



Informe Mensual de Calidad del Aire de Bogotá

.....

Noviembre 2021




Estación Guaymaral

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 noviembre de 2021 se tuvieron veintiuna (21) excedencias diarias de las concentraciones de material particulado menor a 10 micras PM_{10} y veintiuna (21) excedencias de las concentraciones de material particulado menor a 2.5 micras $PM_{2.5}$. En cuanto a las concentraciones de ozono O_3 se registraron siete (7) excedencias a las concentraciones 8h, respecto a el dióxido de azufre SO_2 , monóxido de carbono CO y dióxido de nitrógeno NO_2 no se registraron excedencias a la normatividad.

Durante el mes de noviembre se evidenció que las condiciones meteorológicas no favorecieron la dispersión de contaminantes, además se observó un incremento notable de las concentraciones en las mañanas y en la zona suroccidental. Asimismo, se evidenció un aumento significativo 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 octubre.

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.

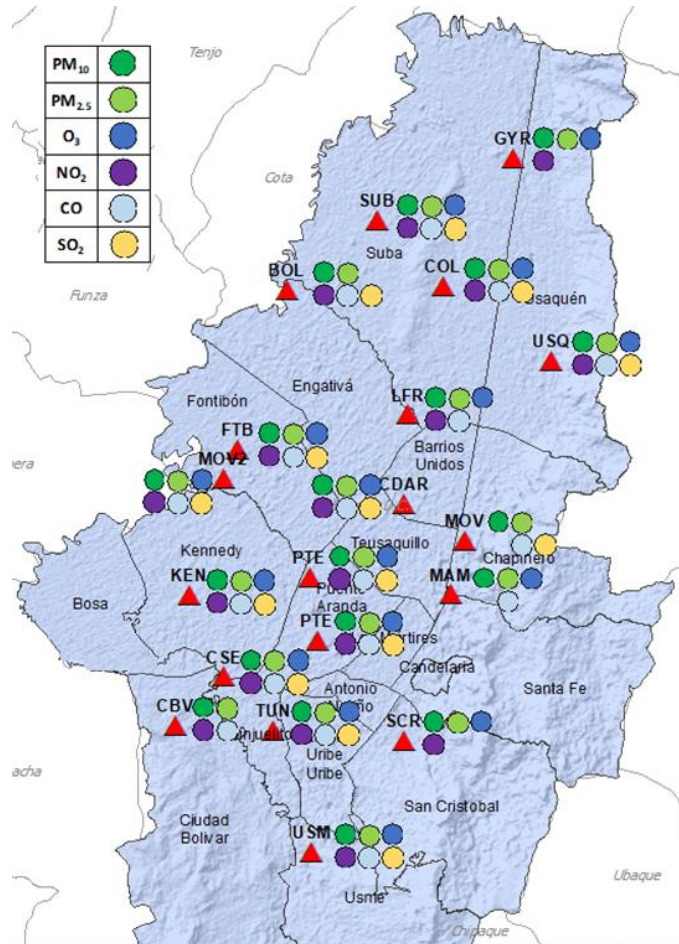
En cuanto a las interferencias al monitoreo, se ha evidenciado por ejemplo, que en la zona de influencia de la estación Usme, aproximadamente a unos 200m (Av. Caracas) se iniciaron obras de ampliación de vías, lo que reduce el flujo vehicular por el sector, también en la zona de influencia de la estación de Fontibón, se presentan emisiones en horas de la mañana provenientes de la actividad del tostado de café, sin embargo, no se ha comprobado que los registros de las concentraciones en dichas estaciones sean ocasionados por las interferencias mencionadas.

Finalmente, como novedad durante el mes, la RMCAB trabajó en la actualización de varios procedimientos internos del grupo, envió progresivamente sensores de humedad y temperatura interna a calibración externa y suscribió contratos para adquirir insumos y repuestos para la operación continua de equipos.

Nota:

Este informe “Informe mensual de calidad del aire noviembre 2021”, se encuentra vinculado como anexo al resumen ejecutivo del proceso No. 5315812 del Sistema de Información Ambiental FOREST de la Secretaría Distrital de Ambiente.

2. INTRODUCCIÓN



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 noviembre de 2021 la temperatura interna osciló entre los 20 y 30°C en la mayoría de las estaciones, sin embargo, en la estación Suba se registraron temperaturas de hasta 41,5°C y en Usme de hasta 19,4°C; lo cual corresponde a variaciones de temperatura, por intervención de los equipos al interior de las cabinas y en Suba a un fallo del equipo de aire acondicionado. Para cada hora de excedencia al rango especificado, se invalidaron los datos de contaminantes en la estación correspondiente. Por otro lado, la humedad interna se mantuvo entre 22,01% y 74,47% 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 noviembre, se trabajó en la actualización de los procedimientos internos PA10-PR06 “Monitoreo y revisión rutinaria de la operación, analizadores de gases, monitores de partículas y sensores meteorológicos”, el PA10-PR05 “Revisión y validación de datos de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB” y el PA10-PR03 “Aseguramiento de Calidad de los Resultados emitidos por el Laboratorio Ambiental SDA”, para este último específicamente en el ajuste de las cartas control de la RMCAB.

Por otro lado, en el mes progresivamente se inició el envío de los sensores de humedad y temperatura interna a calibración externa y se suscribieron contratos para adquirir insumos y repuestos para la operación continua de equipos.

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 noviembre 2021.

4.1. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE PM₁₀

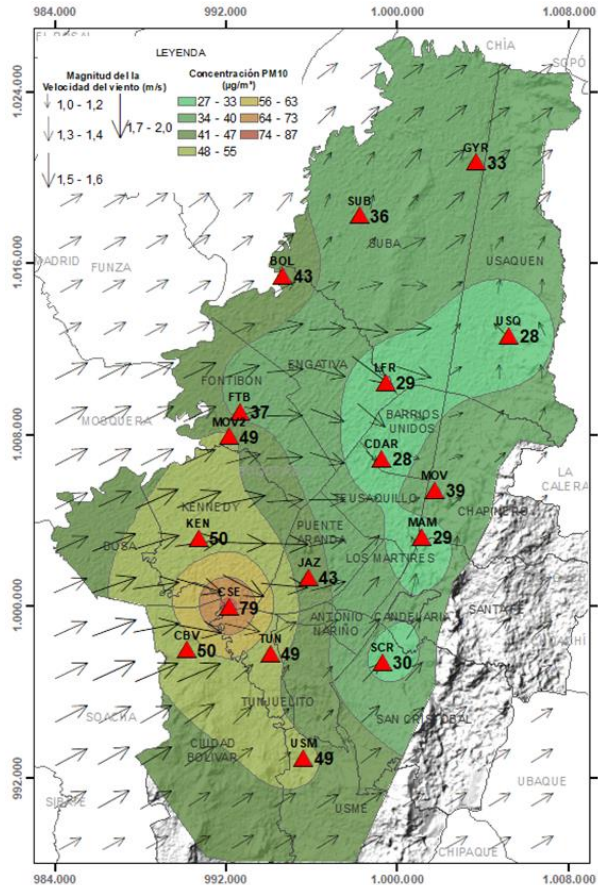


Figura 1. Distribución espacial concentraciones mensuales PM₁₀ - noviembre 2021

Las concentraciones promedio mensuales más altas se presentaron en la zona suroccidental de la ciudad en las estaciones Carvajal - Sevillana (78,7 µg/m³) y Ciudad Bolívar (49,6 µg/m³), mientras que las menores concentraciones se registraron en la zona norte en la estación Usaquén (28,2 µg/m³) y en la zona central en la estación CDAR (28,3 µg/m³). Las concentraciones máximas diarias más altas para el mes corresponden a 115,6 µg/m³ en Carvajal - Sevillana y 80,8 µg/m³ en Bolivia; estas concentraciones sobrepasaron el nivel máximo definido por la norma nacional diaria (75 µg/m³). En el mes se registraron en total veintiuna (21) excedencias de las concentraciones promedio 24 horas, las cuales NO CUMPLIERON con el nivel máximo permisible de la norma de PM₁₀, diecisiete (17) en Carvajal-Sevillana, una (1) en Bolivia, una (1) en Kennedy, una (1) en la Móvil Fontibón y una (1) en Tunal. Las concentraciones restantes, CUMPLIERON con el nivel máximo permisible establecido en la norma. Las estaciones Colina (63%) y Puente Aranda (7%) no alcanzaron el 75% de representatividad temporal, debido a que se presentaron datos atípicos que se invalidaron, por lo que el monitor estuvo en observación operativa.

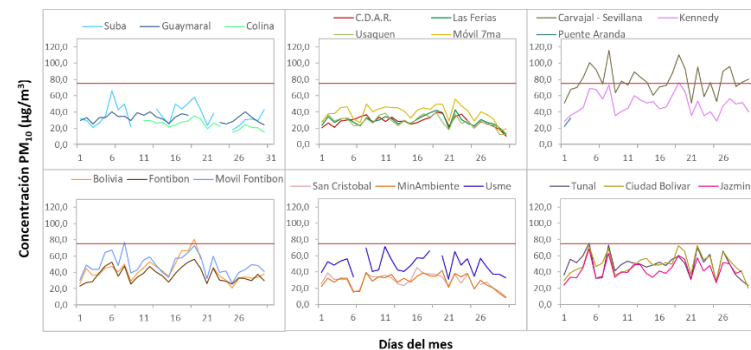


Figura 2. Concentraciones diarias PM₁₀ por estación de monitoreo – noviembre 2021

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

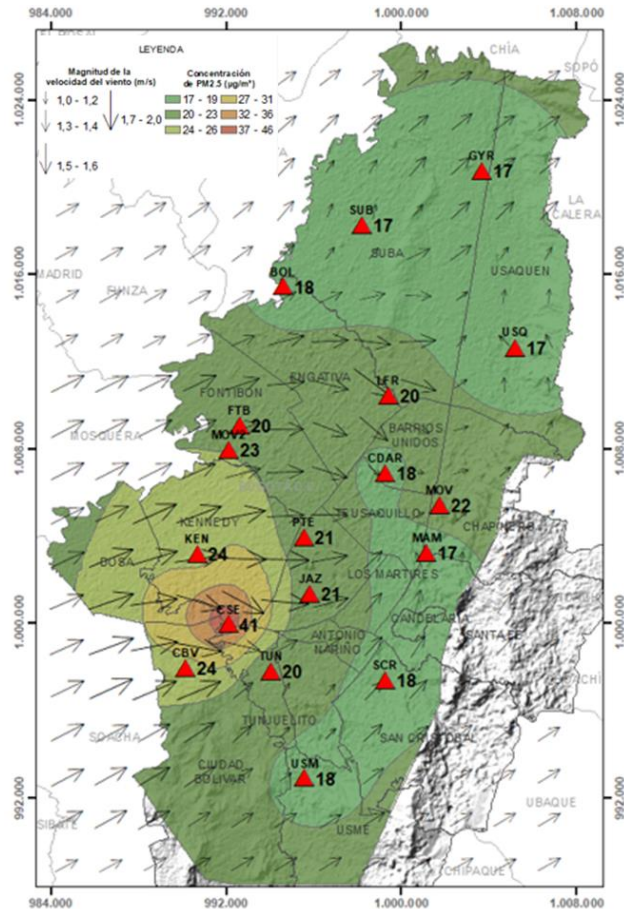


Figura 3. Distribución espacial concentraciones mensuales PM_{2.5} - noviembre 2021

En este mes, las concentraciones promedio mensuales más altas se presentaron en la zona sur occidental de la ciudad en las estaciones Carvajal - Sevillana (41,3 µg/m³), Kennedy (24,3 µg/m³) y Ciudad Bolívar (23,9 µg/m³), mientras que las menores concentraciones se registraron en la zona norte en la estación Usaquén (16,6 µg/m³) y en la zona central en la estación MinAmbiente (16,7 µg/m³). Las concentraciones máximas diarias más altas para el mes corresponden a 63,7 µg/m³ en la estación Carvajal - Sevillana y 37,3 µg/m³ en la estación Ciudad Bolívar; estas concentraciones sobrepasaron el nivel máximo definido por la norma nacional diaria (37 µg/m³). En el mes se registraron veintiuna (21) excedencias de las concentraciones promedio 24 horas, las cuales NO CUMPLIERON con el nivel máximo permisible establecido en la norma para PM_{2.5}, veinte (20) en Carvajal-Sevillana y una (1) en Ciudad Bolívar. Las concentraciones restantes, CUMPLIERON con el nivel máximo permisible establecido en la norma. Todas las estaciones alcanzaron el 75% de representatividad temporal.

