

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME MENSUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M3	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
Luisa Fernanda Osorio Marín
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-M3	Versión: 2

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 julio de 2022 se tuvieron once (11) excedencias diarias de las concentraciones de material particulado menor a 10 micras PM_{10} y cero (0) excedencias de las concentraciones de material particulado menor a 2.5 micras $PM_{2.5}$. En cuanto a las concentraciones 8h de monóxido carbono CO se registraron diez (10) excedencias. Respecto a el dióxido de azufre SO_2 1h, el dióxido de nitrógeno NO_2 y las concentraciones 8h de Ozono O_3 no se registraron excedencias a la normatividad.

En el mes de julio se evidenció un descenso significativo de las concentraciones de material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) en las diferentes estaciones respecto al mes anterior, asimismo en las concentraciones y excedencias de los gases CO, O_3 , SO_2 y NO_2 ocurrió lo mismo.

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 la estación Carvajal - Sevillana se vio afectada por valores de temperatura interna y de desviación estándar, debido a que se presentó congelamiento de la unidad condensadora y evaporadora del aire acondicionado. Para cada hora de excedencia al rango de referencia de temperatura interna y/o desviación estándar, se invalidaron los datos de contaminantes en la estación.

En cuanto a las interferencias al monitoreo durante el mes, se precisa que junto a la estación Las Ferias se ubica un parqueadero que, por causa de las emisiones de fuentes móviles, pudo incidir en los registros de concentración de material particulado y gases en dicha estación, especialmente en las horas pico de la ciudad por ingreso y egreso de vehículos.

Finalmente, como novedad durante el mes, se realizó el cargue de la información de variables meteorológicas y contaminantes criterio de del mes de mayo y se realizó el procesamiento del mes de junio y de la semana del 1 al 10 de julio para cargue el próximo mes al Subsistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAI. De otra parte, el grupo operativo de campo de la RMCAB inició el periodo de intercomparaciones de sensores meteorológicos, además realizó la actualización de procedimientos internos para la operación de analizadores y equipos en la RMCAB. Por otro lado, se atendió la instalación de pluviómetros en diferentes estaciones.

Adicionalmente, se trabajó en la atención de acciones correctivas derivadas de la auditoría de la NTC-ISO/IEC 17025:2017 “Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración”, lo cual contribuye a la mejora continua de la RMCAB.

Nota:

Este informe “Informe mensual de calidad del aire julio 2022”, se encuentra vinculado como anexo al resumen ejecutivo del proceso No. 5590452 del Sistema de Información Ambiental FOREST de la Secretaría Distrital de Ambiente.

2. INTRODUCCIÓN

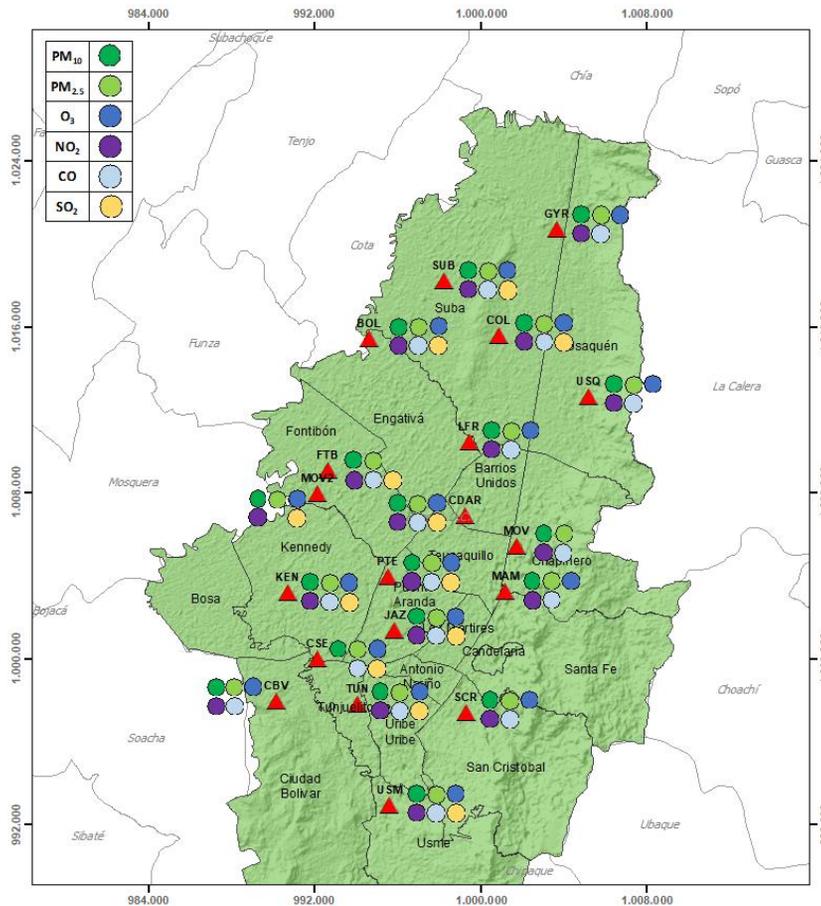


Figura 1. Estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB distribuidas a lo largo y ancho de Bogotá D.C.

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-M3	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 julio de 2022 la temperatura interna osciló entre los 20 y 30°C en la mayoría de las estaciones, sin embargo, en la estación Jazmín se registraron temperaturas de hasta 17,3°C lo cual corresponde a variaciones de temperatura por condiciones climáticas del área y en la estación Carvajal - Sevillana se presentaron registros de hasta 34,5°C debido a un fallo que se presentó con el aire acondicionado. 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 11,2% y 60,2% 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 julio, se realizó el cargue de la información de variables meteorológicas y contaminantes criterio del mes de mayo de 2022 en el Subsistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAIRES. Adicionalmente, se realizó el procesamiento de la información del mes de junio y de la semana del 1 al 10 de julio para cargue el próximo mes.

De otra parte, durante el mes, el grupo operativo de campo de la RMCAB inició el periodo de intercomparaciones de sensores meteorológicos respecto a sensores patrones en las estaciones Usaquén y Guaymaral, además realizó la actualización de procedimientos internos para la operación de analizadores y equipos en la RMCAB. Por otro lado, se atendió la instalación de pluviómetros en las estaciones Kennedy, Puente Aranda, Jazmín, Usme, Colina y Usaquén.

Por último, se trabajó en la atención de acciones correctivas derivadas de la auditoría de la NTC-ISO/IEC 17025:2017 “Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración”, lo cual contribuye a la mejora continua de la RMCAB.

  	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME MENSUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M3	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 julio 2022.

4.1. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE PM₁₀

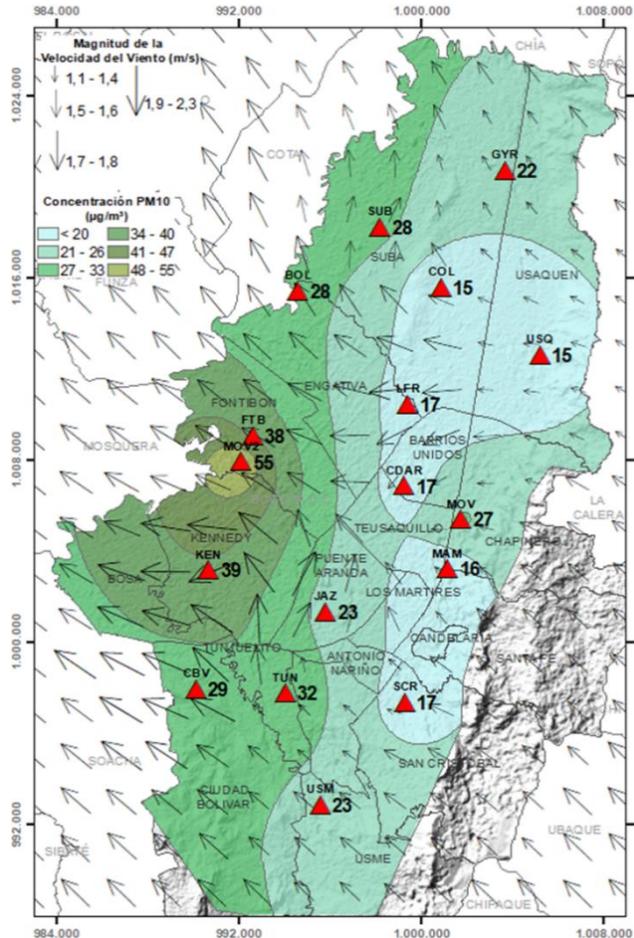


Figura 2. Distribución espacial concentraciones mensuales PM₁₀ – julio 2022

Las concentraciones promedio mensuales más altas se presentaron en el occidente en Móvil Fontibon (54,6 µg/m³) y en el suroccidente en Kennedy (38,7 µg/m³), mientras que las menores concentraciones se registraron en el norte en Colina (14,5 µg/m³) y Usaquen (14,7 µg/m³). Las concentraciones máximas diarias más altas para el mes corresponden a 99,9 µg/m³ en Móvil Fontibon y a 83,4 µg/m³ en Carvajal - Sevillana; estas concentraciones sobrepasaron el nivel máximo definido por la norma nacional diaria (75 µg/m³). En el mes se registraron en total once (11) excedencias de las concentraciones promedio 24 horas, las cuales NO CUMPLIERON con el nivel máximo permisible de la norma de PM₁₀ ocho (8) en Móvil Fontibón y tres (3) en Carvajal - Sevillana. Las concentraciones restantes, CUMPLIERON con el nivel máximo permisible establecido en la norma.

La estación Carvajal - Sevillana (19%) no alcanzó el 75% de representatividad temporal ya que se presentaron valores muy altos de temperatura interna, por lo cual tuvieron que invalidarse los datos de contaminantes.

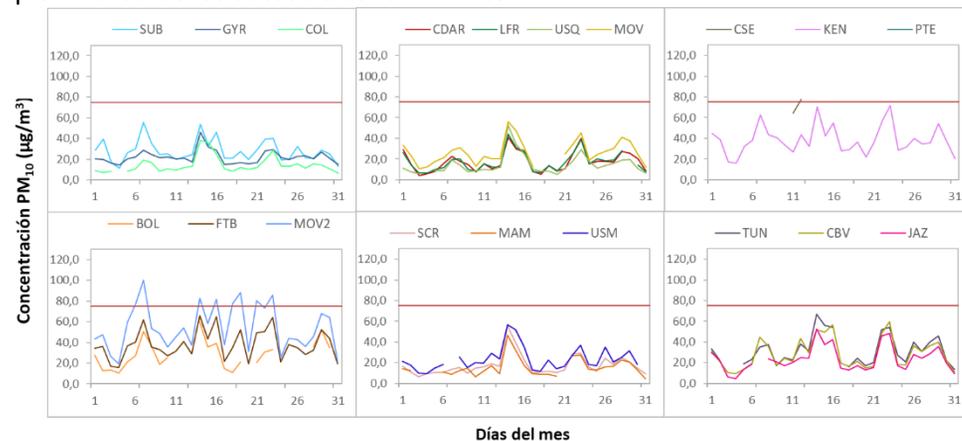


Figura 3. Concentraciones diarias PM₁₀ por estación de monitoreo – julio 2022

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME MENSUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M3	Versión: 2

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

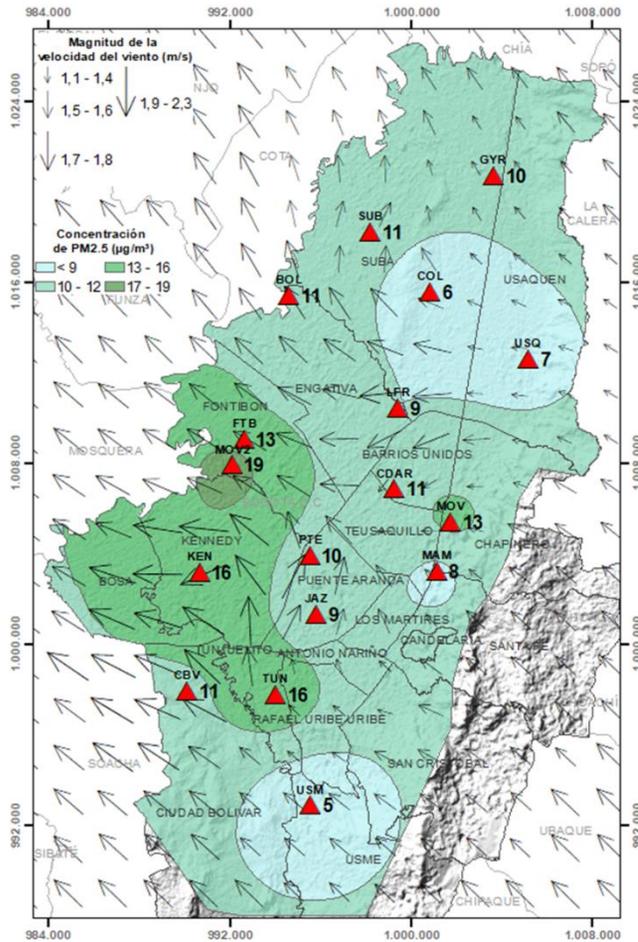


Figura 4. Distribución espacial concentraciones mensuales PM_{2.5} – julio 2022

Las concentraciones promedio mensuales más altas se presentaron en el occidente en Móvil Fontibón (18,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y en el suroccidente en Kennedy (15,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), mientras que las menores concentraciones se registraron en el suroriente en Usme (5,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y al norte en Colina (6,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Las concentraciones máximas diarias más altas del mes corresponden a 35,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Carvajal - Sevillana y 32,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la Móvil Fontibón; ninguna concentración sobrepasó el nivel máximo definido por la norma nacional diaria (37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). En el mes no se registraron excedencias de las concentraciones promedio 24 horas, que incumplieran el nivel máximo permisible de la norma de PM_{2.5}. La estación Carvajal - Sevillana (16%) no alcanzó el 75% de representatividad temporal ya que se presentaron valores muy altos de temperatura interna, por lo cual tuvieron que invalidarse los datos de contaminantes, asimismo la estación San Cristóbal (74%), no alcanzó el 75% de representatividad temporal debido a que se presentaron datos atípicos que tuvieron que ser invalidados.

