



Informe Mensual de Calidad del Aire de Bogotá

.....

Diciembre 2022

Estación Usme

Red de Monitoreo de Calidad del Aire de
Bogotá - RMCAB



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.



 ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.	 SECRETARÍA DE AMBIENTE	 BOGOTÁ	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
			Informe mensual de la Red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá – RMCAB	
			Código: PA10-PR04-M3	Versión: 3

Informe mensual de Calidad del Aire de Bogotá

Diciembre de 2022

**Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá
(RMCAB)**

Bogotá D.C

	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe mensual de la Red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M3	Versión: 3



**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

Rodrigo Alberto Manrique Forero
Director de Control Ambiental

Hugo Enrique Sáenz Pulido
Subdirector de Calidad del Aire, Auditiva y
Visual

Luis Álvaro Hernández González
Coordinador Técnico de la RMCAB

José Hernán Garavito Calderón
Profesional Especializado RMCAB

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

Ana Milena Hernández Quinchara
Coordinadora Técnica del SATAB

María Camila Buitrago Jiménez
Lady Mateus Fontecha
Luisa Fernanda Osorio Marín
Grupo del SATAB

Secretaría Distrital de Ambiente
Avenida Caracas No. 54 - 38

© Diciembre - 2022, Bogotá - Colombia
Informe Mensual de la Red de Monitoreo de
Calidad de Aire de Bogotá D.C.

Enero 2023
Impreso en Colombia

	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe mensual de la Red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M3	Versión: 3

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 diciembre de 2022 se tuvieron veintiséis (26) excedencias diarias de las concentraciones de material particulado menor a 10 micras PM_{10} y quince (15) excedencias de las concentraciones de material particulado menor a 2.5 micras $PM_{2.5}$. En cuanto a las concentraciones 8h de ozono O_3 se registraron ochenta y dos (82) excedencias y a las concentraciones 1h de dióxido de azufre SO_2 se registraron dos (2) excedencias. Respecto al monóxido de carbono CO y el dióxido de nitrógeno NO_2 no se registraron excedencias a la normatividad.

En el mes de diciembre se evidenció un gran aumento de las concentraciones, máximos y excedencias de material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ respecto al mes anterior. En cuanto a las concentraciones y excedencias de los gases CO, O_3 , SO_2 y NO_2 , aumentaron en gran medida las excedencias en O_3 y SO_2 y en general fueron variables respecto al mes anterior (unas subieron y otras bajaron).

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 Carvajal – Sevillana y Móvil 7ma se vio afectada por valores de temperatura interna y de desviación estándar, debido a que se presentaron fallos con los aires acondicionados 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, junto a la estación Colina en el predio de la Escuela de Postgrados de Policía - ESPOL, se ha evidenciado en varias ocasiones el despegue y aterrizaje de helicópteros, esto pudo influir en los registros del monitoreo de gases, especialmente del CO y SO_2 . Por otro lado, en la estación Bolivia se evidencian emisiones por parte de los vehículos en la estación de gasolina y parqueadero circundantes, del mismo modo, junto a la estación Las Ferias se ubica un parqueadero y en la zona de influencia de la estación de Usme, se están realizando obras civiles en las vías aledañas. Es posible que dichas interferencias pudieran incidir en los registros de concentración de material particulado y gases en dichas estaciones por emisiones de fuentes móviles o resuspensión de material particulado.

En el mes de diciembre, se realizó el reprocesamiento del 1 al 31 de octubre, el procesamiento del 1 al 30 de noviembre y el cargue del 11 de julio al 30 de septiembre de la información de variables meteorológicas y contaminantes criterio en el Subsistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAIRE. También, el grupo operativo de campo de la RMCAB atendió visita de preinstalación de las nuevas UPS de la red, mantuvo el proceso de verificación metrológica de sensores meteorológicos y realizó la gestión de traslado de elementos para dar de baja en la entidad.

Además, se suscribieron los procesos de contratación para realizar las calibraciones de los equipos de referencia y los procesos de suministro de consumibles y repuestos de la RMCAB. Finalmente, se actualizó el modelo PA10-PR04-M3 “Informe mensual de la Red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá – RMCAB” y se modificó el procedimiento PA10-PR12 “Monitoreo y revisión rutinaria de la operación del analizador de Black Carbon (BC)”.

  	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe mensual de la Red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M3	Versión: 3

Nota: Este informe “Informe mensual de calidad del aire diciembre 2022”, se encuentra vinculado como anexo al resumen ejecutivo del proceso No. 5767338 del Sistema de Información Ambiental FOREST de la Secretaría Distrital de Ambiente.

2. INTRODUCCIÓN

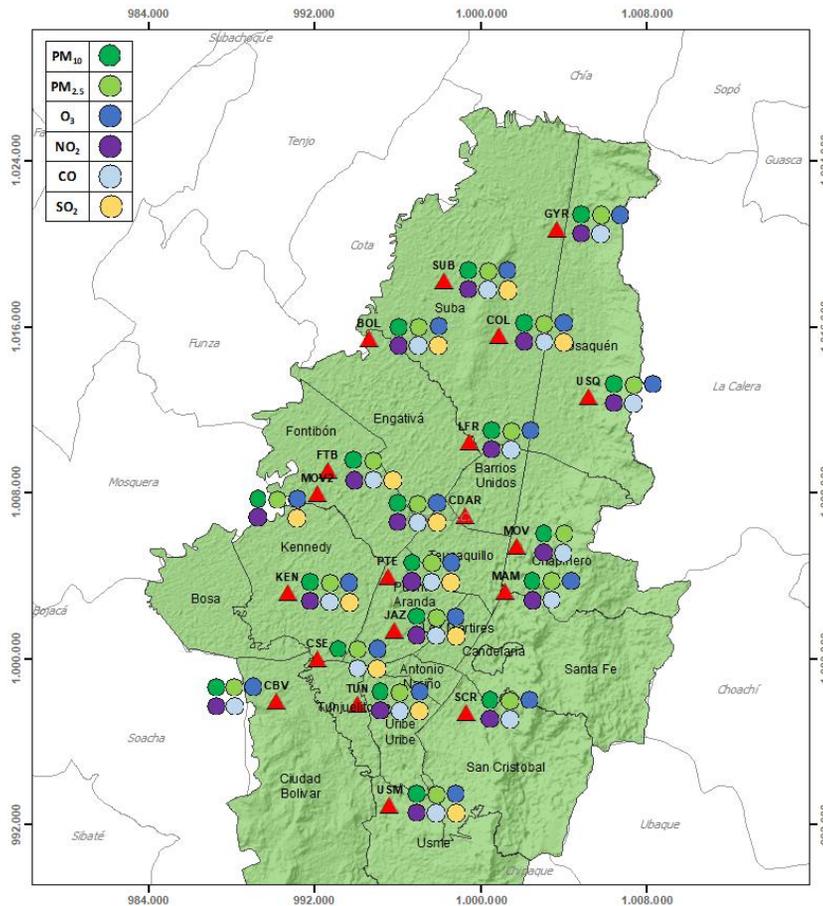


Figura 1. Estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB distribuidas a lo largo y ancho de Bogotá D.C.

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.

	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe mensual de la Red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M3	Versión: 3

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 diciembre de 2022 la temperatura interna osciló entre los 20 y 30°C en la mayoría de las estaciones, sin embargo, en las estaciones Carvajal – Sevillana y Móvil 7ma todos los registros estuvieron por fuera de ese rango debido que los aires acondicionados de dichas estaciones presentan fallas. 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 9,58% y 66,06% 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 encontrarán 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 diciembre, se realizó el reprocesamiento del 1 al 31 de octubre, el procesamiento del 1 al 30 de noviembre y el cargue del 11 de julio al 30 de septiembre de la información de variables meteorológicas y contaminantes criterio en el Subsistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAIRE.

De otra parte, el grupo operativo de campo de la RMCAB atendió visita de preinstalación de las nuevas UPS (Uninterruptable Power Supply) que llegan para cinco estaciones de la red, con estas se busca proteger los equipos y sensores que se encuentran conectados cuando hay una elevación o disminución de tensión, o sostener su funcionamiento cuando suceden pequeños cortes de energía. También mantuvo el proceso de verificación metrológica de sensores meteorológicos y se realizó la gestión de traslado de elementos para dar de baja en la entidad.

Adicionalmente, se suscribieron los procesos de contratación para realizar las calibraciones de los equipos de referencia (calibradores dinámicos, flujómetros, sensores internos de temperatura y humedad relativa y patrones para verificaciones internas de temperatura, humedad relativa y presión), así mismo se suscribieron los procesos de suministro de consumibles y repuestos de la RMCAB, para ejecutar actividades de mantenimiento correctivo de equipos que están fuera de servicio.

	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe mensual de la Red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M3	Versión: 3

Finalmente, se actualizó el modelo PA10-PR04-M3 *“Informe mensual de la Red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá – RMCAB”* y se modificó el procedimiento PA10-PR12 *“Monitoreo y revisión rutinaria de la operación del analizador de Black Carbon (BC)”*.

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 diciembre de 2022.

4.1. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE PM₁₀

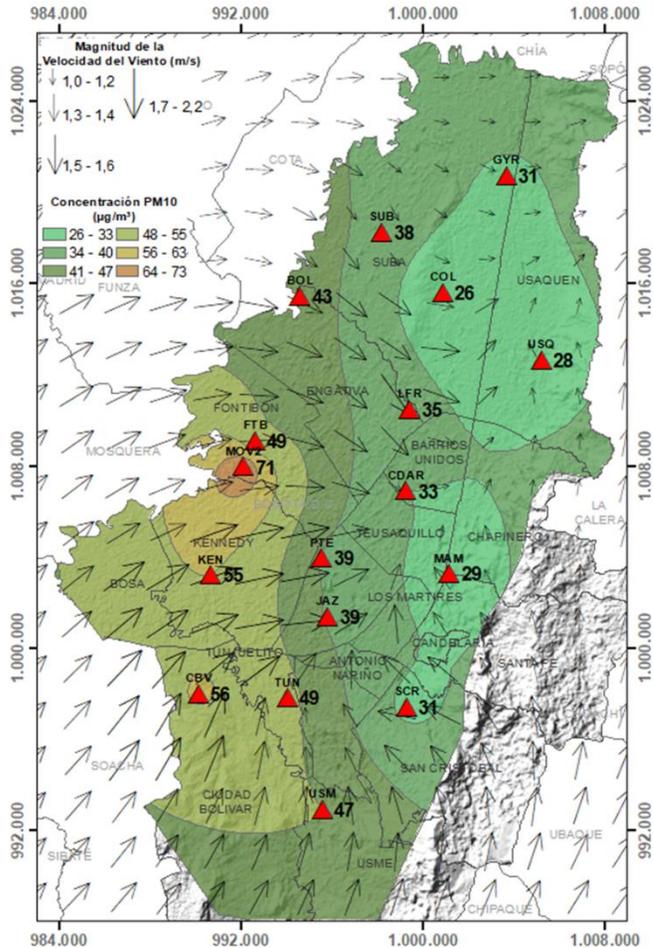


Figura 2. Distribución espacial concentraciones mensuales PM₁₀ – diciembre 2022

Las concentraciones promedio mensuales más altas se presentaron en el occidente en Móvil Fontibón (71,4 µg/m³) y en el sur en Ciudad Bolívar (55,7 µg/m³), mientras que las menores concentraciones se registraron en el norte en Colina (26,0 µg/m³) y Usaquén (28,3 µg/m³). Las concentraciones máximas diarias más altas para el mes corresponden a 111,2 µg/m³ en Móvil Fontibon y 91,9 µg/m³ en Tunal; estas concentraciones sobrepasaron el nivel máximo definido por la norma nacional diaria (75 µg/m³). En el mes se registraron en total veintiséis (26) excedencias de las concentraciones promedio 24 horas, las cuales NO CUMPLIERON con el nivel máximo permisible de la norma de PM₁₀, catorce (14) en Móvil Fontibón, cinco (5) en Ciudad Bolívar, tres (3) en Kennedy, dos (2) en Fontibón, una (1) en Tunal y Usme. Las concentraciones restantes, CUMPLIERON con el nivel máximo permisible establecido en la norma.

Las estaciones Carvajal – Sevillana (0%) y Móvil 7ma (0%) se vieron afectadas por valores de temperatura interna y de desviación estándar, debido a que se presentaron fallos con los aires acondicionados y tuvieron que invalidarse todos los datos.

