



INFORME MENSUAL DE CALIDAD DEL AIRE EN BOGOTÁ

Abril 2020

Estación Fontibón

Red de Monitoreo de Calidad del Aire
de Bogotá - RMCAB



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

BOGOTÁ
Secretaría de Ambiente



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 de la RMCAB

Luis Álvaro Hernández González
Coordinador Técnico de la RMCAB

Leonardo Quiñones Cantor
Profesional Especializado del SATAB

Daissy Lizeth Zambrano Bohórquez
Eaking Ballesteros Urrutia
Edna Lizeth Montealegre Garzón
Zaira Natalia Torres Castro
Grupo de Validación y Análisis de la RMCAB

Darío Alejandro Gómez Flechas
Henry Ospino Dávila
Luz Dary González González
Jesús Alberto Herrera Dallos
Grupo de Operación de la RMCAB

1 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 PM₁₀, PM_{2.5}, O₃, SO₂, NO₂ y CO, y las variables meteorológicas precipitación, temperatura, presión atmosférica, radiación, solar, velocidad y dirección del viento. A continuación, se presenta el análisis de los datos registrados durante el mes de abril de 2020, teniendo en cuenta que se muestran los resultados que tuvieron una representatividad temporal mayor al 75% del tiempo.

En la siguiente tabla se muestran las estaciones activas para el mes de abril de 2020, las abreviaturas de las estaciones usadas en las tablas y gráficas, y los números con los que se identifican en los mapas.

Estación	Guaymaral	Usaquén	Suba	Las Ferias	Centro de Alto Rendimiento	MinAmbiente	Móvil 7ma	Fontibón	Puente Aranda	Kennedy	Carvajal-Sevillana	Tunal	San Cristóbal
Abrev.	GYR	USQ	SUB	LFR	CDAR	MAM	MOV	FTB	PTE	KEN	CSE	TUN	SCR
No. Estación	8	1	11	6	5	2	12	14	13	9	3	4	7

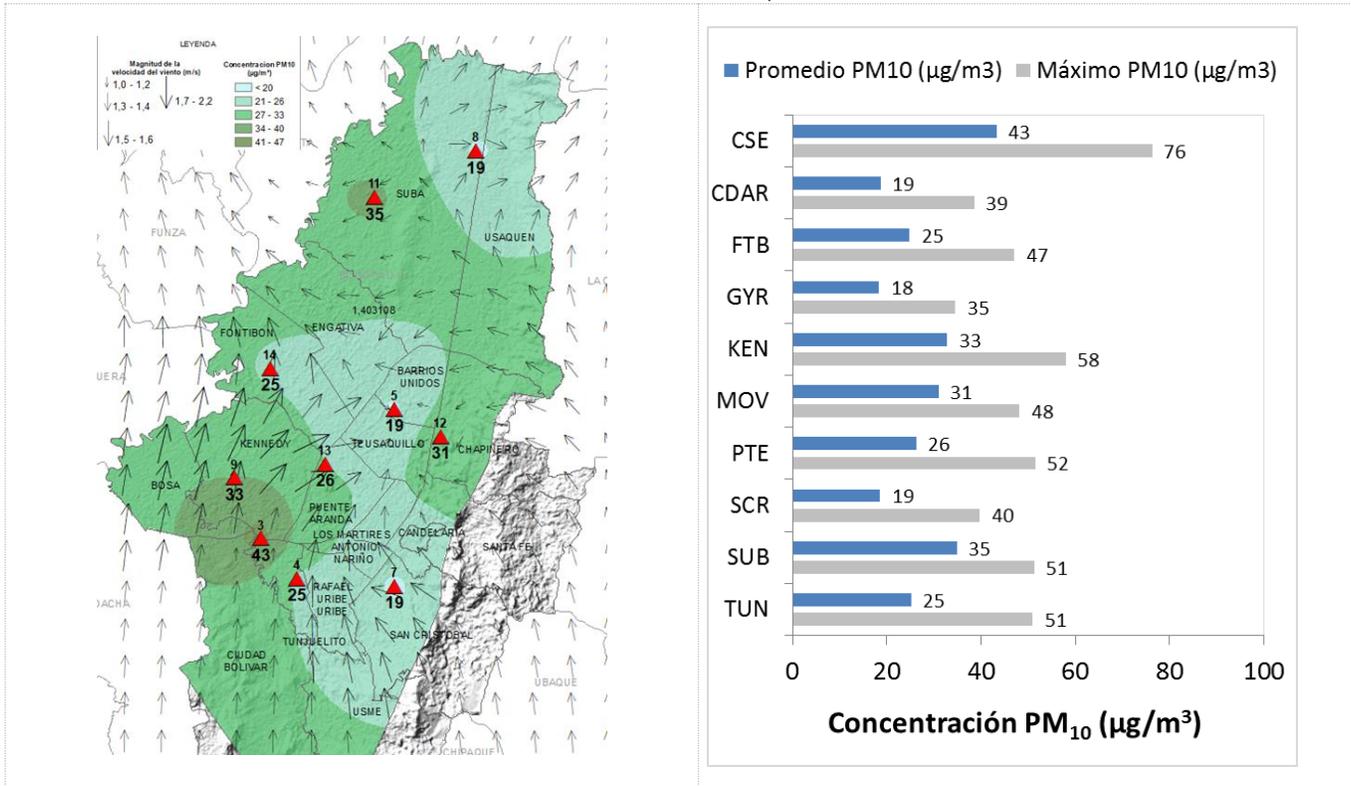
2 COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE PM₁₀

La Tabla 1 muestra los datos obtenidos para material particulado PM₁₀ en el mes de abril de 2020, incluyendo las concentraciones promedio mensuales, concentraciones diarias máximas, número de excedencias a la norma diaria establecida por la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y porcentaje de datos válidos en el mes (de acuerdo al total de datos diarios registrados), además de la distribución espacial de las concentraciones.

En este mes, las concentraciones promedio mensual más altas se presentaron en la zona suroccidente de la ciudad en la estación Carvajal - Sevillana (**43.3 µg/m³**) y en la zona noroccidente en la estación Suba (**34.9 µg/m³**), mientras que las menores concentraciones se registraron en la zona norte en la estación Guaymaral (**18.4 µg/m³**) y en la zona sur en la estación San Cristóbal (**18.6 µg/m³**). Las concentraciones máximas diarias más altas para el mes corresponden a **76.4 µg/m³** en la estación Carvajal - Sevillana, y **58.0 µg/m³** en Kennedy; la concentración diaria máxima registrada Carvajal-Sevillana sobrepasó el nivel máximo definido por la norma nacional diaria (75 µg/m³).

Debido a las restricciones de movilidad que se establecieron en la ciudad por causa de la contingencia del COVID-19, se redujeron notablemente las concentraciones de PM₁₀ en la ciudad, aunque la zona occidental se mantiene con las concentraciones más altas en la ciudad.

Tabla 1. Resumen de datos de PM₁₀ para abril de 2020



Estación	CSE	CDAR	FTB	GYR	KEN	LFR*	MAM*	MOV	PTE	SCR	SUB	TUN	USQ*
Promedio PM₁₀ (µg/m³)	43.3	18.7	24.9	18.4	32.8	23.1	19.9	31.1	26.3	18.6	34.9	25.2	16.2
Máxima PM₁₀ (µg/m³)	76.4	38.6	47.1	34.6	58.0	41.4	33.8	48.2	51.5	39.8	51.3	51.0	25.3
Excedencias 24h	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Datos válidos (%)	97%	100%	100%	100%	100%	67%	73%	87%	100%	100%	100%	100%	37%

*Las concentraciones en estas estaciones son indicativas dado que la representatividad de los datos es menor al 75%

En el mes de abril de 2020, las estaciones Las Ferias, MinAmbiente y Usaquén registraron un porcentaje de datos válidos menor al 75%. En las dos primeras estaciones se registraron algunos datos atípicos, y se realizó mantenimiento a los monitores, por lo cual no se los datos registrados en algunas horas fueron invalidados. En la estación Usaquén se evidenciaron varios cruces de los datos de PM₁₀ con los datos de PM_{2.5}, por lo cual se invalidaron varios registros a lo largo del mes.

La Figura 1 presenta las concentraciones diarias de PM₁₀ del mes comparadas con el valor máximo establecido por la norma nacional. De acuerdo con la ubicación, se observa que las concentraciones más altas de PM₁₀ se presentaron en el suroccidente de la ciudad (Carvajal-Sevillana, Kennedy), principalmente en la mitad de abril. Las concentraciones diarias más bajas se observaron en la zona oriental, en la zona de influencia de las estaciones MinAmbiente y San Cristóbal. En este periodo se registró solamente una (1) excedencia con respecto a la norma nacional diaria de PM₁₀ según la

Resolución 2254 de 2017 del MADS ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$), en la estación Carvajal-Sevillana.

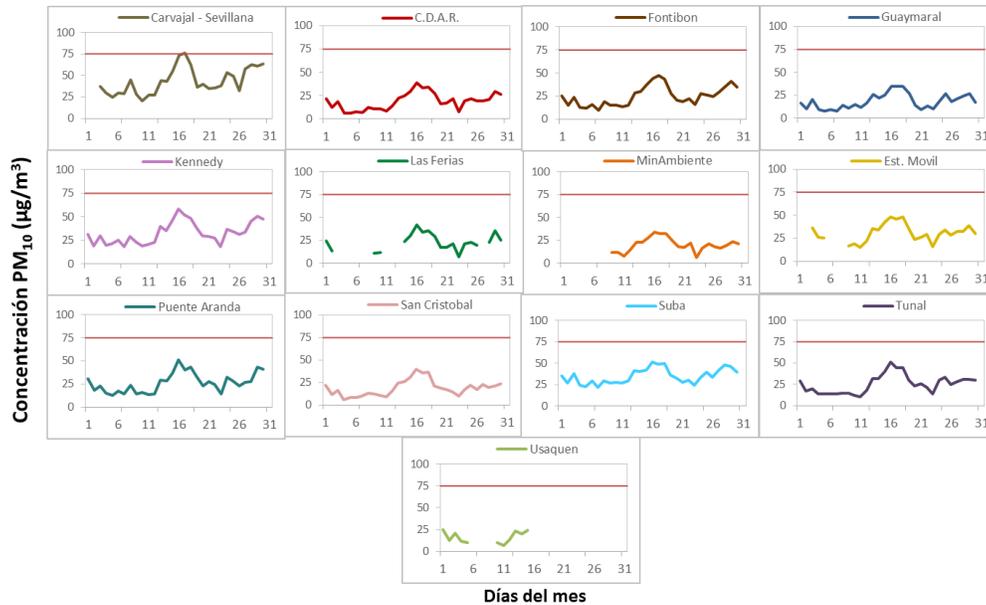


Figura 1. Comportamiento de las concentraciones diarias de PM_{10} para abril de 2020

La Figura 2 presenta el comportamiento interanual de las concentraciones promedio mensual de PM_{10} para el mes de abril en los últimos 4 años. Se observa que las concentraciones mensuales del año 2020 son las más bajas de los últimos cuatro años en todas las estaciones, la mayor reducción respecto al año 2019 se evidenció en la estación Carvajal-Sevillana, con $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En el mes de abril las estaciones del suroccidente han registrados las concentraciones más altas desde el 2017, además este año registró las concentraciones más altas en la mayoría de las estaciones.

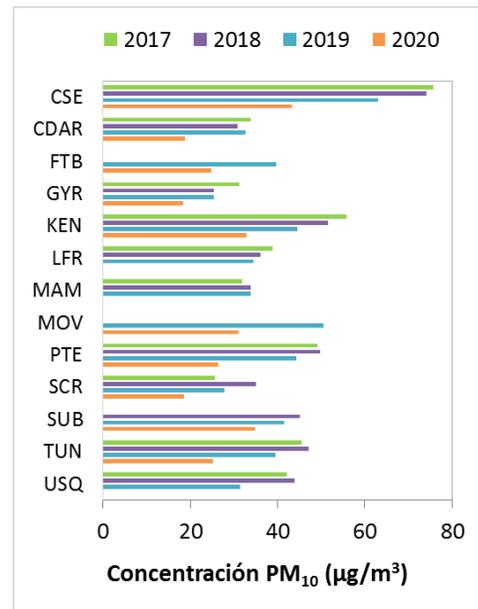


Figura 2. Comportamiento interanual de las concentraciones de PM_{10} (2017-2018-2019-2020) para los meses de abril

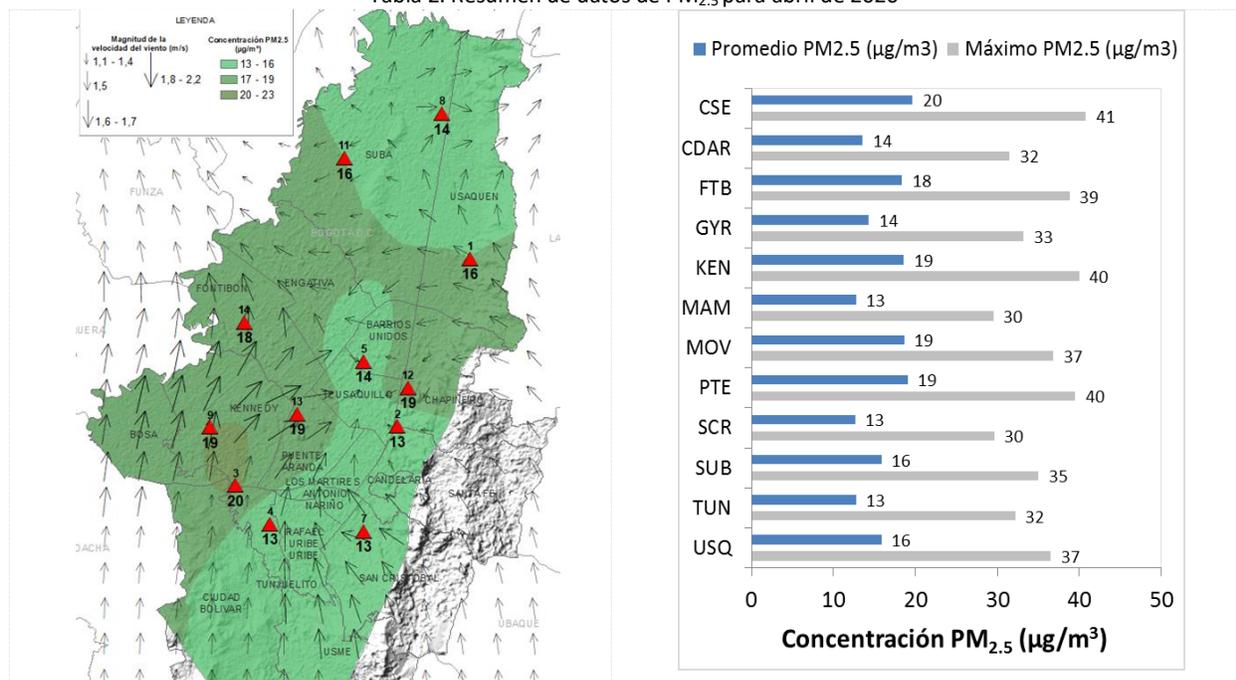
3 COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE PM_{2.5}

La Tabla 2 muestra los datos obtenidos para material particulado PM_{2.5} en el mes de abril de 2020, incluyendo las concentraciones promedio mensuales, concentraciones diarias máximas, número de excedencias a la norma diaria establecida por la Resolución 2254 de 2017 del MADS y el porcentaje de datos válidos en el mes (de acuerdo al total de datos diarios registrados), además de la distribución espacial de las concentraciones.