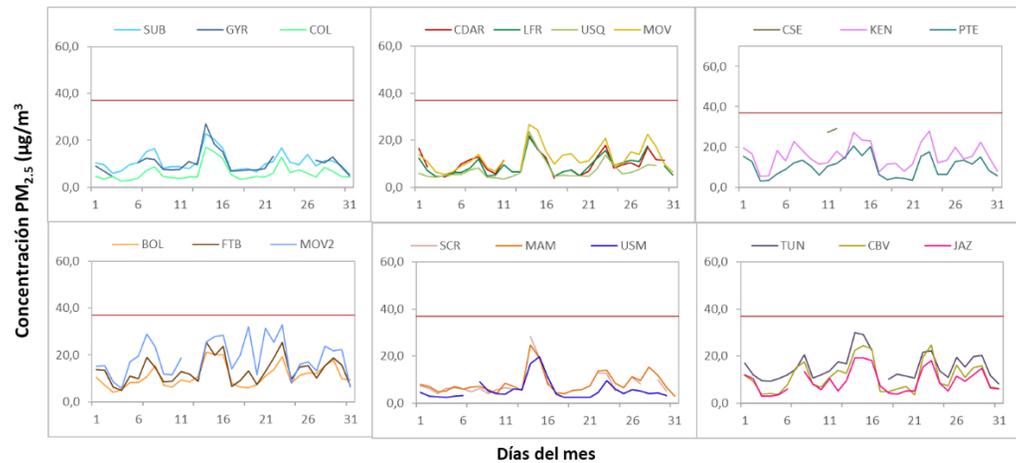


Figura 5. Concentraciones diarias PM_{2.5} por estación de monitoreo – julio 2022

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME MENSUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M3	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 julio 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, 9 y 18 de julio. Asimismo, las concentraciones de material particulado se incrementaron los días 6, 14 y 23 de julio que coinciden con disminuciones en la velocidad del viento. Por otro lado, los días 8, 20 y 27 presentaron precipitaciones más altas que el resto del mes, el 20 y el 27 se evidencian disminuciones considerables en el material particulado y asimismo ascensos en la velocidad del viento, pero el 8 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.

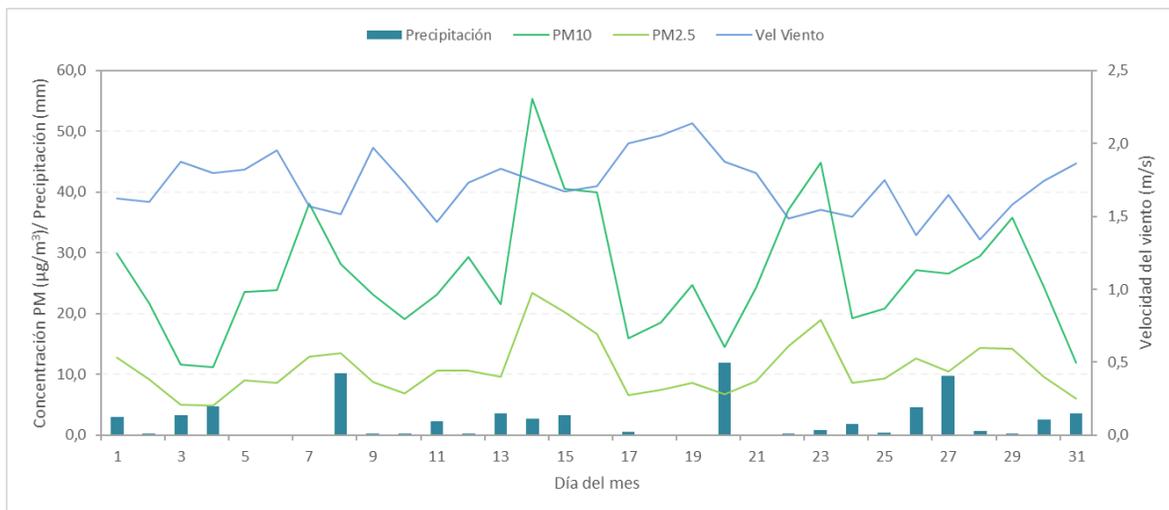


Figura 6. Promedio de concentración PM₁₀ y PM_{2.5}, precipitación y velocidad del viento a nivel ciudad – julio 2022

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 julio 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-M3	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 1 y el 8 de julio y la Figura 8 correspondiente a la estación Guaymaral el 14 y el 16 de julio.

TUNAL

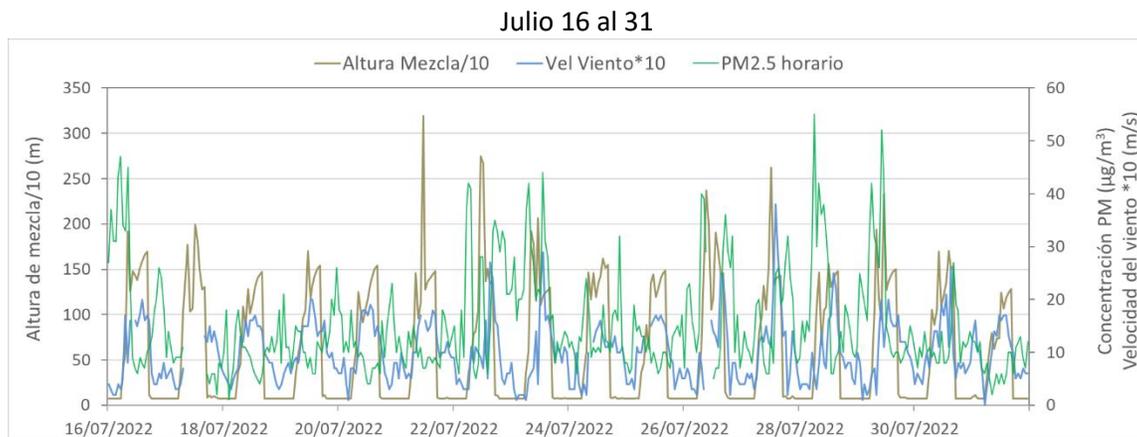
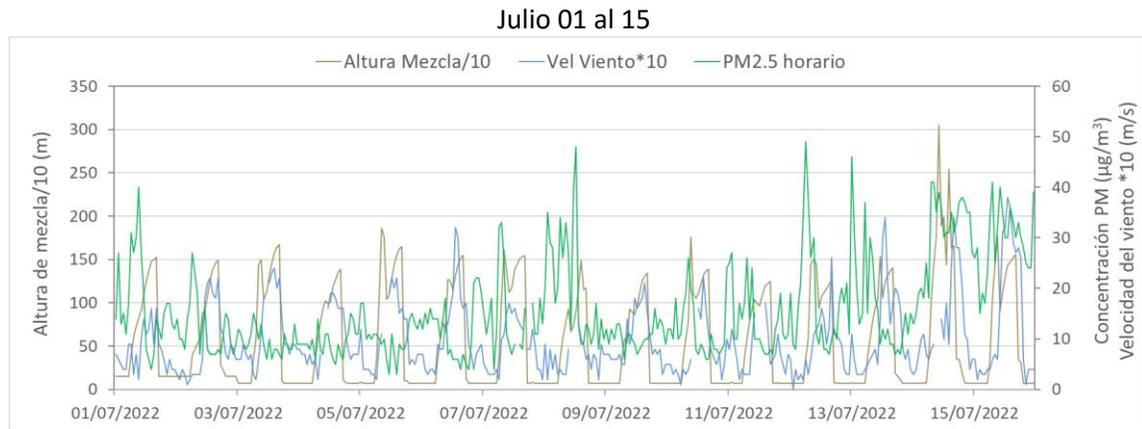


Figura 7. Comparación altura de mezcla, concentraciones PM_{2.5} y velocidad del viento estación Tunal - julio 2022

GUAYMARAL

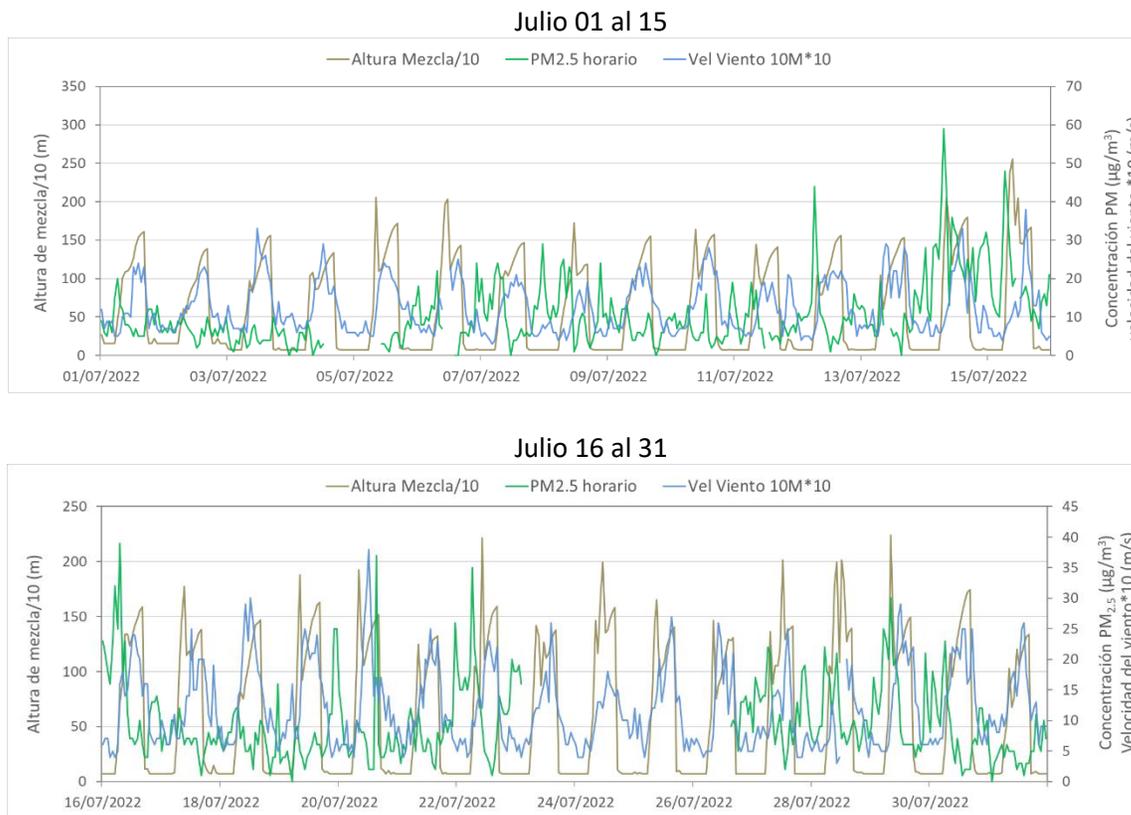


Figura 8. Comparación altura de mezcla, concentraciones PM_{2,5} y velocidad del viento estación Guaymaral - julio 2022

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

En la Figura 9 se observan las concentraciones promedio mensuales registradas en las estaciones de la RMCAB para el mes de julio de 2022; los valores promedio más altos de NO₂, SO₂ y CO fueron registrados en la estación Carvajal – Sevillana (estos gases están asociados a la combustión), mientras que el promedio más alto de O₃ se evidenció en Usaquén, siendo las zonas suroccidente y norte de la ciudad las que tuvieron los niveles más elevados de gases criterio en el mes.

Por otro lado, se registraron diez (10) excedencias de las concentraciones promedio 8h de CO (5000 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: O₃: 100 µg/m³ para datos 8h, SO₂: 50 µg/m³ para datos 24h y 100 µg/m³ para datos 1h, CO: 35000 µg/m³ para datos 1h y NO₂: 200 µg/m³ para datos 1h.