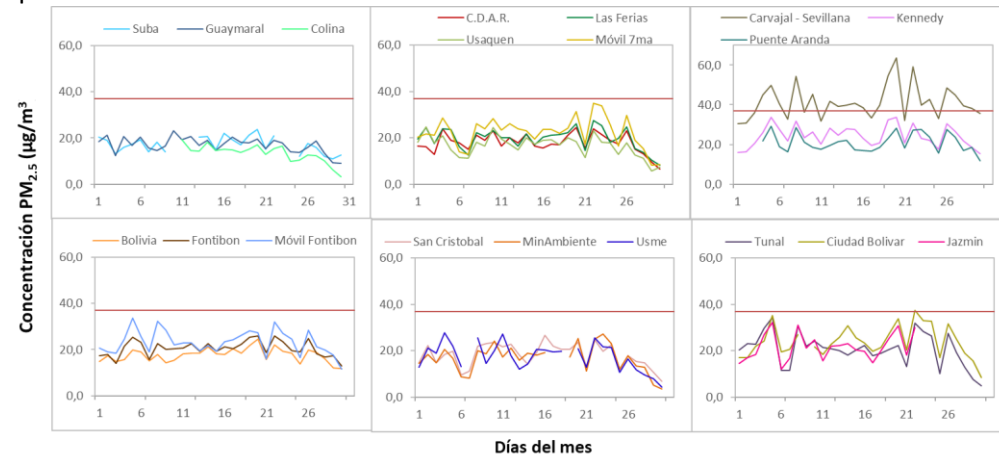


Figura 4. Concentraciones diarias PM_{2.5} por estación de monitoreo – noviembre 2021

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

4.3. CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS Y EL MATERIAL PARTICULADO

La Figura 5 representa la variación diaria en la ciudad de las concentraciones de PM₁₀, PM_{2.5}, precipitación y velocidad del viento durante el mes de noviembre 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 1, 6 y 25 de noviembre. Asimismo, las concentraciones de material particulado se incrementaron los días 8, 22 y 26 de noviembre que coincide con la baja en la velocidad del viento. Por otro lado, los días 4, 20 y 23 presentaron precipitaciones más altas que el resto del mes, el 23 se evidencia una disminución en el material particulado, aunque no se presentó ascenso en la velocidad del viento, el 4 y el 20 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.

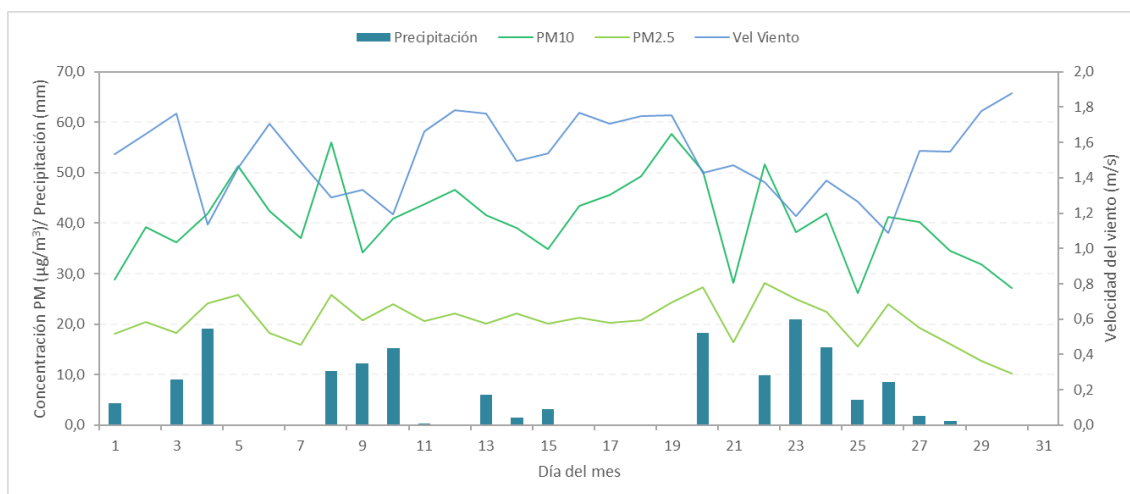


Figura 5. Promedio de concentración PM₁₀ y PM_{2.5}, precipitación y velocidad del viento a nivel ciudad - noviembre 2021

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.

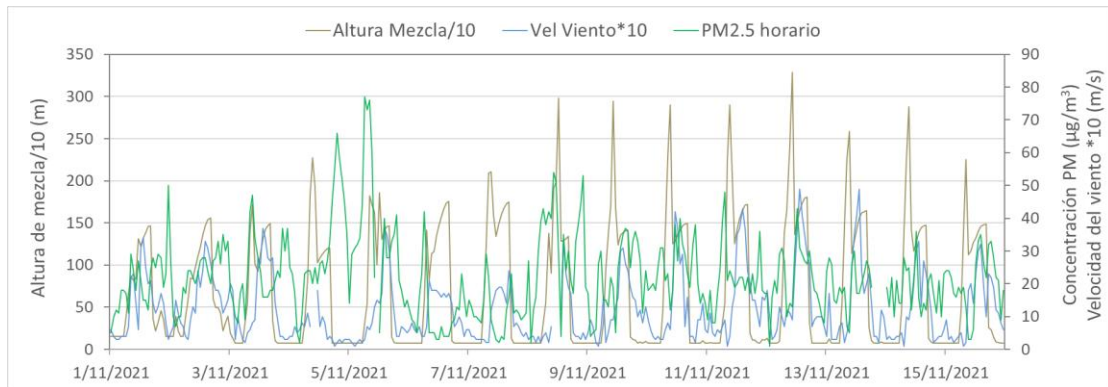
Por otro lado, en las Figuras 13 y 14, se observa la comparación del comportamiento horario durante el mes de noviembre de 2021 de la altura de la capa de mezcla, las concentraciones de PM_{2.5} y la velocidad del viento en las estaciones Guaymaral y Tunal. Se puede evidenciar que los registros más bajos 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 13 correspondiente a la

estación Tunal el 5, el 9 y el 23 de noviembre y en la Figura 14 correspondiente a la estación de Guaymaral el 6, el 17 y el 18 de noviembre.

Es importante aclarar, que, durante un periodo significativo del mes, el sensor de velocidad del viento de Guaymaral presentó un fallo, por lo que se tuvieron que invalidar varios datos, lo cual dificultó el cálculo de altura capa de mezcla en la estación.

TUNAL

Noviembre 01 al 15



Noviembre 16 al 30

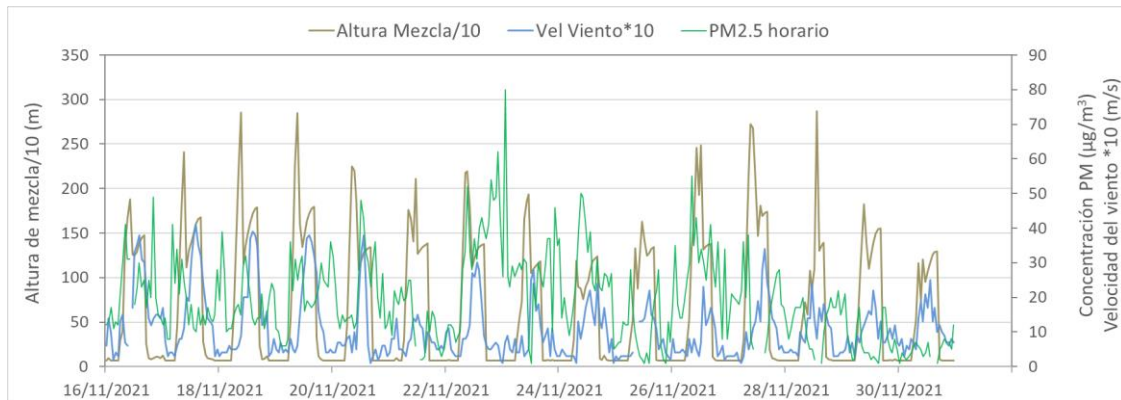
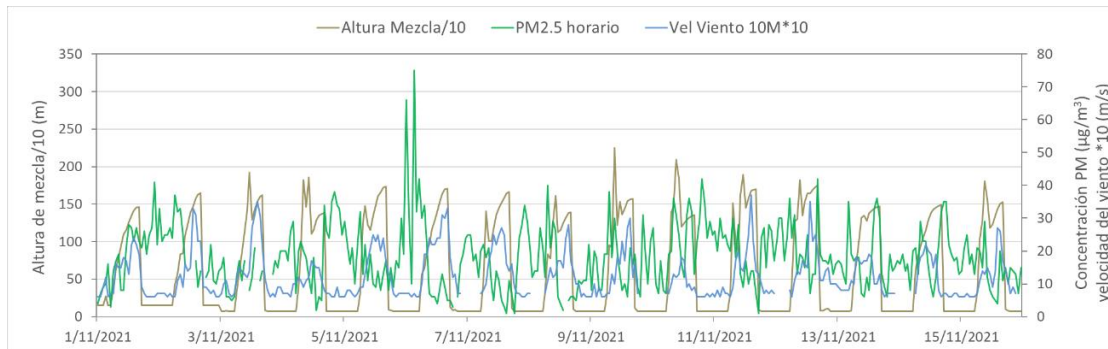


Figura 6. Comparación altura de mezcla, concentraciones PM_{2.5} y velocidad del viento estación Tunal - noviembre 2021

GUAYMARAL

Noviembre 01 al 15



Noviembre 16 al 30

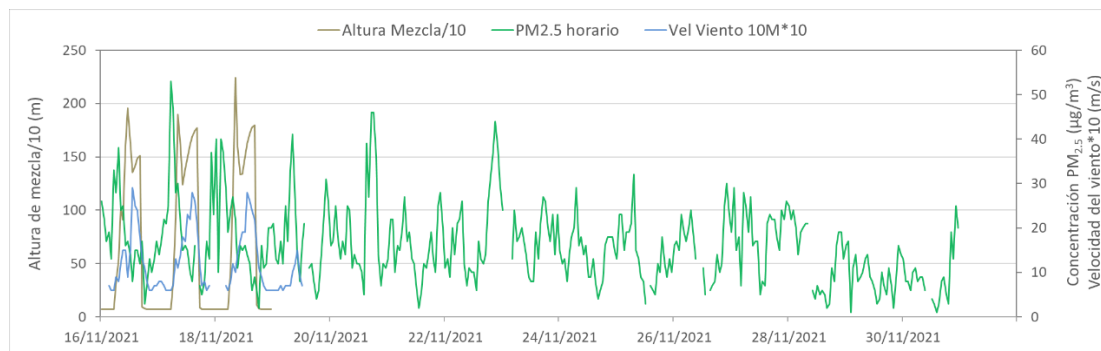


Figura 7. Comparación altura de mezcla, concentraciones PM_{2.5} y velocidad del viento estación Guaymaral noviembre 2021

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 noviembre 2021; los valores promedio más altos de SO₂, NO₂ y CO, gases asociados a la combustión fueron registrados en la estación Carvajal-Sevillana, aunque en la estación Ciudad Bolívar la concentración de SO₂ fue la misma que en Carvajal-Sevillana, mientras que el promedio más alto de O₃ se evidenció en la estación Usaquén, siendo las zonas sur occidental y norte de la ciudad las que tuvieron los niveles más elevados de gases criterio en el mes.

