	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 Abril 2022”, que se encuentra vinculado como anexo al resumen ejecutivo del proceso No. 5485334 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 31 de mayo de 2022. En esta segunda versión se realizaron los siguientes ajustes con respecto a la primera versión del documento:

- Modificación de la concentración promedio mensual de CO en el mapa de la distribución espacial de las concentraciones mensuales para Abril de 2022 en la estación Usme, pasando de 580 a 582 μ/m^3 , 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 abril de 2022 se tuvo una (1) excedencia diaria de las concentraciones de material particulado menor a 10 micras PM_{10} y una (1) excedencia de las concentraciones de material particulado menor a 2.5 micras $PM_{2.5}$. En cuanto a las concentraciones 8h de Ozono O_3 se registraron dos (2) excedencias, para dióxido de nitrógeno NO_2 , dióxido de azufre SO_2 , y monóxido carbono CO no se registraron excedencias a la normatividad.

En el mes de abril se evidenció un descenso significativo en las concentraciones de material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y en las concentraciones de los gases CO, SO_2 y NO_2 , 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 O_3 , en la mayoría de las estaciones se presentó un aumento característico respecto a las concentraciones registradas en marzo 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. 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, se precisa que desde el 30 de marzo empezaron obras civiles en la clínica Corpas (predio en donde se encuentra la estación Suba) y en MinAmbiente se evidenciaron emisiones provenientes de la quema de madera por parte de campamentos provisionales de comunidades indígenas en las inmediaciones de la estación. Lo anterior pudo influir en los registros de concentración de las estaciones Suba y MinAmbiente.

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

Finalmente, como novedad durante el mes, se realizó el procesamiento de la información de variables meteorológicas y contaminantes criterio de los meses de enero, febrero y marzo de 2022 para cargue al Subsistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAIRE. También, el grupo operativo de campo de la RMCAB atendió visitas para mantenimiento de equipos que presentaron fallos en diferentes estaciones, instalo el sensor de velocidad y dirección del viento en Puente Aranda y vigiló atentamente la estación Suba por reparaciones eléctricas en la zona.

Adicionalmente, se gestionaron y realizaron visitas en diferentes predios, para la selección de la nueva ubicación de la estación Bosa, se realizó la gestión documental de proyección de documentos para el proceso contractual de compra de sensores meteorológicos y se publicó un nuevo procedimiento interno del Laboratorio Ambiental de la SDA.

Nota:

Este informe “Informe mensual de calidad del aire abril 2022-v2”, se encuentra vinculado como anexo al resumen ejecutivo del proceso No. 5667259 del Sistema de Información Ambiental FOREST de la Secretaría Distrital de Ambiente.

2. INTRODUCCIÓN

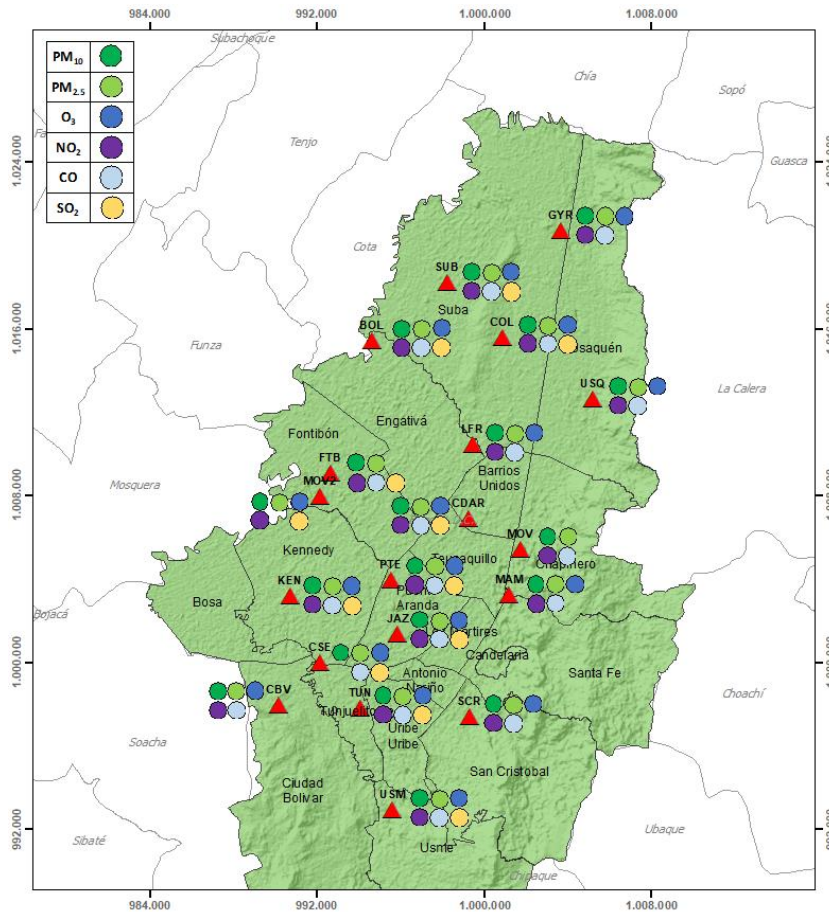


Figura 1. Estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB distribuidas a lo largo y ancho de Bogotá D.C.

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 abril de 2022 la temperatura interna osciló entre los 20 y 30°C en la mayoría de las estaciones, sin embargo, en la estación Móvil 7ma se registraron temperaturas de hasta 12,4°C, lo cual corresponde a un problema temporal con el aire acondicionado de la estación. 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 15,2% y 73,8% 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 abril, se realizó el procesamiento de la información de variables meteorológicas y contaminantes criterio de los meses de enero, febrero y marzo de 2022 para cargue al Subsistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAIRE.

De otra parte, durante el mes, el grupo operativo de campo de la RMCAB atendió visitas para el mantenimiento de equipos que presentaron fallos en las estaciones Bolivia, Usme, Puente Aranda y Jazmín y realizó la instalación del sensor de velocidad y dirección del viento en Puente Aranda. También permaneció en constante vigilancia en la estación Suba ya que se presentaron frecuentes cortes de energía por reparaciones en la red eléctrica de la zona por parte de Enel - Codensa. Asimismo, se gestionaron y realizaron visitas en diferentes predios, para la selección de la nueva ubicación de la estación Bosa.

Por último, se realizó la gestión documental de proyección de documentos para el proceso contractual de compra de sensores meteorológicos y se publicó el nuevo procedimiento interno PA10-PR19 “Funcionamiento y operación de las actividades en el Laboratorio Ambiental de la SDA” en el que se establecen las actividades para garantizar el funcionamiento y la operación del Laboratorio Ambiental de la SDA en cumplimiento a los requisitos de la NTC-ISO/IEC 17025:2017.

  	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. 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 abril 2022.

4.1. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE PM₁₀

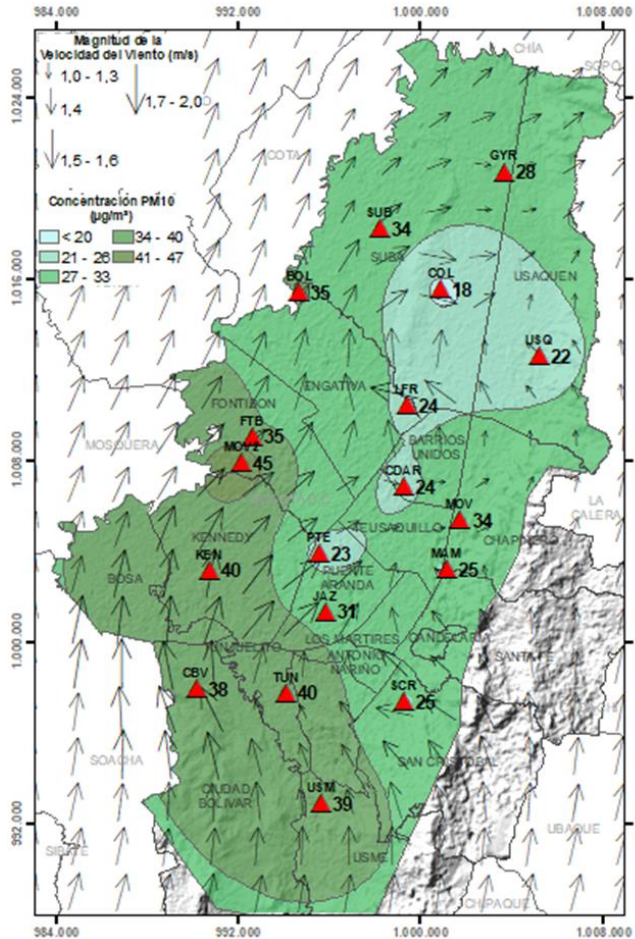


Figura 2. Distribución espacial concentraciones mensuales PM₁₀ – abril 2022

Las concentraciones promedio mensuales más altas se presentaron en el occidente en Móvil Fontibon (44,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y en el suroriente en Tunal (40,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), mientras que las menores concentraciones se registraron en el norte en Colina (18,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y Usaquen (22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Las concentraciones máximas diarias más altas para el mes corresponden a 88,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Tunal y a 74,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Suba; solo la concentración de Tunal sobrepasó el nivel máximo definido por la norma nacional diaria (75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). En el mes se registró en total una (1) excedencia de las concentraciones promedio 24 horas, la cual NO CUMPLIÓ con el nivel máximo permisible de la norma de PM₁₀ y fue 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.