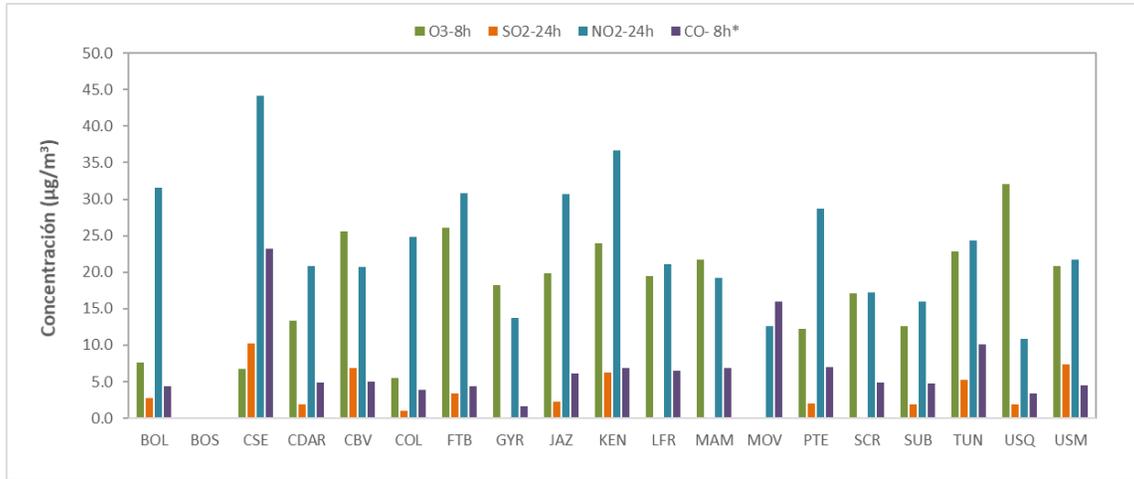


Figura 9. Concentraciones mensuales de gases (O₃, SO₂, NO₂ y CO) por estación de monitoreo - julio 2022

*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

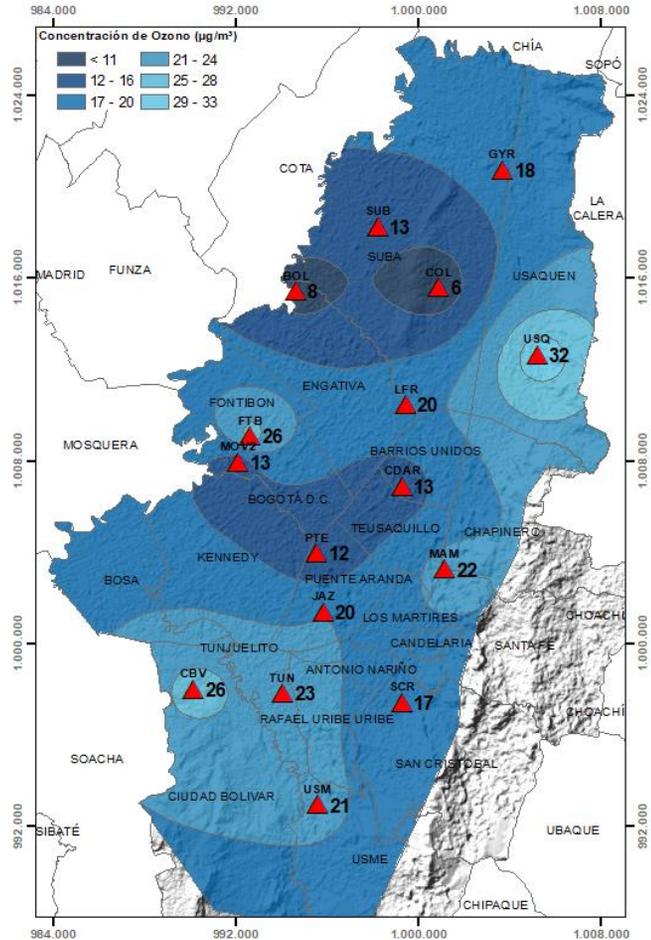


Figura 10. Distribución espacial concentraciones mensuales O₃ – julio 2022

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 julio 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 Ciudad Bolívar. Por otro lado, las concentraciones más bajas se evidencian en el norte, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Colina y Guaymaral.

La estación Carvajal - Sevillana (12%) no alcanzó el 75% de representatividad temporal ya que se presentaron valores muy altos de temperatura interna, por lo cual tuvieron que invalidarse los datos de contaminantes, asimismo la estación Kennedy (61%), no alcanzó el 75% de representatividad temporal debido a que se presentaron datos atípicos que tuvieron que ser invalidados.

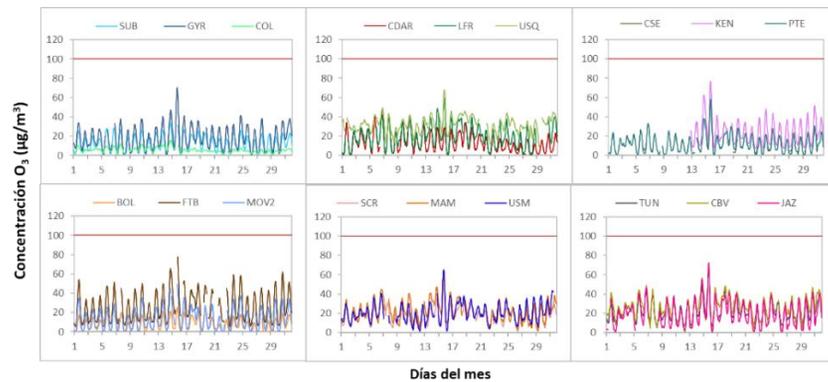


Figura 11. Concentraciones media móvil 8 horas de O₃ por estación de monitoreo - julio 2022

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

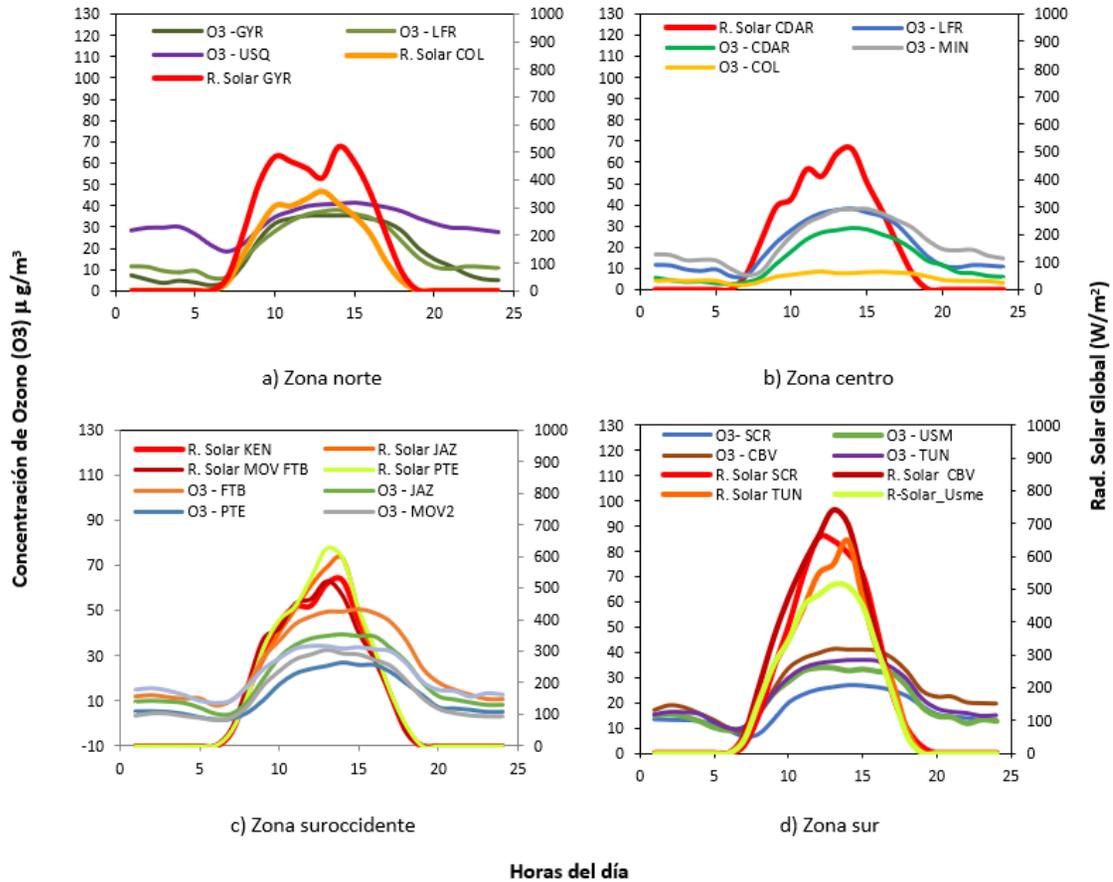


Figura 12. Comportamiento horario de las concentraciones de O₃ (µg/m³) y su relación con la Radiación Solar entrante (W/m²) – julio 2022. a) zona norte, b) zona centro, c) zona suroccidente y d) zona sur

Al disminuir la cantidad de nubosidad, se incrementan las cantidades de radiación solar entrante. Por ello, en la zona suroccidente, al sur y centro de la ciudad se registraron incrementos en los acumulados de radiación solar en las horas de mayor incidencia. Asimismo, se vieron incrementadas las concentraciones de ozono a nivel superficial debido a la capacidad foto disociadora de la radiación solar ultravioleta. Los mayores acumulados medios horarios mensuales de radiación solar registrados en la zona sur estuvieron alrededor de 500 a 700 W/m² en la hora de mayor incidencia en las estaciones Ciudad Bolívar y San Cristóbal. Al suroccidente los mayores acumulados se registraron en las estaciones Puente Aranda y Jazmín con acumulados de entre 600 a 624 W/m² en la hora de mayor incidencia. En la estación CDAR se estimaron hasta 449 W/m² a la misma hora del día. Asociado a estos incrementos las mayores concentraciones de ozono se registraron hacia la zona suroccidente y suroriente con valores de hasta 50,8 µg/m³ en la estación Fontibón, seguido por la estación Usme con 39,5 µg/m³ en la hora pico. (Figura 12).

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

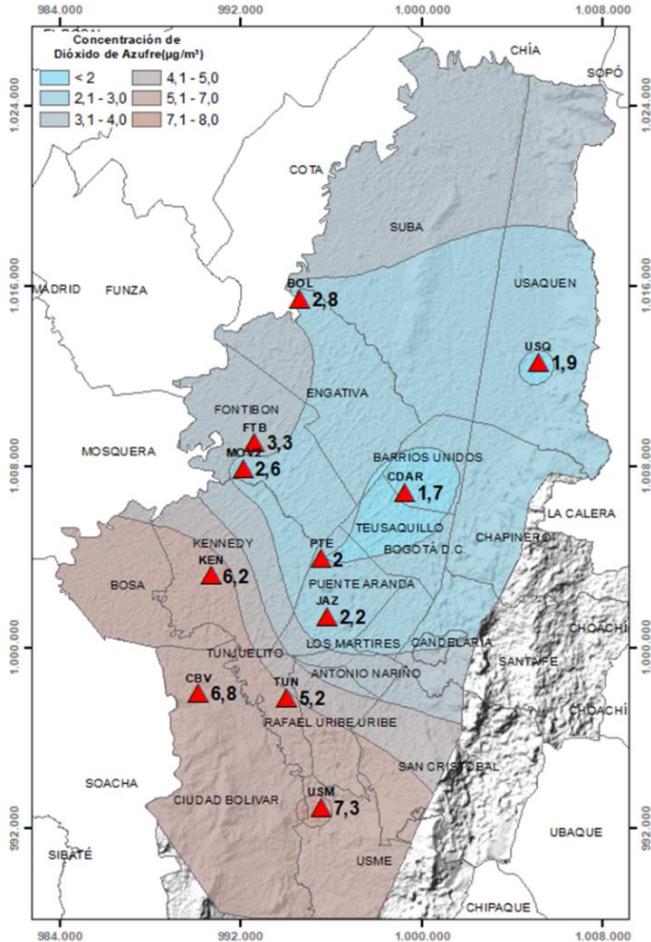


Figura 13. Distribución espacial concentraciones mensuales SO₂ – julio 2022

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

La estación Carvajal - Sevillana (19%) no alcanzó el 75% de representatividad temporal ya que se presentaron valores muy altos de temperatura interna, por lo cual tuvieron que invalidarse los datos de contaminantes, asimismo las estaciones Colina (45%) y Suba (68%), no alcanzaron el 75% de representatividad temporal debido a que se presentaron datos atípicos que tuvieron que ser invalidados.