Se evidencia que las concentraciones promedio mensuales más altas se presentaron en la zona suroccidental de la ciudad en la estación Carvajal - Sevillana con **19.6 µg/m³** y la estación Puente Aranda con **19.1 µg/m³**; mientras que las menores concentraciones se registraron en la estación de San Cristóbal con **12.6 µg/m³** y en el oriente de la ciudad la estación MinAmbiente con **12.7 µg/m³**. La concentración máxima diaria de PM_{2.5} más alta en el mes fue de **40.8 µg/m³** en la estación Carvajal - Sevillana, seguida de **40.0 µg/m³** en Kennedy; dichas concentraciones máximas excedieron la norma nacional diaria (37 µg/m³).

En este mes se observó un cambio notable en el comportamiento de las concentraciones, debido a las restricciones en la actividad de las fuentes de emisión definidas en los actos administrativos por la cuarentena ante la llegada del COVID-19 a Colombia. Aunque debido al inicio de la temporada de lluvias las concentraciones usualmente descienden en el mes de abril, la reducción fue más acentuada en especial en la zona suroccidente de la ciudad.

Tabla 2. Resumen de datos de PM_{2.5} para abril de 2020



Estación	CSE	CDAR	FTB	GYR	KEN	LFR*	MAM	MOV	PTE	SCR	SUB	TUN	USQ
Promedio PM_{2.5} (µg/m ³)	19.6	13.6	18.4	14.3	18.6	12.6	12.7	18.6	19.1	12.6	15.9	12.8	15.9
Máximo PM_{2.5} (µg/m ³)	40.8	31.5	38.8	33.2	40.0	30.6	29.5	36.8	39.5	29.6	35.0	32.2	36.5
Excedencias 24h	2	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Datos válidos (%)	100%	100%	100%	100%	100%	70%	100%	100%	100%	90%	100%	100%	100%

*Las concentraciones en estas estaciones son indicativas dado que la representatividad de los datos es menor al 75%

El monitor de PM_{2.5} de la estación Las Ferias fue el único que registró un porcentaje de datos válidos menor al 75%, debido a que ha registrado varias interrupciones en la medición por ruptura de la cinta filtro.

La Figura 33 presenta las concentraciones diarias de PM_{2.5} del mes de abril comparadas con el nivel máximo permisible establecido por la norma nacional. De acuerdo con la ubicación, se observa que las concentraciones más altas de PM_{2.5} se presentaron en la zona suroccidente (Carvajal-Sevillana y Kennedy) y en la zona occidental en la estación Fontibón, en la tercera semana del mes; mientras que las concentraciones más bajas se registraron en la zona oriental (San Cristóbal y MinAmbiente), en la primera semana del mes.

En medio de la cuarentena establecida en el país por la contingencia del COVID-19, las concentraciones habían permanecido bastante bajas en todas las estaciones las dos primeras semanas, sin embargo debido a que se registraron incendios en la región de la Orinoquía y en los llanos de Venezuela a mediados de mes, las concentraciones de PM_{2.5} aumentaron notablemente en todas las estaciones, excediendo la norma diaria en las estaciones del occidente de la ciudad. Hacia la cuarta semana los vientos favorecieron la dispersión de contaminantes, y se redujeron los incendios forestales, por lo cual las concentraciones disminuyeron nuevamente.

En abril de 2020 solamente se registraron cinco (5) excedencias a la norma diaria en este mes, dos (2) en Carvajal-Sevillana y una (1) en las estaciones Fontibón, Kennedy y Puente Aranda.

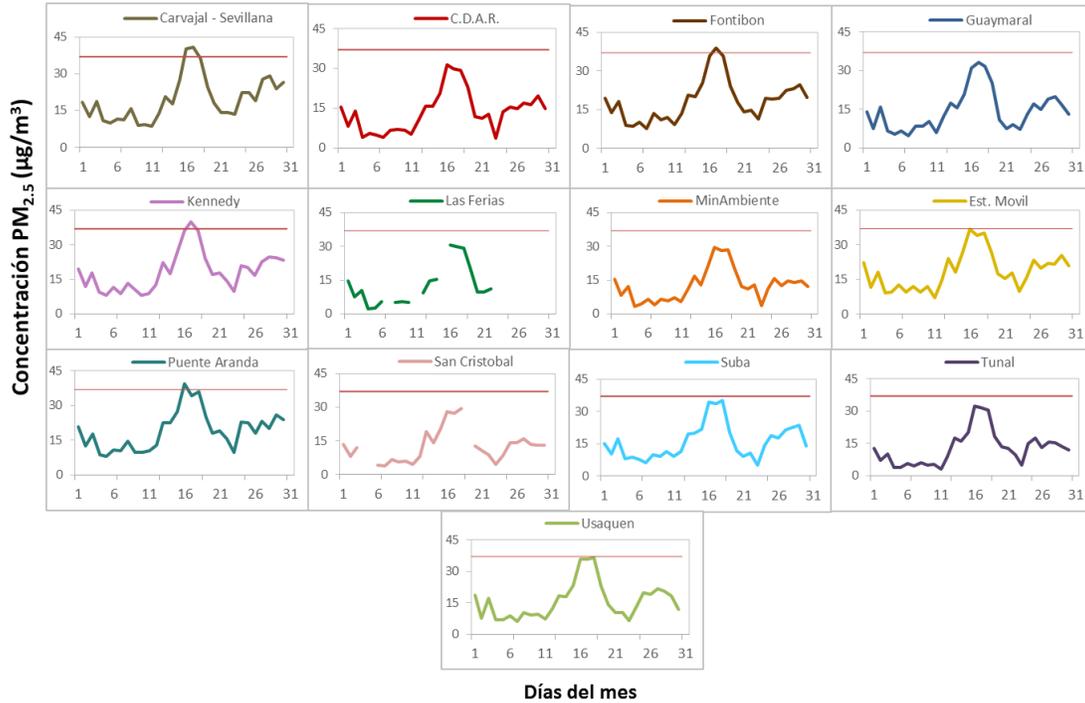


Figura 3. Comportamiento de las concentraciones diarias PM_{2.5} para abril de 2020

La Figura 4 presenta el comportamiento interanual de las concentraciones de PM_{2.5} para el mes de abril en los últimos 4 años. Se evidencia que las concentraciones registradas en el año 2020 han sido las más bajas desde el 2017 para todas las estaciones, la mayor reducción se observó en Carvajal-Sevillana, con 18 µg/m³ respecto al año 2019.

Las concentraciones más altas fueron registradas en las estaciones Carvajal-Sevillana y Móvil 7ma en el año 2019.

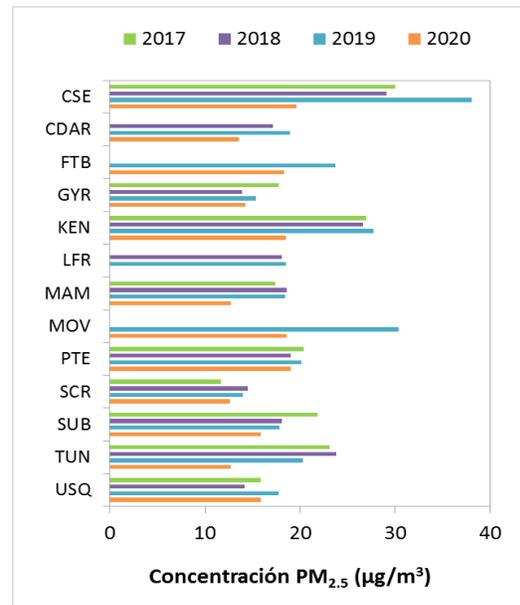


Figura 4. Comportamiento interanual de las concentraciones de PM_{2.5} (2017-2018-2019-2020) para los meses de abril

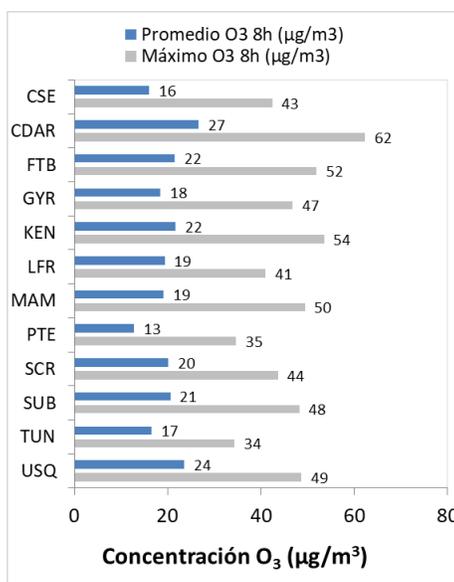
4 COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LA CONCENTRACIÓN DE OZONO (O₃). PROMEDIOS MÓVILES DE 8 HORAS.

La Tabla 3 presenta los datos obtenidos para ozono (O₃) en el mes de abril de 2020, incluyendo los promedios mensuales, concentraciones 8 horas máximas, número de excedencias a la norma 8 horas establecida por la Resolución 2254 de 2017 del MADS y porcentaje de datos válidos en el mes (de acuerdo al total de datos de media móvil 8 horas).

Se observa que las mayores concentraciones como promedio mensual con base en datos media móvil 8 horas se presentaron en el centro de la ciudad, en la estación Centro de Alto Rendimiento con **26.682 µg/m³** y en la zona suroccidente, en Kennedy con **21.695 µg/m³**, mientras que las menores concentraciones se presentaron en la zona occidente, en la estación Puente Aranda con **12.818 µg/m³** y la estación Carvajal - Sevillana **16.049 µg/m³**. Debido a la reducción de la actividad de las fuentes de emisión de contaminantes precursores de ozono, las concentraciones de este último se redujeron respecto al mes anterior, sin embargo, permanece la misma distribución espacial, con altas concentraciones en el centro y el occidente, y bajas concentraciones en la zona suroccidente. La concentración máxima más alta con base en promedios 8 horas fue de **62.400 µg/m³** en la estación Centro de Alto Rendimiento; la cual no excedió la norma nacional 8 horas (100 µg/m³).

Tabla 3. Resumen de datos de O₃ para abril de 2020

Est.	Prom. O ₃ (µg/m ³)	Máx. O ₃ (µg/m ³)	Exc. 8h	Datos válidos (%)
CSE	16.049	42.500	0	100%
CDAR	26.682	62.400	0	100%
FTB	21.595	52.000	0	100%
GYR	18.450	46.800	0	82%
KEN	21.695	53.600	0	100%
LFR	19.439	41.000	0	88%
MAM	19.123	49.500	0	97%
PTE	12.818	34.700	0	97%
SCR	20.159	43.700	0	100%
SUB	20.585	48.300	0	100%
TUN	16.631	34.400	0	100%
USQ	23.651	48.700	0	89%



La Figura 5 5 presenta el comportamiento de los datos promedio media móvil 8 horas durante el mes de abril de 2020 y la comparación respecto a la norma nacional 8 horas. De acuerdo con las gráficas por estación, se observa que las concentraciones más altas de O₃ se presentaron en las zonas centro-occidente de la ciudad, en las estaciones Centro de Alto Rendimiento, Kennedy y Fontibón, durante la tercera semana del mes; mientras que las concentraciones más bajas se observaron en la zona de

influencia de las estaciones Puente Aranda, Carvajal-Sevillana y San Cristóbal, en la cuarta semana del mes. En abril de 2020, no se registraron excedencias de los promedios 8 horas de concentración con respecto a la norma nacional 8 horas de O₃ según la Resolución 2254 de 2017 del MADS (100 µg/m³).

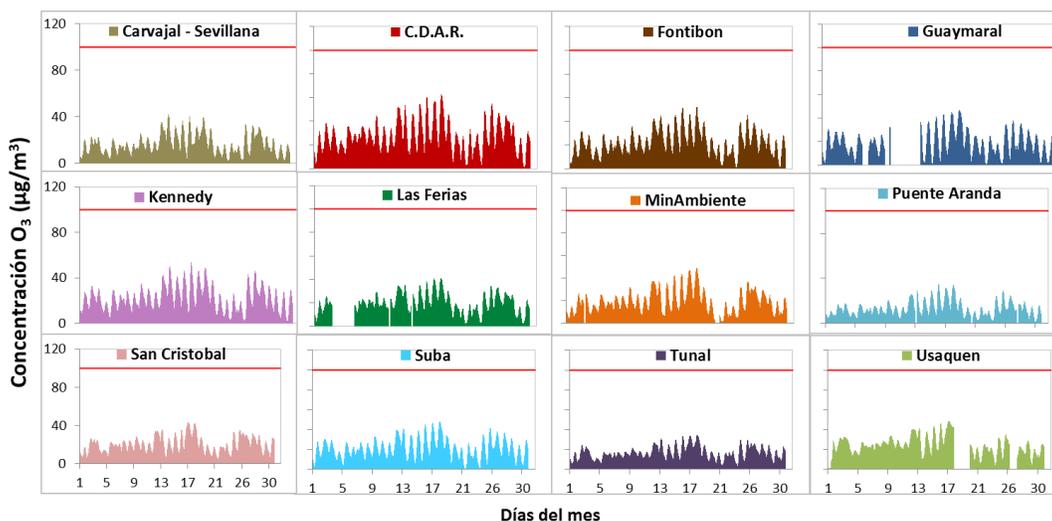


Figura 5. Comportamiento de las concentraciones 8h de O₃ para abril 2020 y comparación con norma nacional.

La Figura 6 muestra el comportamiento interanual de las concentraciones de O₃ del mes de abril en los últimos 4 años. Se observa que las concentraciones registradas en el 2020 fueron menores a las registradas en años anteriores para todas las estaciones, ya que en el 2019 se evidenciaron las concentraciones más altas desde 2017. La mayor reducción en el 2020 respecto al año anterior se observó en la estación MinAmbiente con 22 µg/m³.

En los últimos años se han observado variaciones sobre las zonas con las concentraciones más altas de O₃, en 2017 era la zona nororiental, y actualmente las concentraciones altas predominan en el occidente y centro de la ciudad.

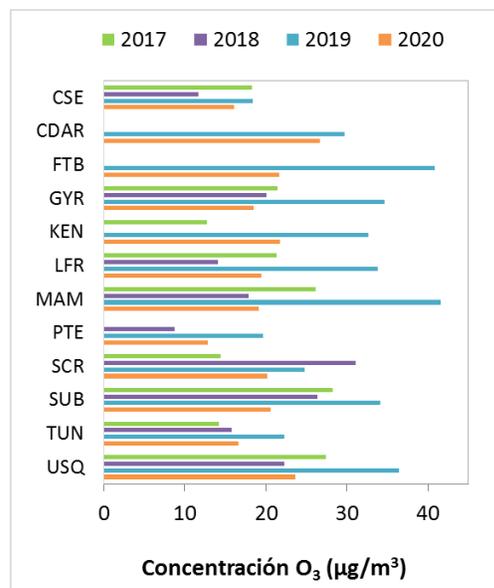


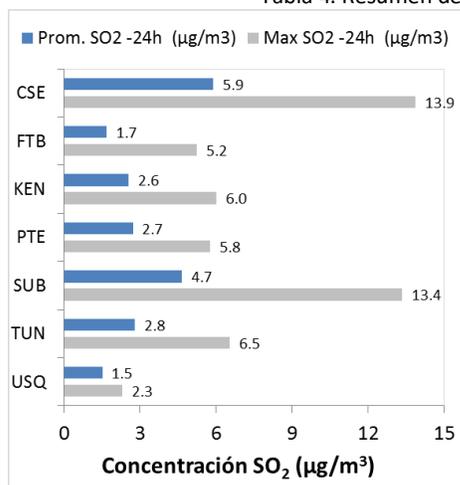
Figura 6. Comportamiento interanual de las concentraciones de O₃ (2017-2018-2019-2020) para los meses de abril

5 COMPORTAMIENTO DIARIO DE LAS CONCENTRACIONES DE SO₂, NO₂, CO.

La Tabla 4, Tabla 5, y Tabla 6 presentan las concentraciones promedio mensuales y máximas de dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂) y monóxido de carbono (CO), correspondientes al mes de abril de 2020. Igualmente se presenta el resumen de datos válidos y las excedencias, donde se observa que las concentraciones de SO₂, NO₂ y CO, presentaron magnitudes relativamente bajas durante el mes, e históricamente las concentraciones se han mantenido por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la normatividad vigente (Resolución 2254 de 2017 del MADS) en sus respectivos tiempos de exposición; y no se registraron excedencias a los niveles máximos permisibles establecidos en dicha norma. Adicionalmente, la afectación a la salud pública causada por los efectos potenciales de estos contaminantes es menor que la generada por el material particulado y el ozono.