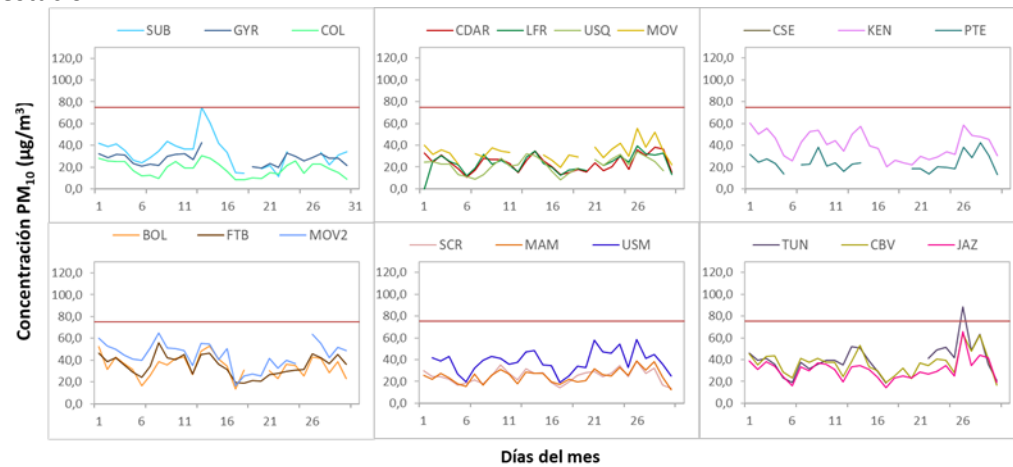


Figura 3. Concentraciones diarias PM₁₀ por estación de monitoreo – abril 2022

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

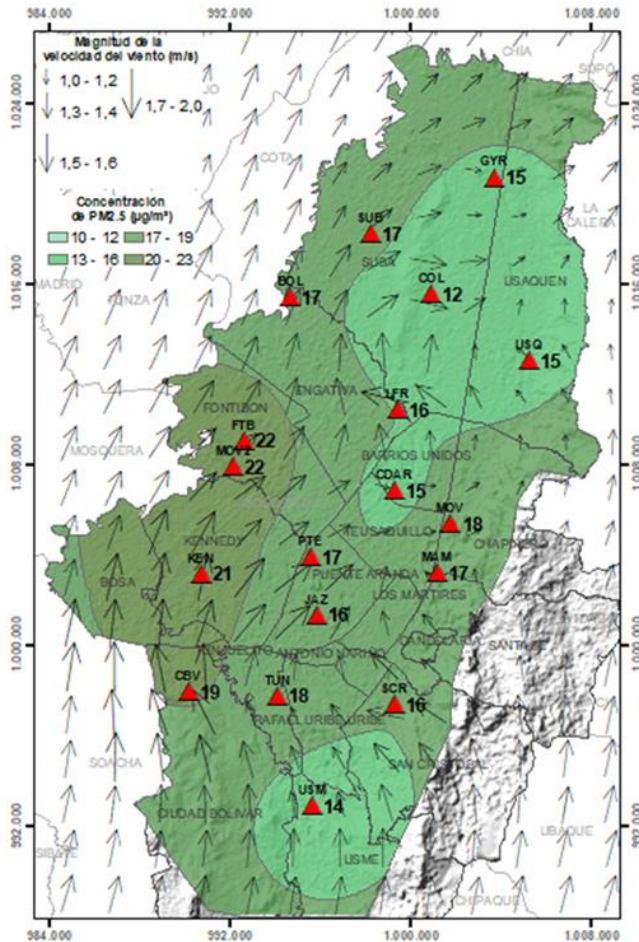


Figura 4. Distribución espacial concentraciones mensuales PM_{2.5} – abril 2022

Las concentraciones promedio mensuales más altas se presentaron en el occidente en Móvil Fontibón (22,5 µg/m³) y en Fontibón (21,7 µg/m³), mientras que las menores concentraciones se registraron en el norte en Colina (11,9 µg/m³) y en el suroriente en Usme (14,4 µg/m³). Las concentraciones máximas diarias más altas para el mes corresponden a 40,0 µg/m³ en Tunal y 32,2 µg/m³ en Ciudad Bolívar; solo la concentración de Tunal sobrepasó el nivel máximo definido por la norma nacional diaria (37 µg/m³). En el mes se registró en total una (1) excedencia de las concentraciones promedio 24 horas, la cual NO CUMPLIÓ con el nivel máximo permisible de la norma de PM_{2.5} y fue 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.

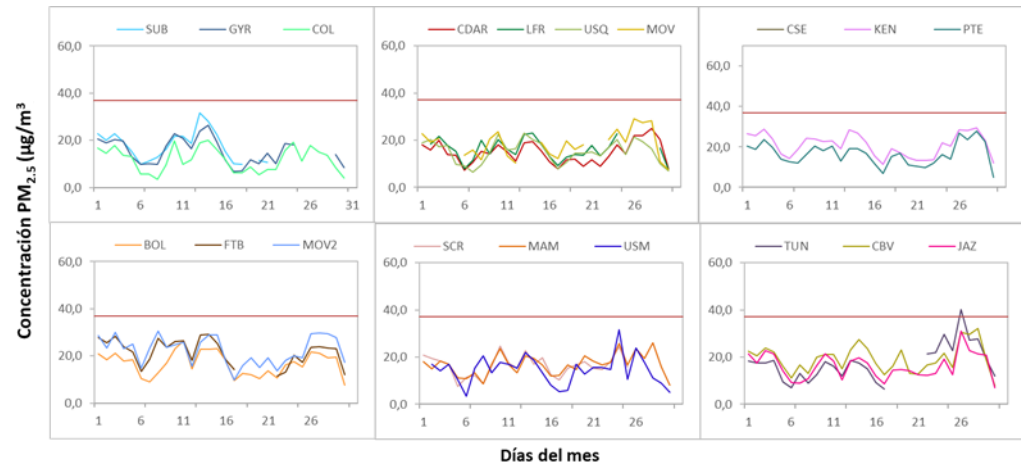


Figura 5. Concentraciones diarias PM_{2.5} por estación de monitoreo – abril 2022

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 abril 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 6, 12 y 30 de abril. Asimismo, las concentraciones de material particulado se incrementaron los días 3, 24 y 26 de abril que coinciden con disminuciones en la velocidad del viento. Por otro lado, los días 18, 19 y 24 presentaron precipitaciones más altas que el resto del mes, el 18 y 19 se evidencian disminuciones considerables en el material particulado, las cuales se acompañaron de ascensos en la velocidad del viento y el 24 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.

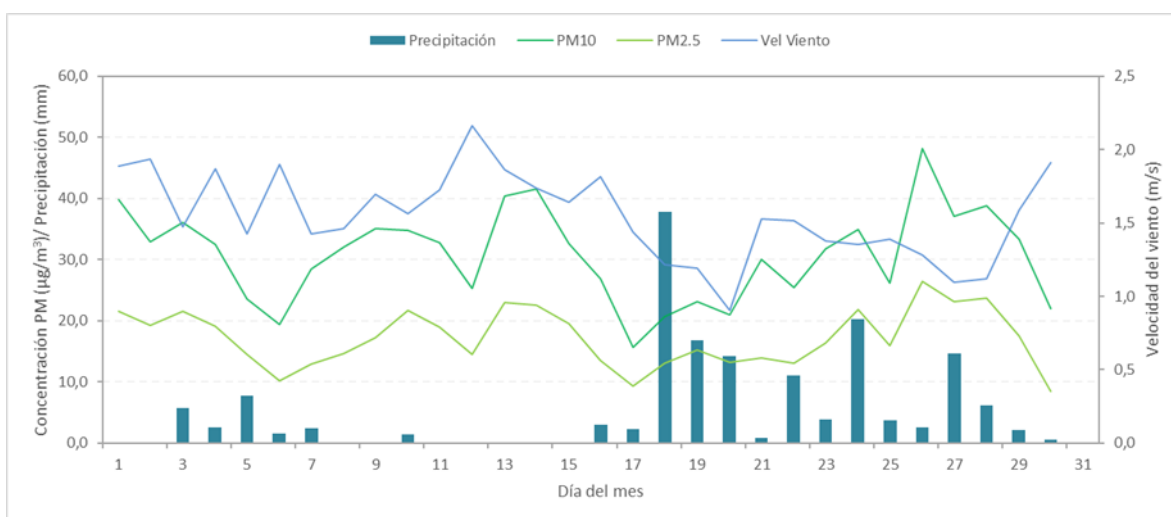



Figura 6. Promedio de concentración PM₁₀ y PM_{2.5}, precipitación y velocidad del viento a nivel ciudad – abril 2022

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 abril 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 y en la Figura 8 para la estación Guaymaral.

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

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

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 4, el 26 y el 29 de abril y la Figura 8 correspondiente a la estación Guaymaral el 11, el 14 y el 28 de abril.

TUNAL

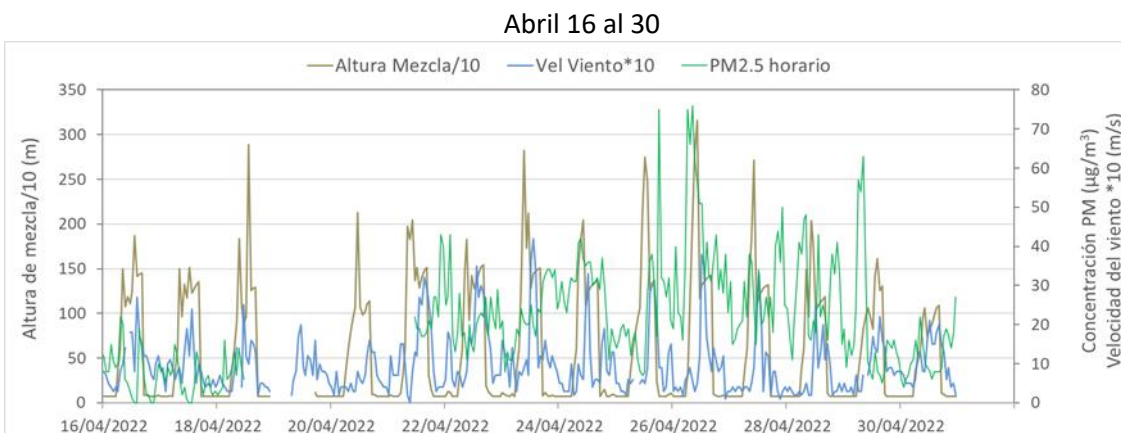
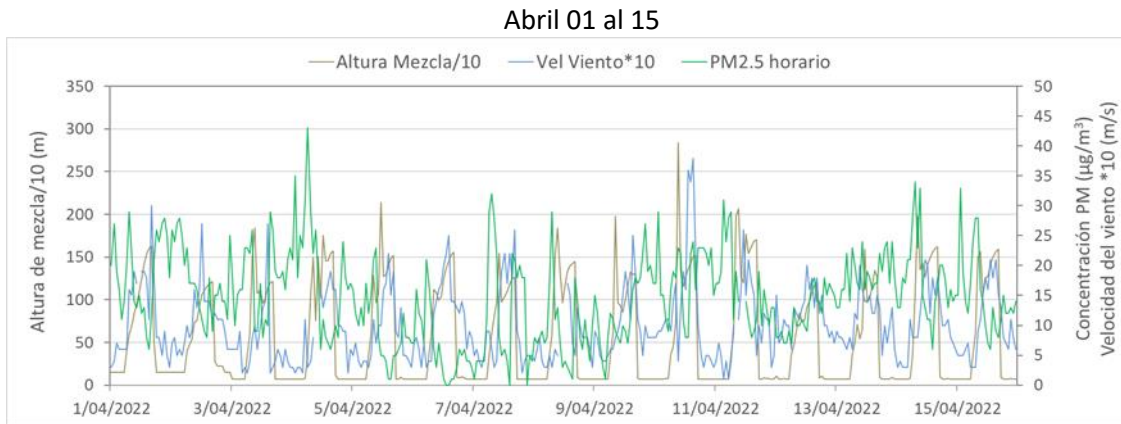


Figura 7. Comparación altura de mezcla, concentraciones PM_{2.5} y velocidad del viento estación Tunal - abril 2022

GUAYMARAL

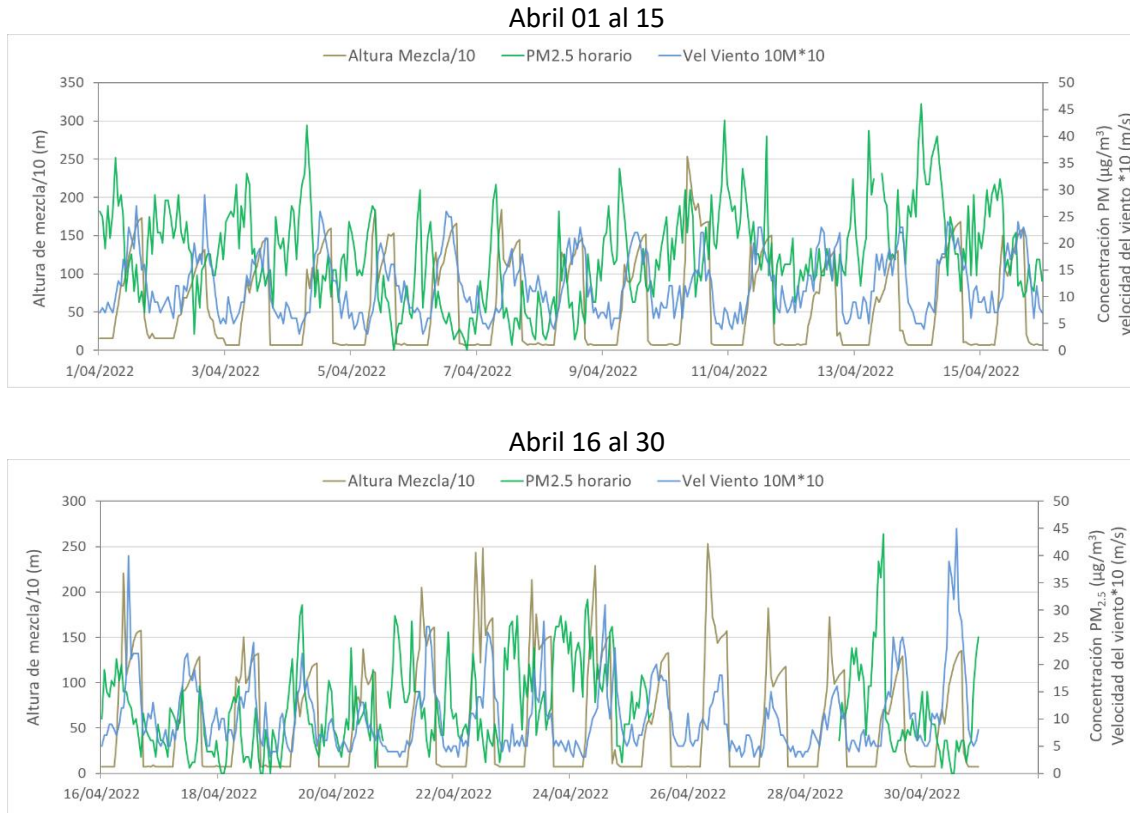


Figura 8. Comparación altura de mezcla, concentraciones $PM_{2.5}$ y velocidad del viento estación Guaymaral - abril 2022

5. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE O_3 , SO_2 , NO_2 Y CO

En la Figura 9 se observan las concentraciones promedio mensuales registradas en las estaciones de la RMCAB para el mes de abril 2022; el valor promedio más alto de SO_2 fue registrado en la estación Ciudad Bolívar el valor promedio más alto de CO se presentó en la Móvil 7ma, el mayor registro de NO_2 se presentó en Puente Aranda (estos gases están asociados a la combustión), mientras que el promedio más alto de O_3 se evidenció en Usaquén, siendo las zonas norte y suroccidente de la ciudad las que tuvieron los niveles más elevados de gases criterio en el mes.