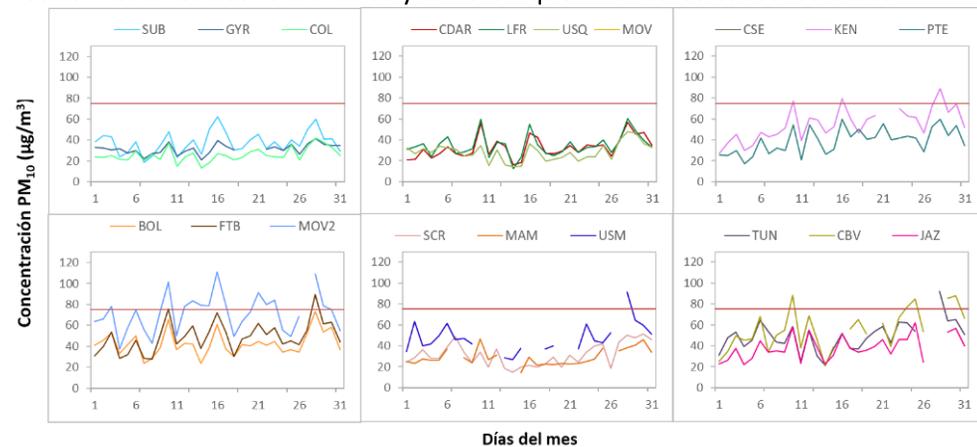


Figura 3. Concentraciones diarias PM₁₀ por estación de monitoreo – diciembre 2022

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

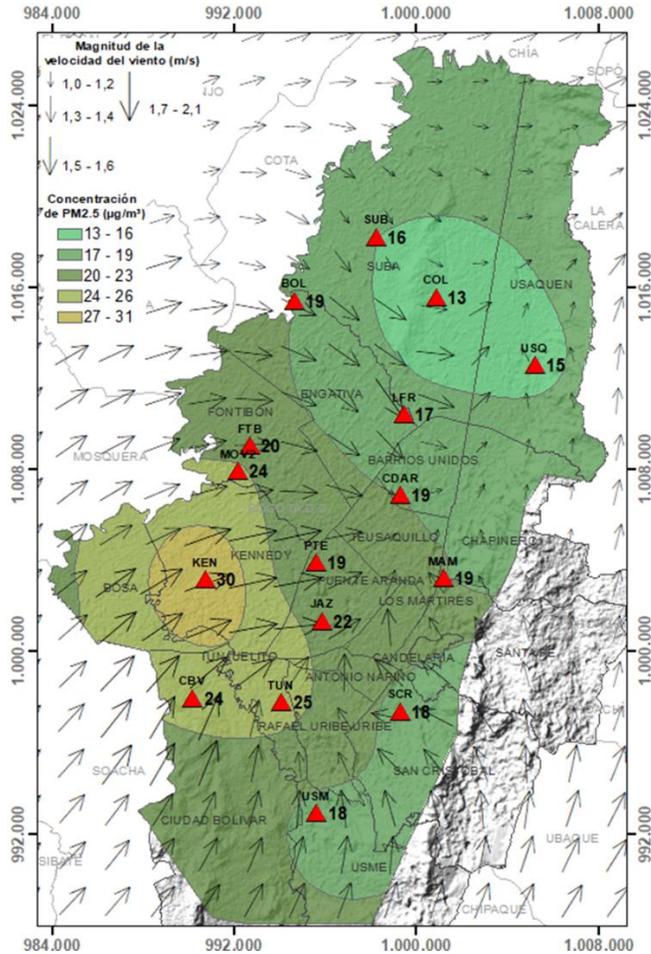


Figura 4. Distribución espacial concentraciones mensuales PM_{2.5} – diciembre 2022

Las concentraciones promedio mensuales más altas se presentaron en el suroccidente en Kennedy (29,9 µg/m³) y en el sur en Tunal (25,1 µg/m³), mientras que las menores concentraciones se registraron al norte en Colina (13,3 µg/m³) y Usaquén (14,8 µg/m³). Las concentraciones máximas diarias más altas del mes corresponden a 50,2 µg/m³ en Ciudad Bolívar y 46,5 µg/m³ en Jazmín; estas concentraciones sobrepasaron el nivel máximo definido por la norma nacional diaria (37 µg/m³). En el mes se registraron en total quince (15) excedencias de las concentraciones promedio 24 horas, las cuales NO CUMPLIERON con el nivel máximo permisible de la norma de PM_{2.5}, cuatro (4) en Kennedy, tres (3) en Ciudad Bolívar y en Móvil Fontibón, dos (2) en Jazmín, una (1) en Puente Aranda, Tunal y Usme. Las concentraciones restantes, CUMPLIERON con el nivel máximo permisible establecido en la norma.

La estación Guaymaral (74%) no alcanzó el 75% de representatividad temporal ya que se presentaron datos atípicos que tuvieron que invalidarse. Las estaciones Carvajal – Sevillana (0%) y Móvil 7ma (0%) se vieron afectadas por valores de temperatura interna y de desviación estándar, debido a que se presentaron fallos con los aires acondicionados y tuvieron que invalidarse todos los datos.

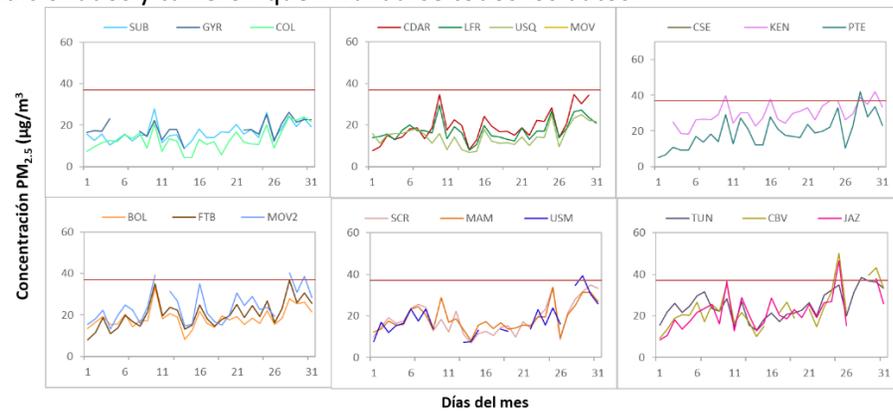


Figura 5. Concentraciones diarias PM_{2.5} por estación de monitoreo – diciembre 2022

	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe mensual de la Red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M3	Versión: 3

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 diciembre 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 14, 20 y 26 de diciembre. Asimismo, las concentraciones de material particulado se incrementaron los días 10, 16 y 28 de diciembre que coinciden con disminuciones en la velocidad del viento. Por otro lado, los días 6, 7 y 31 presentaron precipitaciones más altas que el resto del mes, el 7 y el 31 se evidencian disminuciones considerables en el material particulado, aunque la velocidad del viento también desciende, pero el 6 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 o estable.

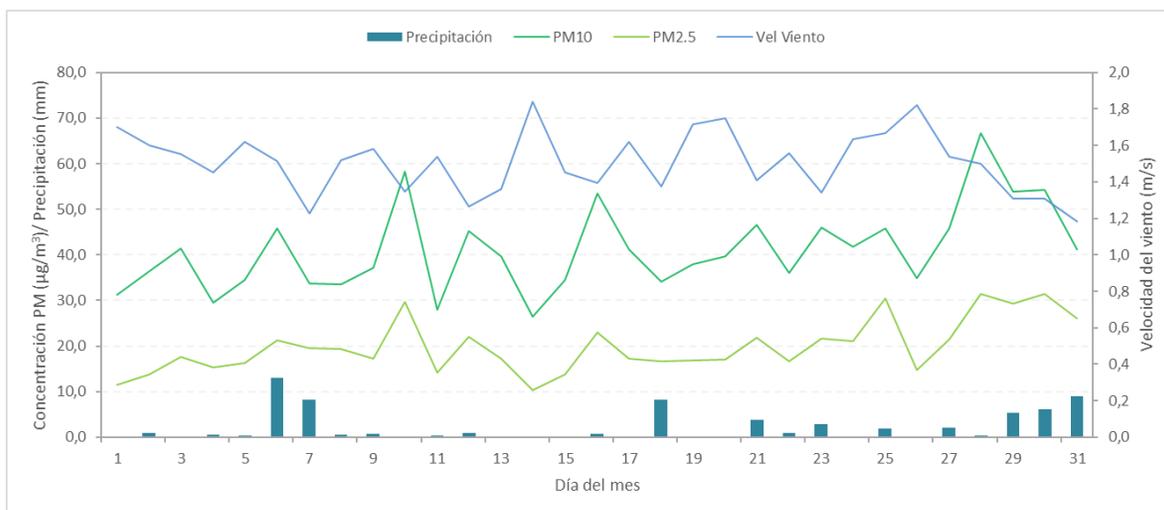


Figura 6. Promedio de concentración PM₁₀ y PM_{2.5}, precipitación y velocidad del viento a nivel ciudad – diciembre 2022

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 diciembre 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.

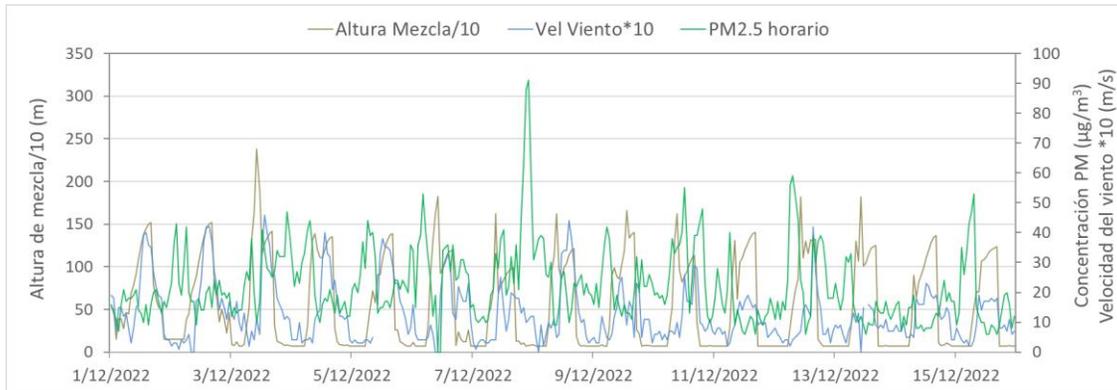
Se puede evidenciar que los registros más bajos de altura de capa de mezcla coinciden con incrementos de la concentración de material particulado, debido a que hay un volumen menor de

	METROLOGÍA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe mensual de la Red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M3	Versión: 3

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 8 y el 25 de diciembre y la Figura 8 correspondiente a la estación Guaymaral también el 2 y el 25 de diciembre.

TUNAL

Diciembre 01 al 15



Diciembre 16 al 31

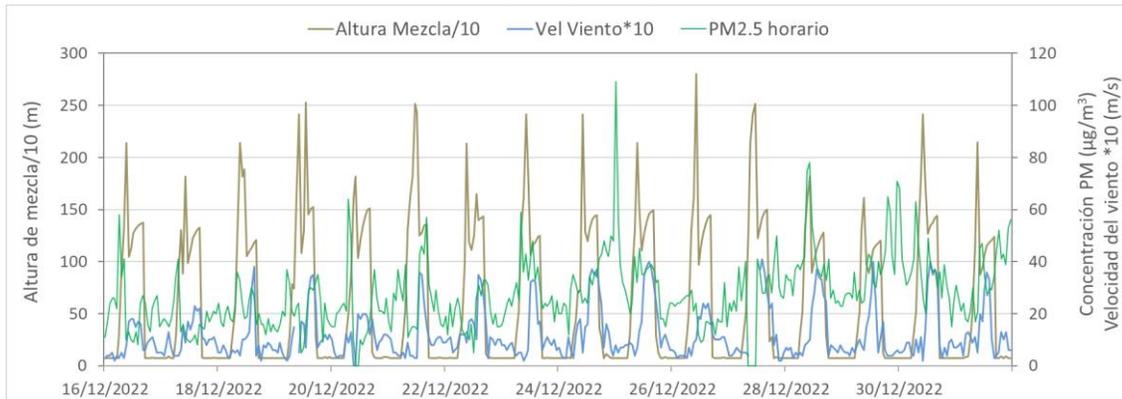
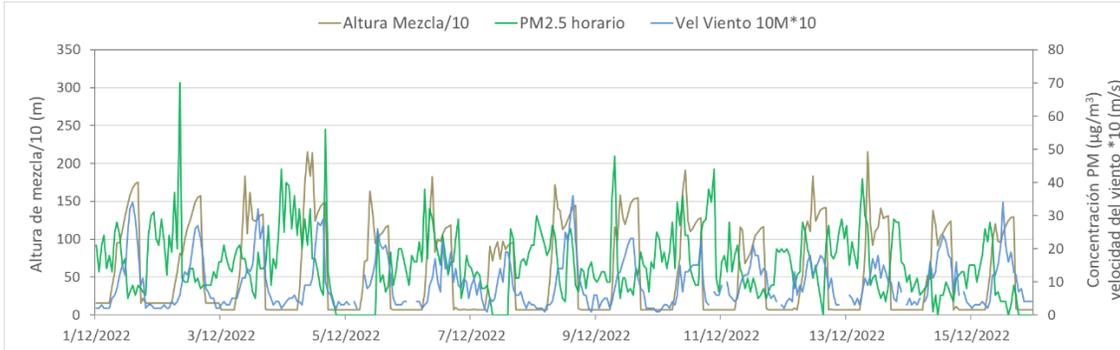