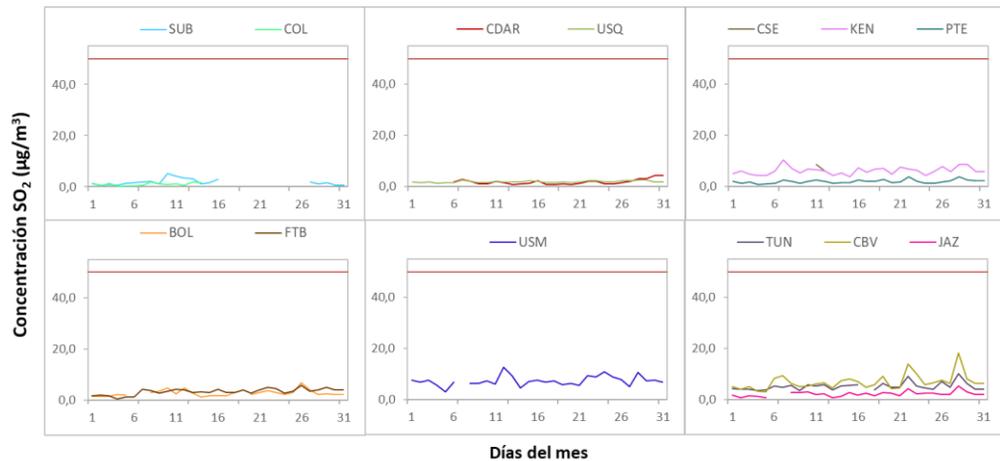


Figura 14. Concentraciones promedio mensuales de SO₂ por estación de monitoreo - julio 2022

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

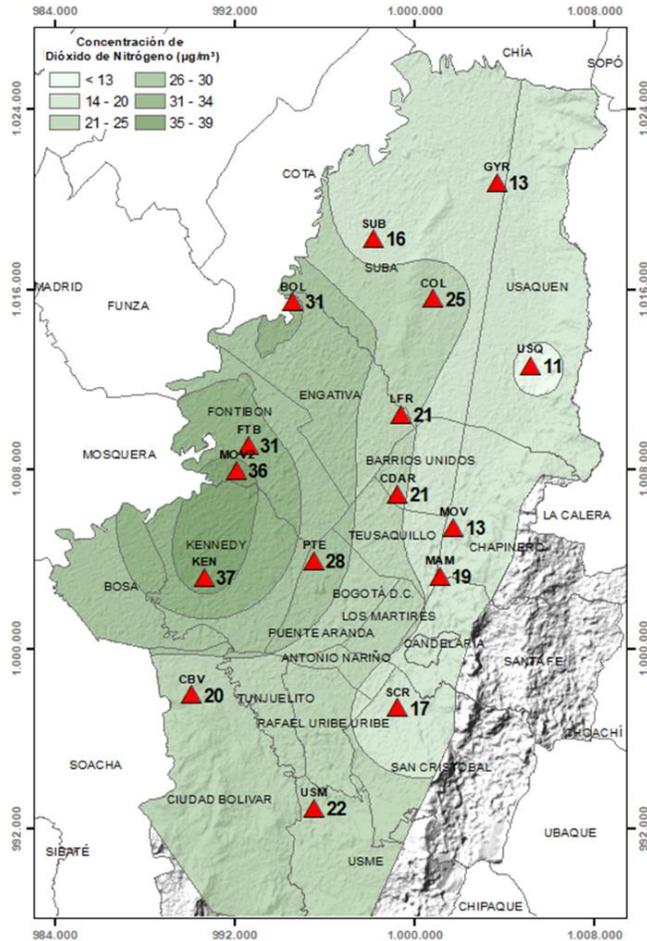


Figura 15. Distribución espacial concentraciones mensuales NO₂ - julio 2022

En el mapa de la Figura 15 se representa la distribución espacial de las concentraciones promedio mensuales de NO₂ para el mes de julio de 2022. Se observa que las concentraciones más altas predominan en el occidente de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Móvil Fontibón, Fontibón y Bolivia. Por otro lado, las concentraciones más bajas se evidencian en el nororiente y oriente, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Usaquén y Móvil 7ma.

La estación Carvajal - Sevillana (13%) no alcanzó el 75% de representatividad temporal ya que se presentaron valores muy altos de temperatura interna, por lo cual tuvieron que invalidarse los datos de contaminantes, asimismo las estaciones Tunal (13%) y Jazmín (58%) no alcanzaron el 75% de representatividad temporal debido a que se presentaron datos atípicos que tuvieron que ser invalidados.

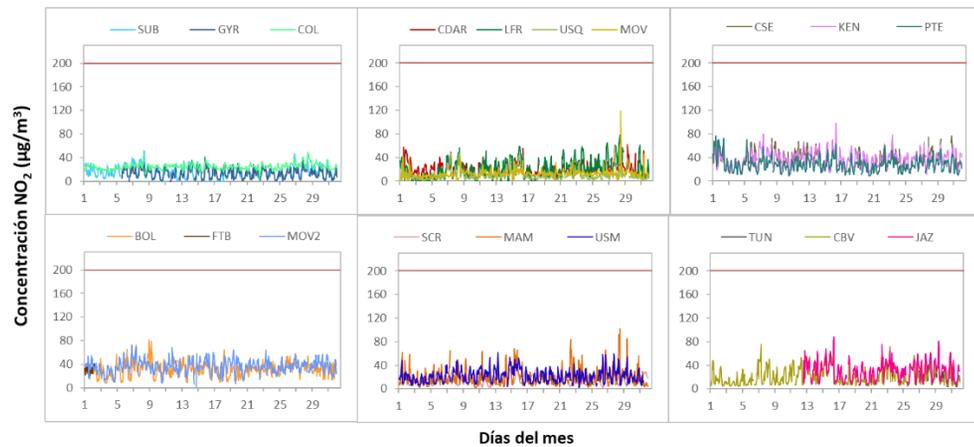


Figura 16. Concentraciones promedio mensuales de NO₂ por estación de monitoreo - julio 2022

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

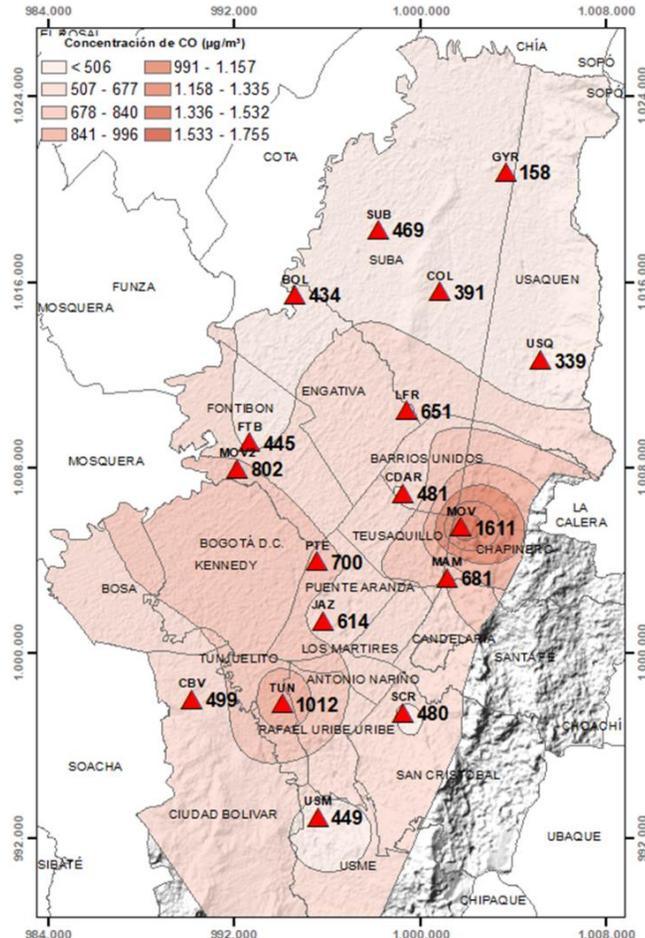


Figura 17. Distribución espacial concentraciones mensuales CO – julio 2022

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 julio de 2022. Se observa que las concentraciones más altas predominan en el norte y en el suroriente 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 de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Guaymaral y Usaquén.

La estación Carvajal - Sevillana (31%) no alcanzó el 75% de representatividad temporal ya que se presentaron valores muy altos de temperatura interna, por lo cual tuvieron que invalidarse los datos de contaminantes, asimismo la estación Kennedy (61%) no alcanzó el 75% de representatividad temporal debido a que se presentaron datos atípicos que tuvieron que ser invalidados.

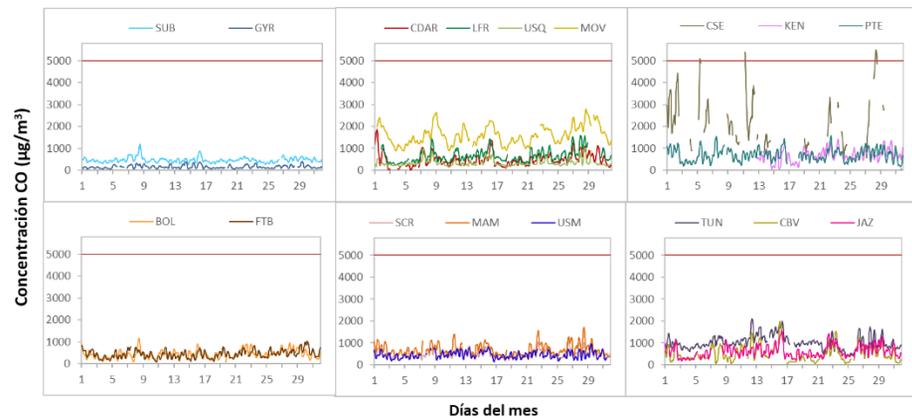


Figura 18. Concentraciones media móvil 8 horas de CO por estación de monitoreo - julio 2022

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME MENSUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M3	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” (eBC), que corresponde a la longitud de onda de 880 nm.

Durante el mes de julio de 2022 se registraron datos en ocho estaciones de la RMCAB y en todas se alcanzó a registrar más del 75% de las concentraciones horarias entre el 1 y 31 de julio de 2022. La concentración promedio horaria de eBC registrada en Bogotá D.C., entre el 1 y 31 de julio fue de $3,1 \pm 3,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que corresponde a un valor inferior al observado en el mes de junio. La concentración máxima de eBC se observó el 23 de julio a las 11:00 en la estación Puente Aranda, con un valor de $34.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La Tabla 2 presenta el resumen estadístico de las concentraciones horarias de eBC, y en la Figura 19 se presenta el histograma de las concentraciones de eBC para cada estación. Se aprecia que las estaciones Kennedy y Fontibón presentaron las mayores concentraciones horarias de eBC, con valores promedio de 6,4 y 4,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. Las estaciones Tunal, MinAmbiente y Centro de Alto Rendimiento presentaron concentraciones de 3,6, 3,2 y 2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Las estaciones San Cristóbal, Puente Aranda y Ciudad Bolívar presentaron las menores concentraciones, con valores de 1,5, 1,9 y 1,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Figura 19).

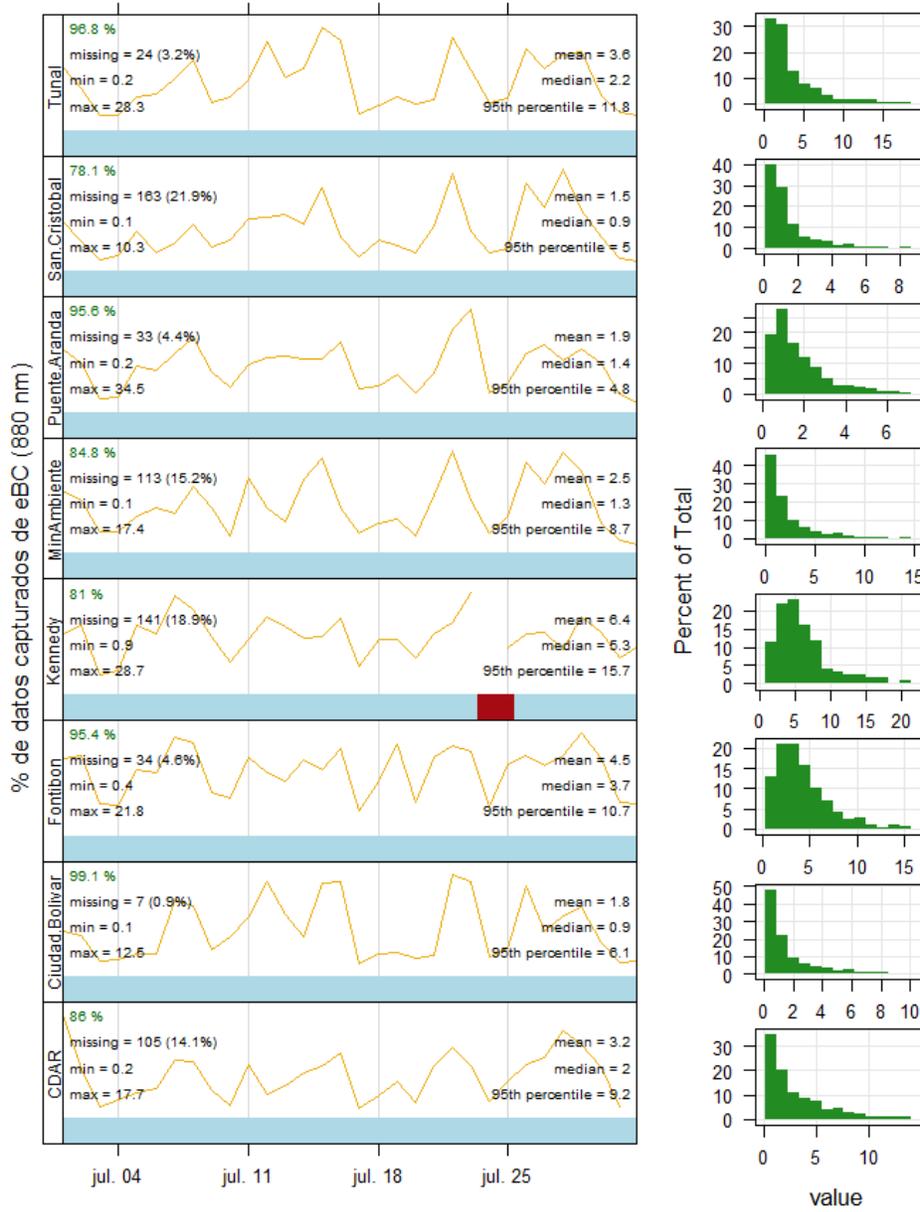


Figura 19. Porcentaje de datos válidos de las concentraciones de BC registradas por la RMCAB durante el mes de julio de 2022.