Por otro lado, se registraron dos (2) excedencias de las concentraciones promedio 8h para O_3 de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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: SO_2 : $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para datos 24h, SO_2 :

100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para datos 1h, CO: 35000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para datos 1h, CO: 5000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para datos 8h, y NO₂: 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para datos 1h.

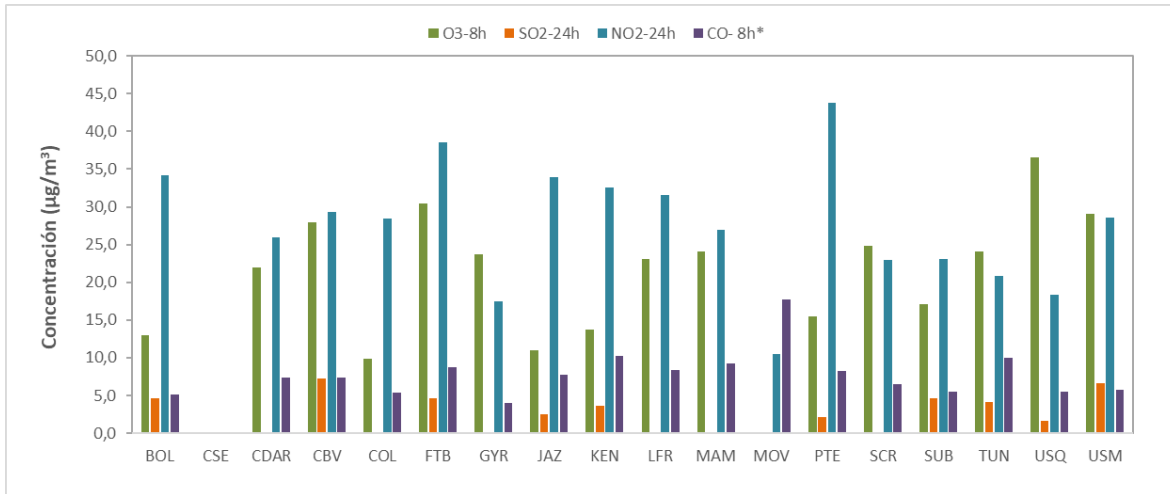
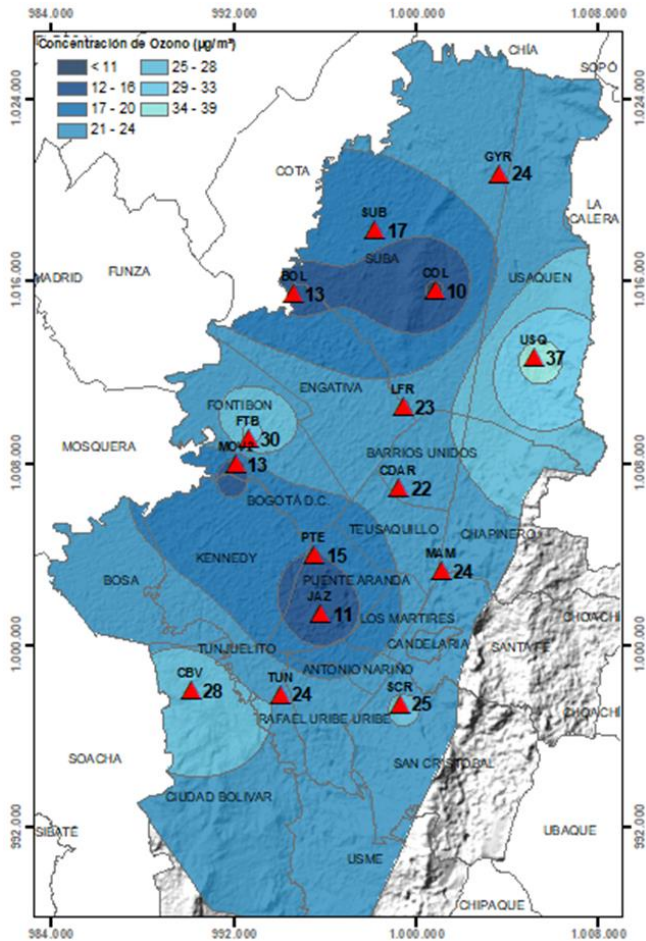


Figura 9. Concentraciones mensuales de gases (O₃, SO₂, NO₂ y CO) por estación de monitoreo - abril 2022

*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



En el mapa de la Figura 10, se representa la distribución espacial de las concentraciones promedio mensuales de O₃ con base en datos media móvil 8 horas para el mes de abril de 2022. Se observa que las concentraciones más altas predominan en el norte y occidente de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Usaquén y Fontibón. Por otro lado, las concentraciones más bajas se evidencian en el suroccidente y noroccidente, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Jazmín y Bolivia.

Las estaciones Kennedy (53%) y Usme (13%) no alcanzaron el 75% de representatividad temporal ya que se presentaron datos atípicos que tuvieron que ser invalidados. Carvajal – Sevillana no registro datos debido a que no se pudieron realizar los mantenimientos rutinarios por inconvenientes con el acceso a la estación.

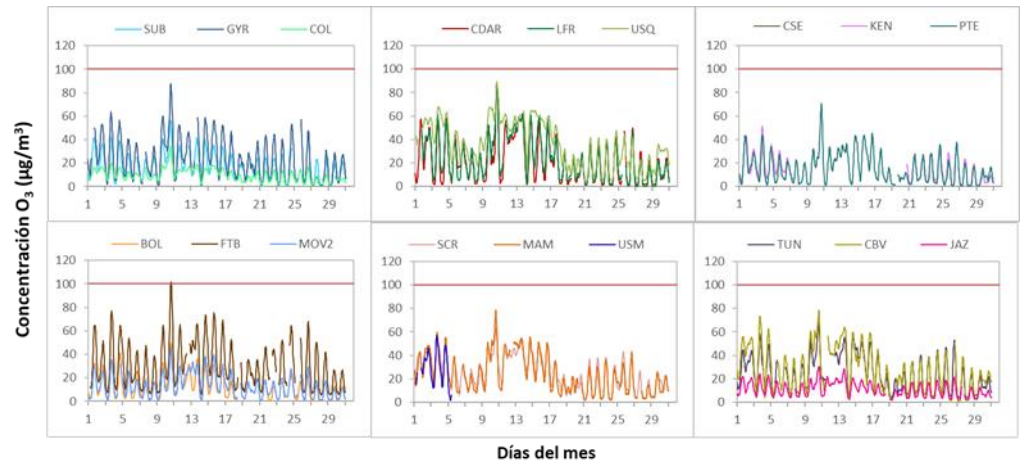
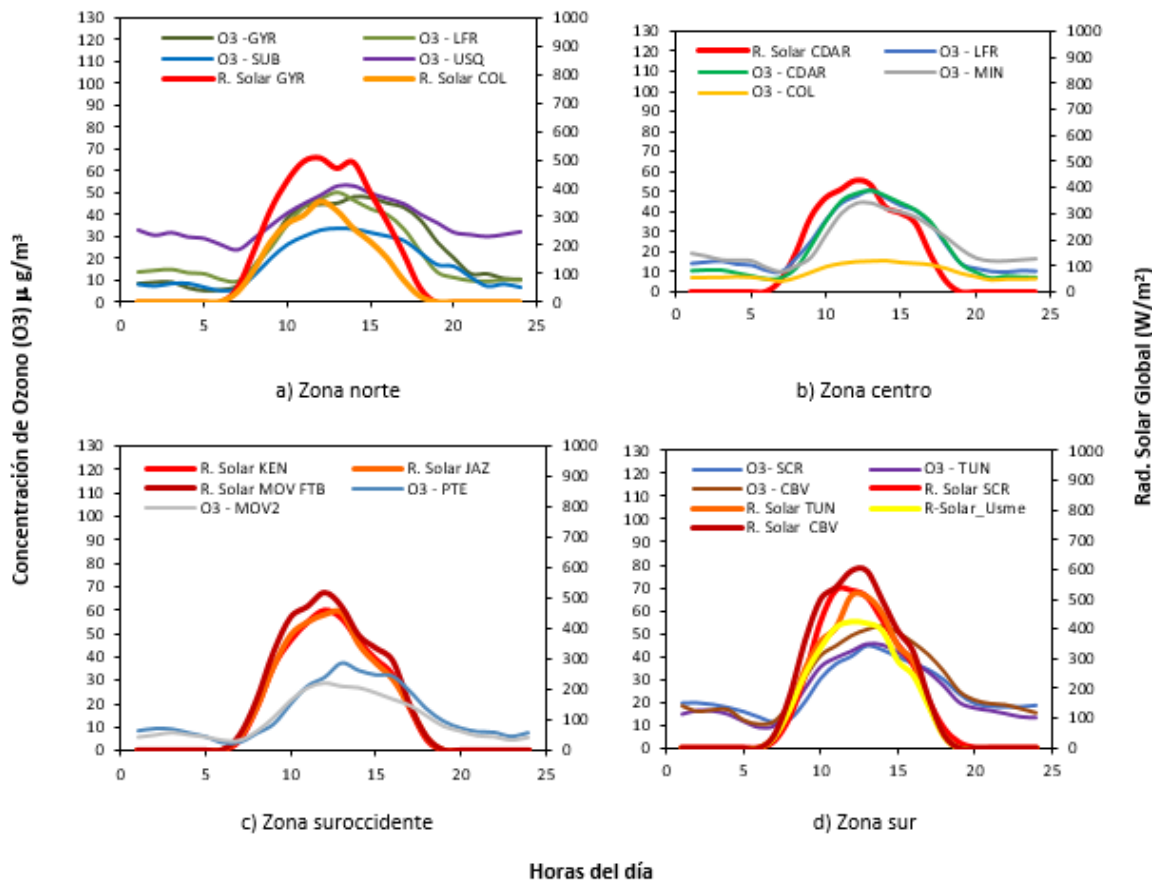


Figura 11. Concentraciones media móvil 8 horas de O₃ por estación de monitoreo - abril 2022

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



Con el incremento de la nubosidad por la temporada de lluvias, se redujo la cantidad de radiación solar entrante, y con ello la producción de ozono troposféricos por fotodisociación. En abril las mayores cantidades medias de radiación solar en la hora de mayor incidencia solo alcanzaron valores de hasta 596 W/m² en la estación Ciudad Bolívar. Así mismo, en las concentraciones de ozono se vieron reducciones de alrededor de 5 µg/m³ con respecto al mes anterior. Los mayores valores de ozono en la hora de mayor producción alcanzaron magnitudes menores a 53 µg/m³ en la estación Usaquén, donde se presentaron concentraciones mínimas de 24 µg/m³, como concentración de base o de fondo del sector independientemente de la hora del día, de lo que se deduce que en horas nocturnas y de la madrugada, la fuente de ozono en el sector de Usaquén es debida a un proceso diferente a la fotodisociación. (Ver Figura 12). Valores de fondo se observan también las estaciones Ciudad Bolívar, San Cristóbal y Tunal, con valor mínimo promedio de 10 µg/m³.