Figura 7. Comparación altura de mezcla, concentraciones $PM_{2.5}$ y velocidad del viento estación Tunal - diciembre 2022

GUAYMARAL

Diciembre 01 al 15



Diciembre 16 al 31

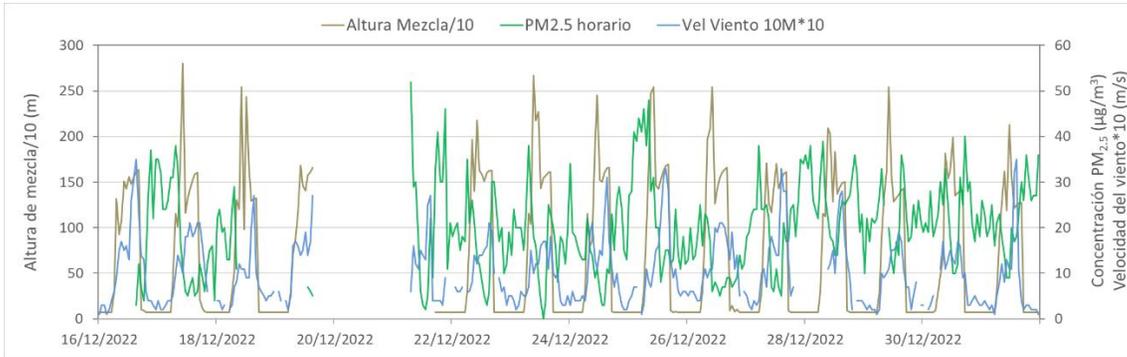


Figura 8. Comparación altura de mezcla, concentraciones PM_{2.5} y velocidad del viento estación Guaymaral - diciembre 2022

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

Por otro lado, se registraron ochenta y dos (82) excedencias de las concentraciones promedio 8h de O₃ (100 µg/m³), cincuenta y cuatro (54) en la estación Fontibón, diecisiete (17) en CDAR, siete (7) en Kennedy y cuatro (4) en Usaquén. Asimismo, se registraron dos (2) excedencias de las concentraciones promedio 1h de SO₂ (100 µg/m³), una (1) en CDAR y una (1) en Kennedy, las cuales NO CUMPLIERON con los niveles máximos permisibles establecidos. Las demás concentraciones CUMPLIERON con los niveles máximos permisibles establecidos en la Resolución 2254 de 2017, toda vez que no se registraron excedencias en: SO₂: 50 µg/m³ para datos 24h, CO: 35000 µg/m³ para datos 1h y 5000 µg/m³ para datos 8h y NO₂: 200 µg/m³ para datos 1h.

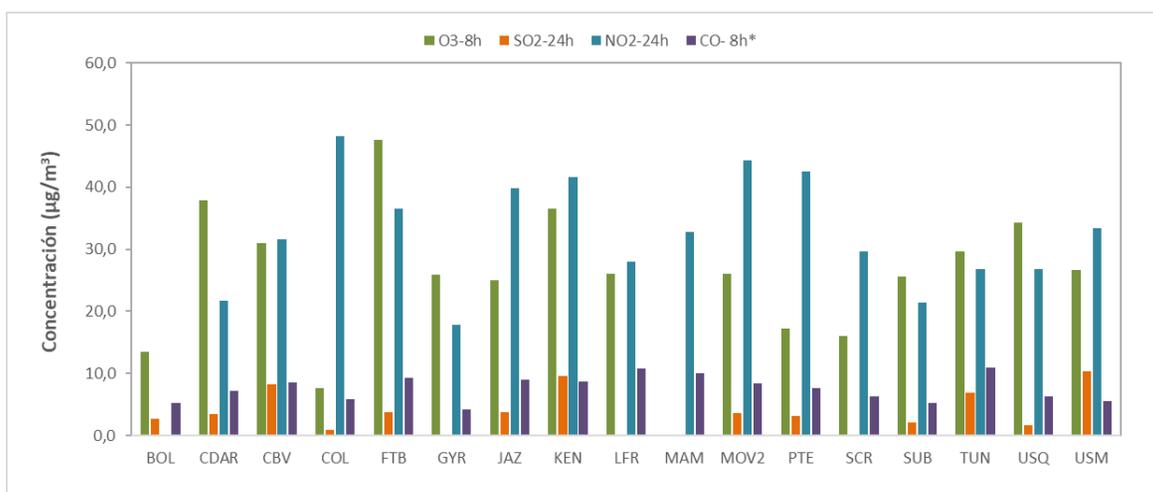


Figura 9. Concentraciones mensuales de gases (O₃, SO₂, NO₂ y CO) por estación de monitoreo - diciembre 2022

*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

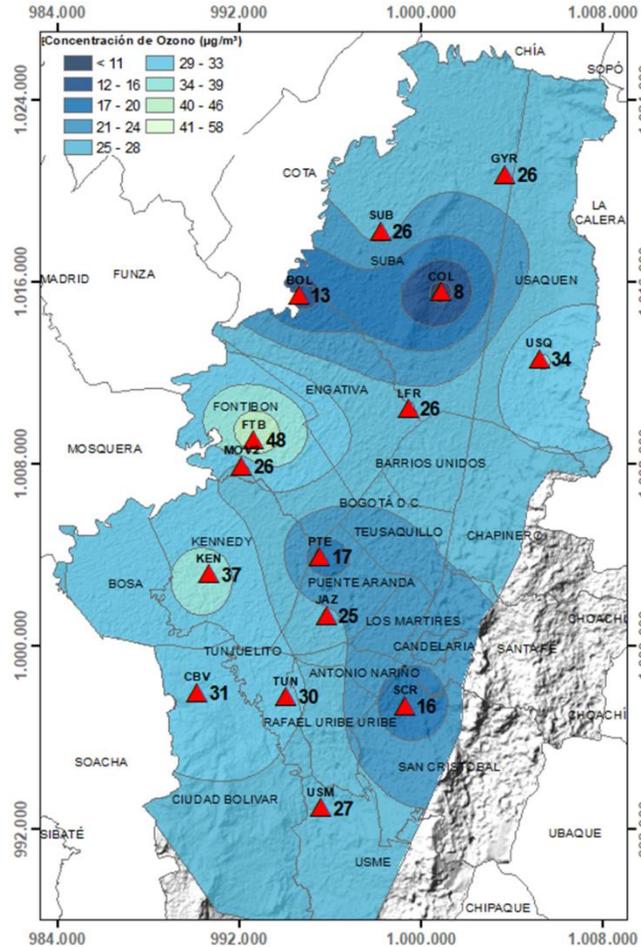


Figura 10. Distribución espacial concentraciones mensuales O₃ – diciembre 2022

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

Las estaciones CDAR (35%) y MinAmbiente (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. La estación Carvajal – Sevillana (0%) se vio afectada por valores de temperatura interna y de desviación estándar, debido a que se presentaron fallos con el aire acondicionado y tuvieron que invalidarse todos los datos.

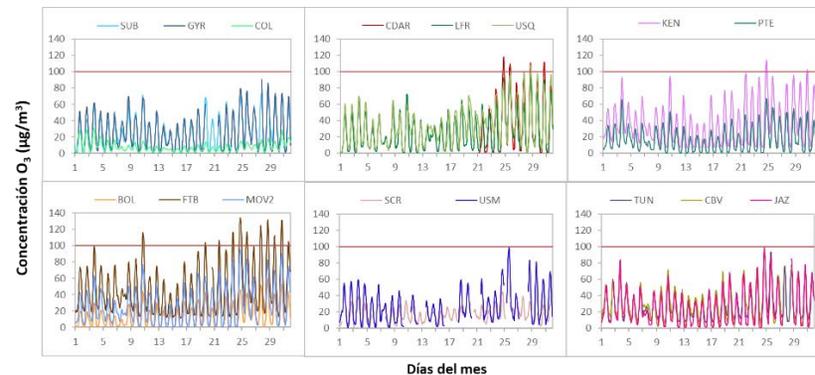


Figura 11. Concentraciones media móvil 8 horas de O₃ por estación de monitoreo - diciembre 2022

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

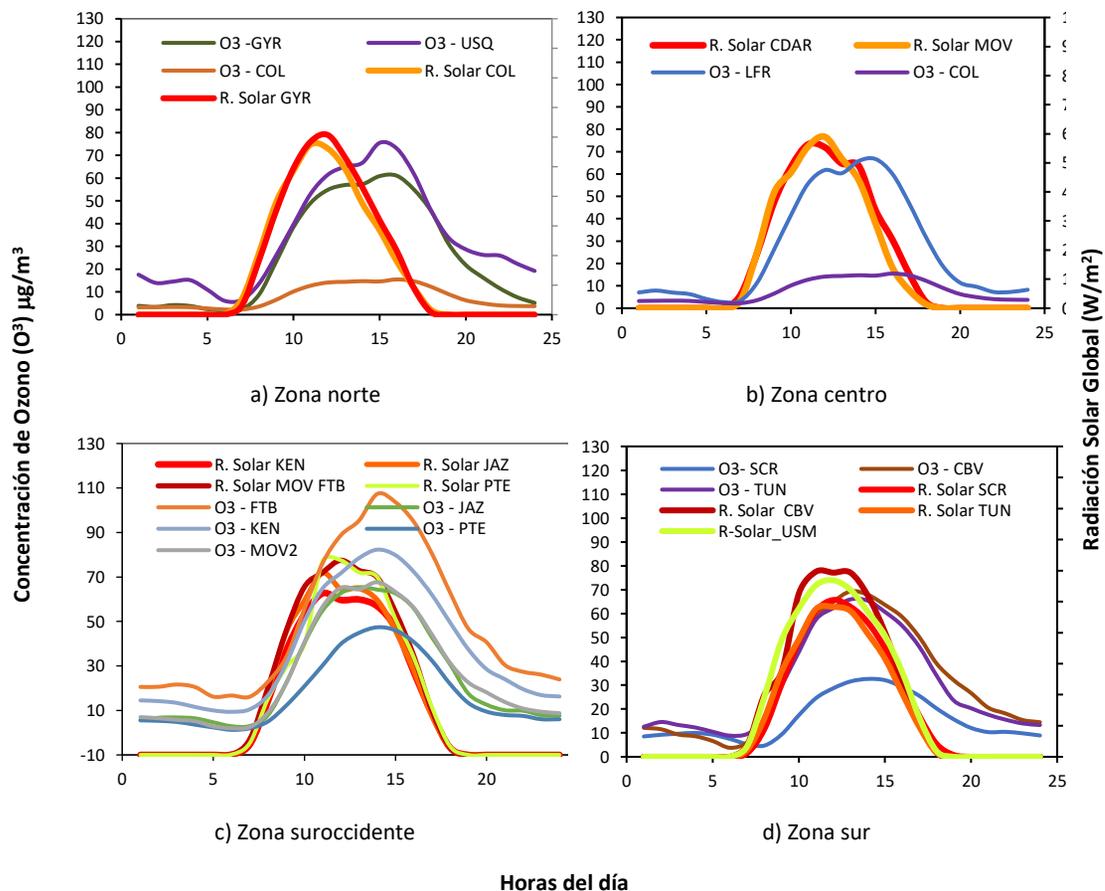


Figura 12. Comportamiento horario de las concentraciones de O₃ (µg/m³) y su relación con la Radiación Solar entrante (W/m²) diciembre 2022. a) zona norte, b) zona centro, c) zona suroccidente y d) zona sur

Con la reducción de la cobertura de nubes durante el mes de diciembre se incrementó la cantidad de radiación solar entrante, y con ello las concentraciones de ozono a nivel superficial en toda la ciudad. Mayormente en la zona centro, en donde el acumulado promedio horario mensual en la hora de mayor incidencia pasó de 448 W/m² a 589 W/m² elevando las concentraciones de ozono de 55 µg/m³ a 67 µg/m³.

Asimismo, se registraron incrementos de radiación al suroccidente de la ciudad y consecuentemente aumento de las concentraciones de ozono, pasando de 78 µg/m³ a 107 µg/m³ en las horas de mayor concentración. En la zona sur se presentó un comportamiento similar, sobre todo hacia el sector de Ciudad Bolívar y Tunal en donde las concentraciones de ozono rondaron los 70 µg/m³ frente a los 52 µg/m³ registrados en noviembre.

Aunque en el norte no se presentaron incrementos de radiación solar, las concentraciones de ozono se incrementaron en el sector de Usaquén con respecto al mes anterior, posiblemente por fuentes externas.

