



Informe Mensual de Calidad del Aire de Bogotá

Diciembre 2021

Estación Ciudad Bolívar

Red de Monitoreo de Calidad del Aire de
Bogotá - RMCAB



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

BOGOTÁ
Secretaría de Ambiente

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



**ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.**

SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE

Claudia Nayibe López Hernández
Alcaldesa Mayor de Bogotá D.C.

Carolina Urrutia Vásquez
Secretaria Distrital de Ambiente

Julio Cesar Pulido Puerto
Subsecretario General y de Control
Disciplinario

Camilo Alexander Rincón Escobar
Director de Control Ambiental

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

José Hernán Garavito Calderón
Profesional Especializado RMCAB

Luis Álvaro Hernández González
Líder Técnico de la RMCAB

Ana Milena Hernández Quinchara
María Camila Buitrago Jiménez
Lady Mateus Fontecha
Profesionales Especializados del SATAB

Daissy Lizeth Zambrano Bohórquez
Eaking Ballesteros Urrutia
Edna Lizeth Montealegre Garzón
Jennyfer Montoya Quiroga
Grupo de Validación y Análisis de la RMCAB

Darío Alejandro Gómez Flechas
Henry Ospino Dávila
Luz Dary González González
Jesús Alberto Herrera Dallos
Luis Hernando Monsalve Guiza
Richard Alejandro Sánchez Serrano
Grupo de Operación de la RMCAB

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

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 2021 se tuvieron quince (15) excedencias diarias de las concentraciones de material particulado menor a 10 micras PM_{10} y once (11) excedencias de las concentraciones de material particulado menor a 2.5 micras $PM_{2.5}$. En cuanto a las concentraciones de dióxido de azufre SO_2 se registró una (1) excedencia a las concentraciones 1h, respecto al ozono O_3 , monóxido de carbono CO y dióxido de nitrógeno NO_2 no se registraron excedencias a la normatividad.

Durante el mes de diciembre se registró la influencia en el incremento de las concentraciones de contaminantes principalmente por el aumento de la actividad en la ciudad previo a los días de celebraciones navideñas y por el uso de juegos pirotécnicos en las noches y madrugadas. Asimismo, se evidenció una disminución significativa en las concentraciones de PM_{10} , $PM_{2.5}$, O_3 , NO_2 , CO y SO_2 en algunas estaciones respecto a las concentraciones registradas en noviembre.

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 media móvil de concentración. La representatividad temporal de las estaciones en este mes no se vio afectada por valores significativos de desviación estándar y/o de temperatura interna.

En cuanto a las interferencias del monitoreo, durante el mes se evidenció que en la estación Fontibón, se generan emisiones en horas de la mañana provenientes de un establecimiento que realiza la actividad del tostado de café, sin embargo, no se han percibido registros de concentraciones significativas que puedan atribuirse a influencias por dichas causas.

Por otro lado, se evidenció que la estación Móvil Fontibón puede estar influenciada en mayor magnitud por las emisiones generadas por el tráfico vehicular de la Calle 13, que se localiza aproximadamente a unos 130 m de la estación, ya que se observan aumentos de concentración en mayor magnitud en comparación a la estación Fontibón, incluso en horas de la tarde. También se puede observar una posible influencia de las emisiones de vehículos ubicados en parqueaderos en la zona de influencia de la estación.

Finalmente, como novedad durante el mes, la RMCAB cuenta con nuevas versiones de algunos procedimientos internos del grupo, por otro lado, se terminaron las calibraciones externas de los sensores de humedad y temperatura y se enviaron a calibración los equipos flujómetros de las estaciones.

Nota:

Este informe “Informe mensual de calidad del aire Diciembre 2021”, se encuentra vinculado como anexo al resumen ejecutivo del proceso No. 5381104 del Sistema de Información Ambiental FOREST de la Secretaría Distrital de Ambiente.

2. INTRODUCCIÓN

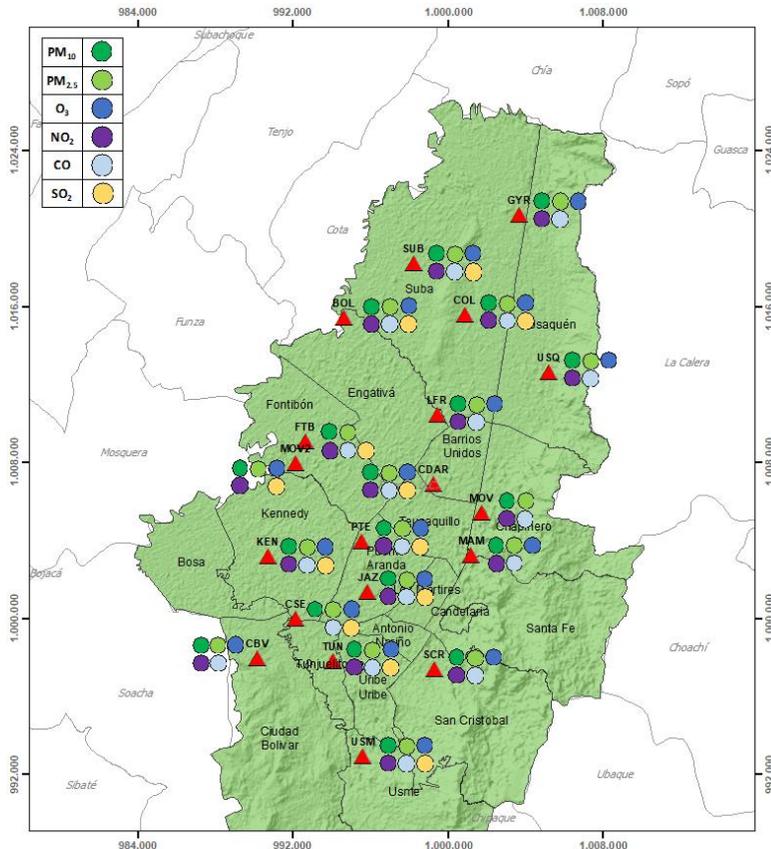


Figura 1. Estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB distribuidas a lo largo y ancho de Bogotá D.C.

La Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá - RMCAB es propiedad de la Secretaría Distrital de Ambiente - SDA desde el año 1997, la cual realiza el monitoreo de los contaminantes criterio PM_{10} , $PM_{2.5}$, O_3 , SO_2 , NO_2 y CO , y las variables meteorológicas precipitación, temperatura, presión atmosférica, radiación solar, velocidad y dirección del viento. La RMCAB está conformada en la actualidad por 19 estaciones que cuentan con sensores y analizadores automáticos, que reportan datos actualizados cada hora sobre la calidad del aire en la ciudad. Cada estación se encuentra ubicada en un lugar específico de la ciudad, atendiendo a los requerimientos definidos en la normatividad vigente (distancia a fuentes de emisión, posibles interferencias, restricciones de funcionamiento), y por lo tanto cada una registra las condiciones de una zona de influencia en la atmósfera.

Los contaminantes criterio (PM_{10} , $PM_{2.5}$, O_3 , SO_2 , NO_2 y CO) son los compuestos presentes en la atmósfera cuyos efectos en el ambiente y en la salud se han establecido a través de estudios y pruebas, por lo cual tienen unos niveles máximos establecidos para evitar dichos efectos, entre los cuales se relacionan las enfermedades respiratorias, cardiovasculares, y efectos en la visibilidad y la química atmosférica. Dichos niveles son establecidos por la Organización Mundial de la Salud, y se encuentran regulados en Colombia por la Resolución 2254 de 2017 del MADS.

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

En las estaciones de la RMCAB se realiza el monitoreo de la temperatura y la humedad al interior de las cabinas, con el fin de garantizar las condiciones ambientales necesarias para el correcto funcionamiento de los sensores y analizadores en cada estación. Para el mes de diciembre de 2021 la temperatura interna osciló entre los 20 y 30°C en la mayoría de las estaciones, sin embargo, en la estación Móvil Fontibón se registraron temperaturas de hasta 30,8°C; lo cual corresponde a variaciones de temperatura, por intervención de los equipos al interior de la cabina. 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 21,1% y 63,6% en todas las estaciones.

En la Tabla 1, se presentan las estaciones que actualmente hacen parte de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB y las siglas que se utilizan para su identificación, de esta manera se encontraran citadas las estaciones a lo largo de este documento.

Tabla 1. Nombres y siglas de las estaciones de la RMCAB

Estación	Guaymaral	Usaquén	Suba	Bolivia	Las Ferias	Centro de Alto Rendimiento	MinAmbiente	Móvil 7ma	Fontibón	Colina
Sigla	GYR	USQ	SUB	BOL	LFR	CDAR	MAM	MOV	FTB	COL
Estación	Puente Aranda	Jazmín	Kennedy	Carvajal - Sevillana	Tunal	Ciudad Bolívar	San Cristóbal	Usme	Móvil Fontibón	
Sigla	PTE	JAZ	KEN	CSE	TUN	CBV	SCR	USM	MOV2	

3. GESTIONES ADMINISTRATIVAS DE LA RMCAB

En el mes de diciembre, se aprobaron las actualizaciones trabajadas en los meses anteriores y se generaron las nuevas versiones de los procedimientos internos PA10-PR06 (versión 8) “Monitoreo y revisión rutinaria de la operación, analizadores de gases, monitores de partículas y sensores meteorológicos” y el PA10-PR05 (versión 5) “Revisión y validación de datos de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB”.

Por otro lado, en el mes se terminaron de calibrar los sensores de temperatura y humedad interna para todas las estaciones e ingresaron a calibración parte de los equipos flujómetros.

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 2021.

4.1. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE PM₁₀

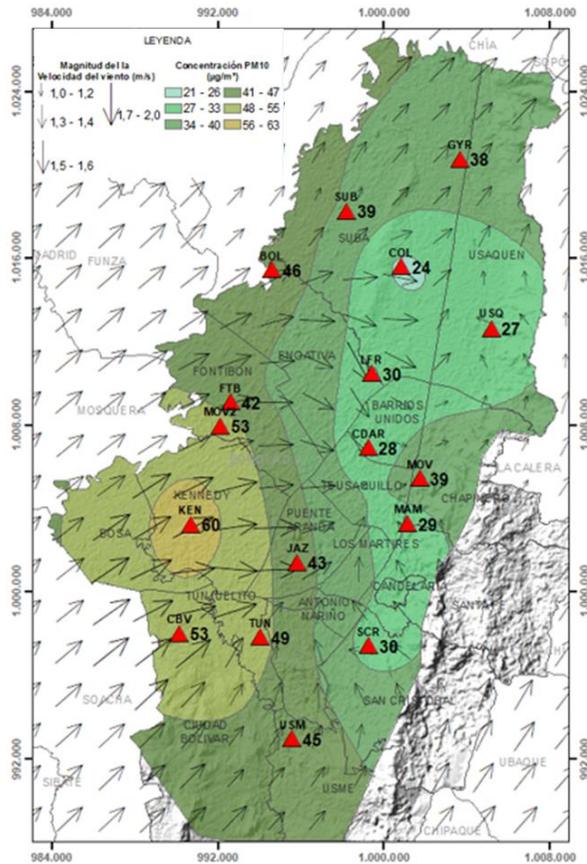


Figura 2. Distribución espacial concentraciones mensuales PM₁₀ - diciembre 2021

Las concentraciones promedio mensuales más altas se presentaron en la zona suroccidente (Kennedy - 59,6 µg/m³) y occidente (Móvil Fontibon - 53,5 µg/m³), mientras que las menores concentraciones se registraron en la zona norte (Usaquén - 26,9 µg/m³) y en la zona central (CDAR - 28,1 µg/m³). Las concentraciones máximas diarias más altas para el mes corresponden a 111,7 µg/m³ en Carvajal - Sevillana y a 83,0 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 quince (15) excedencias de las concentraciones promedio 24 horas, las cuales NO CUMPLIERON con el nivel máximo permisible de la norma de PM₁₀, cinco (5) en Carvajal-Sevillana, cuatro (4) en Kennedy, tres (3) en Ciudad Bolívar, dos (2) en Tunal y una (1) en la Móvil Fontibón. Las concentraciones restantes, CUMPLIERON con el nivel máximo permisible establecido en la norma. Las estaciones Carvajal - Sevillana (19%) y Puente Aranda (0%) no alcanzaron el 75% de representatividad temporal, en Carvajal - Sevillana debido a que no se pudieron realizar los mantenimientos rutinarios por inconvenientes con el acceso a la estación y en Puente Aranda por fallos en el monitor por lo que estuvo una parte del mes en observación operativa.