En este mes se registraron porcentajes de datos válidos menores al 75% en cinco sensores de gases, uno de SO₂ y cuatro de CO. El SO₂ y CO de CDAR, el CO de Kennedy y el CO de Puente Aranda registraron varios datos de comportamiento atípico durante el mes debido a desajuste del cero, por lo cual se invalidaron los datos. En el caso del sensor de CO en Usaquén, se registraron algunos datos negativos que fueron también invalidados.

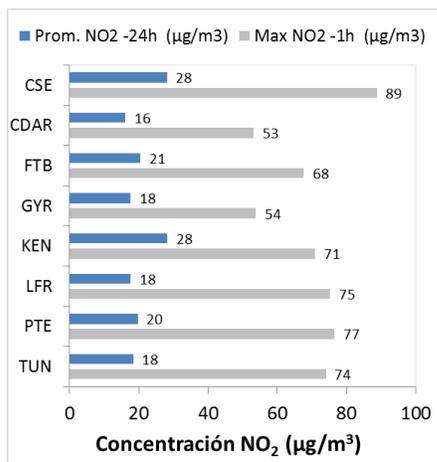
Tabla 4. Resumen de los promedios 24 horas para SO₂, abril 2020.



Est.	Prom. SO ₂ (µg/m ³)	Máx. SO ₂ (µg/m ³)	Exc. 24h	Exc. 1h	Datos válidos (%)
CSE	5.9	13.9	0	0	97%
CDAR*	0.8	1.8	0	0	29%
FTB	1.7	5.2	0	0	97%
KEN	2.6	6.0	0	0	97%
PTE	2.7	5.8	0	0	97%
SUB	4.7	13.4	0	0	94%
TUN	2.8	6.5	0	0	90%
USQ	1.5	2.3	0	0	97%

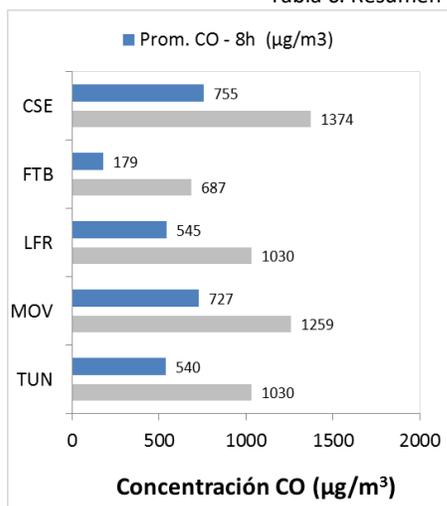
*Las concentraciones en estas estaciones son indicativas dado que la representatividad de los datos es menor al 75%

Tabla 5. Resumen de los promedios diarios y excedencias horarias para NO₂, abril 2020.



Est.	Prom. NO ₂ (µg/m ³)	Máx. 1h NO ₂ (µg/m ³)	Exc. 1h	Datos válidos (%)
CSE	28.2	88.8	0	97%
CDAR	16.1	53.2	0	97%
FTB	20.5	67.7	0	97%
GYR	17.7	53.8	0	84%
KEN	28.3	70.9	0	97%
LFR	17.6	75.2	0	94%
PTE	19.7	76.5	0	97%
TUN	18.4	74.1	0	97%

Tabla 6. Resumen de los promedios 8 horas para CO. abril 2020.



Est.	Prom. CO (µg/m ³)	Máx. CO (µg/m ³)	Exc. 8h	Exc. 1h	Datos válidos (%)
CSE	755.3	1373.9	0	0	97%
CDAR*	466.8	915.9	0	0	56%
FTB	178.9	686.9	0	0	94%
KEN*	552.7	915.9	0	0	51%
LFR	544.5	1030.4	0	0	94%
MOV	727.5	1259.4	0	0	97%
PTE*	450.1	1259.4	0	0	73%
TUN	539.9	1030.4	0	0	97%
USQ*	509.2	915.9	0	0	68%

*Las concentraciones en estas estaciones son indicativas dado que la representatividad de los datos es menor al 75%

6 COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LAS CONCENTRACIONES DE BLACK CARBON

La Red de Monitoreo de Black Carbon – RMBC, se encuentra asociada a la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB, la cual es de propiedad de la Secretaría Distrital de Ambiente. Los instrumentos dispuestos para esta red se encargan de realizar monitoreo los aerosoles atmosféricos, que hace referencia a partículas sólidas o líquidas que se encuentran suspendidas en la atmósfera y cuyo tamaño varía entre 0.001 y 100 µm.

La RMBC cuenta con ocho aethalómetros que funcionan en dos (2) longitudes de onda. La longitud de onda de 880 nm se utiliza para medir la concentración de black carbon (BC) del aerosol, el cual está formado por la combustión incompleta de combustibles fósiles, especialmente diésel, así como

el aporte de las emisiones industriales, domésticas y por quema de biomasa. La longitud de onda de 370 nm proporciona una medida del “componente UV”, es decir, para medir concentraciones de brown carbon (UV-BC) del aerosol proveniente de la quema directa de biomasa, ya sea por la ocurrencia de incendios forestales, así como de la combustión de madera y carbono para la calefacción doméstica y la liberación biogénica de materia húmica, restos vegetales y de hongos.

6.1 COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LAS CONCENTRACIONES DE BLACK CARBON

Las concentraciones promedio mensuales más altas de brown carbon (UV-BC) se presentaron en la zona suroccidental de la ciudad, en las estaciones de Kennedy y Carvajal - Sevillana con 4.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 3.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente; por otro lado, las menores concentraciones se registraron en la zona centro oriental de la ciudad en las estaciones de Las Ferias y Usaquén con 1.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 0.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. Las concentraciones máximas diarias de Brown Carbon (UV-BC) más altas se presentaron en la estación de Kennedy con 20.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en la estación de MinAmbiente con 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Las concentraciones promedio mensuales más altas de black carbon (BC) se presentaron en la zona suroccidental de la ciudad, en las estaciones de Kennedy y Carvajal - Sevillana con 4.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 3.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente; por otro lado, las menores concentraciones se registraron en la zona centro oriental de la ciudad en las estaciones de Las Ferias y Usaquén con 1.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 0.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. Las concentraciones máximas diarias de $\text{PM}_{2.5}$ más altas se presentaron en la zona centro y suroccidental, en la estación de MinAmbiente con 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ seguida por Kennedy con 36.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Adicionalmente, durante el mes de abril, 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 ninguna estación presentó un porcentaje de datos menor al 75%.

Tabla 7. Resumen de datos obtenidos de black carbon en las dos longitudes de onda (UV-BC y BC) abril de 2020.

Estación	Prom. UV-BC	Max. UV-BC	Prom. BC	Max BC	Datos capturados (%)
Carvajal - Sevillana	3.8	19.3	3.7	19.8	100
CDAR	2.6	19.2	2.6	26.9	100
Fontibón	3.3	14.5	3.1	14.7	100
Kennedy	4.5	20.1	4.3	36.1	88
Las Ferias	1.8	9.4	1.6	9.6	99
Min Ambiente	2.5	20	2.6	55	100
Tunal	3.3	19.3	3.1	19.2	100
Usaquén	0.9	0.9	0.9	6.3	100

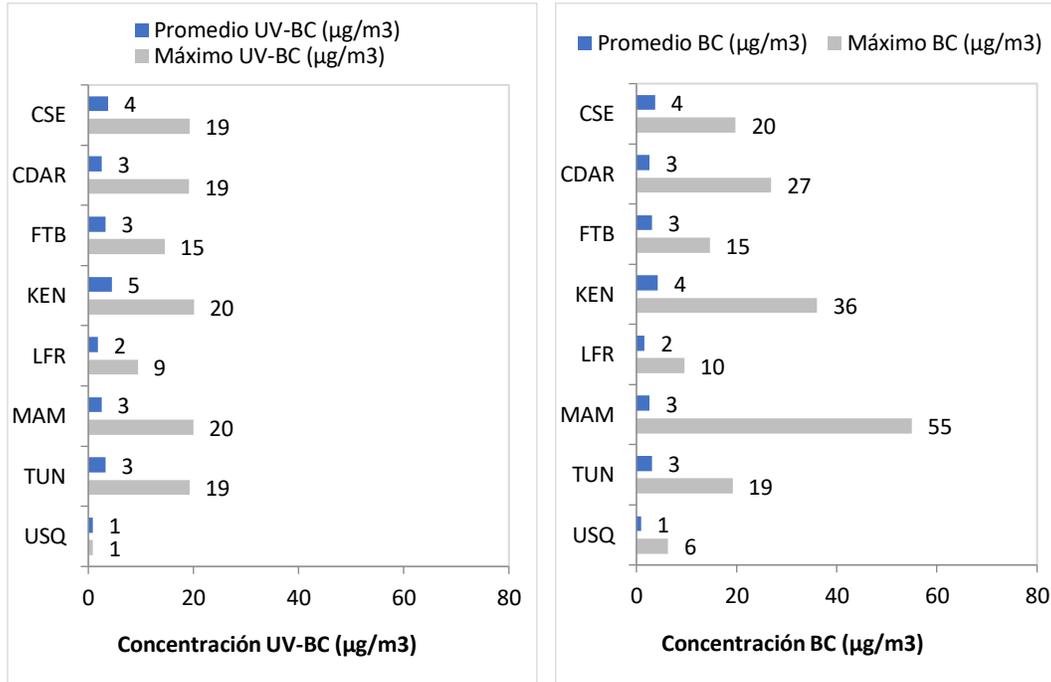


Figura 7. Promedios de concentraciones mensuales, valores máximos para brown carbon (UV-BC) y black carbon (BC) abril de 2020

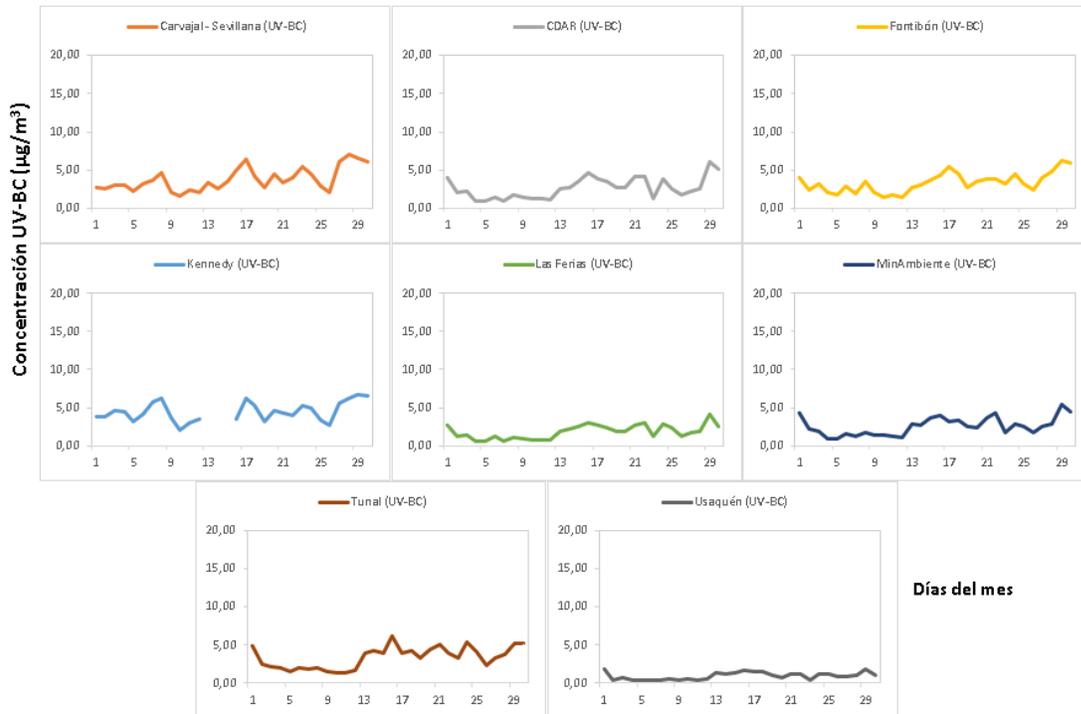


Figura 8. Comportamiento de las concentraciones diarias de brown carbon (UV-BC) para abril de 2020

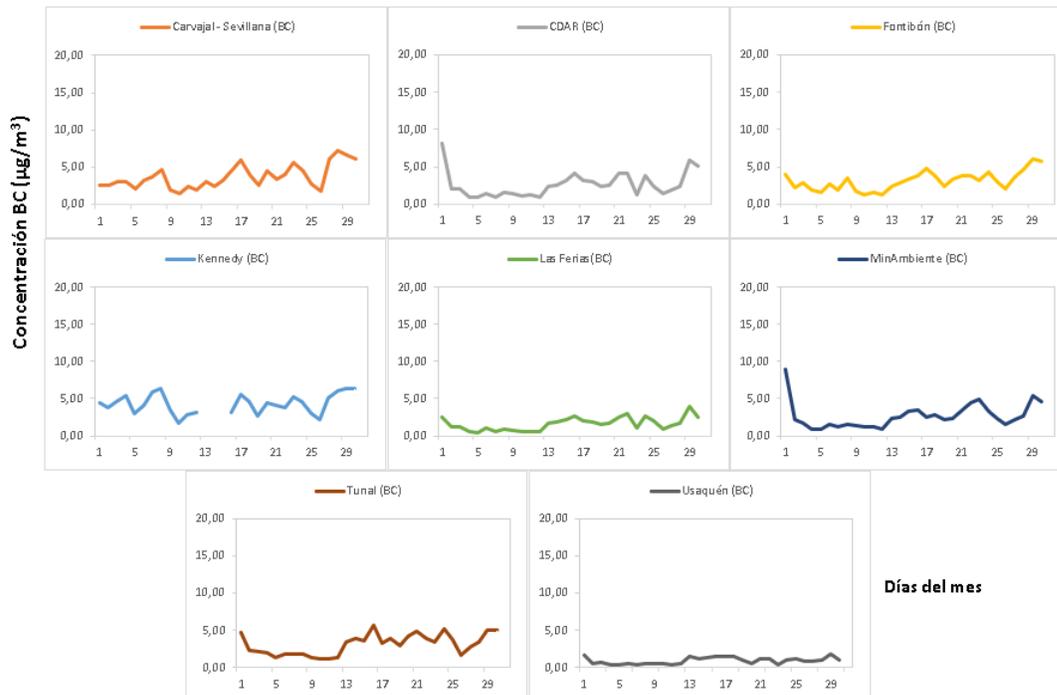


Figura 9. Comportamiento de las concentraciones diarias de black carbon (BC) para abril de 2020

En la Figura 8 y la Figura 9 se presentan las concentraciones diarias de Brown carbon (UV-BC) y Black Carbon (BC). De acuerdo con la ubicación y su comportamiento, las concentraciones más altas se presentaron en las estaciones de Kennedy y Carvajal – Sevillana, presentando un comportamiento constante durante el mes.