Por otro lado, se registraron siete (7) excedencias de las concentraciones promedio 8 horas, las cuales NO CUMPLIERON con el nivel máximo permisible establecido en la norma para O₃ de 100 µg/m³, cuatro (4) en CDAR y tres (3) en Fontibón. Las demás concentraciones CUMPLIERON con los niveles máximos permisibles establecidos en la Resolución 2254 de 2017 ya que no se registraron excedencias en: SO₂: 50 µg/m³ para datos 24h, SO₂: 100 µg/m³ para datos 1h, NO₂: 200 µg/m³ para datos 1 hora, CO: 35000 µg/m³ para datos 1 hora y CO: 5000 µg/m³ para datos 8 horas.

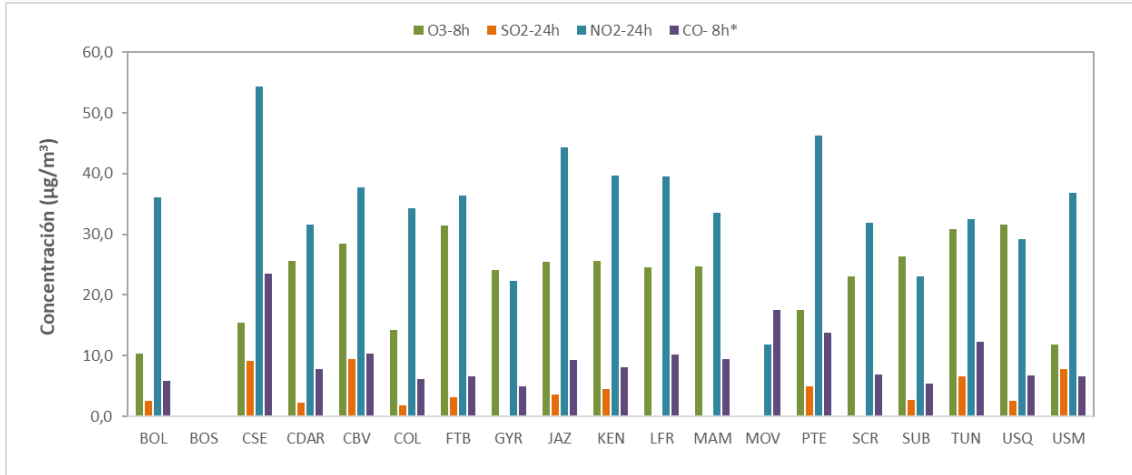


Figura 8. Concentraciones mensuales de gases (O₃, SO₂, NO₂ y CO) por estación de monitoreo - noviembre 2021

*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

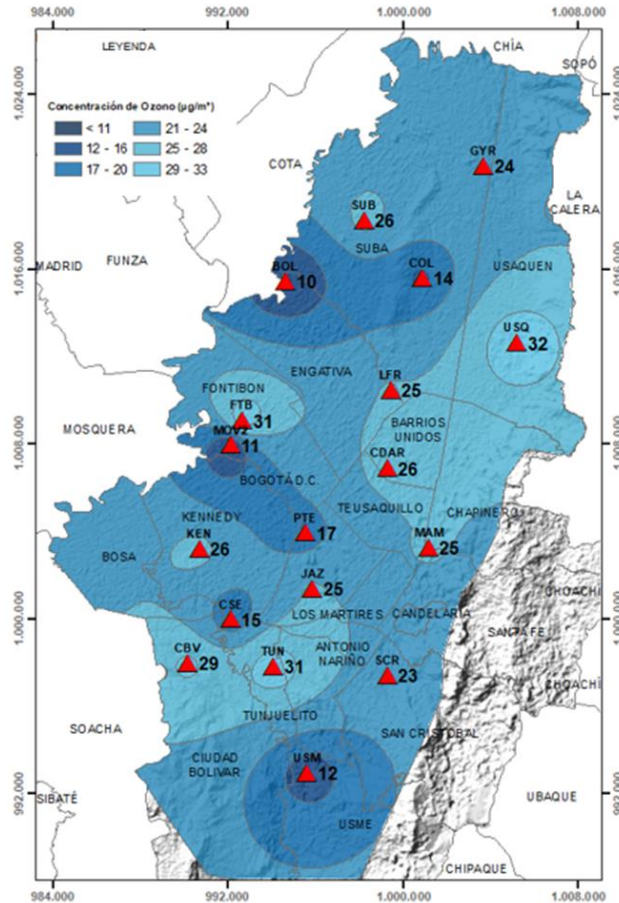


Figura 9. Distribución espacial concentraciones mensuales O₃ - noviembre 2021

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 noviembre de 2021. Se observa que las concentraciones más altas predominan en las zonas norte, occidente y sur oriente de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Usaquén, Fontibón y Tunal. Por otro lado, las concentraciones más bajas se evidencian en la zona occidental de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Bolivia y Móvil Fontibón.

No alcanzó el 75% de representatividad temporal la estación Usme (71%) ya que se presentaron datos atípicos que se invalidaron, por lo que el analizador estuvo en observación operativa.

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

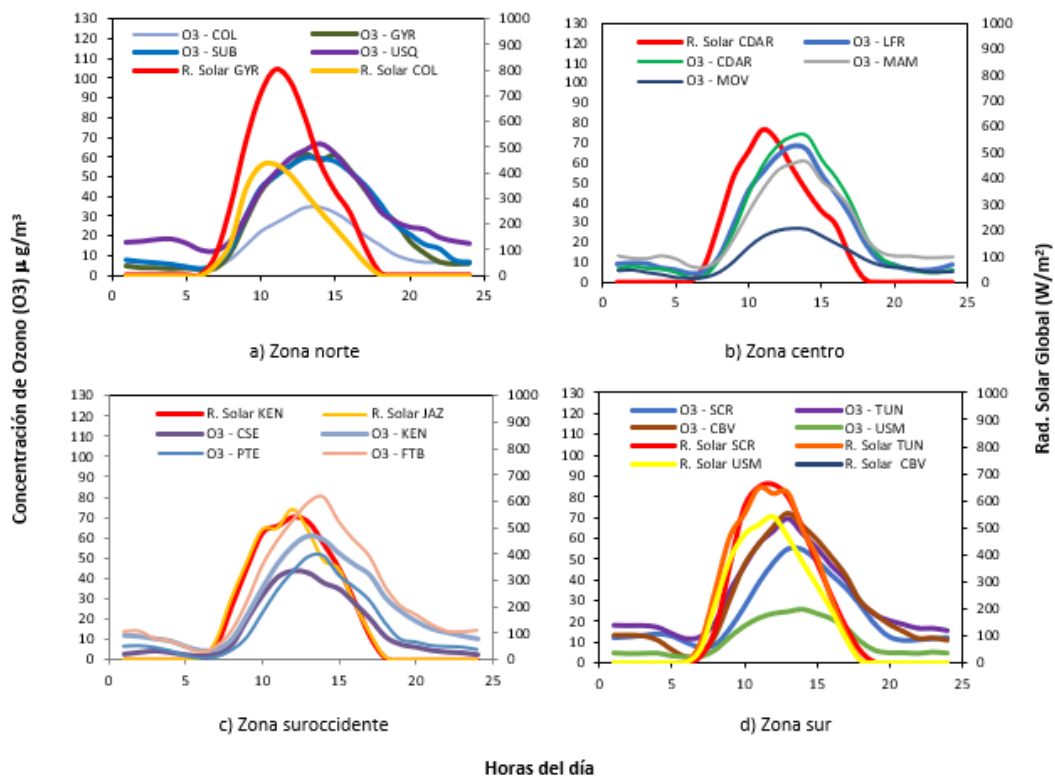


Figura 10. Comportamiento horario de las concentraciones de O₃ (µg/m³) y su relación con la Radiación Solar entrante (W/m²) - noviembre 2021. a) zona norte, b) zona centro, c) zona suroccidente y d) zona sur

Los valores de radiación solar registrados durante el mes de noviembre permiten deducir que, semejante al mes anterior, hacia la zona norte de la ciudad se presentaron los mayores acumulados de radiación solar entrante con hasta 804 W/m²; mientras que, en octubre el promedio horario, se estimó en 704 W/m². Aunque las concentraciones de ozono asociadas a esta cantidad de radiación entrante se hicieron notables con valores de hasta 66 µg/m³ en el sector de Usaquén, al sur occidente de la ciudad las concentraciones de ozono alcanzaron valores de 80,4 µg/m³ con acumulados de radiación solar de 570 W/m² aproximadamente. Comportamiento semejante se presentó en la zona centro donde con valores de radiación que no superaron los 600 W/m² se estimaron concentraciones de ozono promedio horario de 73 µg/m³ en las estaciones CDAR y Las Ferias en la hora de mayor concentración.

Altas concentraciones de ozono se presentaron igualmente hacia el sur de la ciudad en Ciudad Bolívar y Tunal con valores cercanos a 71 µg/m³ con acumulados de radiación que en la hora de mayor incidencia no superaron los 650 W/m². Dichas concentraciones altas con acumulados de radiación relativamente altos podrían estar asociadas con el transporte desde fuentes externas y no solo a los procesos de fotodisociación a nivel local. Ver Figura 10.