Tabla 2. Resumen estadístico de las concentraciones horarias promedio de eBC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) reportadas en julio de 2022

Estación	Promedio \pm sd	Mediana	Min	Max	Promedio \pm sd	Mediana	Min	Max	Datos capturados (%)
	eBC				BBP%				
CDAR	3,2 \pm 3,1	2.0	1	7	9	7,8	6	18	86
Ciudad Bolívar	1,8 \pm 2,0	0.9	1	4	5	4,7	2	10	99
Fontibón	4,4 \pm 3,1	3.7	1	7	7		5	11	95
Kennedy	6.4 \pm 4,3	5.3	2	12	5	4,5	3	6	81
Min Ambiente	2,5 \pm 3,0	1.3	1	5	7	5,9	4	15	85
Puente Aranda	1,9 \pm 1,9	1.4	1	4	4	3,2	2	6	96
San Cristóbal	1,4 \pm 1,7	0.9	1	3	17	16,1	6	34	78
Tunal	3,7 \pm 3,7	2.2	1	8	5	4,6	3	8	97

La Figura 20 presenta la serie temporal de las concentraciones diarias (24h) de eBC para todas las estaciones, clasificadas por zonas de la ciudad. De forma general las mayores concentraciones se observaron en todas las estaciones. En la estación Kennedy se registró una concentración promedio diaria superior a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante el transcurso del mes, alcanzó un máximo de $11,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ el 23 de julio. Por otro lado, las otras estaciones registraron altas concentraciones, sin embargo, no superan los $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

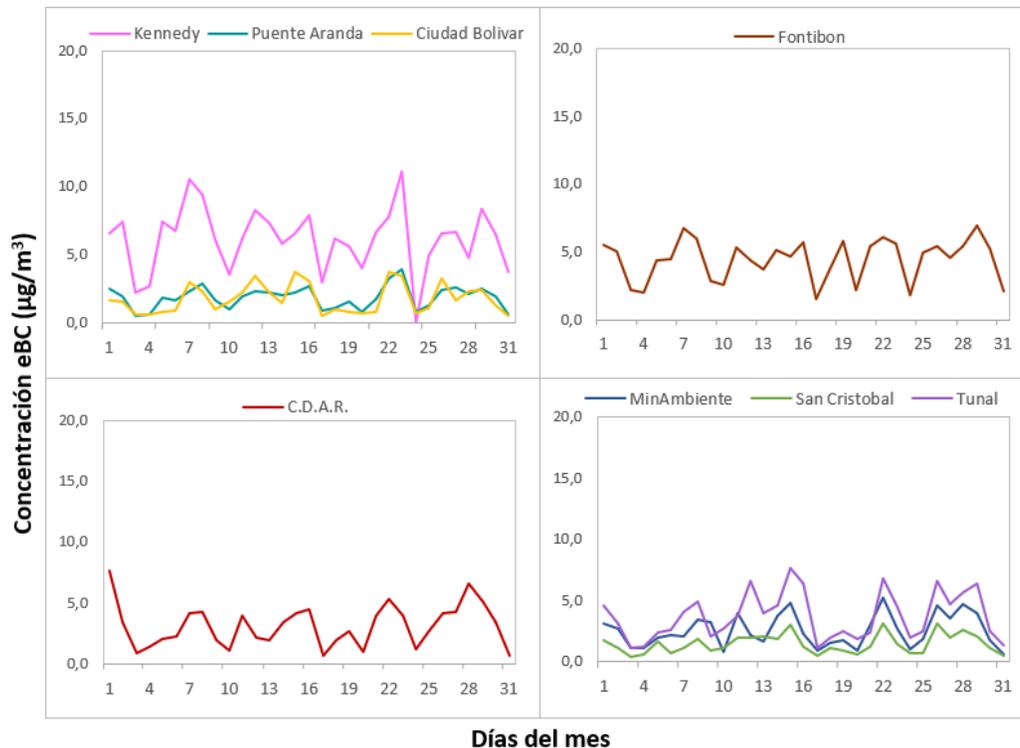


Figura 20. Comportamiento de las concentraciones diarias de eBC para julio 2022

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 por lo 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) entre las coordenadas W -81.4°, S -4.5°, W-49.7°, N 13.3° para el análisis de incendios activos.

La Figura 21 se muestra el número de incendios activos detectados por el sensor MODIS durante el mes de julio 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 (1663), en la categoría 2 (106) y en la categoría 3 (7). Los días 14, 17 y 23 del mes se caracterizaron por registrar una mayor cantidad de incendios correspondientes a 119, 98 y 100, respectivamente.

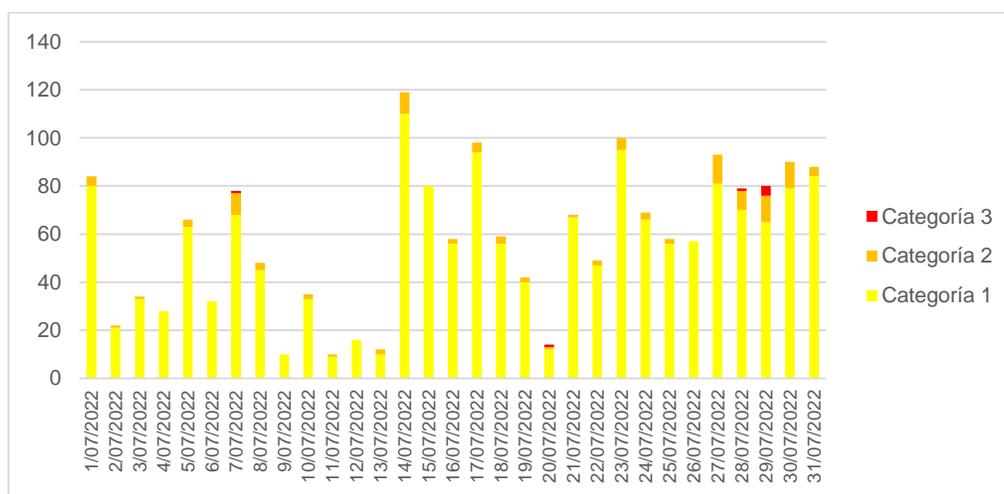


Figura 21. Gráfico de frecuencia de incendios activos censados por MODIS durante el mes de julio de 2022. La categoría 1 corresponde a incendios con poder radiativo (FPR) menor a 100 MW, la categoría 2 a los incendios con 100<FPR<500, la categoría 3 incendios con 500<FRP<1000, la categoría 4 incendios con 1000<FRP<1500 y la categoría 5 con FRP>1500.

En la Figura 22 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 eBC. En la Figura 22a se evidencia una baja densidad de incendios dispersos entre el territorio de Ecuador, Colombia y Venezuela para los días del 18 al 22 de julio; por otro lado, para las mismas fechas las direcciones de vientos se originaron en la región de la Orinoquía colombiana,

específicamente en el departamento del Meta, atravesando el departamento con dirección noroccidente hasta llegar a la ciudad de Bogotá; sin embargo, no se evidencia el transporte de partículas del contaminante que explique el aumento de las concentraciones registradas el 22 de julio.

Para el periodo comprendido entre el 22 al 26 de julio se detectaron pocos incendios en las regiones de Colombia, Venezuela y Ecuador, adicionalmente, para estas fechas los vientos se manifestaron en dirección oriente-occidente desde el oriente de Venezuela hasta la ciudad de Bogotá (Figura 22b). Aunque el 26 de julio correspondió a un día con altas concentraciones de BC por quema de biomasa, las trayectorias de vientos y baja densidad de incendios activos no son indicativos para explicar los aumentos en las concentraciones del contaminante registradas durante el día de interés. En concordancia a los días anteriores, el 29 de julio presentó un patrón similar. (Figura 22c). No obstante, los vientos iniciaron su trayectoria en el departamento del Casanare en sentido suroccidente atravesando el departamento del Meta, posteriormente cambió su dirección en sentido noroccidente hasta llegar a la ciudad de Bogotá. Debido a la baja densidad de incendios detectados en el día de interés, las mediciones de BC por quema de biomasa no se relacionan con la presencia de incendios al NSA.

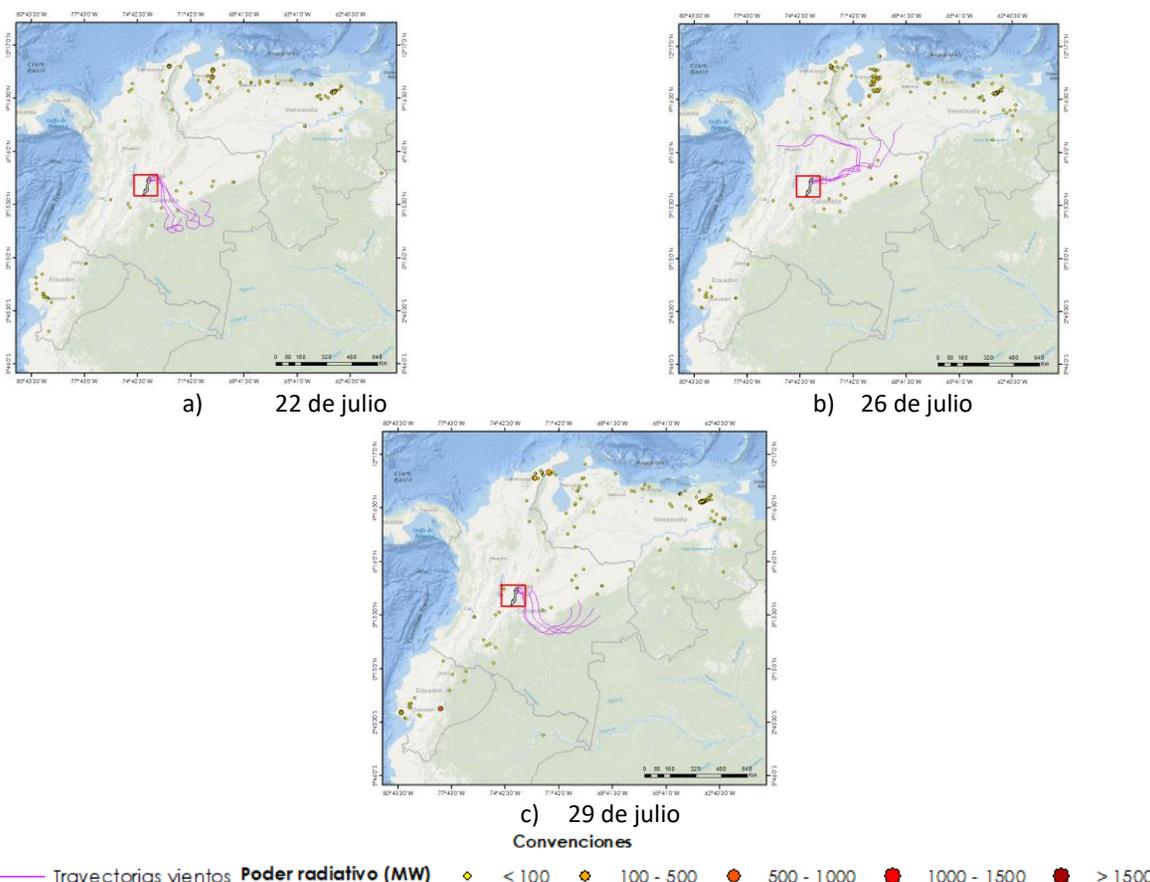


Figura 22. Distribución espacial de incendios activos y retrotrayectorias de vientos de días con mayor concentración de BCe – julio 2022

La Figura 23 muestra el comportamiento temporal del mes de julio 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 Ciudad Bolívar, Kennedy, Fontibón, Puente Aranda y Tunal; por otro lado, se evidencia que las estaciones Centro de Alto Rendimiento y MinAmbiente presentaron un incremento en el porcentaje de quema de biomasa en el transcurso del mes entre el 10 y el 15%, mientras que la estación San Cristóbal presento un incremento significativo durante el transcurso del mes, especialmente los siguientes días: 3 con 35%, 4 con 26%, 10 con 25%, 17 con 23% y el 20 con 28%.

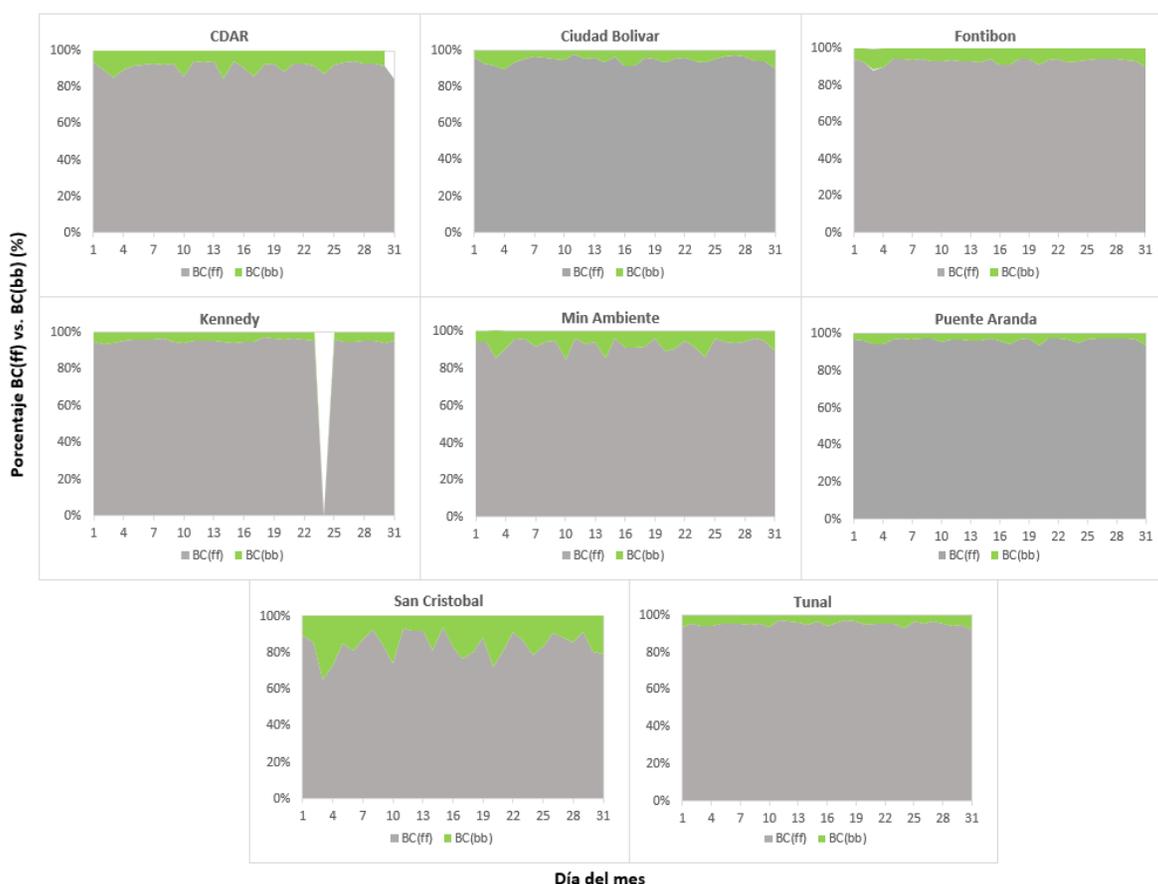


Figura 23. Serie temporal porcentaje de quema Black Carbon de combustibles fósiles BC(ff) vs. Black Carbon de quema de biomasa BC(bb) – julio 2022

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.

