

Informe Mensual de Calidad del Aire de Bogotá

Agosto 2022

Estación Guaymaral

Red de Monitoreo de Calidad del Aire de
Bogotá - 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



**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

NOTA ACLARATORIA

El presente informe corresponde a la segunda versión del documento del “Informe mensual de calidad del aire Agosto 2022”, que se encuentra vinculado como anexo al resumen ejecutivo del proceso No. 5636002 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 03 de octubre 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 PM₁₀ en el texto de análisis, pasando de 14,6 a 14,5 µg/m³ en la estación Colina y del porcentaje de representatividad temporal de datos de PM₁₀ pasando de 3% a 0% en Carvajal-Sevillana para Agosto de 2022.
- Modificación del porcentaje de representatividad temporal de datos de PM_{2.5} pasando de 3% a 0% en la estación Carvajal-Sevillana para Agosto de 2022.
- Modificación del porcentaje de representatividad temporal de datos de O₃ pasando de 10% a 11% en la estación Carvajal-Sevillana para Agosto de 2022.
- Modificación de la concentración promedio mensual de NO₂ en el mapa de distribución espacial en las estaciones Usme pasando de 21 a 22 µg/m³, Colina pasando de 37 a 38 µg/m³, Bolivia pasando de 30 a 31 µg/m³ y Móvil 7ma pasando de 15 a 16 µg/m³ para Agosto de 2022.
- Modificación de la concentración promedio mensual de CO en el mapa de distribución espacial en las estaciones Bolivia pasando de a 563 a 564 µg/m³, Usme pasando de 450 a 449 µg/m³ y Móvil 7ma pasando de 1816 a 1812 µg/m³ y del porcentaje de representatividad temporal de datos de CO en la estación Carvajal-Sevillana pasando de 12% a 11% para Agosto de 2022.
- Modificación de las concentraciones promedio mensual de Agosto 2022 de CO pasando de 1822,5 a 1812,3 µg/m³ en la Móvil 7ma y de SO₂ pasando de 7,6 a 7,7 µg/m³ en Usme en el apartado de las conclusiones.

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

1. RESUMEN EJECUTIVO

De acuerdo con lo establecido en la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) con respecto a los niveles máximos permisibles, en el mes de agosto de 2022 se tuvieron diez (10) excedencias diarias de las concentraciones de material particulado menor a 10 micras PM₁₀ 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 monóxido carbono CO, el dióxido de azufre SO₂, el dióxido de nitrógeno NO₂ y las concentraciones de Ozono O₃ no se registraron excedencias a la normatividad.

	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 el mes de agosto se evidenció un aumento significativo de las concentraciones de material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) en las diferentes estaciones respecto al mes anterior, sin embargo, respecto a las concentraciones y excedencias de los gases CO , O_3 , SO_2 y NO_2 no 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 las estaciones Carvajal – Sevillana y Móvil 7ma se vio afectada por valores de temperatura interna y de desviación estándar, debido a que se presentaron fallos con el aire acondicionado en las estaciones. 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. También, en la zona de influencia de la estación de Usme, se están realizando obras civiles que pudieron ser causales de incidencias en las concentraciones registradas en la estación.

Finalmente, como novedad durante el mes, se realizó el cargue de la información de variables meteorológicas y contaminantes criterio del mes de junio y la semana del 1 al 10 de julio de 2022 y se realizó el procesamiento de las semanas del 11 al 31 de julio y de 1 al 7 de agosto para cargue el próximo mes al Subsistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAIRE. De otra parte, el grupo operativo de campo de la RMCAB atendió visitas para el mantenimiento externo de los aires acondicionados de las estaciones, también se continuo con el periodo de intercomparaciones de sensores meteorológicos, además realizó pruebas de funcionamiento y operación en algunos pluviómetros de la red. Por otro lado, se ejecutaron actividades para la reparación de la torre en la que se ubican los sensores meteorológicos de la estación Kennedy y acompañó la toma física del inventario de equipos de las estaciones.

Adicionalmente, se trabajó en la solicitud de cambios documentales a algunos instructivos internos de la RMCAB, asimismo, se solicitó la adopción del nuevo instructivo para la aplicación de los factores de corrección en las mediciones de los equipos de la red.

Nota:

Este informe “Informe mensual de calidad del aire agosto 2022-v2”, se encuentra vinculado como anexo al resumen ejecutivo del proceso No. 5668149 del Sistema de Información Ambiental FOREST de la Secretaría Distrital de Ambiente.

2. INTRODUCCIÓN

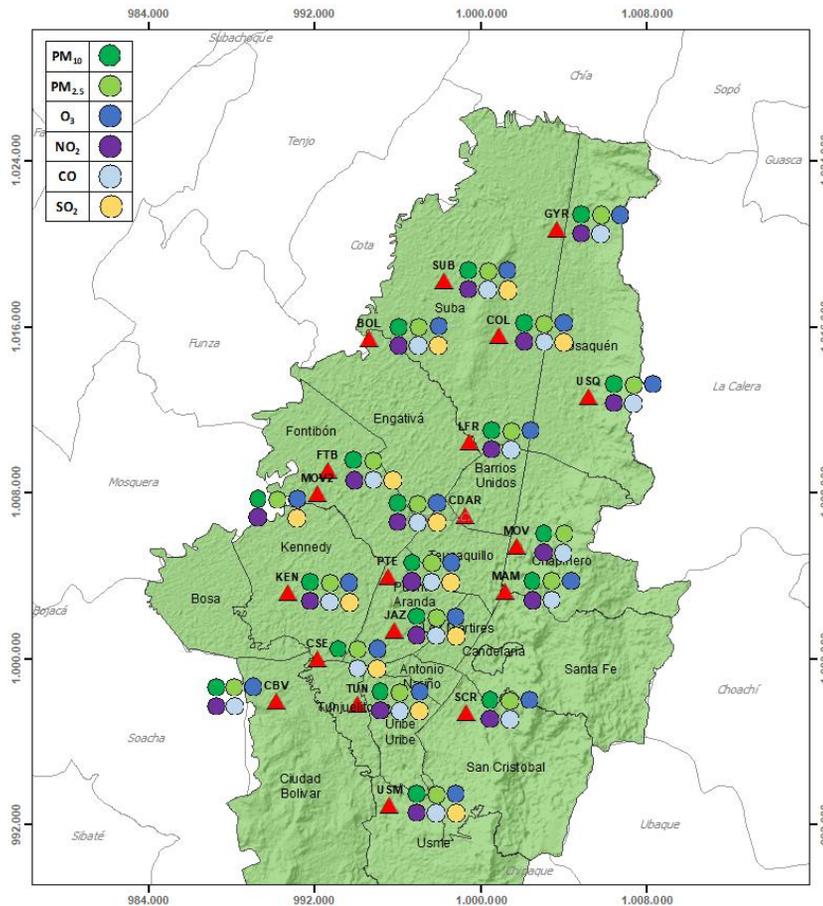


Figura 1. Estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB distribuidas a lo largo y ancho de Bogotá D.C.

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 agosto de 2022 la temperatura interna osciló entre los 20 y 30°C en la mayoría de las estaciones, sin embargo, en la estación Carvajal - Sevillana se registraron temperaturas de hasta 39,8°C y en la estación Móvil 7ma se presentaron registros de hasta 16,0°C debido a fallos que se presentaron con el aire acondicionado de dichas estaciones. Para cada hora de excedencia al rango especificado, se invalidaron los datos de contaminantes en la estación correspondiente. Por otro lado, la humedad interna se mantuvo entre 8,8% y 59,9% 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 agosto, se realizó el cargue de la información de variables meteorológicas y contaminantes criterio del mes de junio y la semana del 1 al 10 de julio de 2022 en el Subsistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAIRE. Adicionalmente, se realizó el procesamiento de la información de las semanas del 11 al 31 de julio y de 1 al 7 de agosto para cargue el próximo mes.

De otra parte, durante el mes, el grupo operativo de campo de la RMCAB atendió visitas para el mantenimiento externo de los aires acondicionados de las estaciones, también se continuó con el periodo de intercomparaciones de sensores meteorológicos respecto a sensores patrones en las estaciones Suba, Ferias, CDAR y Móvil7ma. Por otro lado, se realizaron pruebas de funcionamiento y operación en los pluviómetros instalados en las estaciones Usaquén, San Cristóbal, Ciudad Bolívar, Ferias, Móvil7ma y Fontibón, y se realizaron actividades para la reparación de la torre en la que se ubican los sensores meteorológicos de la estación Kennedy. Adicionalmente, se atendieron visitas en las que se realizó la toma física del inventario de equipos de las estaciones de la RMCAB.

Por último, se trabajó en la solicitud de cambios documentales a los instructivos internos de la RMCAB, PA10-PR06-INS1 "Revisión rutinaria de la operación de los monitores de partículas", PA10-PR06-INS2 "Instructivo para la revisión rutinaria de la operación del analizador de óxidos de nitrógeno (NOx)" y PA10-PR06-INS3 "Instructivo para la revisión rutinaria de la operación del analizador de dióxido de azufre (SO2)". Asimismo, se solicitó la adopción del nuevo instructivo para la aplicación de los factores de corrección en las mediciones de los equipos de la red.

  	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 agosto 2022.

4.1. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE PM₁₀

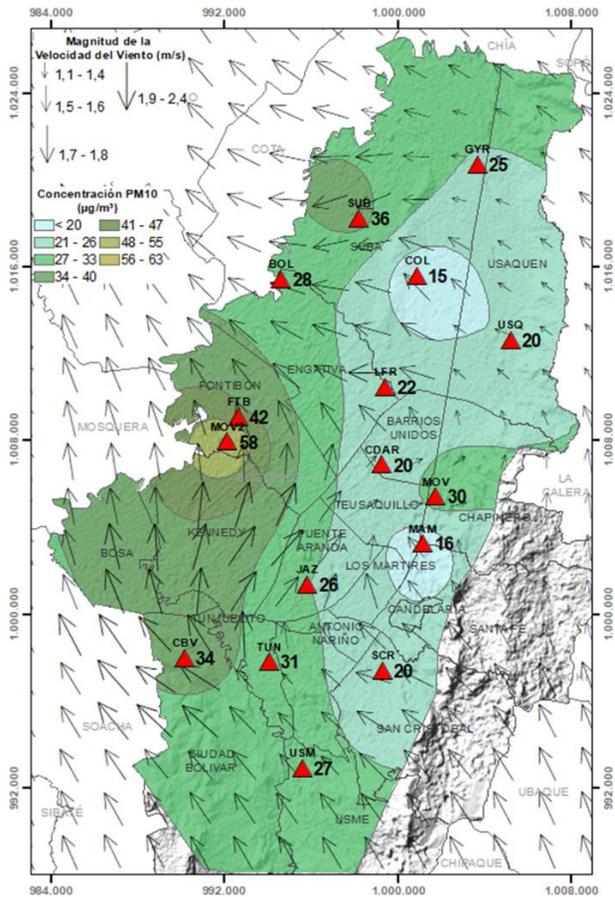


Figura 2. Distribución espacial concentraciones mensuales PM₁₀ – agosto 2022

Las concentraciones promedio mensuales más altas se presentaron en el occidente en Móvil Fontibon (57,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y en Fontibon (41,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), mientras que las menores concentraciones se registraron en el norte en Colina (14,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y MinAmbiente (16,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Las concentraciones máximas diarias más altas para el mes corresponden a 88,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Móvil Fontibon y a 78,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Tunal; estas concentraciones sobrepasaron el nivel máximo definido por la norma nacional diaria (75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). En el mes se registraron en total diez (10) 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 una (1) en Ciudad Bolívar y una (1) en Tunal. Las concentraciones restantes, CUMPLIERON con el nivel máximo permisible establecido en la norma. Las estaciones Puente Aranda (0%), Kennedy (48%) y Carvajal - Sevillana (0%) no alcanzaron el 75% de representatividad temporal ya que se presentaron fallos al interior de las cabinas, por lo cual los contaminantes registraron datos atípicos que tuvieron que invalidarse.