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

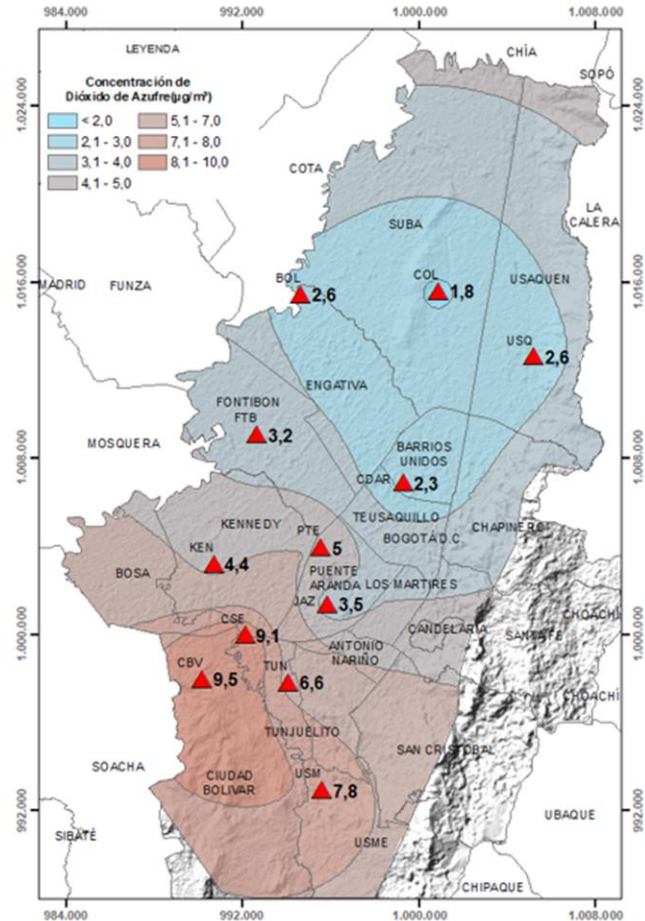


Figura 11. Distribución espacial concentraciones mensuales SO₂ - noviembre 2021

En el mapa de la Figura 11 se representa la distribución espacial de las concentraciones promedio mensuales de SO₂ para el mes de noviembre de 2021 con base en los datos 24 horas. Se observa que las concentraciones más altas predominan en las zonas suroccidental y sur de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Carvajal – Sevillana y Ciudad Bolívar. Por otro lado, las concentraciones más bajas se evidencian en las zonas norte y centro, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Colina y CDAR.

No alcanzó el 75% de representatividad temporal la estación Suba (13%), ya que se presentaron datos atípicos que se invalidaron, por lo que el analizador estuvo en observación operativa.

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

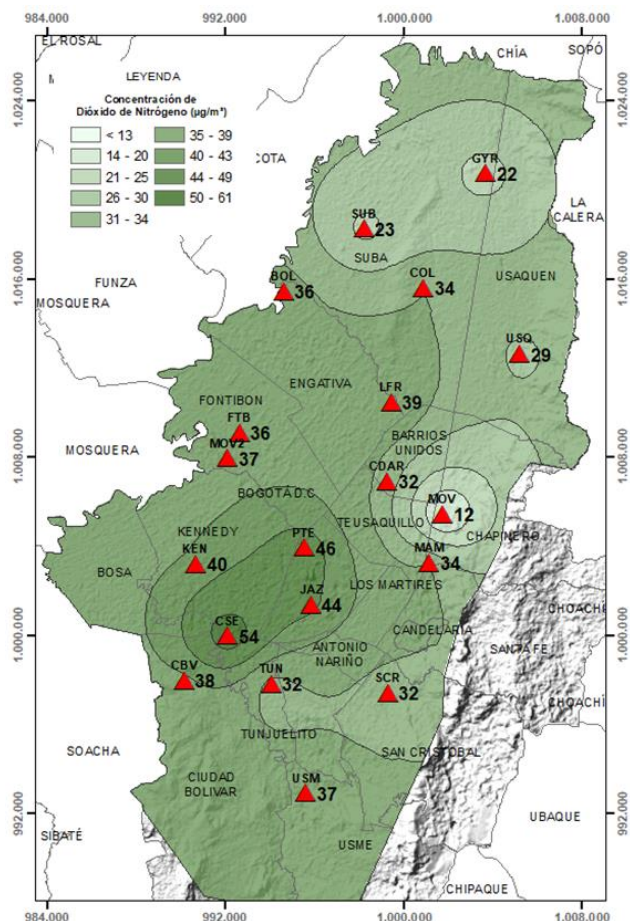


Figura 12. Distribución espacial concentraciones mensuales NO₂ - noviembre 2021

En el mapa de la Figura 12 se representa la distribución espacial de las concentraciones promedio mensuales de NO₂ para el mes de noviembre de 2021. Se observa que las concentraciones más altas predominan en la zona suroccidente 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 la zona norte y noroccidente, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Móvil 7ma y Guaymaral. Todas las estaciones alcanzaron el 75% de representatividad temporal.

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

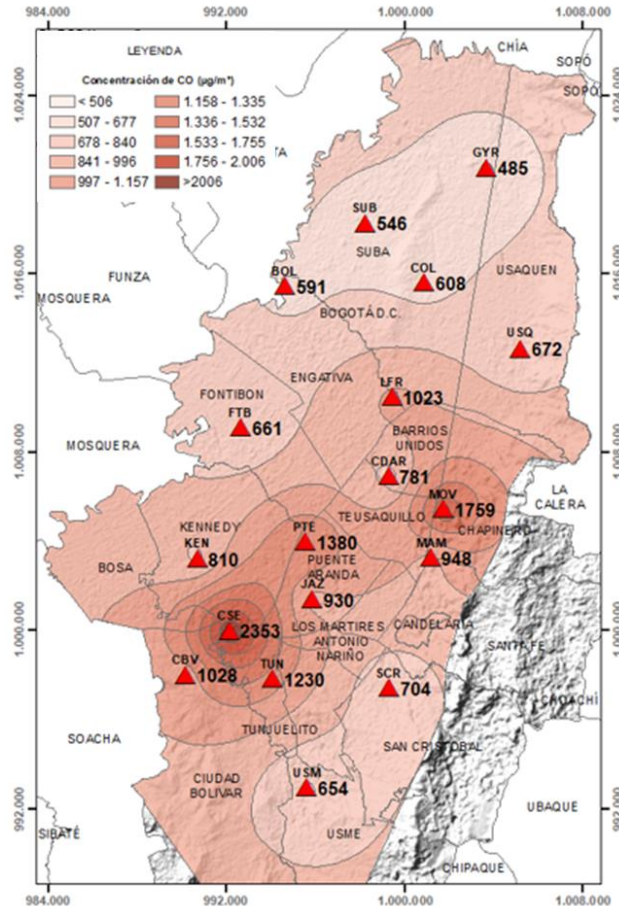


Figura 13. Distribución espacial concentraciones mensuales CO - noviembre 2021

En el mapa de la Figura 13 se representa la distribución espacial de las concentraciones promedio mensuales de CO con base en datos media móvil 8 horas para el mes de noviembre de 2021. Se observa que las concentraciones más altas predominan en las zonas suroccidental y norte de la ciudad, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Carvajal-Sevillana y Móvil 7ma.

Por otro lado, las concentraciones más bajas se evidencian en las zonas norte y noroccidente, especialmente en la zona de influencia de las estaciones Guaymaral y Suba. Todas las estaciones alcanzaron el 75% de representatividad temporal.

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

6. COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LAS CONCENTRACIONES DE BLACK CARBON

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

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

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

6.1. CAPTURA DE DATOS DE CONCENTRACIONES DE BC

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 Carvajal – Sevillana no registra datos, debido a que se han presentado problemas de ingreso a la estación para realizar las labores de mantenimiento correctivo.

En el mes de noviembre las estaciones Tunal y CDAR presentaron las concentraciones más altas de BCe, con concentraciones promedio horarias fueron 8 y 6,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. En orden descendente de concentraciones promedio horarias de BCe se encontraron las siguientes estaciones: Kennedy y Fontibón con 6,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, MinAmbiente con 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Las Ferias con 4,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y San Cristóbal con 3,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

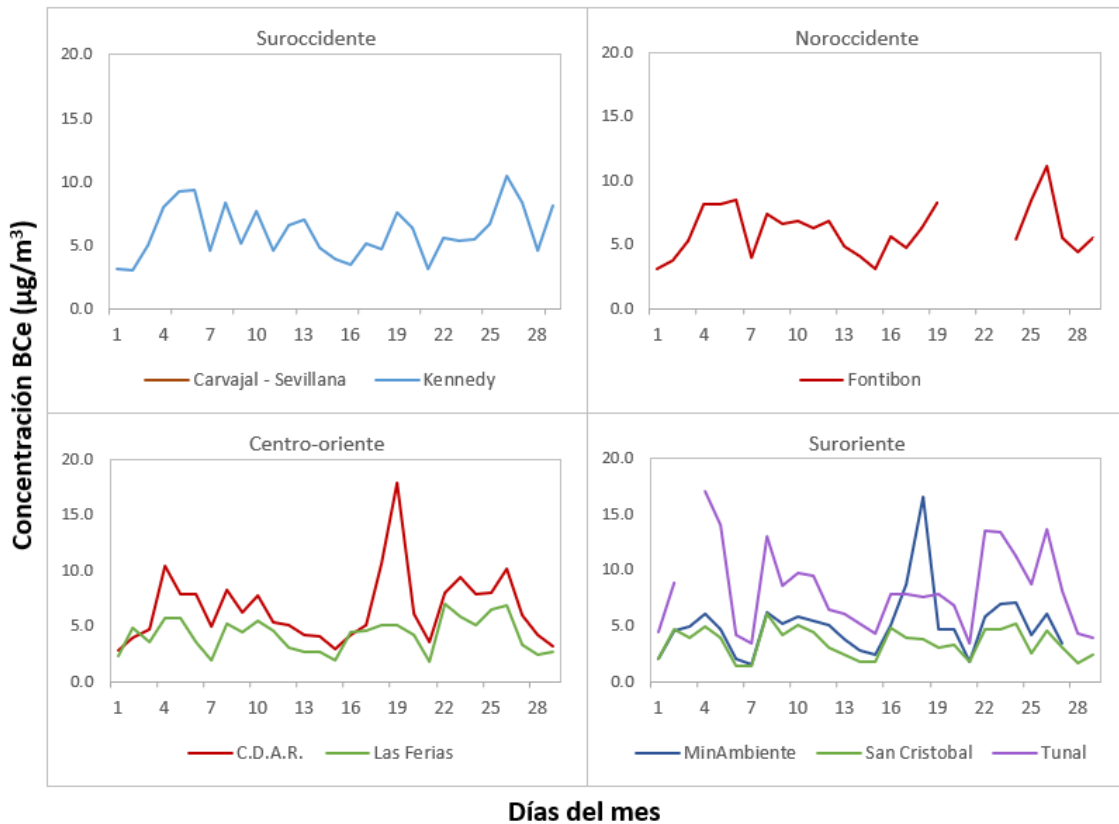


Figura 14. Comportamiento de las concentraciones diarias de BCe para noviembre de 2021

La Figura 14 presenta la serie temporal de las concentraciones diarias (24h) de BC 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 cercana a $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante todo el mes, en donde se registró un valor máximo durante la primera semana con $11.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Por otro lado, las estaciones Centro de Alto Rendimiento, MinAmbiente y Tunal registran altas concentraciones de BCe superiores a los $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante la tercera y cuarta semana del mes.

6.2. 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.

