



INFORME MENSUAL DE CALIDAD DEL AIRE EN BOGOTÁ

.....
Febrero 2020

Estación Guaymañal

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
Jennyfer Montoya Quiroga
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 febrero 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 febrero 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

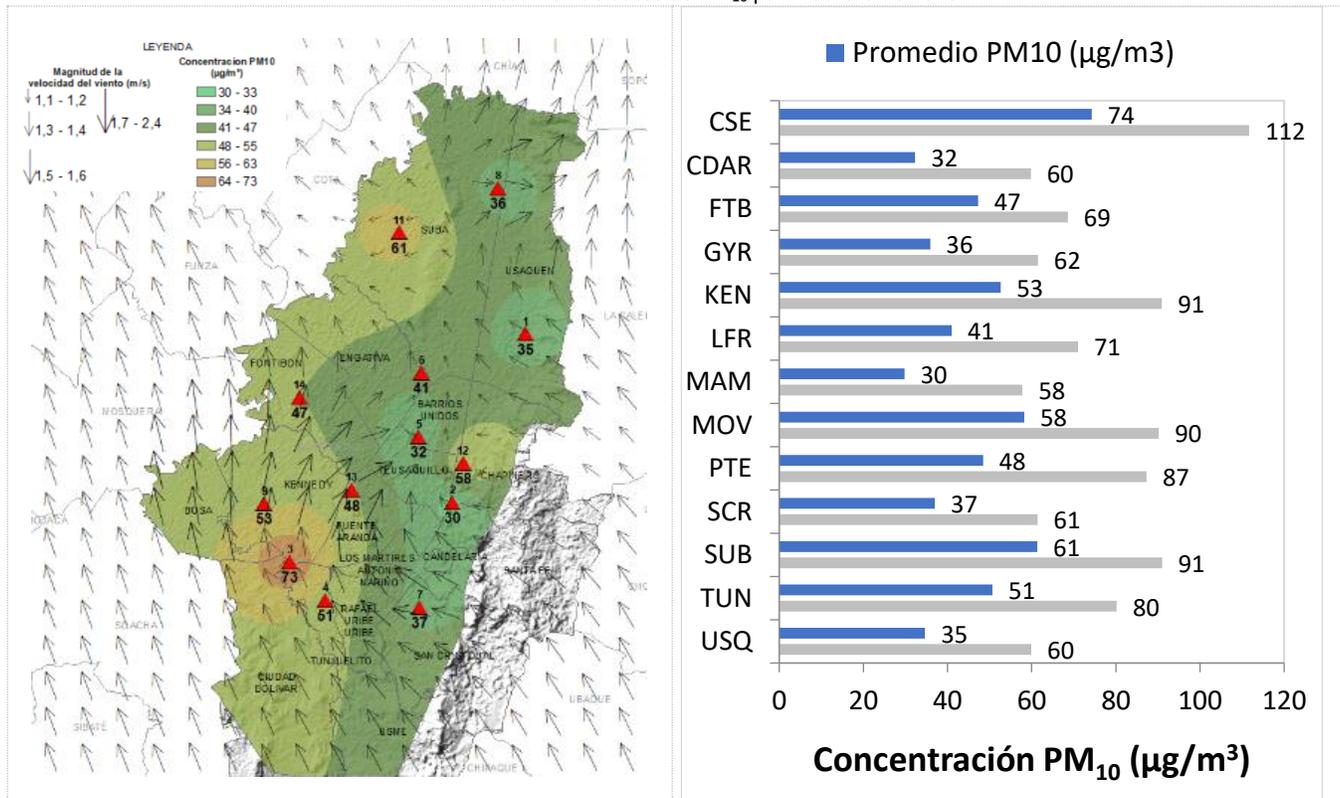
2 COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE PM₁₀

La Tabla 1 muestra los datos obtenidos para material particulado PM₁₀ en el mes de febrero 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 (**74.2 µg/m³**) y en la zona noroccidente en la estación Suba (**61.3 µg/m³**), mientras que las menores concentraciones se registraron en la zona centro de la ciudad, en la estación MinAmbiente (**29.7 µg/m³**) y en la estación Centro de Alto Rendimiento (**32.3 µg/m³**). Las concentraciones máximas diarias más altas para el mes corresponden a **111.7 µg/m³** en la estación Carvajal - Sevillana, y **91 µg/m³** en Suba; las concentraciones diarias máximas registradas en estas estaciones sobrepasaron el nivel máximo definido por la norma nacional diaria (75 µg/m³).

Las concentraciones en este mes registraron un aumento notable respecto al mes anterior, con altos niveles de material particulado en todo el occidente de la ciudad, debido a la influencia del material particulado arrastrado por las corrientes de viento provenientes del oriente de Colombia.

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



Estación	CSE	CDAR	FTB	GYR	KEN	LFR	MAM	MOV	PTE	SCR	SUB	TUN	USQ
Promedio PM₁₀ (µg/m³)	74,2	32,3	47,2	35,9	52,6	41,0	29,7	58,2	48,5	37,0	61,3	50,7	34,6
Máxima PM₁₀ (µg/m³)	111,7	59,8	68,6	61,5	90,9	71,0	57,8	90,2	87,3	61,4	91,0	80,2	59,9
Excedencias 24h	10	0	0	0	2	0	0	3	1	0	3	1	0
Datos válidos (%)	100%	100%	100%	100%	97%	86%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	90%

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 y Kennedy) y centro-oriente (Estación Móvil 7ma), principalmente en la primera semana de febrero. Las concentraciones diarias más bajas se observaron en la zona sur (San Cristóbal), durante la segunda semana del mes. En este periodo se registraron veinte (20) excedencias de los promedios diarios de concentración con respecto a la norma nacional diaria de PM₁₀ según la Resolución 2254 de 2017 del MADS (75 µg/m³), diez (10) en la estación Carvajal-Sevillana, tres (3) en la estación Suba, tres (3) en la estación Móvil 7ma, dos (2) en la estación Kennedy, una (1) en la estación Tunal y una (1) en la estación Puente Aranda.

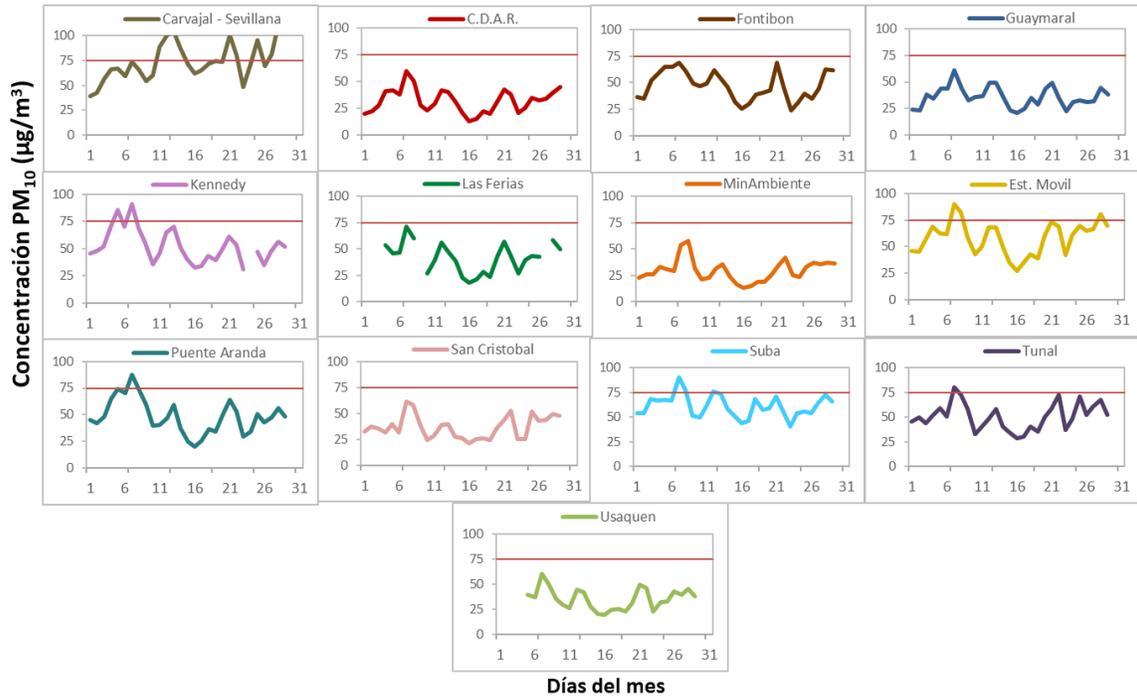


Figura 1. Comportamiento de las concentraciones diarias de PM₁₀ para febrero de 2020

La Figura 2 presenta el comportamiento interanual de las concentraciones promedio mensual de PM₁₀ para el mes de febrero en los últimos 4 años. Se observa que los registros del 2020 son más bajos a los obtenidos en los años anteriores, aunque se presentaron algunos aumentos respecto al 2018, en Carvajal Sevillana, respecto al 2019 en San Cristóbal y Tunal.