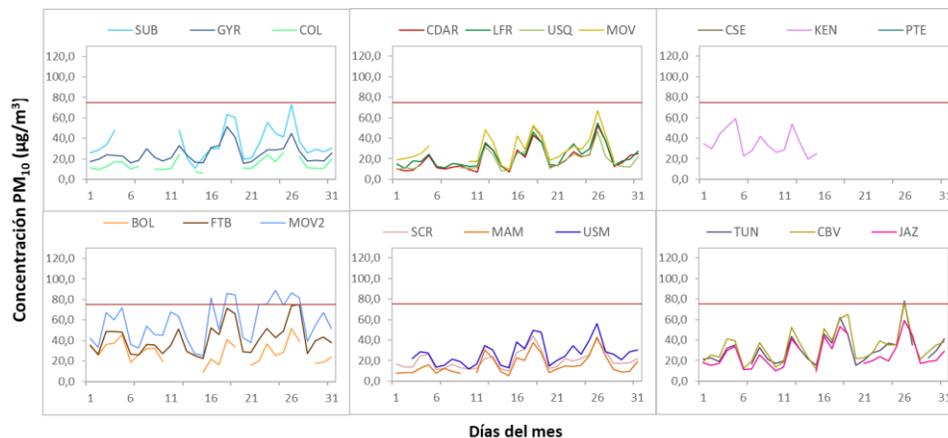


Figura 3. Concentraciones diarias PM₁₀ por estación de monitoreo – agosto 2022

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

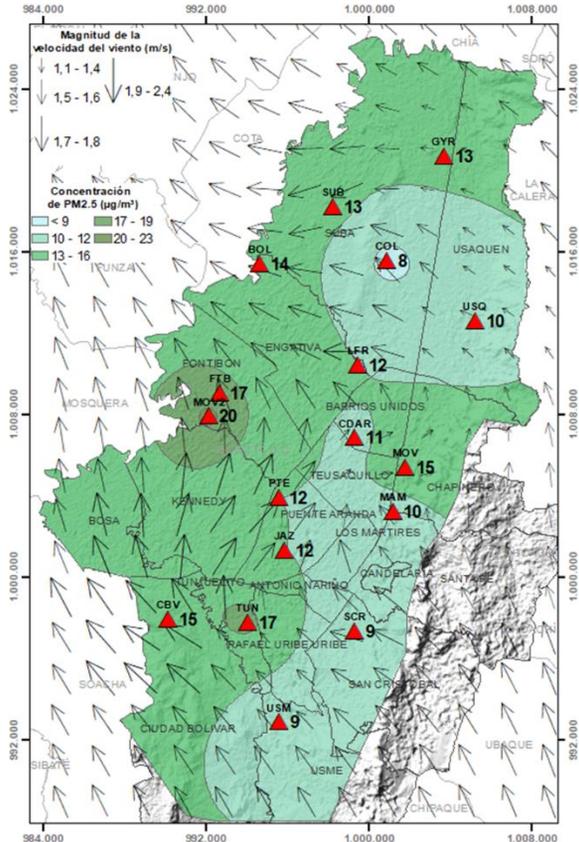


Figura 4. Distribución espacial concentraciones mensuales PM_{2.5} – agosto 2022

Las concentraciones promedio mensuales más altas se presentaron en el occidente en Móvil Fontibón (20,0 µg/m³) y en Fontibón (16,8 µg/m³), mientras que las menores concentraciones se registraron al norte en Colina (7,7 µg/m³) y al sureste en Usme (9,1 µg/m³). Las concentraciones máximas diarias más altas del mes corresponden a 36,0 µg/m³ en Tunal y 35,8 µg/m³ en Móvil 7ma; ninguna concentración sobrepasó el nivel máximo definido por la norma nacional diaria (37 µg/m³). 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}.

Las estaciones Kennedy (48%) y Carvajal - Sevillana (0%) no alcanzaron el 75% de representatividad temporal ya que se presentaron fallos al interior de las cabinas, por lo cual los contaminantes registraron datos atípicos que tuvieron que invalidarse.

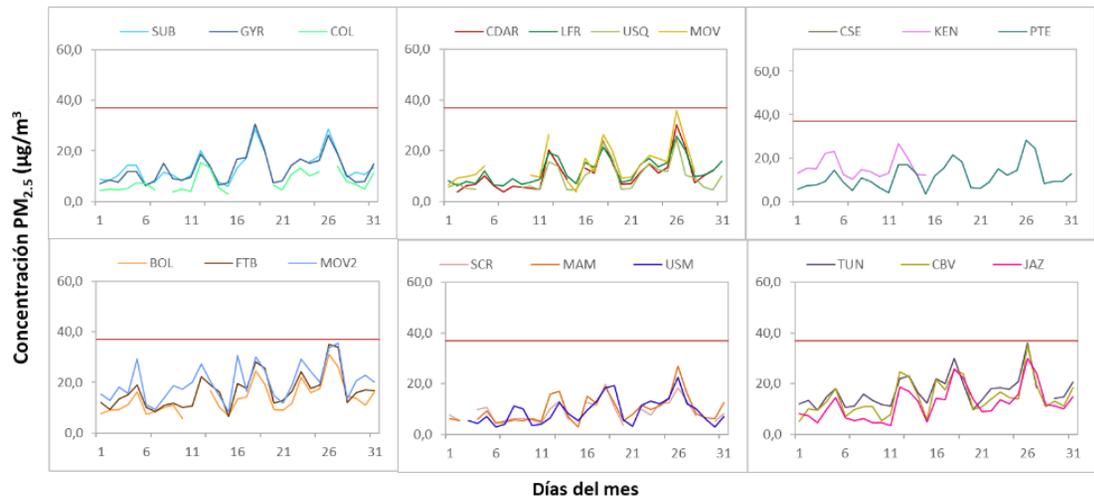


Figura 5. Concentraciones diarias PM_{2.5} por estación de monitoreo – agosto 2022

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 agosto 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 10, 18 y 24 de agosto. Asimismo, las concentraciones de material particulado se incrementaron los días 12, 19 y 26 de agosto que coinciden con disminuciones en la velocidad del viento. Por otro lado, los días 6, 13 y 16 presentaron precipitaciones más altas que el resto del mes, el 6 y el 16 se evidencian disminuciones considerables en el material particulado y asimismo ascensos en la velocidad del viento, pero el 13 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.

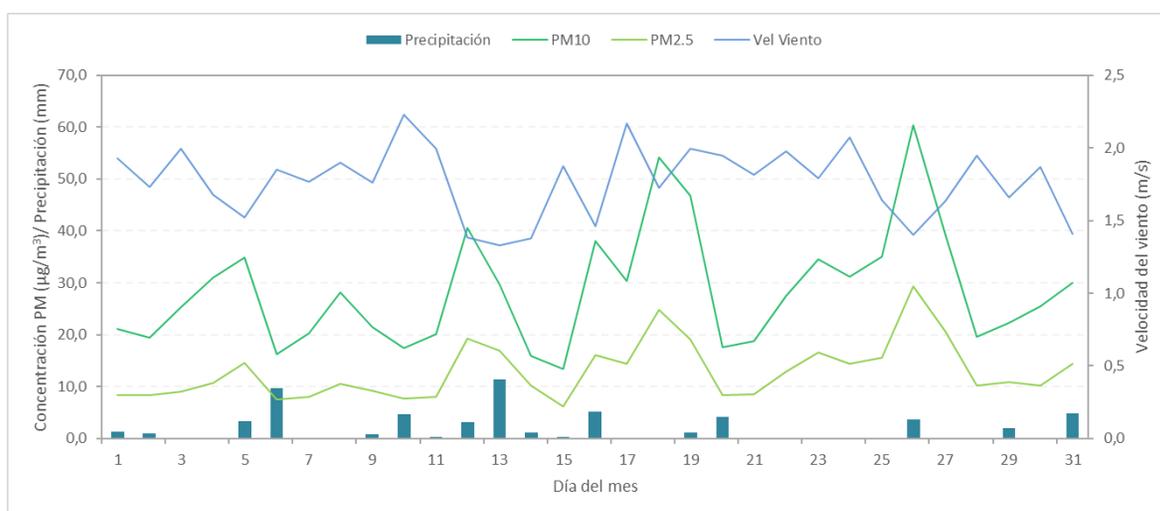


Figura 6. Promedio de concentración PM₁₀ y PM_{2.5}, precipitación y velocidad del viento a nivel ciudad – agosto 2022

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 agosto 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 13 y el 18 de agosto y la Figura 8 correspondiente a la estación Guaymaral el 8 y el 19 de agosto.

TUNAL

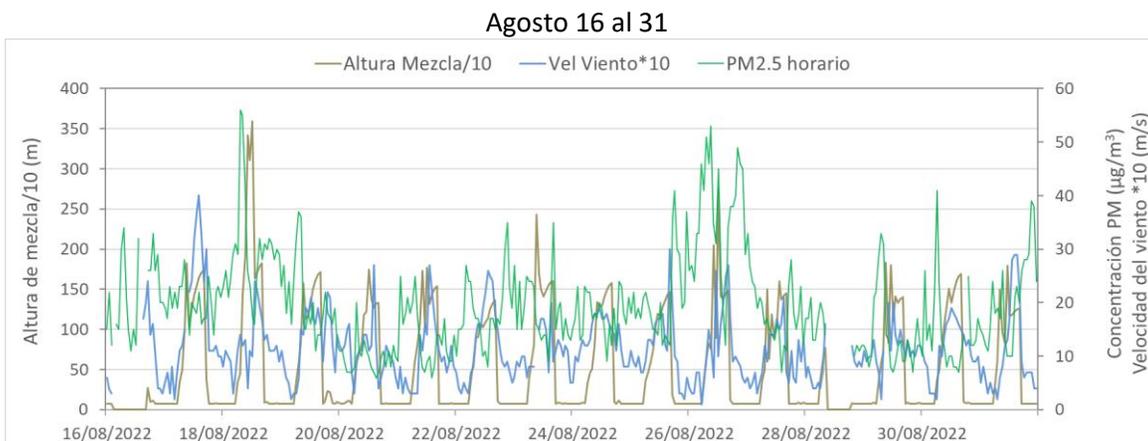
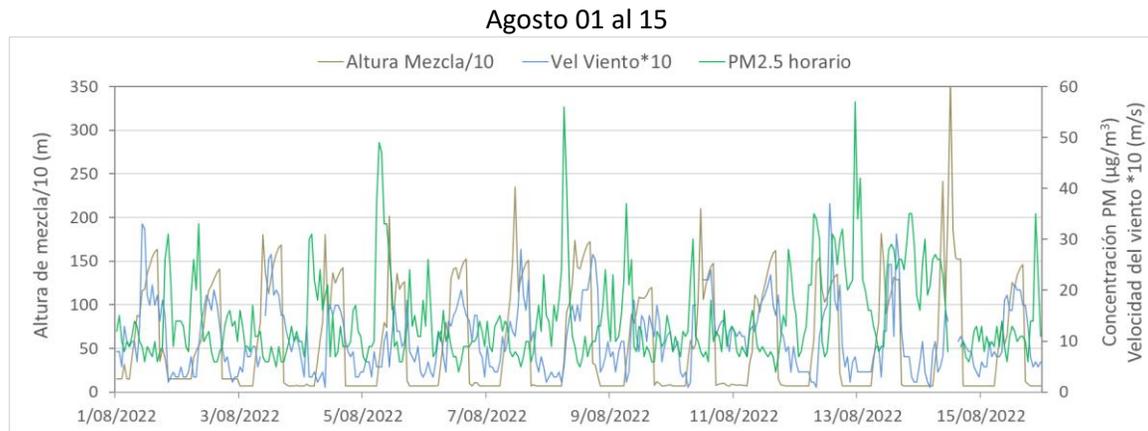


Figura 7. Comparación altura de mezcla, concentraciones PM_{2.5} y velocidad del viento estación Tunal - agosto 2022

GUAYMARAL

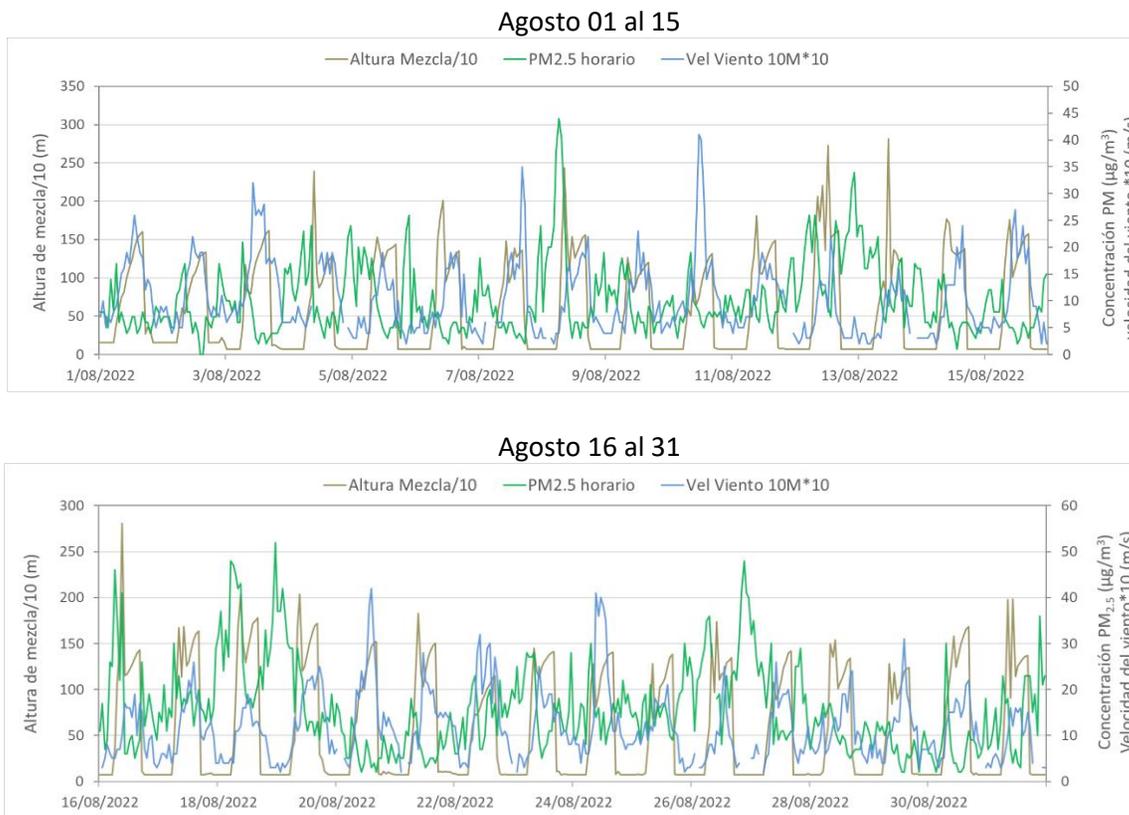


Figura 8. Comparación altura de mezcla, concentraciones PM_{2.5} y velocidad del viento estación Guaymaral - agosto 2022

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 agosto de 2022; los valores promedio más altos de NO₂ fueron registrados en Kennedy, de SO₂ fueron registrados en Usme, de CO fueron registrados en la Móvil 7ma (estos gases están asociados a la combustión), mientras que el promedio más alto de O₃ se evidenció en Fontibón, siendo las zonas suroriente, suroccidente, norte y occidente de la ciudad las que tuvieron los niveles más elevados de gases criterio en el mes.