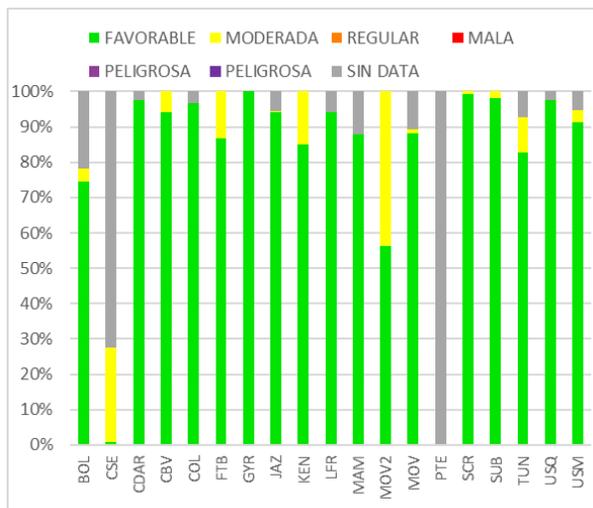


Figura 24. IBOCA para PM₁₀ por estación – julio 2022

La Figura 24 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 julio 2022. Se observa que la condición “favorable” predominó en la mayoría de las estaciones, registrando un 100% de dicha condición en Guaymaral. En Carvajal – Sevillana y Móvil Fontibón hubo un porcentaje notable de la condición “moderada”, con un 27 y 44% respectivamente.

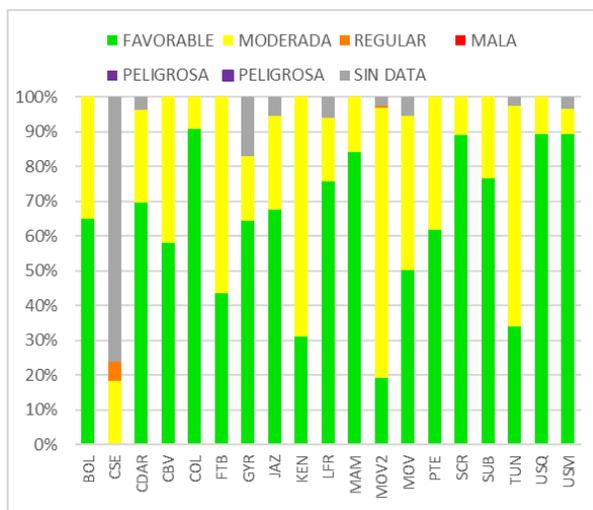


Figura 25. IBOCA para PM_{2.5} por estación – julio 2022

La Figura 25 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 julio 2022 predominó la condición “moderada” en la mayoría de las estaciones, registrando los porcentajes más altos en Móvil Fontibón (78%) y Kennedy (69%). La condición “favorable” fue predominante en las estaciones Colina, San Cristóbal, Usaquén y Usme, con 91% en Colina y 89% en las demás estaciones. En Carvajal-Sevillana se observó un porcentaje notable de la condición “regular”, con un 6% del mes.

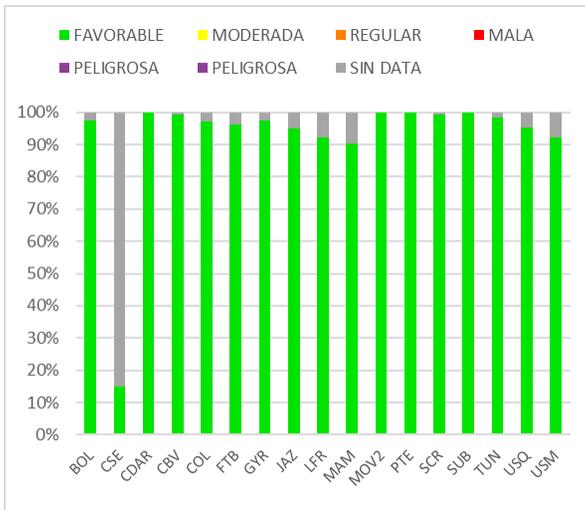
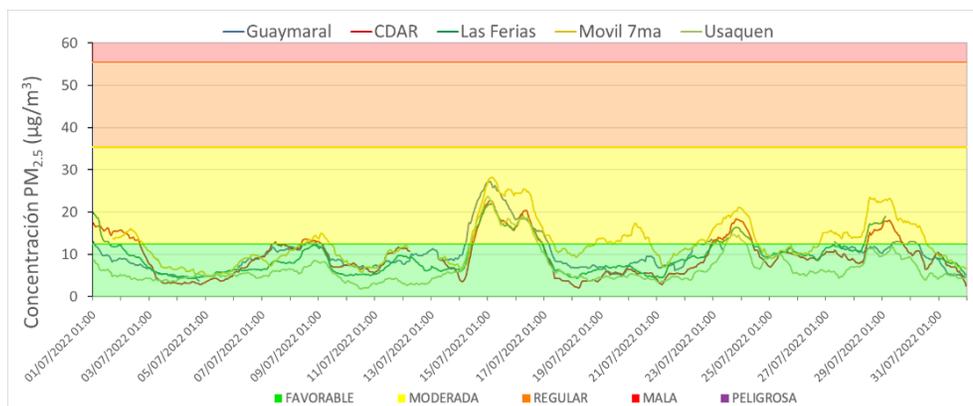


Figura 26. IBOCA para O₃ por estación – julio 2022

La Figura 26 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 julio 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. Las estaciones Colina, Jazmín, Suba y Usme registraron varios datos atípicos que fueron invalidados, por ello se registró una baja representatividad temporal del parámetro en el mes.

8. EVENTOS DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

En la Figura 27 se observan las concentraciones de PM_{2.5} media móvil 24 horas registradas en las estaciones de la RMCAB durante el mes de julio de 2022. Se evidencia que durante la primera mitad del mes se registró predominantemente la condición “favorable”, principalmente en la zona sur, suroriente y nororiente. El 15 de julio hubo un ligero aumento de las concentraciones en todas las estaciones, lo que coincidió con un fin de semana, por lo cual podría asociarse a un incremento del tráfico generalizado en la ciudad, además de que hubo una diferencia notable entre el día y la noche, lo que pudo favorecer la acumulación de contaminación en la atmósfera. Durante la siguiente semana se redujeron nuevamente las concentraciones, lo que coincidió con el festivo del 20 de julio, en el cual hubo menor actividad en la ciudad. En las siguientes semanas se registraron otros incrementos de concentración de menor magnitud, que corresponden también al penúltimo y último fin de semana de julio, en los que hay mayor tráfico durante gran parte del día, dichos incrementos fueron más notables al occidente y noroccidente de la ciudad.



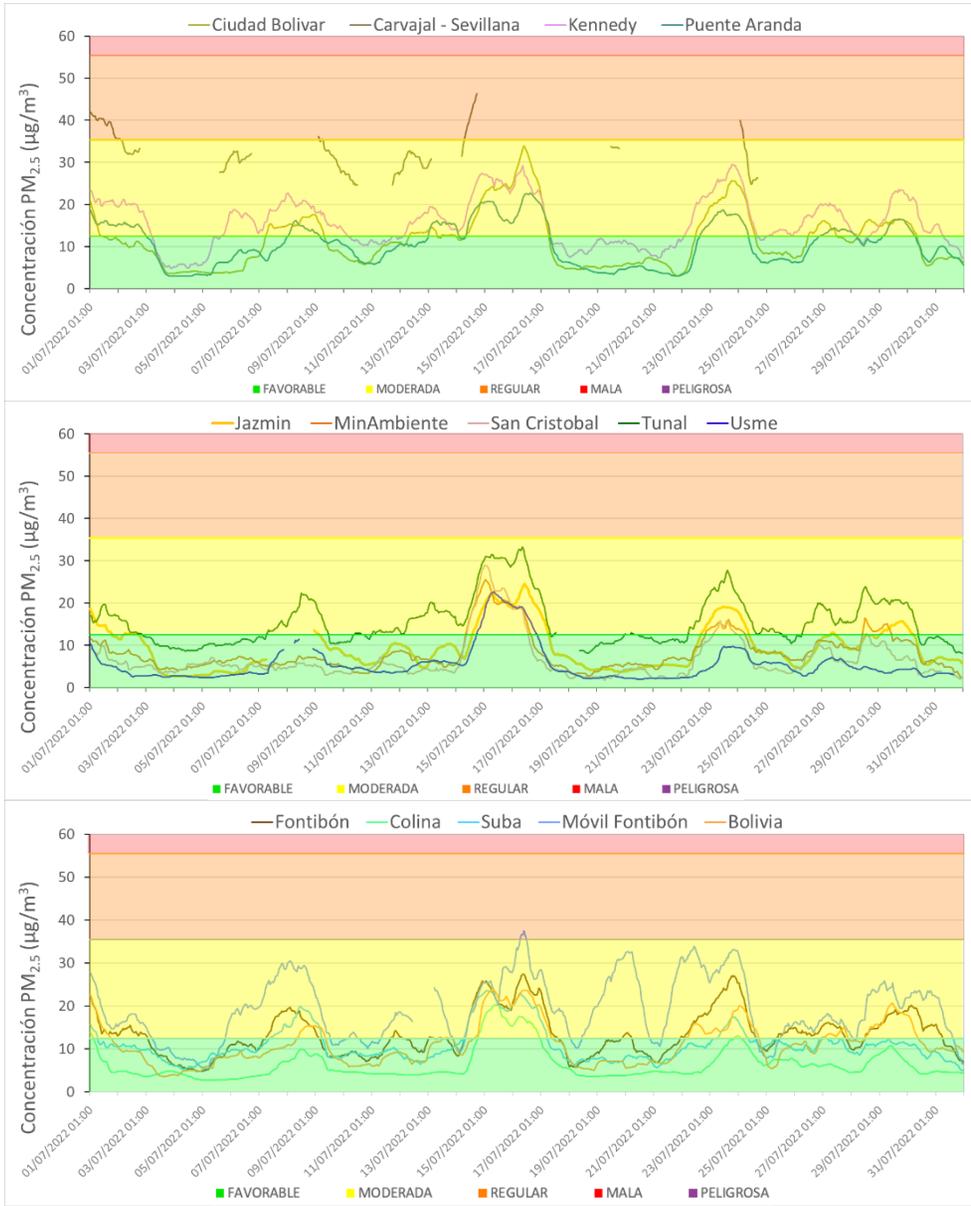


Figura 27. Concentraciones media móvil 24 h PM_{2.5} julio 2022

9. COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS

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

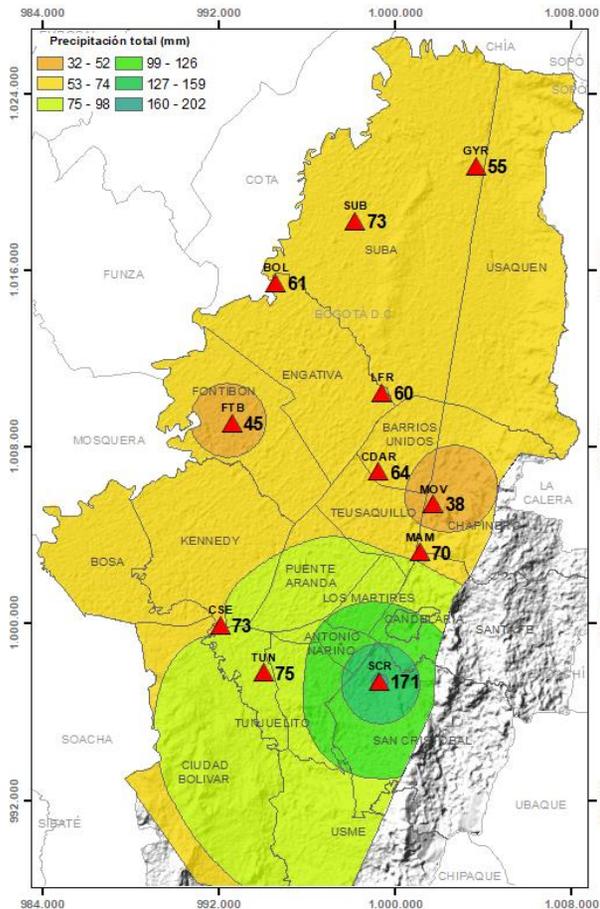


Figura 28. Mapa de la precipitación mensual total (mm) – julio 2022

Después de un mes de junio atípicamente lluvioso debido a la influencia de La Niña, durante el mes de julio se redujeron las precipitaciones, de acuerdo con el ciclo estacional de las lluvias en la ciudad de Bogotá. De este modo, en gran parte del distrito, las lluvias presentaron una importante reducción aproximadamente del 50% en sus acumulados con respecto al mes anterior. El sector de la ciudad que continuó presentando los mayores niveles de precipitación se concentró hacia el suroriente comprendido entre las estaciones San Cristóbal, Tunal y Carvajal-Sevillana. Ver Figura 28.