La estación Carvajal - Sevillana tiende a registrar las concentraciones más altas en febrero, y el valor del 2020 es el más alto de toda la ciudad en los últimos cuatro años.

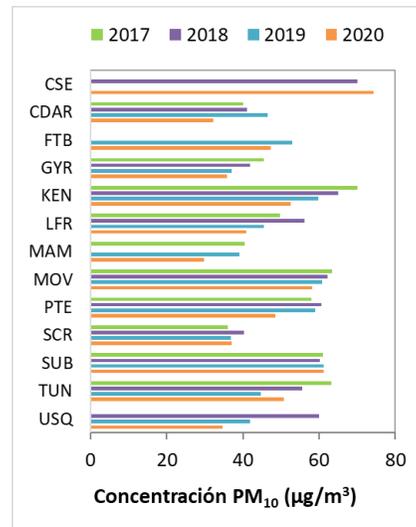


Figura 2. Comportamiento interanual de las concentraciones de PM₁₀ (2017-2018-2019-2020) para los meses de febrero

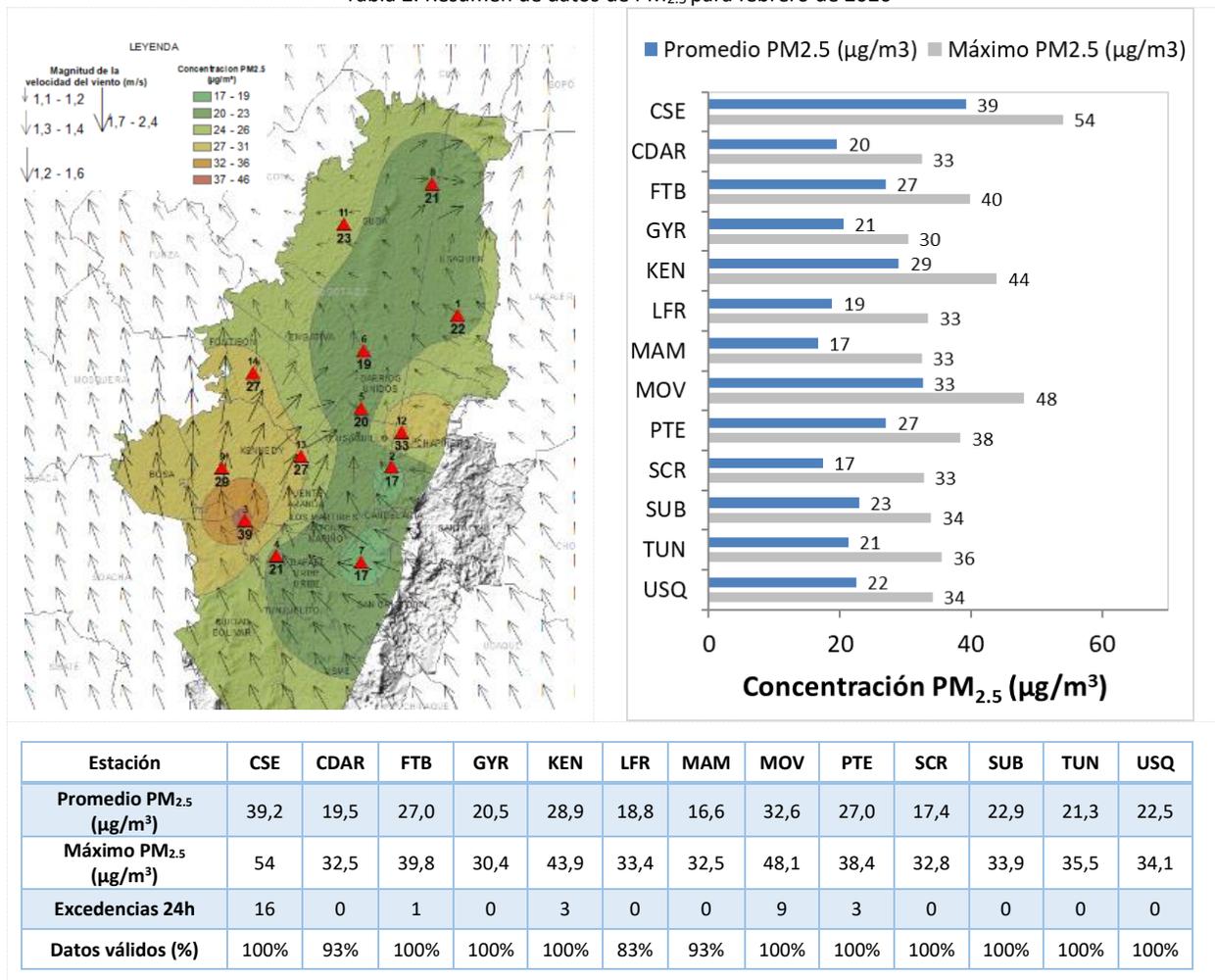
3 *COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE PM_{2.5}*

La Tabla 2 muestra los datos obtenidos para material particulado PM_{2.5} en el mes de febrero 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 **39.2 µg/m³** y en el centro de la ciudad en la estación Móvil 7ma con **32.6 µg/m³**; mientras que las menores concentraciones se registraron en la estación de MinAmbiente con **12.5 µg/m³** y en el oriente de la ciudad la estación San Cristóbal con **17.4 µg/m³**. La concentración máxima diaria de PM_{2.5} más alta en el mes fue de **54 µg/m³** en la estación Carvajal - Sevillana, seguida de **48.1 µg/m³** en la Estación Móvil; dichas concentraciones máximas excedieron la norma nacional diaria (37 µg/m³).

En este mes la dinámica de la ciudad estuvo funcionando completamente, por lo cual hubo un aumento en las emisiones de material particulado respecto al mes de enero. Además, los incendios registrados en la región de la Orinoquía y de los Llanos en Venezuela influyeron en el aumento en el material particulado en la ciudad desde la segunda semana del mes. Los siguientes días registraron una disminución leve, en especial en la zona occidente en la cual se aplicaron las restricciones de movilidad, también influenciada por un cambio en la dirección de los vientos y la reducción de los puntos calientes asociados a incendios forestales.

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



Estación	CSE	CDAR	FTB	GYR	KEN	LFR	MAM	MOV	PTE	SCR	SUB	TUN	USQ
Promedio PM_{2.5} (µg/m³)	39,2	19,5	27,0	20,5	28,9	18,8	16,6	32,6	27,0	17,4	22,9	21,3	22,5
Máximo PM_{2.5} (µg/m³)	54	32,5	39,8	30,4	43,9	33,4	32,5	48,1	38,4	32,8	33,9	35,5	34,1
Excedencias 24h	16	0	1	0	3	0	0	9	3	0	0	0	0
Datos válidos (%)	100%	93%	100%	100%	100%	83%	93%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

La Figura 33 presenta las concentraciones diarias de PM_{2.5} 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) especialmente en la primera mitad del mes y en la zona centro oriente en la estación Móvil 7ma, en la última semana del mes; mientras que las concentraciones más bajas se registraron en la zona suroriente (San Cristóbal) y noroccidente (Suba), en la segunda semana del mes. En febrero de 2020 se presentaron treinta y dos (32) excedencias al valor establecido por la norma nacional diaria de PM_{2.5} (37 µg/m³), en la estación Carvajal-Sevillana (16), Móvil (9), Kennedy (3), Puente Aranda (3) y Fontibón (1).