Por otro lado, todas las concentraciones CUMPLIERON con los niveles máximos permisibles establecidos en la Resolución 2254 de 2017, toda vez que no se registraron excedencias: 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 5000 µg/m³ para datos 8h y NO₂: 200 µg/m³ para datos 1h.

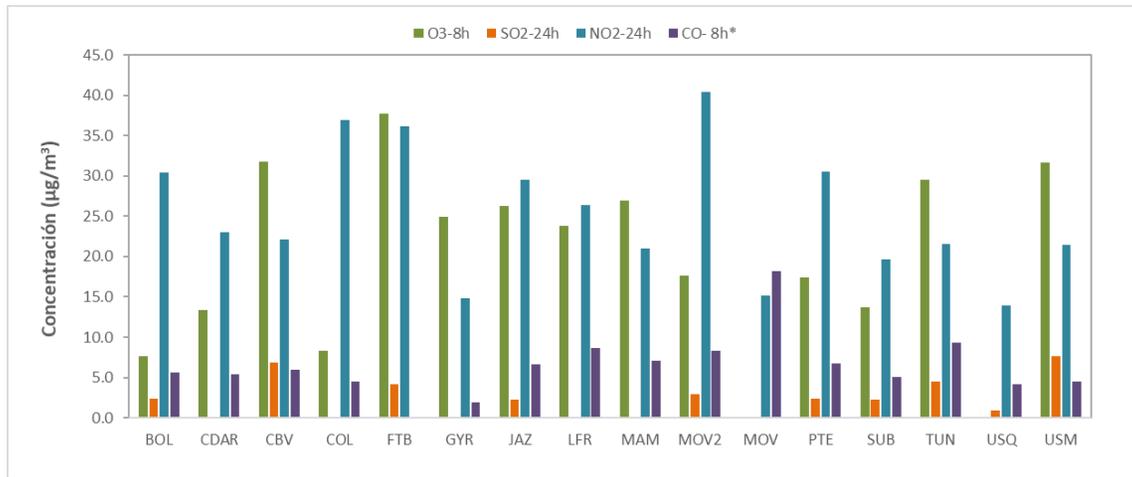


Figura 9. Concentraciones mensuales de gases (O₃, SO₂, NO₂ y CO) por estación de monitoreo - agosto 2022

*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

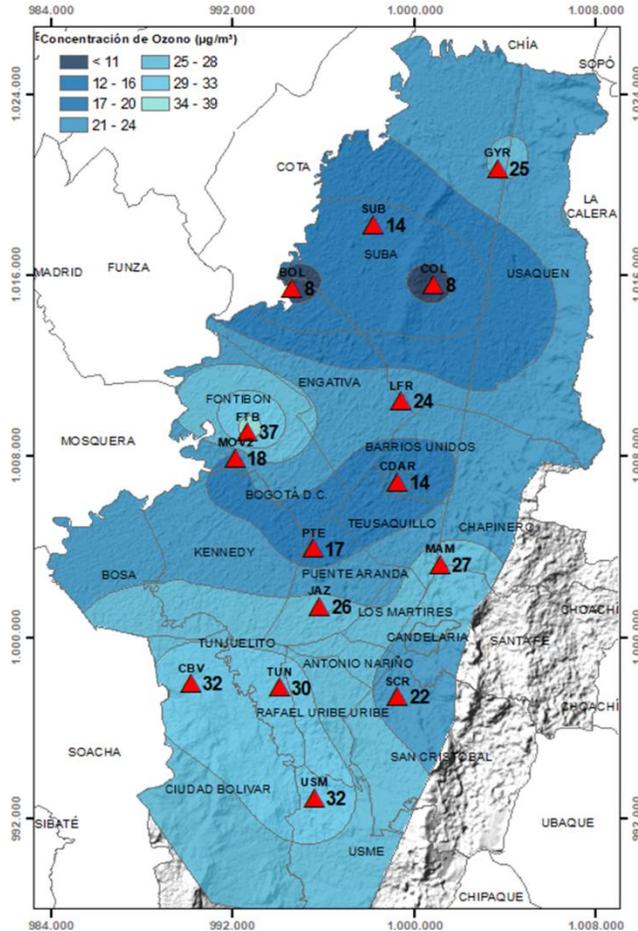


Figura 10. Distribución espacial concentraciones mensuales O₃ – agosto 2022

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 agosto de 2022. Se observa que las concentraciones más altas predominan en el occidente y sur de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Fontibón y Ciudad Bolívar. Por otro lado, las concentraciones más bajas se evidencian en el occidente y norte, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Bolivia y Colina.

Las estaciones Usaquén (67%), Kennedy (49%) y Carvajal - Sevillana (11%) no alcanzaron el 75% de representatividad temporal ya que se presentaron fallos al interior de las cabinas, por lo cual los contaminantes registraron datos atípicos que tuvieron que invalidarse.

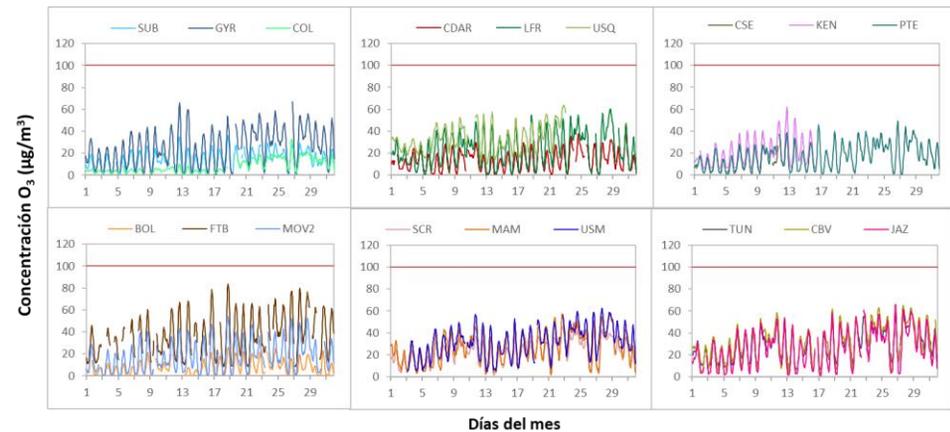


Figura 11. Concentraciones media móvil 8 horas de O₃ por estación de monitoreo - agosto 2022

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

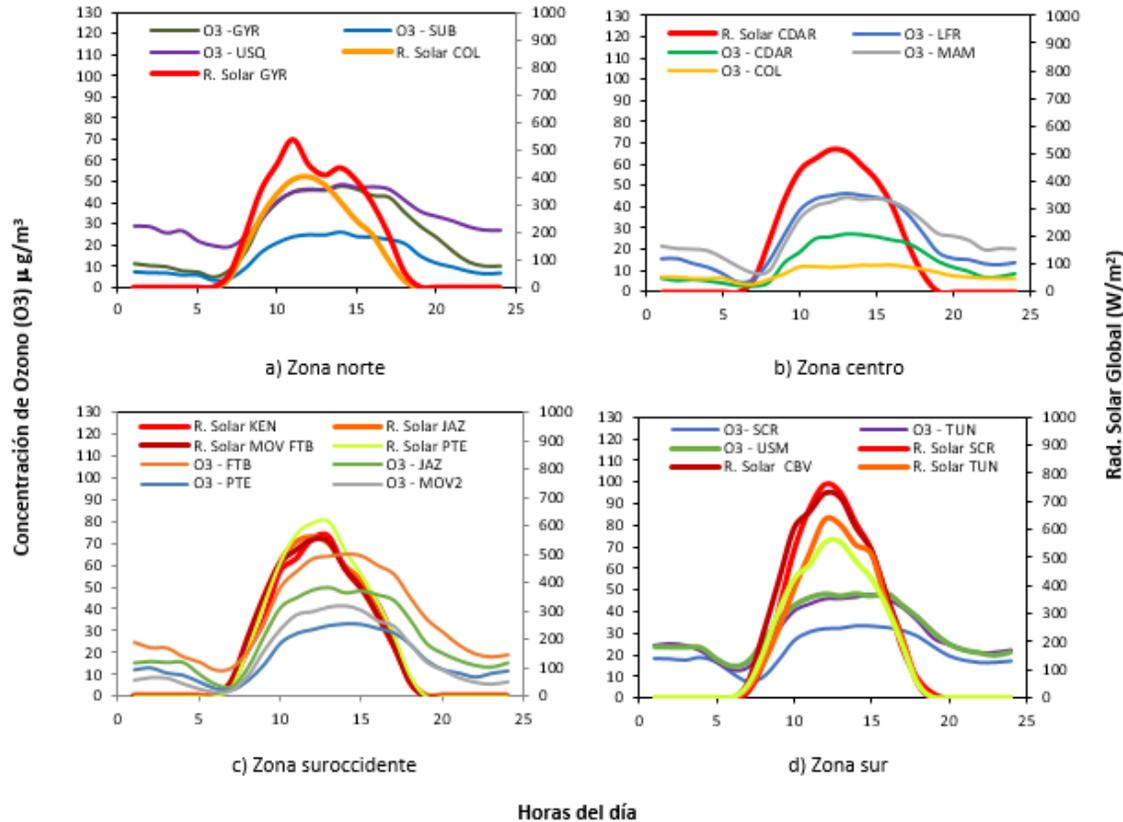


Figura 12. Comportamiento horario de las concentraciones de O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y su relación con la Radiación Solar entrante (W/m^2) – agosto 2022. a) zona norte, b) zona centro, c) zona suroccidente y d) zona sur

Dadas las semejanzas en las cantidades de radiación solar durante el mes de agosto, con valores que no superaron los $620 \text{ W}/\text{m}^2$ en el norte, centro y suroccidente, las concentraciones de ozono durante el mes de agosto registraron un leve incremento, respecto al mes anterior. No obstante, pese a que la energía entrante no fue superior al mes de julio al suroccidente de la ciudad, se presentaron incrementos en las concentraciones de ozono, en la hora de mayor concentración, pasando de $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el mes de julio a $64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante agosto, en la estación Fontibón. Asimismo, en la zona centro se vieron incrementadas las concentraciones de ozono de $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en julio a $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en agosto, en la estación MinAmbiente y, en la zona norte, de $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en julio a $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en agosto en la estación Usaqué. El incremento en las concentraciones de ozono se puede asociar a la contribución de fuentes externas por transporte de contaminantes y variaciones en el comportamiento de los precursores de ozono (Figura 12).

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

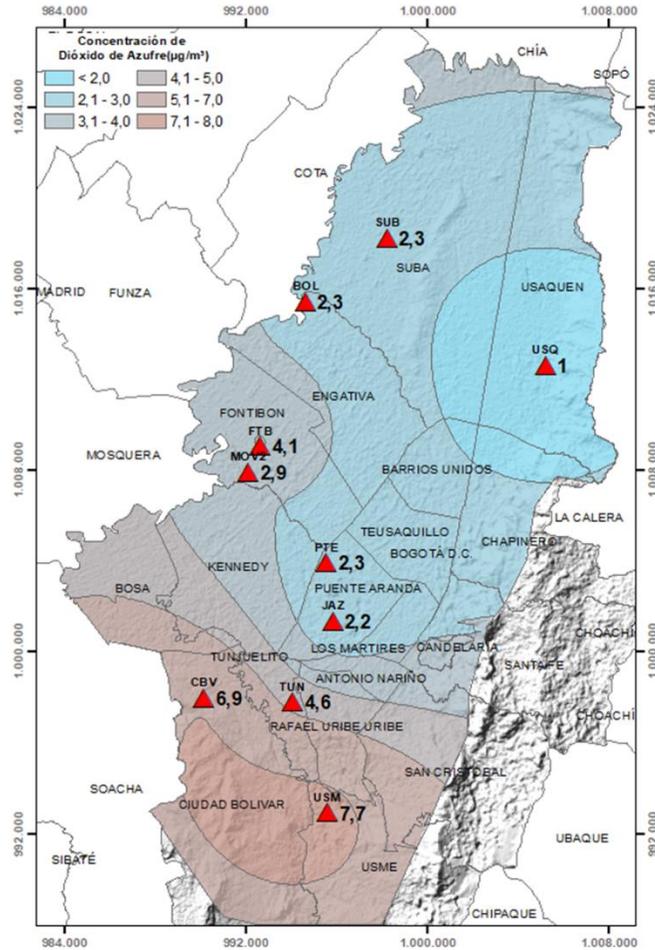


Figura 13. Distribución espacial concentraciones mensuales SO₂ – agosto 2022

En el mapa de la Figura 13 se representa la distribución espacial de las concentraciones promedio mensuales de SO₂ para el mes de agosto de 2022 con base en los datos 24 horas. Se observa que las concentraciones más altas predominan en el sur 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 norte y suroccidente, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Usaquén y Jazmín.