Por otro lado, en las estaciones de Centro de Alto Rendimiento Fontibón, Las Ferias, Min Ambiente y Tunal, se evidencia que las concentraciones de Brown Carbon y Black Carbon (BC) fueron menores durante las primeras dos semanas; sin embargo, a partir del día 13 se presenta un leve incremento. Adicionalmente, la estación de Usaquén presenta unas concentraciones de Brown Carbon (UV-BC) y Black Carbon (BC) inferiores a $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Cabe resaltar que durante este mes las concentraciones no superan los $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ debido al periodo de Aislamiento Preventivo Obligatorio que fue declarado a nivel distrital a través del Decreto 090 de 2020 desde el 19 de marzo y a nivel nacional debido a la contingencia por COVID-19 desde el 24 de marzo de 2020.

7 INDICE BOGOTANO DE CALIDAD DEL AIRE (IBOCA)

El Índice Bogotano de Calidad de Aire, IBOCA, adoptado mediante la Resolución Conjunta 2410 de 2015, es un indicador multipropósito adimensional, calculado a partir de las concentraciones de contaminantes atmosféricos que indican el estado de la calidad del aire y que se basa en el contaminante que presenta la mayor afectación a la salud en un momento determinado, sin

embargo, puede ser calculada para cada contaminante prioritario con el fin de establecer la importancia en términos de afectación para cada uno.

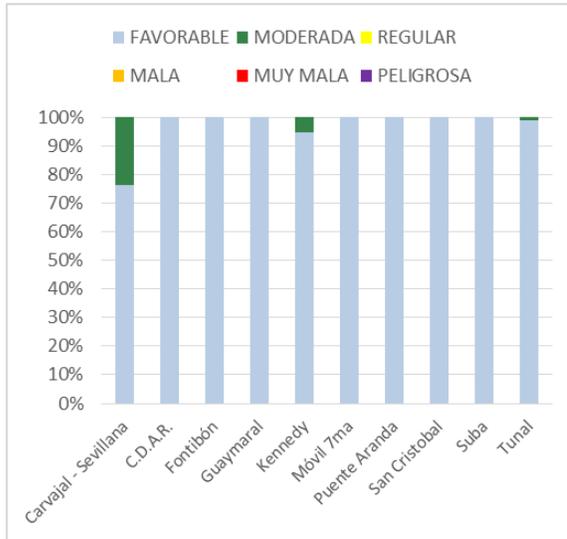


Figura 10. IBOCA para PM₁₀ por estación en abril 2020

La Figura 10 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 abril. Se observa que predomina la categoría “favorable” en todas las estaciones, y la categoría “moderada” se evidenció solamente en las estaciones Carvajal-Sevillana, Kennedy y Tunal. La estación Carvajal Sevillana registró la condición “Moderada” por mayor tiempo, durante un 24% del mes y la condición “Favorable” en el 76% restante.

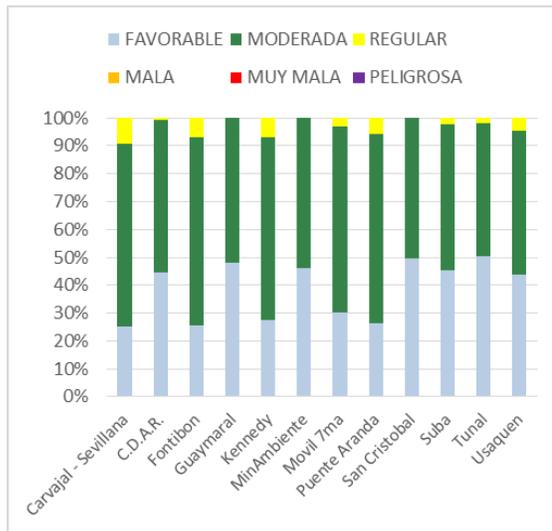


Figura 11. IBOCA para PM_{2.5} por estación en abril 2020

La Figura 11 muestra el comportamiento del IBOCA para los promedios móviles de las concentraciones PM_{2.5} de 24 horas en cada estación de monitoreo. Se observa que en el mes de abril predominan las categorías “favorable” y “moderada” en todas las estaciones, y durante una parte del mes se registró la condición “regular”.

La estación Carvajal-Sevillana presentó el estado de calidad del aire “regular” por mayor tiempo, durante el 9% del mes, “moderada” el 66% y “favorable” el 25%. Por otro lado, la estación Guaymaral presentó el mejor estado de la calidad del aire con una condición “favorable” el 48% del mes.

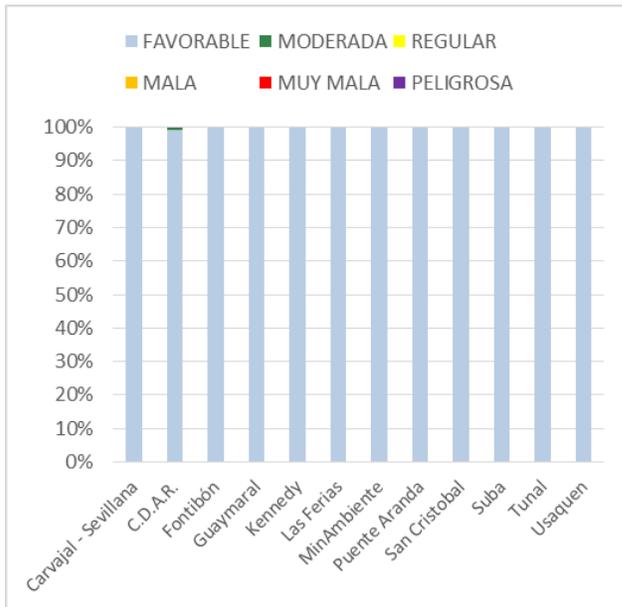


Figura 12. IBOCA para O₃ por estación en abril 2020

La Figura 12 muestra el comportamiento del IBOCA para los promedios móviles de las concentraciones 8 horas de O₃ en cada una de las estaciones de monitoreo. Se observa que la categoría “favorable” predomina en la mayoría de las estaciones de la RMCAB, con un 100% del tiempo del mes de abril.

8 COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN

De acuerdo con los registros históricos de la RMCAB, el mes de abril ha registrado uno de los mayores niveles de precipitación durante cada año. Particularmente en 2020 ha mostrado un comportamiento atípico. En abril de 2019 la mayoría de las estaciones registraron lluvias por encima de los 140 mm, mientras que en abril de 2020 solo la estación de Kennedy alcanzó un total de 164 mm. Este comportamiento puede obedecer a la influencia de un episodio El Niño de tipo débil cuyo efecto es una reducción en los niveles de lluvia. Correspondientemente el número de días con lluvia fue escaso; en la mayoría de las estaciones no se superaron los 15 días con lluvias para ser un mes históricamente abundantes lluvias. Dicho registro confirma la disminución de las lluvias durante este mes. Ver Figura 13 y Tabla 8.

En abril de 2020 dos estaciones no cumplieron con el criterio de representatividad temporal del 75%, razón por la cual no se presentan sus datos.

Tabla 8 Precipitación acumulada media mensual por estaciones y número de días con lluvia (abril -2020)

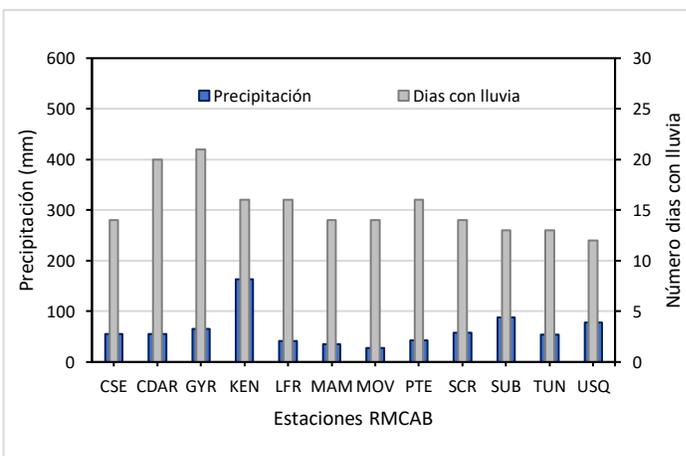


Figura 13. Precipitación media mensual por estaciones y número de días con precipitación (abril -2020).

Estación	Precipitación acumulada (mm/mes)	Días con lluvia
BOL	No Data	No Data
CSE	56	14
CDAR	55	20
FTB	No Data	No Data
GYR	66	21
KEN	164	16
LFR	41	16
MAM	35	14
MOV	28	14
PTE	43	16
SCR	58	14
SUB	88	13
TUN	54	13
USQ	77	12

9 COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LA TEMPERATURA

En abril de 2020, las temperaturas muestran un incremento con respecto al año anterior de 0,2 °C en el centro oriente de la ciudad, y 0,7 °C al sur occidente de la ciudad. Las estaciones donde se observan estos incrementos son Kennedy donde el promedio mensual pasó de 15,7 °C a 16,4 °C, Carvajal de 16,5 °C a 16,7 °C, y Tunal al sur y la Móvil al centro oriente. Posiblemente este incremento de temperatura obedezca a la influencia del episodio El Niño de esta temporada, aunque por los índices reportados por la NOAA¹ es un evento El Niño de categoría débil. Ver Figura 14.

En relación con los valores extremos en las estaciones de Guaymaral y CDAR se registraron las menores temperaturas; la mínima absoluta se registró en Guaymaral con 4,8 °C, entre tanto, las máximas absolutas ocurrieron hacia los sectores de Suba con 26,4 °C y CDAR con 26,1 °C. Ver Tabla 9 y Figura 15. Asimismo, la mayor amplitud térmica se estimó en el sector de Guaymaral donde se presentó la mayor diferencia de temperatura mínima y máxima. Estas variaciones de temperatura podrían producir variaciones en el campo del viento a nivel local, con la consecuente generación de turbulencia mecánica, favorable para la dispersión de contaminantes.

¹ National Oceanic and Atmospheric Administration - U.S.

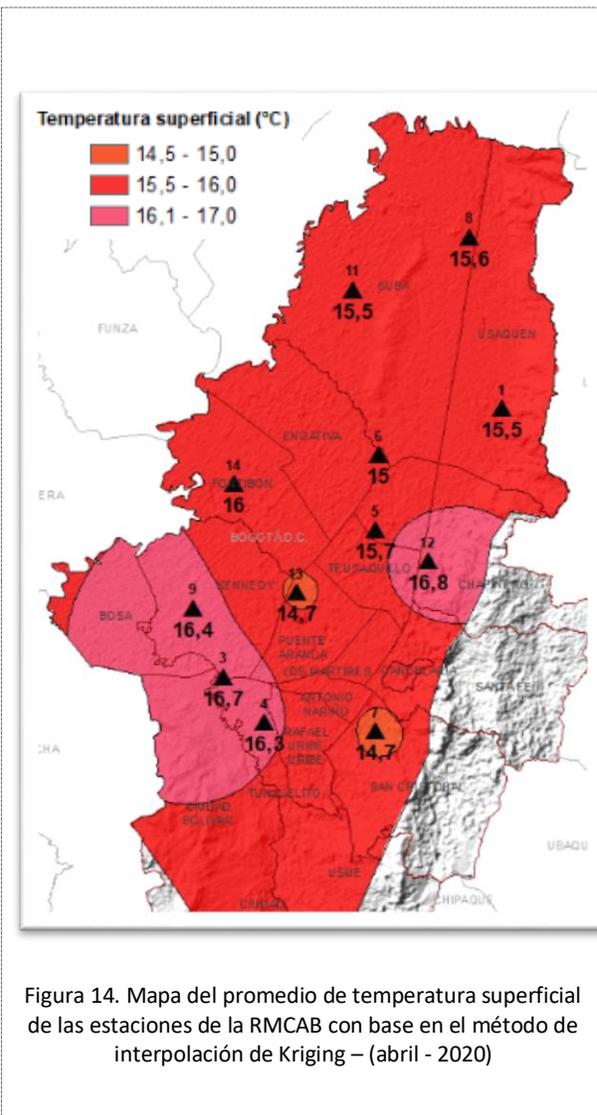
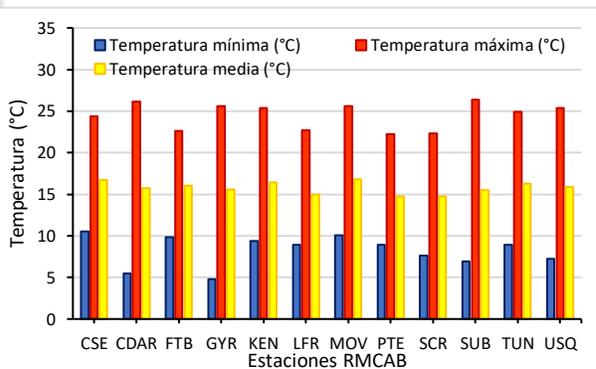


Tabla 9. Resumen Temperaturas medias, máximas y mínima absolutas por estaciones y promedio ciudad (abril - 2020)

Estación	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura media (°C)
BOL	No Data	No Data	No Data
CSE	10,5	24,4	16,7
CDAR	5,5	26,1	15,7
FTB	9,8	22,6	16
GYR	4,8	25,6	15,6
KEN	9,4	25,4	16,4
LFR	8,9	22,7	15
MAM	No Data	No Data	No Data
MOV	10,1	25,6	16,8
PTE	8,9	22,2	14,7
SCR	7,6	22,3	14,7
SUB	6,9	26,4	15,5
TUN	8,9	24,9	16,3
USQ	7,2	25,4	15,9



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

Durante el mes de abril los vientos conservaron el patrón de comportamiento correspondiente a esta temporada, es decir, se hacen predominantes los vientos del sur occidente particularmente en horas de la tarde cuando la componente horizontal del flujo básico de los alisios se reduce, por la convección térmica producida por el calentamiento de la sabana, dándole paso a las masas de aire provenientes del Valle del Magdalena. Adicionalmente, el encuentro de estas masas de aire con el flujo básico de los alisios del sur oriente, propicia una reducción de la velocidad de los vientos como se observa en el centro oriental de la ciudad donde se estimó un promedio de entre 1,2 m/s a 1,3 m/s. Entre tanto, los vientos que normalmente atraviesan los cerros con una componente sur oriente, una parte flanquearon los cerros orientales con una marcada componente sur y velocidades

medias cercanos a 1,5 m/s, hacia el nororiente de la ciudad, en tanto que la otra parte penetró por el sur oriente de la ciudad interactuando con los vientos del sur occidente, reduciendo su velocidad como se dijo anteriormente. Otra consecuencia del flujo de los vientos del sur y del sur occidente, es que posiblemente hayan generado transporte o arrastre hacia el noroccidente lo cual se hace visible con las concentraciones de PM₁₀ registradas en la estación de Suba. De esta manera en toda la ciudad las velocidades fluctuaron en promedio entre 1,0 a 2,3 m/s, con las mayores velocidades hacia el sector suroccidental y nororiental de la ciudad, y las menores hacia el flanco noroccidental y sur de la ciudad. Ver Figura 16.

Las velocidades máximas absolutas se registraron en las estaciones de MinAmbiente (7,3 m/s), Kennedy (7.0 m/s) y Puente Aranda (6,2 m/s). Ver Figura 17 y Tabla 10.