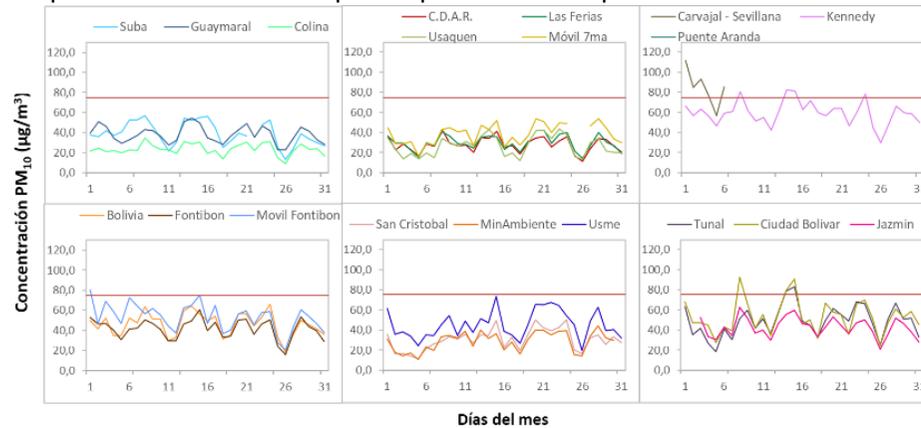


Figura 3. Concentraciones diarias PM₁₀ por estación de monitoreo – diciembre 2021

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

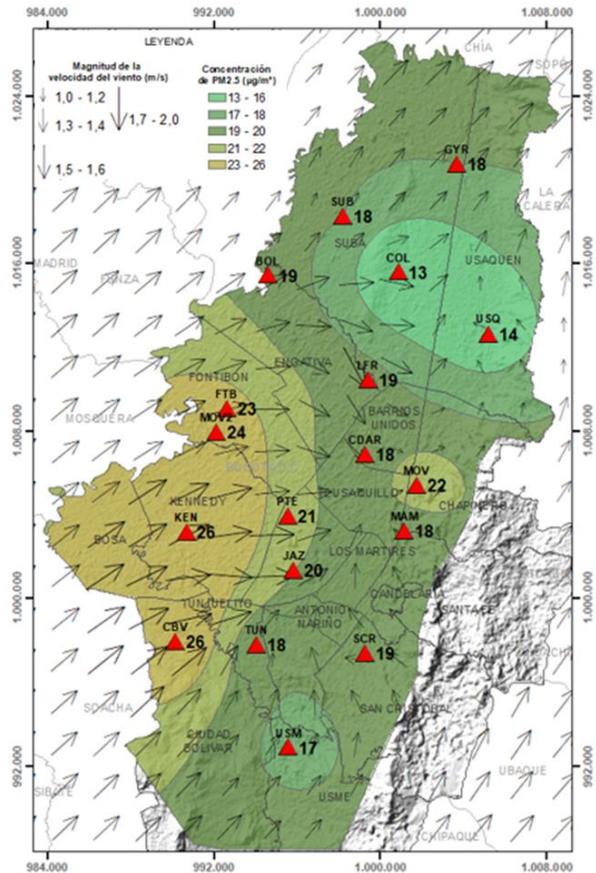


Figura 4. Distribución espacial concentraciones mensuales PM_{2.5} - diciembre 2021

En este mes, las concentraciones promedio mensuales más altas se presentaron en la zona suroccidente (Kennedy - 26,1 µg/m³, Ciudad Bolívar - 25,6 µg/m³), mientras que las menores concentraciones se registraron en la zona norte (Colina - 13,4 µg/m³) y en el suroriente (Usme - 16,5 µg/m³). Las concentraciones máximas diarias más altas para el mes corresponden a 58,2 µg/m³ en Carvajal - Sevillana y 51,6 µg/m³ en Ciudad Bolívar; estas concentraciones sobrepasaron el nivel máximo definido por la norma nacional diaria (37 µg/m³). En el mes se registraron once (11) excedencias de las concentraciones promedio 24 horas, las cuales NO CUMPLIERON con el nivel máximo permisible establecido en la norma para PM_{2.5}, cinco (5) en Carvajal-Sevillana, dos (2) en Ciudad Bolívar, dos (2) en Kennedy, una (1) en la Móvil Fontibón y una (1) en la Móvil 7ma. Las concentraciones restantes, CUMPLIERON con el nivel máximo permisible establecido en la norma. La estación Carvajal - Sevillana (19%) no alcanzó el 75% de representatividad temporal, debido a que no se pudieron realizar los mantenimientos rutinarios por inconvenientes con el acceso a la estación.

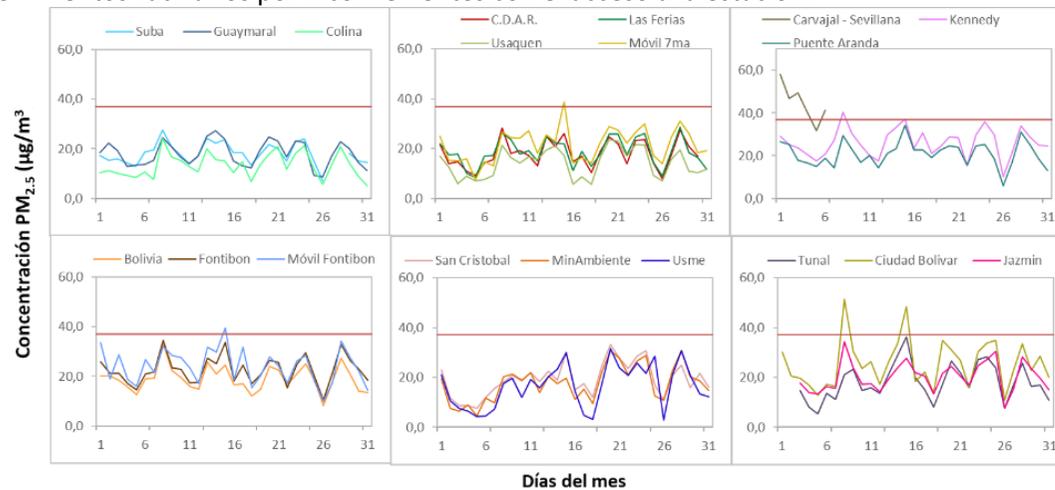


Figura 5. Concentraciones diarias PM_{2.5} por estación de monitoreo – diciembre 2021

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 2021. 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 5, 7 y 26 de diciembre. Asimismo, las concentraciones de material particulado se incrementaron los días 9, 15 y 24 de diciembre que coinciden con las bajas en la velocidad del viento. Por otro lado, los días 1, 26 y 28 presentaron precipitaciones más altas que el resto del mes, el 26 se evidencia una disminución considerable en el material particulado, la cual se acompañó de un descenso en la velocidad del viento, el 1 y el 28 aunque se presentaron cantidades significativas de precipitación, las concentraciones de material particulado aumentaron ya que como se evidencia en la gráfica, las velocidades del viento fueron bajas.

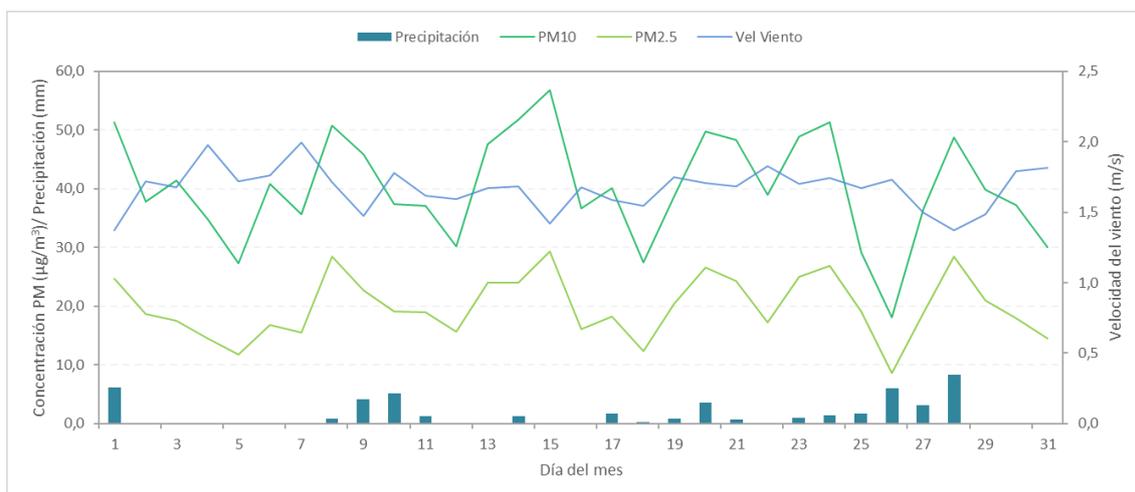


Figura 6. Promedio de concentración PM₁₀ y PM_{2.5}, precipitación y velocidad del viento a nivel ciudad - diciembre 2021

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 las Figuras 13 y 14, se observa la comparación del comportamiento horario durante el mes de diciembre de 2021 de la altura de la capa de mezcla, las concentraciones de PM_{2.5} y la velocidad del viento en la estación Tunal, este análisis también se realiza con los datos que se obtienen en la estación Guaymaral, sin embargo, durante el mes el sensor de velocidad del viento de dicha estación presentó fallos por lo que entro en mantenimiento operativo lo cual dificultó el cálculo de altura de capa de mezcla en la estación.

Se puede evidenciar que los registros más bajos de altura de la capa de mezcla coinciden con incrementos de la concentración de material particulado, debido a que hay un volumen menor de aire para la dispersión del contaminante, lo cual ocurre principalmente en las madrugadas cuando la temperatura del aire es más baja, la velocidad del viento también es más baja y la atmósfera más estable. Como ejemplo de lo anterior, este comportamiento se observa en la Figura 7 correspondiente a la estación Tunal el 2, el 14 y el 25 de diciembre.

TUNAL

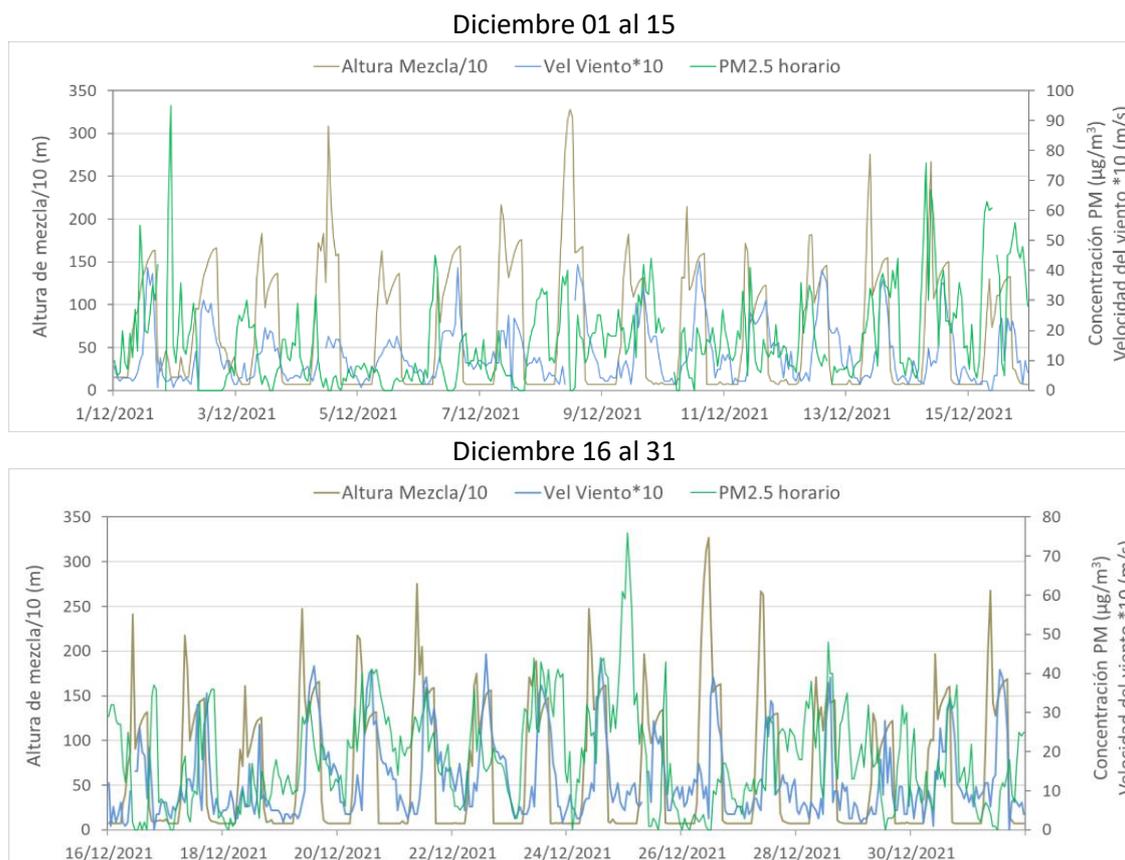


Figura 7. Comparación altura de mezcla, concentraciones PM_{2.5} y velocidad del viento estación Tunal - diciembre 2021

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

En la Figura 8 se observan las concentraciones promedio mensuales registradas en las estaciones de la RMCAB para el mes de diciembre 2021; los valores promedio más altos de SO₂, NO₂ y CO, gases asociados a la combustión fueron registrados en la estación Carvajal-Sevillana, mientras que el promedio más alto de O₃ se evidenció en la estación Usaquén, siendo las zonas suroccidente y norte de la ciudad las que tuvieron los niveles más elevados de gases criterio en el mes.