Las estaciones Kennedy (48%) y Carvajal - Sevillana (0%) no alcanzaron el 75% de representatividad temporal ya que se presentaron fallos al interior de las cabinas, por lo cual los contaminantes registraron datos atípicos que tuvieron que invalidarse.

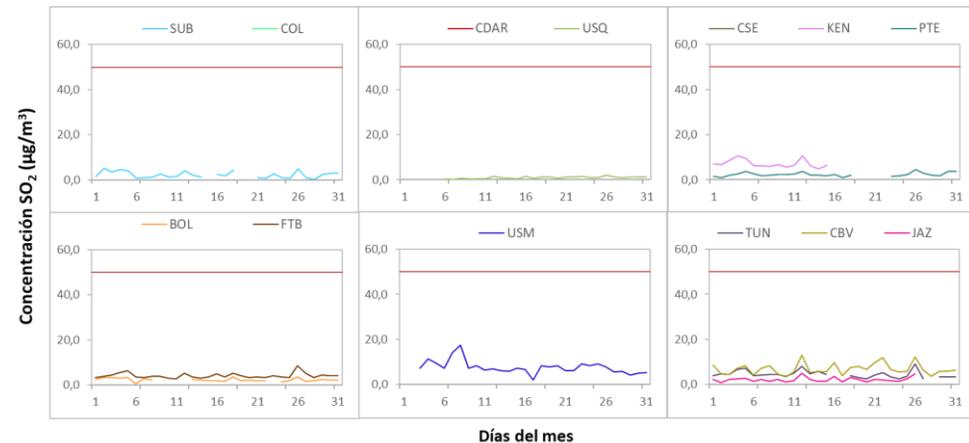


Figura 14. Concentraciones promedio mensuales de SO₂ por estación de monitoreo - agosto 2022

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

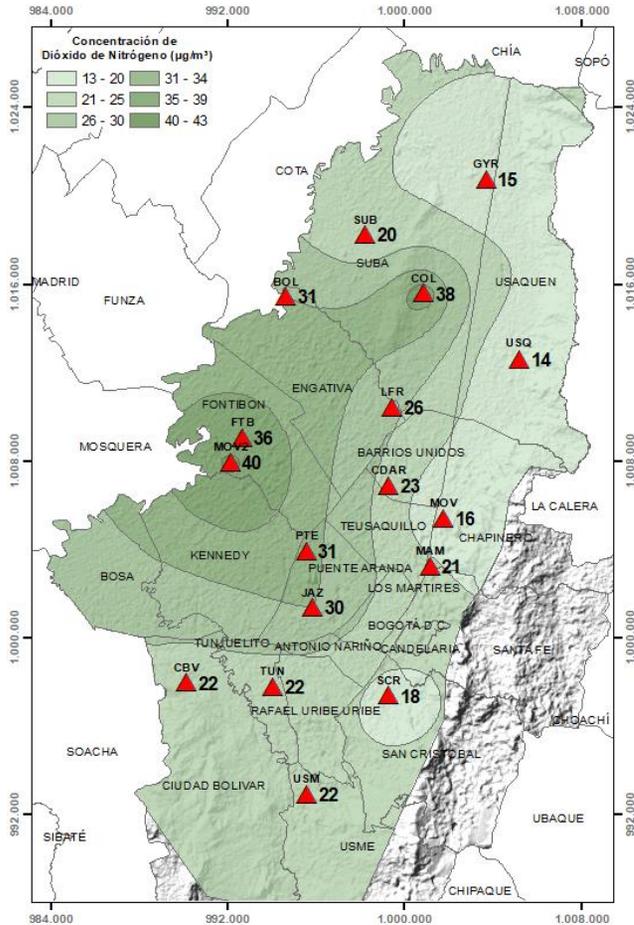


Figura 15. Distribución espacial concentraciones mensuales NO₂ - agosto 2022

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

Las estaciones Kennedy (48%) y Carvajal - Sevillana (0%) no alcanzaron el 75% de representatividad temporal ya que se presentaron fallos al interior de las cabinas, por lo cual los contaminantes registraron datos atípicos que tuvieron que invalidarse.

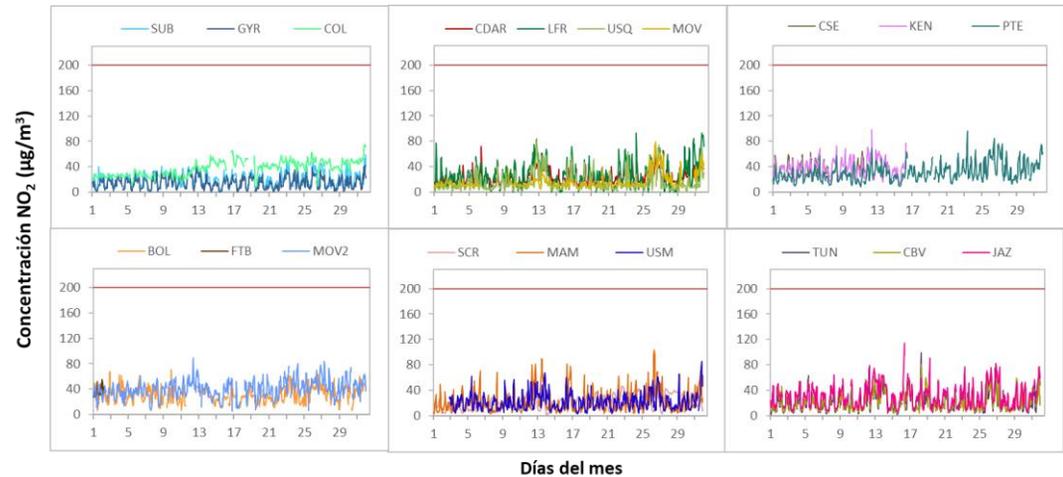


Figura 16. Concentraciones promedio mensuales de NO₂ por estación de monitoreo - agosto 2022

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

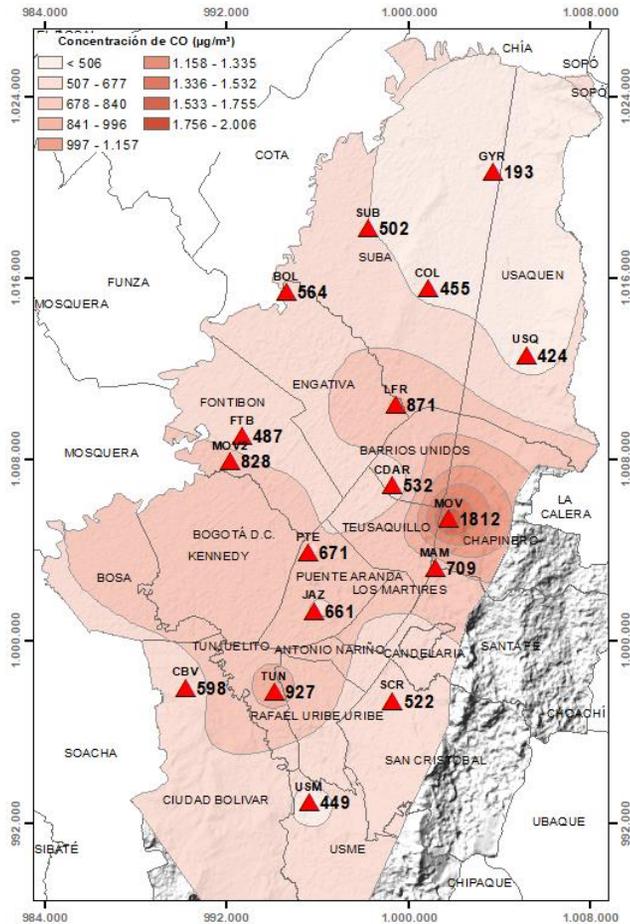


Figura 17. Distribución espacial concentraciones mensuales CO – agosto 2022

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 agosto de 2022. Se observa que las concentraciones más altas predominan en el norte y en el sureste 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 Usaqué.

Las estaciones Kennedy (49%) y Carvajal - Sevillana (11%) no alcanzaron el 75% de representatividad temporal ya que se presentaron fallos al interior de las cabinas, por lo cual los contaminantes registraron datos atípicos que tuvieron que invalidarse.

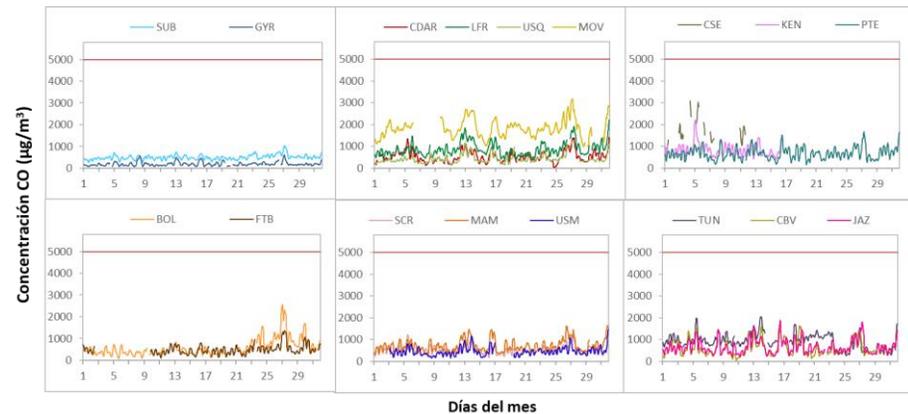


Figura 18. Concentraciones media móvil 8 horas de CO por estación de monitoreo - agosto 2022

	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 agosto de 2022 se registraron datos en ocho estaciones de la RMCAB y en seis de ellas se alcanzó a registrar más del 75% de las concentraciones horarias entre el 1 y 31 de agosto de 2022. En las estaciones Kennedy y Min Ambiente se registró el 43% y 55% de las concentraciones de eBC horarias, respectivamente. La concentración promedio horaria de eBC registrada en Bogotá D.C., entre el 1 y 31 de agosto fue de $3,1 \pm 3.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que corresponde a un valor similar al observado en el mes de julio. La concentración máxima de eBC se observó el 27 de agosto a las 7:00 en la estación Fontibón, con un valor de $33,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. 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 de Kennedy y Fontibón presentaron las mayores concentraciones horarias de eBC, con valores promedio de $5,3$ y $3,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. Las estaciones de Tunal, Centro de Alto Rendimiento y MinAmbiente presentaron concentraciones de $2,9$, $2,5$ y $1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La estación de Ciudad Bolívar, Puente Aranda y San Cristóbal presentaron las menores concentraciones, con valores de $1,5$, $1,4$ y $1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

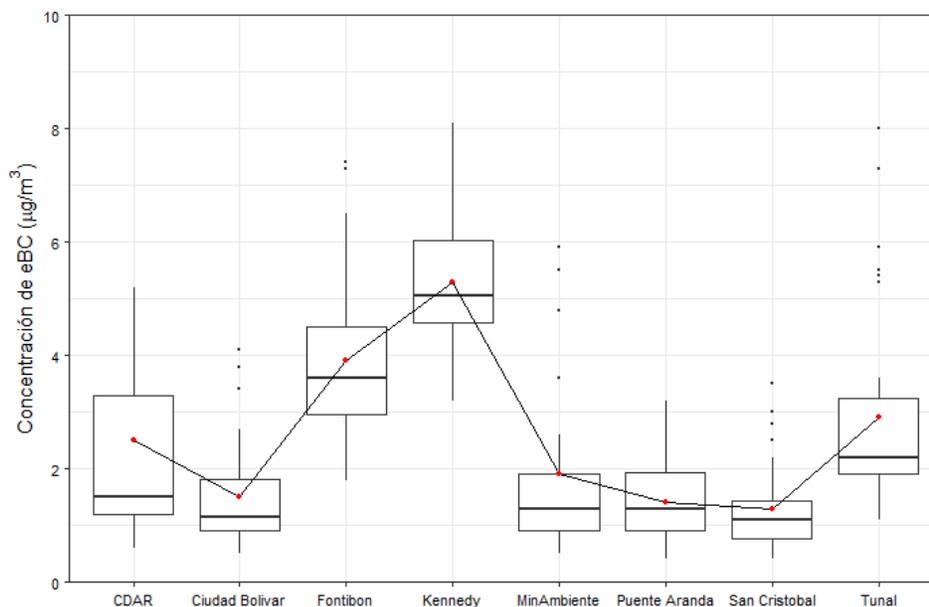


Figura 19. Diagrama de cajas de las concentraciones horarias de eBC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en el mes de agosto de 2022