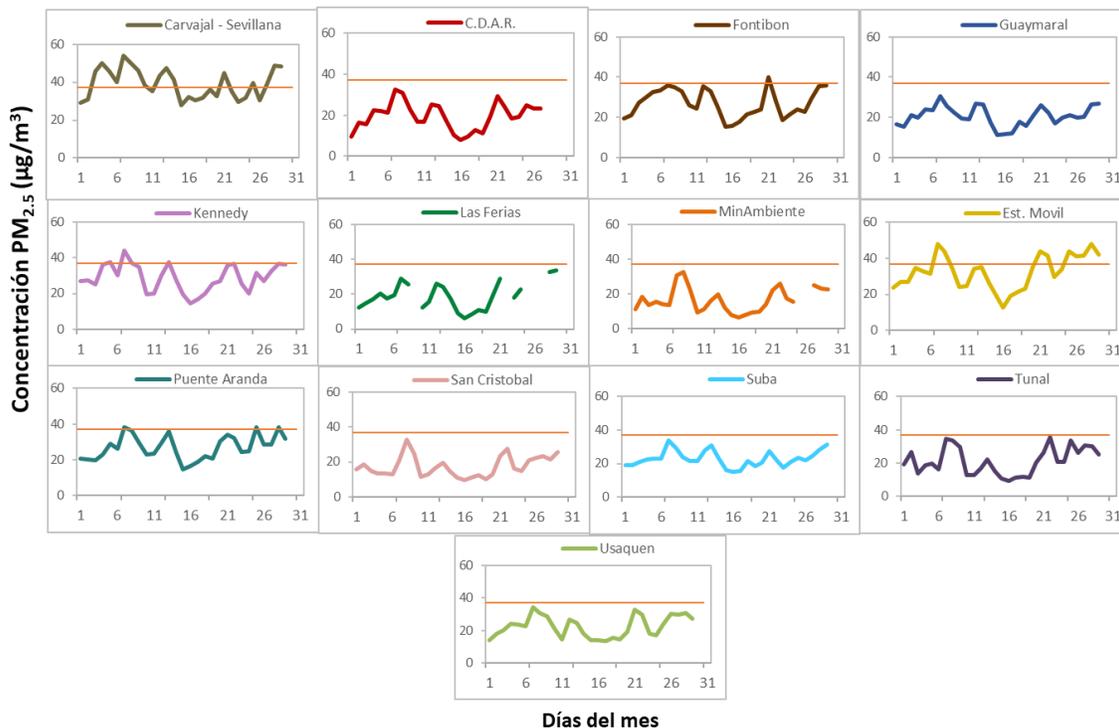


Figura 3. Comportamiento de las concentraciones diarias PM_{2.5} para febrero de 2020

La Figura 4 presenta el comportamiento interanual de las concentraciones de PM_{2.5} para el mes de febrero en los últimos 4 años. Se evidencia que los datos registrados en el 2020 fueron más altos que el año anterior en las estaciones Fontibón y Puente Aranda, pero bajaron en el resto de las estaciones; la mayor reducción se observó en Carvajal-Sevillana, con 10 µg/m³ en relación al 2019.

Las estaciones Carvajal-Sevillana, Kennedy y Móvil tienden a registrar los datos más altos para el mes de febrero; la primera estación ha registrado los valores más altos en la ciudad los dos últimos años.

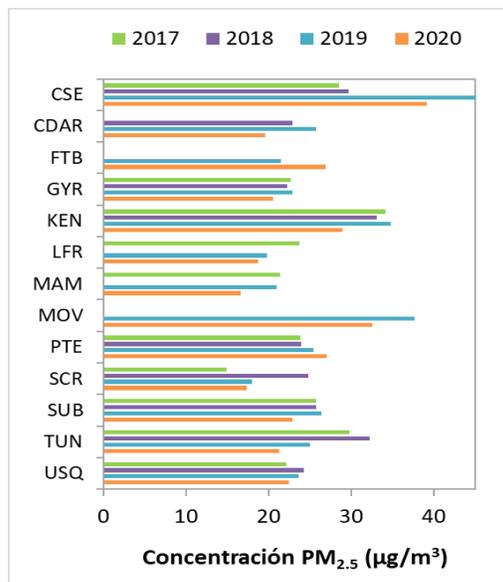


Figura 4. Comportamiento interanual de las concentraciones de PM_{2.5} (2017-2018-2019-2020) para los meses de febrero

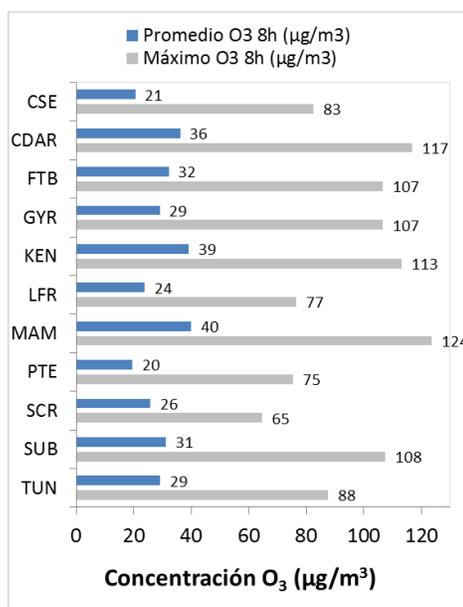
4 COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LA CONCENTRACIÓN DE OZONO (O₃). PROMEDIOS MÓVILES DE 8 HORAS.

La Tabla 3 presenta los datos obtenidos para ozono (O₃) en el mes de febrero 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 8 horas se presentaron en la zona centro y suroccidente de la ciudad, en la estación MinAmbiente con **39.868 µg/m³** y en Kennedy con **39.085 µg/m³**, mientras que las menores concentraciones se presentaron en la zona occidente, en la estación Puente Aranda con **19.575 µg/m³** y la estación Carvajal - Sevillana **20.551 µg/m³**. Se observa que en este mes se mantienen los cambios en la distribución espacial de las concentraciones de ozono, las cuales han aumentado en la zona de influencia de Kennedy, aunque también se registran aumentos en la zona centro-oriente, en las estaciones Minambiente y Centro de Alto Rendimiento. La concentración máxima más alta con base en promedios 8 horas fue de **123.606 µg/m³** en la estación MinAmbiente; la cual excedió la norma nacional 8 horas (100 µg/m³).

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

Estación	Promedio O3 8h (µg/m3)	Máximo O3 8h (µg/m3)	Excedencias 8h	Datos válidos (%)
CSE	20.551	82.600	0	100%
CDAR	36.152	116.739	10	100%
FTB	32.205	106.537	3	99%
GYR	29.075	106.537	3	100%
KEN	39.085	113.011	8	100%
LFR	23.881	76.518	0	98%
MAM	39.868	123.606	9	99%
MOV	N.A.	N.A.	0	N.A.
PTE	19.575	75.341	0	99%
SCR	25.758	64.746	0	100%
SUB	31.150	107.518	3	100%
TUN	29.285	87.701	0	100%
USQ*	31.846	70.436	0	23%



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

La Figura 5 5 presenta el comportamiento de los datos promedio media móvil 8 horas durante el mes de febrero 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 y suroccidente de la ciudad, en las estaciones MinAmbiente, Centro de Alto Rendimiento y

Kennedy, durante la primera semana del mes; mientras que las concentraciones más bajas se observaron en la zona de influencia de las estaciones Carvajal-Sevillana y San Cristóbal, en la segunda semana del mes. Se observan aumentos notables de la concentración de ozono en la zona centro-occidental de la ciudad, registrando varias excedencias en la segunda mitad del mes. En febrero de 2020, se registraron treinta y seis (36) excedencias de los promedios 8 horas de concentración con respecto a la norma nacional 8 horas de O_3 según la Resolución 2254 de 2017 del MADS ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$), diez (10) en Centro de Alto Rendimiento, nueve (9) en MinAmbiente, ocho (8) en Kennedy, tres (3) en Suba, tres (3) en Guaymaral y tres (3) en Fontibón.

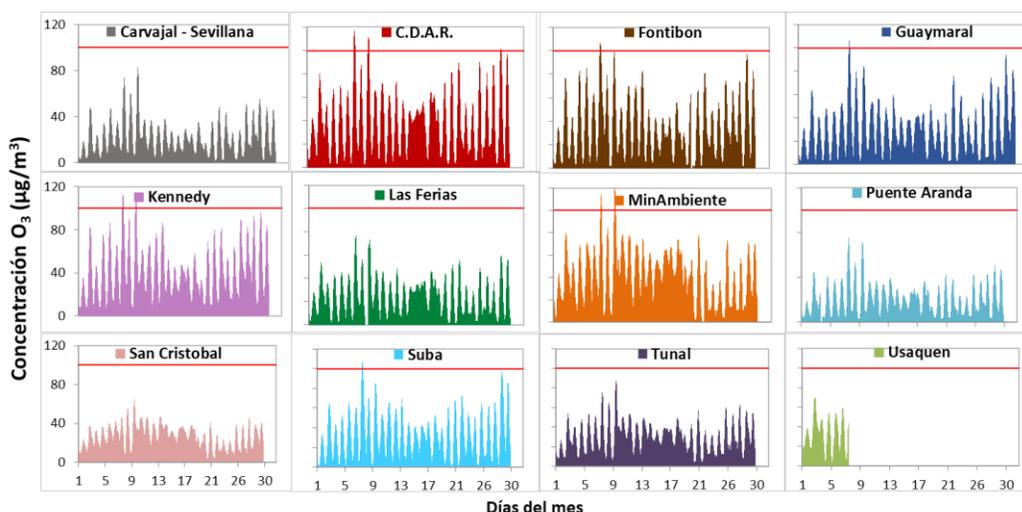


Figura 5. Comportamiento de las concentraciones 8h de O_3 para febrero 2020 y comparación con norma nacional.