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

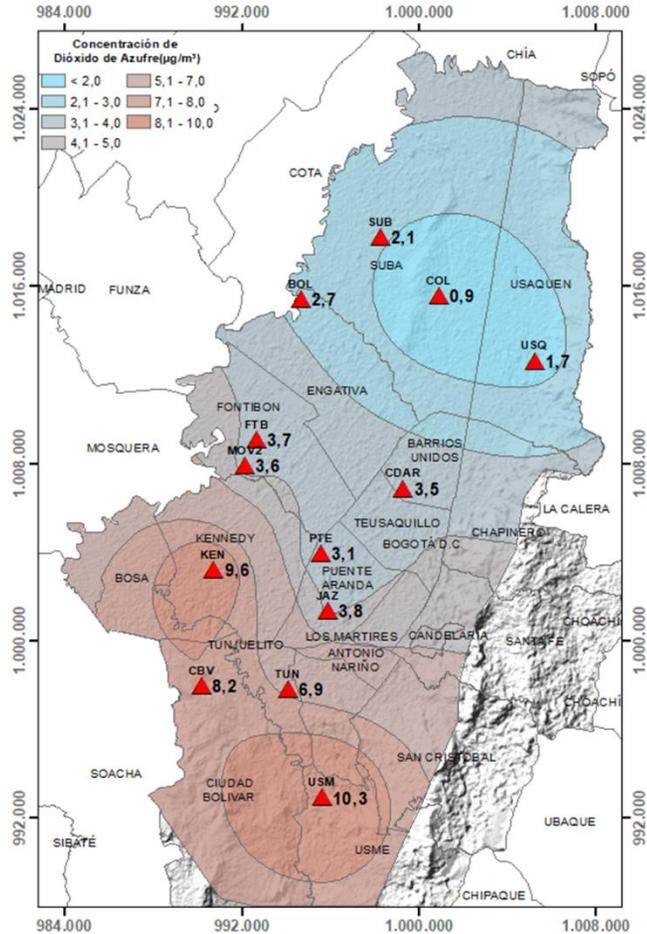


Figura 13. Distribución espacial concentraciones mensuales SO₂ – diciembre 2022

En el mapa de la Figura 13 se representa la distribución espacial de las concentraciones promedio mensuales de SO₂ para el mes de diciembre 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 Kennedy. Por otro lado, las concentraciones más bajas se evidencian en el norte, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Colina y Usaquén.

La estación Carvajal – Sevillana (0%) se vio afectada por valores de temperatura interna y de desviación estándar, debido a que se presentaron fallos con el aire acondicionado y tuvieron que invalidarse todos los datos.

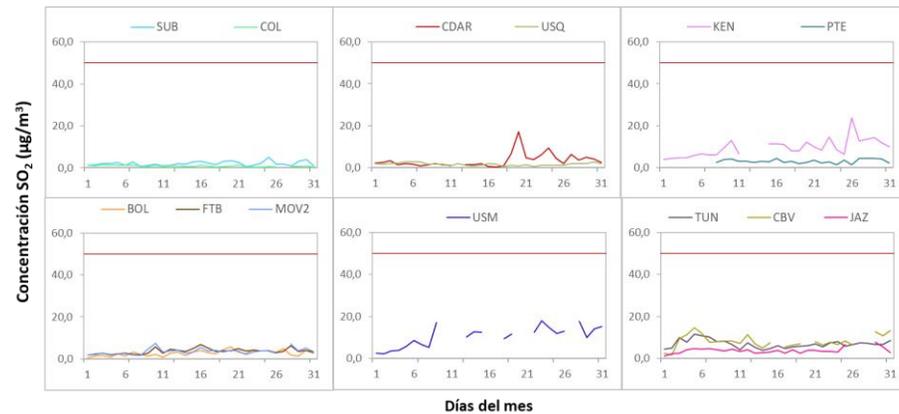


Figura 14. Concentraciones promedio mensuales de SO₂ por estación de monitoreo - diciembre 2022

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

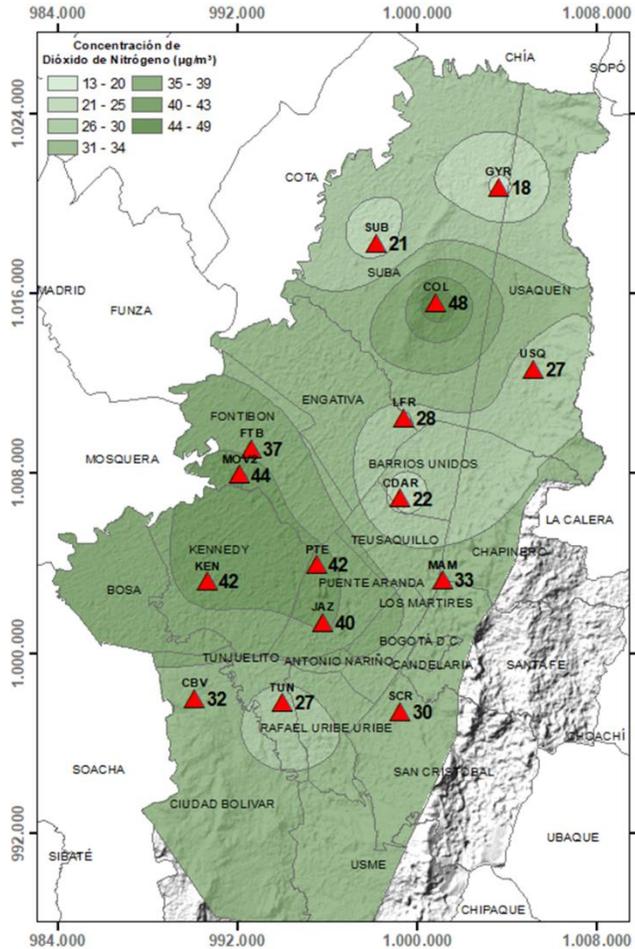


Figura 15. Distribución espacial concentraciones mensuales NO₂ - diciembre 2022

En el mapa de la Figura 15 se representa la distribución espacial de las concentraciones promedio mensuales de NO₂ para el mes de diciembre 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 Colina y Móvil Fontibón. Por otro lado, las concentraciones más bajas se evidencian en el norte y noroccidente, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Guaymaral y Suba.

La estación Usme (74%) no alcanzó el 75% de representatividad temporal ya que se presentaron valores muy bajos de temperatura por condiciones locales del área, los cuales afectaron la temperatura interna de la cabina y tuvieron que invalidarse varios datos, en cuanto a Carvajal – Sevillana (0%) y Móvil 7ma (0%) se vieron afectadas por valores de temperatura interna y de desviación estándar, debido a que se presentaron fallos con los aires acondicionados y tuvieron que invalidarse todos los datos.

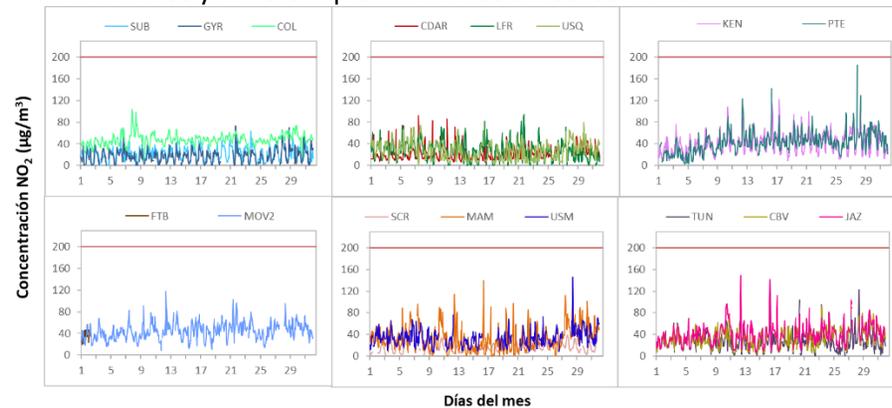


Figura 16. Concentraciones promedio mensuales de NO₂ por estación de monitoreo - diciembre 2022

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

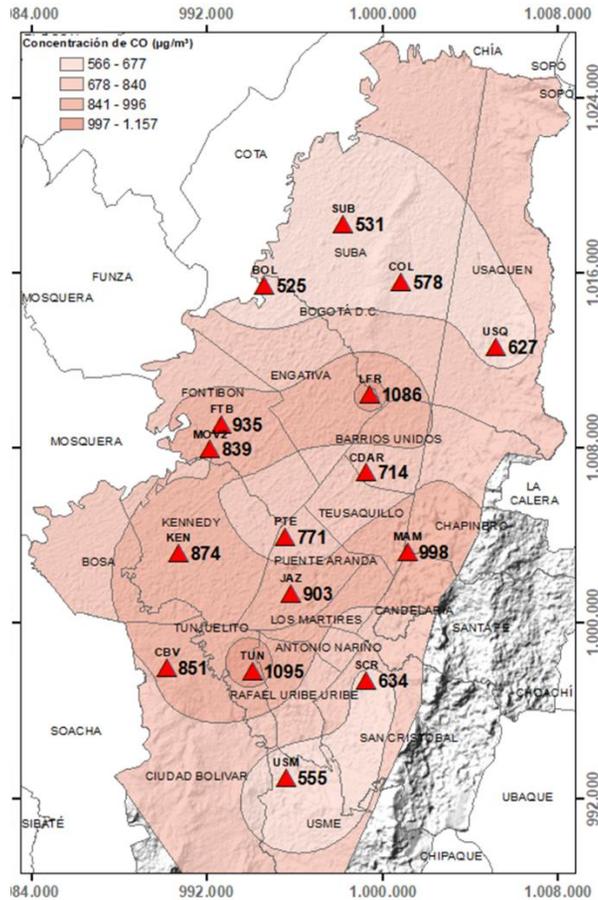


Figura 17. Distribución espacial concentraciones mensuales CO – diciembre 2022

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 diciembre de 2022. Se observa que las concentraciones más altas predominan en el sur y norte de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Tunal y Las Ferias. Por otro lado, las concentraciones más bajas se evidencian en el noroccidente de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Bolivia y Suba.

La estación Guaymaral (58%) no alcanzó el 75% de representatividad temporal ya que se presentaron fallos al interior de la cabina por lo cual los contaminantes registraron datos atípicos que tuvieron que invalidarse. Las estaciones Carvajal – Sevillana (0%) y Móvil 7ma (0%) se vieron afectadas por valores de temperatura interna y de desviación estándar, debido a que se presentaron fallos con los aires acondicionados y tuvieron que invalidarse todos los datos.

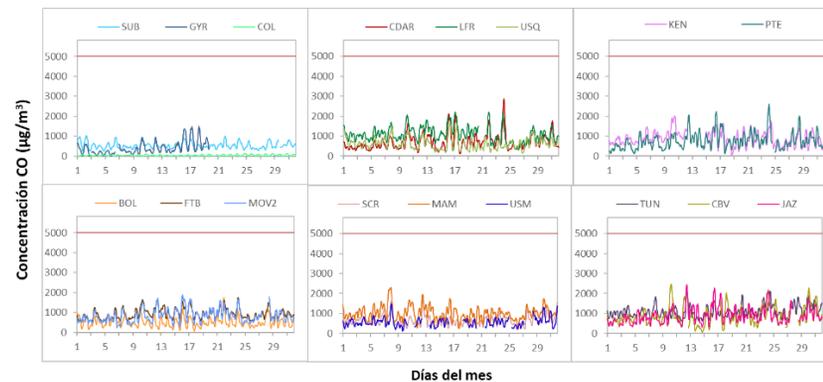


Figura 18. Concentraciones media móvil 8 horas de CO por estación de monitoreo - diciembre 2022

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe mensual de la Red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M3	Versión: 3

6. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LAS CONCENTRACIONES DE BLACK CARBON

Durante el mes de diciembre 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. Las concentraciones promedio más altas se presentaron en las estaciones Kennedy con $6,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Fontibón con $5,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y Tunal con $5,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La concentración máxima de eBC se observó el 17 de noviembre en la estación Fontibón, con un valor de $37,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Las concentraciones máximas se presentaron en las estaciones Kennedy, Fontibón, CDAR y San Cristóbal con valores superiores a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Por otro lado, las estaciones con promedios más bajos fueron Ciudad Bolívar con $2,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, y Puente Aranda y San Cristóbal con $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

A continuación, presenta la serie temporal de las concentraciones diarias (24h) de eBC para todas las estaciones de la ciudad. El 16 de diciembre se observó un incremento de las concentraciones de eBC en las estaciones Kennedy y CDAR con valores entre 10 y $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$, además de un incremento en la estación Tunal el 12 de diciembre con un valor de $8,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Adicionalmente, la última semana del mes se presentó un incremento significativo en estaciones como Fontibón, CDAR, Puente Aranda y Tunal con valores entre 7 y $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como se evidencia en la Figura 19.