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

Estación	Promedio \pm sd	Mediana	Min	Max	Promedio \pm sd	Mediana	Min	Max	Datos capturados (%)
	eBC				BBP%				
Centro de Alto Rendimiento	3.0 \pm 3.0	1.9	0.2	7	11 \pm 3.4	10.4	5	19	85.9
Ciudad Bolívar	2.1 \pm 2.3	1.2	0.2	4	17 \pm 2.0	4.4	2	11	97.6
Fontibón	4.7 \pm 3.6	3.7	0.5	8	7 \pm 1.7	6.5	5	11	92.9
Kennedy	6.2 \pm 3.7	5.3	1.3	10	5 \pm 1.7	4.4	2	9	42.5
Min Ambiente	2.5 \pm 2.9	1.4	0.1	6	7 \pm 3.7	5.4	3	15	64
Puente Aranda	1.9 \pm 1.8	1.3	0.2	3	4 \pm 1.5	3.4	2	9	95.6
San Cristóbal	1.6 \pm 1.7	1.1	0.1	3	13 \pm 5.1	13.6	5	24	83.1
Tunal	3.7 \pm 3.6	2.4	0.4	8	5 \pm 2.1	5.0	3	11	95.7

La Figura 20 presenta la serie temporal de las concentraciones diarias (24H) de eBC para todas las estaciones, clasificadas por zonas de la ciudad. Los últimos días del mes se observó un incremento de las concentraciones de eBC en las estaciones CDAR y Tunal, alcanzando valores de 10,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 8,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. El 13, 26 y 31 de agosto se observó un incremento en las concentraciones en todas las estaciones sin superar valores de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en ninguna estación. La máxima concentración se observó el 4 de agosto con un valor de 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación Kennedy

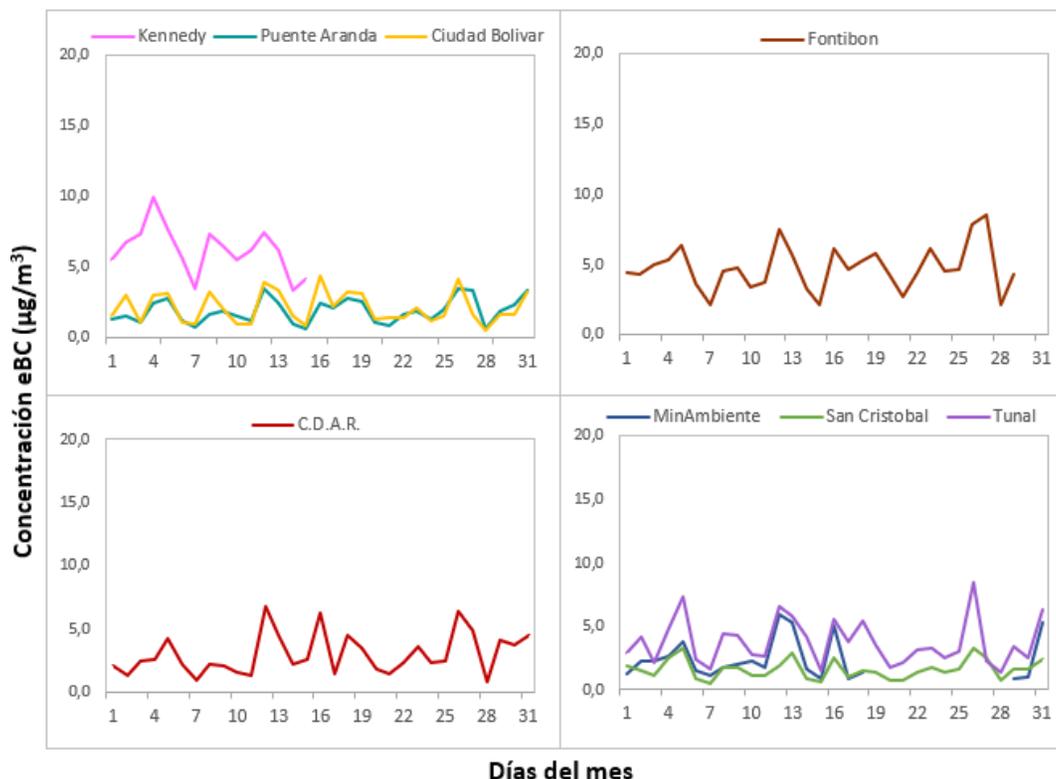


Figura 20. Comportamiento de las concentraciones diarias de eBC para agosto 2022

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 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 agosto 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 (4960), en la categoría 2

(259) y en la categoría 3 (2). Los días 18, 19 y 17 del mes se caracterizaron por registrar una mayor cantidad de incendios correspondientes a 540, 397 y 310, respectivamente.

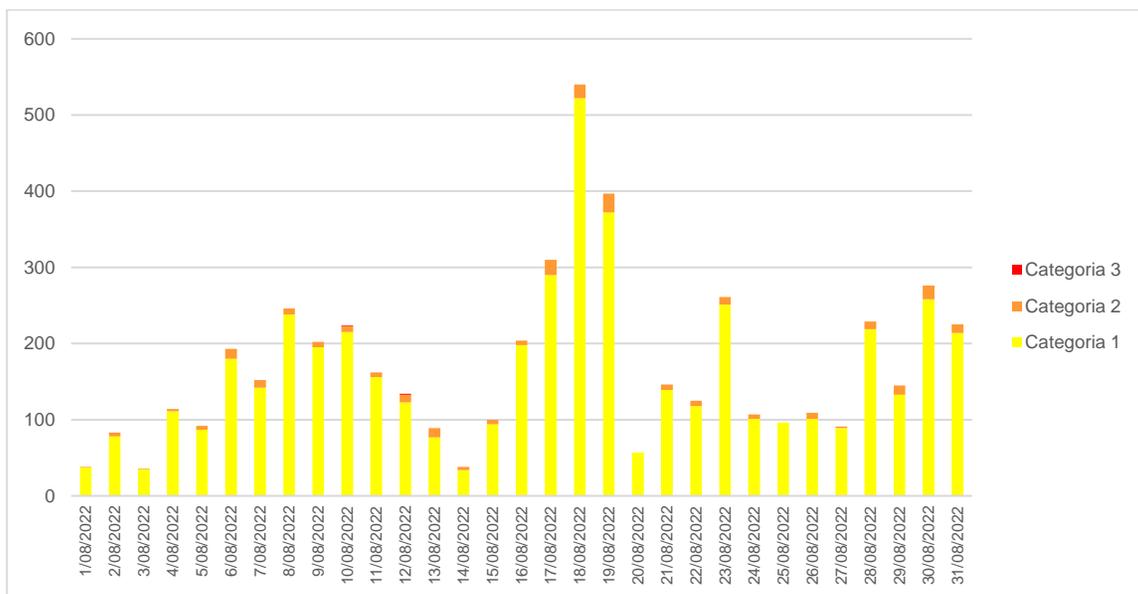


Figura 21. Gráfico de frecuencia de incendios activos censados por MODIS durante el mes de agosto de 2022. La categoría 1 corresponde a incendios con poder radiativo (FRP) menor a 100 MW, la categoría 2 a los incendios con $100 < FRP < 500$, la categoría 3 incendios con $500 < FRP < 1000$, la categoría 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 retro trayectorias 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 8 al 12 de agosto; en cuanto a los vientos, se originaron en la región de la Orinoquía colombiana, específicamente en el departamento del Meta atravesándolo con dirección noroeste 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 12 de agosto.

Por otro lado, durante el periodo comprendido entre el 9 al 13 de agosto se detectaron pocos incendios en las regiones de Colombia, Venezuela y unos cuantos, en Ecuador, adicionalmente, los vientos se mantuvieron en la misma dirección, sin evidenciar relación alguna en el transporte de partículas provenientes de incendios (Figura 22b). El 16 de agosto también se registró un aumento en las concentraciones de BC por quema de biomasa, las trayectorias de vientos se presentaron en dirección este oeste desde el Vichada pasando por el departamento del Meta hasta la ciudad de Bogotá, esta tendencia en los vientos podría haber transportado las partículas de incendios activos en los llanos orientales (Figura 22c).

En el periodo comprendido durante los días del 22 al 26 de agosto, los vientos se originaron en Brasil específicamente la región del Amazonas en sentido sur-oriente pasando por la región de la amazonia

colombiana hasta llegar a la ciudad de Bogotá, las altas concentraciones medidas por las estaciones el día 26 de agosto pudieron haberse dado en consecuencia al transporte de partículas de los incendios originados en el Brasil (Figura 22d)

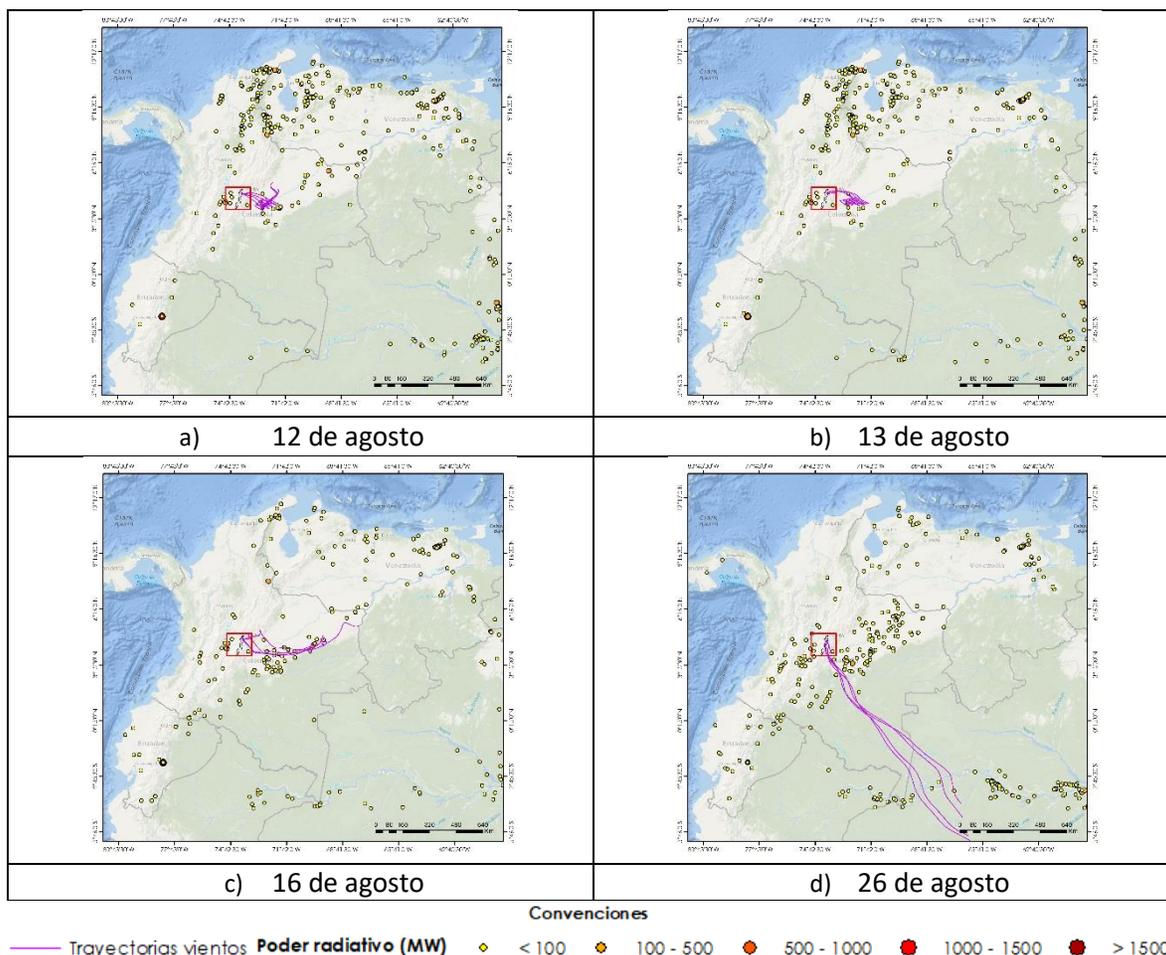


Figura 22. Distribución espacial de incendios activos y retrotrayectorias de vientos de días con mayor concentración de Bc – agosto 2022

La Figura 23 muestra el comportamiento temporal del mes de agosto 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 gráfica se puede apreciar que el mayor porcentaje de BC que se encuentra en la atmósfera 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 de Centro de Alto Rendimiento (CDAR) y San Cristóbal presentaron un incremento en el porcentaje de quema de biomasa el transcurso del mes entre el

10 y el 20%, alcanzando porcentajes mayores los días 14, 17 y 18 para la primera estación y los días 14 y 15 para la segunda estación..