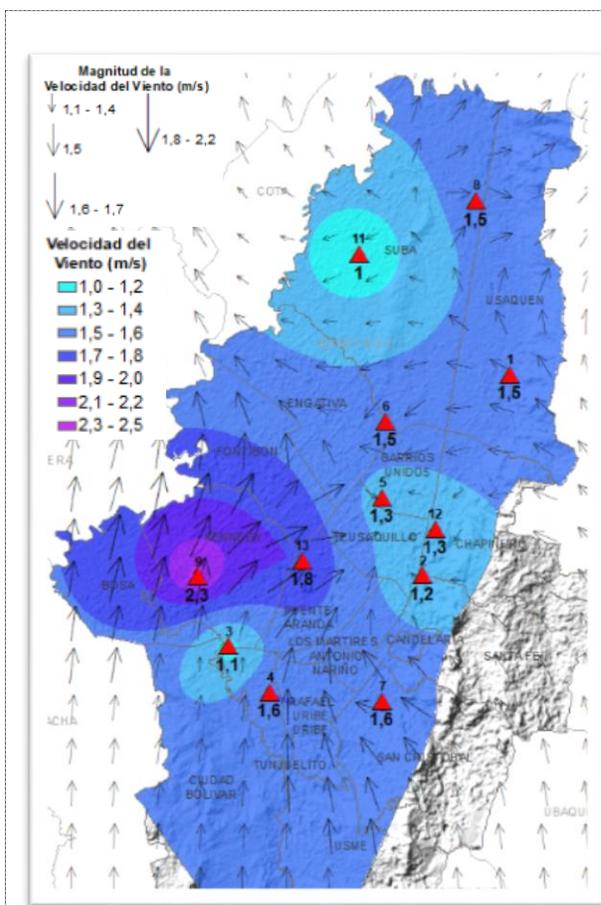


Figura 16. Velocidad promedio (Superficie en colores) y Dirección promedio (Vectores) del Viento de Bogotá con base en la interpolación de Kriging (abril - 2020)

Tabla 10. Velocidades reportadas para abril de 2020

Estación	Vel. mínima	Vel. Máxima	Vel. media
BOL	N.A	N.A	N.A
CSE	0,0	4,3	1,1
CDAR	0,0	4,9	1,3
FTB	N.A	N.A	N.A
GYR	0,6	3,9	1,5
KEN	0,1	7,0	2,3
LFR	0,0	5,5	1,5
MAM	0,0	7,3	1,2
MOV	0,0	5,1	1,3
PTE	0,0	6,2	1,8
SCR	0,0	5,0	1,6
SUB	0,0	4,0	1,0
TUN	0,4	4,6	1,6
USQ	0,1	5,8	1,5

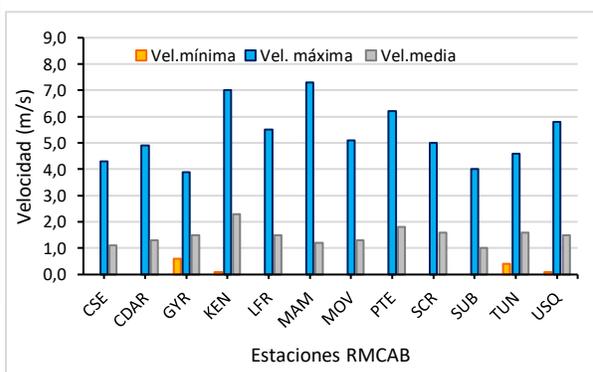
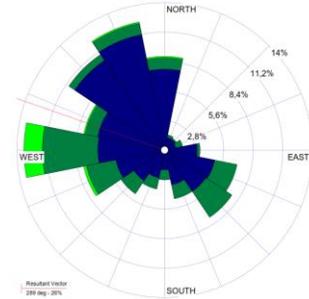
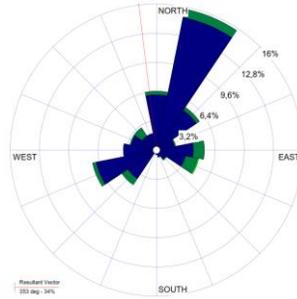


Figura 17 Velocidad del viento media, máxima y mínima absolutas por estación (abril - 2020)

Como complemento a la descripción realizada anteriormente se presentan las rosas de los vientos de cada una de las estaciones de la RMCAB, las cuales muestran la resultante del viento promedio

mensual y las frecuencias y velocidades en sus distintas direcciones. Ver Figura 18.

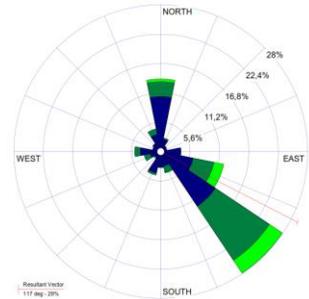
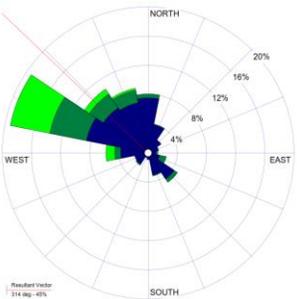
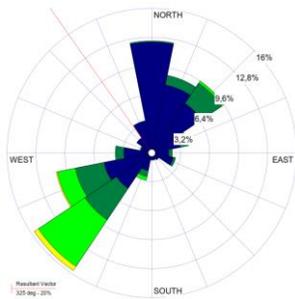
N.A.



a) Bolivia

b) Suba

c) Guaymaral

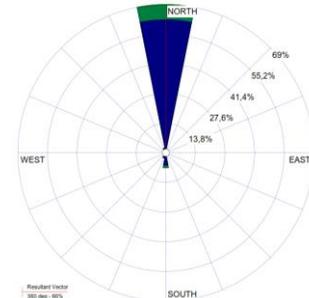
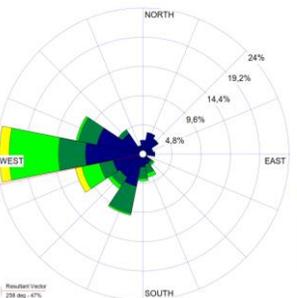


d) Las Ferias

e) CDAR

f) Usaquén

N.A.



g) Fontibón

h) Puente Aranda

i) Móvil 7ma

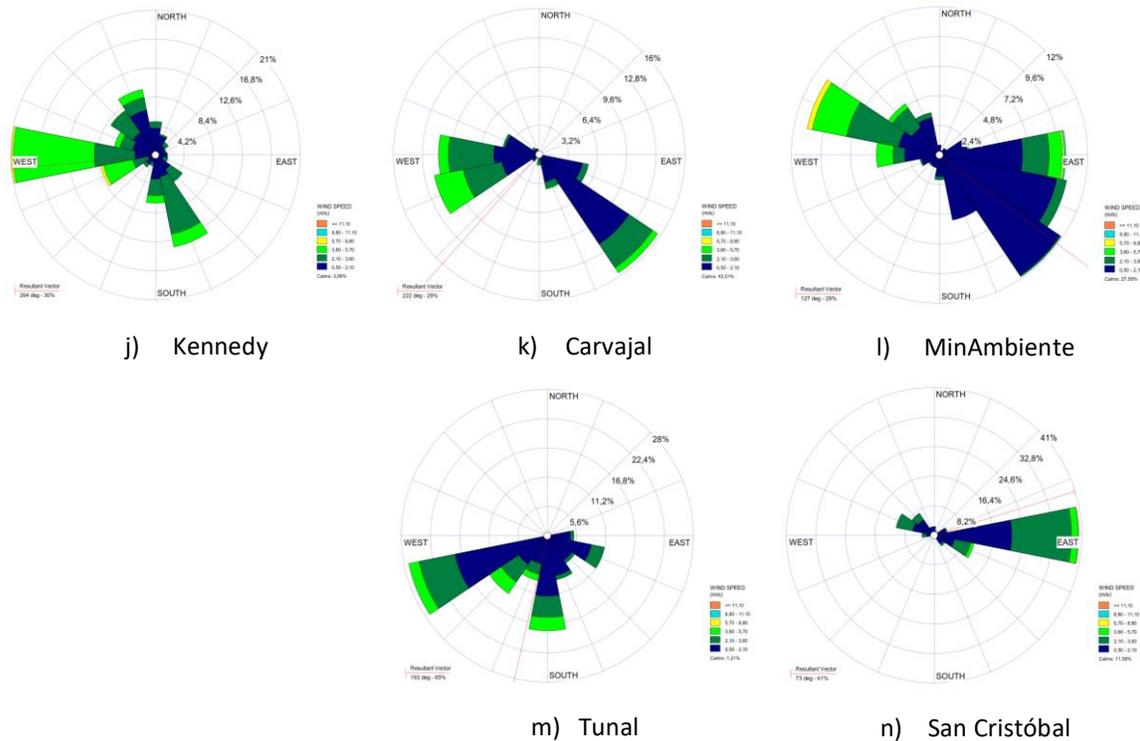


Figura 18. Rosas de viento – abril de 2020

10.1 ESTIMACIÓN DE LA ALTURA DE LA CAPA LÍMITE

Pese a que en el mes de abril las lluvias no fueron abundantes, lo que podría significar un mayor ingreso de radiación solar, se hace evidente que se redujo la cantidad de radiación solar entrante con respecto al mes de marzo, y consecuentemente hubo una reducción en la altura de la capa límite, como se observa en la Figura 19 a) y b). La altura de la capa límite promedio mensual presentó una disminución con respecto al mes anterior, tanto al sur como al norte de la ciudad, reduciéndose en la hora de mayor altura de 1675 m a 1539 m hacia el norte de la ciudad y de 1630 m a 1551 m hacia el sur. Como es normal en horas de la madrugada y nocturnas, la capa límite en promedio descendió debido al enfriamiento del aire cercano al suelo a valores de entre 200 m en la madrugada hasta poco menos de 300 m en horas de la noche.

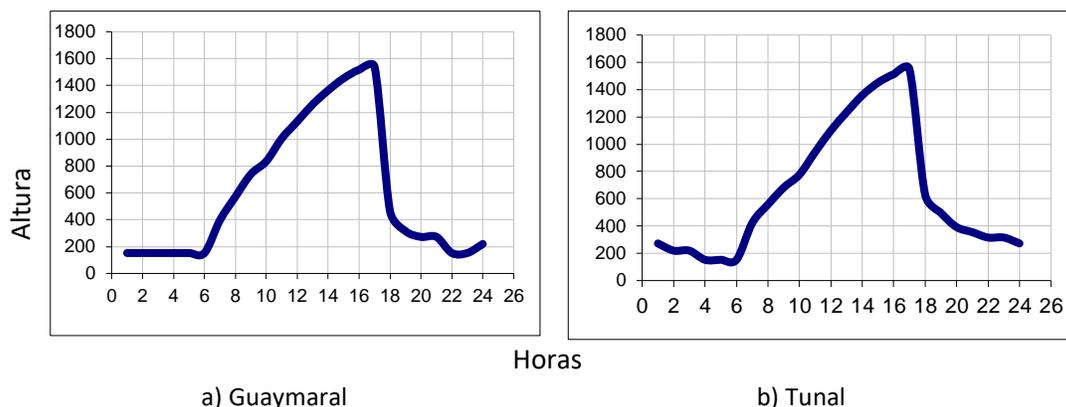


Figura 19. Estimación del perfil promedio horario mensual de la altura de la capa de mezcla a) Guaymaral y b) Tunal - abril de 2020

De este modo, bajo las condiciones presentadas durante el mes de abril, cerca de las 9 de la mañana y las 3 de la tarde, la atmósfera presentó mayor inestabilidad sobre todo entre las 10 de la mañana, hacia el norte de la ciudad. Entre tanto, hacia el sur, aunque menos inestable, también se presentó un patrón semejante.

En la Tabla 11 y Tabla 12 se resume en los parámetros de escala que permiten describir las condiciones atmosféricas predominantes en el distrito capital, durante el mes de abril, de donde se desprende que, en horas de la madrugada y la noche, predominaron las estabilidades E y F, debido a la disminución de la radiación solar y consecuente pérdida de energía del suelo, que se traducen en bajas velocidades del viento, consecuente calma y poca favorabilidad para la dispersión de contaminantes.

De otra parte, con el ciclo radiativo del sol, en horas de la mañana a la tarde, las estabilidades pasaron de condición neutral (D) a inestables (B), por la transferencia de calor del suelo que calienta el aire superficial o sobre yacente, tomando lugar las fuerzas convectivas, que contribuyen con la mezcla y dispersión de los contaminantes generados en la ciudad.

Tabla 11. Estimación de la altura de la capa de mezcla de la ciudad de Bogotá. Estación Guaymaral (abril – 2020)

Hora Local	Vel Viento	T	R _g	R _n	z ₀	z _m	u ₀	N	H ₀	Q*	LN (z _m /z ₀)	C _{DN}	u ₀ ²	C	u*	h _{mec}	h _{conv}	H _z	Estabilidad
Hr	m/s	°C	W/m ²	W/m ²	m	m	m/s								m/s	m	m	M	
1	1,0	12,3	0,0	-73,0	1	6	-	1	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
2	1,0	12,1	0,0	-73,2	1	6	-	1	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
3	0,9	11,7	0,0	-66,7	1	6	-	2	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
4	1,0	11,2	0,0	-60,4	1	6	-	3	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
5	0,9	10,9	0,0	-60,5	1	6	-	3	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
6	0,9	10,8	0,0	-60,6	1	6	-	3	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
7	1,0	11,4	52,8	9,1	1	6	0,23	8	14,3	0,14	1,8	-	-	-	0,30	-	223	396	D
8	1,2	14,6	210,3	111,5	1	6	0,27	7	58,6	0,25	1,8	-	-	-	0,43	-	401	571	C
9	1,6	17,7	440,4	263,6	1	6	0,37	6	124,6	0,59	1,8	-	-	-	0,56	-	631	739	B
10	1,9	19,1	555,9	336,6	1	6	0,43	5	156,3	1,00	1,8	-	-	-	0,61	-	835	835	A
11	2,2	19,8	567,7	352,1	1	6	0,50	6	162,8	1,55	1,8	-	-	-	0,66	-	1005	1005	B

Hora Local	Vel Viento	T	R _g	R _n	z _o	z _m	u _o	N	H _o	Q*	LN (z _m /z _o)	C _{DN}	u _o ²	C	u*	h _{mec}	h _{conv}	H _z	Estab
Hr	m/s	°C	W/m ²	W/m ²	m	m	m/s								m/s	m	m	M	
12	2,4	20,1	482,8	301,5	1	6	0,55	7	140,4	2,01	1,8	-	-	-	0,68	-	1132	1132	B
13	2,4	20,8	551,6	342,2	1	6	0,55	6	158,0	2,02	1,8	-	-	-	0,69	-	1259	1259	B
14	2,6	20,8	500,1	307,2	1	6	0,59	6	142,5	2,57	1,8	-	-	-	0,72	-	1364	1364	B
15	2,5	20,6	461,0	280,5	1	6	0,57	6	130,8	2,28	1,8	-	-	-	0,70	-	1453	1453	B
16	2,4	20,4	371,9	206,5	1	6	0,55	4	98,1	2,02	1,8	-	-	-	0,66	-	1517	1517	B
17	2,2	19,3	184,9	65,0	1	6	0,50	2	36,0	1,55	1,8	-	-	-	0,58	-	1539	1539	C
18	1,7	17,6	0,0	-62,1	1	6	-	2	-20,7	-	1,8	0,23	0,06	0,62	0,35	463	463	463	F
19	1,3	15,7	0,0	-63,8	1	6	-	2	-14,1	-	1,8	0,23	0,06	0,35	0,24	315	315	315	F
20	1,2	14,8	0,0	-64,5	1	6	-	2	-12,2	-	1,8	0,23	0,06	0,24	0,20	272	272	272	F
21	1,2	14,2	0,0	-65,0	1	6	-	2	-12,2	-	1,8	0,23	0,06	0,24	0,20	272	272	272	F
22	1,0	13,5	0,0	-72,2	1	6	-	1	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
23	1,0	12,9	0,0	-72,6	1	6	-	1	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
24	1,1	12,7	0,0	-72,8	1	6	-	1	-9,8	-	1,8	0,23	0,06	0,10	0,16	219	219	219	F