Conforme se redujeron las lluvias, así también el número de días con lluvia los cuales estuvieron por debajo de los 25 días en toda la ciudad. Si bien las concentraciones de material particulado se redujeron durante el mes de julio, esta reducción obedece no propiamente a los escasos eventos de lluvias, sino probablemente a una variación en la dirección de flujo de los vientos, los cuales durante los meses precedentes de este año presentaron un persistente predominio de suroccidente y el occidente, mientras que durante el mes de julio predominaron los vientos del suroriente, los cuales favorecen la limpieza de la ciudad (Figura 29).

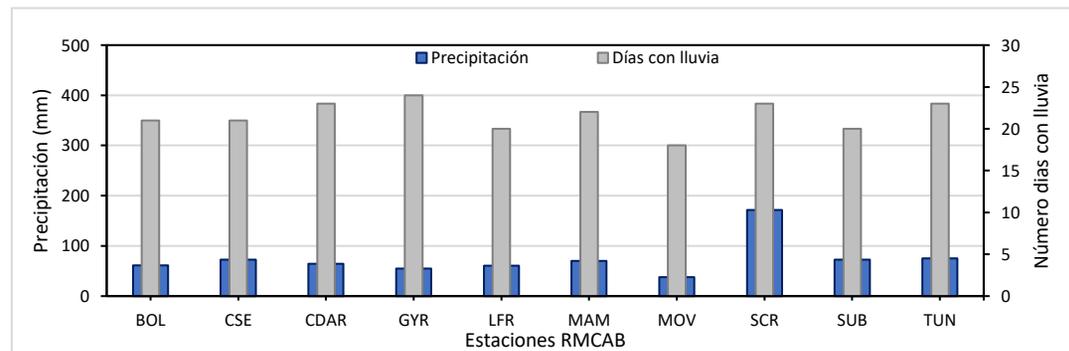


Figura 29. Precipitación media mensual y número de días con precipitación – julio 2022

9.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LA TEMPERATURA

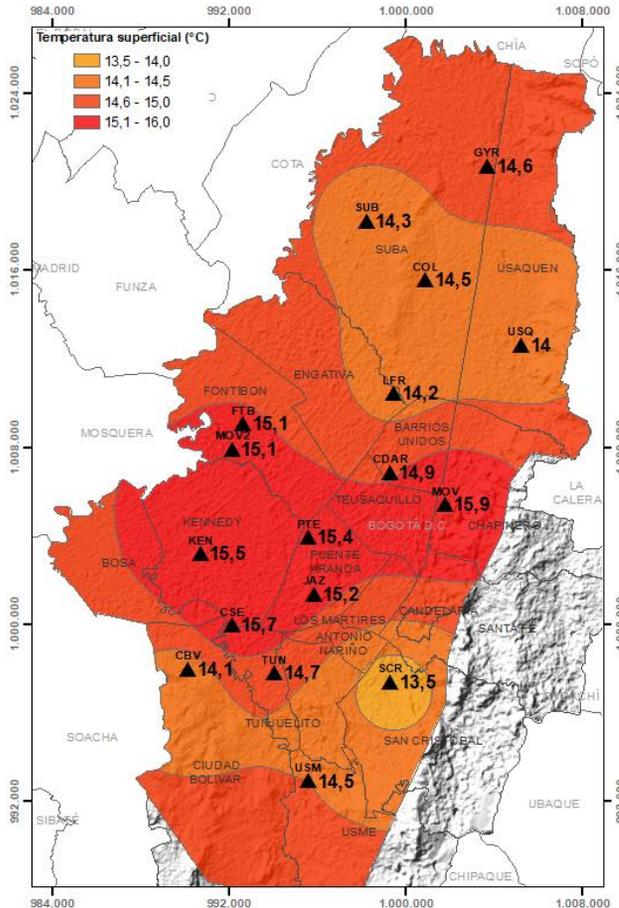


Figura 30. Mapa del promedio de temperatura superficial de las estaciones de la RMCAB con base en el método de interpolación de Kriging – julio 2022

Con la reducción de las lluvias durante el mes de julio, se presentó un incremento en la temperatura superficial del aire de manera coherente con el mayor ingreso de radiación solar, lo cual genera un calentamiento de la superficie que transfiere su energía a la masa de aire en contacto con el consecuente aumento en la temperatura. Así pues, la franja central que se observa en la Figura 30, con valores que fluctúan entre 14,9°C a 15,7 °C, representa las temperaturas más altas registradas en el mes. Entre tanto, las menores temperaturas ocurrieron hacia el suroriente y centro norte de la ciudad.

Las temperaturas máximas absolutas se registraron en las estaciones CDAR (25,7 °C), Tunal (25,4 °C), Kennedy (25,1 °C), Guaymaral (24,9 °C), Suba (24,4 °C), Móvil 7ma (24,1 °C). De otra parte, las mínimas absolutas en las estaciones Tunal (4,0 °C), Guaymaral (5,3 °C), CDAR (5,7°C) y Suba (6,3 °C) (Figura 31). En cuanto a la amplitud térmica, en las estaciones Tunal (21,4 °C), CDAR (20,0 °C), Guaymaral (19,6 °C) se presentaron mayores amplitudes, lo que favorece los procesos convectivos en estos sectores y de esta forma contribuyen con la mezcla y la difusión turbulenta del aire contaminado de la ciudad.

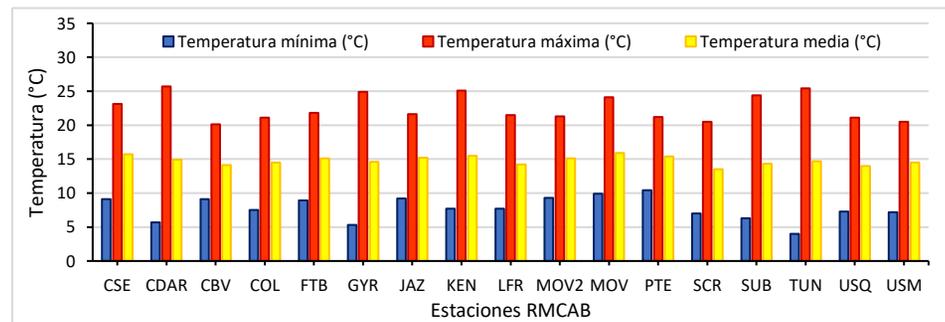


Figura 31. Temperaturas medias, máximas y mínimas absolutas por estación – julio 2022

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

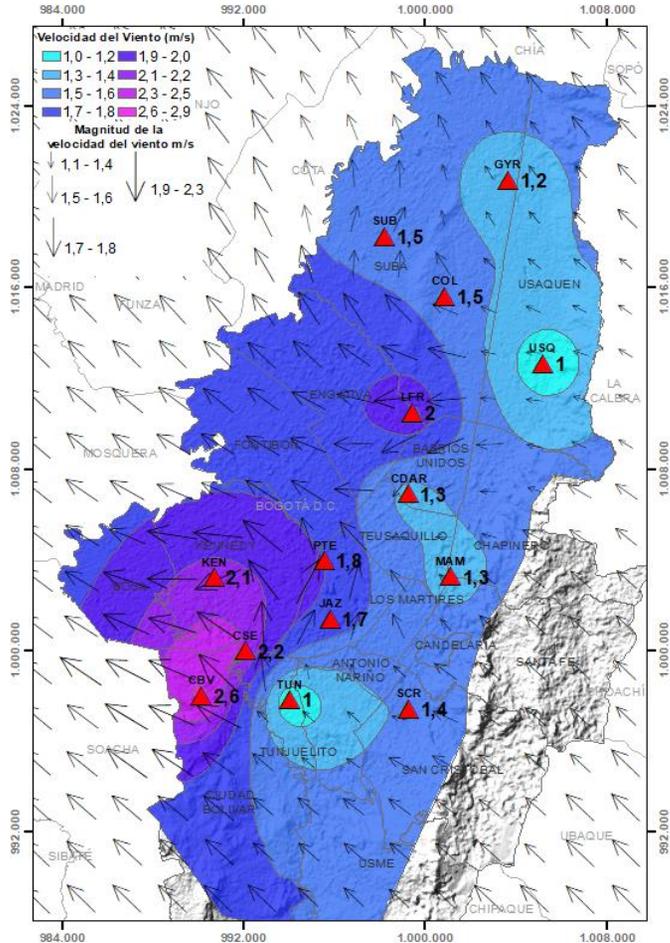


Figura 32. Velocidad promedio (Superficie en colores) y Dirección promedio (Vectores) del Viento con base en Kriging – julio 2022

Como se mencionó anteriormente, durante el mes de julio tomó relevancia el flujo básico de los alisios del suroriente, con influencia en toda la ciudad, favoreciendo el proceso de mezcla y transporte turbulentos que benefician la dispersión de contaminantes durante gran parte del año. Aunque el predominio de los vientos del sur oriente fue en toda la ciudad, los vientos con mayor capacidad de mezcla y transporte se presentaron hacia el occidente con valores de entre 1,7 m/s a 2,6 m/s, lo que podría explicar en parte, la disminución en las concentraciones de material particulado y gases en la ciudad, en la medida que las precipitaciones no fueron suficientemente intensas durante el mes de julio (Figura 32).

Las velocidades máximas absolutas, se registraron hacia el suroccidente y centro occidente de la ciudad, con valores de hasta 7,8 m/s en la estación Ciudad Bolívar, 6,0 m/s en la estación Kennedy, 5,5m/s en la estación Carvajal-Sevillana y en el centro de la ciudad 5,4 m/s en la estación Las Ferias (Figura 33).

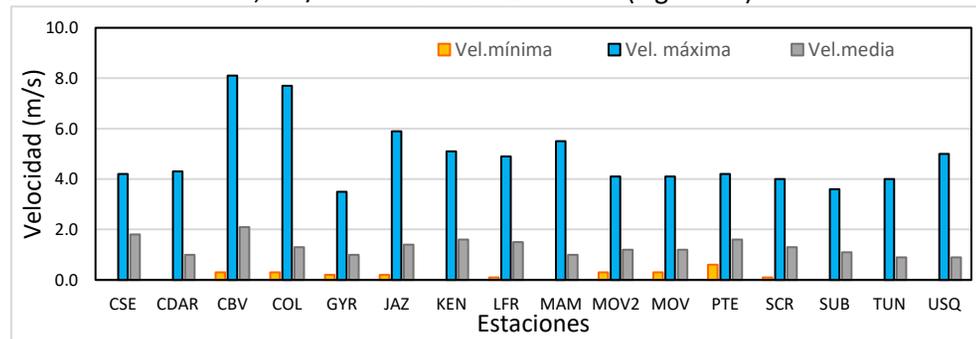


Figura 33. Velocidad del viento media, máxima y mínima absolutas por estación – julio 2022

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME MENSUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M3	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 Móvil Fontibón y Kennedy, mientras que los menores valores se observaron al oriente y norte de la ciudad, en el área de influencia de Usme, San Cristóbal, Colina y Usaquén. La estación Móvil Fontibón tuvo el promedio mensual más alto de PM₁₀ (54,6 µg/m³) y de PM_{2.5} (18,8 µg/m³); se registraron en total 11 excedencias de PM₁₀ y no se registraron excedencias de PM_{2.5} en el mes de julio 2022.
- Con respecto a los gases, Móvil 7ma registró el promedio más alto de CO (1611,0 µg/m³), Kennedy tuvo el promedio más alto de NO₂ (36,7 µg/m³), Usme registró el valor más alto de SO₂ (7,4 µg/m³) y Usaquén registró el promedio más alto de O₃ durante el mes (32,070 µg/m³). Hubo un aumento generalizado de las concentraciones de gases en relación con el mes anterior en la mayoría de las estaciones, a excepción de las concentraciones de CO, que disminuyeron respecto a junio. Solamente se registraron diez excedencias horarias de CO, las concentraciones de los demás gases contaminantes cumplieron con los niveles máximos permisibles definidos en la norma.
- En julio de 2022 se observó que las concentraciones de Black Carbon más altas se registraron en la cuarta semana del mes en la zona suroccidental, en la tercera semana para las estaciones del oriente y sur, y en la última semana para las demás estaciones; los registros más altos fueron del orden de 10 µg/m³ en la estación Kennedy. El aporte principal a Black Carbon fue por parte del uso de combustibles fósiles, principalmente en las estaciones Ciudad Bolívar, Kennedy, Fontibón, Puente Aranda y Tunal. El aporte de Black Carbon por quema de biomasa se registró principalmente en Centro de Alto Rendimiento, MinAmbiente y San Cristóbal.
- Con respecto al índice IBOCA en julio de 2022, para las concentraciones registradas de PM_{2.5} se observó una predominancia de la condición “favorable” durante la primera mitad del mes en la mayoría de las estaciones, en el fin de semana del 15 al 17 hubo un aumento notable en toda la ciudad debido a diferencias de temperatura que favorecieron la acumulación de la contaminación. Las estaciones Móvil Fontibón, Kennedy y Tunal registraron el mayor porcentaje de tiempo en la condición “moderada”, con 78%, 69% y 64% respectivamente.
- En el mes de julio de 2022 se redujeron notablemente las precipitaciones respecto a los meses anteriores, en un 50% respecto a junio. Las precipitaciones más altas se registraron en San Cristóbal, con 171 mm acumulados, y valores mayores a 73 mm en otras estaciones del sur de la ciudad. En general, se registraron menos de 25 días de lluvia en el mes, siendo la estación Móvil 7ma la que registró el menor número de días de lluvia, con 18 días.
- Con relación a la temperatura superficial en julio de 2022, se observó un incremento de la temperatura en relación con el mes anterior, asociado a la disminución de las precipitaciones. San Cristóbal registró el menor valor de temperatura mensual, con 13,5°C, y Móvil 7ma tuvo el mayor promedio mensual con 15,9°C, y los registros máximos horarios más altos se observaron en Centro de Alto Rendimiento y Tunal, con 25,7 y 25,4 °C respectivamente.
- En julio de 2022 se evidenció una predominancia de los vientos alisios del suroriente. Las velocidades promedio mensual más altas se observaron en Ciudad Bolívar con 2,6 m/s y

  	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	INFORME MENSUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M3	Versión: 2

Carvajal-Sevillana con 2,2 m/s, representando aumentos respecto al mes anterior. Los máximos horarios se observaron en el suroccidente y centro – occidente de la ciudad, en Ciudad Bolívar, Kennedy y las Ferias.