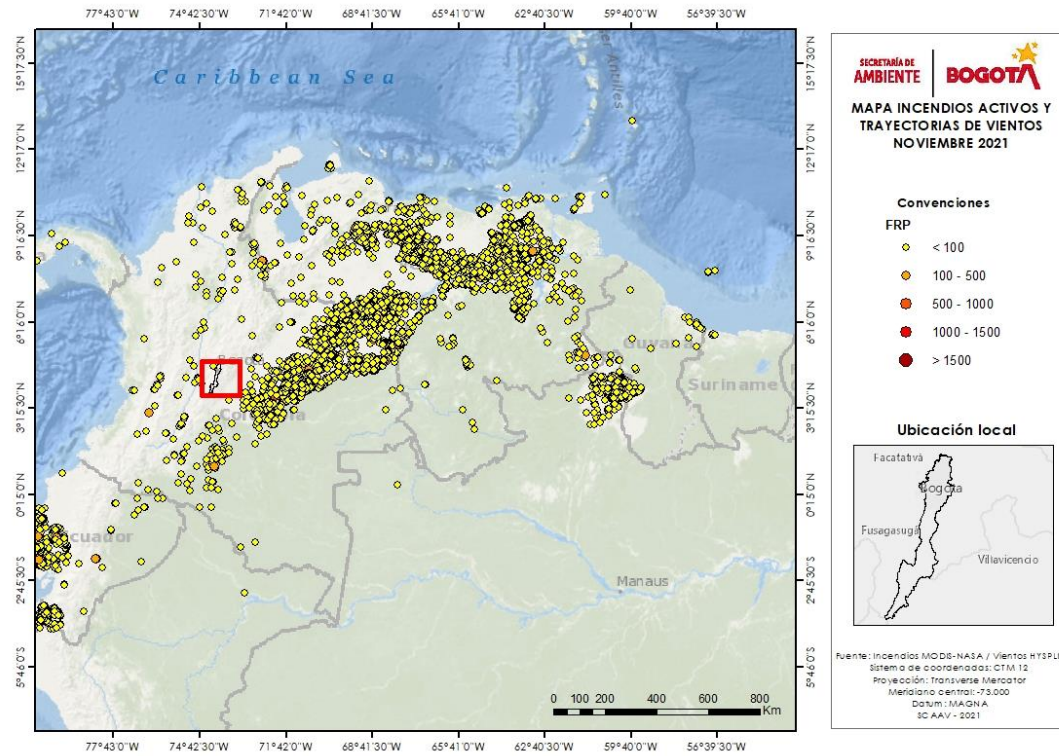


Figura 15. Distribución espacial de incendios activos identificados por el sensor MODIS en el mes de noviembre 2021

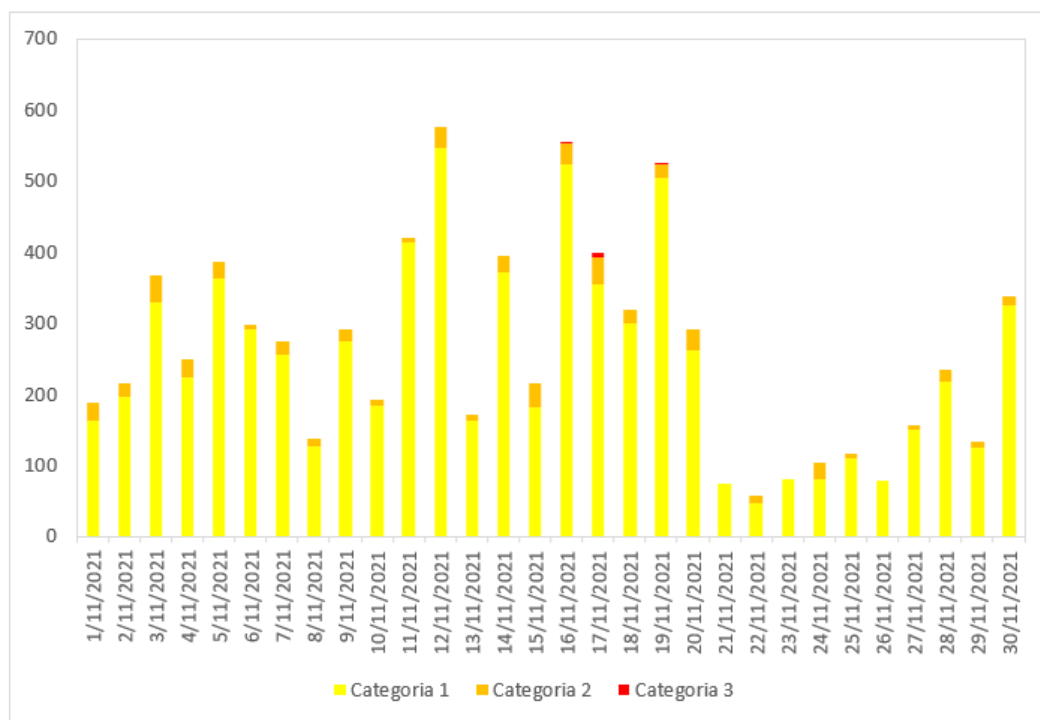


Figura 16. Número de eventos o puntos calientes identificados por el sensor MODIS en el mes de noviembre 2021

En la Figura 15 se muestra la distribución espacial de incendios activos detectados por el sensor MODIS durante el mes de noviembre de 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 1000. Durante el mes analizado se censaron incendios, que en su mayoría se encuentran clasificados en la categoría 1 (7309), en la categoría 2 (504) y en la categoría 3 (12), los días 12, 16 y 19 del mes se caracterizaron por registrar una mayor cantidad de incendios correspondientes a 576, 555 y 526, respectivamente (Figura 16).

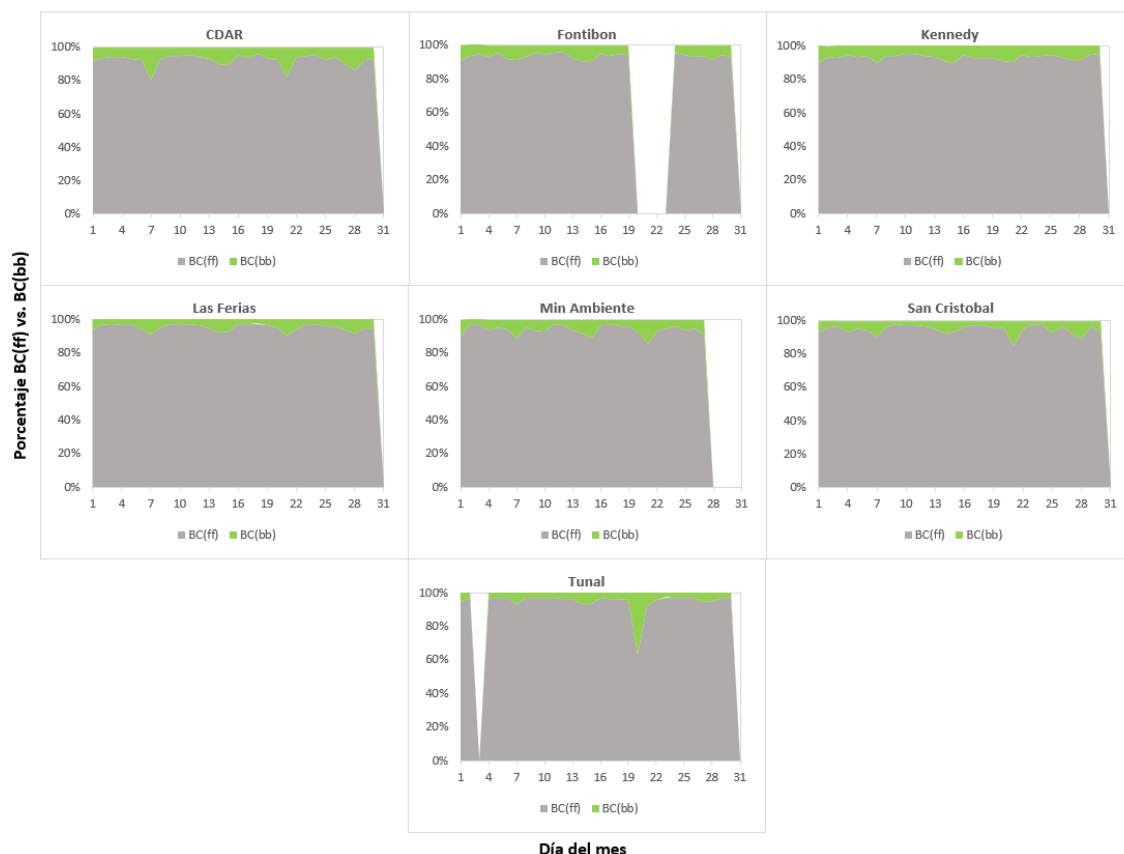


Figura 17. Serie temporal porcentaje de quema Black Carbon de combustibles fósiles BC(ff) vs. Black Carbon de quema de biomasa BC(bb) - noviembre 2021

En la Figura 17 se observa el comportamiento temporal del mes de noviembre 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 gráfica se puede apreciar que el mayor porcentaje de BC que se encuentra en la atmósfera es proveniente de la quema de combustibles fósiles emitido por las fuentes fijas y fuentes móviles de la ciudad.

Las estaciones que presentan una mayor predominancia de porcentaje de Black Carbon por quema de combustibles fósiles son Fontibón, Kennedy y Las Ferias; por otro lado, se evidencia que las estaciones de Centro de Alto Rendimiento, MinAmbiente, San Cristóbal y Tunal presentan un aumento en el porcentaje de Black Carbon por quema de biomasa, especialmente durante los días 6 y 15, alcanzando un máximo los días 20 y 21 de noviembre.

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.

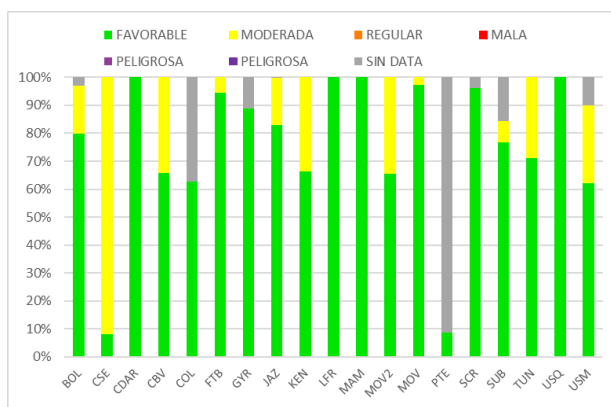


Figura 18. IBOCA para PM₁₀ por estación - noviembre 2021

La Figura 18 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 noviembre 2021. Se observa que la condición “favorable” predominó en la mayoría las estaciones la mayor parte del mes, representando un 100% del tiempo en las estaciones Centro de Alto rendimiento, Las Ferias, MinAmbiente y Usaquén. En la estación Carvajal-Sevillana, se registró la condición “moderada” durante el 86% del mes.

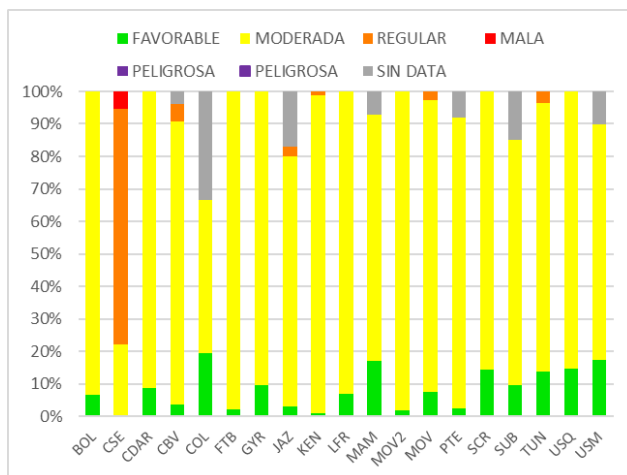


Figura 19. IBOCA para PM_{2.5} por estación - noviembre 2021

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 noviembre 2021 predominó la condición “moderada” todas las estaciones, entre un 72 y 93% del mes, mientras que en la estación Carvajal-Sevillana predominó la condición “regular” con un 73% del tiempo. Las otras estaciones del sur y suroccidente de la ciudad también registraron la condición “regular” en un porcentaje entre 1 y 6%.