La Figura 6 muestra el comportamiento interanual de las concentraciones de O_3 del mes de febrero en los últimos 4 años. Se observa que las concentraciones registradas en el 2020 son las más altas de los últimos 4 años en las estaciones Centro de Alto Rendimiento, Kennedy y MinAmbiente, además de tener un incremento con el paso del tiempo, en las demás estaciones las concentraciones fueron menores a las de años anteriores.

La estación Guaymaral registró la mayor reducción respecto al 2019, con $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

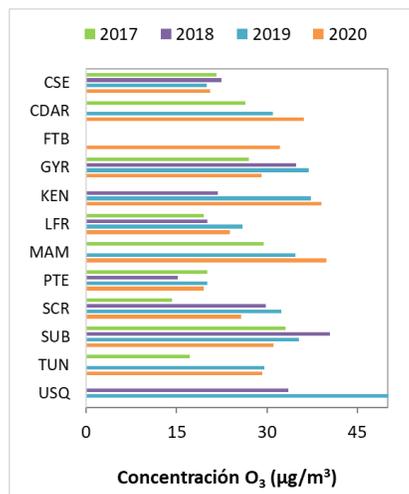
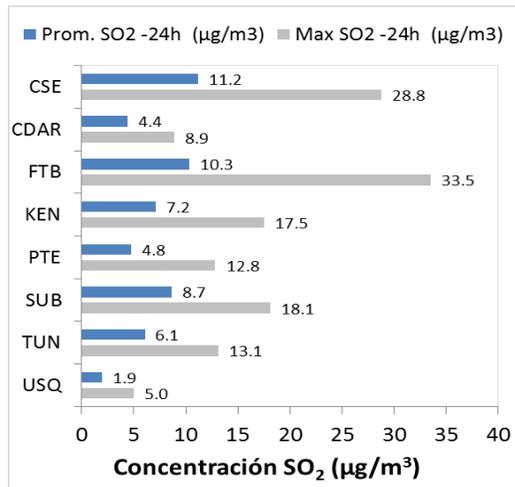


Figura 6. Comportamiento interanual de las concentraciones de O_3 (2017-2018-2019-2020) para los meses de febrero

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

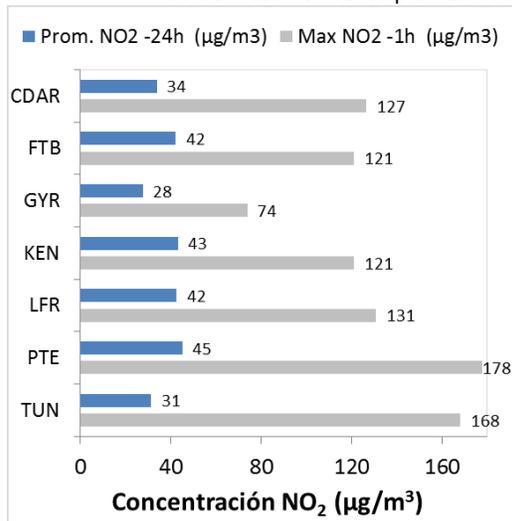
La Tabla 4, Tabla 5, y Tabla 6 presentan las concentraciones promedio mensuales y máximas de dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂) y monóxido de carbono (CO), correspondientes al mes de febrero de 2020. Igualmente se presenta el resumen de datos válidos y las excedencias, donde se observa 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. 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.

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



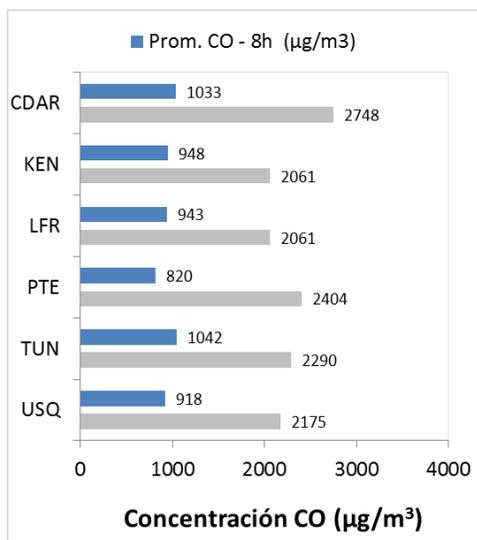
Est.	Prom. SO ₂ (µg/m ³)	Máx. SO ₂ (µg/m ³)	Exc. 24h	Exc. 1h	Datos válidos (%)
CSE	11.2	28.8	0	0	100%
CDAR	4.4	8.9	0	0	100%
FTB	10.3	33.5	0	6	90%
KEN	7.2	17.5	0	0	100%
PTE	4.8	12.8	0	0	100%
SUB	8.7	18.1	0	0	100%
TUN	6.1	13.1	0	0	100%
USQ	1.9	5.0	0	0	90%

Tabla 5. Resumen de los promedios diarios y máximos horarios para NO₂, febrero 2020.



Est.	Prom. NO ₂ (µg/m ³)	Máx. 1h NO ₂ (µg/m ³)	Exc. 1h	Datos válidos (%)
CDAR	33.7	126.6	0	79%
FTB	42.1	120.9	0	100%
GYR	27.6	73.9	0	100%
KEN	43.1	121.1	0	100%
LFR	42.5	130.9	0	97%
PTE	45.1	177.7	0	100%
TUN	31.2	168.1	0.0	100%

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



Est.	Prom. CO (µg/m³)	Máx. CO (µg/m³)	Exc. 8h	Exc. 1h	Datos válidos (%)
CSE*	787.7	2060.8	0	0	54%
CDAR	1033.4	2747.8	0	0	92%
FTB*	539.3	1144.9	0	0	31%
KEN	948.2	2060.8	0	0	94%
LFR	943.1	2060.8	0	0	92%
MOV*	1809.5	2633.3	0	0	30%
PTE	819.8	2404.3	0	0	85%
TUN	1041.8	2289.8	0	0	94%
USQ	918.4	2175.3	0	0	94%

*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.

Las concentraciones promedio mensuales más altas de brown carbon (UV-BC) se presentaron en la zona suroccidental de la ciudad, en las estaciones de Carvajal – Sevillana y Kennedy con 9.5 µg/m³ y 8.6 µg/m³ 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 5.6 µg/m³ y 2.6 µg/m³

respectivamente. Las concentraciones máximas diarias de brown carbon (UV-BC) más altas se presentaron en la zona suroccidental en la estación de Fontibón con $55.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en la estación de Kennedy con $46.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Las concentraciones promedio mensuales de black carbon (BC) se presentaron en la zona suroccidental y centro oriental de la ciudad, en las estaciones de Carvajal – Sevillana y Centro de Alto Rendimiento con $9.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $9.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 $5.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. Las concentraciones máximas diarias de $\text{PM}_{2.5}$ más altas se presentaron en la zona suroccidental y suroccidental, en la estación de Carvajal Sevillana con $131 \mu\text{g}/\text{m}^3$, seguida de la estación de Kennedy $116 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Adicionalmente, durante el mes de febrero, las estaciones que presentan una captura de datos menor al 75% son aquellas en las que se han presentado dificultades para acceder a la estación a realizar las labores de mantenimiento preventivo y correctivo; en este caso, durante este mes la estación de Carvajal - Sevillana presentó la menor captura de datos con un 12% debido a la dificultad del acceso a la estación.

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

Estación	Prom. UV-BC	Max. UV-BC	Prom. BC	Max. BC	Datos capturados (%)
CSE	9,4	28,4	9,8	29,9	12
CDAR	8,3	45,8	9,3	83,6	63
FTB	8,4	55,8	8,4	61,1	86
KEN	8,6	46,3	8,6	48,4	98
LFR	5,6	42,8	5,5	43,5	93
MAM	7,1	34,2	7,7	35,3	35
TUN	8,0	35,4	8,1	56,1	60
USQ	2,6	2,6	2,5	26,3	99