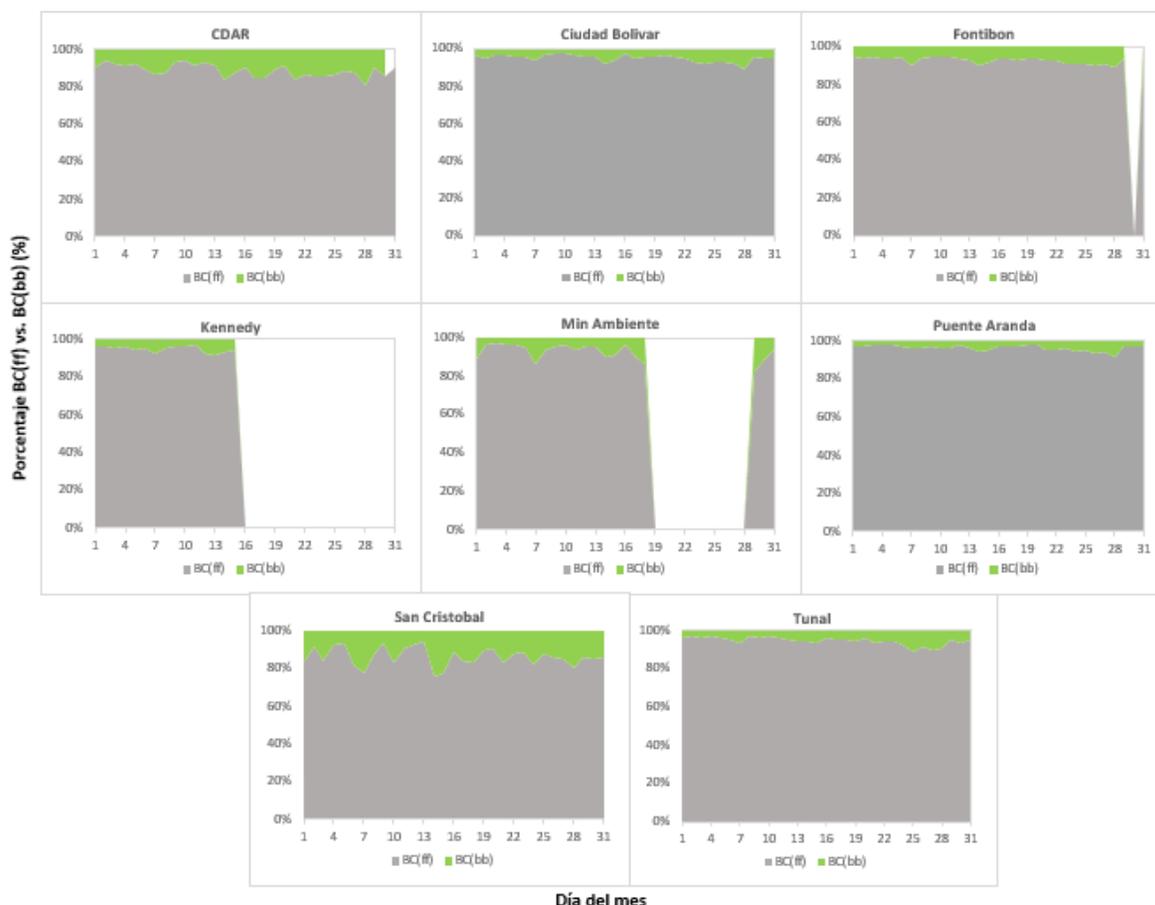


Figura 23. Serie temporal porcentaje de quema Black Carbon de combustibles fósiles BC(ff) vs. Black Carbon de quema de biomasa BC(bb) – agosto 2022

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.

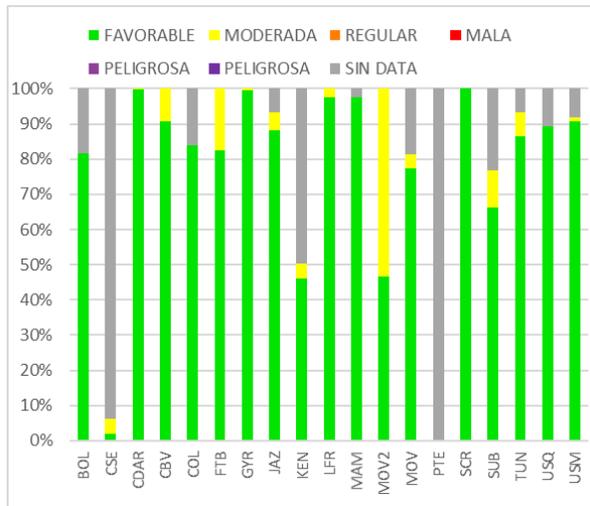


Figura 24. IBOCA para PM₁₀ por estación – agosto 2022

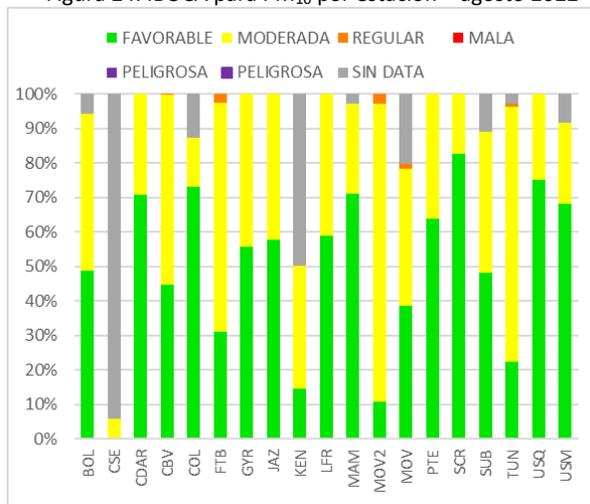


Figura 25. IBOCA para PM_{2.5} por estación – agosto 2022

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 agosto 2022. Se observa que la condición “favorable” predominó en la mayoría de las estaciones, registrando en un 100% dicha condición en Centro de Alto Rendimiento, Guaymaral y San Cristóbal. En Móvil Fontibón predominó la condición “moderada”, con un 53% de tiempo en el mes.

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 agosto 2022 predominó la condición “moderada” en la mayoría de las estaciones, registrando los porcentajes más altos en Móvil Fontibón (86%) y Tunal (74%). La condición “favorable” fue predominante en las estaciones San Cristóbal y Usaqué, con 83% y 75% respectivamente. También se observó la condición “regular” en un porcentaje entre el 1 y el 3% del mes, en Tunal, Móvil 7ma, Fontibón y Móvil Fontibón

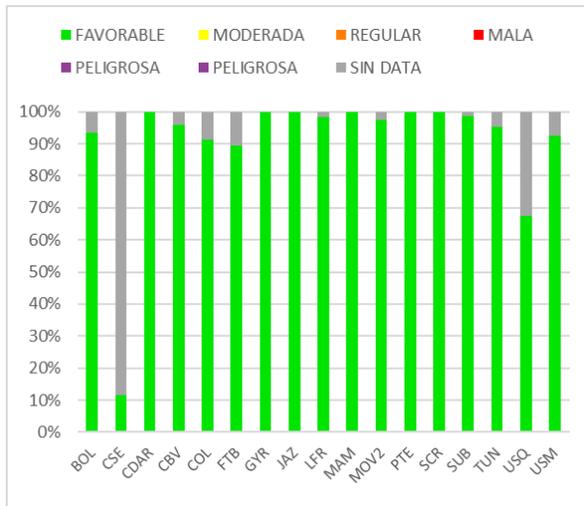


Figura 26. IBOCA para O₃ por estación – agosto 2022

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 agosto 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 Carvajal – Sevillana registró solamente un 12% de datos válidos de O₃, debido a la invalidación de datos del analizador por mantenimiento del aire acondicionado en la estación.

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 agosto de 2022. Durante el mes se registró un incremento gradual de las concentraciones con el paso del mes, especialmente desde el 13 de agosto, en la zona nororiente y suroriente. En las dos primeras semanas del mes predominaron las concentraciones de PM_{2.5} en la condición “favorable”

En el final de la segunda semana se observó un incremento de la concentración de PM_{2.5} debido a la disminución de la velocidad del viento. En los siguientes días se registraron incrementos notables especialmente en los días de fin de semana, lo cual puede asociarse a aumento del tráfico en estos días, en los que no se aplica la medida de pico y placa. Adicionalmente, los días 17 y 26 de agosto, el incremento de precipitación en conjunto con otros factores meteorológicos, incidieron en una reducción temporal de las concentraciones de material particulado,



SECRETARÍA DE
AMBIENTE

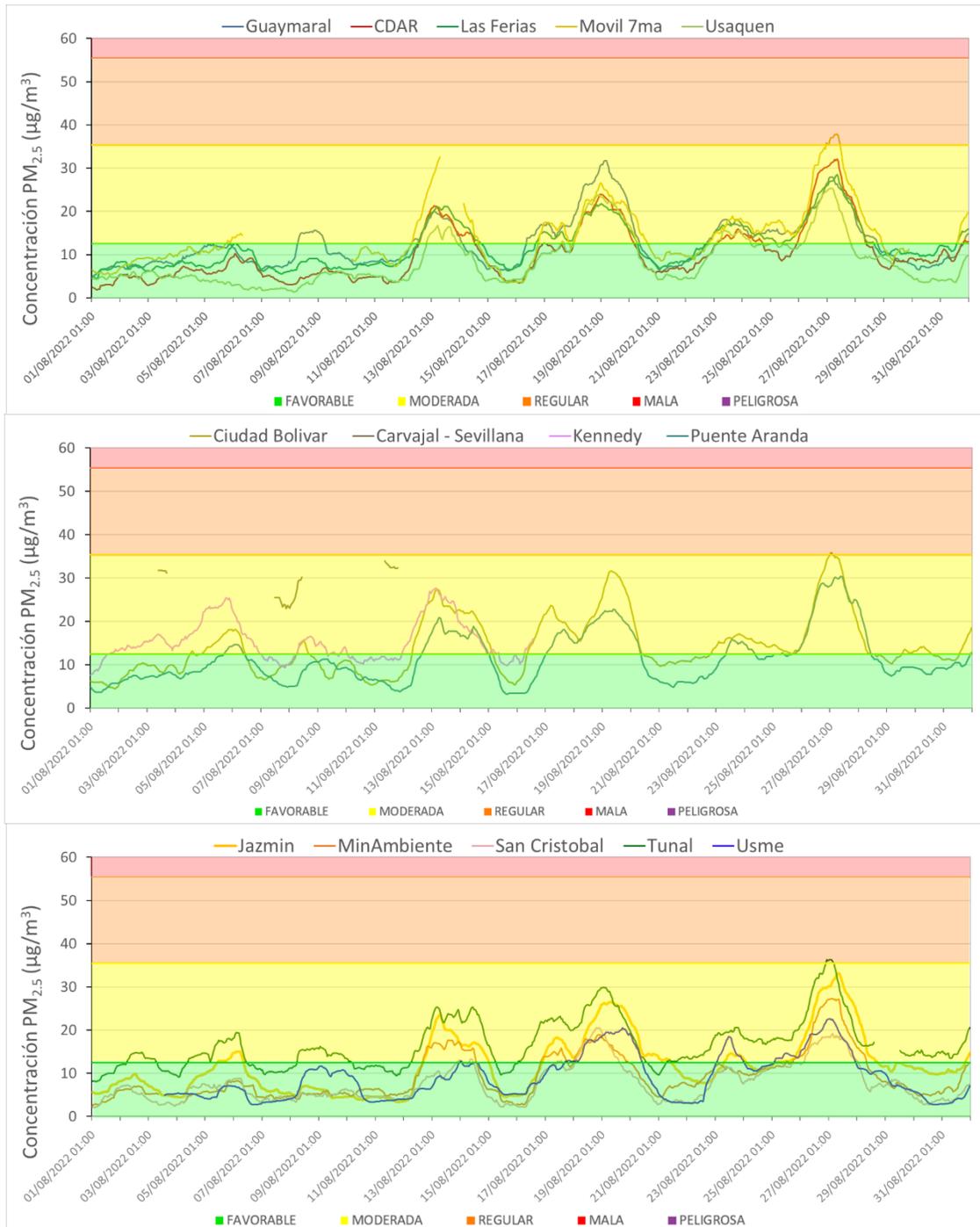


METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN

INFORME MENSUAL DE LA RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE BOGOTÁ - RMCAB

Código: PA10-PR04-M3

Versión: 2



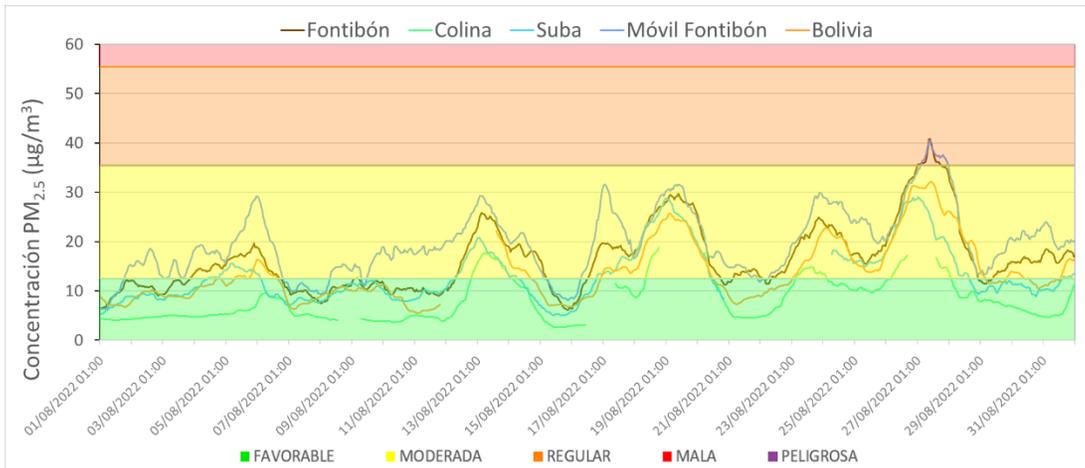


Figura 27. Concentraciones media móvil 24 h PM_{2.5} agosto 2022

El día 12 de agosto de 2022 se registró un incendio en una empresa de manejo de residuos peligrosos en la carrera 123 con calle 14, en la localidad de Fontibón, aproximadamente a las 4 p.m. e inicialmente la pluma de contaminación se dirigió hacia el norte de la ciudad, y con el paso del tiempo la contaminación se dispersó en la zona, principalmente al occidente y sur de la ciudad. En las estaciones Fontibón y Móvil Fontibón no se observó el incremento repentino de las concentraciones para la hora de reporte del incendio, pero si se evidenció un incremento gradual de las concentraciones de PM₁₀ y CO hasta la medianoche, y a partir de esta hora descendieron notablemente las concentraciones ya que se registraron precipitaciones del orden de 3 a 5 mm entre las 12 p.m. y las 2 a.m., con lo cual se atenuaron las concentraciones de contaminantes en la ciudad, y al siguiente día (13 de agosto) se evidenció el comportamiento promedio de los contaminantes para un día hábil, con incrementos en la mañana y descenso de las concentraciones en el transcurso del día.