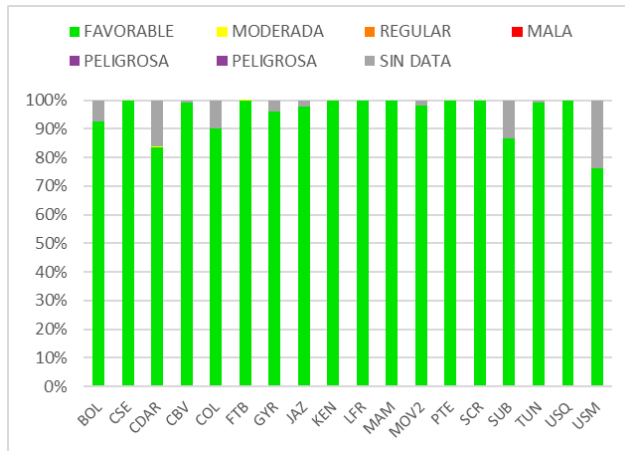


Figura 20. IBOCA para O3 por estación - noviembre 2021

La Figura 20 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 noviembre 2021. Se observa que la categoría “favorable” predomina durante todo el mes en las estaciones de la RMCAB. La estación Usme registró el menor número de datos válidos, con un 76% de datos en el mes.

8. EVENTOS DE CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

En la Figura 21 se observan las concentraciones de PM_{2.5} media móvil 24 horas registradas en las estaciones de la RMCAB durante el mes de noviembre de 2021. Se observa que la estación Carvajal-Sevillana registró las concentraciones más altas de material particulado a nivel ciudad, incluso entre la tercera y cuarta semana registró datos en la condición “mala”, y la mayor parte del mes se registró la condición “regular”.

Las concentraciones más altas de material particulado se registraron en la cuarta semana del mes a nivel ciudad, debido a que las condiciones meteorológicas no favorecieron la dispersión de contaminantes en este mes. Aunque se registraron precipitaciones de magnitud notable, la resuspensión de material particulado en la evaporación de agua pudo influir en que se mantuviera la contaminación acumulada en la atmosfera. También se registraron bajas temperaturas en las mañanas en varios días del mes, lo cual causó que fuera menor la capacidad de dispersión de contaminantes en las mañanas. Adicionalmente, el deterioro de la malla vial en la ciudad ha causado una reducción general de la velocidad de circulación de los vehículos, con lo cual aumentó la contribución de las emisiones por frenado y aceleración de los mismos.

Hacia el día 29 de noviembre se registró una reducción notable de las concentraciones, registrando incluso condiciones favorables en el norte y oriente de la ciudad.



SECRETARÍA DE
AMBIENTE

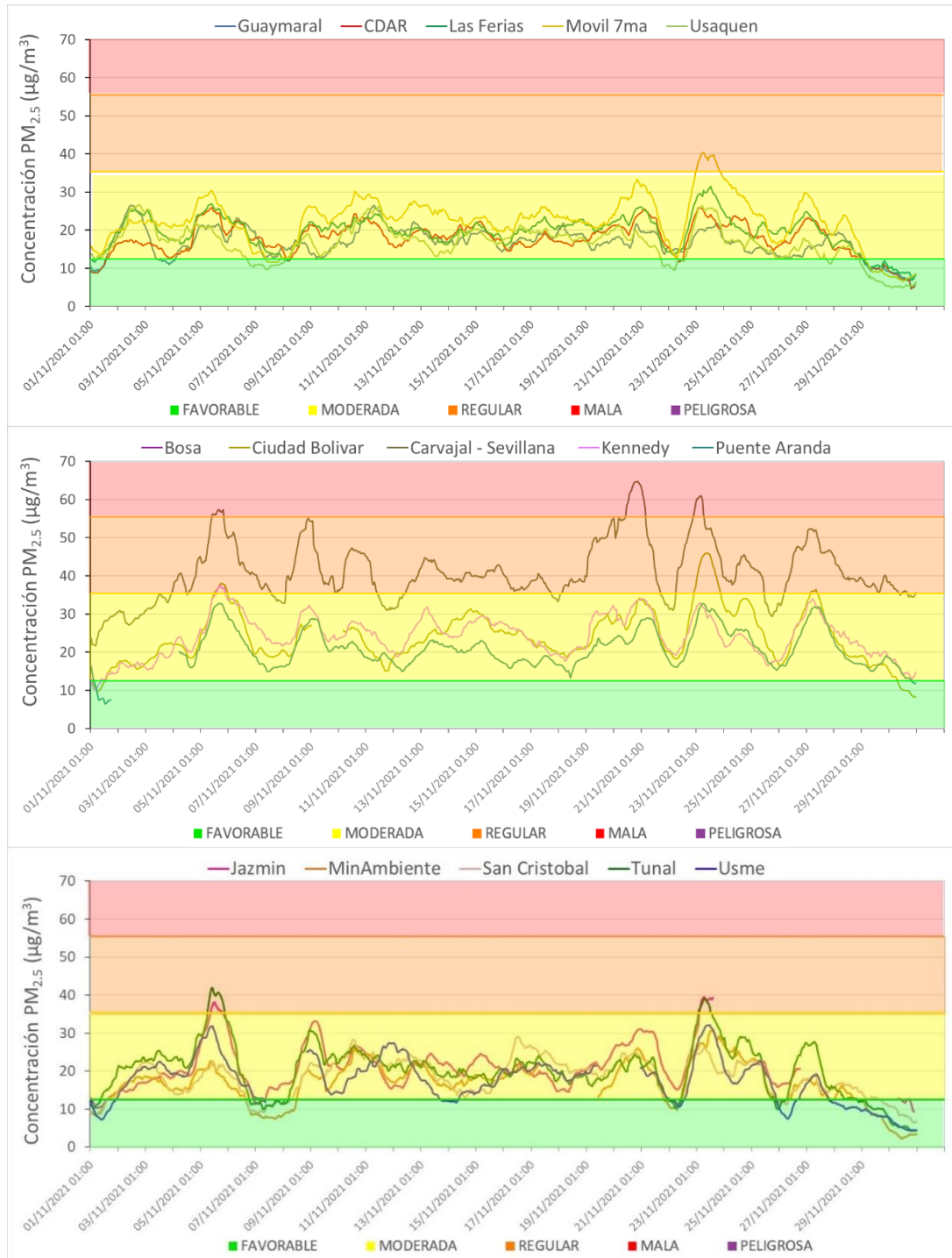


METROLOGIA, MONITOREO Y MODELACIÓN

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

Código: PA10-PR04-M2

Versión: 2



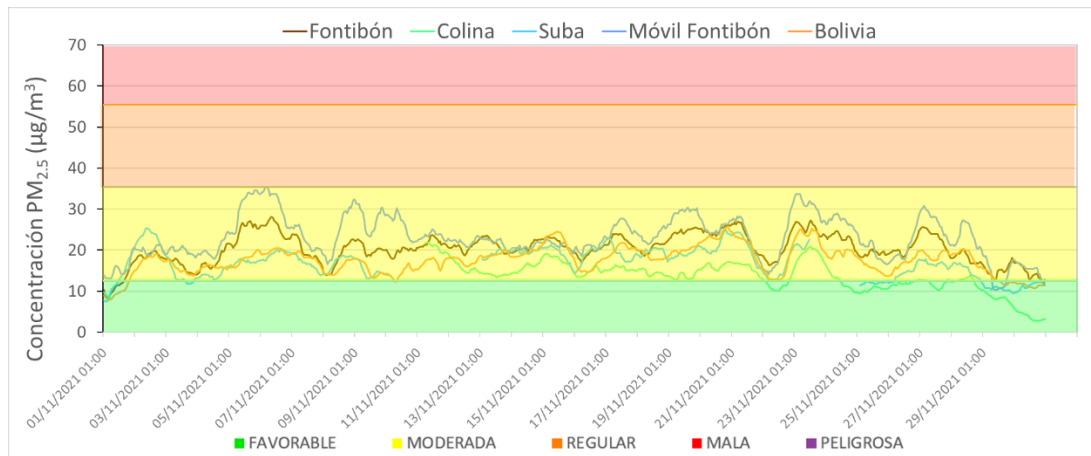


Figura 21. Concentraciones media móvil 24 h $PM_{2.5}$ noviembre 2021

En la Figura 22 se puede observar el comportamiento de la contaminación atmosférica en la mañana y la tarde del día 15 de noviembre en la zona suroccidental de la ciudad, que corresponde al lunes de la tercera semana del mes. Se registraron diferentes condiciones durante el mes, evidenciando en algunos días mañanas despejadas y tardes muy nubladas, con precipitaciones altas en varias zonas de la ciudad, con lo cual se observaron picos altos de concentración de contaminantes en horas de la mañana. También se observaron mañanas con nubosidad y bajas temperaturas, lo cual incidió en el incremento de las concentraciones, principalmente en las horas de mayor tráfico vehicular.



Figura 22. Fotografía del suroccidente de la ciudad mañana y tarde. Noviembre 15 de 2021

9. COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS

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

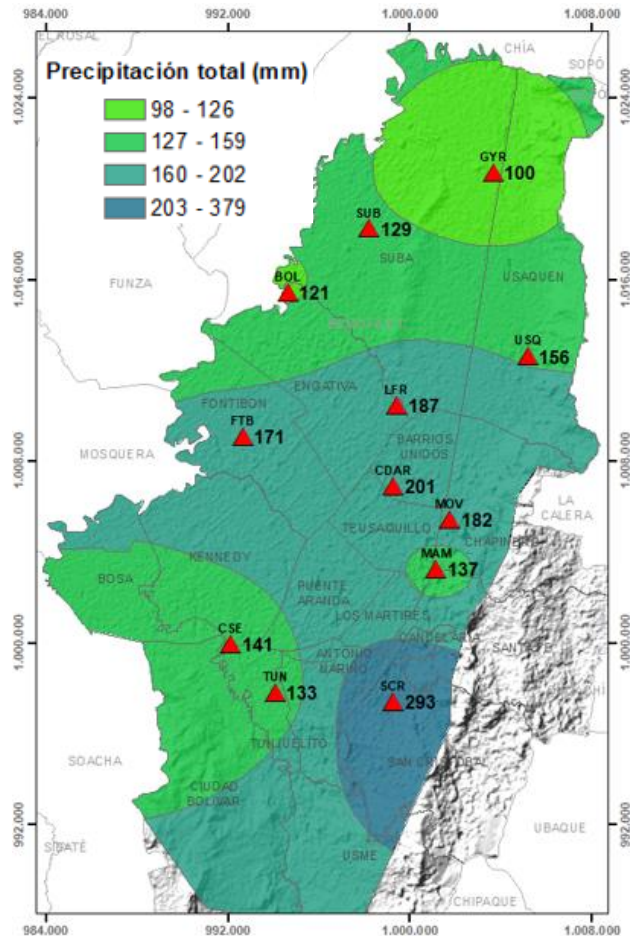


Figura 23. Mapa de la precipitación mensual total (mm) - noviembre 2021

En noviembre se registraron acumulados de precipitación que fluctuaron entre 100 mm al norte de la ciudad y 293 mm al suroriente, poco menos que durante el mes de octubre. Los mayores acumulados se reportaron hacia el sector de San Cristóbal, en una franja distribuida de oriente a occidente en el centro geográfico de la ciudad, donde las precipitaciones fluctuaron entre 170 mm a 200 mm aproximadamente. Aunque las concentraciones de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5}, presentaron un ligero incremento, este se podría atribuir a una reducción en las cantidades de agua precipitada. Cabe anotar que en el mes de noviembre las concentraciones de material particulado se redujeron hacia el flanco norte y centro oriente, posiblemente con la contribución de las lluvias por el mecanismo de arrastre. Ver Figura 23 y Figura 24.