11. ANEXOS

11.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB

Tabla 3. Características, ubicación de las estaciones y variables monitoreadas de la RMCAB

Estación	Características									Contaminantes							Variables meteorológicas								
	Sigla	Latitud	Longitud	Altitud (m)	Altura (m)	Localidad	Escala	Tipo de zona	Tipo de estación	Dirección	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	NO ₂	CO	SO ₂	Black Carbon	V. Viento	D. Viento	Temperatura	Precipitación	R. Solar	H. Relativa	Presión Atm.	
Bolivia	BOL	4°44'9.12"N	74°7'33.18"W	2574	0	Engativá	Vecindario	Suburbana	De fondo	Avenida Calle 80 #121-98	X	X	X	X	X	X				X					
Carvajal-Sevillana	CSE	4°35'44.22"N	74°8'54.90"W	2563	3	Kennedy	Vecindario	Urbana	Tráfico Industrial	Autopista Sur #63-40	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	Vecindario	Urbana	De fondo	Calle 63 # 59A-06	X	X	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	Vecindario	Urbana	Residencial	Calle 70 Sur #56-11	X	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	Vecindario	Urbana	Residencial	Avenida Boyacá No 142#-55	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	
Fontibón	FTB	4°40'41.67"N	74°8'37.75"W	2551	11	Fontibón	Vecindario	Urbana	De tráfico	Carrera 104 #20 C-31	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	
Guaymaral	GVR	4°47'1.52"N	74°2'39.06"W	2580	0	Suba	Vecindario	Suburbana	De fondo	Autopista Norte #205-59	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	
Jazmín	JAZ	4°36'30.6"N	74°06'53.8"W	2559	0	Puente Aranda	Vecindario	Urbana	Residencial	Calle 1 G #41 A39	X	X	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	Vecindario	Urbana	De tráfico	Carrera 80 #40-55 sur	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X		
Las Ferias	LFR	4°41'26.52"N	74°4'56.94"W	2552	0	Engativá	Vecindario	Urbana	De tráfico	Avenida Calle 80 #69Q-50	X	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	Vecindario	Urbana	De tráfico	Calle 37 #8-40	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	Vecindario	Urbana	Tráfico Industrial	Carrera. 98 #16 B50	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	
Móvil 7ma	MOV	4°38'32.75"N	74°5'2.28"W	2583	0	Chapinero	Vecindario	Urbana	De tráfico	Carrera 7 con calle 60	X	X		X	X			X	X	X	X	X	X	X	
Puente Aranda	PTE	4°37'54.36"N	74°7'2.94"W	2590	10	Puente Aranda	Vecindario	Urbana	Industrial	Calle 10 #65-28	X	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	Vecindario	Urbana	De fondo	Carrera 2 Este #12-78 sur	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	
Suba	SUB	4°45'40.49"N	74°5'36.46"W	2571	6	Suba	Vecindario	Suburbana	De fondo	Carrera 111 #159A-61	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	Vecindario	Urbana	De fondo	Carrera 24 #49-86 sur	X	X	X	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	Vecindario	Urbana	De fondo	Carrera 7B Bis #132-11	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	Vecindario	Urbana	Residencial	Carrera 11 #65 D50 Sur	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-M3	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 4. 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-M3	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 julio 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-M3	Versión: 2

utiliza la última versión vigente cargada el aplicativo interno de la Secretaría Distrital de Ambiente - SDA "Isolucion".

Tabla 5. 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 6. 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]

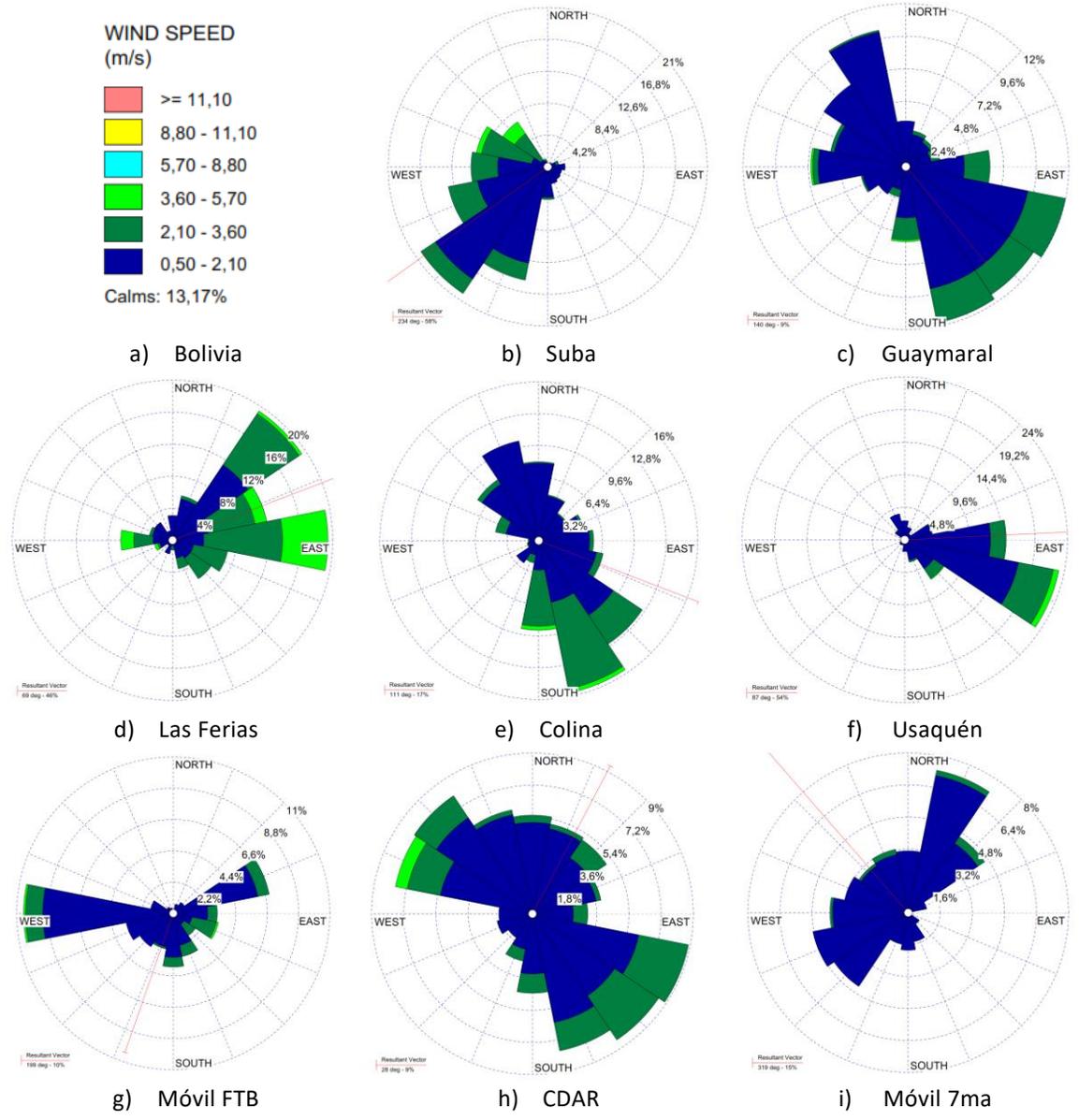
R: constante universal de los gases ideales =

T: temperatura absoluta [K]

11.4. ROSAS DE LOS VIENTOS

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

la RMCAB en la Figura 34. Estas permiten ampliar la comprensión del comportamiento de los vientos, como complemento al campo del viento representado en el mapa de la Figura 32. Las rosas de viento proporcionan además de la magnitud de la velocidad del viento y su frecuencia, el vector resultante (en línea roja), que representa en esencia la dirección de donde, en promedio, provienen los vientos durante el periodo analizado. Entonces, con base en la información complementaria que ofrecen dichas rosas se puede deducir que, en julio de 2022 los vientos con mayor persistencia se registraron en las estaciones: San Cristóbal con un 45% de vientos del oriente, Ciudad Bolívar con un 38% de vientos del occidente; seguidas por Tunal con un 33%. Estas rosas se describen para aquellas estaciones que superaron el criterio de representatividad temporal superior al 75%.



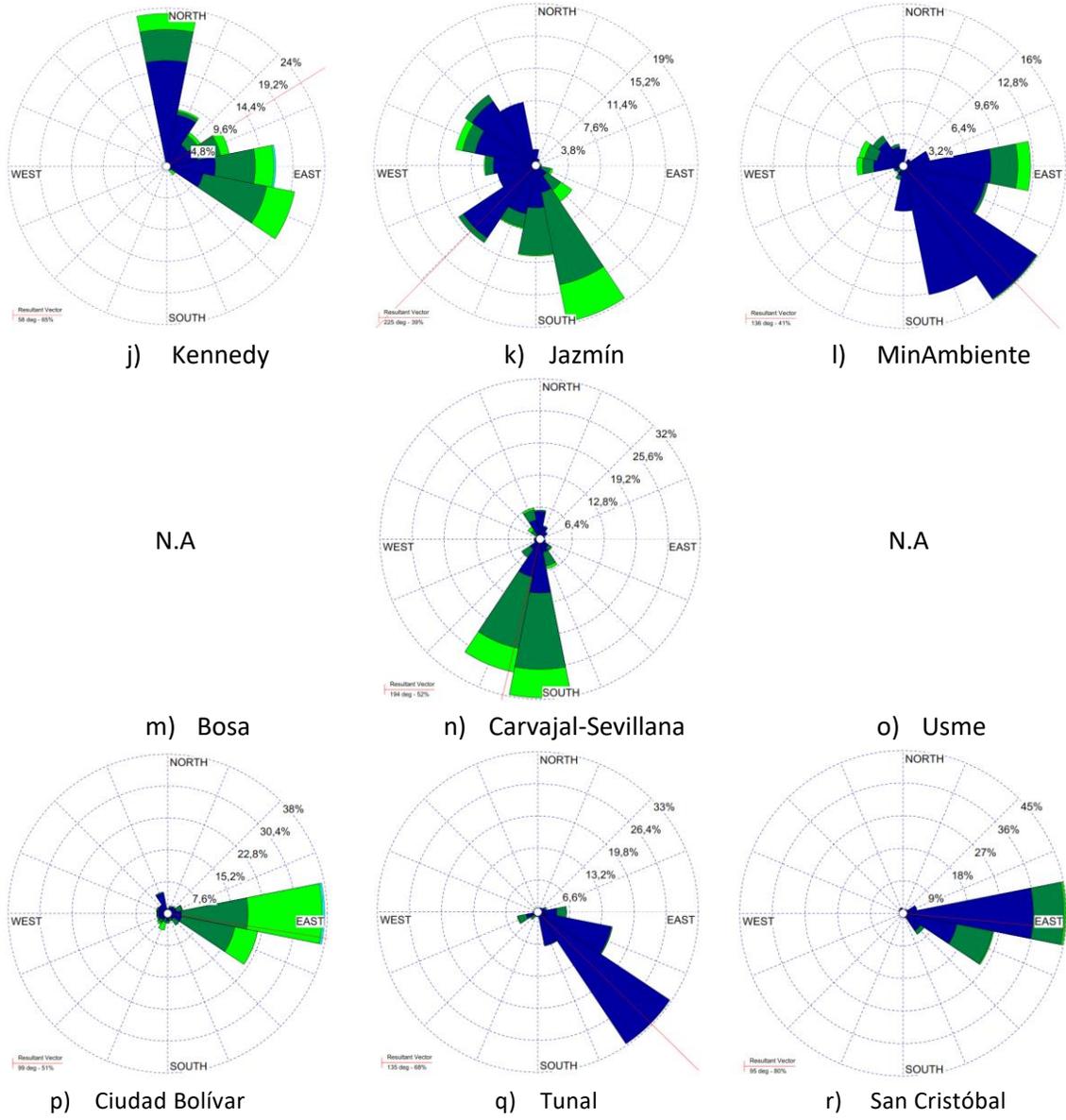


Figura 34. Rosas de los vientos – julio de 2022

FIN DEL INFORME