Figura 12. Comportamiento horario de las concentraciones de O₃ (µg/m³) y su relación con la Radiación Solar entrante (W/m²) – abril 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

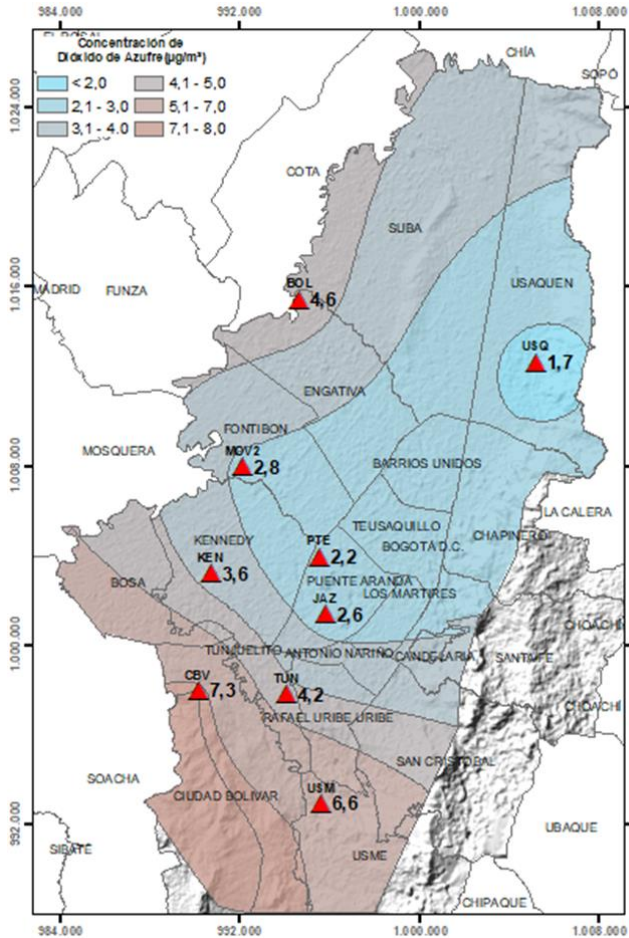


Figura 13. Distribución espacial concentraciones mensuales SO₂ – abril 2022

En el mapa de la Figura 13 se representa la distribución espacial de las concentraciones promedio mensuales de SO₂ para el mes de abril de 2022 con base en los datos 24 horas. Se observa que las concentraciones más altas predominan en el suroccidente y suroriente de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Ciudad Bolívar y Usme. Por otro lado, las concentraciones más bajas se evidencian en el suroriente y noroccidente, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Tunal y Bolivia.

No alcanzaron el 75% de representatividad temporal las estaciones Suba (23%), C.D.A.R. (0%) y Fontibón (60%), ya que se presentaron datos atípicos que tuvieron que ser invalidados. Carvajal – Sevillana no registro datos debido a que no se pudieron realizar los mantenimientos rutinarios por inconvenientes con el acceso a la estación.

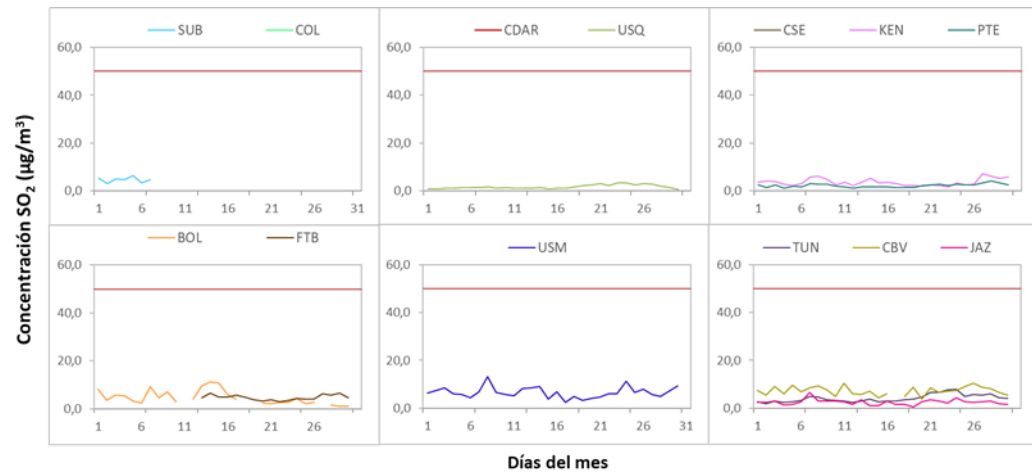


Figura 14. Concentraciones promedio mensuales de SO₂ por estación de monitoreo - abril 2022

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

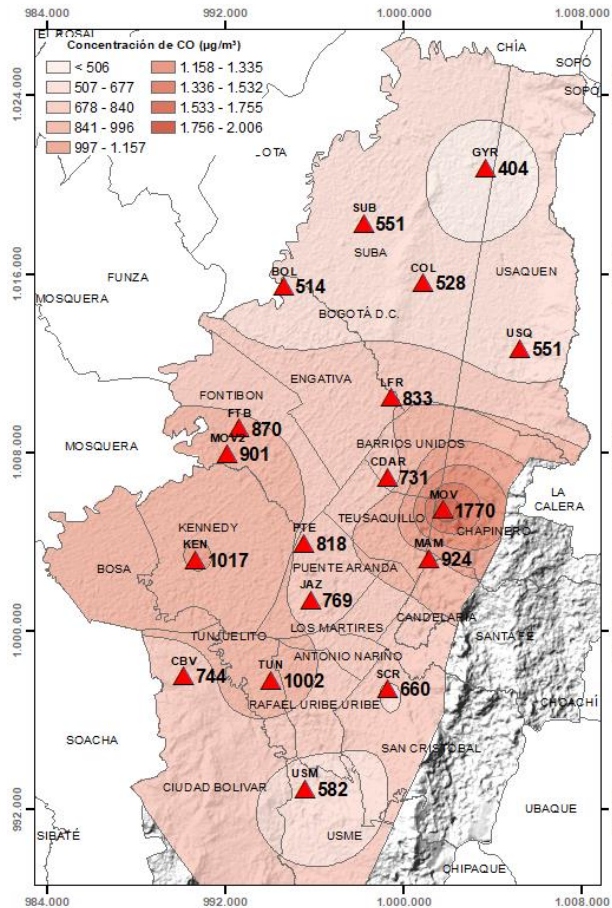


Figura 17. Distribución espacial concentraciones mensuales CO – abril 2022

En el mapa de la Figura 17 se representa la distribución espacial de las concentraciones promedio mensuales de CO con base en datos media móvil 8 horas para el mes de abril de 2022. Se observa que las concentraciones más altas predominan en el norte y suroccidente de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Móvil 7ma y Kennedy. Por otro lado, las concentraciones más bajas se evidencian en el noroccidente y norte de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Bolivia y Guaymaral.

La estación Carvajal – Sevillana no registro datos debido a que no se pudieron realizar los mantenimientos rutinarios por inconvenientes con el acceso a la estación.

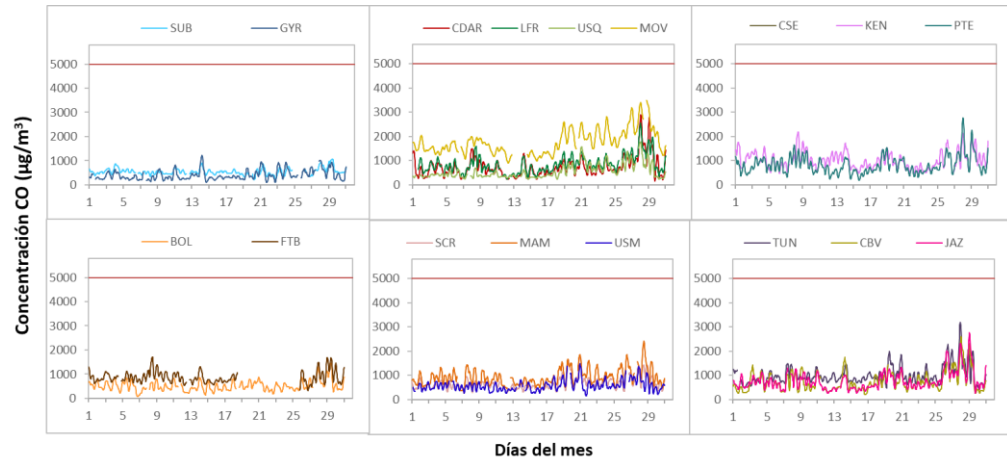


Figura 18. Concentraciones media móvil 8 horas de CO por estación de monitoreo - abril 2022

	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 abril de 2022, siete de las ocho estaciones que tiene instalados monitores de BC registraron más del 75% de las concentraciones horarias, reportando concentraciones representativas del periodo de tiempo mencionado. La estación de Carvajal -Sevillana no registró datos de BC durante este mes. Adicionalmente, la estación Las Ferias no 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 la estación de Puente Aranda aporta emisiones de manera significativa, por lo que se reubicó uno de los instrumentos de medición de Black Carbon a la estación anteriormente mencionada.

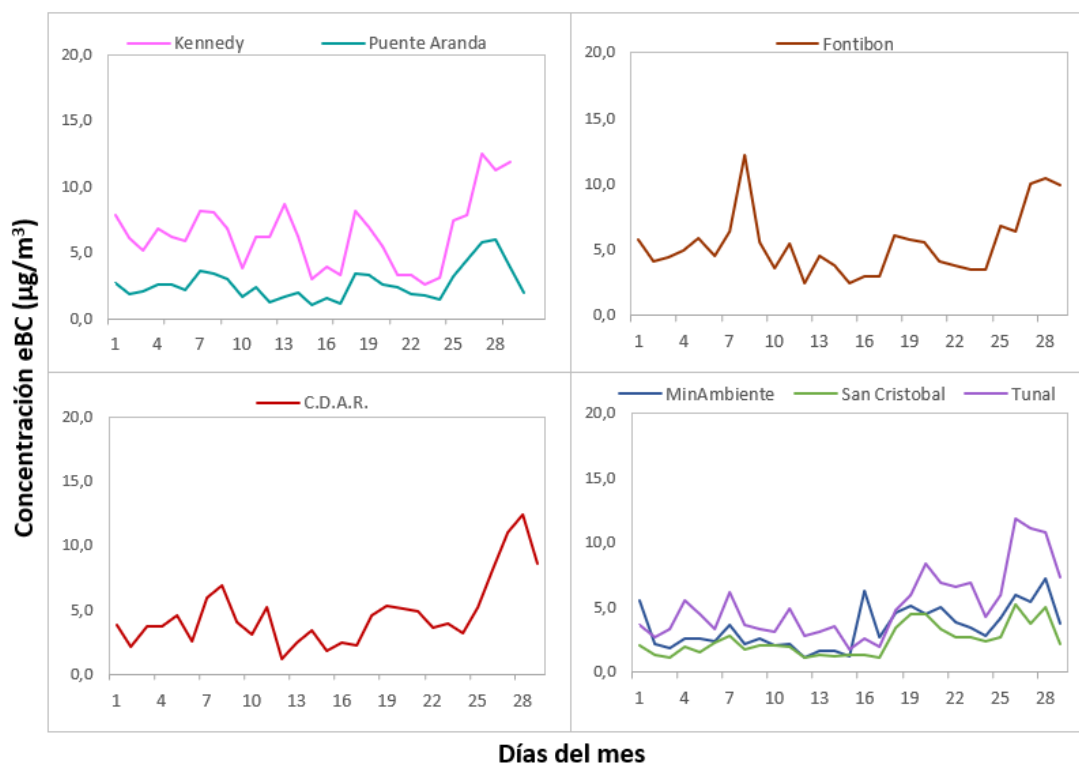


Figura 19. Comportamiento de las concentraciones diarias de BCe para abril 2022

La Figura 19 presenta la serie temporal de las concentraciones diarias (24h) de BCe para las estaciones ubicadas en cada zona de la ciudad. Durante la tercera y cuarta semana del mes se evidencia un aumento en las concentraciones en todas las estaciones, en donde se registran valores entre 10 y 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo la estación de Centro de Alto Rendimiento la que registro un valor máximo de 12,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, el día 27.