El número de días con lluvia alcanzó valores cercanos a los 25 días como los registrados en las estaciones de CDAR y Guaymaral. Relacionando el número de días con lluvia y los totales acumulados, se podría inferir que las lluvias más intensas ocurrieron en los sectores de la ciudad donde se presentaron mayores acumulados y menores días con precipitación y viceversa. De allí que, las bajas concentraciones de material particulado hacia el centro oriente, y sur de la ciudad, pueden estar asociados, en parte, a las lluvias ocurridas en la franja visible en la Figura 23.

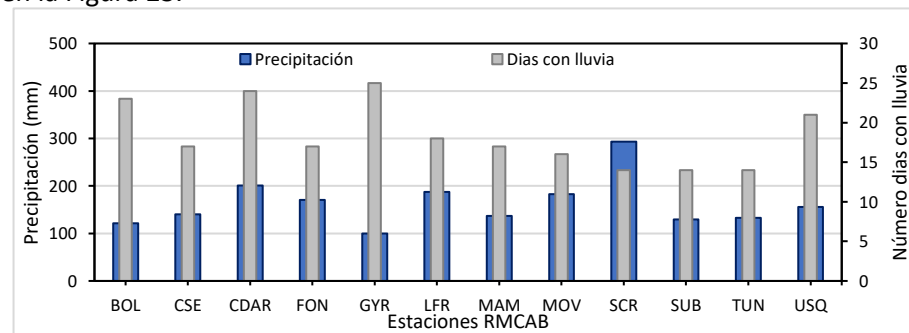


Figura 24. Precipitación media mensual y número de días con precipitación - noviembre 2021

9.2. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LA TEMPERATURA

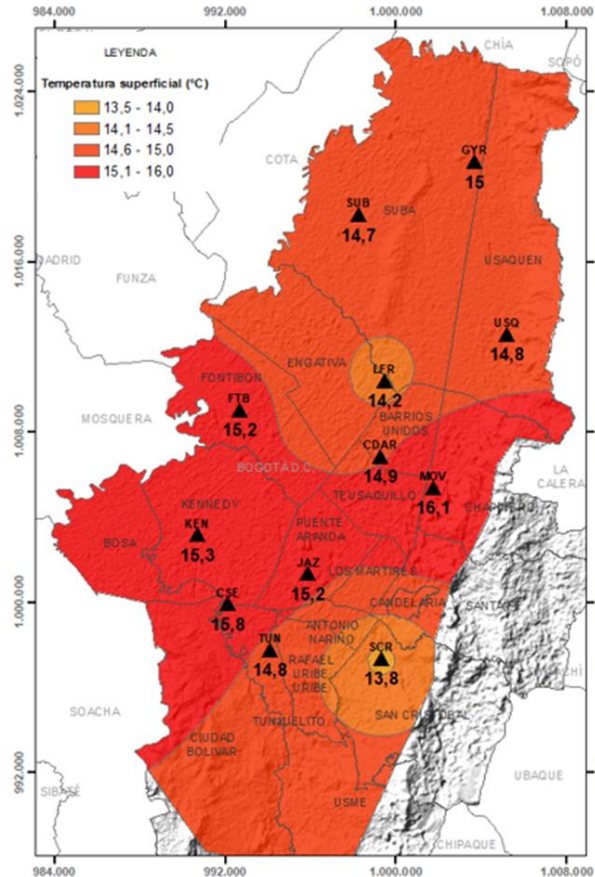


Figura 25. Mapa del promedio de temperatura superficial de las estaciones de la RMCAB con base en el método de interpolación de Kriging – noviembre 2021

En noviembre, la temperatura media superficial presentó un descenso de 0,2 °C hacia el norte de la ciudad con respecto al mes anterior. En el resto de la ciudad las temperaturas fueron semejantes a lo registrado durante el mes de octubre con temperaturas de entre 13,8 °C hasta 15,8 °C. Ver Figura 25.

Las temperaturas máximas absolutas se registraron en las estaciones de Tunal (26,3 °C), CDAR (25,5 °C), Kennedy (24,2 °C) y Suba (25,1 °C). Las mínimas absolutas en las estaciones de Tunal (4,4 °C), Suba (5,6 °C), Guaymaral (5,7 °C), CDAR (5,6 °C). Ver Figura 26.

Semejante a lo registrado en el mes anterior, las mayores amplitudes que favorecen la expansión de la capa límite y dispersión de contaminantes en las zonas tropicales, por convección térmica, ocurrieron hacia los sectores de Tunal, Suba, CDAR, y Guaymaral, en orden de importancia.

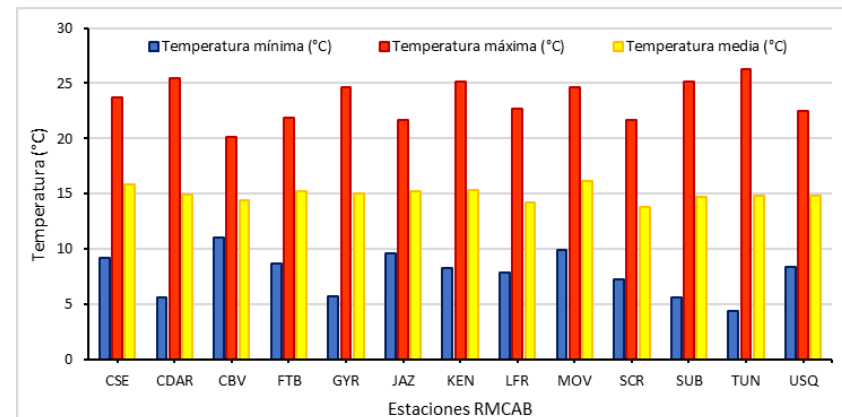


Figura 26. Temperaturas medias, máximas y mínimas absolutas por estación - noviembre 2021

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

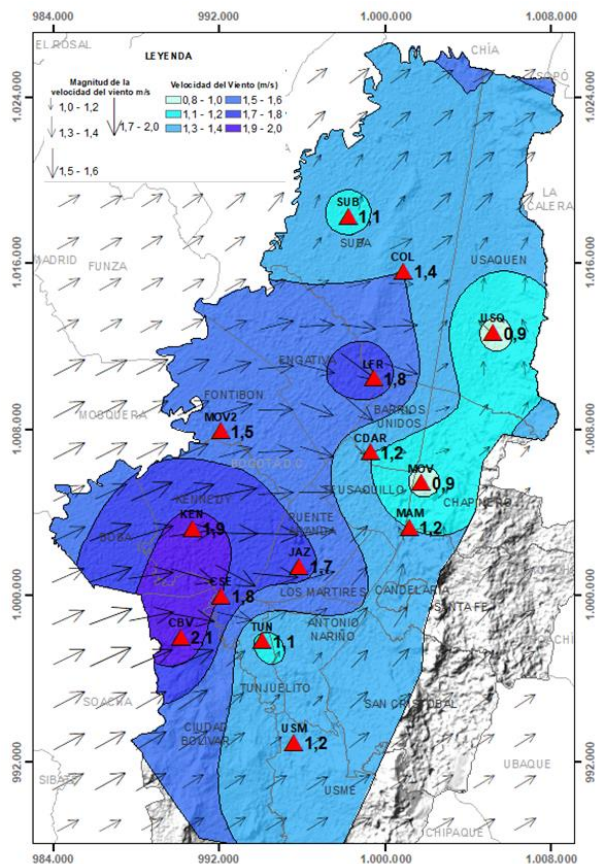


Figura 27. Velocidad promedio (Superficie en colores) y Dirección promedio (Vectores) del Viento de Bogotá con base en la interpolación de Kriging - noviembre 2021

Al igual que en el mes anterior, durante noviembre de 2021 predominaron los vientos del suroccidente, situación usual de este segundo periodo del año. Este patrón de flujo hace favorable no solo la formación de nubes y consecuente precipitación, sino la introducción de contaminantes de zonas aledañas a la ciudad. Este comportamiento tiende a incrementar las concentraciones de contaminantes hacia el flanco oriental debido freno que ejercen los cerros orientales en el flujo de los vientos favoreciendo la acumulación de contaminantes, que normalmente son registrados por la estación Móvil 7ma. Como se ha indicado de manera recurrente son vientos de escala local provenientes del valle Magdalena, que cargados de humedad son responsables de la formación de nubes de gran desarrollo vertical a lo largo de la franja de los cerros orientales, con la consecuente ocurrencia de fuertes lluvias. Ver Figura 27.

Como suele ocurrir, las velocidades máximas se presentaron hacia el sur occidente de la ciudad con velocidades máximas de 8,0 m/s como se registraron en la estación de Jazmín. Otros sectores de la ciudad con valores máximos fueron MinAmbiente (7,2 m/s) y Las Ferias (6,4 m/s). Ver Figura 28.

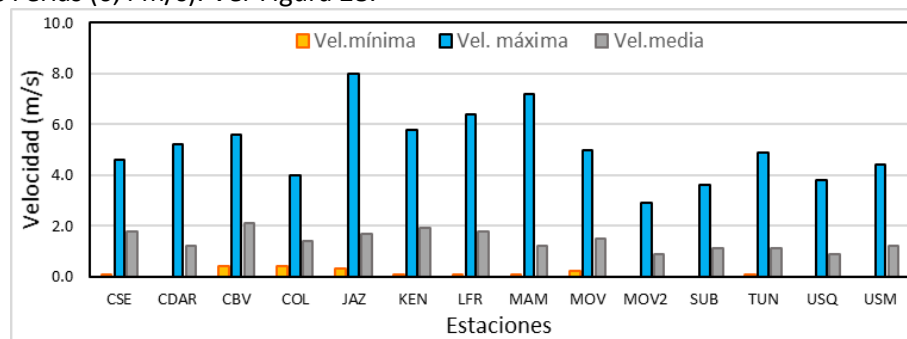


Figura 28. Velocidad del viento media, máxima y mínima absolutas por estación - noviembre 2021

| | | |
|---|---|------------|
|  | 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 las estaciones Carvajal-Sevillana y Kennedy, mientras que los menores valores se observaron en la zona norte de la ciudad. Carvajal-Sevillana tuvo el promedio mensual más alto de PM₁₀ (78,7 µg/m³) y de PM_{2.5} (41,3 µg/m³); se registraron en total 21 excedencias de PM₁₀ y 21 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) y Usaqué registró el promedio más alto de O₃ del mes. Las estaciones Puente Aranda y Jazmín también registraron altos niveles de NO₂. El O₃ se ha incrementado en otras zonas de la ciudad, registrando promedios altos en Tunal, Fontibón y Ciudad Bolívar, en las que los promedios mensuales fueron cercanos a 30 µg/m³.
- Las estaciones Kennedy y Fontibón, al sur occidente y occidente de la ciudad, registraron el promedio más alto de concentración de Black Carbon equivalente, las concentraciones más altas se observaron hacia la tercera y cuarta semana del mes, mientras que los registros más bajos se obtuvieron en San Cristóbal en la primera semana del mes. En noviembre de 2021 hubo predominancia de Black Carbon proveniente de la quema de combustibles fósiles en fuentes móviles y fijas, lo cual fue observado en las estaciones Fontibón, Kennedy y Las Ferias entre el 20 y 21 de noviembre.
- Con respecto al índice IBOCA en noviembre 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 72%, sin embargo, en la estación Carvajal-Sevillana prevaleció la condición “regular” por mayor tiempo, con un 73% del mes, por influencia del aumento de las concentraciones de material particulado asociadas al tráfico vehicular los sectores cercanos a la estación y a la influencia de las condiciones atmosféricas en la reducción de la capacidad de dispersión de contaminantes.
- En el mes de noviembre 2021 se registraron precipitaciones similares a las del mes anterior, entre 100 y 293 mm en el mes, siendo la estación San Cristóbal la que registró los niveles más altos. Se registraron además hasta 25 días de lluvia.
- En relación con la temperatura superficial, los niveles registrados fueron similares a los del mes anterior, a excepción de la zona norte que evidenció una reducción sobre los valores de octubre. El valor máximo horario se registró en Tunal, con 23,3 °C, y en la misma estación se observó el valor mínimo horario, con 4,4 °C.
- Durante noviembre de 2021 predominaron los vientos provenientes del suroccidente de la ciudad, que además de incidir en la acumulación de contaminantes e incremento de las concentraciones, arrastraron nubes con humedad e influenciaron el incremento de la precipitación. La velocidad del viento más alta se observó hacia el suroccidente de la ciudad, mientras que los menores valores se evidenciaron en la zona nororiental.

