (4) excedencias, para el dióxido de azufre SO_2 , el Ozono O_3 y el monóxido carbono CO no se registraron excedencias a la normatividad.

En el mes de marzo se evidenció un descenso significativo en las concentraciones de material particulado (PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$) y en las concentraciones de los gases CO, SO_2 y O_3 , en la mayoría de las estaciones, aunque las concentraciones más altas de contaminantes se observaron en la tercera semana del mes, previo al fin de semana con festivo. Respecto al NO_2 , en la mayoría de las estaciones se presentó un aumento característico respecto a las concentraciones registradas en febrero y se presentaron excedencias en este contaminante.

De otra parte, 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 presentaron como indicativos, pero no se incluyeron dentro de los cálculos y análisis de concentración de contaminantes. La representatividad temporal de las estaciones en este mes no se vio afectada por valores significativos de desviación estándar y/o de temperatura interna.

En cuanto a las interferencias al monitoreo, durante el mes no se evidenciaron influencias significativas que pudieran relacionarse con incremento de concentraciones en las estaciones. Sin embargo, se precisa que desde

  	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME MENSUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M2	Versión: 2

el 30 de marzo empezaron obras civiles en la clínica Corpas, por lo cual las concentraciones en la estación Suba para el mes de abril se pueden ver afectadas por dicha causa.

Finalmente, como novedad durante el mes, se valida, elimina y corrige información de variables meteorológicas y contaminantes criterios monitoreados por la RMCAB en el año 2021 al Subsistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAIRES, luego de la revisión anual de datos de la RMCAB. Por otro lado, el grupo operativo de campo de la RMCAB atendió actividades de mantenimientos de aires acondicionados, instaló lámparas led en estaciones y vigiló atentamente la estación Ferias por reparaciones eléctricas en la zona.

Nota:

Este informe “Informe mensual de calidad del aire marzo 2022_v2”, se encuentra vinculado como anexo al resumen ejecutivo del proceso No. 5667256 del Sistema de Información Ambiental FOREST de la Secretaría Distrital de Ambiente.

2. INTRODUCCIÓN

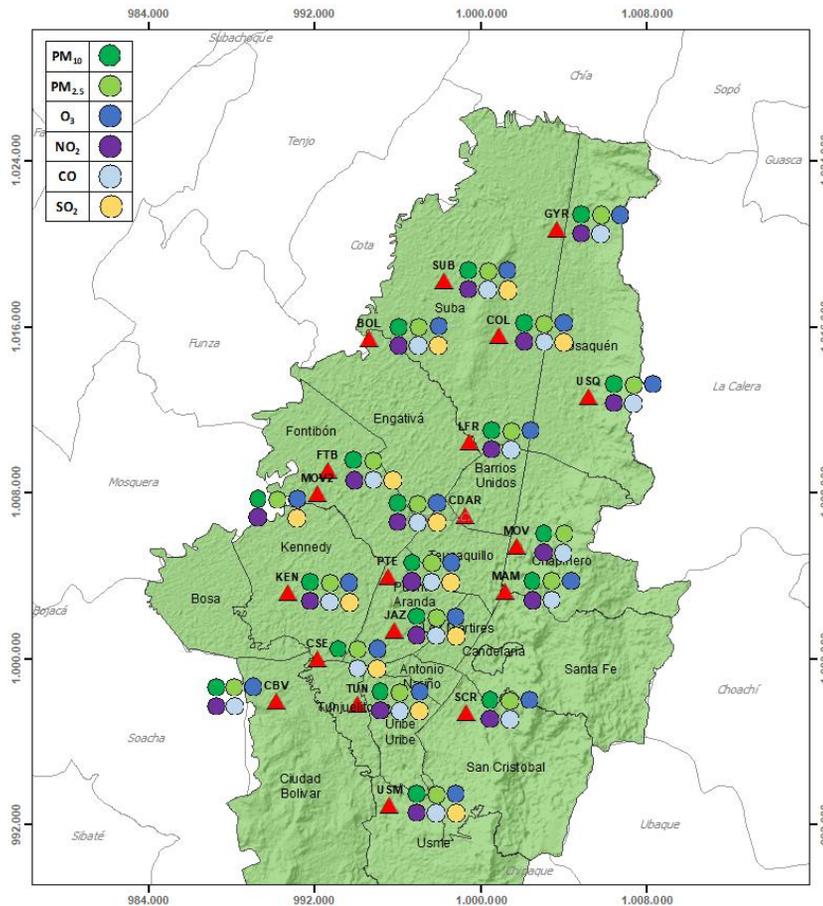


Figura 1. Estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB distribuidas a lo largo y ancho de Bogotá D.C.

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 en la actualidad 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.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME MENSUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M2	Versión: 2

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 marzo de 2022 la temperatura interna osciló entre los 20 y 30°C en la mayoría de las estaciones, sin embargo, en la estación Usme se registraron temperaturas de hasta 19,3°C, lo cual corresponde a variaciones de temperatura por condiciones locales del área. 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 24,5% y 66,6% en todas las estaciones.

En la Tabla 1, se presentan las estaciones que actualmente 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	Tunal	Ciudad Bolívar	San Cristóbal	Usme	Móvil Fontibón	
Sigla	PTE	JAZ	KEN	CSE	TUN	CBV	SCR	USM	MOV2	

3. GESTIONES ADMINISTRATIVAS DE LA RMCAB

En el mes de marzo, se realizó la validación, eliminación y corrección de información de variables meteorológicas y contaminantes criterios previamente cargada por la RMCAB en el año 2021 al Subsistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAIRE, con el fin de cerrar el año subsanando inconsistencias encontradas y la validación final de los datos en la RMCAB.

Por otro lado, durante el mes, el grupo operativo de campo de la RMCAB atendió el mantenimiento de los aires acondicionados en las estaciones y realizó la instalación de nuevas lámparas led en Guaymaral y la Móvil 7ma. También permaneció en constante vigilancia en la estación Ferias ya que se presentaron frecuentes cortes de energía por reparaciones en la red eléctrica de la zona y en el predio (Jumbo Calle 80).

4. CALIDAD DEL AIRE (DISTRIBUCIÓN ESPACIAL, TEMPORAL Y TENDENCIAS)

En los siguientes apartados se muestran los resultados y cálculos obtenidos con base en las mediciones de concentraciones de contaminantes criterio durante el mes de marzo 2022.

4.1. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE PM₁₀

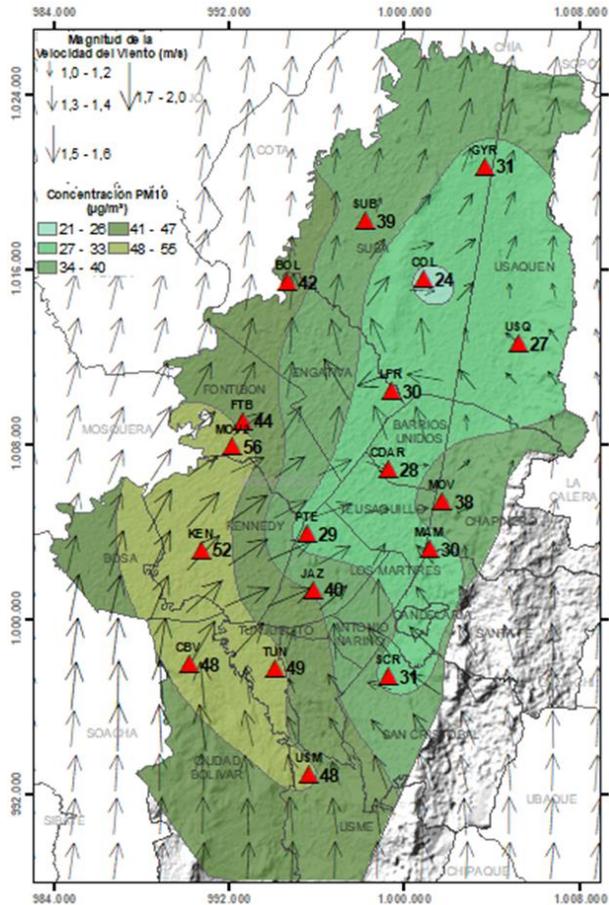


Figura 2. Distribución espacial concentraciones mensuales PM₁₀ – marzo 2022

Las concentraciones promedio mensuales más altas se presentaron en el occidente en Móvil Fontibon (56,0 µg/m³) y en el suroccidente en Kennedy (51,7 µg/m³), mientras que las menores concentraciones se registraron en el norte en Colina (24,3 µg/m³) y Usaquen (27,4 µg/m³). Las concentraciones máximas diarias más altas para el mes corresponden a 91,8 µg/m³ en Móvil Fontibón y a 86,0 µg/m³ en Ciudad Bolívar; estas concentraciones sobrepasaron el nivel máximo definido por la norma nacional diaria (75 µg/m³). En el mes se registraron en total trece (13) excedencias de las concentraciones promedio 24 horas, las cuales NO CUMPLIERON con el nivel máximo permisible de la norma de PM₁₀, siete (7) en Móvil Fontibón, tres (3) en Kennedy, dos (2) en Ciudad Bolívar y una (1) en Tunal. Las concentraciones restantes, CUMPLIERON con el nivel máximo permisible establecido en la norma.

La estación Carvajal - Sevillana no registro datos de material particulado, ya que no se pudieron realizar los mantenimientos rutinarios por inconvenientes con el acceso a la estación.

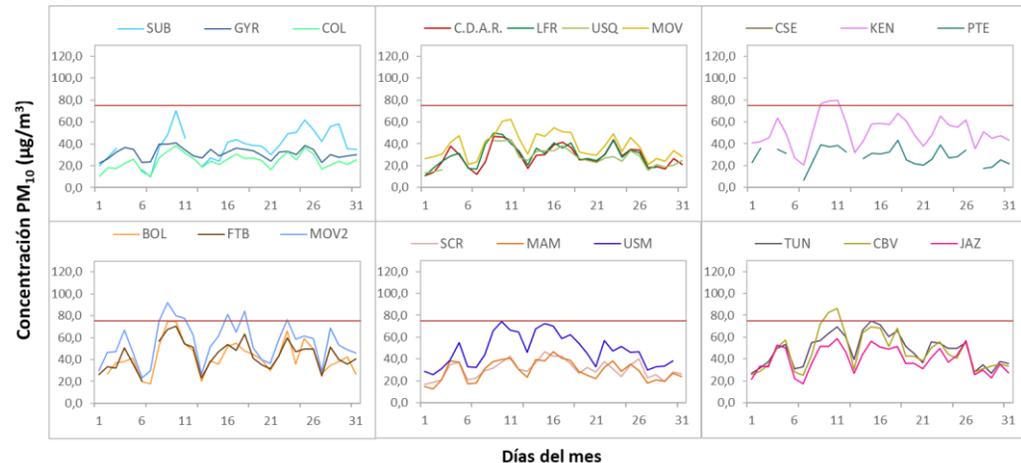


Figura 3. Concentraciones diarias PM₁₀ por estación de monitoreo – marzo 2022

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

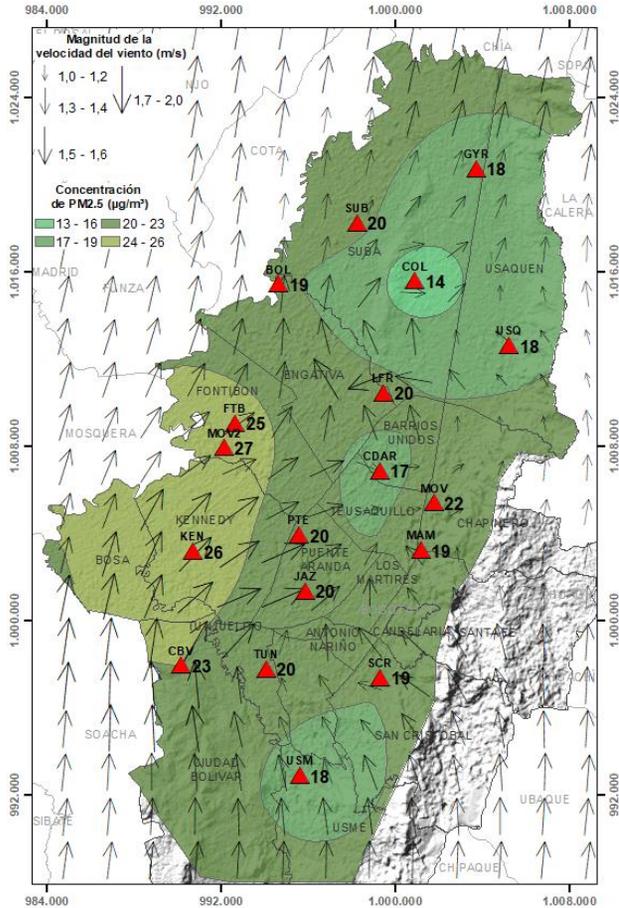


Figura 4. Distribución espacial concentraciones mensuales PM_{2.5} – marzo 2022

Las concentraciones promedio mensuales más altas se presentaron en el occidente en Móvil Fontibón (26,6 µg/m³) y en el sur en Kennedy (26,2 µg/m³), mientras que las menores concentraciones se registraron en el norte en Colina (15,5 µg/m³) y en el centro en CDAR (16,9 µg/m³). Las concentraciones máximas diarias más altas para el mes corresponden a 42,2 µg/m³ en Ciudad Bolívar y 40,7 µg/m³ en Móvil Fontibón; estas concentraciones sobrepasaron el nivel máximo definido por la norma nacional diaria (37 µg/m³). En el mes se registraron nueve (9) excedencias de las concentraciones promedio 24 horas, las cuales NO CUMPLIERON con el nivel máximo permisible establecido en la norma para PM_{2.5}, seis (6) en Móvil Fontibón, dos (2) en Ciudad Bolívar y una (1) en Kennedy. Las concentraciones restantes, CUMPLIERON con el nivel máximo permisible establecido en la norma.