Por otro lado, se registró únicamente una (1) excedencia de las concentraciones promedio 1 hora, la cual NO CUMPLIÓ con el nivel máximo permisible establecido para SO_2 de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Las demás concentraciones CUMPLIERON con los niveles máximos permisibles establecidos en la Resolución 2254 de 2017, toda vez que no se registraron excedencias en: SO_2 : $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para datos 24h, NO_2 : $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para datos 1 hora, CO : $35000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para datos 1 hora y CO : $5000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para datos 8 horas y O_3 : $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para datos 8 horas.

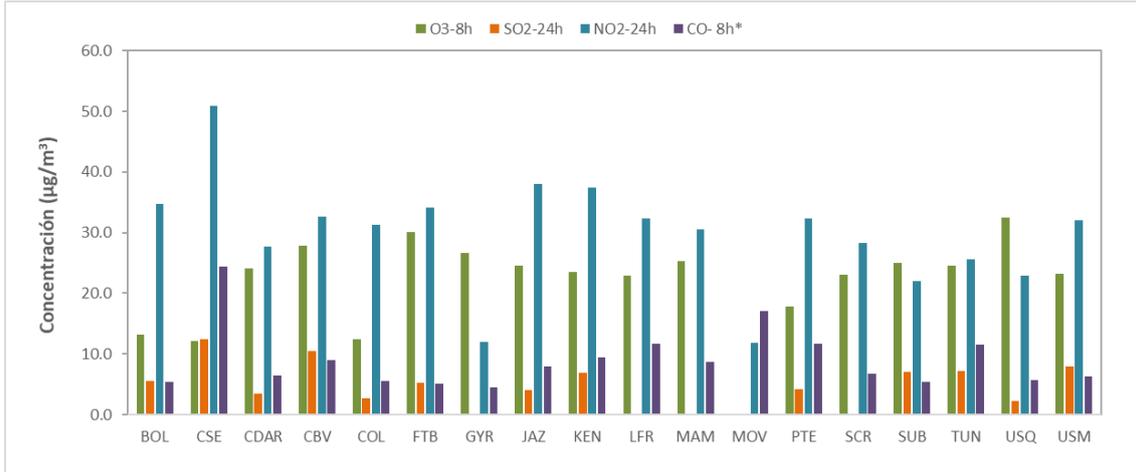


Figura 8. Concentraciones mensuales de gases (O_3 , SO_2 , NO_2 y CO) por estación de monitoreo - diciembre 2021

*Las concentraciones promedio mensuales de Monóxido de Carbono (CO), están divididas por 100 con el fin de ajustar la escala a las concentraciones de los demás contaminantes.

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

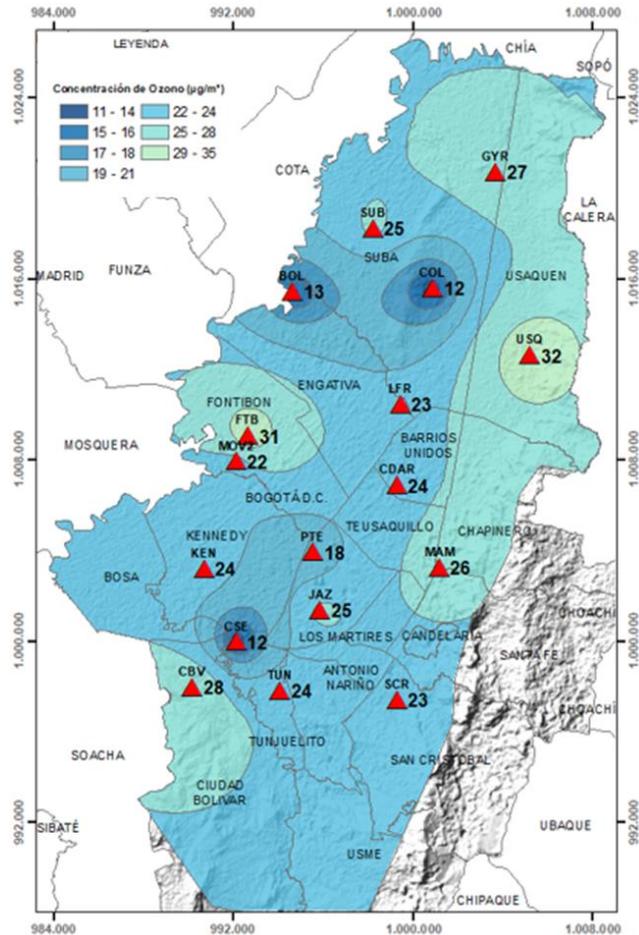


Figura 9. Distribución espacial concentraciones mensuales O₃ - diciembre 2021

En el mapa de la Figura 9, se representa la distribución espacial de las concentraciones promedio mensuales de O₃ con base en datos media móvil 8 horas para el mes de diciembre de 2021. Se observa que las concentraciones más altas predominan en las zonas norte y occidente de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Usaquén y Fontibón. Por otro lado, las concentraciones más bajas se evidencian en la zona occidental, norte y sur occidental de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Bolivia, Colina y Carvajal – Sevillana.

No alcanzó el 75% de representatividad temporal la estación Usme (64%) ya que se presentaron datos atípicos que se invalidaron, por lo que el analizador estuvo en observación operativa.

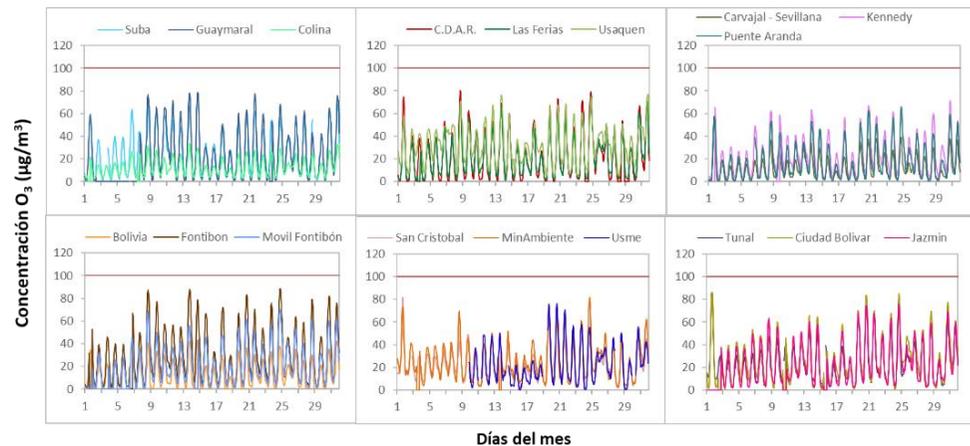
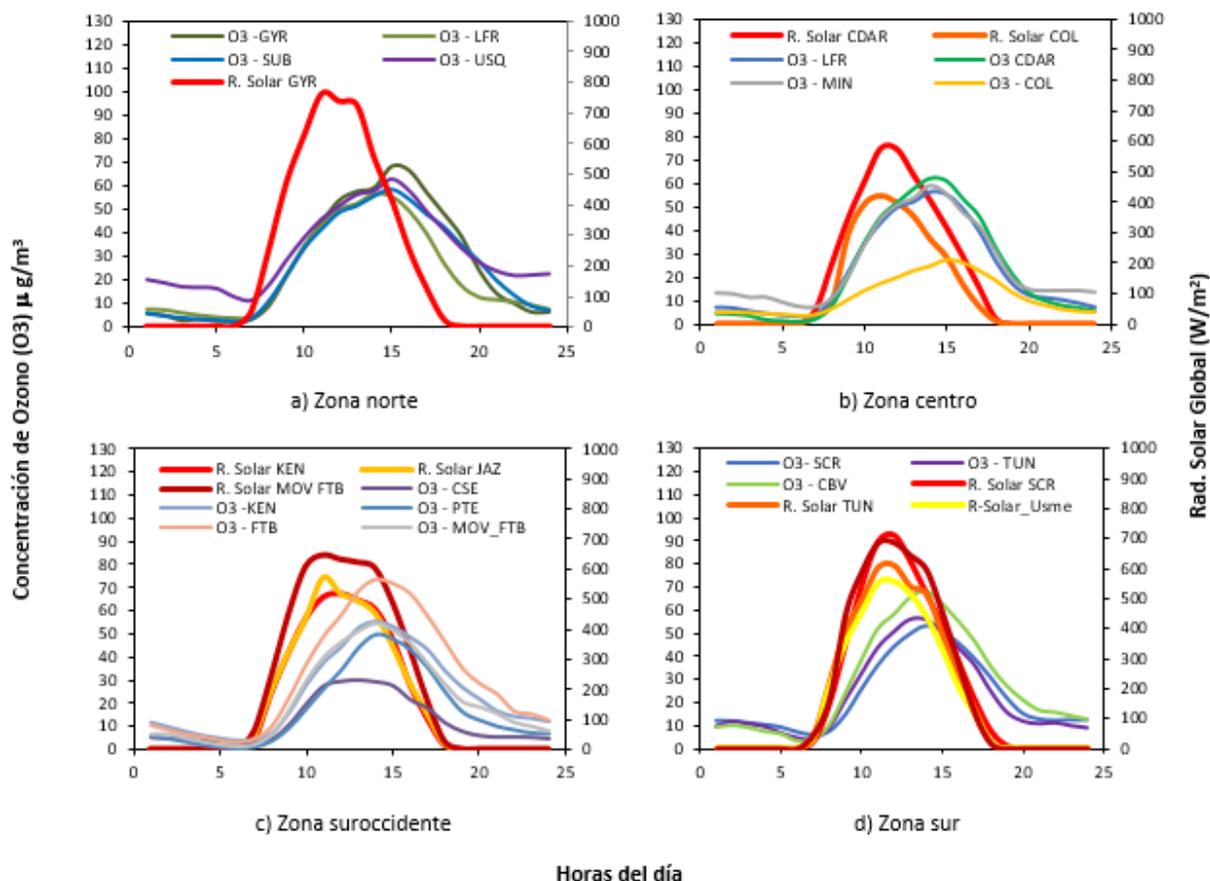


Figura 10. Concentraciones diarias O₃ por estación de monitoreo – diciembre 2021

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



De manera semejante al mes anterior, hacia el norte de la ciudad se presentaron las mayores cantidades de radiación solar entrantes. Como se puede apreciar en la Figura 11 a), al norte de la ciudad los acumulados máximos medios mensuales de radiación se estimaron en $762 \text{ W}/\text{m}^2$ en la hora de mayor incidencia. En la zona sur y suroccidente los valores máximos medios horarios mensuales fluctuaron de entre 650 a $680 \text{ W}/\text{m}^2$. Así mismo, las concentraciones de ozono asociadas a las cantidades de radiación entrantes se hicieron notables con valores de hasta $68 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el norte, cómo se registró en la estación de Guaymaral; al sur occidente de la ciudad las concentraciones de ozono alcanzaron valores de $73,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación de Fontibón (Figura 11.) De las concentraciones presentadas hacia el occidente de la ciudad se puede inferir que, por la predominancia de los vientos, pudo haberse presentado transporte de fuentes externas toda vez que las cantidades de radiación entrantes fueron inferiores en la zona norte.

Figura 11. 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) - diciembre 2021. a) zona norte, b) zona centro, c) zona suroccidente y d) zona sur

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

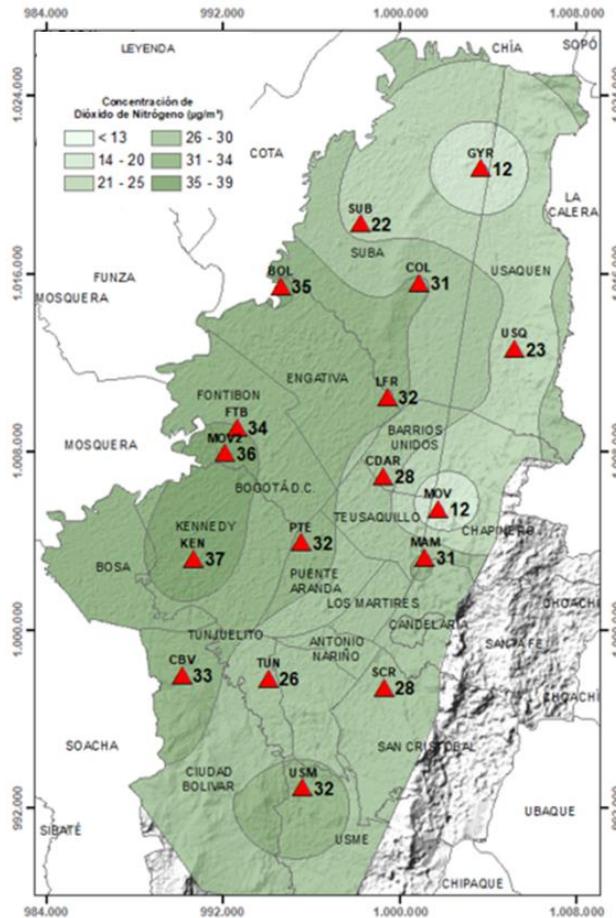


Figura 14. Distribución espacial concentraciones mensuales NO₂ - diciembre 2021

En el mapa de la Figura 14 se representa la distribución espacial de las concentraciones promedio mensuales de NO₂ para el mes de diciembre de 2021. Se observa que las concentraciones más altas predominan en las zonas suroccidental y occidental de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Kennedy y Móvil Fontibón.