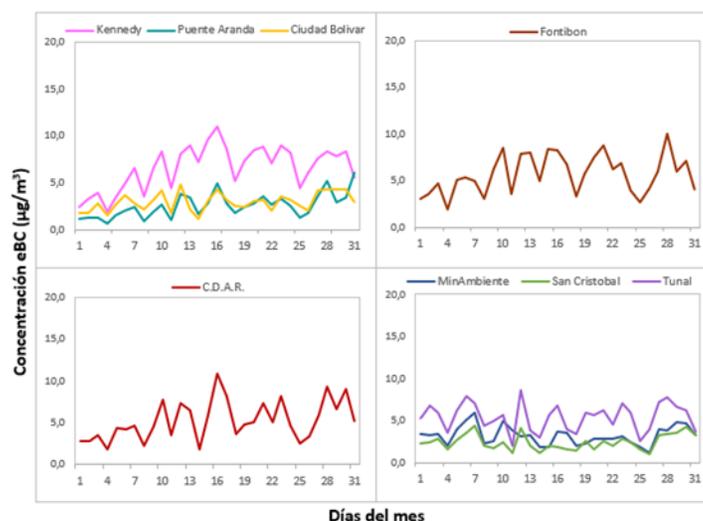


Figura 19. Comportamiento de las concentraciones diarias de eBC para diciembre de 2022

6.1. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LAS CONCENTRACIONES DE BLACK CARBON PROVENIENTE DE LA QUEMA DE BIOMASA

Las estaciones que presentan una mayor predominancia de porcentaje de Black Carbon por quema de combustibles fósiles son Ciudad Bolívar, Fontibón, Kennedy, MinAmbiente, Puente Aranda y Tunal, mientras que las estaciones CDAR y San Cristóbal presentan un porcentaje de quema de biomasa un poco más alto. Durante el mes de diciembre se evidencia un incremento en el porcentaje de quema de biomasa en la mayoría de las estaciones, específicamente durante los días del 8 al 11, además de un incremento significativo entre el 24 y 25, en donde se registró la influencia de fenómenos regionales, particularmente el aumento de incendios procedentes de los departamentos de Vichada y Meta, agregando además el uso de pirotecnia durante las festividades. Ver Figura 20.

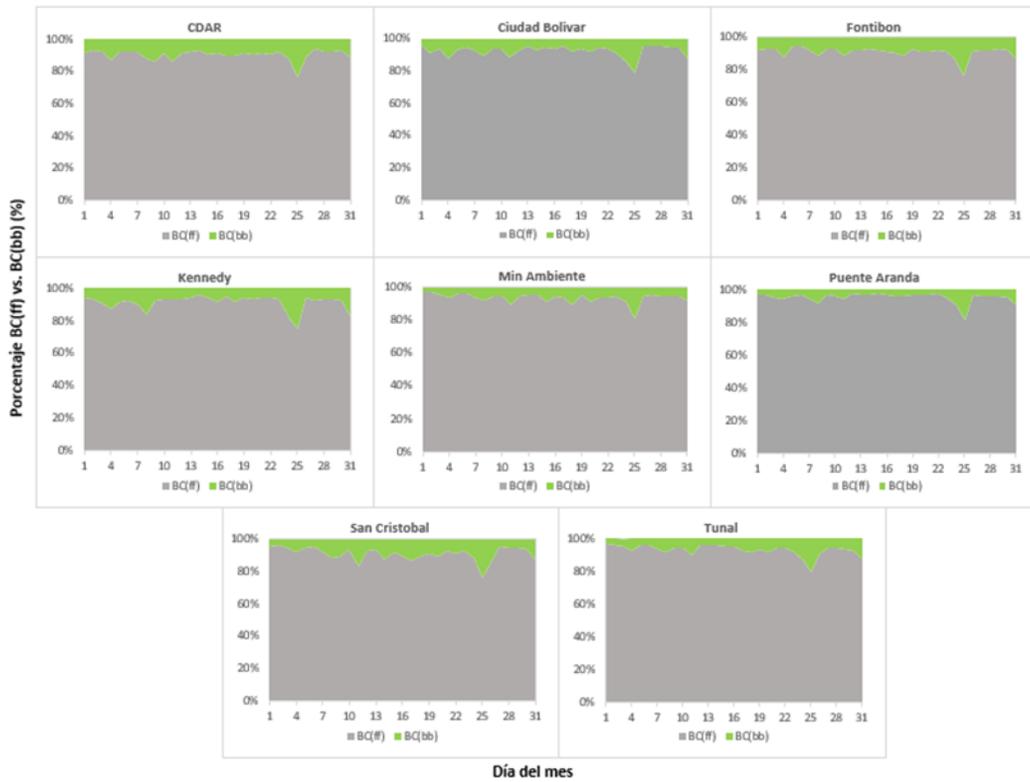


Figura 20. Serie temporal porcentaje de quema Black Carbon de combustibles fósiles BC(ff) vs. Black Carbon de quema de biomasa BC(bb) - diciembre de 2022

Las concentraciones promedio diarias eBC son presentadas en la Figura 21, donde se observan mayores concentraciones de eBC entre el día 2 y 11 de diciembre, con concentraciones promedio diarias de 6 y 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente.

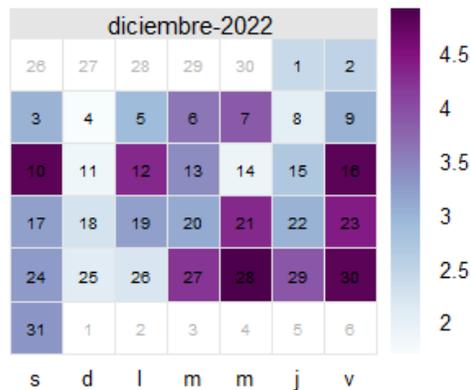


Figura 21. Calendario de las concentraciones diarias (24h) promedio de eBC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) durante el mes de diciembre de 2022

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.

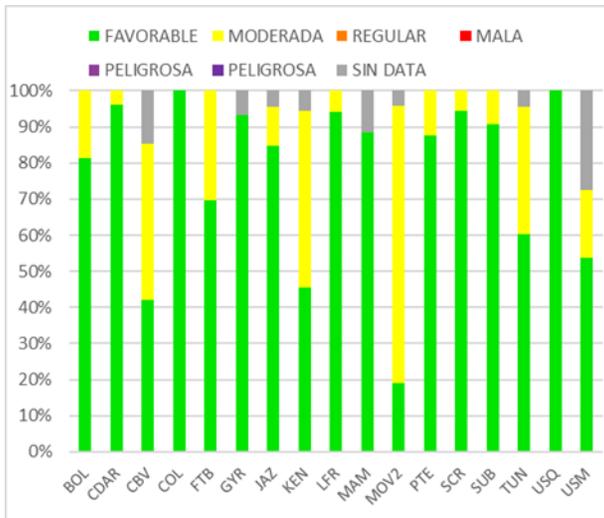


Figura 22. IBOCA para PM₁₀ por estación – diciembre 2022

La Figura 22 muestra el comportamiento del IBOCA para los promedios móviles de las concentraciones 24 horas de PM₁₀ por estación de monitoreo registradas en el mes de diciembre de 2022. Se observa que la condición “favorable” predominó en la mayoría de las estaciones, registrando en un 100% de dicha condición en Colina y Usaquéen. En Móvil Fontibón predominó la condición “moderada” con un 77% de tiempo en el mes. Se registró también la condición “moderada” en algunas estaciones como Ciudad Bolívar, Kennedy y Tunal, con porcentajes entre 35 y 49%.

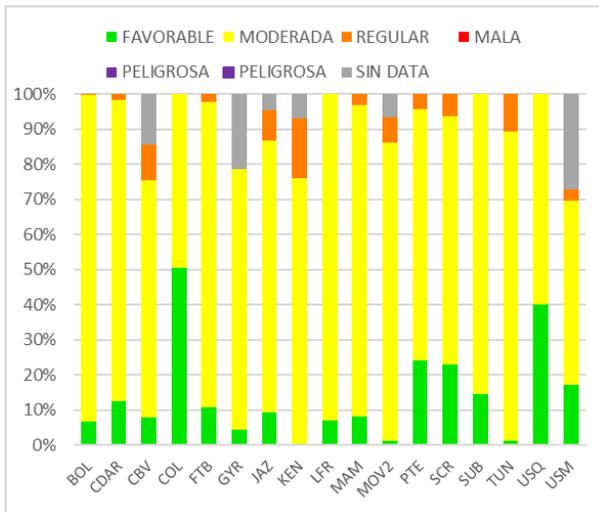


Figura 23. IBOCA para PM_{2.5} por estación – diciembre 2022

La Figura 23 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 diciembre 2022 predominó la condición “moderada” en la mayoría de las estaciones, registrando los porcentajes más altos en Las Ferias y Bolivia (93%). La condición “favorable” fue predominante solamente en Colina y Usaquéen, con 50% y 40% respectivamente. Adicionalmente, se observó la condición “regular” en Ciudad Bolívar, Kennedy y Tunal con un porcentaje mayor al 10%. En otras estaciones del centro y sur de la ciudad también se observó la condición “regular”, con porcentajes entre 2 y 9%.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe mensual de la Red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M3	Versión: 3

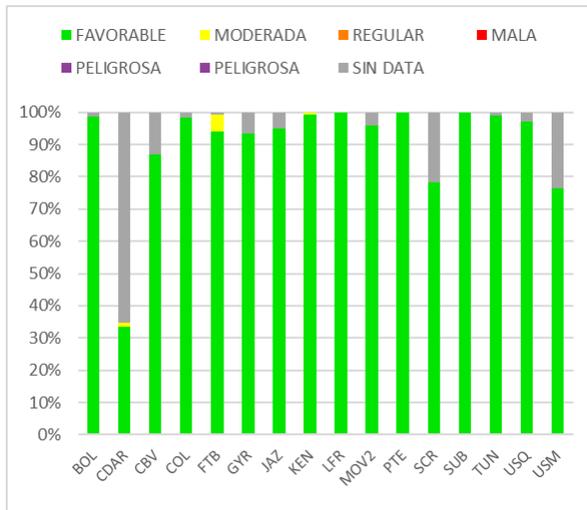


Figura 24. IBOCA para O₃ por estación – diciembre 2022

La Figura 24 muestra el comportamiento del IBOCA para los promedios móviles de las concentraciones 8 horas de O₃ en cada una de las estaciones de monitoreo para el mes de diciembre de 2022. Se observa que la categoría “favorable” predomina en todas las estaciones de la RMCAB que registraron datos de O₃ en el mes. Cabe resaltar que las estaciones Usaquén, CDAR, Kennedy y Fontibón registraron también la condición “moderada”, siendo esta última estación la que registró el mayor porcentaje con un 5,2% del mes.

8. EVENTOS DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

En la Figura 25 se observan las concentraciones de PM_{2.5} media móvil 24 horas registradas en las estaciones de la RMCAB durante el mes de diciembre de 2022. Durante la mayor parte del mes predominó la condición “moderada” en la mayoría de las estaciones. Se evidenciaron tres incrementos notables de concentración asociados a la celebración de las festividades de final de año, en los días 11, 25 y 30 de diciembre. Adicionalmente en el mes se evidenció la ocurrencia de fenómenos como la inversión térmica, que influye en la acumulación de contaminación en la atmósfera. Las mayores diferencias de temperatura se observaron el 16 y el 27 de diciembre, por lo cual en estos días se evidenciaron aumentos notables de la concentración de material particulado.

Se evidenció una reducción de las precipitaciones con relación a los dos meses anteriores, sin embargo, en algunos días puntuales se redujeron las concentraciones cuando se incrementaron notablemente las precipitaciones en una gran parte de la ciudad, principalmente en la primera y cuarta semana del mes. Las concentraciones más altas se registraron en la zona suroccidental, especialmente en los últimos días del año, registrando la condición “regular” en 10 estaciones principalmente el 30 de diciembre, en un máximo de 44 horas en la estación Ciudad Bolívar.