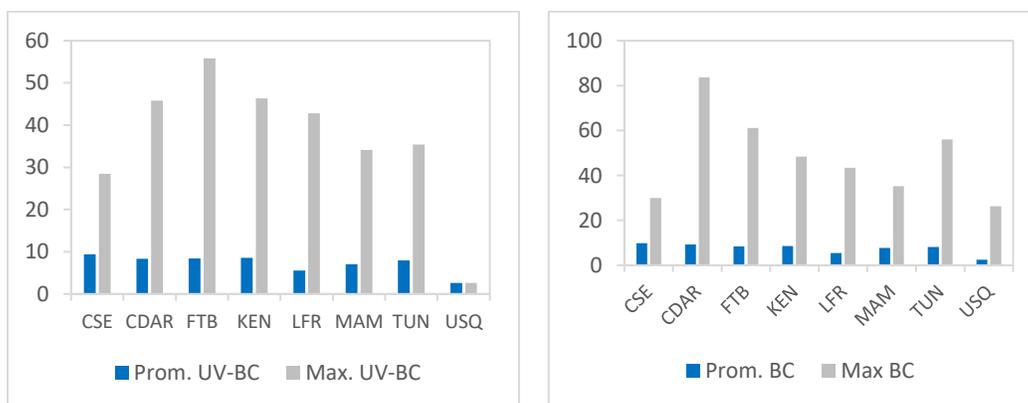


Figura 7. Promedios de concentraciones mensuales, valores máximos para brown carbon (UV-BC) y black carbon (BC) febrero de 2020

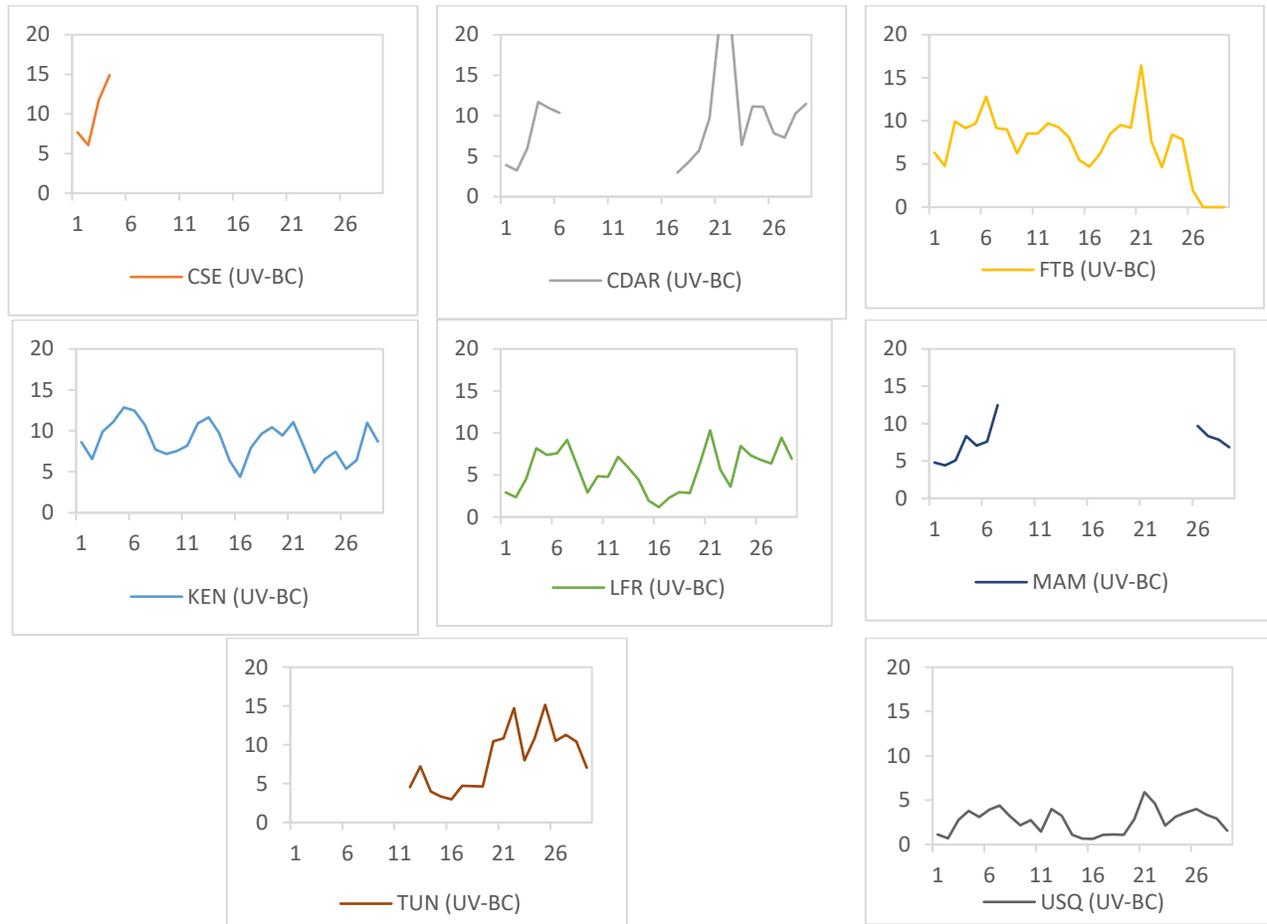
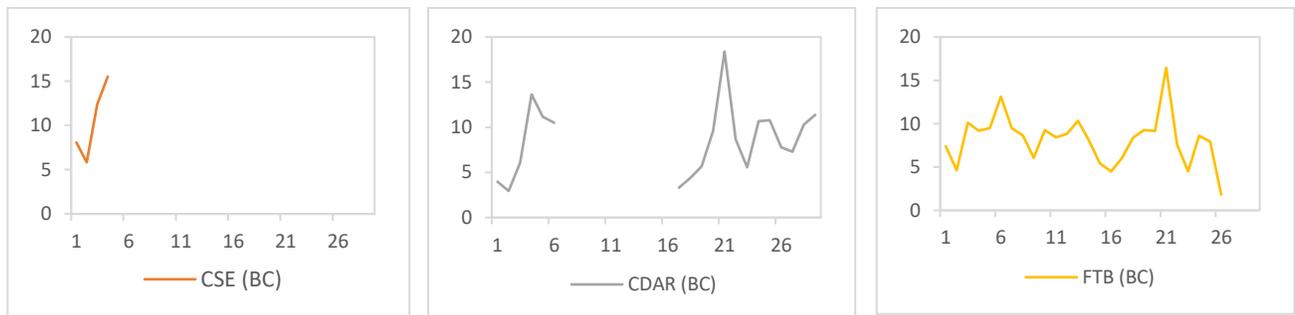


Figura 8. Comportamiento de las concentraciones diarias de black carbon (UV-BC) para febrero de 2020



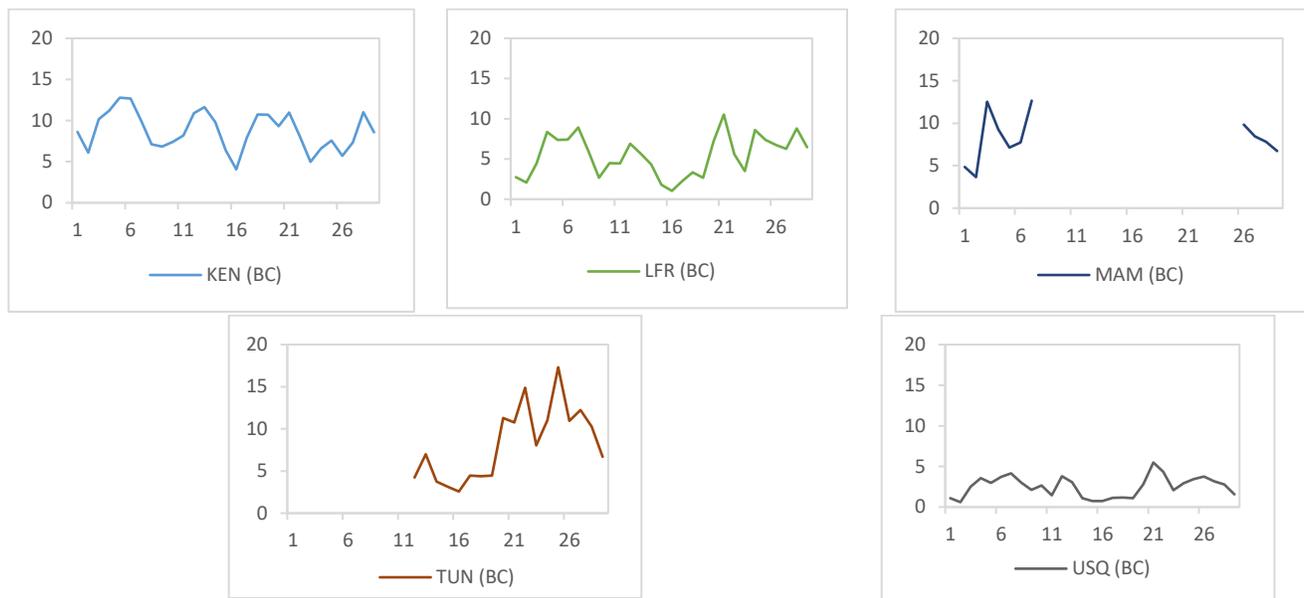


Figura 9. Comportamiento de las concentraciones diarias de black carbon (BC) para Febrero de 2020

En las figuras 8 y 9 se presenta las concentraciones diarias de brown carbon y black carbon. De acuerdo con la ubicación y su comportamiento, las concentraciones más altas se presentaron en las estaciones de Centro de Alto Rendimiento, Fontibón y Tunal; sin embargo, durante finales de la tercera semana del mes todas las estaciones presentaron un incremento en las concentraciones superior a los 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Por otro lado, en las estaciones de Centro de Alto Rendimiento y Tunal, se evidencia que las concentraciones de black carbon (BC) fueron superiores a las de Brown carbon (UV-BC) durante el día 21 de febrero con valores de 18.38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 14.87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en comparación con días anteriores, estas condiciones pudieron estar asociadas a los incendios que se presentaron en el oriente y el sur del país.