La estación Carvajal - Sevillana no registro datos de material particulado ya que no se pudieron realizar los mantenimientos rutinarios por inconvenientes con el acceso a la estación.

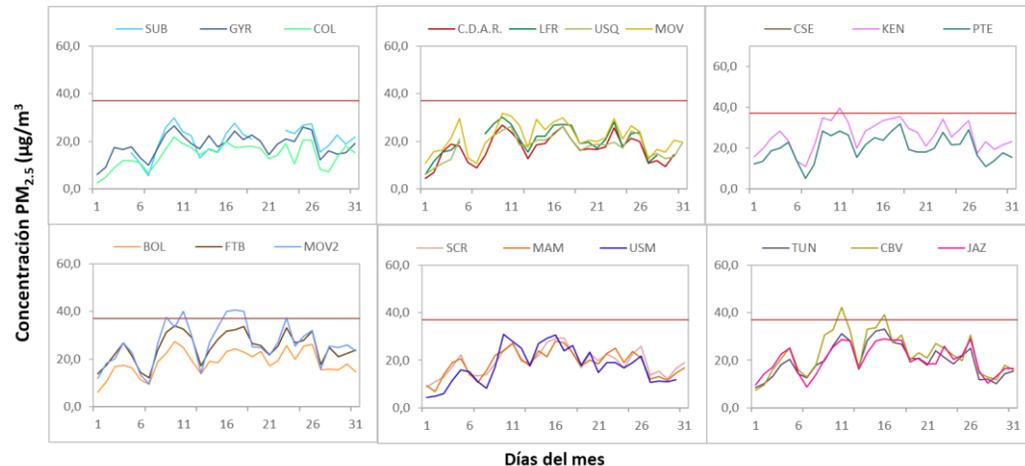


Figura 5. Concentraciones diarias PM_{2.5} por estación de monitoreo – marzo 2022

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME MENSUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M2	Versión: 2

4.3. CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS Y EL MATERIAL PARTICULADO

La Figura 6 representa la variación diaria en la ciudad de las concentraciones de PM₁₀, PM_{2.5}, precipitación y velocidad del viento durante el mes de marzo de 2022. 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 24, 29 y 31 de marzo. Asimismo, las concentraciones de material particulado se incrementaron los días 4, 10 y 18 de marzo que coinciden con disminuciones en la velocidad del viento. Por otro lado, los días 5, 12 y 14 presentaron precipitaciones más altas que el resto del mes, el 5 y 12 se evidencian disminuciones considerables en el material particulado, las cuales se acompañaron de ascensos en la velocidad del viento y el 14 aunque se presentaron cantidades significativas de precipitación, las concentraciones de material particulado aumentaron ya que como se evidencia en la gráfica, la velocidad del viento fue baja.

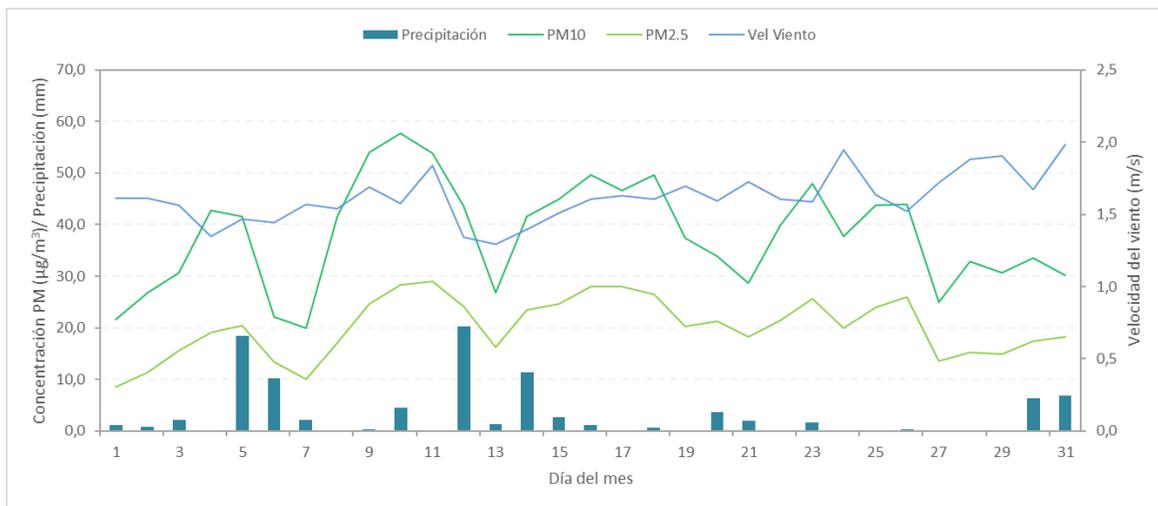


Figura 6. Promedio de concentración PM₁₀ y PM_{2.5}, precipitación y velocidad del viento a nivel ciudad – marzo 2022

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 7 se observa la comparación del comportamiento horario durante el mes de marzo de 2022 de la altura de la capa de mezcla, las concentraciones de PM_{2.5} y la velocidad del viento en la estación Tunal, este análisis también se realiza con los datos que se obtienen en la estación Guaymaral, sin embargo, se han presentado fallos en el sensor de velocidad del viento de dicha estación por lo que continua en mantenimiento, lo cual impidió el cálculo de altura capa de mezcla en la estación.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME MENSUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M2	Versión: 2

Se puede evidenciar que los registros más bajos de altura de 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, 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 7 correspondiente a la estación Tunal el 11, el 17 y el 24 de marzo.

TUNAL

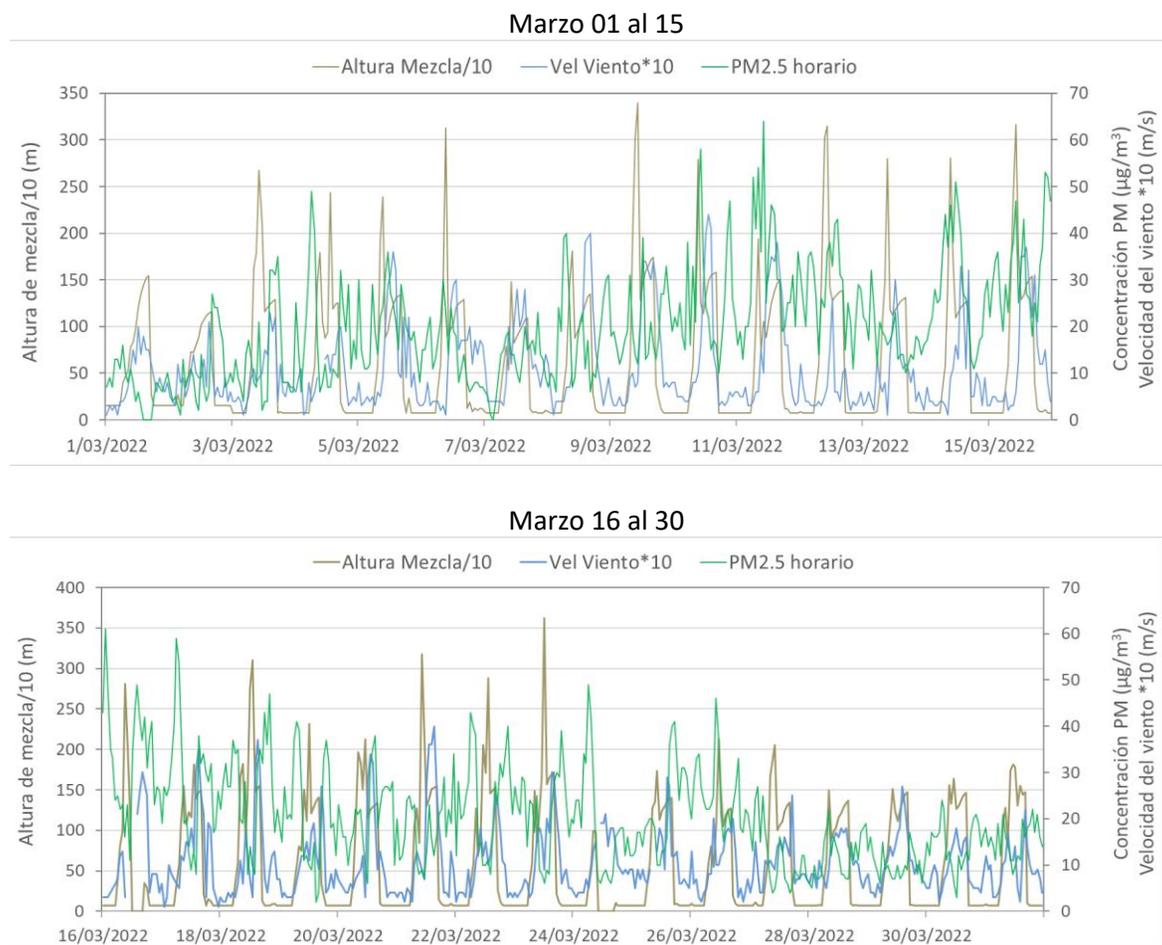


Figura 7. Comparación altura de mezcla, concentraciones $\text{PM}_{2.5}$ y velocidad del viento estación Tunal - marzo 2022

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

En la Figura 8 se observan las concentraciones promedio mensuales registradas en las estaciones de la RMCAB para el mes de marzo 2022; el valor promedio más alto de SO₂ fue registrado en la estación Carvajal-Sevillana, el valor promedio más alto de CO se presentó en la Móvil 7ma, el mayor registro de NO₂ se presentó en Puente Aranda (estos gases están asociados a la combustión), mientras que el promedio más alto de O₃ se evidenció en Usaquén, siendo las zonas norte y sur occidente de la ciudad las que tuvieron los niveles más elevados de gases criterio en el mes.

Por otro lado, se registraron cuatro (4) excedencias de las concentraciones promedio 1h para NO₂ de 200 µg/m³ las cuales NO CUMPLIERON con los niveles máximos permisibles establecidos. Las demás concentraciones CUMPLIERON con los niveles máximos permisibles establecidos en la Resolución 2254 de 2017, toda vez que no se registraron excedencias en: SO₂: 50 µg/m³ para datos 24h, SO₂: 100 µg/m³ para datos 1h, CO: 35000 µg/m³ para datos 1h, CO: 5000 µg/m³ para datos 8h, y O₃: 100 µg/m³ para datos 8h.

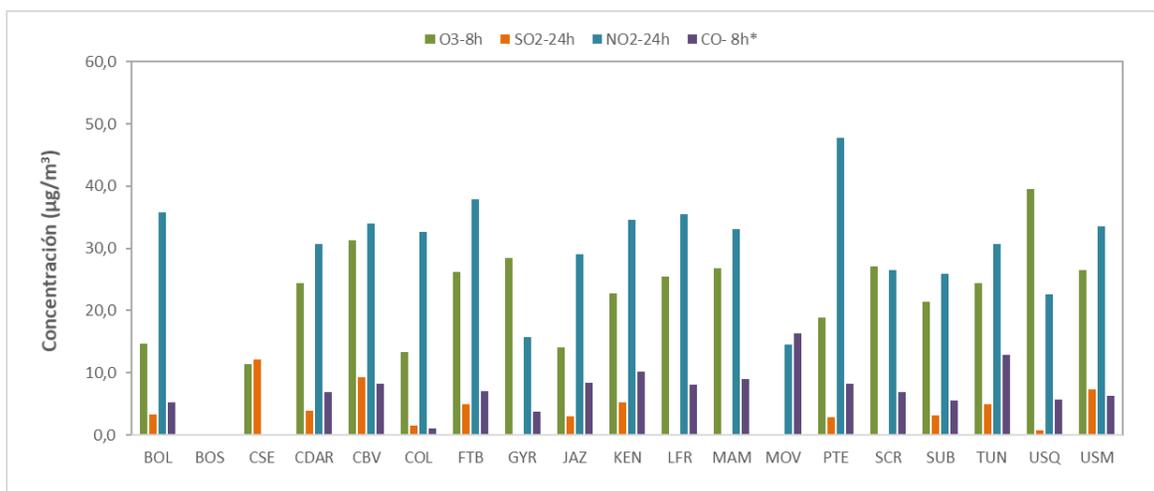


Figura 8. Concentraciones mensuales de gases (O₃, SO₂, NO₂ y CO) por estación de monitoreo - marzo 2022

*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.