SECRETARÍA DE
AMBIENTE

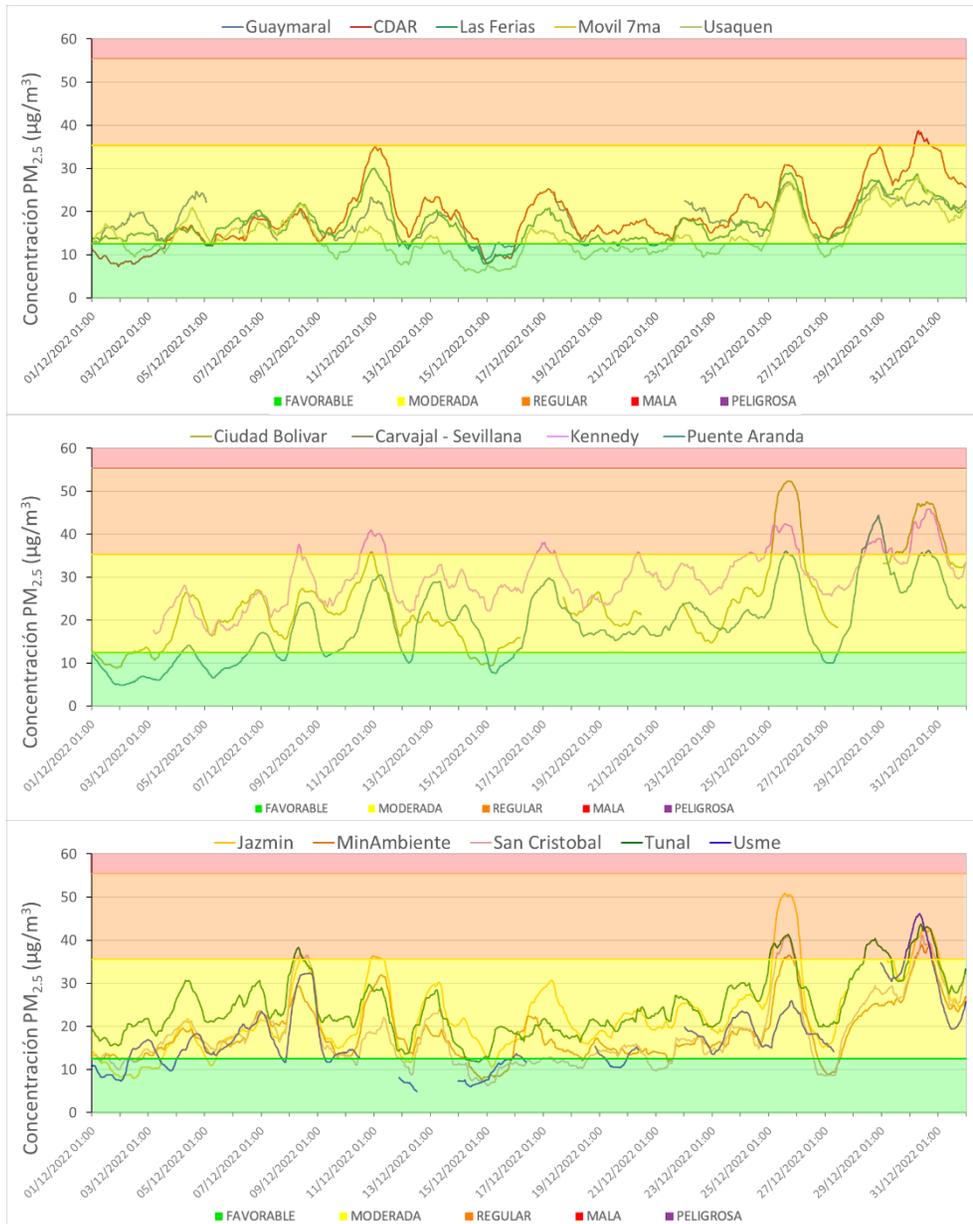


METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN

Informe mensual de la Red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá – RMCAB

Código: PA10-PR04-M3

Versión: 3



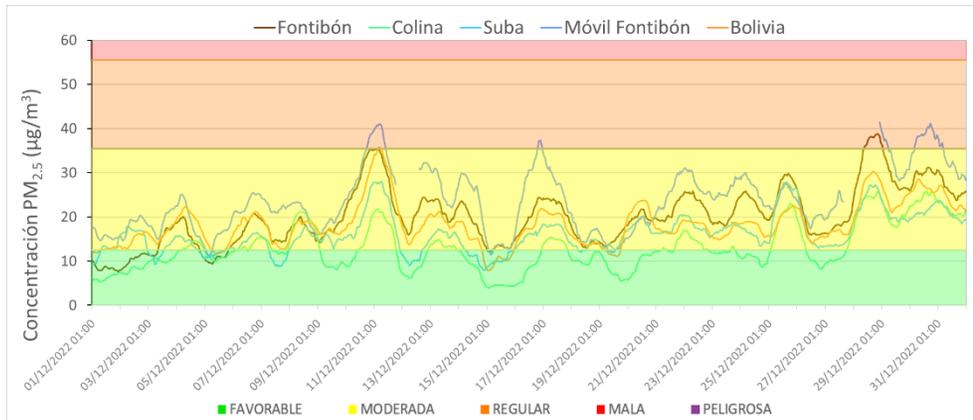


Figura 25. Concentraciones media móvil 24 h PM_{2.5} diciembre 2022

En la Figura 26 se muestra la estimación de las emisiones asociadas a los incendios forestales presentes en el país, ya que en las regiones de Amazonía y Orinoquía se había registrado tiempo seco, por lo cual aumentó la prevalencia de los incendios forestales especialmente en la región del Meta. Con ello, debido a la trayectoria de los vientos del oriente de la ciudad y a la acumulación de la contaminación generada por los incendios en el piedemonte llanero, se evidenciaron aumentos de material particulado en la ciudad durante el 30 y 31 de diciembre, sin embargo, en el transcurso de la tarde del último día del año se redujeron gradualmente las concentraciones.

Emisiones de PM_{2.5} generadas por Incendios Forestales

30 de diciembre de 2022

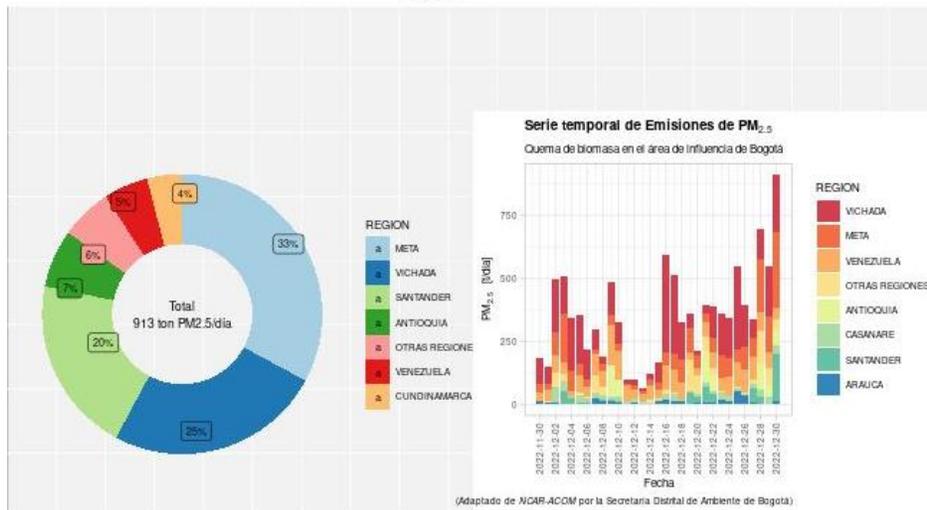
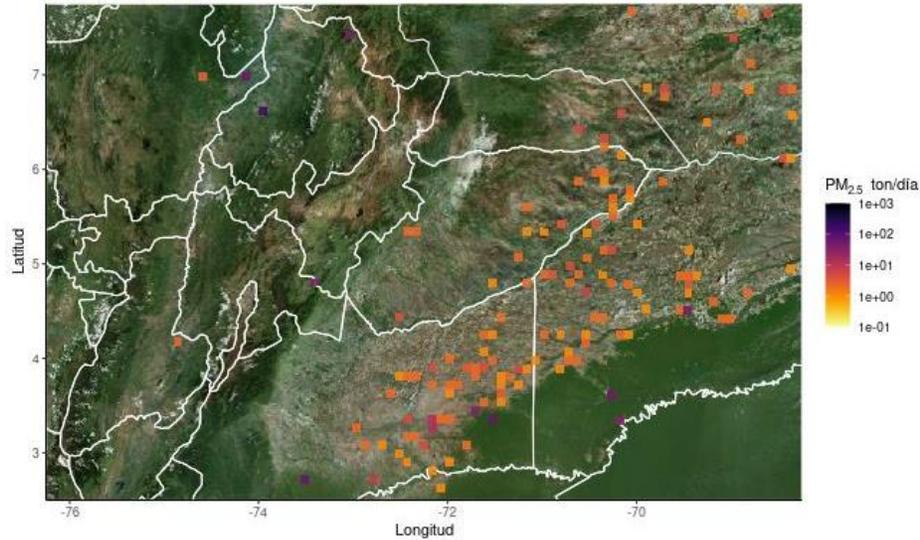


Figura 26. Estimación de las emisiones asociadas a incendios forestales. Diciembre 30 de 2022

La vista del horizonte hacia la zona suroccidente de la ciudad en los días 30 y 31 de diciembre de 2022 se observa en la Figura 27. Se puede evidenciar que había visibilidad reducida debido al incremento de las concentraciones de material particulado en estos días, principalmente en las horas de la mañana.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe mensual de la Red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M3	Versión: 3



Figura 27. Fotografía de la zona suroccidente de la ciudad. Diciembre 30 y 31 de 2022

9. *COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS*

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

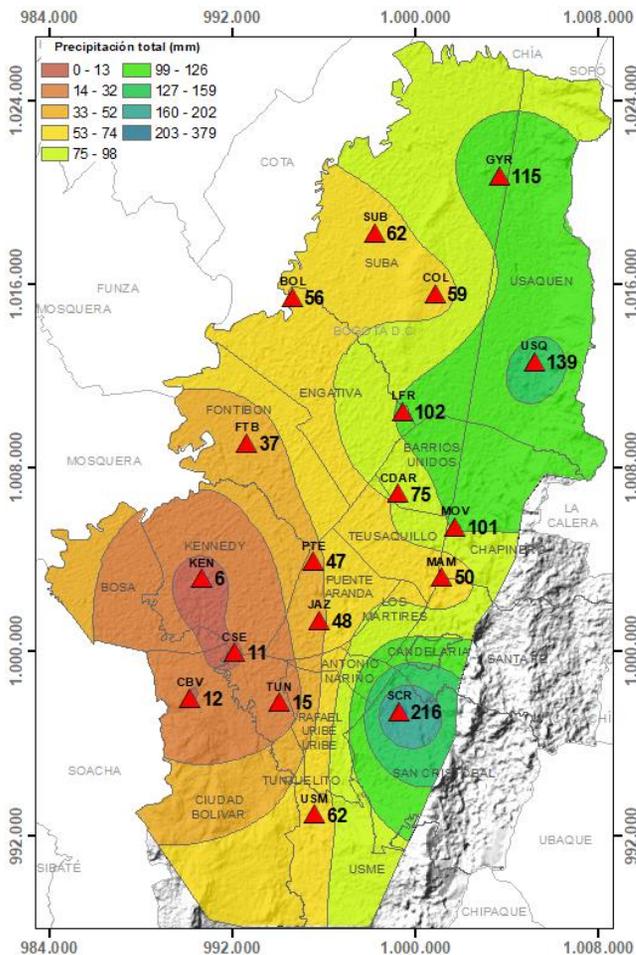


Figura 28. Mapa de la precipitación mensual total (mm) – diciembre 2022

Durante el mes de diciembre se presentó una reducción de las precipitaciones del ciclo estacional en la ciudad, debido a la disminución de la influencia de la zona de confluencia intertropical, en su descenso relativo hacia el hemisferio sur.

No obstante, el patrón de las lluvias a nivel local se mantuvo con sus máximos hacia el oriente de la ciudad y sus mínimos al suroccidente. Así pues, los mayores acumulados se registraron en las estaciones San Cristóbal y Usaquén y los menores en las estaciones Kennedy y Carvajal-Sevillana como se observa en la Figura 28.

Con dicha reducción en los acumulados de precipitación y la disminución del número de días con lluvia, contribuyó al incremento de las concentraciones de contaminantes. En la Figura 29 se evidencia lo expuesto.