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.

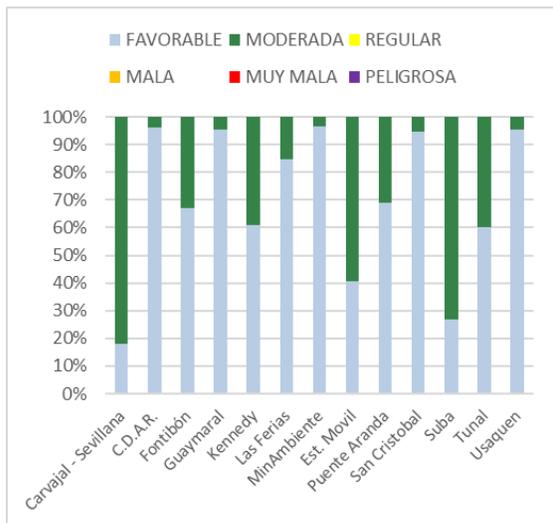


Figura 10. IBOCA para PM₁₀ por estación en febrero 2020

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 febrero. Se observa que predominaron las categorías “favorable” y “moderada” en todas las estaciones de la ciudad. La estación Carvajal Sevillana registró la condición más desfavorable, (“Moderada” durante un 82% del mes y “Favorable” en el 18% restante), mientras que las estaciones CDAR, Guaymaral y San Cristóbal, MinAmbiente y Usaquén contaron con los porcentajes más altos en condición “Favorable”.

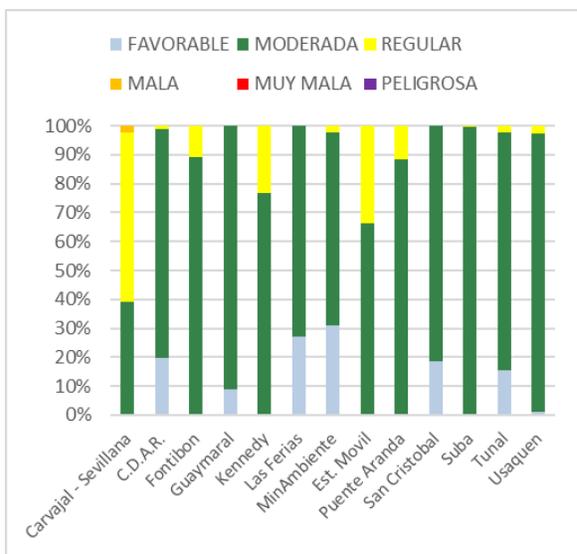


Figura 11. IBOCA para PM_{2.5} por estación en febrero 2020

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 febrero predominan las categorías “moderada” y “favorable” en todas las estaciones, y “regular” en la estación Carvajal-Sevillana. La estación Carvajal-Sevillana presentó el estado de calidad del aire más desfavorable, con una condición “moderada” durante el 39% del mes y “regular” el 59 % del tiempo. Por otro lado, la estación MinAmbiente presentó el mejor estado de la calidad del aire con una condición “moderada” el 67% del mes y “favorable” el 31% restante.

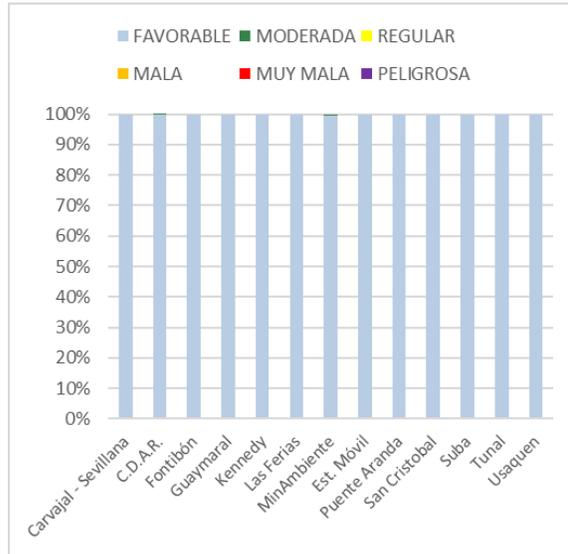


Figura 12. IBOCA para O₃ por estación en febrero 2020

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 todas las estaciones de la RMCAB, con un 100% del tiempo del mes de febrero, a excepción de la estación MinAmbiente que registró la condición “moderada” el 1% del tiempo.

8 COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN

Junto con el mes de enero, el mes de febrero hace parte del primer período seco del año. Sin embargo, febrero de 2020 registró un ligero incremento en los registros de precipitación en la ciudad, de modo que, al menos en cuatro de las estaciones de la red se registraron lluvias iguales o superiores a los 100 mm, distinto a lo ocurrido durante el mes de enero de 2020. De la misma manera se incrementaron los números de días con lluvia, que en la mayoría de las estaciones superaron los 100 días; siendo la estación de Guaymaral la que tuvo más días de lluvia, con 17 días, como se puede observar en la Figura 13 y Tabla 8.

Comparado con febrero de 2019 en este mes los niveles de lluvia fueron superiores, esto se podría explicar por la influencia del episodio El Niño ocurrido en 2019. Asimismo, es importante anotar que hacia el sector de Kennedy se presentaron las lluvias con mayor intensidad, que pudieron haber favorecido la disminución de la contaminación en algunos días del mes.

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

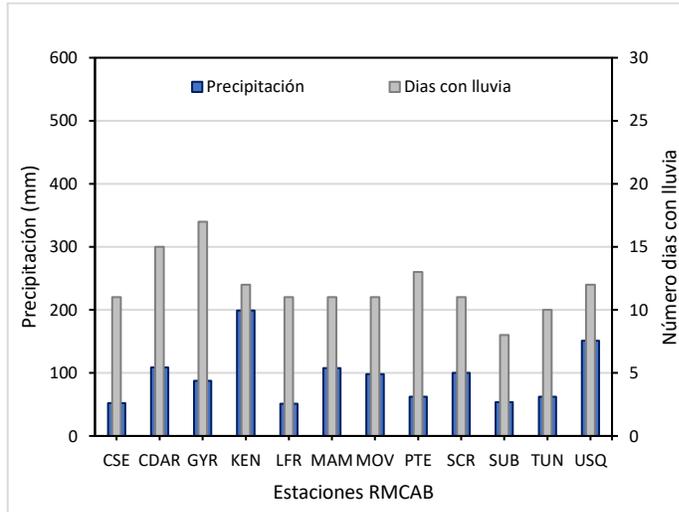


Figura 13. Precipitación media mensual por estaciones y número de días con precipitación (febrero-2020).

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

Estación	Precipitación acumulada (mm/mes)	Días con lluvia
BOL	No Data	No Data
CSE	52	11
CDAR	109	15
GYR	87	17
KEN	199	12
LFR	51	11
MAM	108	11
MOV	98	11
PTE	62	13
SCR	100	11
SUB	54	8
TUN	62	10
USQ	151	12

8.1 COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LA TEMPERATURA

En febrero de 2020 las temperaturas del aire ambiente presentaron un ligero incremento con respecto al mes anterior, sobre todo hacia el sector suroccidental representado por las estaciones de Kennedy y Carvajal, donde se alcanzaron temperaturas medias de 18.1 °C y 16.4 °C, respectivamente. (Ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y Figura 15). Respecto al mes de enero, en estas dos estaciones las temperaturas medias fueron de 17.6 °C y 16.1 °C, respectivamente. Ese comportamiento fue semejante en la zona centro - oriente de la ciudad donde respecto al mes anterior hubo un incremento de 0.1 °C.

De acuerdo con los datos de la RMCAB, en 2016, el año más caliente de las últimas décadas, la estación de Kennedy registro un promedio de 16.2 °C, tanto que en 2020 en la misma estación se registró un aumento de 18.1 °C, lo que representa un incremento de 1.9 °C.