5.1. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE OZONO – O₃

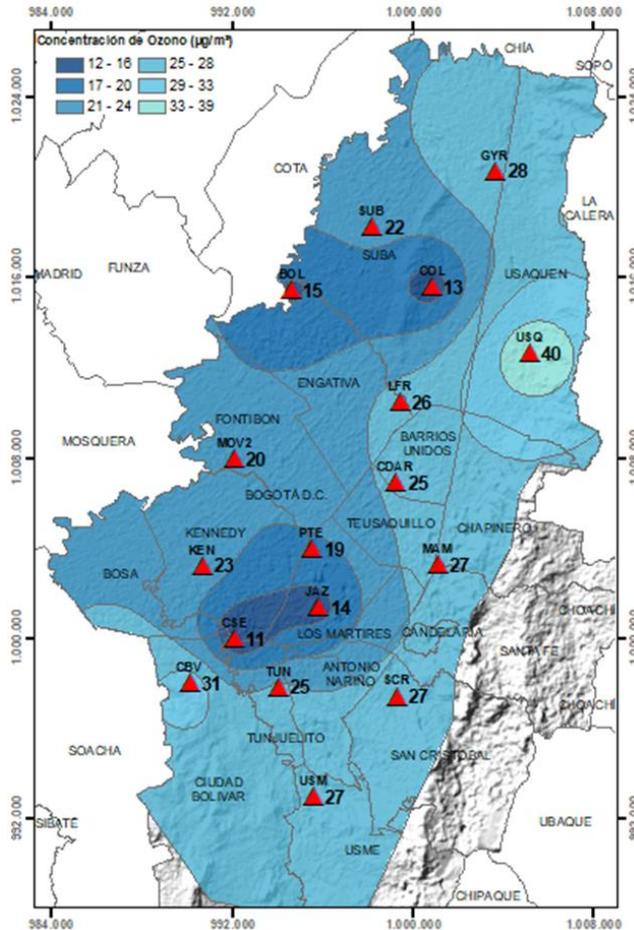


Figura 9. Distribución espacial concentraciones mensuales O₃ – marzo 2022

En el mapa de la Figura 9, se representa la distribución espacial de las concentraciones promedio mensuales de O₃ con base en datos media móvil 8 horas para el mes de marzo de 2022. Se observa que las concentraciones más altas predominan en el norte y sur de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Usaquén y Ciudad Bolívar. Por otro lado, las concentraciones más bajas se evidencian en el suroccidente y norte, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Carvajal – Sevillana y Colina.

La estación Fontibón (1%) no alcanzó el 75% de representatividad temporal ya que se presentaron datos atípicos que tuvieron que ser invalidados.

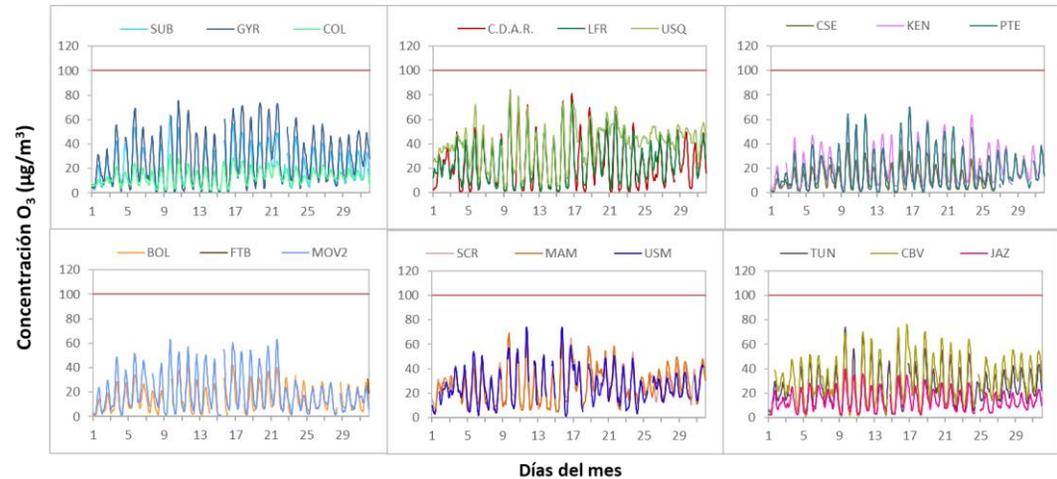
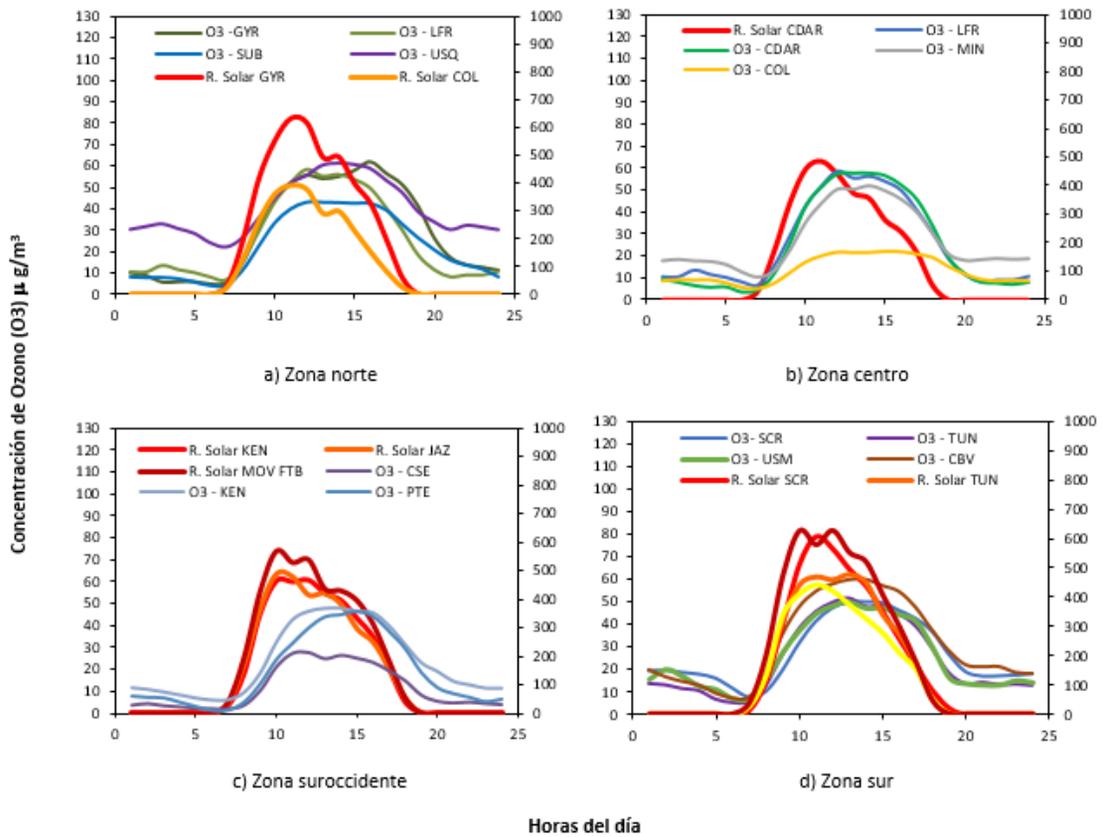


Figura 10. Concentraciones media móvil 8 horas de O₃ por estación de monitoreo - marzo 2022

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



De acuerdo con los registros de la RMCAB, pese a la reducción de las lluvias, las cantidades de radiación solar entrante no presentaron mayores incrementos, por el contrario, se observa una ligera reducción con respecto al mes anterior. Esto sugiere una mayor cobertura de la bóveda celeste con nubes de tipo estratiforme, que por su extensión generan gran cobertura y bloqueo de la radiación solar entrante, pero lluvias de baja intensidad. Con esto, las concentraciones de ozono también registraron una reducción con respecto al mes anterior toda vez que la radiación solar es el principal precursor de la generación de ozono a nivel superficial por la presencia de gases de combustión incompleta. De este modo, las mayores concentraciones de ozono se presentaron hacia la zona norte y centro de la ciudad con valores medios máximos horarios de hasta 60 µg/m³ en las estaciones de Usaquéen y Guaymaral, en la zona norte; 58 µg/m³ en la zona centro y 55 µg/m³ hacia la zona sur. (Ver Figura 11.)

Figura 11. Comportamiento horario de las concentraciones de O₃ (µg/m³) y su relación con la Radiación Solar entrante (W/m²) – marzo 2022. a) zona norte, b) zona centro, c) zona suroccidente y d) zona sur

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

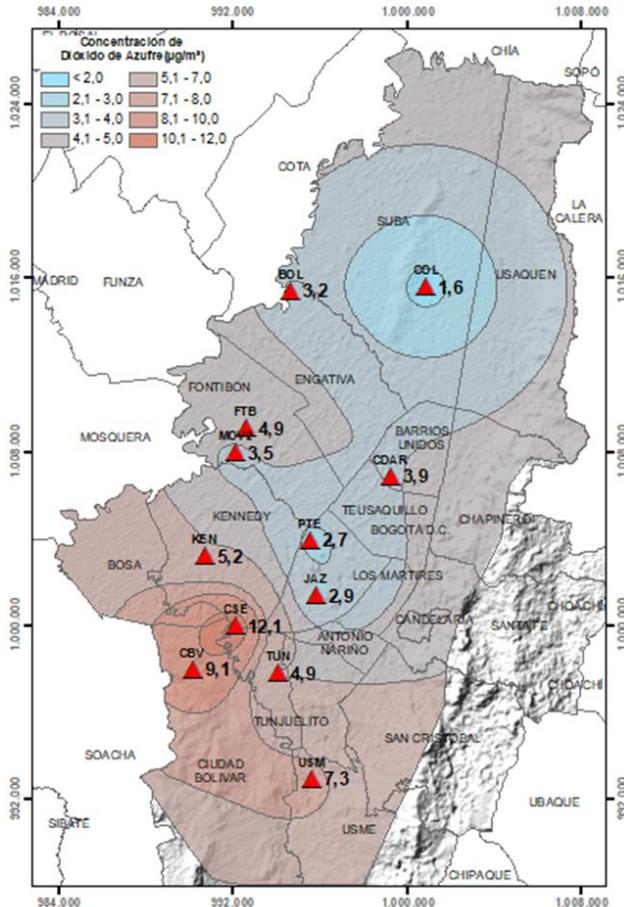


Figura 12. Distribución espacial concentraciones mensuales SO₂ – marzo 2022

En el mapa de la Figura 12 se representa la distribución espacial de las concentraciones promedio mensuales de SO₂ para el mes de marzo de 2022 con base en los datos 24 horas. Se observa que las concentraciones más altas predominan en el sur y suroccidente de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Carvajal – Sevillana y Ciudad Bolívar. Por otro lado, las concentraciones más bajas se evidencian en el centro y norte de la ciudad, en la zona de influencia de las estaciones Colina y Puente Aranda.

No alcanzaron el 75% de representatividad temporal las estaciones Suba (52%) y Usaquén (68%), ya que se presentaron datos atípicos que tuvieron que ser invalidados.