Por otro lado, las concentraciones más bajas se evidencian en la zona norte, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Móvil 7ma y Guaymaral. No alcanzaron el 75% de representatividad temporal las estaciones Jazmín (42%) y Carvajal – Sevillana (16%), ya que se presentaron datos atípicos que se invalidaron, por lo que los analizadores estuvieron en observación operativa.

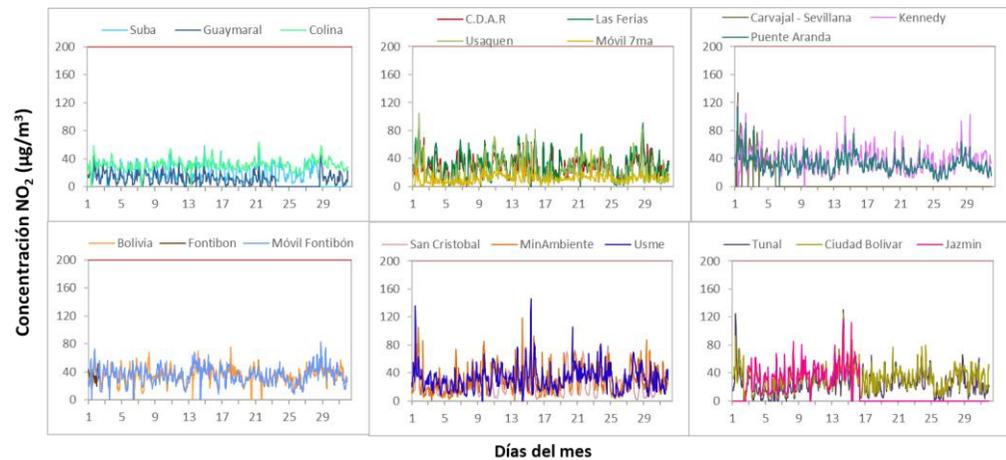


Figura 15. Concentraciones diarias NO₂ por estación de monitoreo – diciembre 2021

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

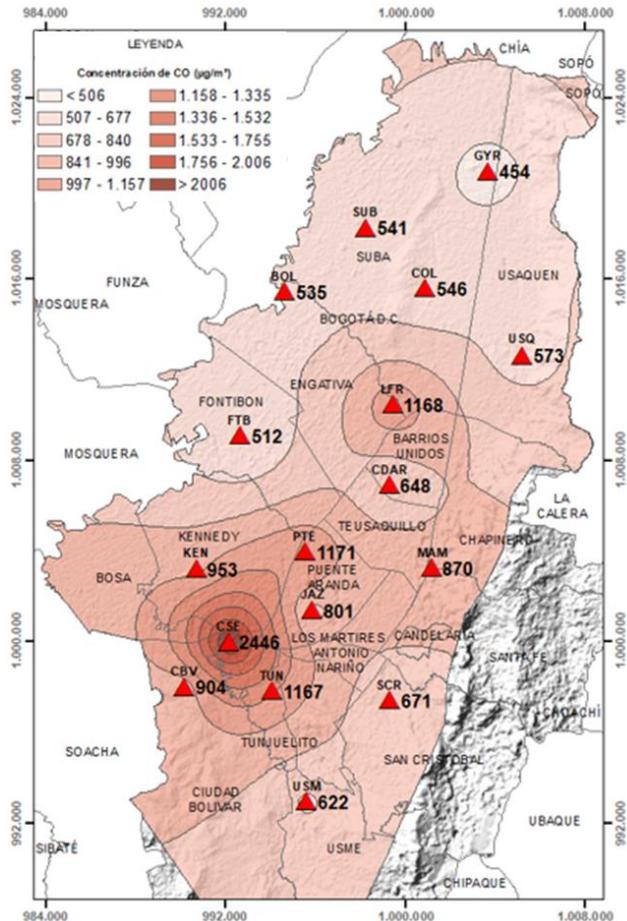


Figura 16. Distribución espacial concentraciones mensuales CO - diciembre 2021

En el mapa de la Figura 16 se representa la distribución espacial de las concentraciones promedio mensuales de CO con base en datos media móvil 8 horas para el mes de diciembre de 2021. Se observa que las concentraciones más altas predominan en la zona suroccidental de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Carvajal - Sevillana y Puente Aranda.

Por otro lado, las concentraciones más bajas se evidencian en las zonas norte y occidental, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Guaymaral y Fontibón. No alcanzó el 75% de representatividad temporal la estación Móvil 7ma (52%), ya que se presentaron datos atípicos que se invalidaron.

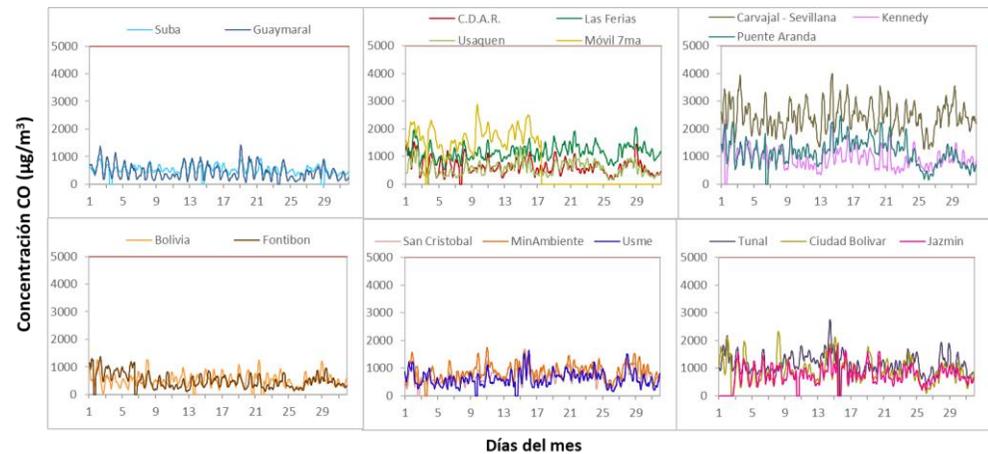


Figura 17. Concentraciones octohorarias CO por estación de monitoreo – diciembre 2021

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

6. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LAS CONCENTRACIONES DE BLACK CARBON

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

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

Este equipo es una herramienta importante para la distribución de fuentes de aerosoles carbonosos, por ello cuando se utilizan métodos de absorción óptica para la medición de BC, se debe utilizar el término “Black Carbon equivalente” (BCe), que corresponde a la longitud de onda de 880 nm, por lo que a continuación se presenta un análisis de los datos del contaminante usando esta definición.

Las estaciones que presentan una captura de datos menor al 75% son aquellas en las que se han presentado dificultades para acceder a la estación a realizar las labores de mantenimiento preventivo y correctivo; en este caso, durante este mes la estación de Carvajal – Sevillana no registra una captura de datos, debido a que se han presentado problemas de ingreso a la estación para realizar las labores de mantenimiento correctivo.

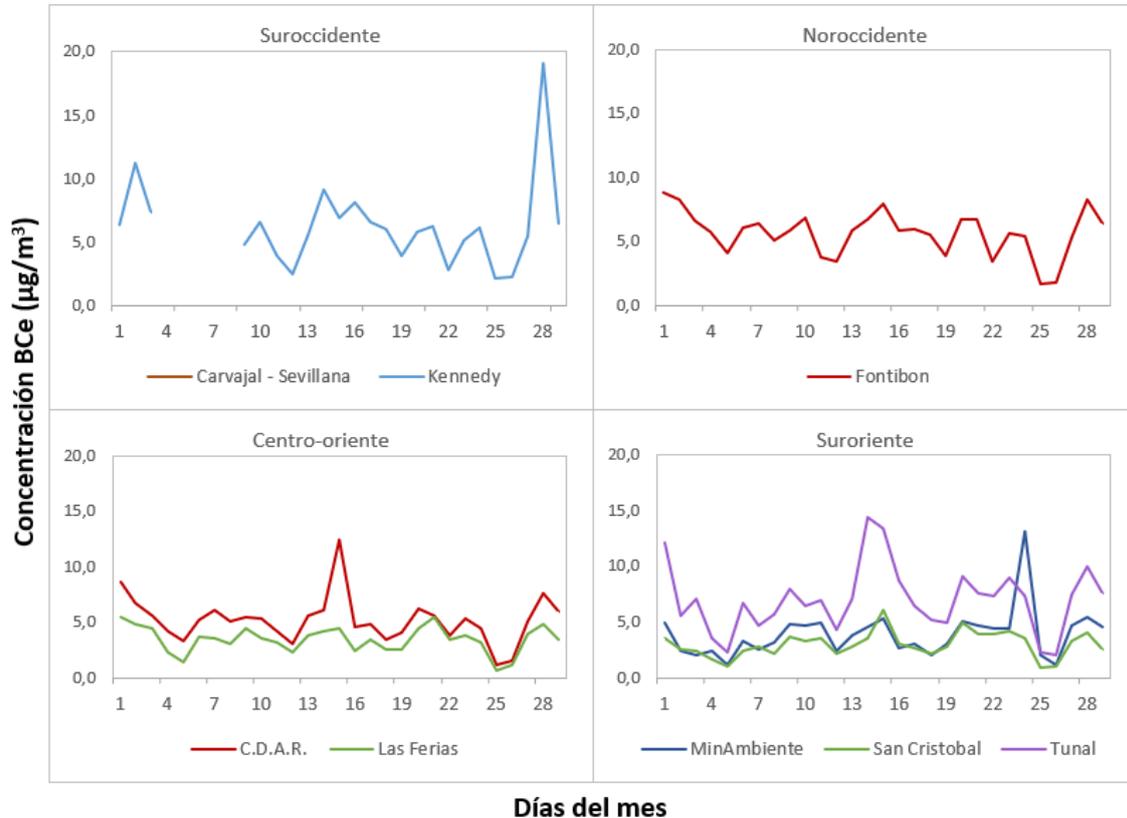


Figura 18. Comportamiento de las concentraciones diarias de BCe para diciembre de 2021

La Figura 18 presenta la serie temporal de las concentraciones diarias (24h) de BCe para las estaciones ubicadas en cada zona de la ciudad. En la zona suroccidental, se presentaron las mayores concentraciones, especialmente en las estaciones Kennedy y Fontibón, la concentración es consistentemente cercana a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante todo el mes, en donde se registró un valor máximo durante la última semana con $19,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación de Kennedy. Por otro lado, las estaciones de Centro de Alto Rendimiento y Tunal registran altas concentraciones de BCe superiores a los $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante la segunda semana del mes.

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

Para el cálculo del BC biomasa se aplicó la metodología propuesta por Sandradewi (2008) el cual toma las mediciones de longitudes de onda para calcular un porcentaje de BC proveniente de la biomasa. Como valor indicativo de la quema de biomasa se optó por tomar datos satelitales del sensor MODIS, el cual capta las áreas quemadas caracterizadas por depósitos de carbón y cenizas, remoción de vegetación y alteración de la estructura vegetal. Es por eso que varios estudios han registrado el transporte de las plumas de quema de biomasa, que varían entre cientos y hasta miles de kilómetros, es por ello que se seleccionó un dominio en el Norte de Suramérica (NSA) para el análisis de incendios activos.