Tabla 12. Estimación de la altura de la capa de mezcla de la ciudad de Bogotá. Estación Tunal (abril – 2020)

Hora Local	Vel Viento	T	R _g	R _n	z _o	z _m	u _o	N	H _o	Q*	LN (z _m /z _o)	C _{DN}	u _o ²	C	u*	h _{mec}	h _{conv}	H _z	Estab
Hr	m/s	°C	W/m ²	W/m ²	m	m	m/s	Octas							m/s	m	m	m	
1	1,2	12,2	0,0	-73,1	1	6	-	1	-12,2	-	1,8	0,23	0,06	0,24	0,20	272	272	272	F
2	1,1	11,9	0,0	-73,3	1	6	-	1	-9,8	-	1,8	0,23	0,06	0,10	0,16	219	219	219	F
3	1,1	11,6	0,0	-73,5	1	6	-	1	-9,8	-	1,8	0,23	0,06	0,10	0,16	219	219	219	F
4	1,0	11,0	0,0	-67,2	1	6	-	2	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
5	1,0	10,9	0,0	-67,3	1	6	-	2	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
6	0,9	10,8	0,0	-67,3	1	6	-	2	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
7	1,0	11,7	73,5	23,3	1	6	0,23	8	20,6	0,14	1,8	-	-	-	0,32	-	248	421	D
8	1,2	15,5	193,5	100,9	1	6	0,27	7	53,6	0,25	1,8	-	-	-	0,42	-	404	557	C
9	1,3	18,2	348,6	208,4	1	6	0,30	7	100,1	0,32	1,8	-	-	-	0,51	-	595	681	B
10	1,7	19,9	455,2	275,8	1	6	0,39	6	129,1	0,72	1,8	-	-	-	0,57	-	776	776	B
11	1,9	20,8	516,7	318,5	1	6	0,43	6	147,5	1,00	1,8	-	-	-	0,61	-	942	942	B
12	2,2	21,5	580,4	362,4	1	6	0,50	6	166,6	1,56	1,8	-	-	-	0,66	-	1099	1099	B
13	2,4	21,5	562,9	350,6	1	6	0,55	6	161,4	2,02	1,8	-	-	-	0,69	-	1233	1233	B
14	2,6	21,8	580,8	363,2	1	6	0,59	6	166,8	2,58	1,8	-	-	-	0,73	-	1358	1358	B
15	2,7	21,6	484,0	290,5	1	6	0,62	5	134,7	2,88	1,8	-	-	-	0,74	-	1450	1450	B
16	2,6	20,8	352,6	200,5	1	6	0,59	5	95,3	2,57	1,8	-	-	-	0,70	-	1512	1512	B
17	2,3	19,9	257,4	121,5	1	6	0,53	3	60,7	1,77	1,8	-	-	-	0,62	-	1551	1551	C
18	2,2	17,7	0,0	-75,4	1	6	-	0	-28,2	-	1,8	0,23	0,06	0,77	0,47	629	629	629	F
19	1,8	15,3	0,0	-77,5	1	6	-	0	-22,3	-	1,8	0,23	0,06	0,66	0,37	497	497	497	F
20	1,5	14,5	0,0	-78,1	1	6	-	0	-17,6	-	1,8	0,23	0,06	0,51	0,29	392	392	392	F
21	1,4	13,9	0,0	-78,6	1	6	-	0	-15,9	-	1,8	0,23	0,06	0,44	0,27	355	355	355	F
22	1,3	13,5	0,0	-78,9	1	6	-	0	-14,1	-	1,8	0,23	0,06	0,35	0,24	315	315	315	F
23	1,3	13,1	0,0	-72,5	1	6	-	1	-14,1	-	1,8	0,23	0,06	0,35	0,24	315	315	315	F
24	1,2	12,7	0,0	-72,8	1	6	-	1	-12,2	-	1,8	0,23	0,06	0,24	0,20	272	272	272	F

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

A diferencia del mes de marzo cuando se presentaron quemas a nivel regional y dentro del territorio colombiano, lo que contribuyó con un incremento de las concentraciones de ozono en superficie, en

el mes de abril se presentó una reducción de dichas concentraciones como se observa en la Figura 20. Es importante anotar que producto de la cuarentena obligatoria, se presentó una reducción en el tráfico vehicular en la ciudad y en consecuencia en la concentración de los gases de combustión que, junto con la radiación solar, entre otros mecanismos, son los responsables de las concentraciones de ozono a nivel superficial. Aunque la reducción en las concentraciones de ozono se podría considerar poco significativa, dada la notable reducción del tráfico vehicular, comparado con el mes anterior.

Así las cosas, hacia el sector suroccidental, sobre todo hacia el área representada por la estación de Kennedy, las concentraciones de ozono estuvieron alrededor de los $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en promedio, así como del sector noroccidental representado por la estación de Suba, donde se registró un pico de $63,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en las horas de mayor incidencia del Sol y hacia el centro geográfico de la ciudad representado por la estación de CDAR, donde se alcanzó un máximo promedio mensual de $84,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ver Figura 20.

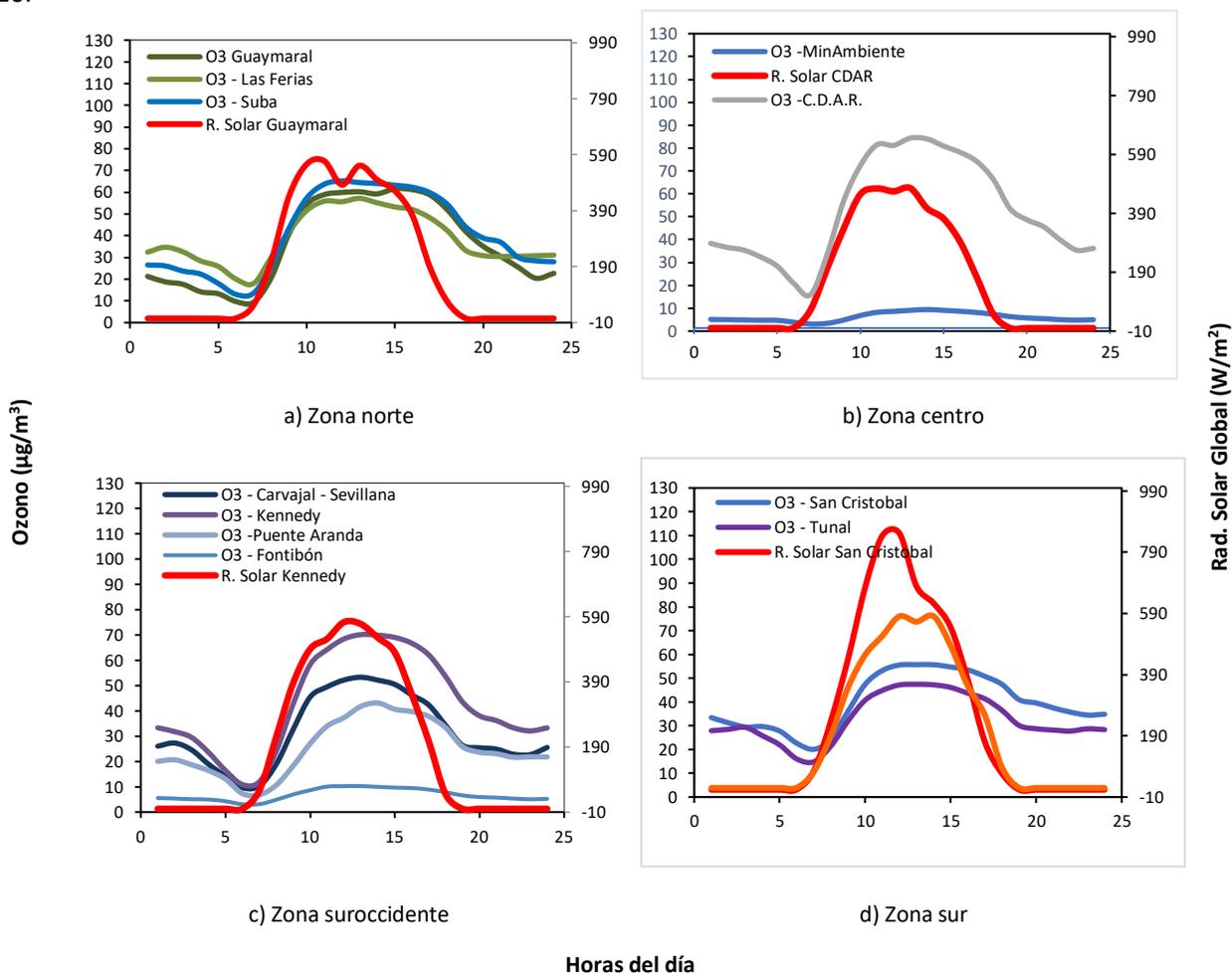


Figura 20. Comportamiento horario de O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y su relación con la Radiación Solar entrante (W/m^2), abril 2020. a) zona norte, b) zona centro, c) zona suroccidente y d) zona sur

12 REPORTE MENSUAL DE VALIDACIÓN SIMCAB PARA EL MES DE ABRIL DE 2020.

El presente informe contiene el reporte de validación del comportamiento del modelo WRF del mes de abril de 2020 con respecto de los datos monitoreados por parte de la Red de Monitoreo de Calidad de Aire de Bogotá – RMCAB, para el mismo periodo.

12.1 MODELO METEOROLÓGICO WRF

Para explicar el grado de acierto entre las variables meteorológicas continuas modeladas a través de WRF y los valores medidos por la RMCAB para la ciudad de Bogotá y sus distintas estaciones de monitoreo, se hace uso de los diagramas de Taylor ver (Figura 21) y los Box Plot (Figura 22). Los diagramas de Taylor a nivel ciudad muestran que la velocidad del viento la correlación se mantuvo cercana a 0.3 y el RMSE estuvo por debajo de 2 m/s, además, se presentaron menos velocidades del viento altas modeladas en horas de la mañana. La temperatura, por su parte, presenta un RMSE más cercano a 2 °C y una correlación que se mantiene cercana a 0.8. Con respecto a la radiación se observa que el modelo presenta valores más altos en horas de la tarde con respecto a meses anteriores.

Evaluando el grado de acierto por estación, se observa en general las estaciones Fontibón, Las Ferias y Kennedy fueron las que presentaron mayor correlación en la velocidad del viento (cerca de 0.6) y menor RMSE (entre 1.5 y 2 m/s). Por su parte, MinAmbiente, Móvil 7ma y Usaquén son las que presentan menor correlación. En términos de temperatura y humedad relativa el comportamiento sigue siendo muy homogéneo entre estaciones.

En lo que respecta a la precipitación, la validación se realiza por medio de tablas de contingencia, utilizando como variable categórica la condición lluvia – no lluvia (ver Tabla 13); los resultados indican que el modelo sigue pronosticando más días con lluvias de los que en realidad sucedieron, debido al BIAS mayor a 1, especialmente en Suba y Usaquén. Las estaciones que mejor detectaron la lluvia fueron CDAR y Guaymaral, ya que tuvieron un alto percent correct y un bajo false alarm ratio, mientras que la Estación Usaquén fue la que tuvo el percent correct más bajo y el false alarm ratio más alto.

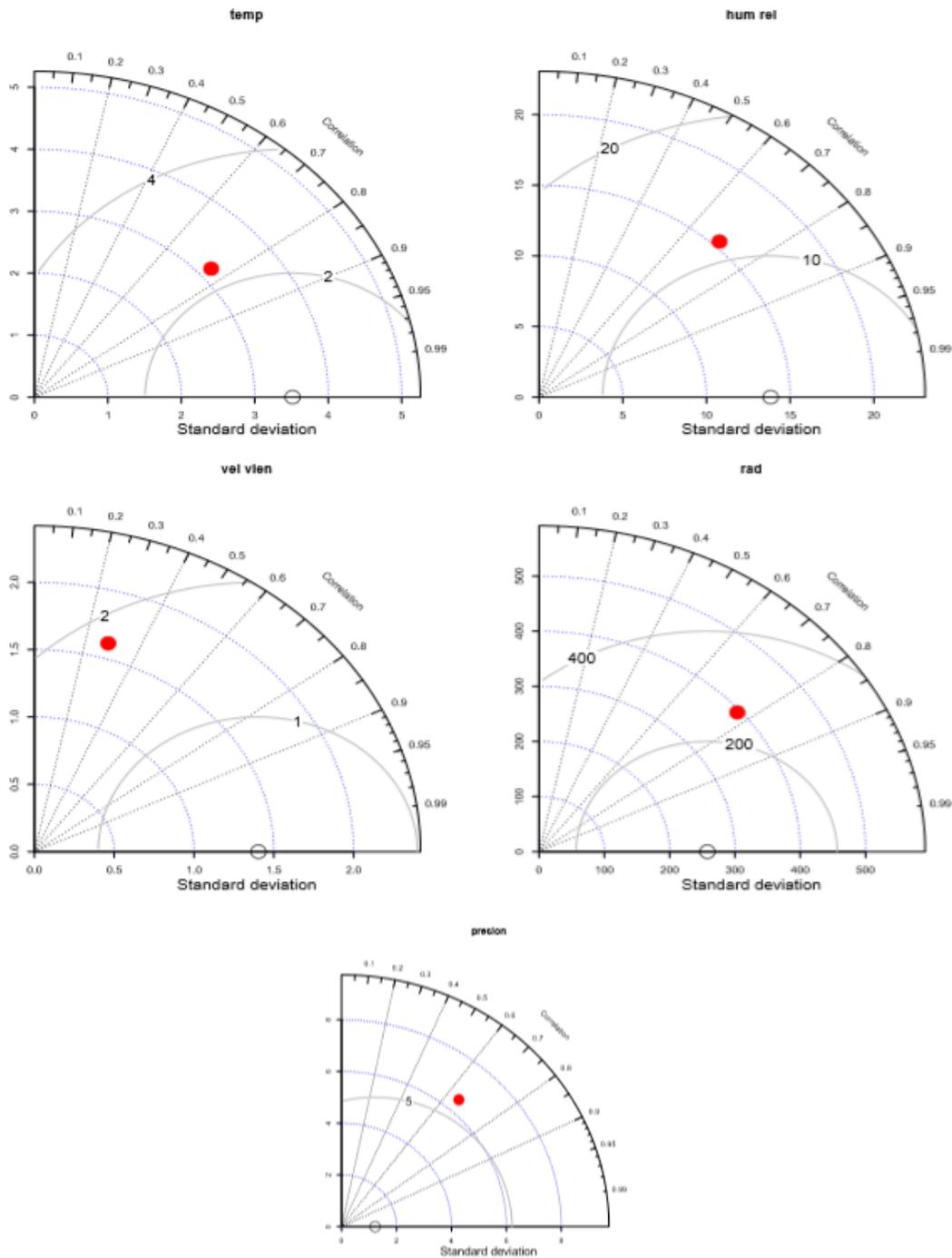


Figura 21. Diagramas de Taylor parámetros meteorológicos. Abril 2020.