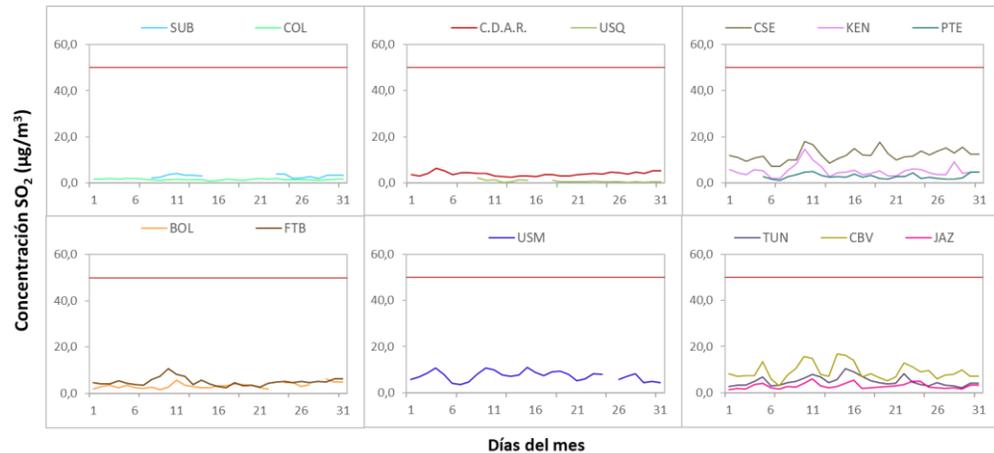


Figura 13. Concentraciones promedio mensuales de SO₂ por estación de monitoreo - marzo 2022

5.3. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO – NO₂

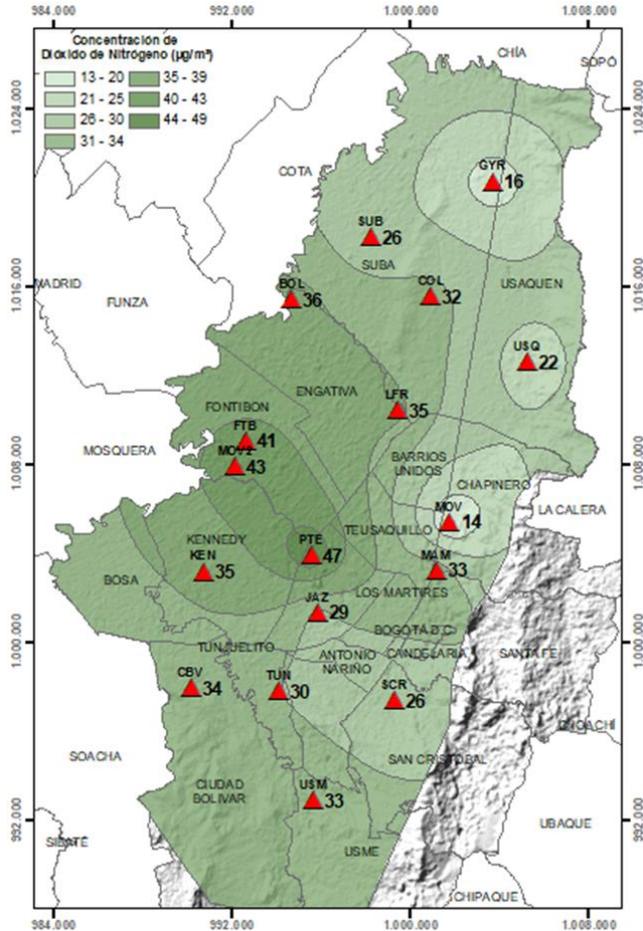


Figura 14. Distribución espacial concentraciones mensuales NO₂ - marzo 2022

En el mapa de la Figura 14 se representa la distribución espacial de las concentraciones promedio mensuales de NO₂ para el mes de marzo de 2022. Se observa que las concentraciones más altas predominan en sur occidente y occidente de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Puente Aranda y Móvil Fontibón.

Por otro lado, las concentraciones más bajas se evidencian en el norte, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Móvil 7ma y Guaymaral. No alcanzaron el 75% de representatividad temporal las estaciones CDAR (71%), ya que se presentaron datos atípicos que se invalidaron y Carvajal – Sevillana no registro datos debido a que no se pudieron realizar los mantenimientos rutinarios por inconvenientes con el acceso a la estación.

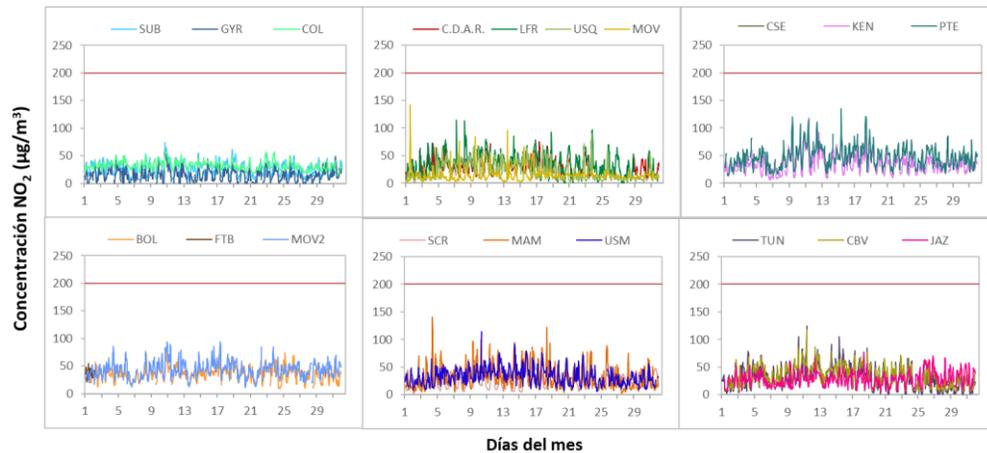


Figura 15. Concentraciones promedio mensuales de NO₂ por estación de monitoreo - marzo 2022

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

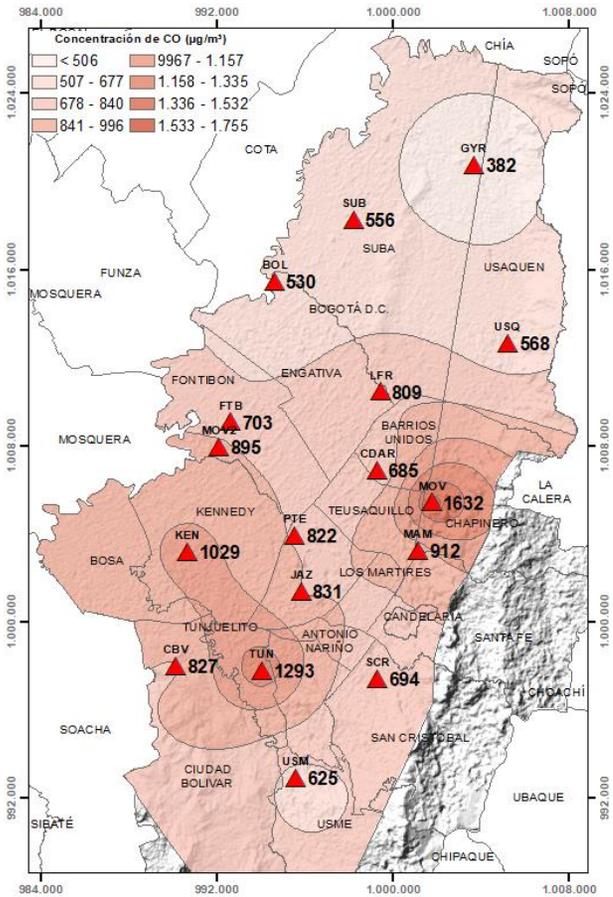


Figura 16. Distribución espacial concentraciones mensuales CO – marzo 2022

En el mapa de la Figura 16 se representa la distribución espacial de las concentraciones promedio mensuales de CO con base en datos media móvil 8 horas para el mes de marzo de 2022. Se observa que las concentraciones más altas predominan en el norte y sur de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Móvil 7ma y Tunal. Por otro lado, las concentraciones más bajas se evidencian en el norte y occidente de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Guaymaral y Bolivia.

No alcanzaron el 75% de representatividad temporal las estaciones Colina (0%), ya que se presentaron datos atípicos que se invalidaron y Carvajal – Sevillana, que no registró datos debido a que no se pudieron realizar los mantenimientos rutinarios por inconvenientes con el acceso a la estación.

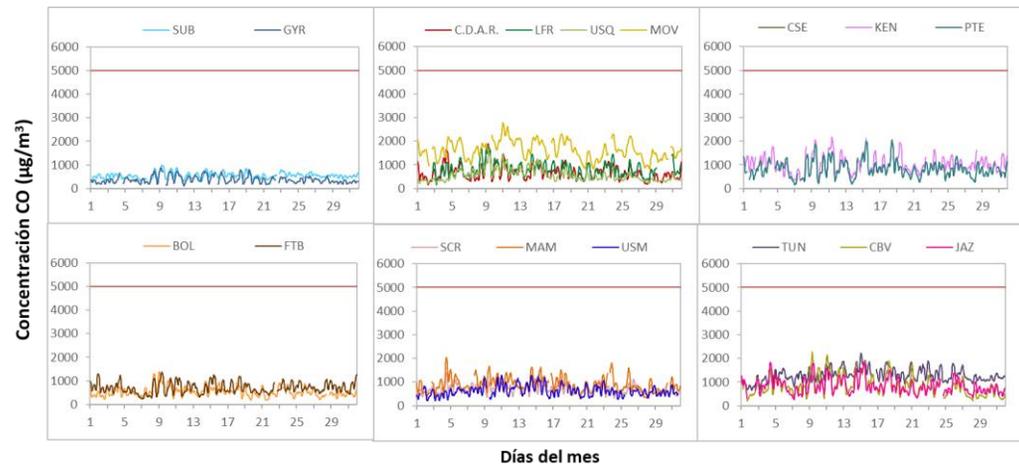


Figura 17. Concentraciones media móvil 8 horas de CO por estación de monitoreo - marzo 2022

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME MENSUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M2	Versión: 2

6. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LAS CONCENTRACIONES DE BLACK CARBON

El Black Carbon (BC) es uno de los componentes claves del material particulado que contribuye al cambio climático y el deterioro de la calidad del aire. Parte de la fracción carbonácea del material particulado es el BC, el cual se caracteriza por una fuerte absorción de luz en el rango de longitud del espectro visible (380 – 780 nm) y resistencia a su transformación química en la atmósfera, lo que permite asociarlo como un trazador de emisiones de combustión de fuentes fósiles y quema de biomasa. Estas dos características, destacan el BC como uno de los contaminantes de vida corta con mayor impacto en el clima, la calidad del aire y la salud de la población (GAW Report, 2016; Petzold et al., 2013).

El Black Carbon también es importante en su determinación debido a que este contaminante tiene más probabilidades de causar efectos en la salud; por lo tanto, la identificación de las fuentes se basa en las diferentes propiedades ópticas de los aerosoles carbonosos. por estos también es relevante distinguir la contribución de los combustibles fósiles (ff) y la quema de biomasa (bb), lo cual es posible mediante una determinación de longitud de onda múltiple del coeficiente de absorción a través del uso de un etalometro (María Piñeiro-Iglesias, 2021).

Este equipo es una herramienta importante para la distribución de fuentes de aerosoles carbonosos, por ello cuando se utilizan métodos de absorción óptica para la medición de BC, se debe utilizar el término “Black Carbon equivalente” (BCe), que corresponde a la longitud de onda de 880 nm.

En el mes de marzo 2022, seis de las ocho estaciones que tiene instalados monitores de BC registraron más del 75% de las concentraciones horarias entre el 1 al 31 de marzo. La estación de Carvajal -Sevillana no registró datos de BC durante este mes, por lo cual no se consideró en el análisis. Adicionalmente, la estación de Las Ferias tampoco registró datos de BC durante este mes, ya que de acuerdo con un diagnóstico de las concentraciones de PM_{2.5} y el inventario de fuentes fijas en la ciudad, se identificó que en el sector de Puente Aranda se generan emisiones de manera significativa, por lo que se reubico uno de los instrumentos de medición de Black Carbon a la estación de monitoreo de Puente Aranda.

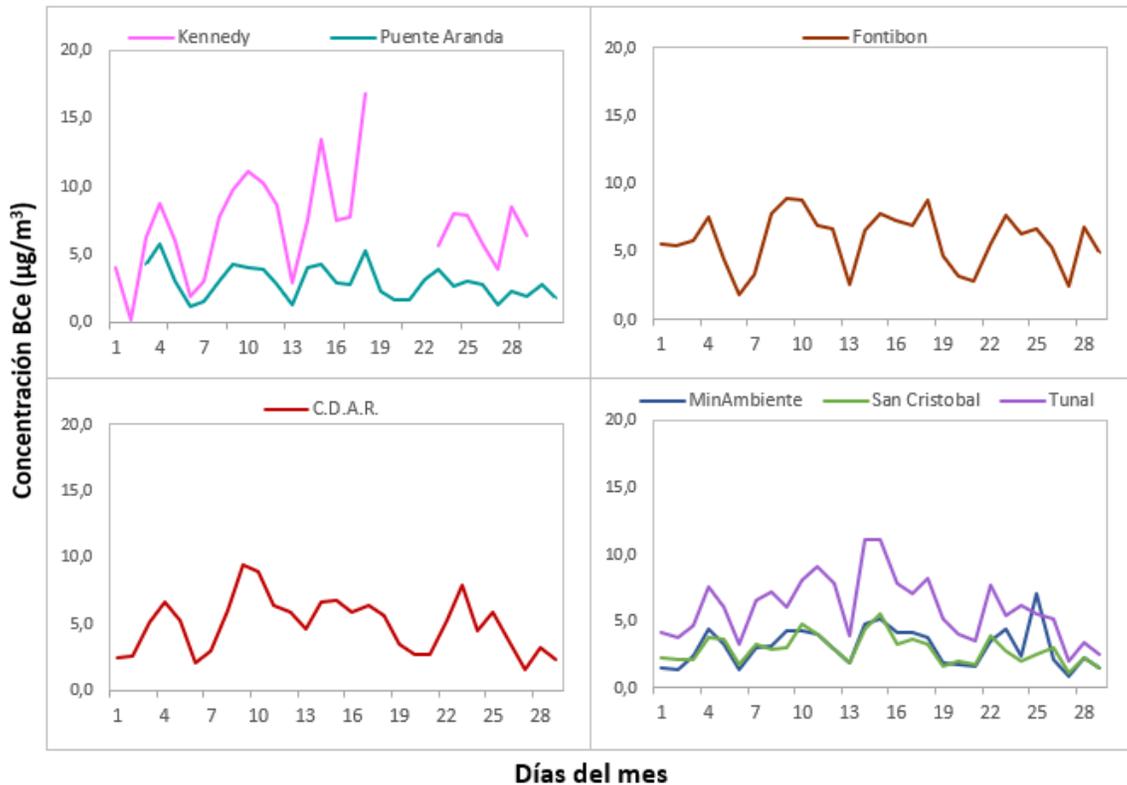


Figura 18. Comportamiento de las concentraciones diarias de BCe para marzo 2022

La Figura 18 presenta la serie temporal de las concentraciones diarias (24H) de BCe para las estaciones ubicadas en cada zona de la ciudad. Durante la segunda y tercera semana del mes se evidencia un aumento en las concentraciones en la mayoría de las estaciones, en donde se registran valores entre 10 y 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, especialmente la estación de Kennedy que registró una concentración promedio de 16,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Por otro lado, la estación de Fontibón presenta un comportamiento constante durante el transcurso del mes en donde las concentraciones semanales promedio no superan los 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; por otro lado, las estaciones Las Ferias y San Cristóbal no registran concentraciones superiores a los 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

6.1. 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.