En cuanto a los valores extremos, se resaltan las bajas temperaturas presentadas durante el mes de febrero, las cuales estuvieron muy cercanas a cero en la estación de Guaymaral, en la que se registró una mínima absoluta de 0.7 °C. Por otro lado, la estación de Kennedy registro la máxima absoluta de la ciudad con 29.1 °C (Ver Tabla 9 y Figura 15). Las variaciones mencionadas y diferencias térmicas a nivel local son responsables de la producción de remolinos en la atmosfera y mezcla turbulenta durante el día, causadas principalmente por la convección térmica.

Cabe anotar que, debido a las altas temperaturas presentadas en este mes, durante el día en gran parte del territorio nacional, se presentaron incendios tanto al interior de la ciudad como en el cinturón ecuatorial del continente, principalmente en Venezuela y los llanos colombianos, asimismo, las bajas temperaturas a nivel superficial, dieron lugar a inversiones térmicas que favorecieron la acumulación de contaminantes en la atmósfera y el aumento de las concentraciones de material particulado en la ciudad.

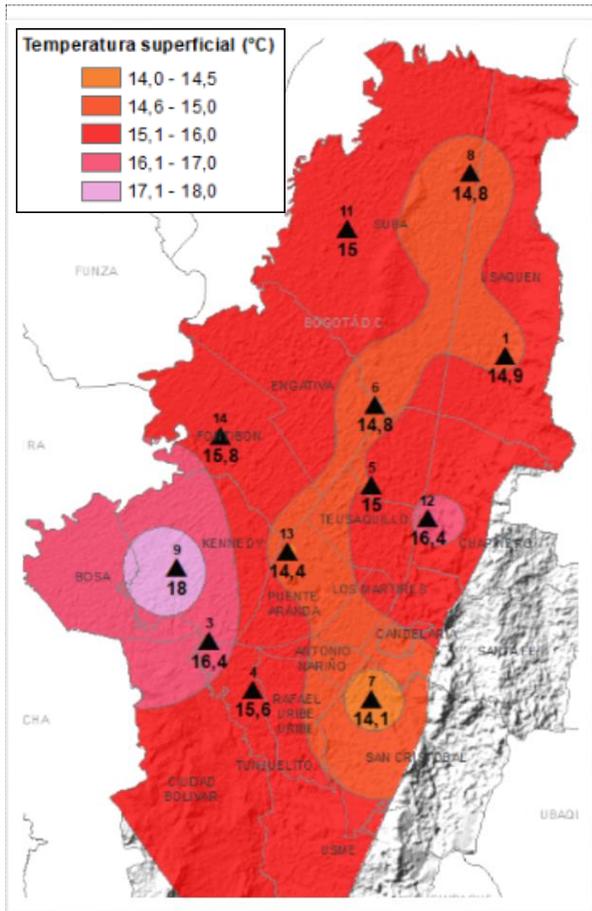


Figura 14. Mapa del promedio de temperatura superficial de las estaciones de la RMCAB con base en el método de interpolación de Kriging – (febrero - 2020)

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

Estación	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura media (°C)
BOL	No Data	No Data	No Data
CSE	6,2	24,9	16,4
CDAR	1,7	26,6	15
FTB	6,2	24	15,8
GYR	0,7	25,8	14,8
KEN	7,3	29,1	18,1
LFR	5,7	23,1	14,8
MAM	No Data	No Data	No Data
MOV	7,7	26,7	16,4
PTE	6,3	22,6	14,4
SCR	4,3	22,6	14,1
SUB	3,2	27,3	15
TUN	2,6	26,7	15,6
USQ	4,7	24,4	14,9
Promedio	4,7	25,1	15,4

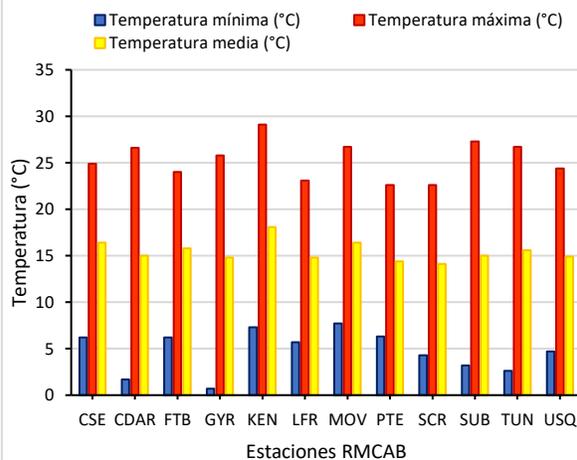


Figura 15. Temperaturas medias, máximas y mínimas absolutas por estaciones (febrero- 2020)

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

El comportamiento promedio de los vientos durante el mes de febrero fue muy semejante al mes anterior, es decir, el flujo base de los vientos alisios ingresando por el sur oriente, con variaciones en las corrientes de aire al interior de la ciudad. Al Sur como es frecuente, predominan los vientos del sur y del sur oriente; al norte se presentó un flujo divergente del flujo básico de los alisios, influenciados por vientos del noroccidente, que al confluir con los vientos alisios del suroriente adoptaron una componente suroccidente.

Al sur occidente de la ciudad se presentaron vientos provenientes del suroccidente y del sur los cuales al interactuar con los alisios del suroriente continuaron su flujo hacia el noroccidente de la ciudad. Ver (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Los vientos de componente noroccidente también fueron responsables del transporte de material particulado generado por incendios ocurridos hacia el norte del país, asimismo, la influencia de vientos del sur y del sur occidente por el corredor occidental de la ciudad contribuyó con el arrastre y acumulación de partículas hacia las estaciones de Suba y Móvil, aproximándose a las concentraciones que se presentan al suroccidente de la ciudad.

Respecto de los valores máximos las velocidades máximas absolutas se registraron en las estaciones de Puente Aranda (6.4 m/s) y Kennedy (6.4 m/s). Ver Figura 17 y Tabla 10.

El mapa de la Figura 16 es una representación del campo del viento promedio durante el mes de febrero, para obtener más información acerca de la variación de los vientos durante el mes de febrero, se pueden observar las rosas de vientos de cada una de las estaciones de la RMCAB, las cuales muestran no solo la resultante del viento promedio del mes, sino las frecuencias y velocidades en sus distintas direcciones. Ver Figura 18.

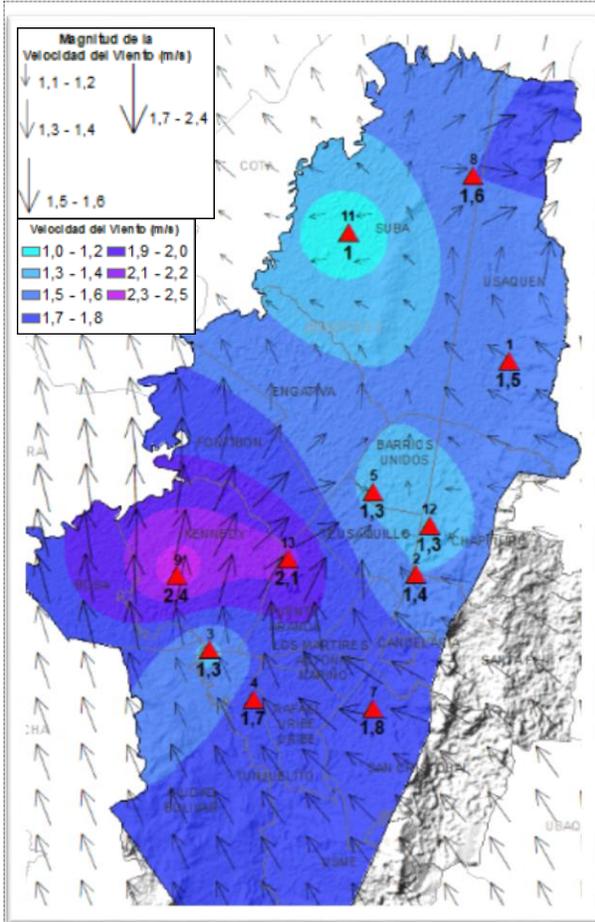


Figura 16. Velocidad promedio (Superficie en colores) y Dirección promedio (Vectores) del Viento de Bogotá con base en la interpolación de Kriging (febrero - 2020)

Tabla 10. Velocidades reportadas para febrero de 2020

Estación	Vel. mínima	Vel. máxima	Vel. media
BOL	No Data	No Data	No Data
CSE	0,0	5,3	1,3
CDAR	0,0	5,3	1,3
GYR	0,6	4,9	1,6
KEN	0,0	6,4	2,4
LFR	0,0	5,6	1,5
MAM	0,1	5,9	1,4
MOV	0,1	4,6	1,3
PTE	0,0	6,4	2,1
SCR	0,0	4,9	1,8
SUB	0,0	4,3	1,0
TUN	0,1	5,0	1,7
USQ	0,1	5,8	1,5
Promedio Ciudad	0,1	5,4	1,6