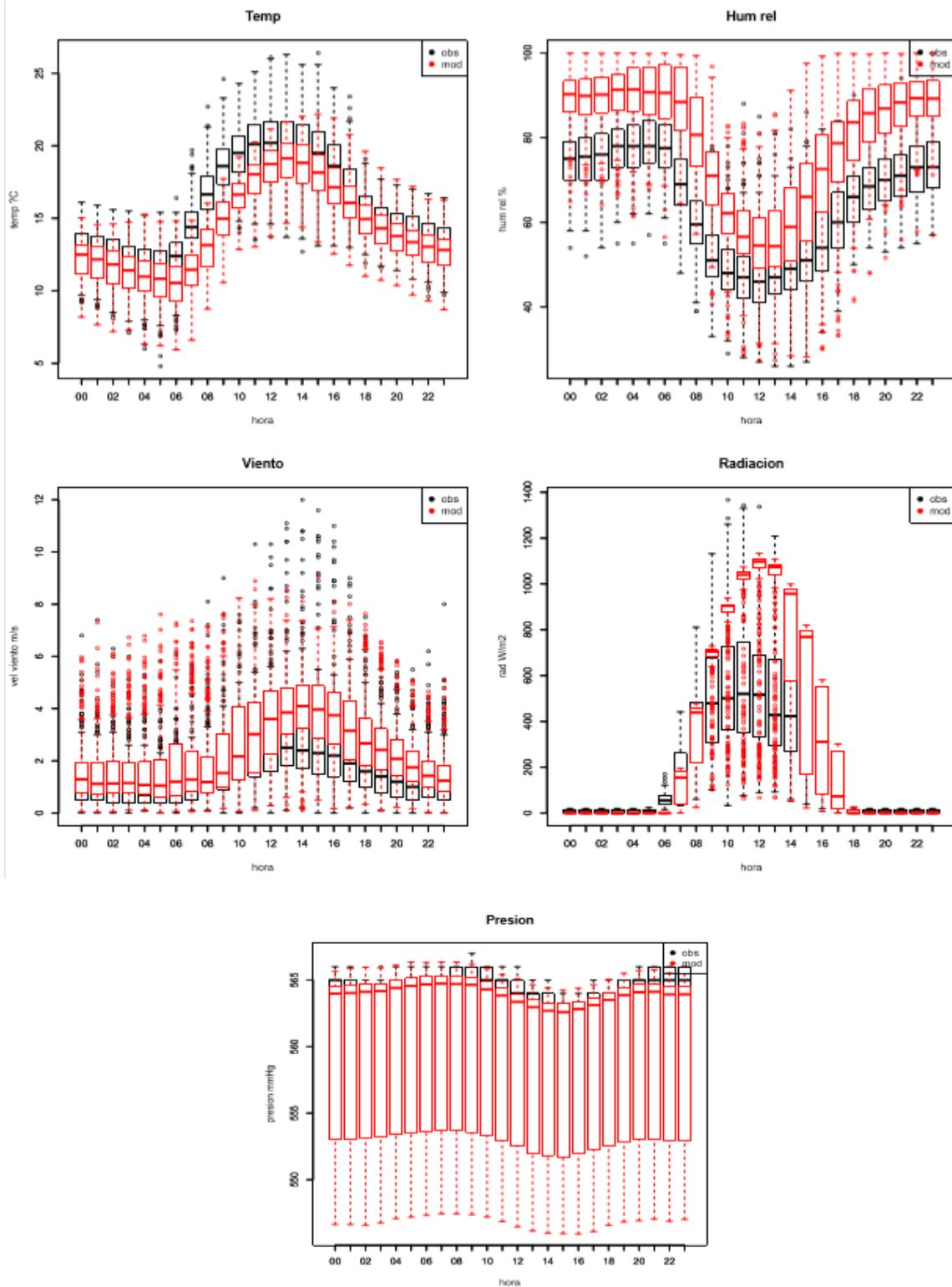


Figura 22. Box Plot parámetros meteorológicos – Abril 2020

Tabla 13. Datos estadísticos de Precipitación por estación – Abril 2020

Estación	THREAT	POD	FAR	PERCENT CORRECT	BIAS
Carvajal	0.4	0.86	0.57	0.4	2
CDAR	0.6	0.9	0.36	0.6	1.4
Guaymaral	0.69	0.95	0.29	0.7	1.33
Kennedy	0.53	1	0.47	0.53	1.88
Las Ferias	0.43	0.81	0.52	0.43	1.69
MinAmbiente	0.45	0.93	0.54	0.47	2
Móvil 7ma	0.45	0.93	0.54	0.47	2
Puente Aranda	0.53	1	0.47	0.53	1.88
San Cristóbal	0.4	0.86	0.57	0.4	2
Suba	0.45	1	0.55	0.47	2.23
Tunal	0.41	0.92	0.57	0.43	2.15
Usaquén	0.33	0.83	0.64	0.33	2.33

12.2 MODELO DE PRONÓSTICO DE CALIDAD DEL AIRE

A partir de los datos medidos en las estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad de Aire de Bogotá, se realizó una validación del modelo de pronóstico para los contaminantes PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, SO₂ y CO en el mes de abril de 2020. Para el material particulado (PM₁₀ y PM_{2.5}), se realizó el diagrama de Taylor para los promedios diarios, dado que éstos valores son los que se comparan con la normatividad actual. Con los ajustes a los resultados producto del análisis del modelo con observaciones en meses anteriores, se estableció que, para PM₁₀, el modelo tiene una correlación de Pearson cercana a 0.7, adicionalmente, el modelo presenta un RMSE cercano a 10 µg/m³; Por otro lado, para PM_{2.5} el modelo tiene una correlación con respecto a los datos observados de 0.55, con un RMSE de 6 µg/m³.

Dado que el material particulado es el contaminante más crítico en la ciudad, se muestran en la Tabla 14 los valores de sesgos (BIAS, definido como concentración modelada menos concentración observada), que muestra el comportamiento promedio de los sesgos del modelo para el mes de abril, por estación. De esta tabla se puede concluir que, para este mes, el modelo tendió a sobreestimar las concentraciones de material particulado hasta 3 µg/m³ en promedio para PM₁₀ y hasta 1 µg/m³ en promedio para PM_{2.5}.

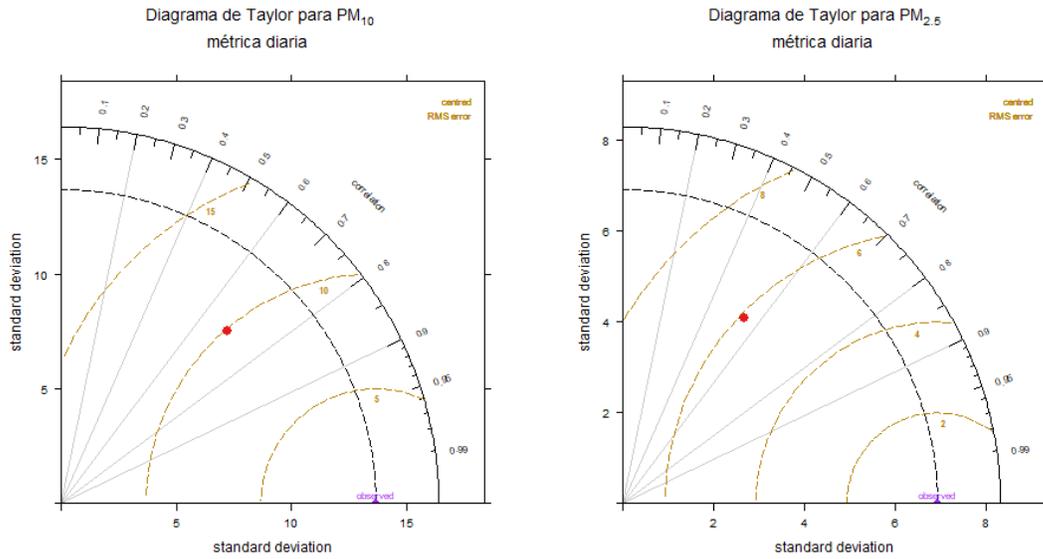


Figura 23. Diagramas de Taylor para material particulado, en métrica diaria. Abril 2020

En cuanto a los gases, el CO es el que mejor se representa en métrica horaria por el modelo con un RMSE menor de $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y una correlación de Pearson cercana a 0.5; mientras que los demás gases muestran correlaciones entre 0.3 y 0.45.

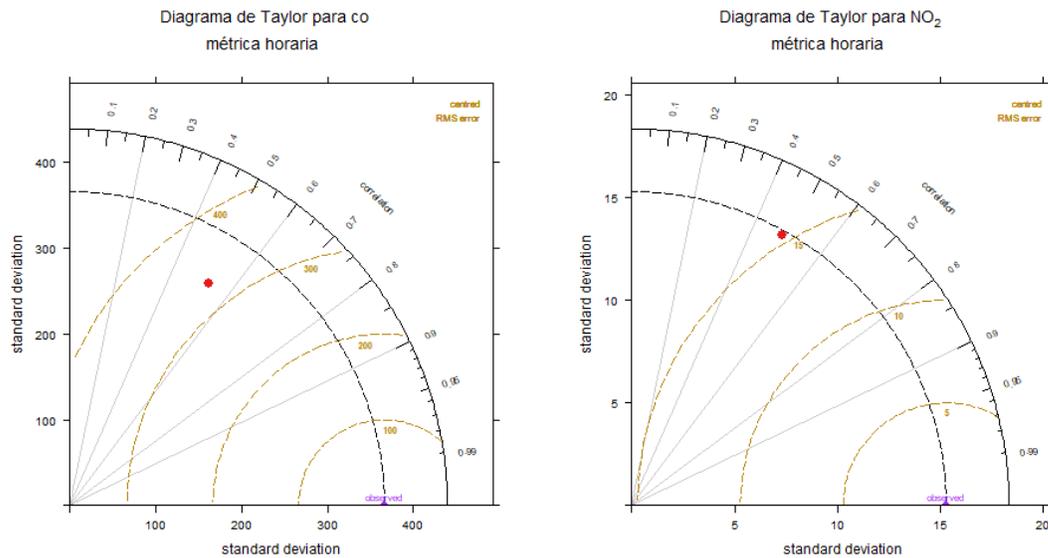


Diagrama de Taylor para SO₂
métrica horaria

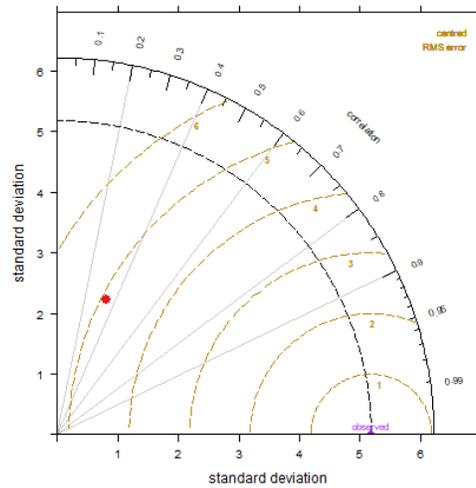


Figura 24. Diagramas de Taylor para distintos gases, en métrica horaria. Abril 2020

Tabla 14. Sesgos en los promedios diarios de material particulado determinados para abril 2020 por el modelo (IC 95%).

Estación	Sesgo Diario PM10	Sesgo Diario PM2.5
Carvajal	0 ± 14	-1 ± 6
CDAR	-3 ± 7	-3 ± 6
Fontibón	-4 ± 9	1 ± 5
Guaymaral	0 ± 8	1 ± 6
Kennedy	-4 ± 15	-2 ± 10
Las Ferias	-2 ± 10	-3 ± 7
MinAmbiente	2 ± 5	2 ± 4
Móvil 7ma	2 ± 8	3 ± 6
Puente Aranda	-5 ± 14	0 ± 6
San Cristóbal	1 ± 4	0 ± 4
Suba	3 ± 11	1 ± 8
Tunal	3 ± 7	0 ± 3
Usaquén	No medido	1 ± 5

13 ALERTA POR CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA – ABRIL DE 2020

En la primera semana del mes de marzo de 2020 se realizó la declaración de la alerta amarilla a nivel ciudad el día 05 del mes, la cual se mantuvo hasta el 03 de abril. En la Tabla 15, se relacionan los actos administrativos y los informes técnicos correspondientes a la declaración y a la finalización del evento de contaminación atmosférica.

Tabla 15. Documentos alertas contaminación atmosférica marzo y abril 2020

Evento	Fecha	Acto administrativo	Informe Técnico
Declaración de Alerta Amarilla por contaminación atmosférica en la ciudad de Bogotá D.C.	Marzo 05 de 2020	Resolución SDA No. 00678 del 05-03-2020	IT No. 00514 del 05-03-2020 2020IE51958
Finalización de la alerta amarilla por contaminación atmosférica en la ciudad de Bogotá	Abril 03 de 2020	Resolución SDA No. 00853 del 03-04-2020	IT No. 00592 del 02-04-2020 2020IE51958

En la Figura 25 se observan las concentraciones promedio media móvil 24h del periodo comprendido entre marzo 21 y abril 04 de 2020, para el contaminante PM_{2.5}. Se observa que hasta el 31 de marzo se registraron datos en la condición “regular” y a partir del 01 de abril empezaron a descender notablemente, hasta registrar datos en condición “Favorable” en la mayoría de las estaciones después del 04 de abril. Por ello, dado que se observó un mejoramiento en las condiciones de calidad del aire con el inicio del mes, se dio la factibilidad para el levantamiento de la alerta.

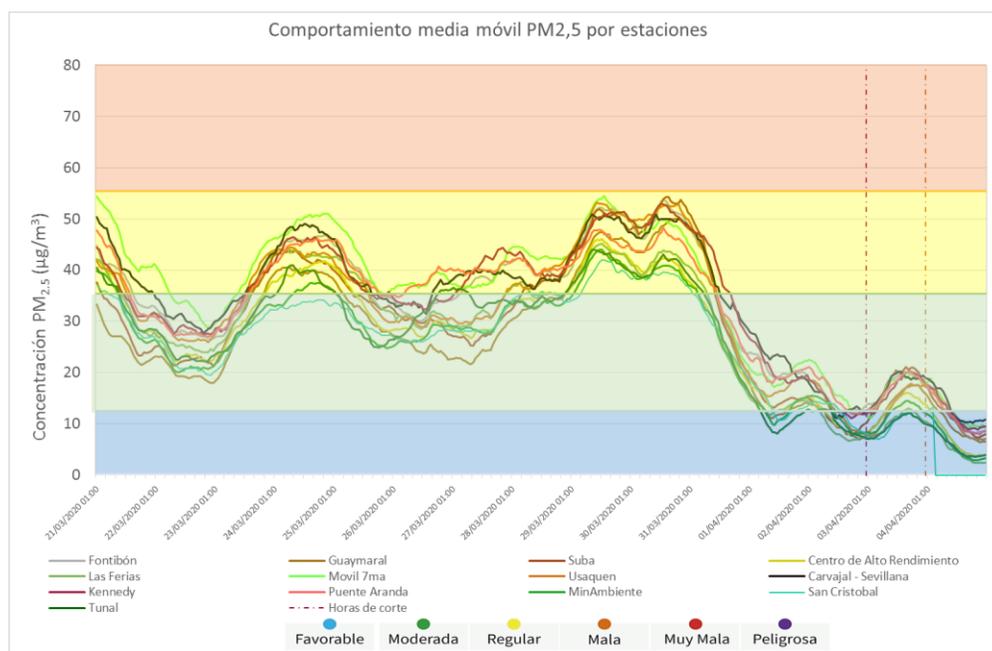


Figura 25. Concentraciones media móvil 24 h PM_{2.5}. Marzo 21 a Abril 4 de 2020

Dentro de los factores que favorecieron el mejoramiento de la calidad del aire, se consideran las variaciones en las condiciones meteorológicas, tales como cambio en la dirección e intensidad de los vientos, con lo cual se redujo el efecto de transporte regional de contaminantes y favorecieron a la dispersión local de los mismos. Además, se presentó menor frecuencia de fenómenos de estabilidad atmosférica e inversiones térmicas, lo que también favoreció la dispersión vertical de los contaminantes.