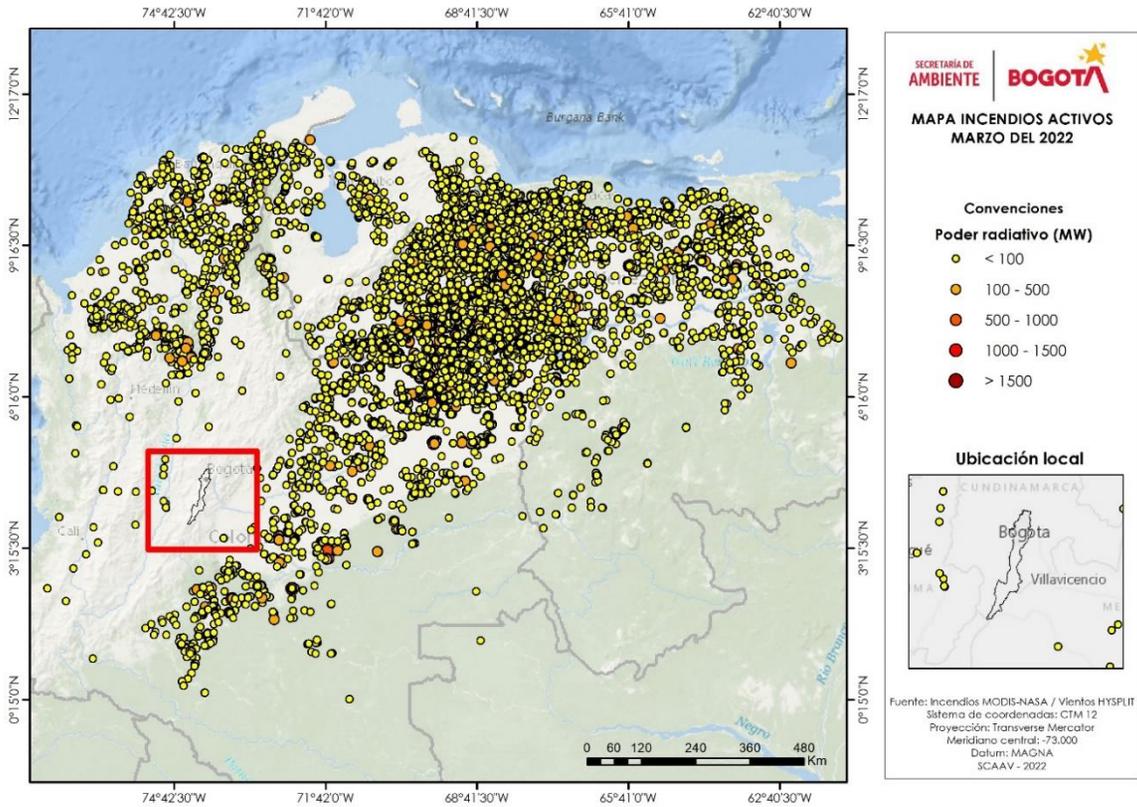
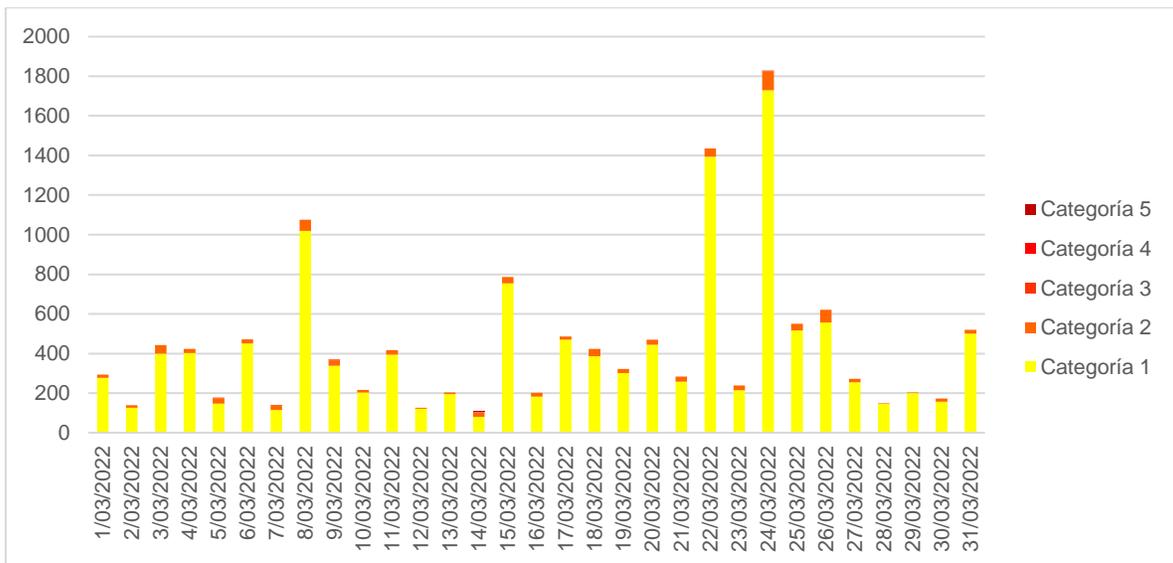


Figura 19. Distribución espacial de incendios activos identificados por el sensor MODIS en el mes de marzo 2022



En la Figura 19 se muestra la distribución espacial de incendios activos detectados por el sensor MODIS durante el mes de marzo de 2022, en el norte de Suramérica. Los fuegos detectados son clasificados de acuerdo al poder radiativo (Fire Power Radiative – FPR, por sus siglas en inglés) como lo sugiere (Ichoku et al., 2008).¹ La categoría 1 corresponde a incendios con FPR < 100MW, la categoría 2 son los incendios con un FPR entre 100 y 500, la categoría 3 entre 500 y 1000, la categoría 4 entre 1000 y 1500 y la categoría 5 son incendios con un FRP >1500MW. Durante el mes analizado se censaron incendios, que en su mayoría se encuentran clasificados en la categoría 1 (12733), en la categoría 2 (819), en la categoría 3 (13), en la categoría 4 (3) y en la categoría 5 (1); los días 8, 22 y 24 del mes se caracterizaron por registrar una mayor cantidad de incendios correspondientes a 1075, 1435 y 1828, respectivamente. (Figura 20).

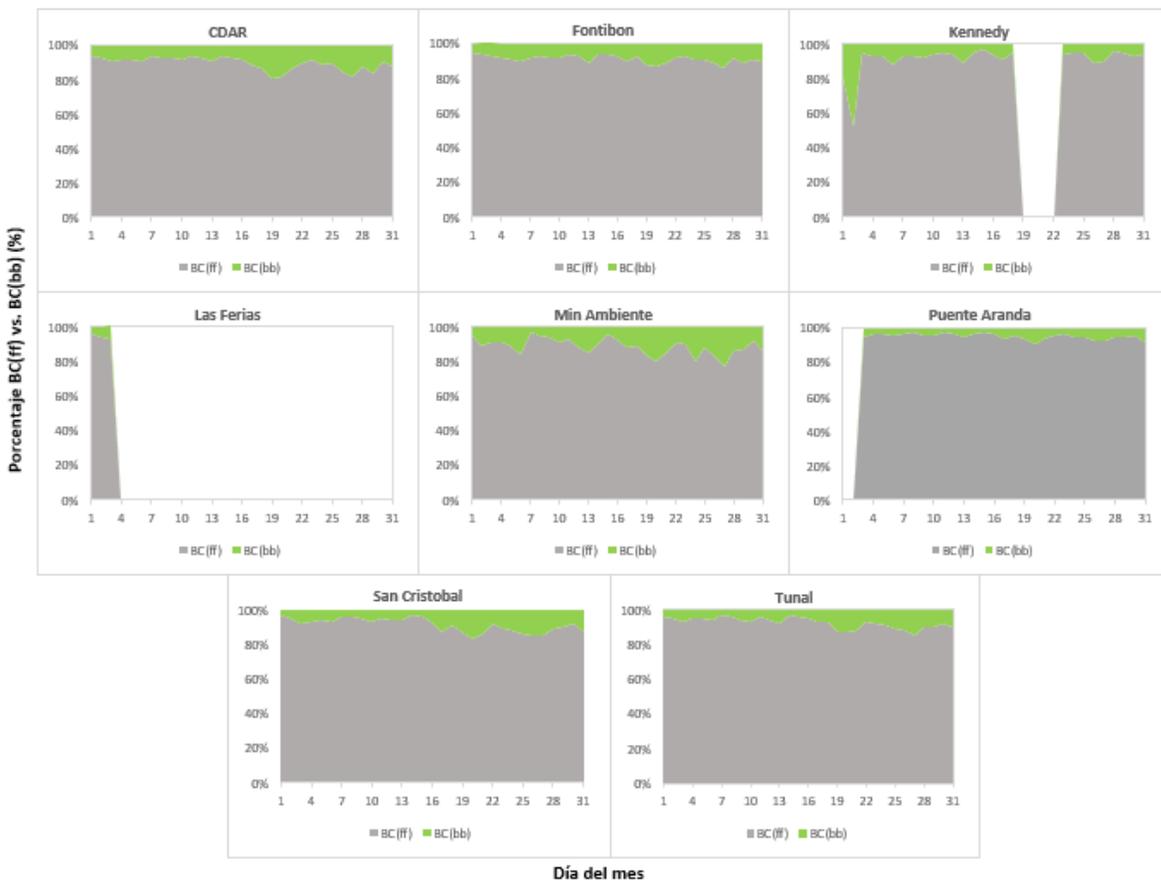


Figura 21. Serie temporal porcentaje de quema Black Carbon de combustibles fósiles BC(ff) vs. Black Carbon de quema de biomasa BC(bb) – marzo 2022

En la Figura 21 muestra el comportamiento temporal del mes de marzo de 2022 de Black Carbon por quema de biomasa BC(bb) comparados con el porcentaje de Black Carbon de combustibles fósiles BC(ff). De acuerdo con esta grafica se puede apreciar que el mayor porcentaje de BC que se encuentra en la atmosfera es proveniente de la quema de combustibles fósiles emitido por las fuentes fijas y fuentes móviles de la ciudad.

Las estaciones que presentan una mayor predominancia de porcentaje de Black Carbon por quema de combustibles fósiles son Fontibón, Kennedy, Puente Aranda y Tunal; por otro lado, se evidencia que todas las estaciones presentaron un incremento en el porcentaje de quema de biomasa durante el durante finales de la tercera semana y toda la cuarta semana, donde las estaciones de Centro de Alto Rendimiento, Min Ambiente, San Cristóbal y Tunal presentan un porcentaje de aumento entre el 10 y 20%.

7. ÍNDICE BOGOTANO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ (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.