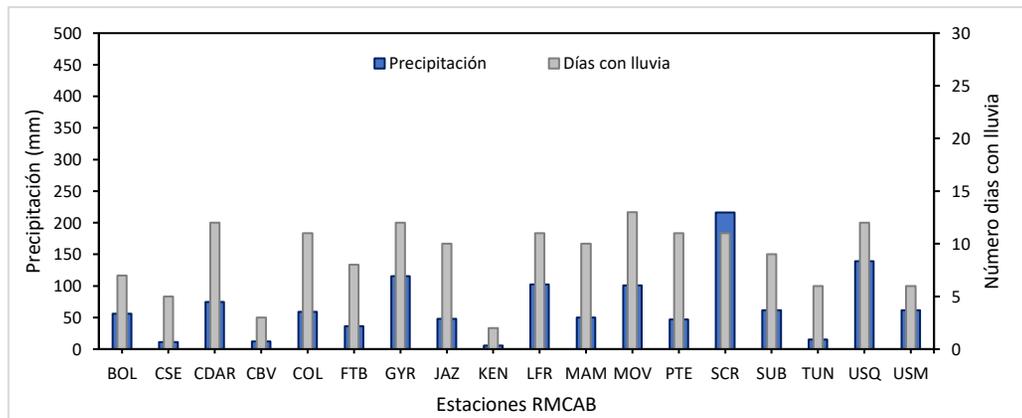


Figura 29. Precipitación media mensual y número de días con precipitación – diciembre 2022

9.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LA TEMPERATURA

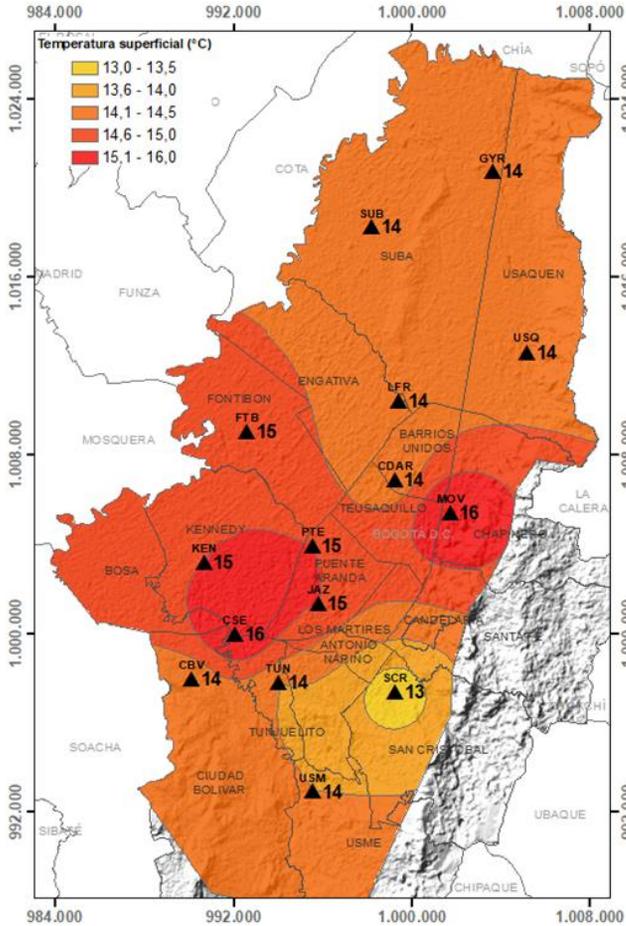


Figura 30. Mapa del promedio de temperatura superficial de las estaciones de la RMCAB con base en el método de interpolación de Kriging – diciembre 2022

Durante el mes de diciembre se presentó una ligera disminución de la temperatura superficial del aire con respecto al mes anterior, probablemente por la disminución de los flujos de calor en el suelo, derivados del calor latente de vaporización a nivel superficial y/o a la capacidad del vapor de agua para atrapar calor del suelo. Dicha reducción se estima entre 0,1 a 0,7 °C con las mayores reducciones al norte de la ciudad como se evidencia en la Figura 30.

Las temperaturas máximas absolutas se registraron en las estaciones CDAR (26,5 °C), Guaymaral (26,4 °C), Kennedy (25,6 °C), Móvil 7ma (25,5 °C), Tunal (25,3 °C) y Carvajal-Sevillana (24,6 °C). Las mínimas absolutas en las estaciones Tunal (2,3 °C), CDAR (3,9 °C), Guaymaral (3,8 °C) y Suba (4,7 °C) como se observa en la Figura 31.

En cuanto a la amplitud térmica, en las estaciones Tunal (23 °C), CDAR (22,6 °C), Guaymaral (22,6 °C) y Suba (20,9 °C) se presentaron mayores amplitudes, las cuales favorecen las condiciones convectivas para el ascenso y mezcla turbulenta, que contribuyen con la difusión de los contaminantes de aire de la ciudad.

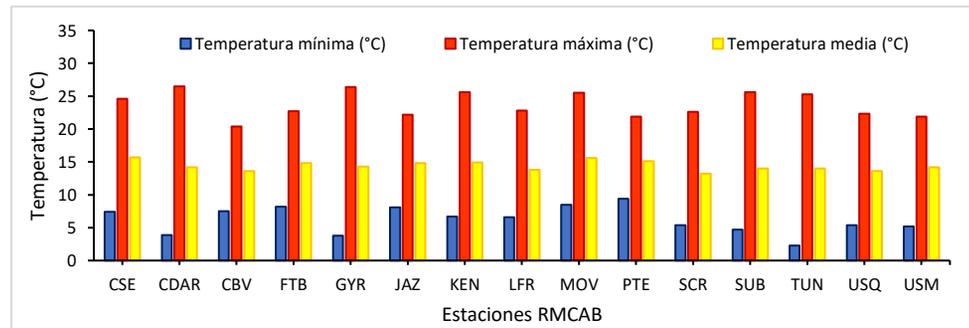


Figura 31. Temperaturas medias, máximas y mínimas absolutas por estación – diciembre 2022

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

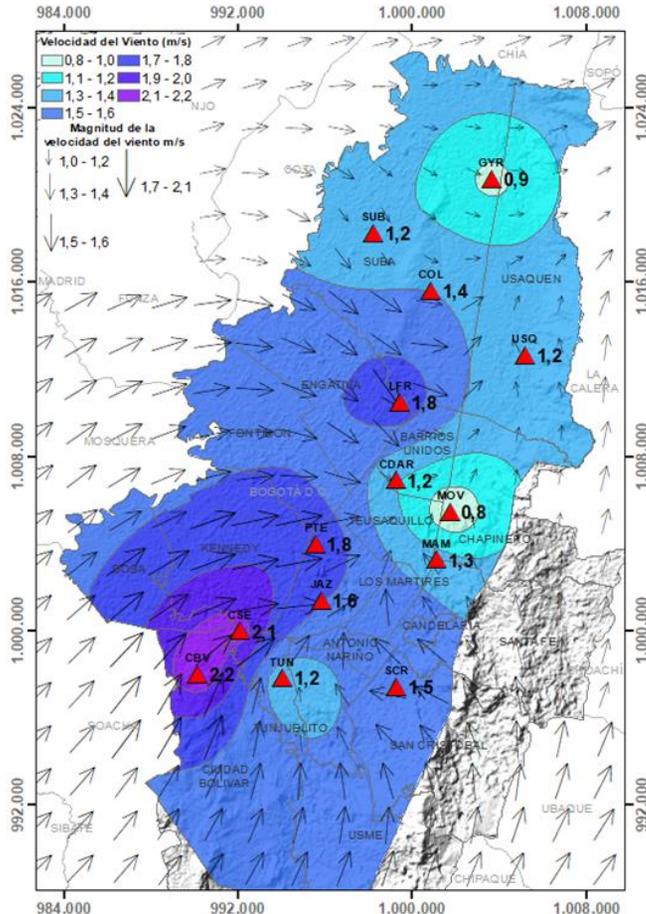


Figura 32. Velocidad promedio (Superficie en colores) y Dirección promedio (Vectores) del Viento con base en Kriging – septiembre 2022

En diciembre continuaron predominando los vientos del occidente y suroccidente en el flanco occidental de la ciudad que, en condiciones de estabilidad propicias, contribuyen con la formación de nubes productoras de lluvia, asociadas a su interacción con los cerros orientales. Sin embargo, también favorecen la introducción de contaminantes desde fuentes externas, lo que, en conjunto con la reducción de las precipitaciones, puede explicar el incremento en las concentraciones de material particulado con respecto al mes de noviembre.

Las velocidades medias del viento fluctuaron de entre 0,8 a 2,2 m/s, con menores valores hacia el centro oriente y norte de la ciudad y los mayores hacia el sur occidente cómo son frecuentes de acuerdo con lo observado en la Figura 32.

Las velocidades máximas absolutas se registraron hacia el oriente en la estación MinAmbiente (7,8 m/s), hacia el sur en Ciudad Bolívar (5,7 m/s) y Carvajal-Sevillana (4,9 m/s) y hacia el centro en Las Ferias (5,8 m/s) y CDAR (4,7 m/s), como se observa en la Figura 33.

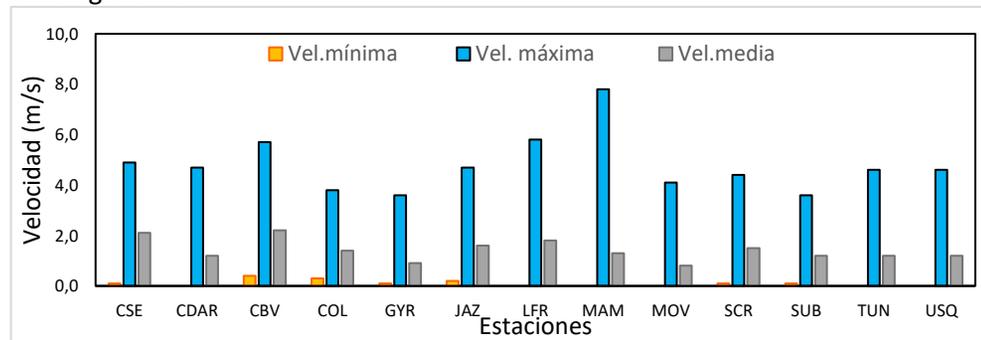


Figura 33. Velocidad del viento media, máxima y mínima absolutas por estación – diciembre 2022

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe mensual de la Red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M3	Versión: 3

10. CONCLUSIONES

- Las concentraciones más altas de material particulado se observaron en las zonas occidente y sur de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Móvil Fontibón, y Kennedy, mientras que los menores valores se observaron en la zona norte de la ciudad, en el área de influencia de Colina y Usaquén. Móvil Fontibón tuvo el promedio mensual más alto de PM₁₀ (71,4 µg/m³) y Kennedy el de PM_{2.5} (29,9 µg/m³); se registraron en total veintiséis (26) excedencias de PM₁₀ y quince (15) excedencias de PM_{2.5} en el mes.
- Con respecto a los gases, Tunal registró el promedio más alto de CO (1094,6 µg/m³), Colina en NO₂ (48,2 µg/m³), Usme de SO₂ (10,3 µg/m³) y Fontibón de O₃ (47,574 µg/m³) durante el mes. Se registraron ochenta y dos (82) excedencias a las concentraciones 8h de ozono O₃ y dos (2) excedencias a las concentraciones 1h de dióxido de azufre SO₂.
- En diciembre 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 promedio más altos fueron del orden de los 6,6 µg/m³. El aporte principal a Black Carbon fue por parte del uso de combustibles fósiles, principalmente en las estaciones Ciudad Bolívar, Fontibón, Kennedy, MinAmbiente, Puente Aranda y Tunal. El aporte de Black Carbon por quema de biomasa se registró principalmente entre la segunda y la tercera semana y el 24 y 25 debido a fenómenos regionales, siendo más alto en CDAR y San Cristóbal.
- Con respecto al índice IBOCA en diciembre de 2022, para las concentraciones registradas de PM_{2.5} se observó una predominancia de la condición “moderada” en la mayoría de las estaciones, con el mayor porcentaje registrado en Las Ferias y Bolivia (93%); las concentraciones más altas de PM_{2.5} se observaron en la cuarta semana del mes.
- En el mes de diciembre de 2022 se observó una reducción notable de la precipitación para el histórico del mes, el patrón de las lluvias a nivel local se mantuvo con sus máximos hacia el oriente de la ciudad y sus mínimos al suroccidente. Las mayores precipitaciones se observaron en la estación San Cristóbal (216 mm) y en Usaquén (139 mm). En todas las estaciones de la ciudad se registró más de un día de lluvia.
- Con relación a la temperatura superficial en diciembre de 2022, se presentó una ligera disminución de la temperatura superficial del aire con respecto al mes anterior, por los flujos de calor asociados al calor latente de vaporización. San Cristóbal registró el menor valor de temperatura mensual con 13°C, Carvajal - Sevillana y Móvil 7ma tuvieron el mayor promedio mensual con 16°C, y los registros máximos horarios más altos se observaron en CDAR (26,5 °C) y Guaymaral (26,4 °C).
- En diciembre de 2022 se evidenció que predominaron los vientos provenientes del occidente y suroccidente. Las velocidades promedio mensuales más altas se observaron en Ciudad Bolívar (2,2 m/s) y Carvajal-Sevillana (2,1 m/s). Los máximos horarios se observaron hacia el oriente, sur y centro de la ciudad, en las estaciones MinAmbiente, Ciudad Bolívar, Carvajal - Sevillana, Las Ferias y CDAR.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe mensual de la Red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M3	Versión: 3

11. ANEXOS

11.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB

Tabla 2. 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	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 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: 3

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 junio de 2022 (EPA, 2022)¹. Los métodos de referencia se encuentran establecidos en el Título 40 del CFR (Code of Federal Regulations), los cuales están aprobados por la Environmental Protection Agency (EPA) de Estados Unidos. Para cada contaminante se encuentra definido un método de referencia específico, de acuerdo con el método equivalente por el cual funciona cada monitor, lo cual se encuentra establecido en los apéndices de la Parte 50 del Título 40 del CFR (LII, 2020).