Figura 28. Pluma de contaminación del incendio en Fontibón y concentraciones horarias de PM₁₀ y CO de Fontibón y Móvil Fontibón 12 y 13 de agosto de 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

9. COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS

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

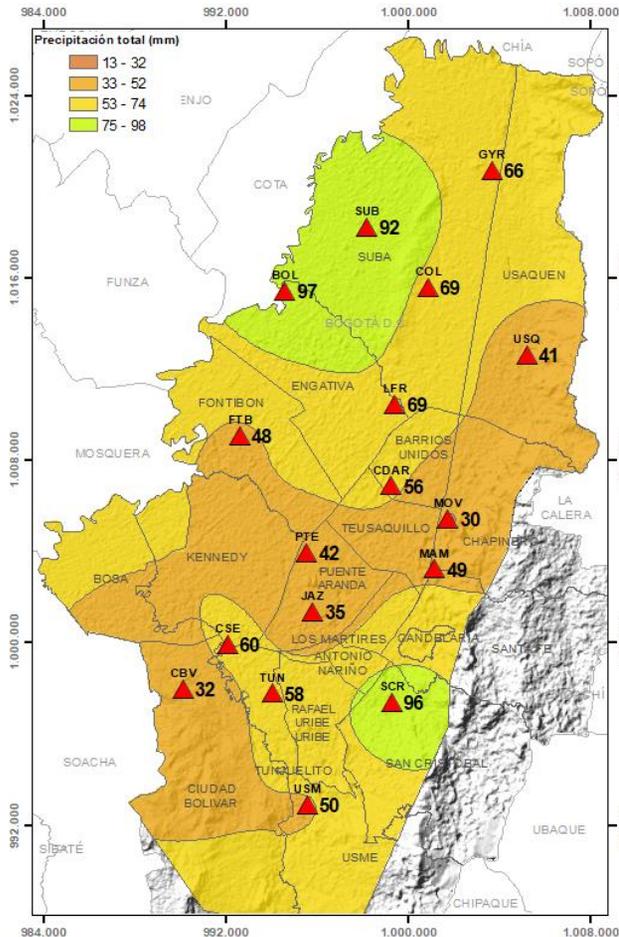


Figura 29. Mapa de la precipitación mensual total (mm) – agosto 2022

Conforme la estacionalidad de las lluvias, durante el mes de agosto se mantuvieron las bajas precipitaciones, en la ciudad de Bogotá. Para el mes de agosto las lluvias presentaron un ligero incremento hacia el noroccidente de la ciudad en las localidades de Suba y Engativá. También se observa una reducción hacia el suroriente y mayormente una franja central de precipitaciones entre 32 y 50 mm entre el suroccidente y el centro oriente de la ciudad. Ver Figura 29.

El número de días con lluvias se vio reducido por debajo de los 20 días con lluvia principalmente en el sector de Usaquén. No obstante, a pesar de que al noroccidente donde las lluvias fueron mayores que el mes anterior, no se observaron reducciones de consideración. Esto sugiere que la reducción en las concentraciones de material particulado observadas durante el mes de agosto, tuvieron mayor influencia por parte de la capacidad de mezcla de los vientos, semejante a lo ocurrido en el mes anterior. (Figura 30).

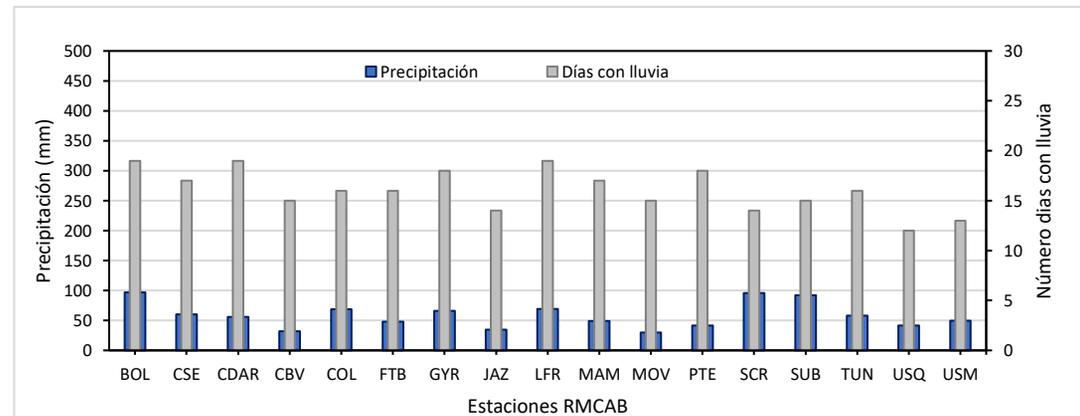


Figura 30. Precipitación media mensual y número de días con precipitación – agosto 2022

9.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LA TEMPERATURA

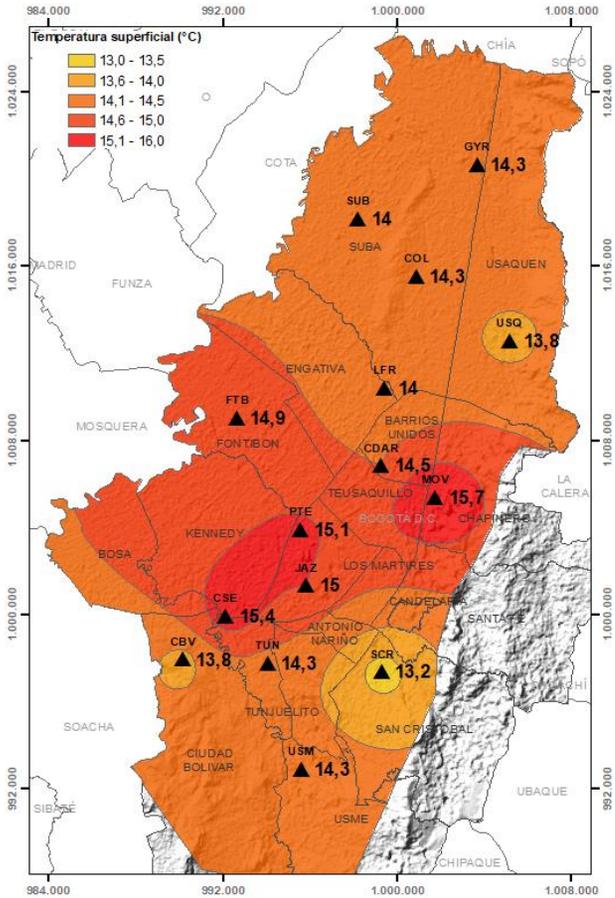


Figura 31. Mapa del promedio de temperatura superficial de las estaciones de la RMCAB con base en el método de interpolación de Kriging – agosto 2022

La temperatura del aire en superficie durante el mes de agosto, presenta un comportamiento semejante al mes de julio con un ligero descenso principalmente al norte y sur de la ciudad. En la franja central de oriente a occidente que se observa en la Figura 31, las temperaturas se comportaron de manera idéntica al mes anterior. En agosto las temperaturas medias fluctuaron de 13,2 °C al suroriente de la ciudad a 15,7 °C en el centro oriente.

Las temperaturas máximas absolutas se registraron en las estaciones Tunal (26 °C), Móvil 7ma (25,4 °C), CDAR (24,7 °C) y Carvajal-Sevillana (24,6 °C), Suba (24,4 °C). De otra parte, las mínimas absolutas en las estaciones Tunal (4,9 °C), CDAR (5,0°C), Guaymaral (5,2 °C) y Suba (6,3 °C). (Figura 32). En cuanto a la amplitud térmica, las estaciones Tunal (21,4 °C), CDAR (20,0 °C), Guaymaral (19,6 °C) presentaron mayores amplitudes, y posiblemente condiciones convectivas favorables para el ascenso y mezcla turbulenta, propicias para la difusión de los contaminantes de aire de la ciudad, sumado al transporte de los vientos alisios del suroriente predominantes para este periodo.

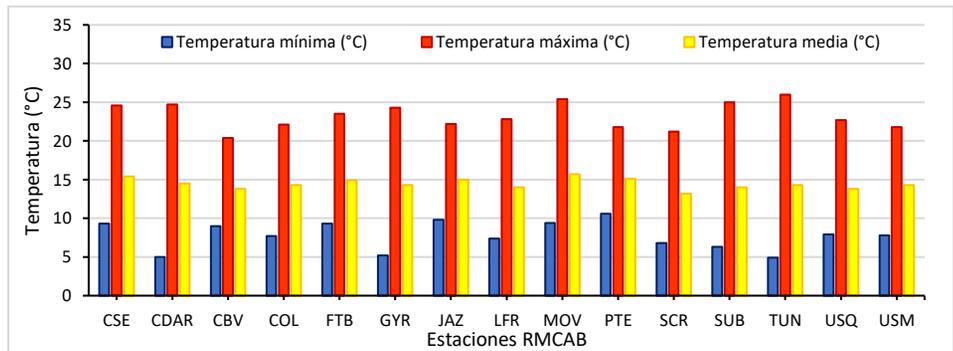


Figura 32. Temperaturas medias, máximas y mínimas absolutas por estación – agosto 2022

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

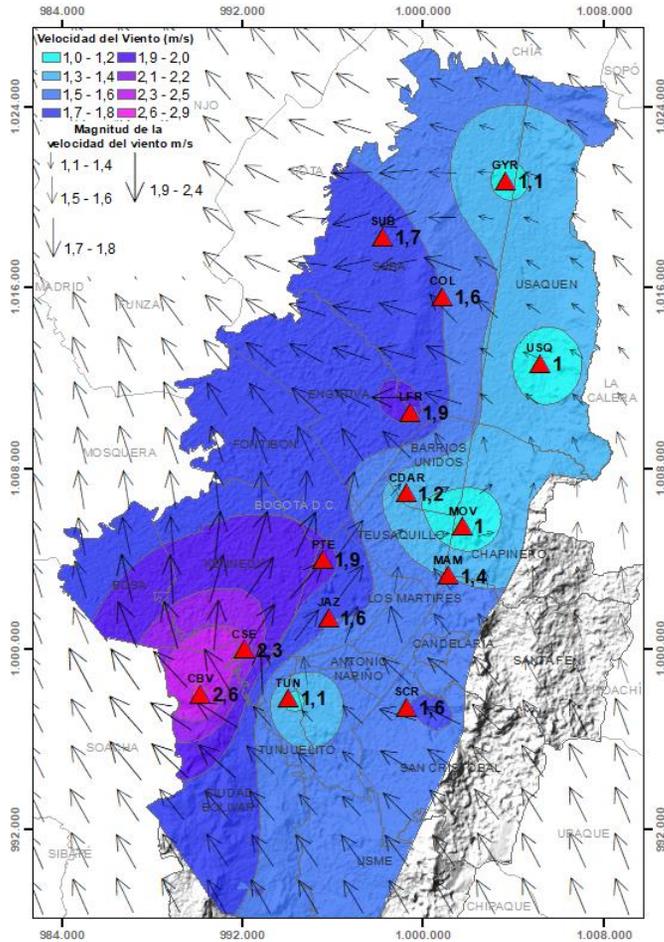


Figura 33. Velocidad promedio (Superficie en colores) y Dirección promedio (Vectores) del Viento con base en Kriging – agosto 2022

Semejante al comportamiento del mes de julio, en agosto fueron predominantes los vientos del suroriente en toda la ciudad con algún flujo divergente en el sur sobre el centro geográfico de la ciudad, con una componente suroccidente, pero posiblemente redirigido al occidente por el flujo de vientos del suroriente, predominantes para este mes. Los vientos con mayor capacidad de mezclado se desarrollaron hacia el suroccidente y occidente, haciendo importante contribución a la disminución de la concentración de contaminantes particulados y gaseosos. Estos vientos registraron velocidades medias de 1,6 m/s a 2,6 m/s (Figura 33).

Las velocidades máximas absolutas, se registraron hacia el suroccidente y centro oriente de la ciudad, con valores de 6,8 m/s en la estación MinAmbiente, 5,9 m/s en la estación Las Ferias, 5,6 m/s en las estaciones Ciudad Bolívar y Kennedy. (Figura 34).