Por otro lado, la estación de Fontibón presenta un aumento de concentraciones el día 8 con un valor de 12,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; por otro lado, las estaciones MinAmbiente, Puente Aranda y San Cristóbal no registran concentraciones superiores a los 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ durante las primera y segunda semana del mes.

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.

La Figura 20 muestra el número de incendios activos detectados por el sensor MODIS durante el mes de abril 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 (5046), en la categoría 2 (310), en la categoría 3 (13) y en la categoría 4 (2); los días 2, 9 y 23 del mes se caracterizaron por registrar una mayor cantidad de incendios correspondientes a 545, 571 y 467, respectivamente.

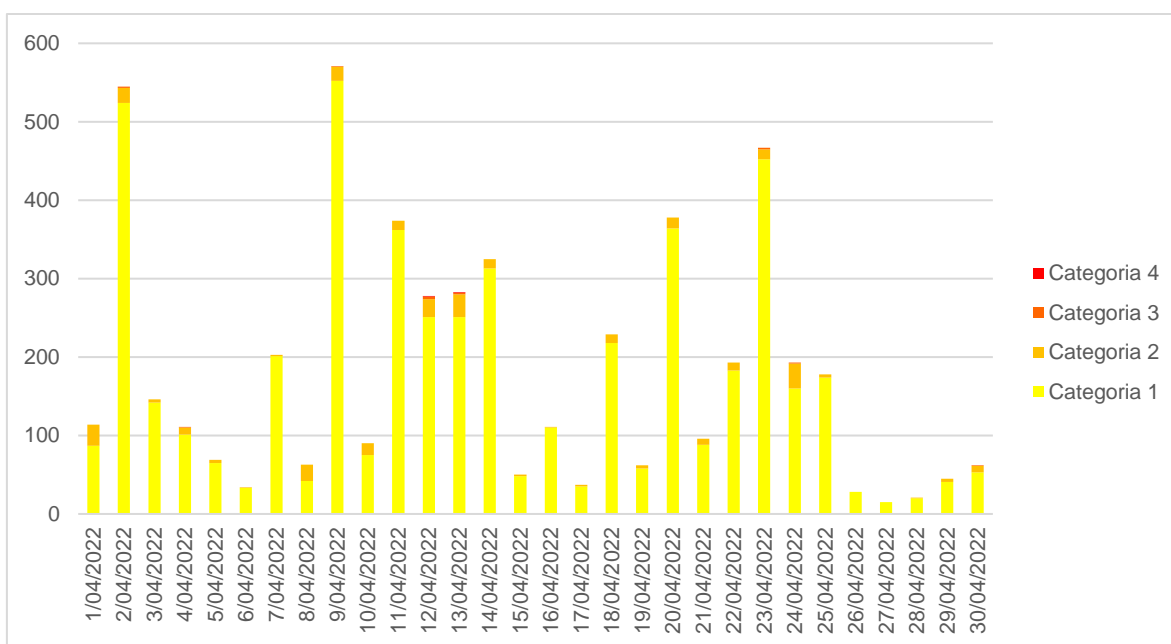


Figura 20. Gráfico de frecuencia de incendios activos censados por MODIS durante el mes de abril de 2022. La categoría 1 corresponde a incendios con poder radiativo (FPR) menor a 100 MW, la categoría 2 a los incendios con 100<FPR<500, la categoría 3 incendios con 500<FRP<1000, la categoría 4 incendios con 1000<FRP<1500 y la categoría 5 con FRP>1500.

En la Figura 21 se puede observar la distribución espacial de incendios activos y las retrotrayectorias de vientos que se presentaron durante el mes en días donde se registraron altas concentraciones de BCe. Durante la última semana del mes (Figura 21a y Figura 21b) se evidencia una presencia de incendios en las regiones Caribe, Andina y Orinoquia colombiana que, por las direcciones de vientos presentadas en sentido oriente-occidente desde Venezuela hasta la ciudad de Bogotá, influyeron directamente en los aumentos de las concentraciones del contaminante; sin embargo, las trayectorias de vientos y baja densidad de incendios presentes el 28 de abril, día con altas concentraciones de BCe, no muestran direcciones que pudieran haber transportado partículas desde zonas donde hubo fuegos activos (Figura 21c).

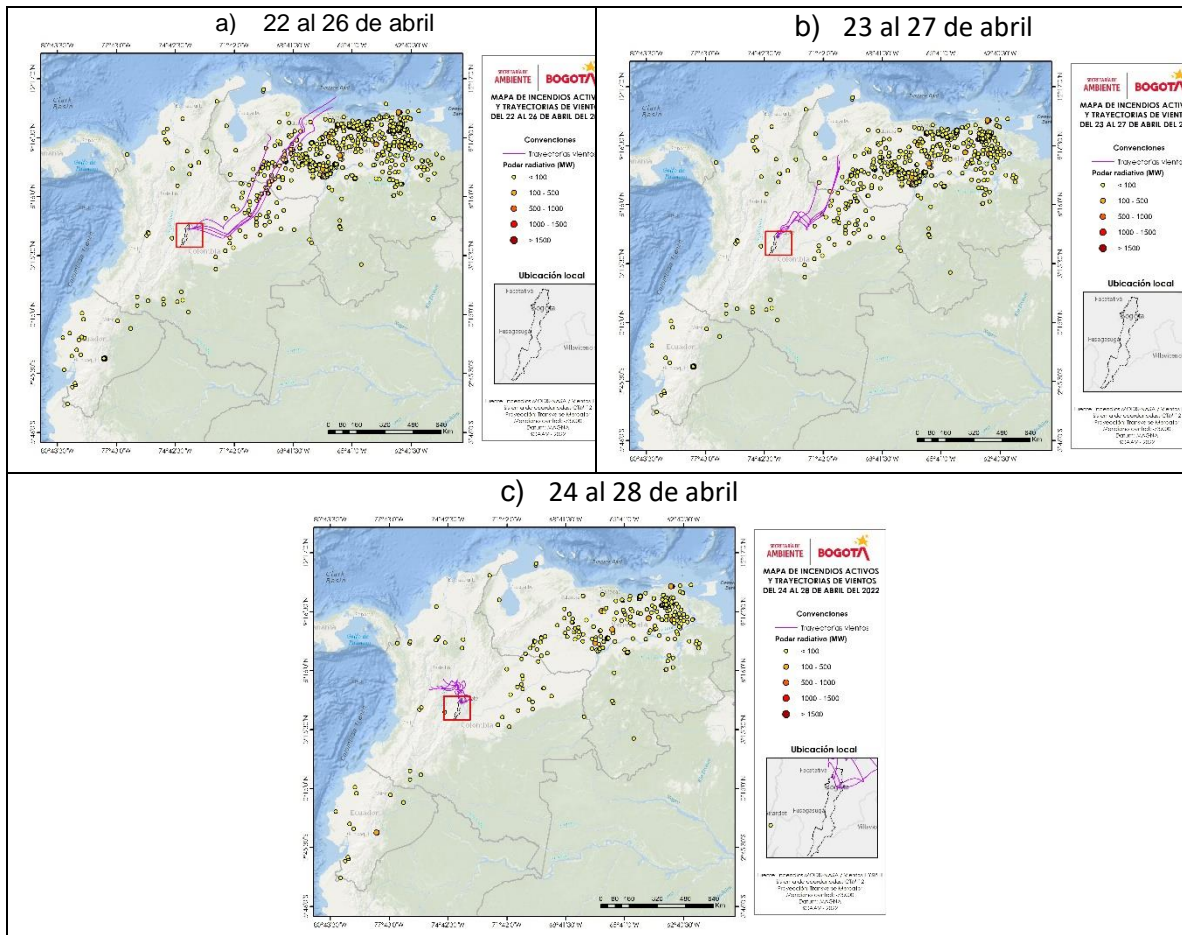


Figura 21. Distribución espacial de incendios activos y retrotrayectorias de vientos de días con mayor concentración de Bc

La Figura 22 muestra el comportamiento temporal del mes de abril de 2022 de Black Carbon del porcentaje por quema de biomasa BC(bb) comparados con el porcentaje de Black Carbon por 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 la primera y la segunda semana, en donde las estaciones Centro de Alto Rendimiento, Fontibón, San Cristóbal y Tunal presentan un porcentaje de aumento entre el 10 y 20%. Adicionalmente, la estación MinAmbiente fue la que registro el mayor porcentaje de quema de biomasa, especialmente los días 2, 13, 14 y 15 que supero el 20%.

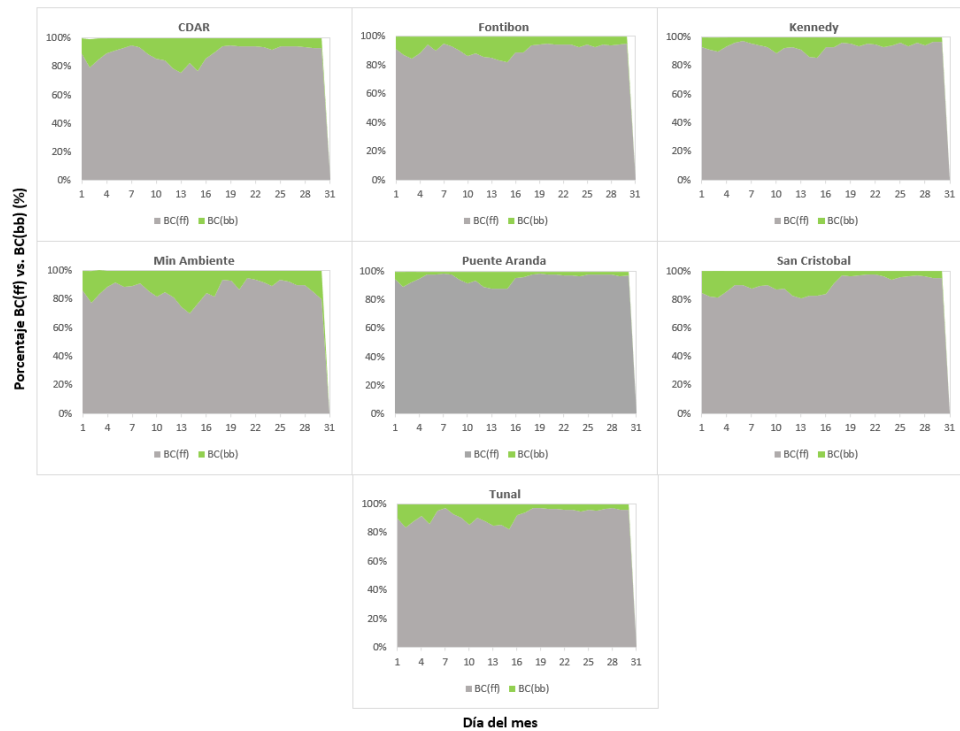


Figura 22. Serie temporal porcentaje de quema Black Carbon de combustibles fósiles BC(ff) vs. Black Carbon de quema de biomasa BC(bb) – abril 2022

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.