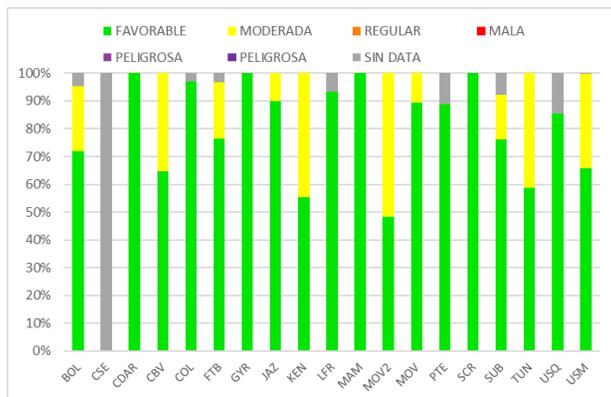


Figura 22. IBOCA para PM₁₀ por estación – marzo 2022

La Figura 22 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 marzo 2022. Se observa que la condición “favorable” predominó en varias estaciones, especialmente las ubicadas al oriente y centro de la ciudad. En las estaciones del occidente hubo un porcentaje notable de la condición “moderada”, con un porcentaje entre el 16 y el 52%, siendo la estación Móvil Fontibón la que registró un mayor porcentaje de tiempo en esta condición.

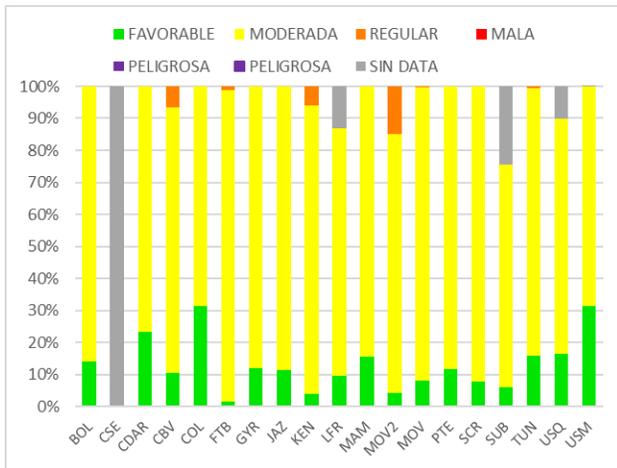


Figura 23. IBOCA para PM_{2.5} por estación – marzo 2022

La Figura 23 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 marzo 2022 predominó la condición “moderada” en todas las estaciones, con un porcentaje entre el 69 y el 97%. También se observó la condición “regular” en las estaciones Ciudad Bolívar, Jazmín, Kennedy y Móvil Fontibón, siendo esta última estación la que registró el porcentaje más alto, con un 15% del mes. Por otro lado, las estaciones Usme y Colina registraron el porcentaje más alto de la condición “favorable”, con un 31% del tiempo.

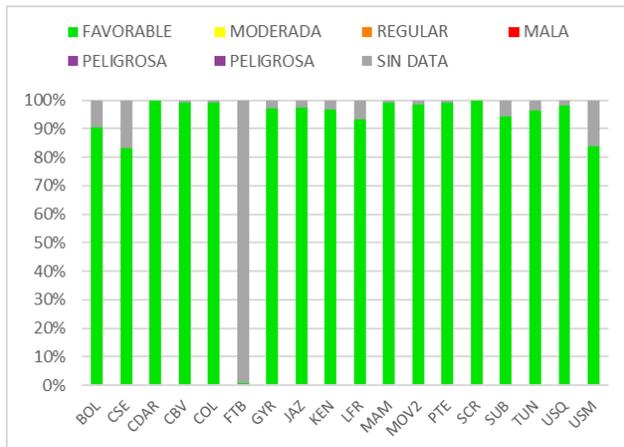


Figura 24. IBOCA para O₃ por estación – marzo 2022

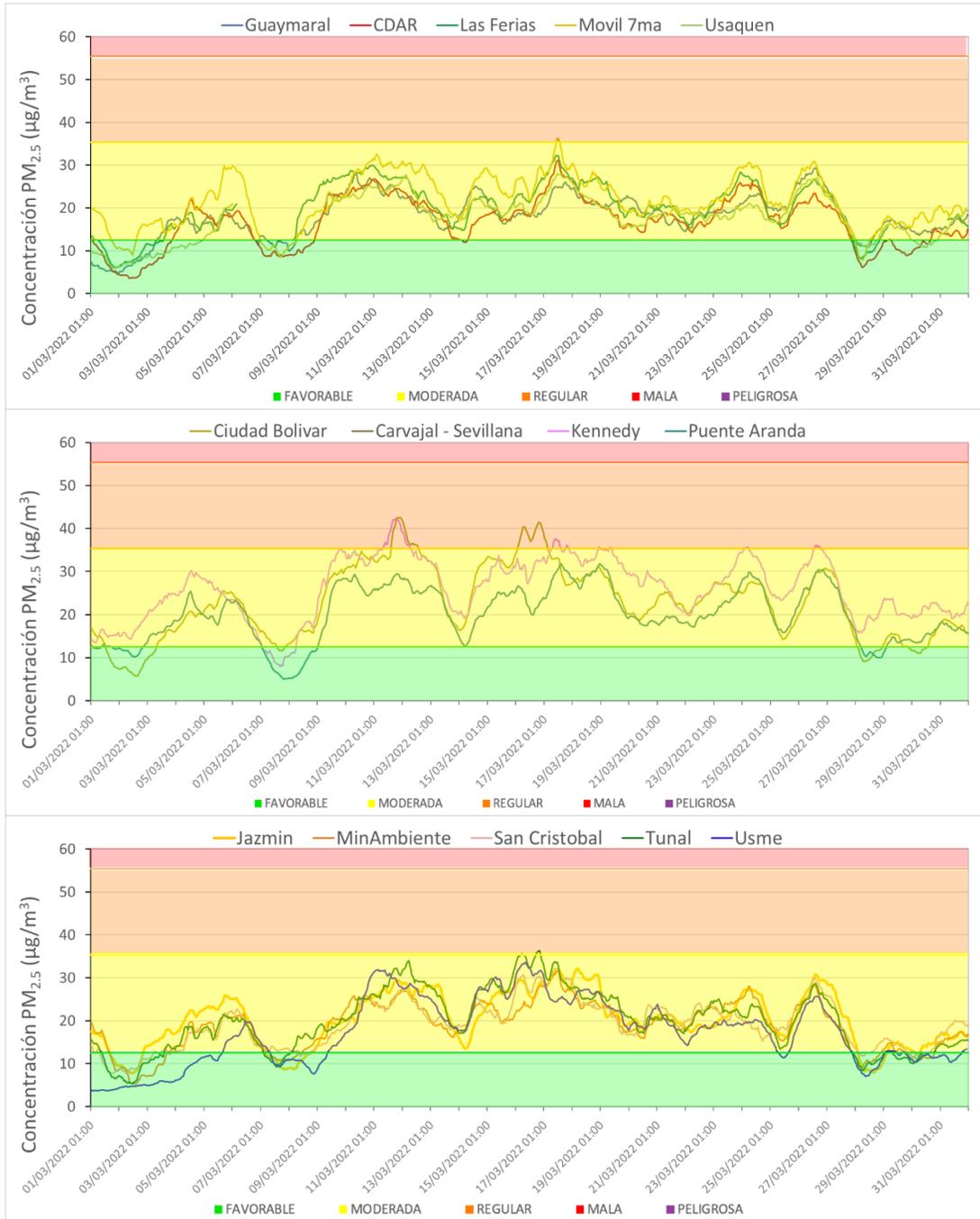
La Figura 24 muestra el comportamiento del IBOCA para los promedios móviles de las concentraciones 8 horas de O₃ en cada una de las estaciones de monitoreo para el mes de marzo 2022. Se observa que la categoría “favorable” predomina durante todo el mes en las estaciones de la RMCAB. La estación Fontibón solo registró un 0.8% de datos en el mes, tras entrar en funcionamiento nuevamente el analizador desde el 31 de marzo.

8. EVENTOS DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

En la Figura 25 se observan las concentraciones de PM_{2.5} media móvil 24 horas registradas en las estaciones de la RMCAB durante el mes de marzo de 2022. Se evidencia que durante la mayor parte del mes predominó la condición “moderada”, siendo la tercera semana del mes la que registró las concentraciones más altas. Dichas concentraciones elevadas se observaron en Móvil Fontibón, Kennedy y Ciudad Bolívar, que llegaron a registrar la condición “regular” hasta por 39 horas continuas.

Al inicio de la segunda semana, a mediados del mes, y al final, se registraron algunas precipitaciones notables en gran parte de la ciudad, las cuales se mantuvieron durante gran parte del día e incidieron en la reducción de las concentraciones de material particulado, además de que gran parte del mes

el cielo permaneció nublado, lo que redujo la diferencia de temperatura de la noche y el día, y hubo menos probabilidad de inversiones térmicas.



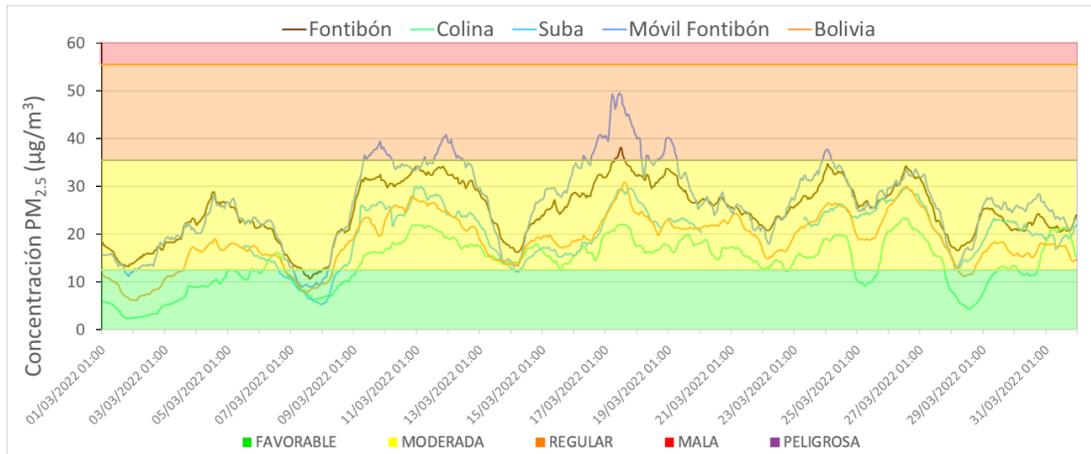


Figura 25. Concentraciones media móvil 24 h $PM_{2.5}$ marzo 2022

En la Figura 26 se puede observar el comportamiento de la contaminación atmosférica en la mañana y la tarde del día 17 de marzo en la zona suroccidental de la ciudad, que corresponde al jueves de la tercera semana del mes. En el mes se observó un aumento de la nubosidad en gran parte del día, por lo cual se redujo el registro de fenómenos como inversión térmica. En la tercera semana se registraron las mayores concentraciones de material particulado, lo cual fue en fechas anteriores al día festivo, por lo cual se pudo registrar un aumento de tráfico en los días previos al 21 de marzo.



Figura 26. Fotografía del suroccidente de la ciudad mañana y tarde. Marzo 17 de 2021

9. COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS

En este capítulo se describe el comportamiento general de las variables meteorológicas durante el mes de marzo 2022, el cual incide directamente en la variabilidad de la concentración de contaminantes criterio en el Distrito Capital.

9.1. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LA PRECIPITACIÓN

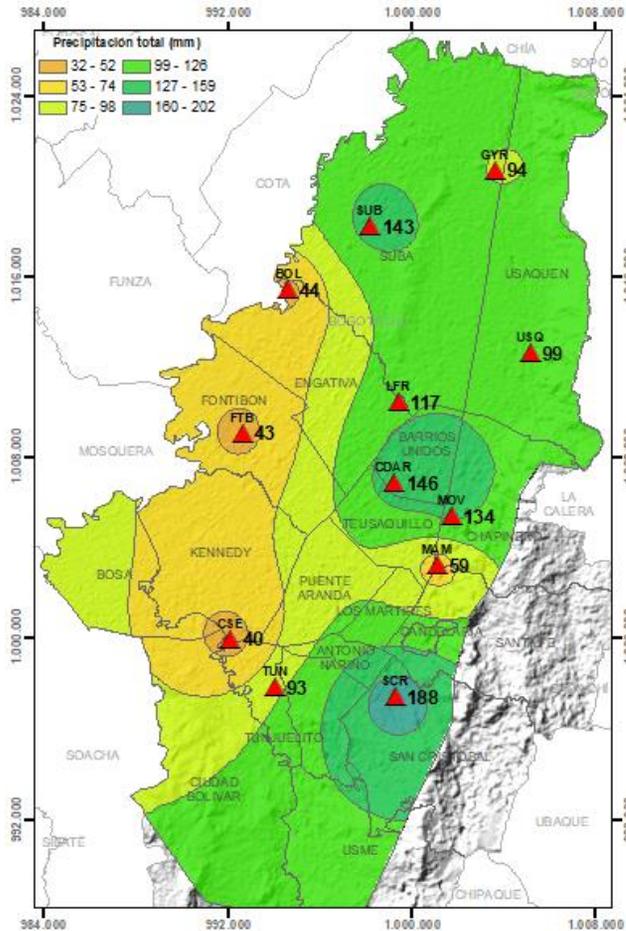


Figura 27. Mapa de la precipitación mensual total (mm) – marzo 2022

En marzo del año en curso, se registró un descenso en los acumulados de precipitación con respecto al mes anterior. Este descenso es evidente si se tiene en cuenta que marzo se constituye como el mes de transición hacia el primer periodo húmedo del ciclo anual. Aunque, de acuerdo con la evolución del índice ONI (Oceanic Niño Index, por sus siglas en inglés), podría ser entendido como una disminución en la influencia del episodio de La Niña. Así las cosas, los menores acumulados de precipitación se presentaron hacia el flanco suroccidental de la ciudad. No obstante, en el sector de San Cristóbal donde se registraron los mayores acumulados durante el mes anterior, se tuvo una reducción del 43% de las lluvias registradas durante el mes de febrero. Ver Figura 27 y Figura 28. Pese a la reducción en las lluvias durante el mes de marzo, los acumulados registrados, aunque en menor cantidad, debieron haber contribuido con la depuración de la atmósfera por arrastre, principalmente con los eventos de lluvia de mayor intensidad como los ocurridos en las estaciones San Cristóbal, Suba y Móvil 7ma, donde los acumulados de precipitación fueron mayores en proporción con el número de días con lluvia. (Figura 28).