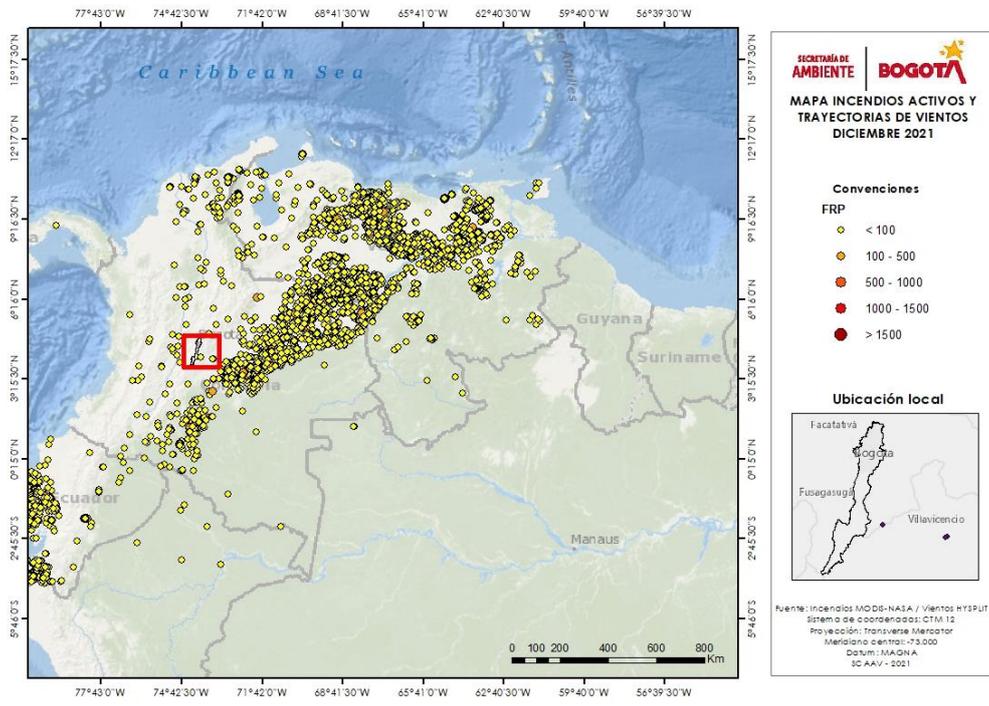


Figura 19. Distribución espacial de incendios activos identificados por el sensor MODIS en el mes de diciembre 2021

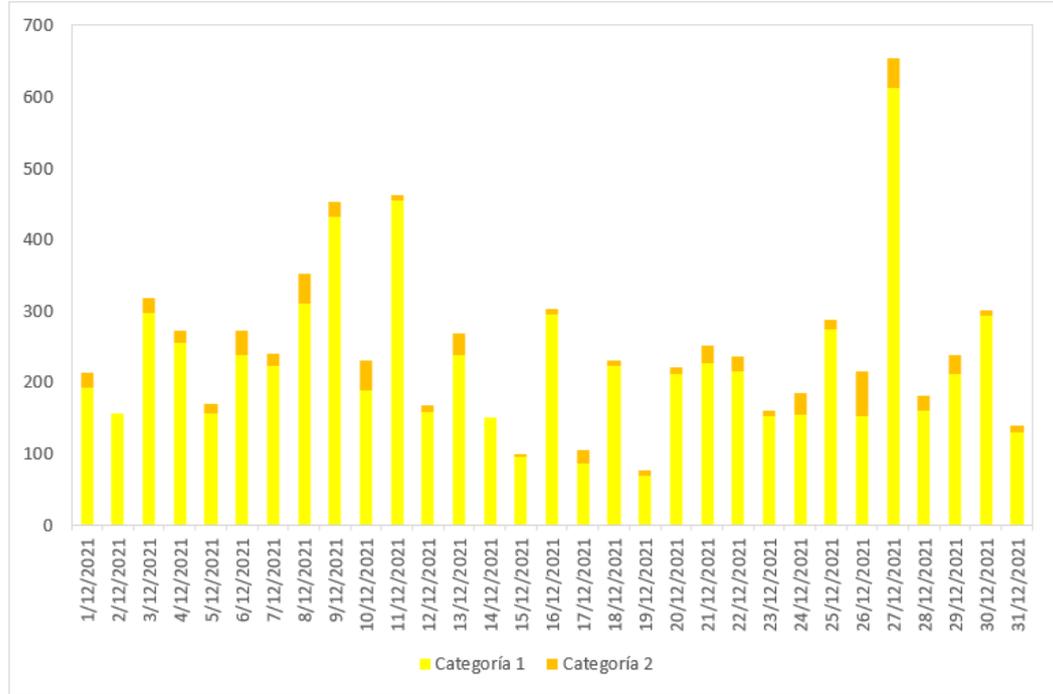


Figura 20. Número de eventos o puntos calientes identificados por el sensor MODIS en el mes de diciembre 2021

En la Figura 19 se muestra la distribución espacial de incendios activos detectados por el sensor MODIS durante el mes de diciembre 2021, 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, y la categoría 3 son los incendios

con un FPR entre 500 y 100. Durante el mes analizado se censaron incendios, que en su mayoría se encuentran clasificados en la categoría 1 (7011) y en la categoría 2 (606), los días 9, 11 y 27 del mes se caracterizaron por registrar una mayor cantidad de incendios correspondientes a 432, 455 y 612, respectivamente (Figura 20).

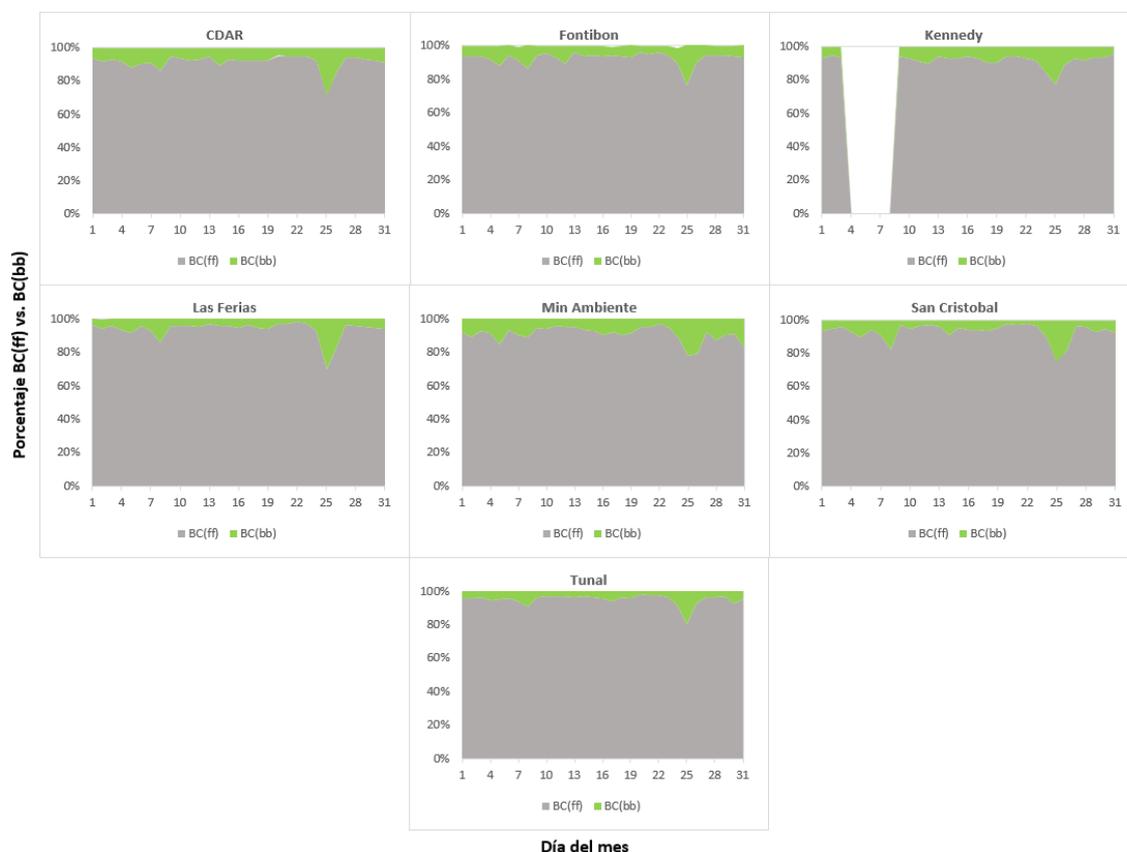


Figura 21. Serie temporal porcentaje de quema Black Carbon de combustibles fósiles BC(ff) vs. Black Carbon de quema de biomasa BC(bb) - diciembre 2021

La Figura 21 muestra el comportamiento temporal del mes de diciembre de 2021 de Black Carbon por quema de biomasa BC(bb) comparados con el porcentaje de Black Carbon de combustibles fósiles BC(ff). De acuerdo con esta grafica se puede apreciar que el mayor porcentaje de BC que se encuentra en la atmosfera es proveniente de la quema de combustibles fósiles emitido por las fuentes fijas y fuentes móviles de la ciudad.

Las estaciones que presentan una mayor predominancia de porcentaje de Black Carbon por quema de combustibles fósiles son Fontibón, Kennedy y Las Ferias; por otro lado, se evidencia que todas las estaciones presentaron dos incrementos en el porcentaje de quema de biomasa durante el mismo periodo de tiempo, en donde la primera semana del mes entre los días 7 y 8 este incremento fue entre el 10 y el 20%, y durante tercera semana, específicamente el día 25 fue entre el 10 y el 30%, lo cual coincide con el mayor número de incendios registrados en la Figura 20.

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

El Índice Bogotano de Calidad de Aire y Riesgo en Salud, IBOCA, adoptado mediante la Resolución Conjunta 868 de abril de 2021, es un indicador multipropósito adimensional en una escala de 0 a 500, calculado a partir de las concentraciones de contaminantes atmosféricos que indica el estado de la calidad del aire que se basa en el contaminante que presenta la mayor afectación a la salud en un tiempo de exposición determinado, sin embargo, puede ser calculada para cada contaminante prioritario con el fin de establecer su importancia en términos de afectación.



Figura 22. IBOCA para PM₁₀ por estación - diciembre 2021

La Figura 22 muestra el comportamiento del IBOCA para los promedios móviles de las concentraciones 24 horas de PM₁₀ por estación de monitoreo registrados en el mes de diciembre 2021. Se observa que la condición “favorable” predominó en la mayoría las estaciones, representando un 100% del tiempo en las estaciones Centro de Alto Rendimiento, Colina, Las Ferias, MinAmbiente, San Cristóbal y Usaquén. En las estaciones del occidente y suroccidente de la ciudad se observó un porcentaje notable de la condición “moderada”, que se mantuvo entre el 22 y el 77% del mes.

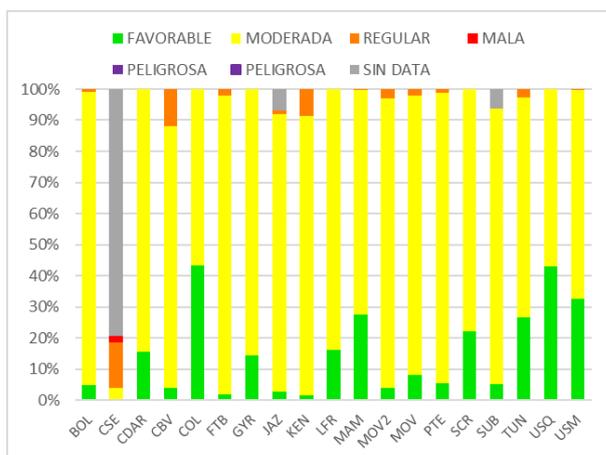


Figura 23. IBOCA para PM_{2.5} por estación - diciembre 2021

La Figura 21 muestra el comportamiento del IBOCA para los promedios móviles de las concentraciones 24 horas de PM_{2.5} en cada estación de monitoreo. Se observa que en el mes de diciembre 2021 predominó la condición “moderada” en todas las estaciones, entre un 57 y 94% del mes, en las estaciones Ciudad Bolívar y Kennedy se registró además la condición “regular” en un 15 y 12% del mes respectivamente. La estación Carvajal-Sevillana registró un 2% del tiempo la condición “mala”, aunque la estación solo registró datos durante el 20% del mes, debido a un fallo del equipo.

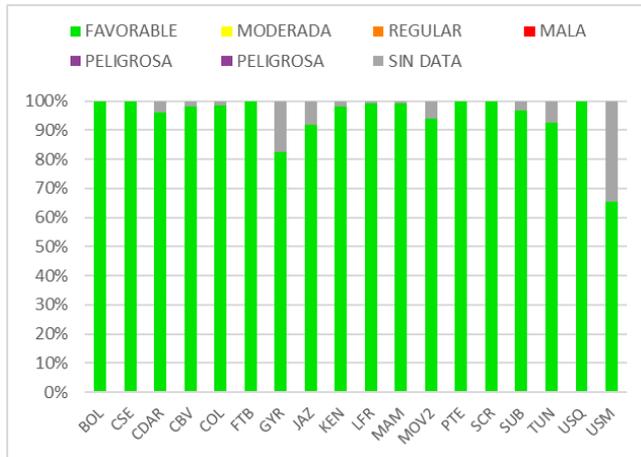


Figura 24. IBOCA para O3 por estación - diciembre 2021

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 2021. Se observa que la categoría “favorable” predomina durante todo el mes en las estaciones de la RMCAB, con porcentajes de tiempo entre el 65 y el 100%. La estación Usme tuvo el porcentaje más bajo de datos válidos, con 65% en el 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 2021. Se observa que las estaciones del sur de la ciudad registraron las concentraciones más altas, con predominancia de la condición “moderada” durante la mayor parte del mes, y varias horas en la condición “regular”, principalmente los días 8, 16, y 25 de diciembre. Estos días coinciden con las festividades navideñas, en las cuales hubo mayor circulación de vehículos en los días previos y juegos pirotécnicos, lo que incidió en el aumento del material particulado.

En las demás estaciones de la ciudad se observó un comportamiento similar al de la zona suroccidental, con predominancia de la condición “moderada” la mayor parte del mes. Solo en algunas horas se observó la condición “regular” hacia mediados del mes.

Además del aporte del incremento de la actividad de los vehículos y los juegos pirotécnicos, se observó una influencia de la precipitación en la reducción de las concentraciones, principalmente el día 27 de diciembre. Se registraron otras precipitaciones entre el 09 y el 11 de diciembre, sin embargo, no influyeron notablemente en las concentraciones de PM_{2.5}, ya que se mantuvieron en valores similares durante estos días.