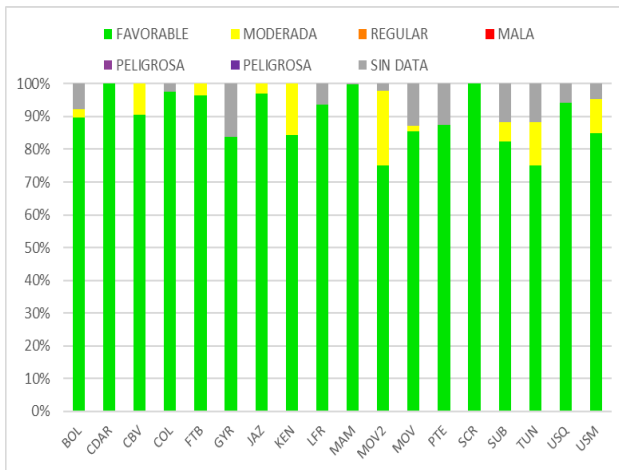


Figura 23. IBOCA para PM₁₀ por estación – abril 2022

La Figura 23 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 abril 2022. Se observa que la condición “favorable” predominó en todas las estaciones, la cual se registró durante el 100% del mes en Centro de Alto Rendimiento, MinAmbiente y San Cristóbal. Además, se evidenció un porcentaje notable de la condición “moderada” en las estaciones Kennedy y Móvil Fontibón, con un porcentaje de 16 y 23% respectivamente.

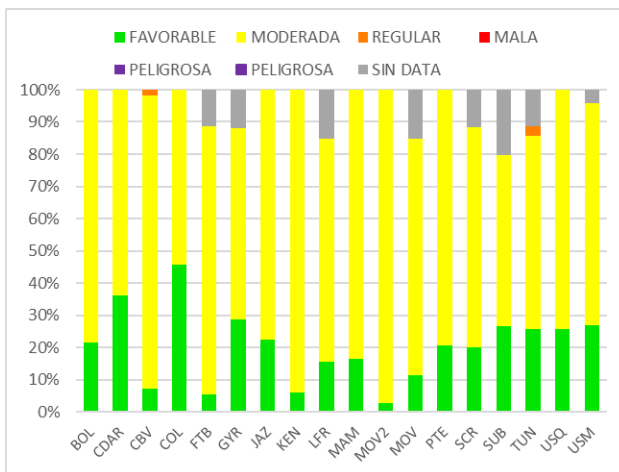


Figura 24. IBOCA para PM_{2.5} por estación – abril 2022

La Figura 24 muestra el comportamiento del IBOCA para los promedios móviles de las concentraciones 24 horas de PM_{2.5} por estación. Se observa que en el mes de abril 2022 predominó la condición “moderada” en todas las estaciones, registrando los porcentajes más altos en Móvil Fontibón (97%) y Kennedy (94%). La condición “favorable” no superó el 30% en la mayoría de las estaciones, en Colina y Centro de Alto Rendimiento se observaron porcentajes mayores, con 46 y 36% respectivamente. También se observaron algunos datos en condición “regular” en Tunal y Ciudad Bolívar, pero representaron menos del 3% de los datos del mes.

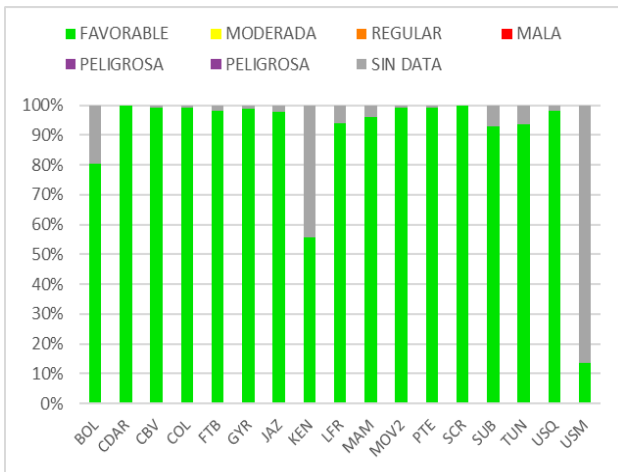
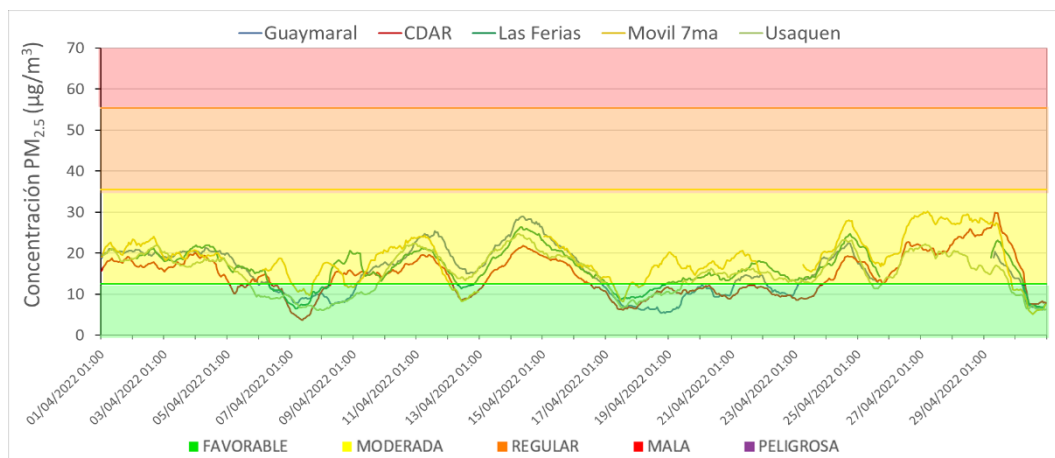


Figura 25. IBOCA para O₃ por estación – abril 2022

La Figura 25 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 abril 2022. Se observa que la categoría “favorable” predomina durante todo el mes en las estaciones de la RMCAB que registraron datos de O₃ en el mes. La estación Usme registró varios datos atípicos que fueron invalidados, por ello tuvo baja representatividad temporal en el mes.

8. EVENTOS DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

En la Figura 26 se observan las concentraciones de PM_{2.5} media móvil 24 horas registradas en las estaciones de la RMCAB durante el mes de abril de 2022. Se evidencia que las concentraciones permanecieron en su mayoría en la condición “moderada”, con los mayores incrementos a mediados y finales del mes, mientras que las concentraciones más bajas se observaron en los días cercanos a los fines de semana de la primera y tercera semana del mes, coincidiendo principalmente en los domingos, cuando hubo menos actividad en la ciudad. Entre los días 17 y el 23 varias estaciones registraron datos en la condición “favorable”, lo cual pudo estar influenciado por el incremento de las precipitaciones en la tercera semana del mes.



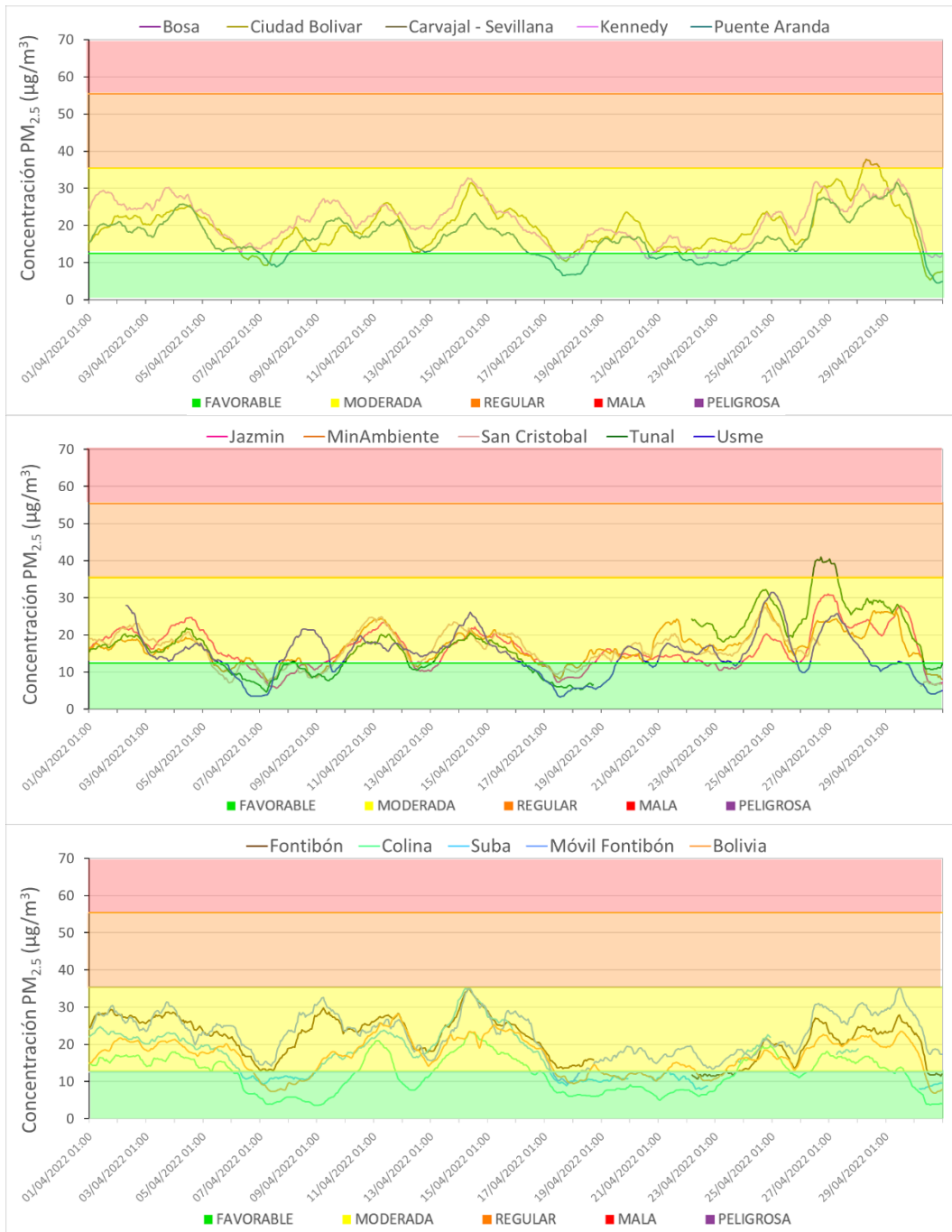



Figura 26. Concentraciones media móvil 24 h PM_{2.5} abril 2022

En la Figura 27 se puede observar el comportamiento de la contaminación atmosférica en la mañana y la tarde del día 01 de abril en la zona occidental de la ciudad, que corresponde al primer viernes del inicio del mes. Durante abril predominaron los días nublados, dada la presencia de precipitaciones frecuentes durante el mes. Algunos días se observaron despejados y fue más

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

evidente la contaminación acumulada en horas de la mañana, especialmente en la segunda semana del mes.