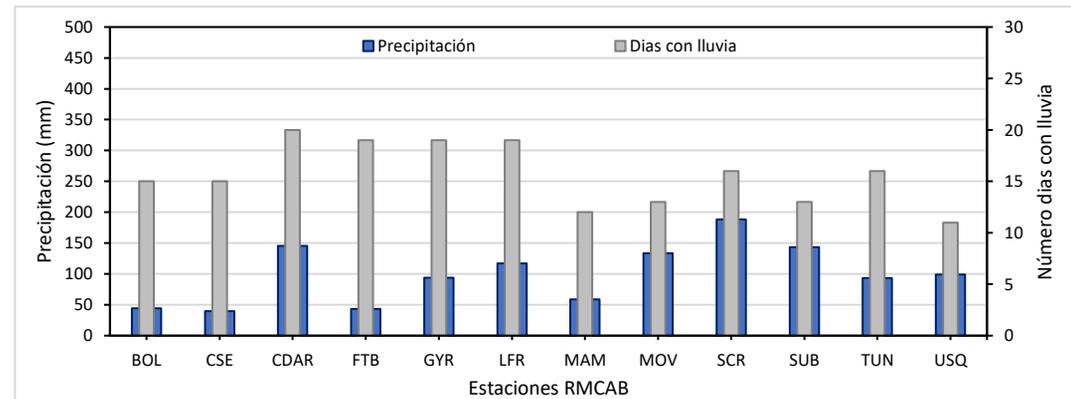


Figura 28. Precipitación media mensual y número de días con precipitación – marzo 2022

9.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LA TEMPERATURA

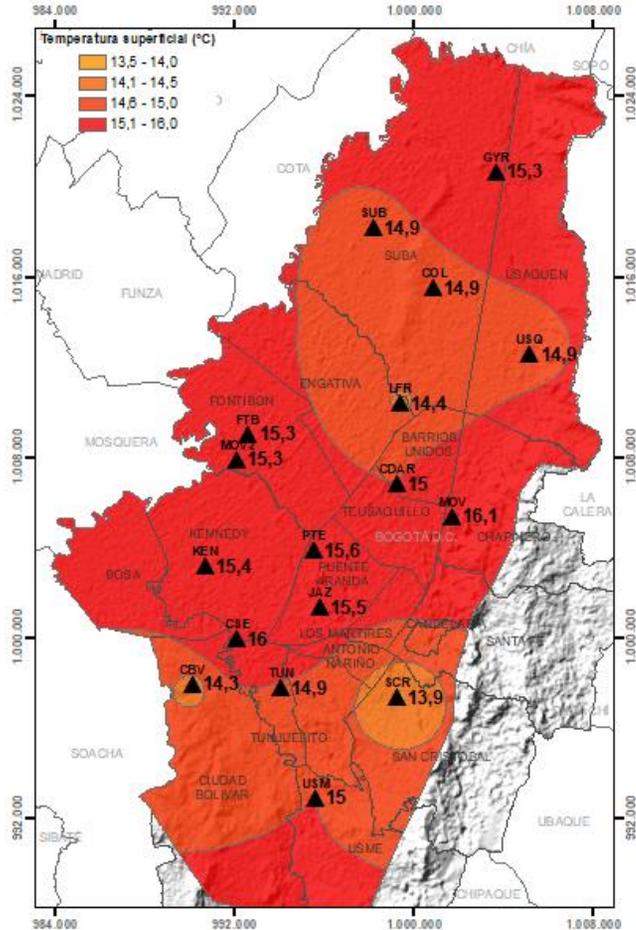


Figura 29. Mapa del promedio de temperatura superficial de la RMCAB con base en interpolación Kriging – marzo 2022

Con la reducción de las lluvias durante el mes de marzo, la temperatura del aire en superficie se vio incrementada respecto al mes anterior. Este incremento se hizo notable hacia el occidente y norte de la ciudad primordialmente. Las temperaturas medias mensuales en toda la ciudad fluctuaron entre 13,9 °C a 16,1 °C con los valores más bajos hacia el sector de San Cristóbal como frecuentemente se registra. (Figura 29).

Las temperaturas máximas absolutas se reportaron en las estaciones Tunal (26,4 °C), Kennedy (25,9 °C), CDAR (24,9 °C), Suba (25,1 °C), Móvil Fontibón (24,3) y Carvajal - Sevillana (24,1 °C). Como suele ocurrir, las mínimas absolutas se observaron en las estaciones Tunal (4,2 °C), CDAR (6,2 °C), Suba (5,8 °C) y Guaymaral (6,3°C). (Figura 30). En cuanto a la amplitud térmica, continuaron registrándose en las estaciones Tunal, Suba, CDAR y Guaymaral, en orden de magnitud, lo cual es benéfico dado su rol en la generación de convección térmica que contribuye con la mezcla y difusión de contaminantes descargados a la atmósfera durante el día.

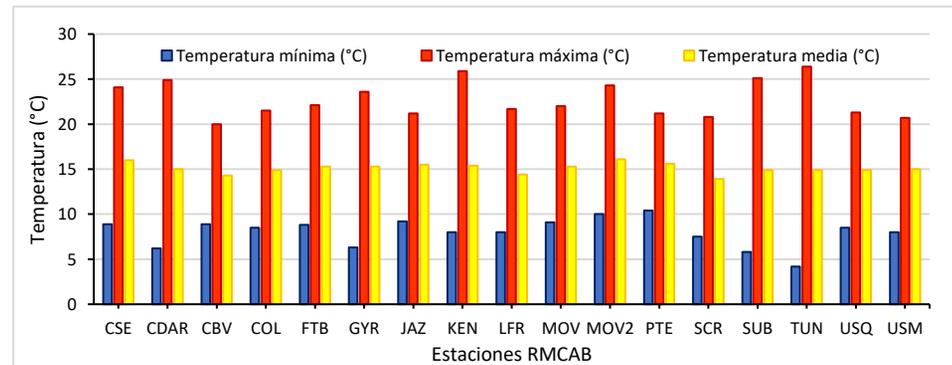


Figura 30. Temperaturas medias, máximas y mínimas absolutas por estación – marzo 2022

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

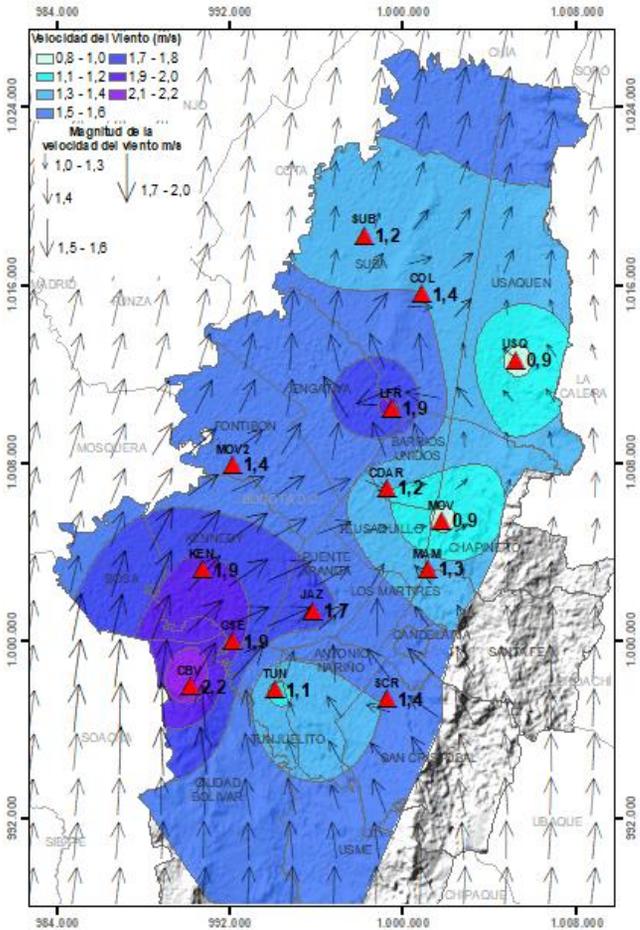


Figura 31. Velocidad promedio (Superficie en colores) y Dirección promedio (Vectores) del Viento con base en Kriging – marzo 2022

Durante el mes de marzo se continúa observando una persistencia de vientos del suroccidente como se ha presentado entre finales de 2021 y lo que va corrido de 2022, los cuales favorecen la ocurrencia de eventos de lluvia hacia el flanco oriental de la ciudad como se describió anteriormente, así como la introducción y acumulación de contaminantes por el efecto barrera de los cerros como se observa en el mapa de PM₁₀ y que frecuentemente es registrada en la estación Móvil 7ma. En promedio, las velocidades de los vientos en el suroccidente de la ciudad fluctuaron de entre 1,7 a 2,2 m/s, mientras que, los que bordearon los cerros orientales velocidades de entre 0,9 a 1,4 m/s. Particularmente, de las velocidades del viento en el norte de la ciudad presentaron valores por encima de 1 m/s. (Figura 31).

En lo que respecta a las velocidades máximas absolutas, estas se presentaron hacia el suroccidente de la ciudad, como normalmente ocurre, con valores de hasta 7,8 m/s en la estación Ciudad Bolívar. Aunque en la estación MinAmbiente se reportó un valor de 6,3 m/s. No obstante, hacia el sector de Las Ferias se registró una máxima de 5,9 m/s y en Kennedy 5,6 m/s. Son las velocidades con mayor capacidad de mezcla las cuales se registran en horas de la tarde. (Figura 32).

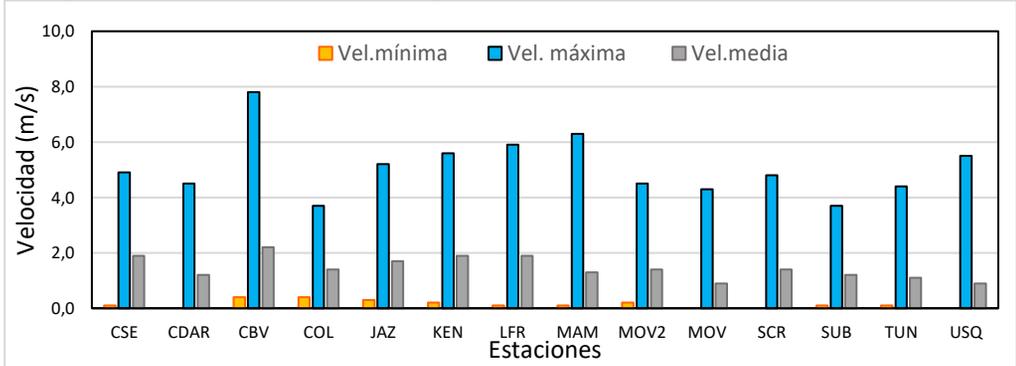


Figura 32. Velocidad del viento media, máxima y mínima absolutas por estación – marzo 2022

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME MENSUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M2	Versión: 2