SECRETARÍA DE
AMBIENTE

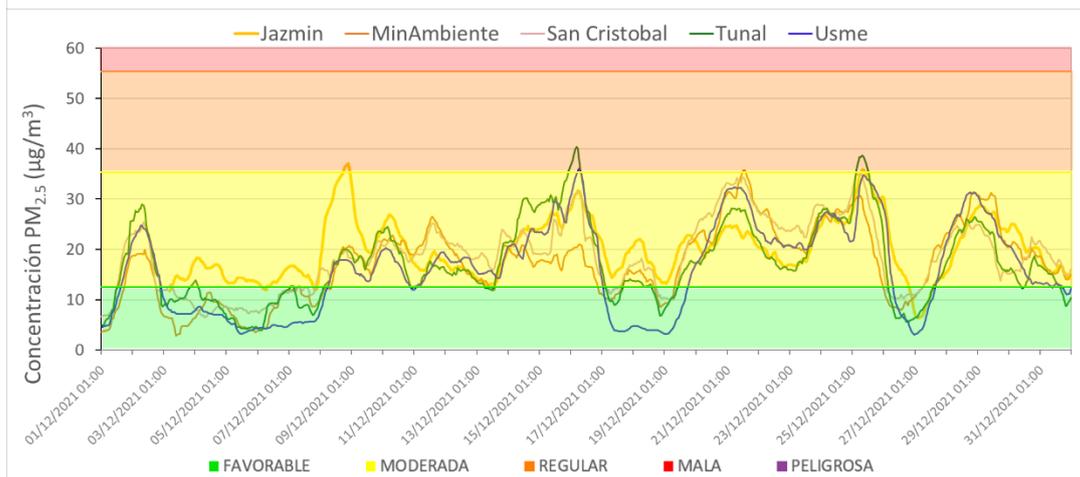
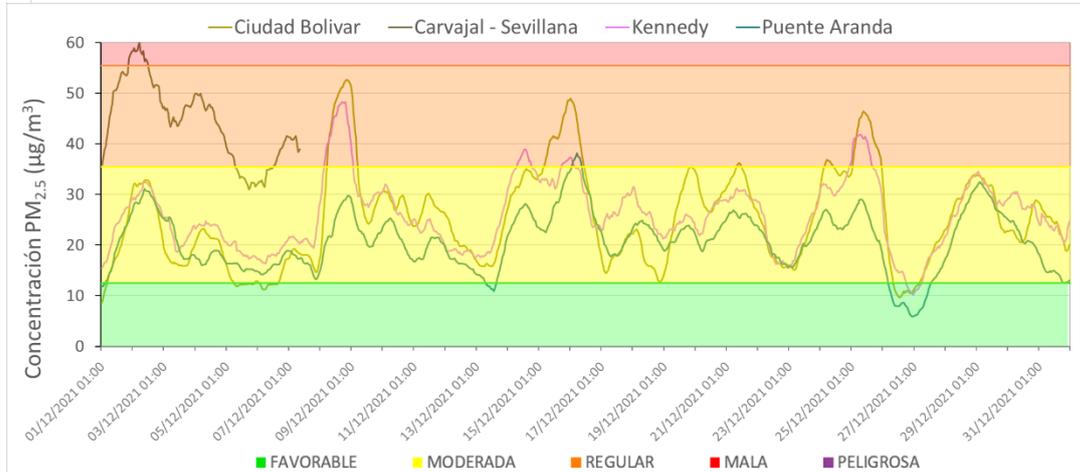
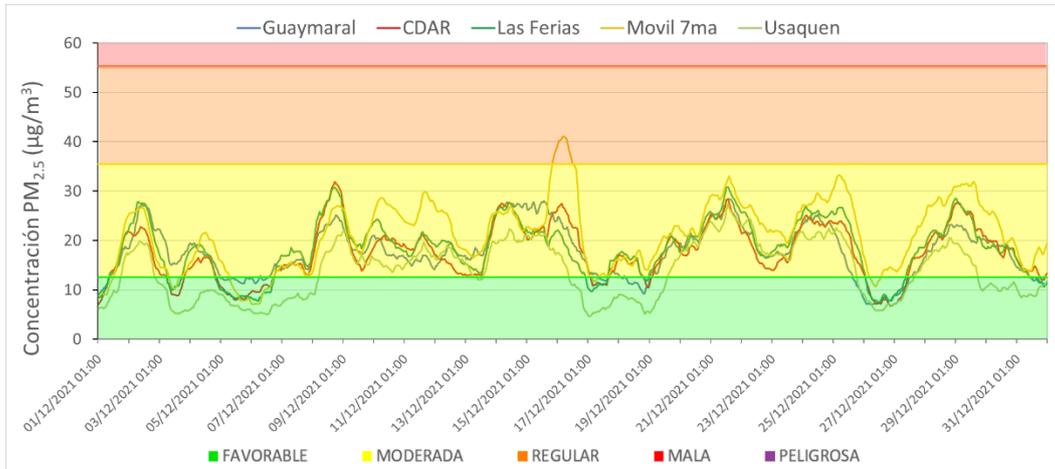


METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN

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

Código: PA10-PR04-M2

Versión: 2



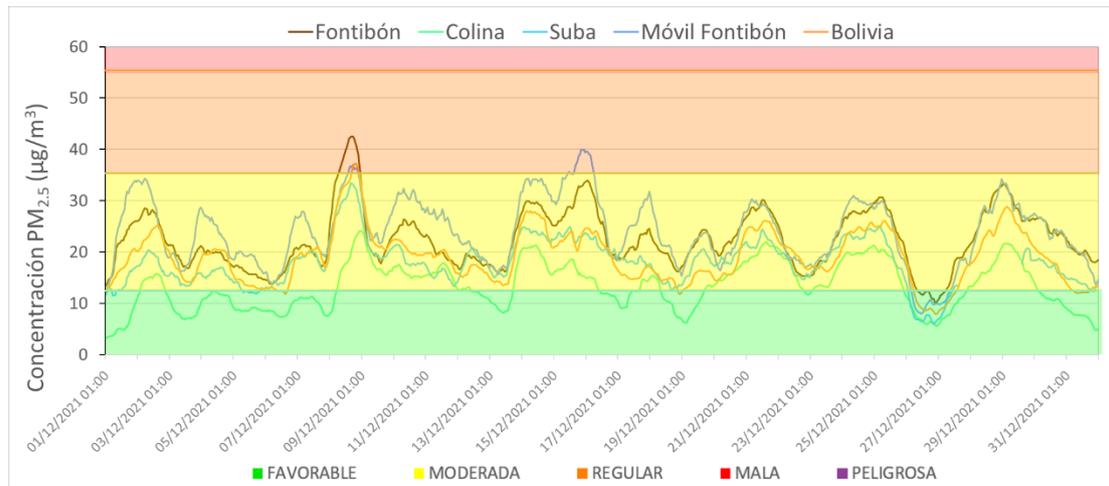


Figura 25. Concentraciones media móvil 24 h $PM_{2.5}$ diciembre 2021

En la Figura 26 se puede observar el comportamiento de la contaminación atmosférica en la mañana y la tarde del día 06 de diciembre en la zona occidental de la ciudad, que corresponde al lunes de la segunda semana del mes. Se observó una mayor nubosidad en las tardes, pero en algunas mañanas el cielo se observó bastante despejado, en las que se podía evidenciar el fenómeno de inversión térmica, y, por lo tanto, incrementos en las concentraciones de contaminantes.

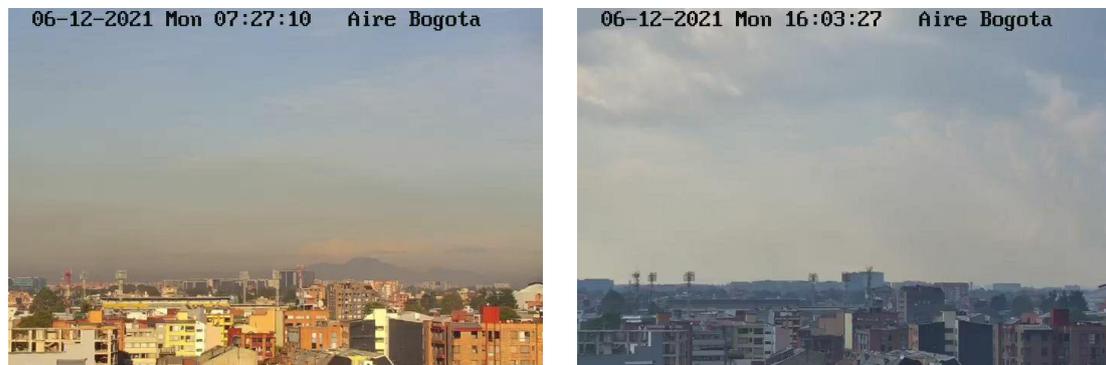


Figura 26. Fotografía del occidente de la ciudad mañana y tarde. Diciembre 06 de 2021

9. COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS

En este capítulo se describe el comportamiento general de las variables meteorológicas durante el mes de diciembre 2021, el cual incide directamente en la variabilidad de la concentración de contaminantes criterio en el Distrito Capital.

9.1. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LA PRECIPITACIÓN

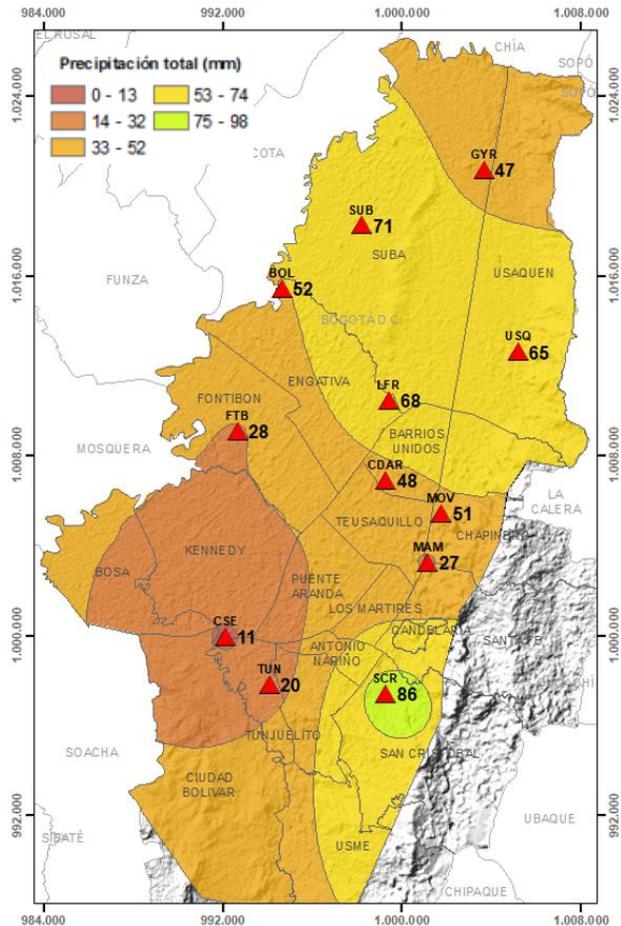


Figura 27. Mapa de la precipitación mensual total (mm) - diciembre 2021

Con el ciclo estacional de las lluvias durante el año, es normal que durante el mes de diciembre de 2021 se presente la transición hacia el primer período seco del año siguiente, de allí que se observe una reducción en la cantidad agua precipitada en toda la ciudad. No obstante, el sector sur occidental se registraron los menores acumulados de lluvia, mientras que hacia el sur oriente, en la estación San Cristóbal, se presentaron los mayores acumulados mensuales al igual que en la franja del nororiente que conecta con el noroccidente de la ciudad. (Figura 27). A diferencia de diciembre de 2020 la contribución de las lluvias en la reducción de las concentraciones de contaminantes se redujo; esto en virtud de que en diciembre de 2020 se incrementaron las lluvias por el episodio de La Niña. Ver Figura 27 y Figura 28.

En la Figura 27 se describe el número de días con lluvia frente a los totales mensuales. Se puede observar que, en la mayoría de las estaciones, el número de días con lluvia estuvo por debajo de los 12 días, salvo las estaciones de CDAR, Bolivia, Guaymaral y Usaquén que superaron los 16 días con lluvia; no obstante, el total acumulado en cada una de estas da cuenta de que dichas lluvias fueron de baja intensidad si se comparan con el total acumulado de la estación de San Cristóbal, donde el número de días con lluvia fue menor que en las estaciones antes referidas.