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 | 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 | 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 | X | | | |
| Fontibón | FTB | 4°40'41.67"N | 74°8'37.75"W | 2551 | 11 | Fontibón | Urbana | De tráfico | Carrera 104 # 20 C-31 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | X | |
| Puente Aranda | PTE | 4°37'54.36"N | 74°7'2.94"W | 2590 | 10 | Puente Aranda | Urbana | Industrial | Calle 10 # 65-28 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | |
| Kennedy | KEN | 4°37'30.18"N | 74°9'40.80"W | 2580 | 3 | Kennedy | Urbana | De fondo | Carrera 80 # 40-55 sur | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | |
| Carvajal - Sevillana | CSE | 4°35'44.22"N | 74°8'54.90"W | 2563 | 3 | Kennedy | Urbana | Tráfico / Industrial | Autopista Sur # 63-40 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | | | |
| Tunal | TUN | 4°34'34.41"N | 74°7'51.44"W | 2589 | 0 | Tunjuelito | Urbana | De fondo | Carrera 24 # 49-86 sur | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| San Cristóbal | SCR | 4°34'21.19"N | 74°5'1.73"W | 2688 | 0 | San Cristóbal | Urbana | De fondo | Carrera 2 Este # 12-78 sur | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | 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 30 de septiembre 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 =

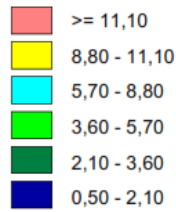
T: temperatura absoluta [K]

11.4. ROSAS DE LOS VIENTOS

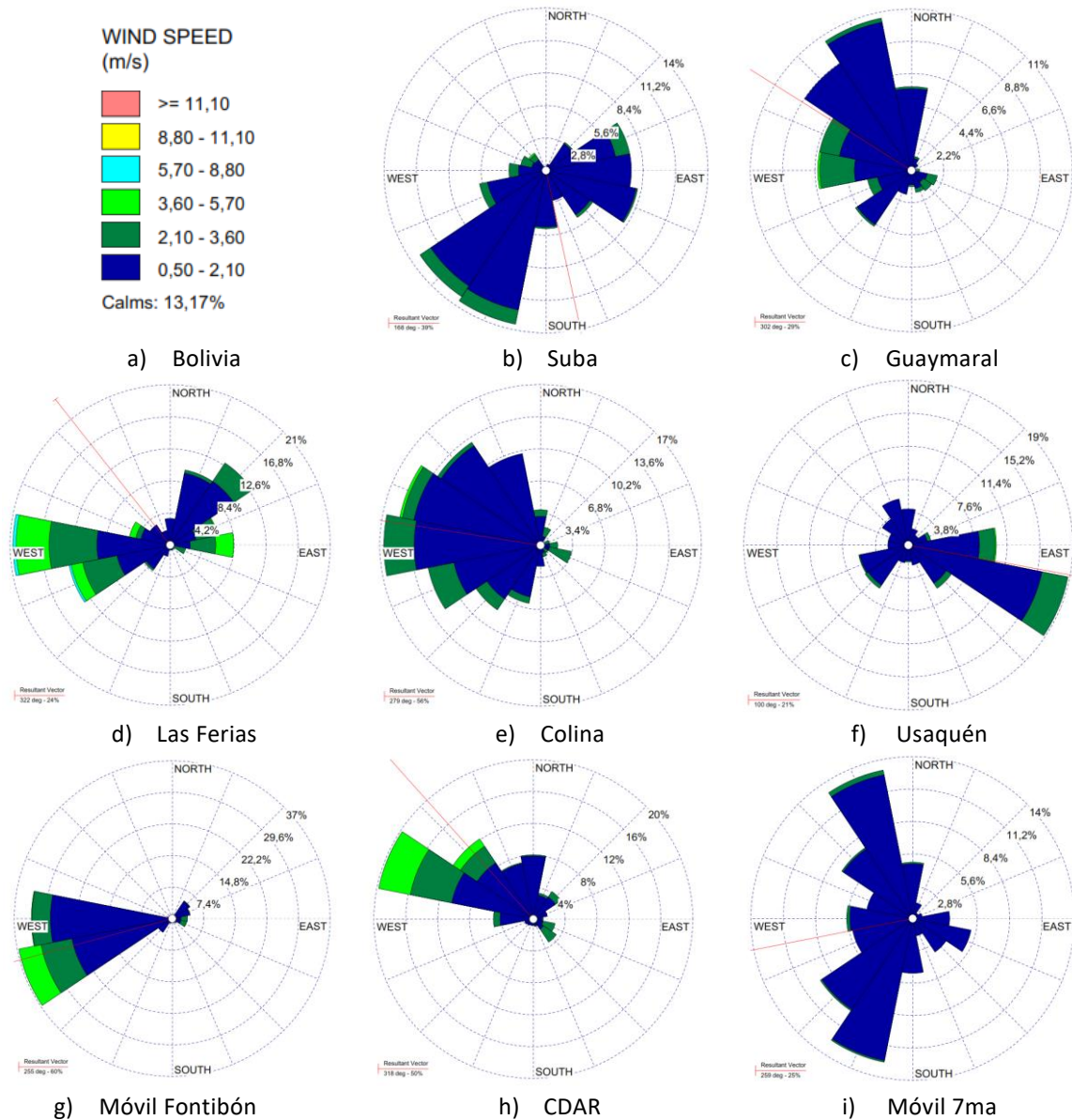
Información adicional respecto del comportamiento los vientos en cada una de las estaciones, se presenta en la Figura 29. Cada rosa de vientos que se presenta en dicha figura describe la frecuencia y dirección en cada sector que representa las estaciones de la RMCAB durante el mes de noviembre de 2021. Las Rosas contiene no solamente la frecuencia y magnitud de la velocidad del viento, sino el vector resultante (en línea roja) en cada estación durante este mes; es decir, la dirección de donde provienen y hacia dónde se dirigen los vientos durante el periodo

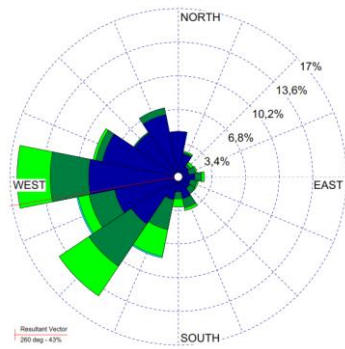
analizado. La estación móvil de Fontibón presentó el mayor porcentaje de predominio con vientos del occidente en un 37% con velocidades entre 0,5 m/s a 5,7 m/s aproximadamente. Así mismo, la estación de Carvajal - Sevillana con vientos del noroccidente en un 23% aproximadamente con magnitudes de entre 0,5 m/s a 5,7 m/s. Estas rosas se presentan para aquellas estaciones que superaron el criterio de representatividad temporal superior al 75%.

WIND SPEED
(m/s)

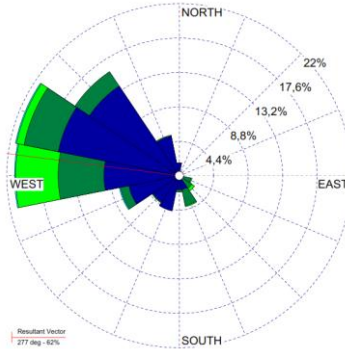


Calms: 13,17%

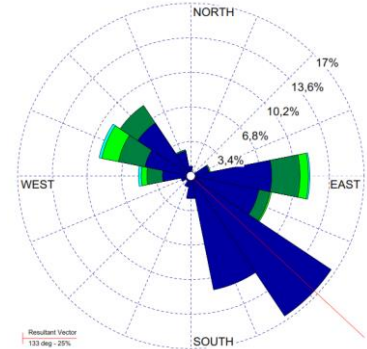




j) Kennedy

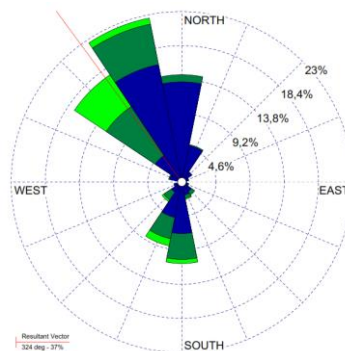


k) Jazmín

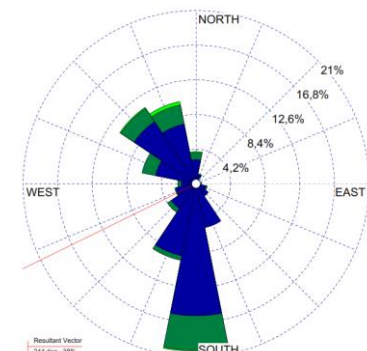


l) MinAmbiente

N.A

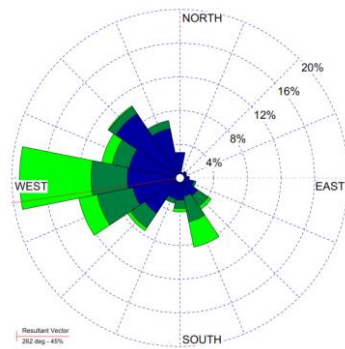


m) Bosa

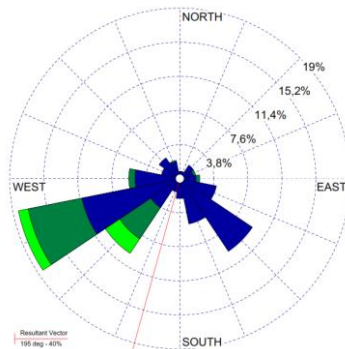


n) Carvajal

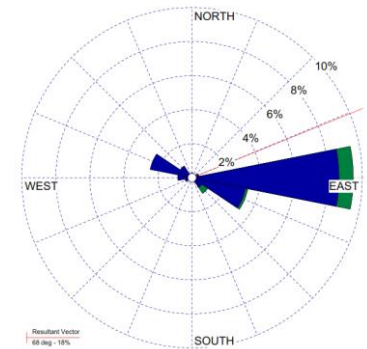
o) Usme



p) Ciudad Bolívar



q) Tunal



r) San Cristóbal

Figura 29. Rosas de los vientos – noviembre de 2021

FIN DEL INFORME