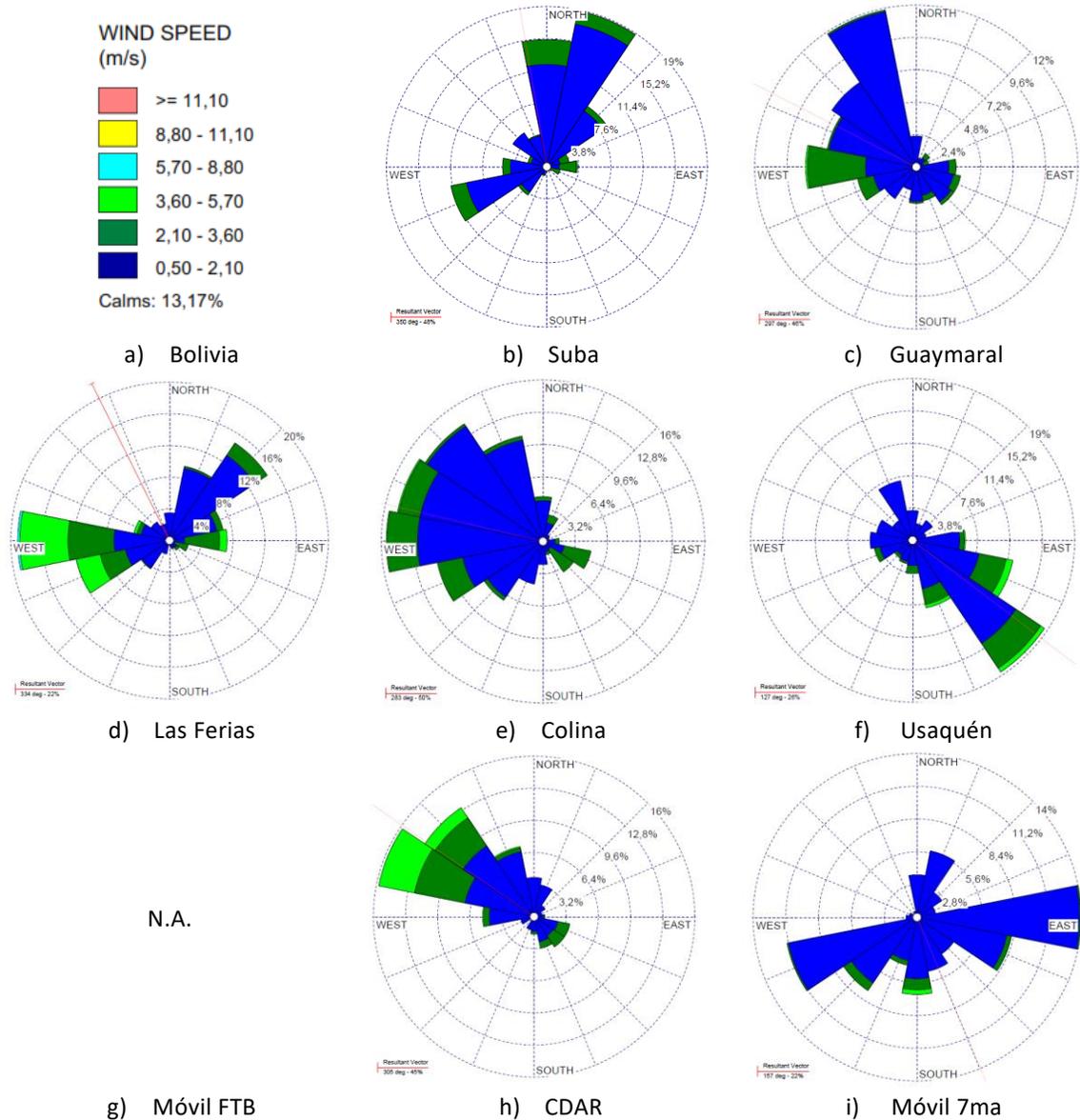
Tabla 3. Técnicas de medición automáticas de los equipos de la RMCAB, métodos equivalentes y de referencia EPA

Contaminante	Principio de Medición	Método equivalente automatizado EPA	Apéndice Parte 50 del CFR
PM ₁₀	Atenuación por Radiación Beta	EQPM-0798-122	J
		EQPM-0404-151	
PM _{2.5}	Atenuación por Radiación Beta	EQPM-0308-170	L
		EQPM-1013-211	
O ₃	Espectrofotometría de Absorción en el Ultravioleta	EQQA-0992-087	D
		EQQA-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	
SO ₂	Fluorescencia Pulsante en el Ultravioleta	EQSA-0495-100	A-1
		EQSA-0486-060	

¹ United States Environmental Protection Agency. List of Designated Reference and Equivalent Methods, December 15, 2021. https://www.epa.gov/system/files/documents/2022-06/designated_reference_and_equivalent_methods_-_06152022.pdf

11.3. ROSAS DE LOS VIENTOS

Se suministran las rosas de los vientos, las cuales presentan información adicional en cuanto a la frecuencia y magnitud de los vientos durante el mes, en las diferentes direcciones que ocurrieron, así como el vector resultante (línea roja), que representa la dirección de donde en promedio provienen los vientos en cada una de las estaciones, durante el periodo analizado. En diciembre los vientos con mayor persistencia se registraron en las estaciones San Cristóbal con un 45% de vientos del suroriente, Puente Aranda con un 32% de vientos del occidente, Jazmín con un 25% de vientos del noroccidente y Carvajal-Sevillana con un 22% de vientos del norte y del sur. Estas rosas se describen para aquellas estaciones que superaron el criterio de representatividad temporal del 75%.



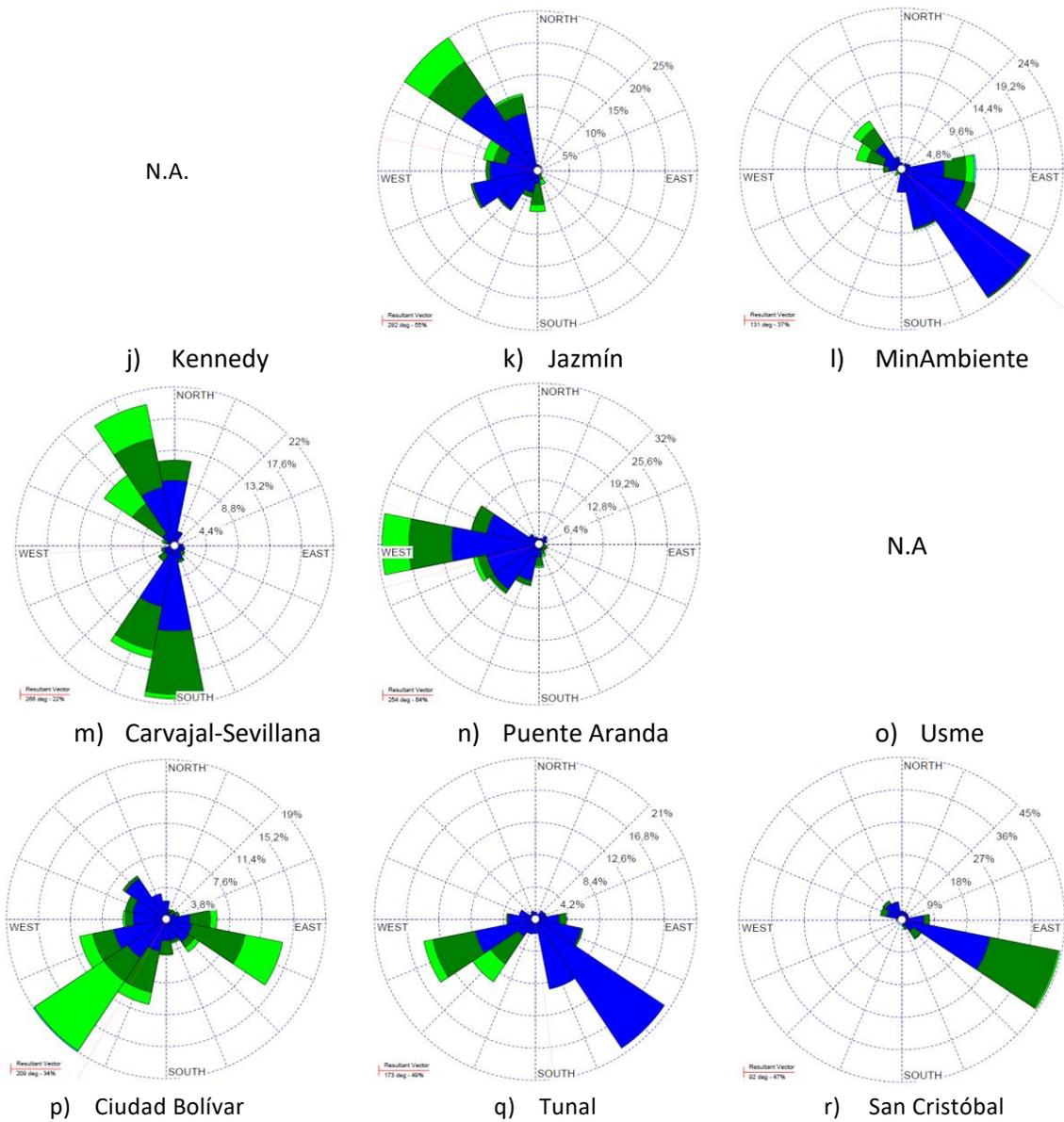


Figura 34. Rosas de los vientos – diciembre de 2022

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe mensual de la Red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M3	Versión: 3

12.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 diciembre 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 utiliza la última versión vigente cargada el aplicativo interno de la Secretaría Distrital de Ambiente - SDA “*Isolucion*”.

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe mensual de la Red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M3	Versión: 3

Tabla 4. Procedimientos Internos para la operación y calibración de equipos de la RMCAB

Código Procedimiento Interno	Nombre del Procedimiento Interno
PA10-PR02	Operación de la Red de Monitoreo y Calidad del Aire de Bogotá
PA10-PR06	Monitoreo y revisión rutinaria de la operación analizadores, monitores de partículas y sensores meteorológicos
PA10-PR03	Aseguramiento de Calidad de los Resultados emitidos por el Laboratorio Ambiental SDA

La siguiente tabla presenta los factores de conversión de unidades que deben ser aplicados a las concentraciones de los gases en partes por millón (ppm) y en partes por billón (ppb) para ser convertidos a $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente:

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

Gas	Multiplicar por	Para convertir
CO	1144,9	ppm a $\mu\text{g}/\text{m}^3$
SO ₂	2,6186	ppb a $\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO ₂	1,8804	ppb a $\mu\text{g}/\text{m}^3$
O ₃	1,9620	ppb a $\mu\text{g}/\text{m}^3$

El resultado de cada una de las conversiones se encuentra a una presión de 760 mm Hg y a una temperatura de 25°C, que son las condiciones de referencia según los términos establecidos en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de Calidad del Aire.

El factor de conversión se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\text{Factor de Conversión [ppb o ppm]} = \frac{M * P}{R * T} * \frac{1}{1000} \left[\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \text{ o } \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right] \uparrow$$

Donde:

M: masa molar del gas contaminante [g/mol]

P: presión atmosférica [Pa]

R: constante universal de los gases ideales =

T: temperatura absoluta [K]

FIN DEL INFORME

	METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN	
	Informe mensual de la Red de monitoreo de calidad del aire de Bogotá – RMCAB	
	Código: PA10-PR04-M3	Versión: 3

CONTROL DE CAMBIOS

Versión	Descripción de la Modificación	No. Acto Administrativo y fecha
2	Se cambia el orden de los capítulos. El análisis de black carbon sale del capítulo de calidad del aire y pasa a tener un capítulo independiente. Se agrega un capítulo de gestiones administrativas de la RMCAB. Se agrega un capítulo de declaraciones.	Radicado No. 2021IE189371 del 7 de septiembre del 2021.
3	Se ajusta en el contenido de los apartados: resumen ejecutivo, comportamiento temporal y espacial de las concentraciones de O3, SO2, NO2 Y CO, eventos de contaminación atmosférica. Se incluye la dirección de la Secretaría Distrital de Ambiente en la hoja de los créditos del informe. Se ajusta el código del formato en el encabezado del documento.	Radicado No. 2022IE310196 del 01 de diciembre del 2022.

Elaboró	Revisó	Aprobó
Nombre: Daissy Lizeth Zambrano Bohórquez Cargo: Profesional de análisis de datos Fecha: 27/09/2022 Nombre: Luis Álvaro Hernández González Cargo: Líder Técnico RMCAB Fecha: 29/09/2022	Nombre: Hugo Enrique Sáenz Pulido Cargo: Subdirector de Calidad del Aire, Auditiva y Visual. Fecha: 30/09/2022 Nombre: Rodrigo Alberto Manrique Forero Cargo: Director de Control Ambiental Fecha: 30/09/2022	Nombre: Julio Cesar Pulido Puerto Cargo: Subsecretario General Fecha: 01/12/2022