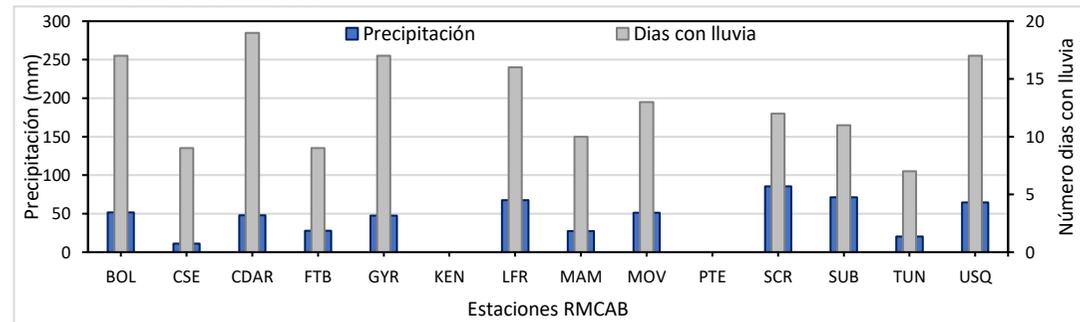


Figura 28. Precipitación media mensual y número de días con precipitación - diciembre 2021

9.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LA TEMPERATURA

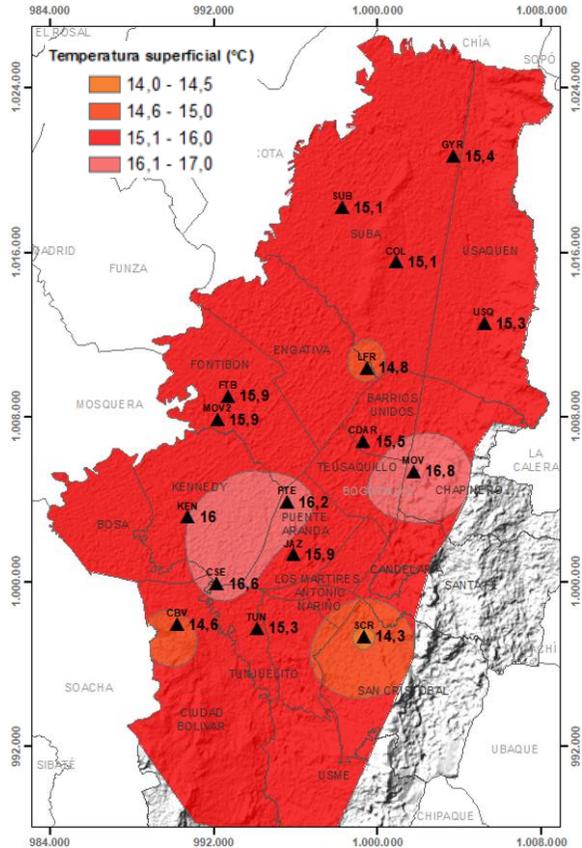


Figura 29. Mapa del promedio de temperatura superficial de las estaciones de la RMCAB con base en el método de interpolación de Kriging – diciembre 2021

Con la reducción de las lluvias durante el mes de diciembre, la temperatura del aire en superficie evidenció un incremento generalizado y particularmente en el centro oriente y el sur occidente de la ciudad. Cabe anotar que este incremento fue mayor que las temperaturas superficiales del aire ambiente para el mismo mes de 2020. Ver Figura 29.

Las temperaturas máximas absolutas se registraron en las estaciones Tunal (26,6 °C), Kennedy (25,6 °C), Móvil 7ma, (25,6 °C), Guaymaral (25,2 °C) y Carvajal-Sevillana (25,1 °C) y CDAR (25,5 °C). Las mínimas absolutas se presentaron en las estaciones Tunal (3,5 °C), CDAR (6,0 °C), Guaymaral (6,2 °C) y Suba (5,6 °C). Ver Figura 30.

Las mayores amplitudes térmicas del mes se presentaron hacia los sectores de Tunal, CDAR, y Guaymaral, en orden de importancia. Dicha expansión incrementa la capacidad de mezclado de la capa límite por convección térmica, y con ello la dispersión de contaminantes en las zonas tropicales.

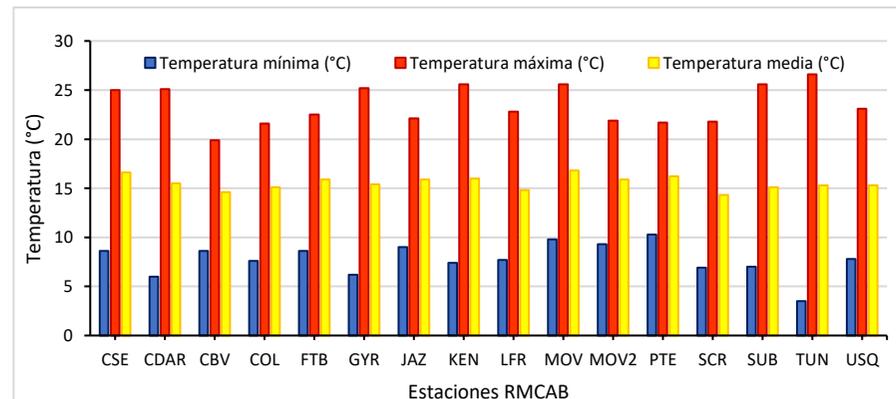


Figura 30. Temperaturas medias, máximas y mínimas absolutas por estación - diciembre 2021

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

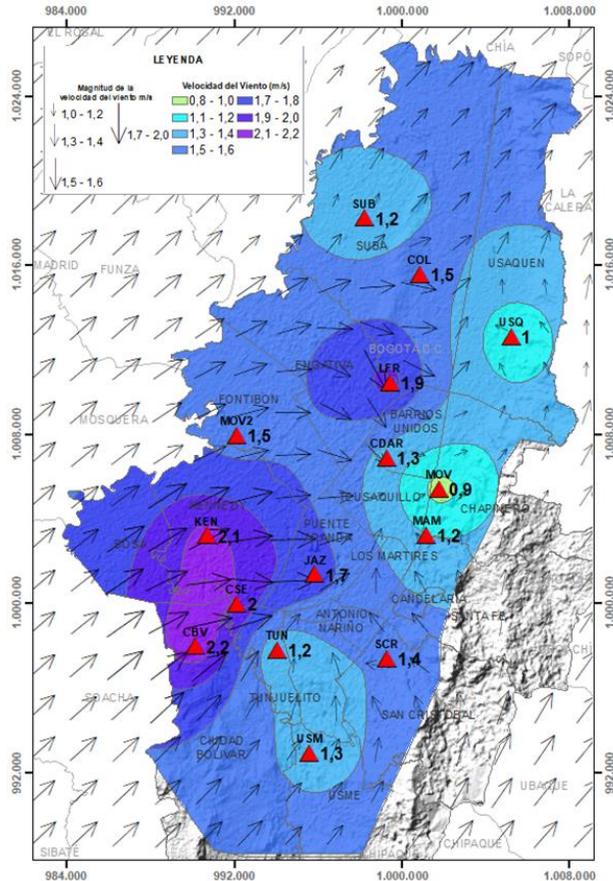


Figura 31. Velocidad promedio (Superficie en colores) y Dirección promedio (Vectores) del Viento de Bogotá con base en la interpolación de Kriging - diciembre 2021

Como en los dos meses previos, en diciembre continuaron predominando los vientos del occidente y suroccidente en el borde occidental de la ciudad debido al debilitamiento de los vientos alisios del suroriente. Este patrón de flujo hace favorable no solo la formación de nubes y consecuente precipitación, bajo condiciones de estabilidad propicias, sino la introducción de contaminantes de fuentes externas a la ciudad. De allí, las relativamente altas concentraciones de material particulado, registradas en la estación móvil Fontibón, donde por la confluencia y mayor fuerza de los vientos del occidente frente a los vientos del oriente se reduce la capacidad de transporte y tiende a presentarse acumulación. Ver Figura 31.

Como es característico de la ciudad, las velocidades máximas se presentaron hacia el sur occidente de la ciudad con magnitudes de 6,5 m/s como se registraron en la estación Jazmín, Ciudad Bolívar (6,1 m/s) y Kennedy (5,6 m/s). Otros sectores de la ciudad donde se registraron velocidades máximas fueron Las Ferias (6,2 m/s) y MinAmbiente (5,4 m/s). Ver Figura 32.

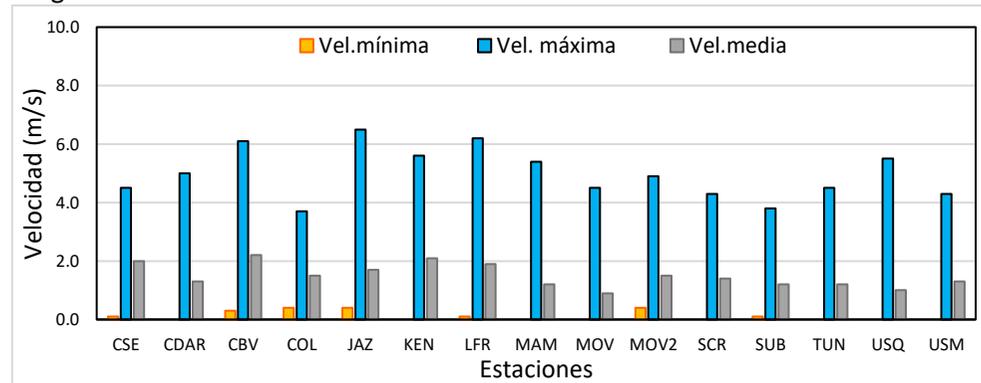


Figura 32. Velocidad del viento media, máxima y mínima absolutas por estación - diciembre 2021

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

10. CONCLUSIONES

- Las concentraciones de material particulado fueron más altas en la zona suroccidental de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de la estación Kennedy, mientras que los menores valores se observaron en la zona nororiente de la ciudad. Kennedy tuvo el promedio mensual más alto de PM₁₀ (59,6 µg/m³) y de PM_{2.5} (26,1 µg/m³); se registraron en total 15 excedencias de PM₁₀ y 11 excedencias de PM_{2.5} en el mes.
- Con respecto a los gases, Carvajal-Sevillana registró las concentraciones más altas de los contaminantes asociados a combustión (NO₂, SO₂ y CO), aunque esta estación tuvo una representatividad temporal menor al 75% en el NO₂. Usaquén registró el promedio más alto de O₃ del mes, aunque se observó un aumento generalizado en el resto de las estaciones. También se observaron altas concentraciones de NO₂ en Jazmín y Kennedy, y un aumento de las concentraciones de SO₂ en Ciudad Bolívar.
- Las concentraciones más altas de Black Carbon se observaron en las estaciones Kennedy y Fontibón, las cuales se mantuvieron cercanas a 10 µg/m³, pero aumentaron a valores sobre los 20 µg/m³ en los últimos días del mes, adicionalmente las estaciones Tunal y Centro de Alto Rendimiento registraron valores de 15 µg/m³ a mediados del mes. Con respecto al Black Carbon asociado a biomasa, se observó un aumento generalizado en la primera y segunda semana del mes.
- Con respecto al índice IBOCA en diciembre de 2021, para las concentraciones registradas de PM_{2.5} se observó una predominancia de la condición “moderada” en todas las estaciones de la RMCAB, con porcentajes mayores al 57%, sin embargo, en las estaciones Ciudad Bolívar y Kennedy hubo un porcentaje notable de tiempo en la condición “regular”, con más del 12% del mes. En la zona suroccidente fueron más notables estos aumentos, en vísperas de las celebraciones navideñas, debido al aumento de la actividad en la ciudad y el uso de juegos pirotécnicos.
- En el mes de diciembre 2021 se observó una reducción de las precipitaciones en relación al mes anterior, sin embargo, la estación San Cristóbal registró el acumulado más alto, con 86 mm. Las estaciones Centro de Alto Rendimiento y Usaquén registraron el mayor número de días con lluvia, pero fueron lluvias menos intensas que las registradas en San Cristóbal.
- En relación a la temperatura superficial, para diciembre 2021 se observó un aumento generalizado respecto al mes anterior y el mismo mes del año anterior. Las temperaturas más altas se observaron en el suroccidente de la ciudad, en las estaciones Kennedy, Puente Aranda y Carvajal-Sevillana. Por otro lado, las temperaturas horarias oscilaron desde 3,5 hasta 26,6 en Tunal.
- Durante diciembre de 2021 predominaron los vientos provenientes del suroccidente de la ciudad, que incidieron en el incremento de la concentración en esta zona. Las máximas velocidades horarias se observaron al occidente de la ciudad, en Jazmín, Ciudad Bolívar, y Kennedy, con valores entre 5,6 y 6,5 m/s.