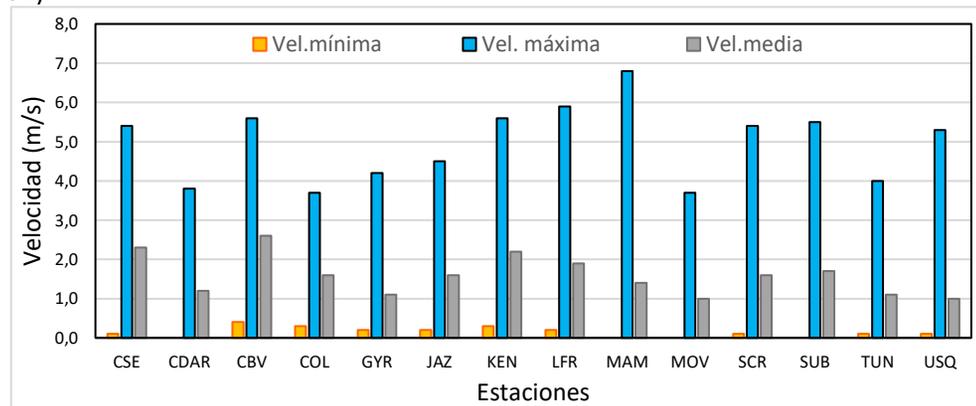


Figura 34. Velocidad del viento media, máxima y mínima absolutas por estación – agosto 2022

	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 en la zona occidente de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de la estación 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 (57,9 µg/m³) y de PM_{2.5} (20,0 µg/m³); se registraron en total 10 excedencias de PM₁₀ y no se observaron excedencias de PM_{2.5} en el mes.
- Con respecto a los gases, Móvil 7ma registró el promedio más alto de CO (1812.3 µg/m³), Móvil Fontibón en NO₂ (40,4 µg/m³), Usme de SO₂ (7,7 µg/m³) y Fontibón en O₃ durante el mes (37,7 µg/m³). Hubo un aumento generalizado de las concentraciones de gases en relación al mes anterior para todas las estaciones. No se registraron excedencias a las concentraciones de gases para los respectivos tiempos de exposición.
- En agosto de 2022 se observó que las concentraciones de Black Carbon más altas se registraron en la tercera semana del mes en la mayoría de las estaciones; los registros más altos fueron del orden de 10 µg/m³. 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 a mediados del mes, siendo más alta en Centro de Alto Rendimiento y San Cristóbal.
- Con respecto al índice IBOCA en agosto de 2022, para las concentraciones registradas de PM_{2.5} se observó una predominancia de la condición “moderada” en la mayoría de estaciones, con el mayor porcentaje registrado para las estaciones Móvil Fontibón (86%) y Tunal (74%); las concentraciones más altas de PM_{2.5} se observaron en la segunda mitad del mes, especialmente en los fines de semana. El incendio ocurrido el 12 de agosto en Fontibón no fue registrado directamente por las estaciones de la RMCAB, pero se evidenció un aumento gradual de las concentraciones de PM₁₀ y CO en las estaciones del occidente y sur de la ciudad.
- En el mes de agosto de 2022 se observó un ligero incremento de la precipitación para el histórico del mes, principalmente en las estaciones del noroccidente de la ciudad. Las mayores precipitaciones se observaron en el noroccidente de la ciudad, con 97 mm en Bolivia. En las estaciones del norte y occidente de la ciudad se registraron entre 18 y 19 días de lluvia.
- Con relación a la temperatura superficial en agosto de 2022, se observó un comportamiento similar en relación al mes anterior, ya que hubo un incremento de las precipitaciones. San Cristóbal registró el menor valor de temperatura mensual, con 13,2°C, y Móvil 7ma tuvo el mayor promedio mensual con 15,7°C, y los registros máximos horarios más altos se observaron en Tunal y Móvil 7ma, con 26,0 y 25,4 °C respectivamente.
- En agosto de 2022 se evidenció que predominaron los vientos provenientes del suroriente. Las velocidades promedio mensual más altas se observaron en Ciudad Bolívar con 2,6 m/s y Carvajal-Sevillana con 2,3 m/s. Los máximos horarios se observaron al oriente y al norte de la ciudad, en MinAmbiente 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 A 39	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			
Móvil Fontibón	MOV2	4°40'03.7"N	74°08'55.9"W		0	Fontibón	Vecindario	Urbana	Tráfico Industrial	Carrera. 98 #16 B 50	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
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
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 D 50 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 agosto 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]

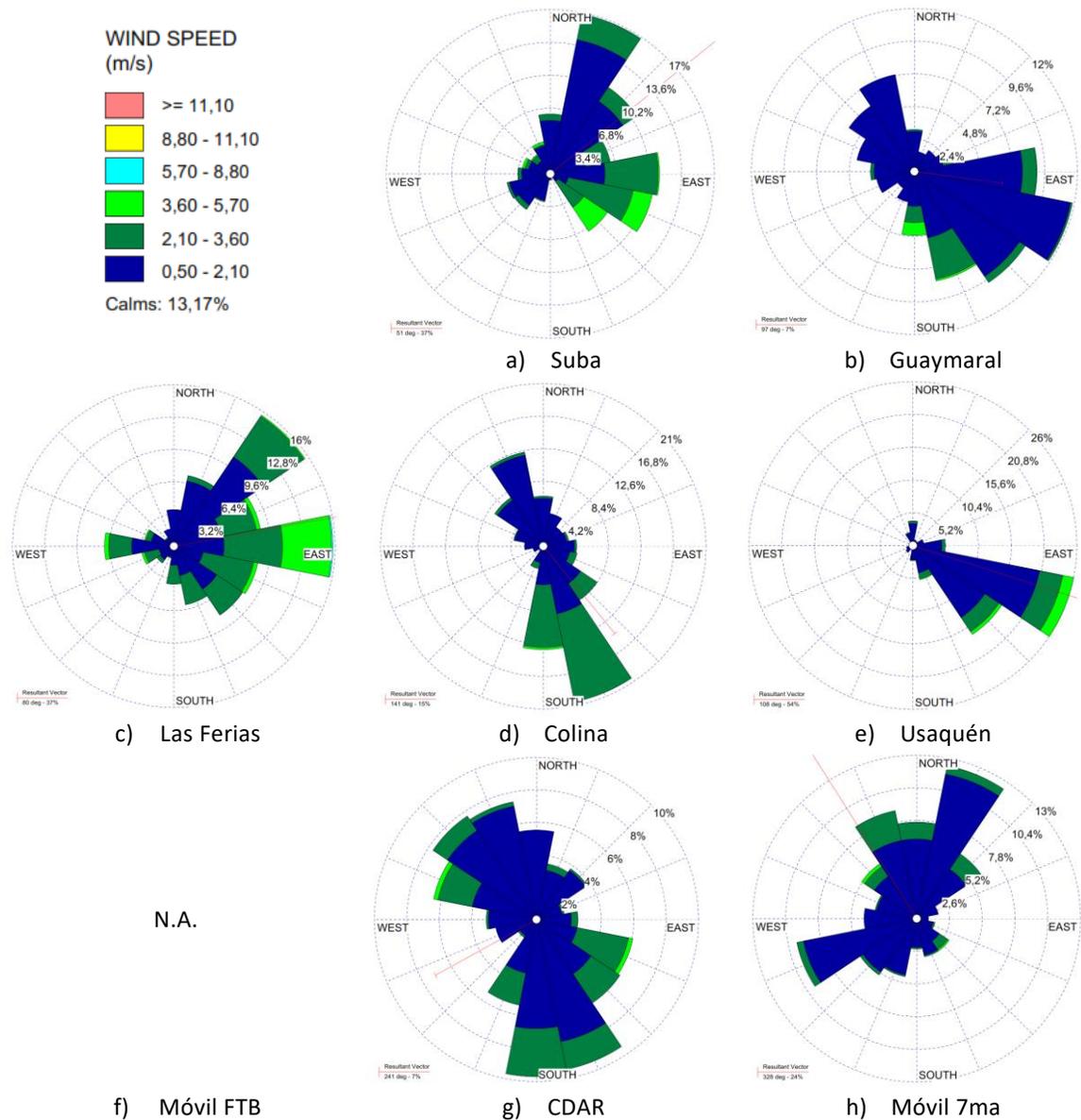
R: constante universal de los gases ideales =

T: temperatura absoluta [K]

11.4. ROSAS DE LOS VIENTOS

En el mapa de la Figura 33. se conjugan las direcciones y velocidades medias de todas las estaciones de la RMCAB, permitiendo observar de manera clara los flujos predominantes del viento en la

ciudad. Sin embargo, las rosas de viento de la Figura 35 ofrecen información complementaria en cuanto a la frecuencia y magnitud de los vientos durante el mes, así como el vector resultante (en línea roja), que representa la dirección de donde, en promedio, provienen los vientos durante el periodo analizado. Por lo que, con base en la información complementaria que ofrecen dichas rosas se puede deducir que, en agosto de 2022 los vientos con mayor persistencia se registraron en las estaciones: San Cristóbal con un 42% de vientos del oriente, Tunal con un 33% de vientos del suroriente y Ciudad Bolívar con un 31% de vientos del oriente. Estas rosas se describen para aquellas estaciones que superaron el criterio de representatividad temporal superior al 75%.



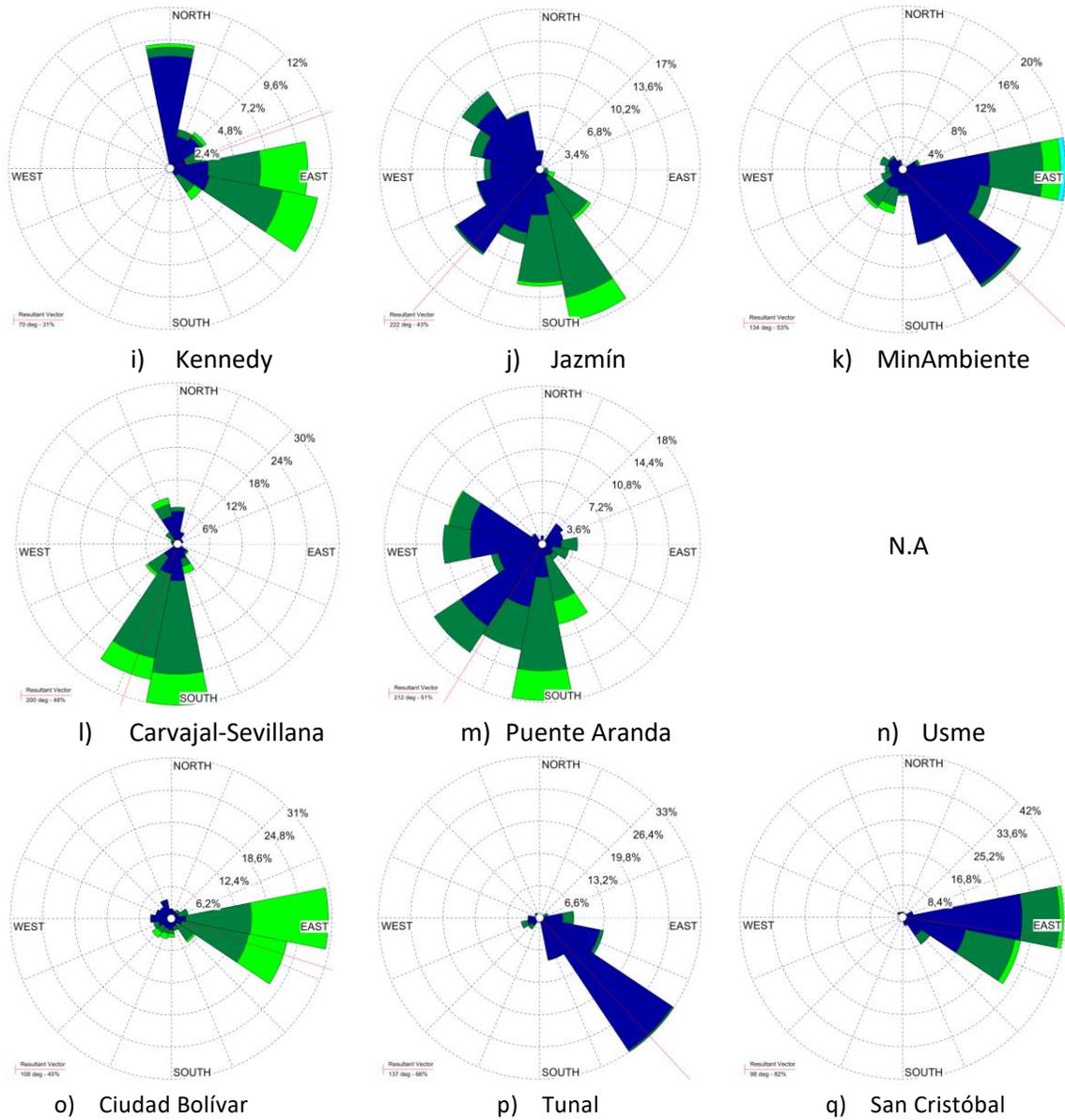


Figura 35. Rosas de los vientos – agosto de 2022

FIN DEL INFORME