Figura 26. Retrotraectorias y puntos calientes, marzo 05 y abril 02 de 2020

También se observó una disminución en el número de eventos locales y regionales de incendios respecto a los eventos registrados en la primera semana de marzo de 2020 (Figura 26) debido a diferentes factores, tales como las condiciones meteorológicas que se presentaron en el país durante el inicio de abril, en especial, la presencia de precipitaciones en la región Orinoquía, así como la dirección e intensidad de los vientos, con lo cual se redujo el efecto de transporte regional de contaminantes y favorecieron a la dispersión local de los mismos.

En la Figura 27 se presentan los mapas de calidad del aire para el inicio y el final de la alerta, en marzo 05 y abril 03 de 2020. Se observa que hubo un mejoramiento de la calidad del aire en el inicio del mes de abril, pasando de cinco estaciones en regular y ocho en moderada, a siete en moderada y seis en favorable.

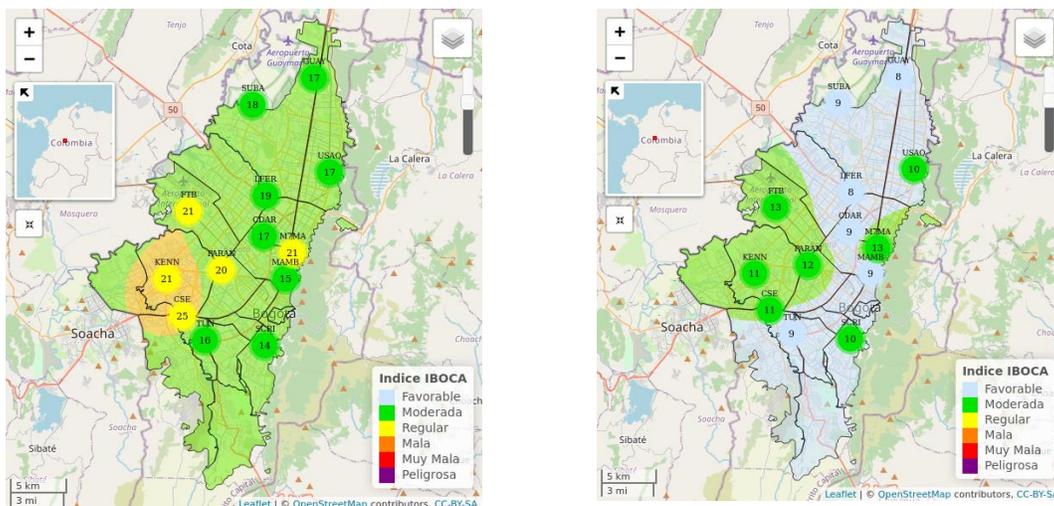


Figura 27. Mapas IBOCA Marzo 05 y Abril 02 de 2020

En la Figura 28 se observa el pronóstico de las concentraciones de $PM_{2.5}$ para los días 03 y 04 de abril. Se evidencia que con el paso de los días, las condiciones de calidad del aire fueron más favorables, debido a la reducción de incendios forestales y transporte de material particulado.

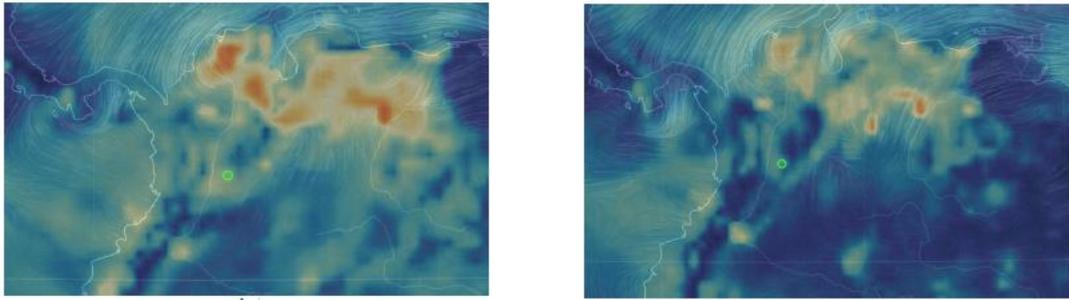
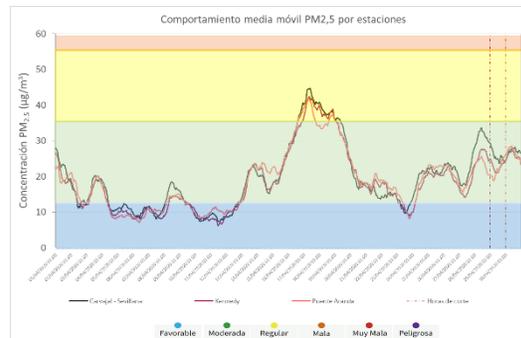
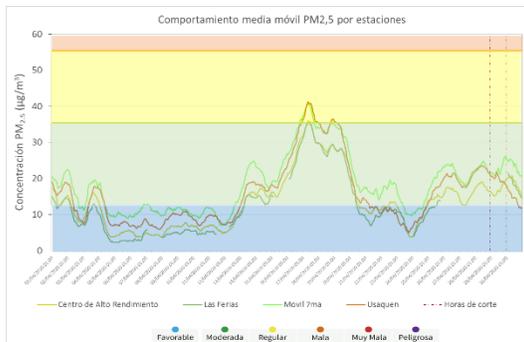


Figura 28. Pronóstico de PM_{2.5} para abril 03 y 04 de 2020. Fuente: Nullschool

14 AISLAMIENTO POR CONTINGENCIA DEL VIRUS COVID-19

Desde el 20 de Marzo, la ciudad de Bogotá ha permanecido en confinamiento, debido a la contingencia causada por el COVID 19. Se han establecido diferentes restricciones a la movilidad y actividad de la ciudad con el fin de evitar el aumento del número de contagios. Al inicio del mes se restringió la flota circulante de transporte público, posteriormente se habilitó el total de la flota para mantener la distancia entre las personas. El transporte particular solo estaba habilitado para ciertas excepciones, relativas a actividades esenciales durante la cuarentena.

A causa de esta situación, las concentraciones de contaminantes disminuyeron en general durante el mes de abril, y se registraron mejores condiciones de calidad del aire en comparación a los meses previos del año. En la Figura 29 se observa la variación de las concentraciones de PM_{2.5} durante el mes de abril, en la primera mitad del mes todas las estaciones registraron buenas condiciones de calidad del aire, manteniéndose en las categorías “Favorable” y “Moderada”, incluso en la zona suroccidental, sin embargo, en la tercera semana del mes se registraron aumentos de concentración en todas las estaciones, alcanzando niveles en la categoría “Regular”. Estas condiciones se mantuvieron del 15 al 21 de abril, y fueron causadas por influencia de incendios forestales en la región Orinoquía y en los llanos de Venezuela. Cuando las condiciones meteorológicas favorecieron la calidad del aire, descendieron las concentraciones, sin embargo, en los días siguientes se mantuvieron en la categoría “Moderada”, teniendo en cuenta que desde el 27 de abril se amplió el horario de funcionamiento y la oferta del transporte público.



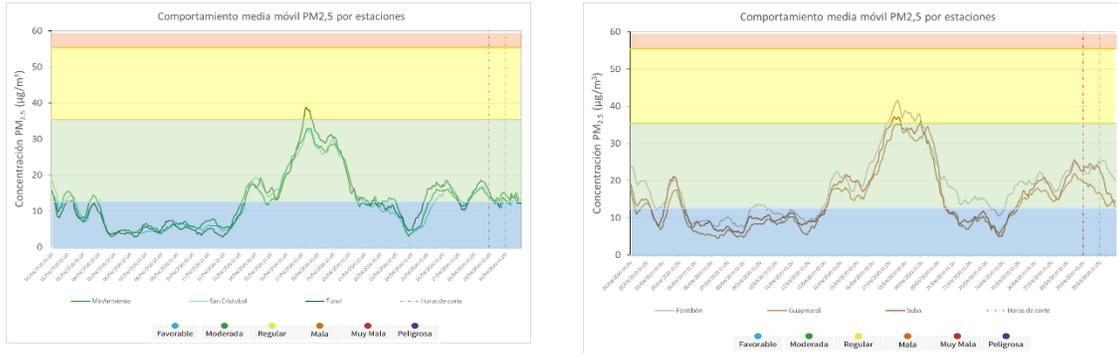


Figura 29. Concentraciones media móvil 24 h de PM_{2.5}. Abril 2020

En la Figura 30 se observan los puntos calientes presentes en la zona de los llanos de Colombia y Venezuela, y su incidencia en la calidad del aire de la ciudad debido al transporte por medio de las corrientes de viento del oriente del continente. Adicionalmente la disminución de la nubosidad y las precipitaciones contribuyeron a que los incendios se acentuaran en este periodo. En la cuarta semana del mes, se observó un leve aumento en las precipitaciones y una reducción de los incendios forestales, con lo cual mejoraron las condiciones de calidad del aire en la ciudad.



Figura 30. Puntos calientes en el norte de Suramérica y retrotrayectorias del viento. 16 al 18 de Abril del 2020

ANEXOS

A. Características de las estaciones de la RMCAB y métodos de referencia

Tabla 16. Estaciones de monitoreo y variables monitoreadas de la RMCAB

Característica	Carvajal-Sevillana	Centro de Alto Rendimiento	Fontibón	Guaymaral	Kennedy	Las Ferias	Min. Ambiente	Estación Móvil	Puente Aranda	San Cristóbal	Suba	Tunal	Usaquén	Bolivia	
Ubicación	Sigla	CSE	CDAR	FTB	GYR	KEN	LFR	MAM	MOV	PTE	SCR	SUB	TUN	USQ	BOL
	Código	60303	120305	90314	110308	80309	100306	170302	20312	160313	40307	110311	30304	10301	100210
	Latitud	4°35'44.22"N	4°39'30.48"N	4°40'41.67"N	4°47'1.52"N	4°37'30.18"N	4°41'26.52"N	4°37'31.75"N	4°38'32.75"N	4°37'54.36"N	4°34'21.19"N	4°45'40.49"N	4°34'34.41"N	4°42'37.26"N	4°44'9.12"N
	Longitud	74°8'54.90"W	74°5'2.28"W	74°8'37.75"W	74°2'39.06"W	74°9'40.80"W	74°4'56.94"W	74°4'1.13"W	74°5'2.28"W	74°7'2.94"W	74°5'1.73"W	74°5'36.46"W	74°7'51.44"W	74°1'49.50"W	74°7'33.18"W
	Altitud	2563 m	2577 m	2551 m	2580 m	2580 m	2552 m	2621 m	2583 m	2590 m	2688 m	2571 m	2589 m	2570 m	2574 m
	Altura del suelo	3 m	0 m	11 m	0 m	3 m	0 m	15 m	0 m	10 m	0 m	6 m	0 m	10 m	0 m
	Localidad	Kennedy	Barrios Unidos	Fontibón	Suba	Kennedy	Engativá	Santa Fe	Chapinero	Puente Aranda	San Cristóbal	Suba	Tunjuelito	Usaquén	Engativá
	Dirección	Autopista Sur # 63-40	Calle 63 #59A-06	Carrera 104 #20 C - 31	Autopista Norte #205-59	Carrera 80 #40-55 sur	Avenida Calle 80 #69Q-50	Calle 37 #8-40	Carrera 7 con calle 60	Calle 10 #65-28	Carrera 2 Este #12-78 sur	Carrera 111 #159A-61	Carrera 24 #49-86 sur	Carrera 7B Bis #132-11	Avenida Calle 80 #121-98
	Tipo de zona	Urbana	Urbana	Urbana	Suburbana	Urbana	Urbana	Urbana	Urbana	Urbana	Urbana	Suburbana	Urbana	Urbana	Suburbana
	Tipo de estación	Tráfico Industrial	De fondo	De tráfico	De fondo	De fondo	De tráfico	De tráfico	De tráfico	Industrial	De fondo	De fondo	De fondo	De fondo	De fondo
	Localización toma muestra	Azotea	Zona Verde	Azotea	Zona Verde	Zona Verde	Zona Verde	Azotea	Andén	Azotea	Zona Verde	Azotea	Zona Verde	Azotea	Zona Verde
	Altura punto de muestra	4.2 m	4.05m	15 m	4.8 m	7.71 m	4.02m	4.67 m	4 m	18.7 m	4.88 m	11.4 m	3.62 m	16.45m	4.6 m
	Altura del sensor de viento	13 m	10 m	17.4 m	10 m	10 m	10 m	19 m	12.3 m	20 m	10 m	10 m	10 m	19 m	10 m
Contaminantes	PM ₁₀	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	PM _{2.5}	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	O ₃	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	NO ₂	X	X	X	X	X	X		X	X		X			
	CO	X	X	X		X	X		X	X			X	X	
	SO ₂	X	X	X		X	X		X	X		X	X		
Var. Meteorológicas	V. Viento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	D. Viento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Temperatura	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	
	Precipitación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	R. Solar		X		X	X			X		X		X		
	H. Relativa		X	X	X	X	X		X		X		X		
Presión Atm.				X	X	X		X							

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 a los estándares establecidos en los métodos de medición.

Los métodos de medición utilizados por los monitores de la RMCAB se encuentran descritos en la lista de métodos de referencia y equivalentes designados, publicada en diciembre de 2019². 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 CFR³. (Tabla 17)

Tabla 17. 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	

² United States Environmental Protection Agency. List of designated reference and equivalent methods. December 15, 2019. https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-08/documents/designated_reference_and-equivalent_methods.pdf

³ 40 CFR Appendix Table A-1 to Subpart A of Part 53, Summary of Applicable Requirements for Reference and Equivalent Methods for Air Monitoring of Criteria Pollutants. https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/appendix-Table_A-1_to_subpart_A_of_part_53

NOTA

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 1 y el 30 de abril de 2020, y adicionalmente los resultados del informe sólo están relacionados con los ítems ensayados o calibrados.

Este informe fue elaborado con base en el modelo de los informes periódicos de la RMCAB establecido en el procedimiento interno PA10-PR04 Generación y Control de Informes de la RMCAB (v. 5.0). Adicionalmente para la validación de los datos se tiene en cuenta lo definido en el procedimiento interno PA10-PR05- Validación de datos de la RMCAB (v. 3.0).

Adicionalmente, los procesos de monitoreo de contaminantes en la RMCAB se realizan bajo los siguientes procedimientos internos:

PA10-PR02 (v. 10.0)	Operación de la Red de Monitoreo y Calidad del Aire de Bogotá
PA10-PR06 (v. 6.0)	Monitoreo y revisión rutinaria de la operación del analizador de PM ₁₀ y PM _{2.5}
PA10-PR07 (v. 5.0)	Monitoreo y revisión rutinaria de la operación de los analizadores de los gases NO _x , SO ₂ , CO y O ₃

Elaboró:

Eaking Alberto Ballesteros Urrutia – PROFESIONAL RMCAB
Edna Lizeth Montealegre Garzón – PROFESIONAL RMCAB
Daissy Lizeth Zambrano Bohórquez – PROFESIONAL RMCAB
Zaira Natalia Torres Castro – PROFESIONAL RMCAB
María Camila Buitrago Jiménez – PROFESIONAL SATAB

Revisó:

Luis Álvaro Hernández González – PROFESIONAL ESPECIALIZADO RMCAB
José Hernán Garavito Calderón - PROFESIONAL ESPECIALIZADO RMCAB
Leonardo Quiñones Cantor – PROFESIONAL ESPECIALIZADO SATAB

Autorizó:

Hugo Enrique Sáenz Pulido - SUBDIRECTOR DE CALIDAD DEL AIRE, AUDITIVA Y VISUAL

FIN DEL INFORME