11. ANEXOS

11.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES DE LA RMCAB

Tabla 2. Características, ubicación de las estaciones y variables monitoreadas de la RMCAB

Características	Ubicación								Contaminantes						Variables Meteorológicas							
	Sigla	Latitud	Longitud	Altitud (m)	Altura (m)	Localidad	Tipo de zona	Tipo de estación	Dirección	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	NO _x	CO	SO ₂	V. Viento	D. Viento	Temperatura	Precipitación	R. Solar	H. Relativa	Presión Atm.
Guaymaral	GYR	4°47'1.52"N	74°2'39.06"W	2580	0	Suba	Sub urbana	De fondo	Autopista Norte # 205-59	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
Usaquén	USQ	4°42'37.26"N	74°1'49.50"W	2570	10	Usaquén	Urbana	De fondo	Carrera 7B Bis # 132-11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X
Suba	SUB	4°45'40.49"N	74° 5'36.46"W	2571	6	Suba	Sub urbana	De fondo	Carrera 111 # 159A-61	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X
Bolivia	BOL	4°44'9.12"N	74°7'33.18"W	2574	0	Engativá	Sub urbana	De fondo	Avenida Calle 80 # 121-98	X	X	X	X	X	X							
Las Ferias	LFR	4°41'26.52"N	74°4'56.94"W	2552	0	Engativá	Urbana	De tráfico	Avenida Calle 80 # 69Q-50	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X
Centro de Alto Rendimiento	CDAR	4°39'30.48"N	74°5'2.28"W	2577	0	Barrios Unidos	Urbana	De fondo	Calle 63 # 59A-06	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Estación Móvil 7ma	MOV	4°38'32.75"N	74°5'2.28"W	2583	0	Chapinero	Urbana	De tráfico	Carrera 7 con calle 60	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X
MinAmbiente	MAM	4°37'31.75"N	74°4'1.13"W	2621	15	Santa Fe	Urbana	De tráfico	Calle 37 # 8-40	X	X	X	X	X		X	X	X	X			
Fontibón	FTB	4°40'41.67"N	74°8'37.75"W	2551	11	Fontibón	Urbana	De tráfico	Carrera 104 # 20 C-31	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	
Puente Aranda	PTE	4°37'54.36"N	74°7'2.94"W	2590	10	Puente Aranda	Urbana	Industrial	Calle 10 # 65-28	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
Kennedy	KEN	4°37'30.18"N	74°9'40.80"W	2580	3	Kennedy	Urbana	De fondo	Carrera 80 # 40-55 sur	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Carvajal - Sevillana	CSE	4°35'44.22"N	74°8'54.90"W	2563	3	Kennedy	Urbana	Tráfico / Industrial	Autopista Sur # 63-40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
Tunal	TUN	4°34'34.41"N	74°7'51.44"W	2589	0	Tunjuelito	Urbana	De fondo	Carrera 24 # 49-86 sur	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
San Cristóbal	SCR	4°34'21.19"N	74°5'1.73"W	2688	0	San Cristóbal	Urbana	De fondo	Carrera 2 Este # 12-78 sur	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	
El Jazmín	JAZ	4°36'30.6"N	74°06'53.8"W	2559	0	Puente Aranda	Urbana	Residencial	Calle 1 G # 41 A 39	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Usme	USM	4°31'55.4"N	74°07'01.7"W	2593	0	Usme	Urbana	Residencial	Carrera 11 # 65 D 50 Sur	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Ciudad Bolívar	CBV	4°34'40.1"N	74°09'58.6"W	2661	0	Ciudad Bolívar	Urbana	Residencial	Calle 70 Sur # 56-11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Colina	COL	4°44'14.1"N	74°04'10.0"W	2555	0	Suba	Urbana	Residencial	Avenida Boyacá No 142#-55	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
Móvil Fontibón	MOV2	4°40'03.7"N	74°08'55.9"W		0	Fontibón	Urbana	Tráfico / Industrial	Cra. 98 #16 B 50	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

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

11.2. **NORMATIVA Y MÉTODOS DE REFERENCIA**

La elaboración de informes de calidad del aire se realiza teniendo en cuenta uno de los componentes de la misionalidad de la Secretaría Distrital de Ambiente, como autoridad ambiental del Distrito Capital. Además, se tiene en cuenta lo establecido en la norma NTC ISO/IEC 17025:2017 con respecto a la elaboración de los reportes del laboratorio, y teniendo en cuenta que los informes de calidad del aire de la RMCAB se elaboran con base en los procedimientos asociados a las funciones del Laboratorio Ambiental de la Secretaría Distrital de Ambiente, los cuales se incluyen dentro de del proceso de apoyo de la SDA denominado “Metrología, Monitoreo y Modelación”.

La obtención de los datos de concentraciones de contaminantes y de variables meteorológicas se realiza a través de los registros en tiempo real de los equipos de monitoreo y sensores meteorológicos, cuyo funcionamiento y operatividad son verificados mediante la realización de mantenimientos preventivos y correctivos por parte del equipo de campo de la RMCAB, programados periódicamente mediante un software destinado para este fin. Adicionalmente se realizan periódicamente las calibraciones y verificaciones de los equipos de monitoreo, con el fin de garantizar que la medición de los equipos se realice de acuerdo con los estándares establecidos en los métodos de medición.

Los métodos de medición utilizados por los monitores de la RMCAB se encuentran descritos en la lista de métodos de referencia y equivalentes designados, publicada en junio de 2021 (EPA, 2021). 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	

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

11.3. 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 diciembre de 2021.
- ✓ 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-M2	Versión: 2

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

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

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

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

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

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

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

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

Donde:

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

P: presión atmosférica [Pa]

R: constante universal de los gases ideales =

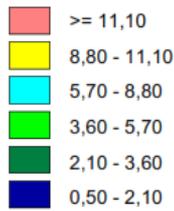
T: temperatura absoluta [K]

11.4. ROSAS DE LOS VIENTOS

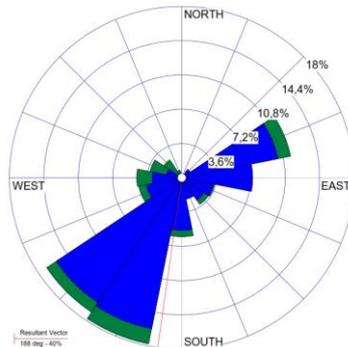
Como complemento a lo descrito anteriormente en relación con el comportamiento de los vientos durante el mes de diciembre, se presentan las rosas de los vientos que describen el comportamiento promedio de la dirección y velocidad de los vientos en cada una de las estaciones que superaron la representatividad temporal del 75%. En la Figura 33 se describe tanto la frecuencia en 16 sectores, como la magnitud de los vientos y el vector resultante (en línea roja) de todas las interacciones del viento registradas en cada una de las estaciones de la

RMCAB; es decir, la dirección de donde, en promedio, provienen los vientos durante el periodo analizado. Las estaciones de San Cristóbal junto con la Estación móvil de Fontibón, presentaron los mayores predominios durante el mes de diciembre. En la estación de San Cristóbal con un 41% de vientos del oriente y la estación de Fontibón un 36% de vientos provenientes del occidente con velocidades entre 0,5 m/s a 5,7 m/s aproximadamente. Así mismo, la estación de Usme con 30% de vientos del sur.

WIND SPEED
(m/s)



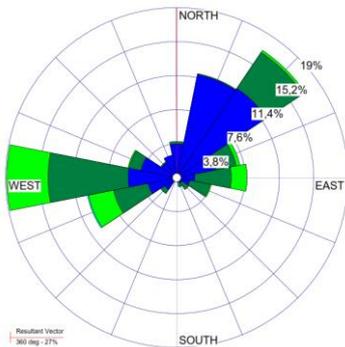
Calms: 13,17%



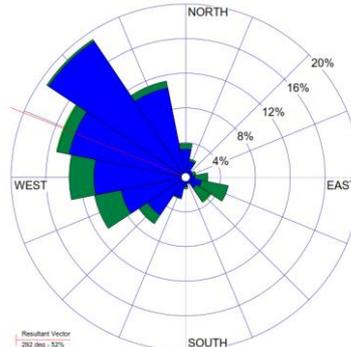
N.A.

a) Suba

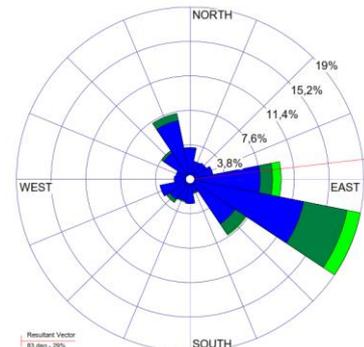
b) Guaymaral



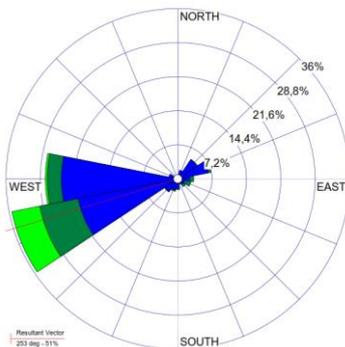
c) Las Ferias



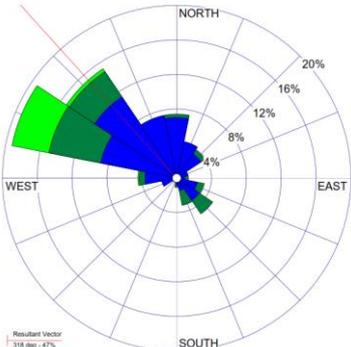
d) Colina



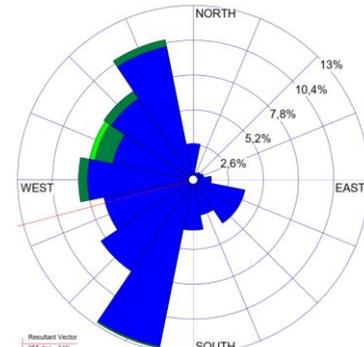
e) Usaquén



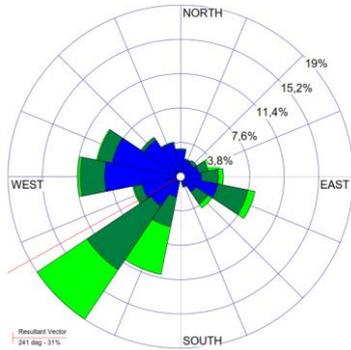
f) Móvil FTB



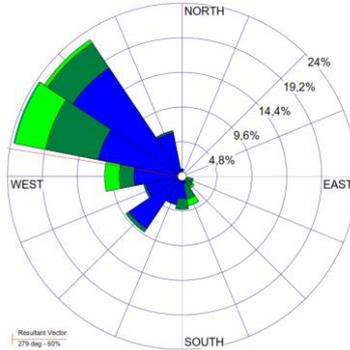
g) CDAR



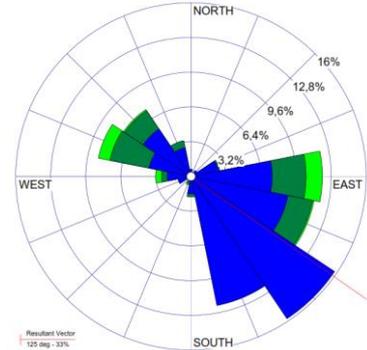
h) Móvil 7ma



i) Kennedy

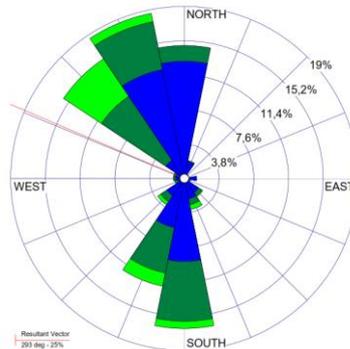


j) Jazmín

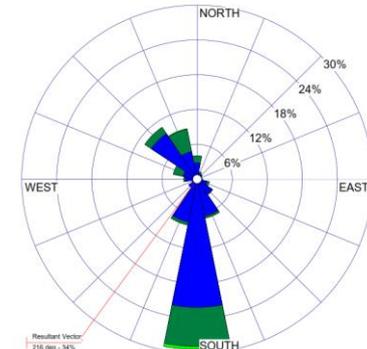


k) MinAmbiente

N.A

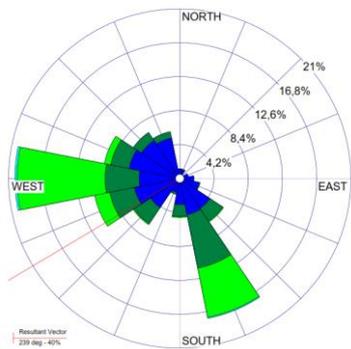


l) Bosa

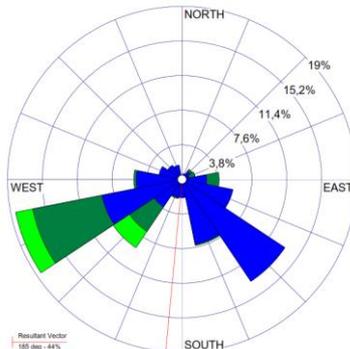


m) Carvajal-Sevillana

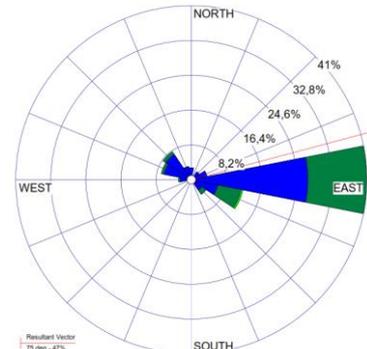
n) Usme



o) Ciudad Bolívar



p) Tunal



q) San Cristóbal

Figura 33. Rosas de los vientos – diciembre de 2021

FIN DEL INFORME