Figura 27. Fotografía del occidente de la ciudad mañana y tarde. Abril 01 de 2021

9. COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS

En este capítulo se describe el comportamiento general de las variables meteorológicas durante el mes de abril 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

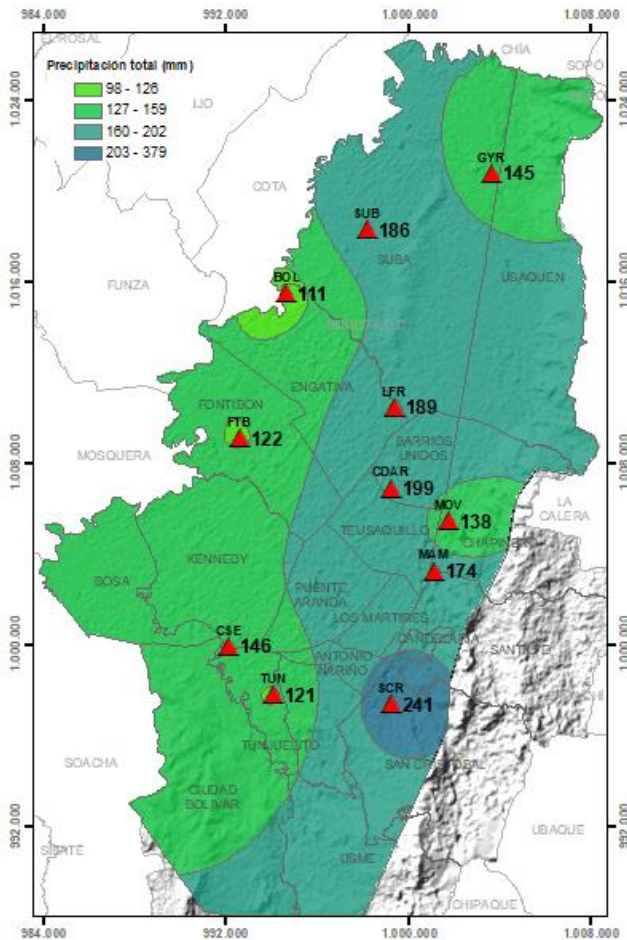


Figura 28. Mapa de la precipitación mensual total (mm) – abril 2022

Por ser uno de los meses mas lluviosos del año, es normal que los acumulados de precipitación del mes de abril, presentaran un incremento respecto a los meses anteriores. Así pues, por la influencia de los cerros orientales, toda la franja paralela a los mismos registró los mayores eventos de precipitación, siendo mayores en el sector de San Cristobal como historicamente se ha registrado, así como en el centro geográfico de la ciudad. Lluvias de tipo advectiva se pudieron presentar en el sector de Suba por nubes transportadas del occidente. Ver Figura 28 y Figura 29.

Estos incrementos de precipitación se reflejan en el número de días de lluvia, que se mantuvo cuasi- homogéneo en toda la ciudad, cercano a los 20 días. (Figura 29). Así mismo, se observa la contribución de las lluvias a la reducción de las concentraciones de material particulado en toda la ciudad, principalmente al suroccidente, como se observa en los mapas de PM₁₀ y PM_{2.5}. Las concentraciones de PM₁₀ en la estación Kennedy, pasaron de 52 µg/m³ en marzo a 40 µg/m³ en abril y en la Móvil Fontibón de 56 µg/m³ a 45 µg/m³.

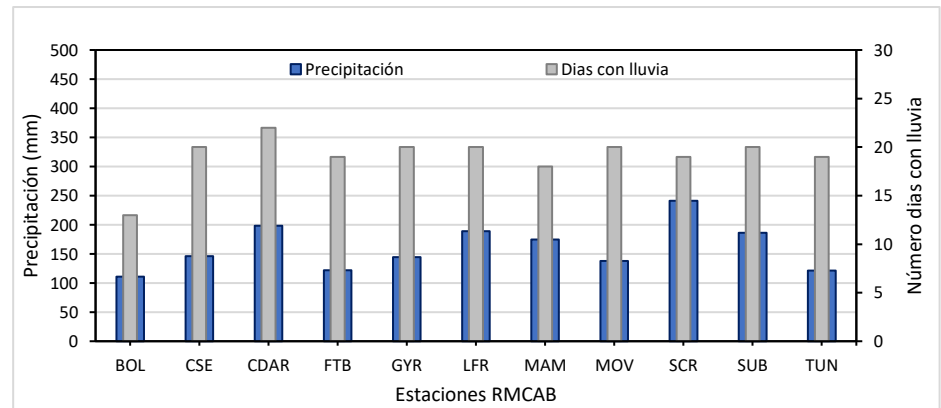


Figura 29. Precipitación media mensual y número de días con precipitación – abril 2022

9.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LA TEMPERATURA

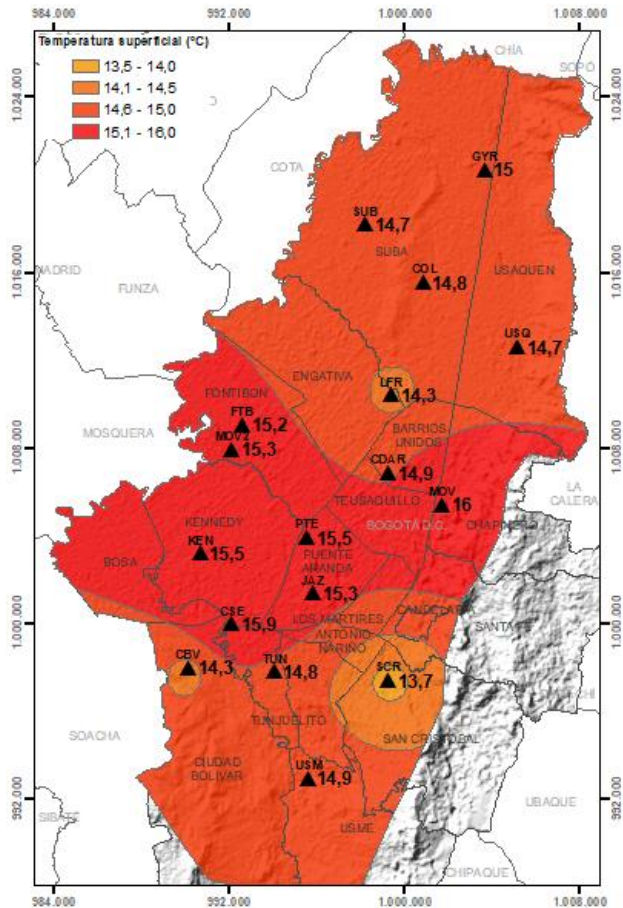


Figura 30. Mapa del promedio de temperatura superficial de las estaciones de la RMCAB con base en el método de interpolación de Kriging – abril 2022

Con la temporada de lluvias se registró un descenso en las temperaturas del aire en superficie, principalmente al norte y al sur de la ciudad. La franja central permaneció con temperaturas por encima de los 15 °C. (Figura 30). Las mayores temperaturas medias se registraron en el sector centro oriente de la ciudad, representado por la estación Móvil 7ma, que se encuentra influenciada por el tráfico de la carrera séptima y posiblemente de los edificios que la rodean.

En las estaciones Tunal (27,7 °C), Kennedy (25 °C), Móvil 7ma (24,6 °C), Guaymaral (24,6 °C), CDAR (24,1 °C) y Carvajal-Sevillana (23,6 °C), se registraron las temperaturas máximas absolutas. Entre tanto, las mínimas absolutas fueron medidas en las estaciones Tunal (5,5 °C), CDAR (6 °C), Guaymaral (6,2°C) y Suba (6,7 °C). (Figura 31). En cuanto a la amplitud térmica, en las estaciones Tunal, Guaymaral, CDAR y Suba continuaron registrándose las mayores amplitudes en orden de magnitud, que son propicias en el trópico, para la convección térmica, la mezcla y la difusión turbulenta de contaminantes descargados a la atmósfera durante el día.

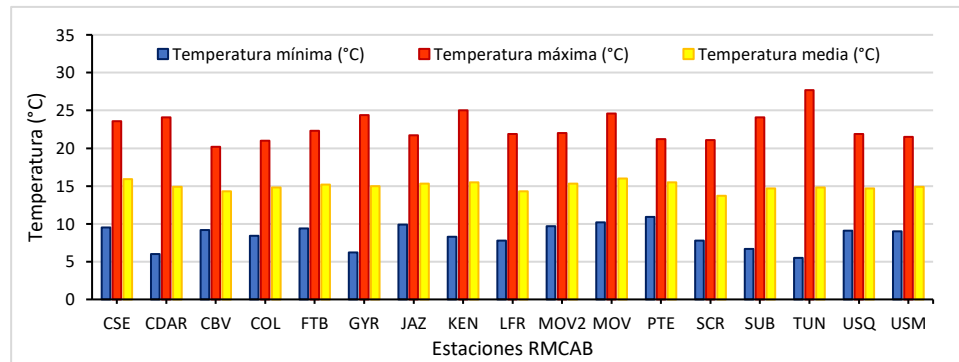


Figura 31. Temperaturas medias, máximas y mínimas absolutas por estación – abril 2022

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

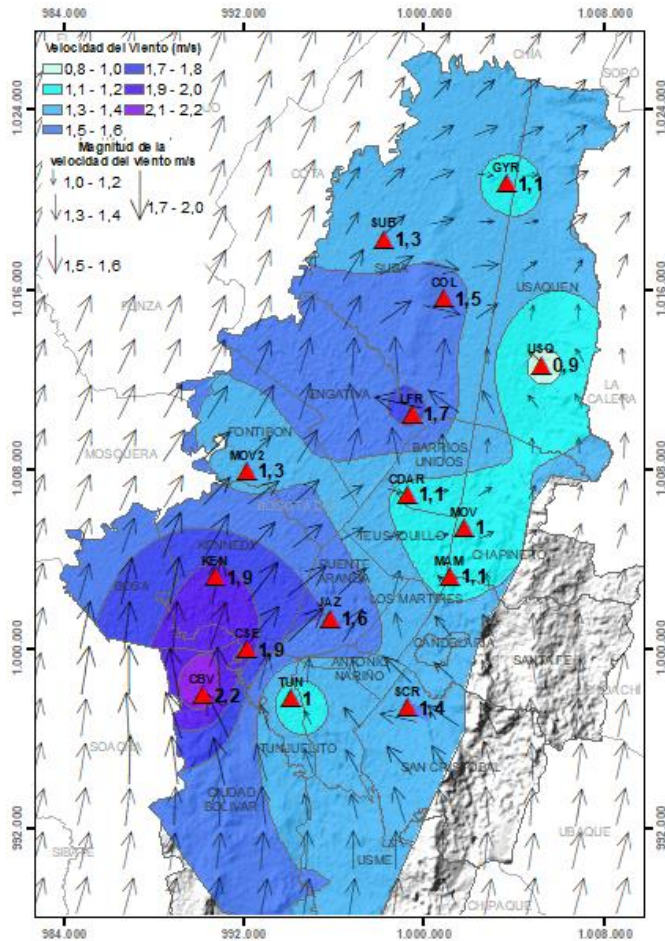


Figura 32. Velocidad promedio (Superficie en colores) y Dirección promedio (Vectores) del Viento con base en Kriging – abril 2022

Durante el mes de abril se continúa observando una persistencia de vientos del suroccidente, semejante a los meses anteriores y finales de 2021. Estos vientos cargados de humedad son propicios para la producción de lluvia hacia el flanco oriental de la ciudad por ascenso forzado, debido a los cerros orientales y/o por el encuentro de masas de aire en dirección opuesta como las que se predominaron en el flanco oriental de la ciudad. En promedio, las velocidades de los vientos en el sur occidente de la ciudad fluctuaron de 1,3 a 2,2 m/s, mientras que, los presentados en los cerros orientales, velocidades de entre 0,9 a 1,4 m/s. Semejante al mes anterior, las velocidades del viento en el norte de la ciudad presentaron valores por encima de 1 m/s, la cuales son poco frecuentes durante el año. (Figura 32).

Las velocidades máximas absolutas, se presentaron hacia el suroccidente de la ciudad, como es frecuente, con valores de hasta 6,8 m/s en las estaciones de Ciudad Bolívar y Jazmín, seguidas de las estaciones MinAmbiente, Las Ferias y Usaquén, con velocidades de entre 5,8 a 6,0 m/s. Estas velocidades tienen la capacidad de favorecer el mezclado y son frecuentes en horas de la tarde, cuando mayor energía se ha acumulado durante el día. (Figura 33).