10. CONCLUSIONES

- Las concentraciones más altas de material particulado se observaron al suroccidente y occidente de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Kennedy y Móvil Fontibón, mientras que los menores valores se observaron en la zona norte de la ciudad, en el área de influencia de Colina. Móvil Fontibón tuvo el promedio mensual más alto de PM₁₀ (56,6 µg/m³) y de PM_{2.5} (26,6 µg/m³); se registraron en total 13 excedencias de PM₁₀ y 9 excedencias de PM_{2.5} en el mes.
- Con respecto a los gases, Puente Aranda registró el promedio más alto de NO₂, Carvajal-Sevillana registró la concentración más alta de SO₂, Móvil 7ma tuvo el promedio más alto de CO y Usaquén registró el promedio más alto de O₃ del mes. Hubo una reducción de las concentraciones en relación al mes anterior.
- En marzo de 2022 se observó un aumento notable de las concentraciones de Black Carbon en todas las estaciones en la segunda y tercera semana del mes, registrando los valores más altos en la estación Kennedy, con valores mayores a 15 µg/m³. El aporte principal a Black Carbon fue por parte del uso de combustibles fósiles, principalmente en las estaciones Fontibón, Kennedy, Puente Aranda y Tunal. El aporte de Black Carbon por quema de biomasa se registró al final de la tercera semana y durante la cuarta semana del mes.
- Con respecto al índice IBOCA en marzo de 2022, para las concentraciones registradas de PM_{2.5} se observó una predominancia de la condición “moderada” en todas las estaciones de la RMCAB, con porcentajes mayores al 69%, aunque las concentraciones más altas se observaron en la tercera semana del mes, registrando la condición “regular” en el sur y occidente de la ciudad.
- En el mes de marzo 2022 se registraron menos precipitaciones que en el mes anterior. Las menores precipitaciones se observaron en el occidente y suroccidente, mientras que en el suroriente se registró el mayor acumulado de precipitación. Las estaciones del centro de la ciudad registraron el mayor número de días con lluvia, con 19 y 20 días del mes.
- Con relación a la temperatura superficial en marzo 2022, se observó un ligero incremento general en relación al mes anterior. San Cristóbal registró el menor valor de temperatura mensual, con 13.9°C, y Móvil 7ma tuvo el mayor promedio mensual con 16.1°C, aunque los registros horarios más altos se observaron en Kennedy y Tunal.
- Durante marzo de 2022 se evidenció que predominaron los vientos provenientes del suroccidente, los cuales influyen en la formación de lluvias. La mayor velocidad de vientos se observó en Ciudad Bolívar (2.2 m/s) y la menor velocidad en Móvil 7ma y Usaquén (0.9 m/s).

11. ANEXOS

11.1. 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 _x	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	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
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							
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	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		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	
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	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	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 142A-55	X	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	X		X	X	X

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME MENSUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M2	Versión: 2

11.2. **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 2021 (EPA, 2021)¹. 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. 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	

¹ United States Environmental Protection Agency. List of Designated Reference and Equivalent Methods, December 15, 2021. <https://www.epa.gov/system/files/documents/2021-12/designated-referene-and-equivalent-methods-12152021.pdf>

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME MENSUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M2	Versión: 2

Contaminante	Principio de Medición	Método equivalente automatizado EPA	Apéndice Parte 50 del CFR
SO ₂	Fluorescencia Pulsante en el Ultravioleta	EQSA-0495-100	A-1
		EQSA-0486-060	

11.3. DECLARACIONES

- ✓ 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.
- ✓ 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 2022.
- ✓ 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 se documenta en el instructivo interno PA10-PR03-INS8 y su registro se consigna en el formato interno PA10-PR03-F12. Lo anterior se evalúa bajo una regla de decisión binaria de Aceptación Simple, en este caso el Límite de Aceptación corresponde al mismo Límite de Tolerancia, es decir el nivel máximo permisible que establece la Resolución 2254 de 2017 para cada contaminante y tiempo de exposición.
- ✓ Dentro del análisis del presente informe se declara la conformidad de la siguiente forma: CUMPLE: Todo valor de concentración en los tiempos de exposición que sean menores o iguales al nivel máximo permisible de acuerdo con artículo No. 2, parágrafo No. 1 de la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Resolución o la que la adicione, modifique o sustituya. NO CUMPLE: Todo valor de concentración en los tiempos de exposición que sean mayores al nivel máximo permisible de acuerdo con artículo No. 2, parágrafo No. 1 de la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible Resolución o la que la adicione, modifique o sustituya. El criterio de incertidumbre se describe en los criterios de gestión metrológica.
- ✓ Este informe fue elaborado con base en el modelo de informe mensual establecido de la RMCAB relacionado 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 se realizan bajo los siguientes procedimientos internos, para los cuales se

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME MENSUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M2	Versión: 2

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

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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente:

Tabla 5. Factores de conversión de ppb y ppm a $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para concentraciones de gases

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]

11.4. ROSAS DE LOS VIENTOS

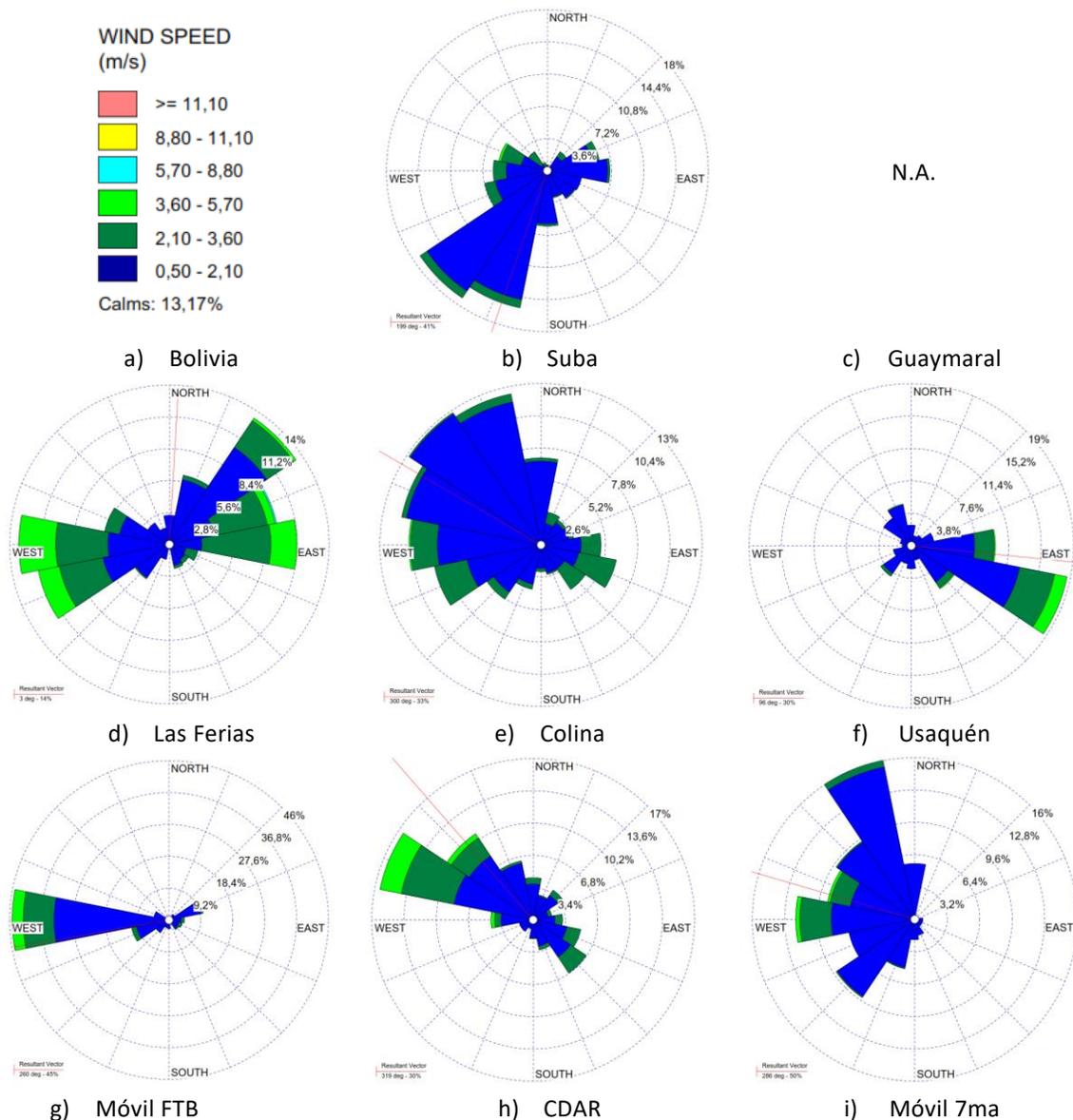
Complementariamente a la descripción anterior del comportamiento de los vientos durante el mes de marzo del año en curso, en la Figura 33 se presentan las rosas de los vientos que describen la

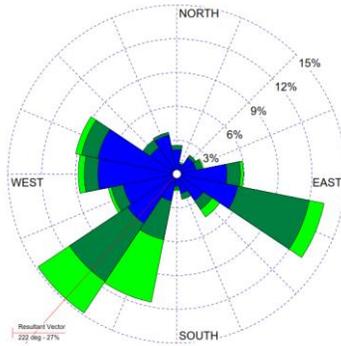
frecuencia y dirección representativa de cada estación de la RMCAB. Si bien el mapa de velocidad y dirección del viento permite visualizar en su conjunto el comportamiento promedio de los vientos durante el mes de marzo, las rosas de viento proveen información adicional que permite visualizar no solo la magnitud de la velocidad del viento y su frecuencia, sino el vector resultante (en línea roja) es decir la dirección de donde, en promedio, provienen los vientos durante el periodo analizado. Así pues, a partir de ellas se puede deducir que, en marzo de 2022 los vientos mayormente persistentes se registraron en las estaciones Móvil Fontibón con un 46% de vientos del occidente y la estación San Cristóbal con un 41% provenientes del oriente. A estas les siguen las estaciones Tunal con un 20% de vientos del sur oriente y Carvajal-Sevillana con un 19% de vientos del occidente. Estas rosas se describen para aquellas estaciones que superaron el criterio de representatividad temporal superior al 75%.

WIND SPEED (m/s)

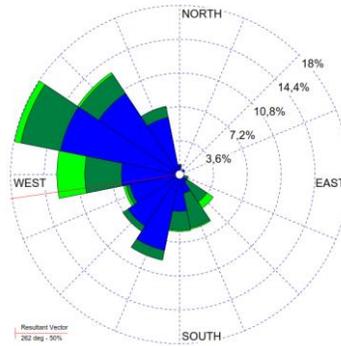


Calms: 13,17%

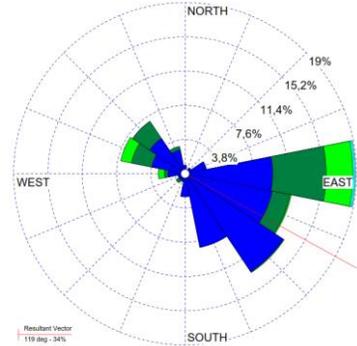




j) Kennedy

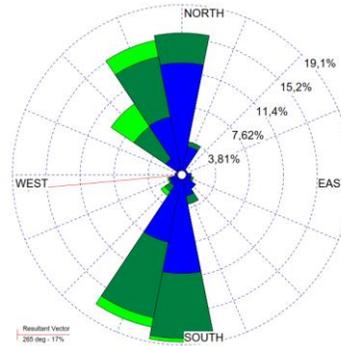


k) Jazmín

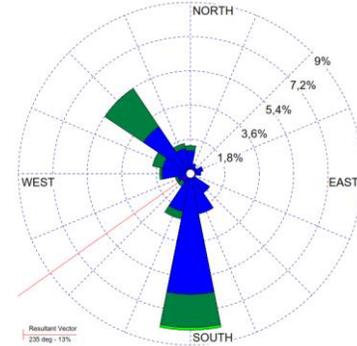


l) MinAmbiente

N.A

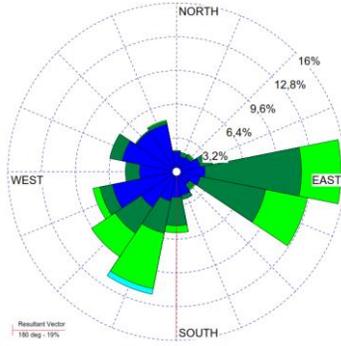


m) Bosa

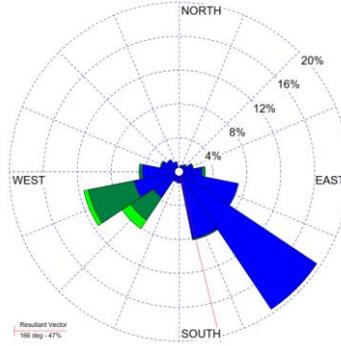


n) Carvajal-Sevillana

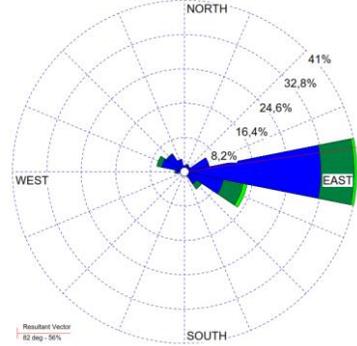
o) Usme



p) Ciudad Bolívar



q) Tunal



r) San Cristóbal

Figura 33. Rosas de los vientos – marzo de 2022

FIN DEL INFORME