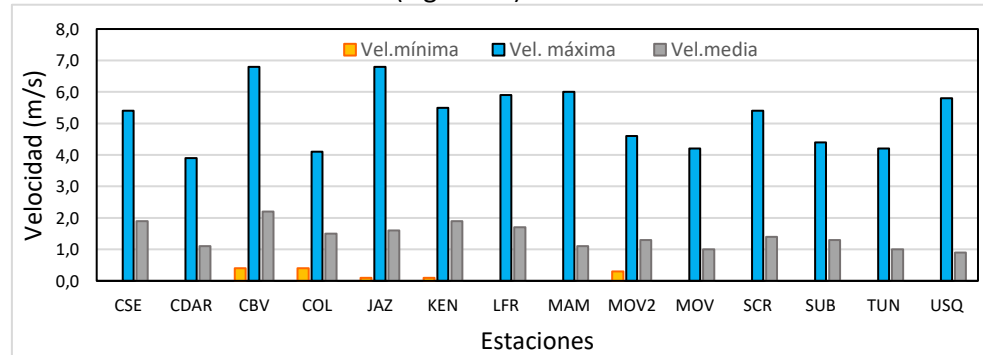


Figura 33. Velocidad del viento media, máxima y mínima absolutas por estación – abril 2022

	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 sur de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Fontibón 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 (44,8 µg/m³) y de PM_{2.5} (22,5 µg/m³); se registró en total 1 excedencia de PM₁₀ y 1 excedencia de PM_{2.5} en el mes.
- Con respecto a los gases, Puente Aranda registró el promedio más alto de NO₂, Ciudad Bolívar registró las concentraciones más altas de SO₂, Móvil 7ma tuvo el promedio más alto de CO y Usaquéen registró el promedio más alto de O₃ durante el mes. Hubo una reducción de las concentraciones en relación al mes anterior. Se observaron 2 excedencias de O₃ en la estación Fontibón.
- En abril de 2022 se observó que las concentraciones de Black Carbon más altas se registraron en la última semana del mes en la mayoría de las estaciones, y en el 7 de abril para la estación Fontibón, con registros del orden de 12 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 en la primera y segunda semana del mes.
- Con respecto al índice IBOCA en abril de 2022, para las concentraciones registradas de PM_{2.5} se observó una predominancia de la condición “moderada”, con el mayor porcentaje registrado para Móvil Fontibón, con un 97% del mes; las concentraciones más altas se observaron en la cuarta semana del mes, registrando la condición “regular” por algunas horas en las estaciones Ciudad Bolívar y Móvil 7ma.
- En el mes de abril 2022 se registraron más precipitaciones que en el mes anterior al iniciar la primera temporada de lluvias del año. Las mayores precipitaciones se observaron en todo el oriente de la ciudad, predominando en el suroriente de la ciudad, con 241 mm en San Cristóbal. Las estaciones registraron más de 15 días de lluvia durante el mes, a excepción de Bolivia que registró 12 días de lluvia.
- Con relación a la temperatura superficial en abril 2022, se observó un descenso generalizado de la temperatura en relación al mes anterior, debido al incremento de las lluvias. San Cristóbal registró el menor valor de temperatura mensual, con 13.7°C, y Móvil 7ma tuvo el mayor promedio mensual con 16.0°C, y los registros máximos horarios se observaron en Tunal y Kennedy, con 27.7 y 25 °C respectivamente.
- En abril de 2022 se evidenció que predominaron los vientos provenientes del suroccidente, los cuales influyeron en la formación de lluvias en la zona oriental de la ciudad. El mayor promedio de velocidad de vientos se observó en Ciudad Bolívar (2.2 m/s) y la menor velocidad en Usaquéen (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 142B-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 30 de abril 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]

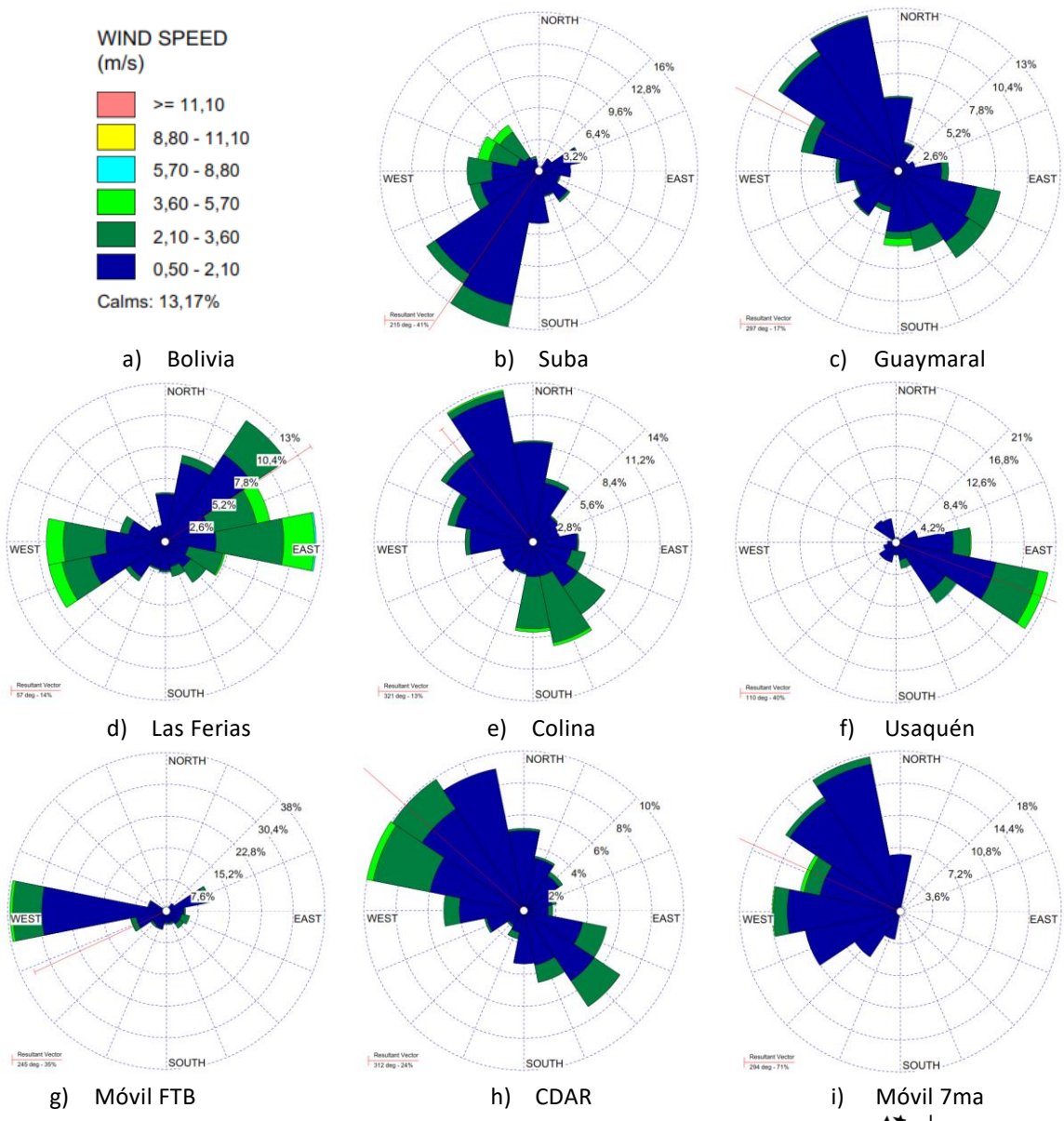
R: constante universal de los gases ideales =

T: temperatura absoluta [K]

11.4. ROSAS DE LOS VIENTOS

Complementariamente a la descripción anterior del comportamiento de los vientos durante el mes de abril del año en curso, se presentan las rosas de los vientos representativas de cada estación de

la RMCAB durante el mes de abril en la Figura 34. El mapa anunciado permite visualizar espacialmente el comportamiento promedio del viento en su conjunto; sin embargo, las rosas de viento proporcionan 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 abril de 2022 los vientos con mayor persistencia se registraron en las estaciones de San Cristóbal con un 42% de vientos del oriente, móvil de Fontibón con un 38% de vientos del occidente. A estas les siguen las estaciones de Ciudad Bolívar con 25% de vientos de oriente, Tunal con un 24% de vientos del sur oriente y Carvajal-Sevillana con un 19% de vientos del sur. Estas rosas se describen para aquellas estaciones que superaron el criterio de representatividad superior al 75%.



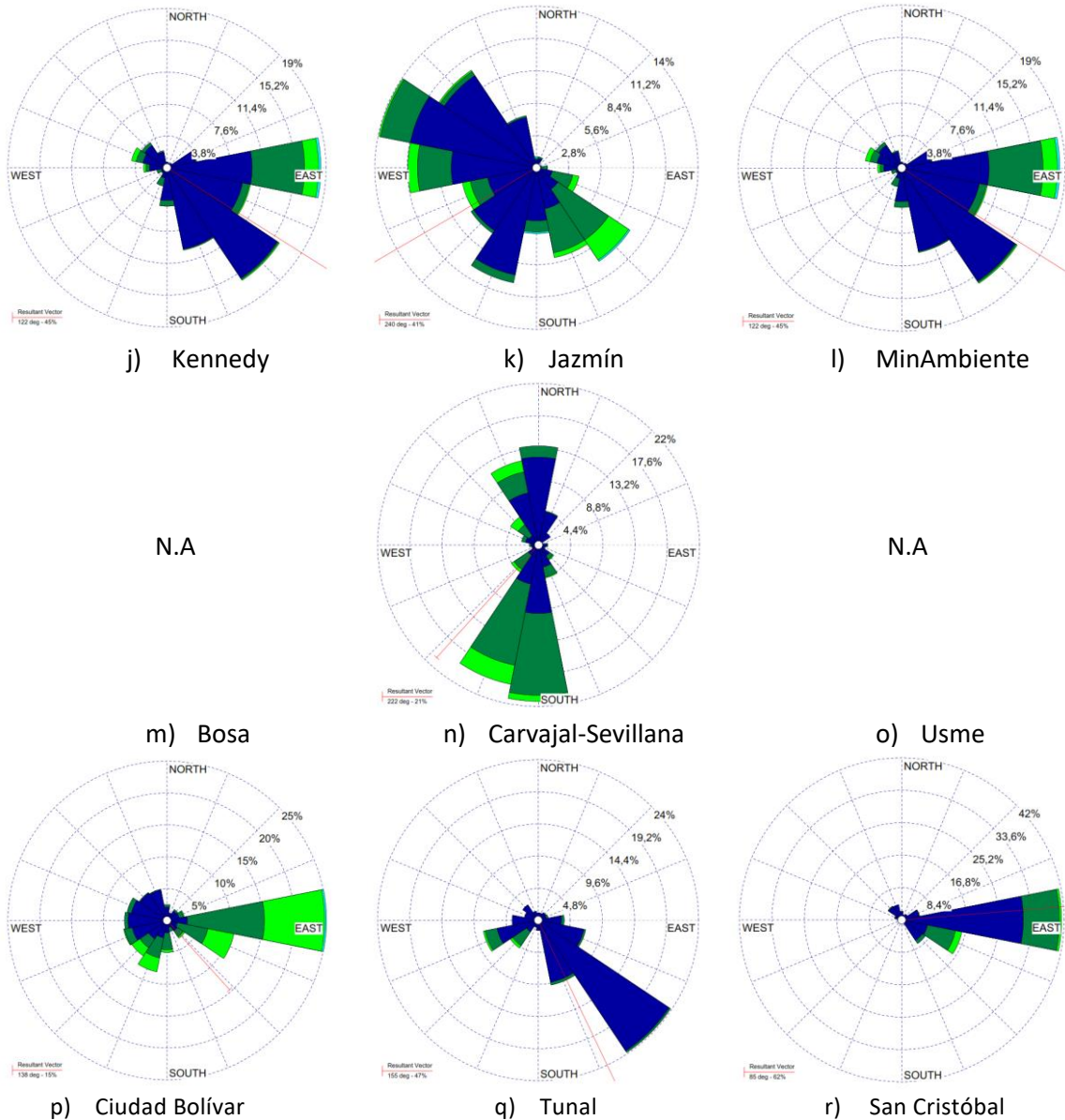


Figura 34. Rosas de los vientos – abril de 2022

FIN DEL INFORME