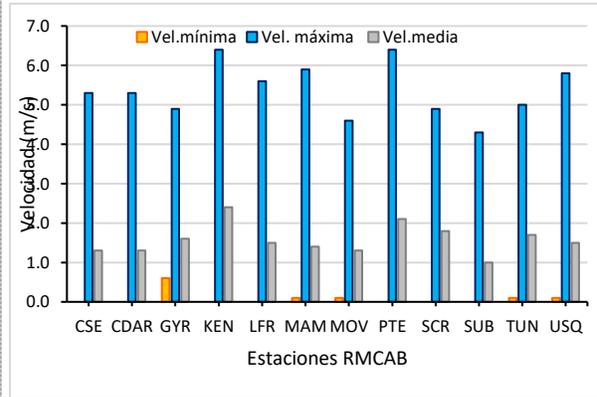
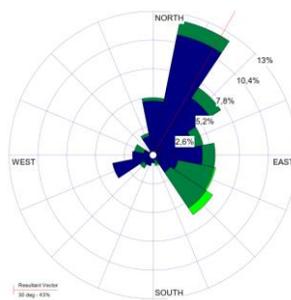


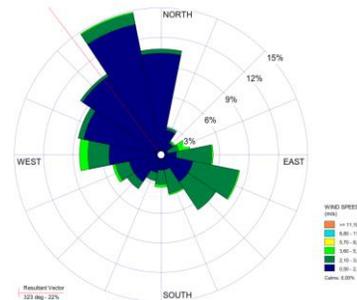
Figura 17. Velocidad del viento media, máxima y mínima absolutas por estación (febrero - 2020)

N.A.

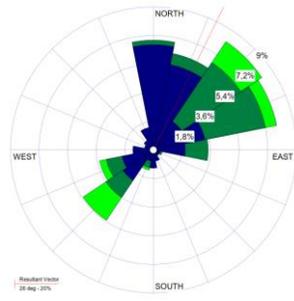
a) Bolivia



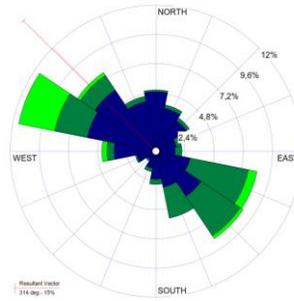
b) Suba



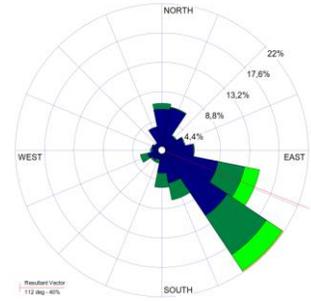
c) Guaymaral



d) Las Ferías

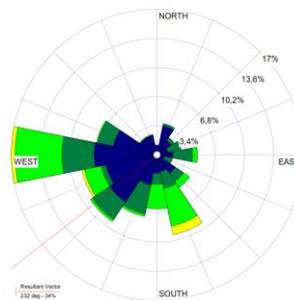


e) CDAR

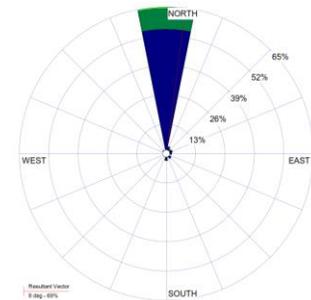


f) Usaqué

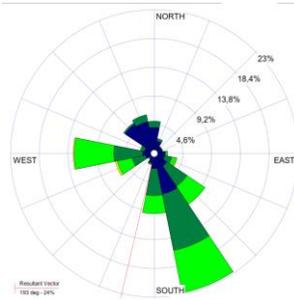
N.A.



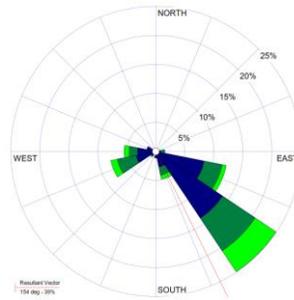
g) Fontibón



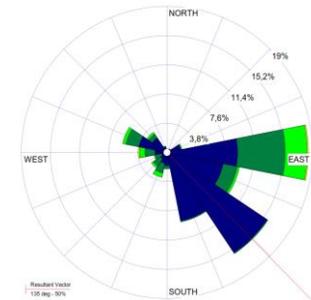
h) Puente Aranda



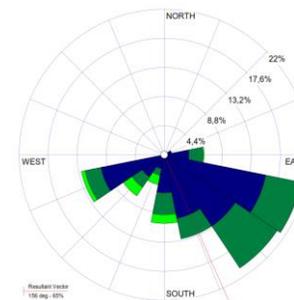
j) Kennedy



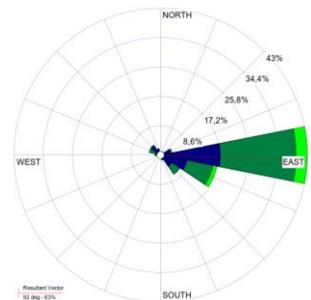
k) Carvajal



l) MinAmbiente



m) Tunal



n) San Cristóbal

Figura 18. Rosas de viento – febrero de 2020

9.1 ESTIMACIÓN DE LA ALTURA DE LA CAPA LÍMITE

En virtud de los incrementos de radiación solar durante el mes de febrero de 2020, la altura de la capa límite promedio mensual, alcanzó alturas próximas a los 1697 m en hora pico hacia el norte de la ciudad que se representa por la estación de Guaymaral, y 1645 m hacia el sur en la estación de Tunal; de manera semejante a lo ocurrido durante el mes de enero, al parecer hacia el sector sur, se pudo presentar una acumulación de energía residual que propició que en horas nocturnas la altura de la capa límite alcanzara valores medios cercanos a los 400 m; ya en horas de la madrugada se presentaron decrecimientos por debajo los 200 m, por el enfriamiento del aire en contacto con el suelo debido a su pérdida de calor. Ver Figura 19 a) y b).

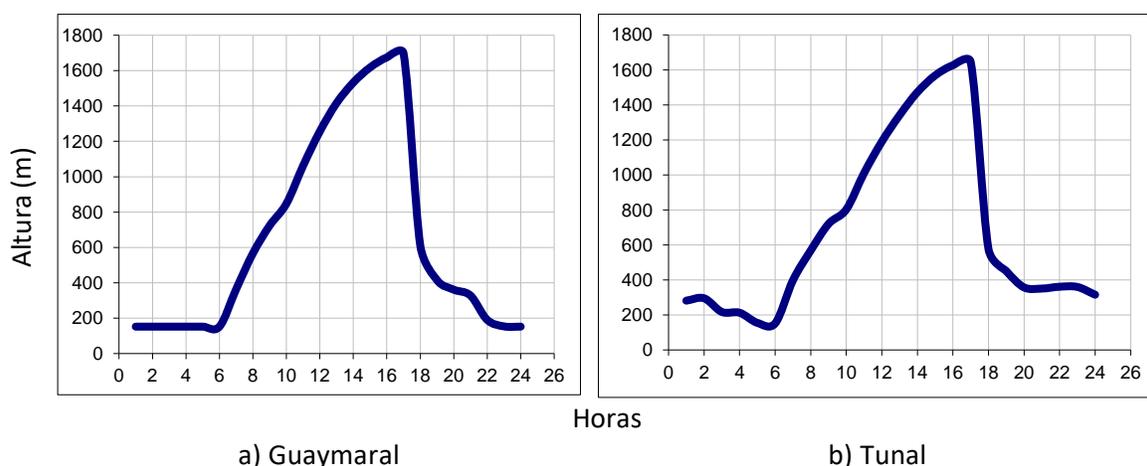


Figura 19. Estimación del perfil promedio horario mensual de la altura de la capa de mezcla a) Guaymaral y b) Tunal - febrero de 2020

Como consecuencia de la cantidad de energía entrante durante el día, se observa que entre las 9 de la mañana y las 4 de la tarde, la atmósfera presentó mayor inestabilidad hacia el norte de la ciudad, entre tanto, hacia el sur, aunque menos inestable se presentó un patrón semejante.

Durante este mes, en horas de la madrugada y la noche, se hicieron predominantes las estabilidades E y F, con mayor influencia hacia el norte de la ciudad debido a la disminución de la radiación solar, pérdidas de energía del suelo y bajas velocidades del viento, que son desfavorables para la dispersión de contaminantes por reducción de las fuerzas convectivas (ascenso por calor), predominando las fuerzas inerciales (impulso) que dependen de la velocidad de los vientos. En la Tabla 11 y Tabla 12, se presentan algunos parámetros de escala que describen las condiciones atmosféricas predominantes en el distrito capital durante el mes de febrero.

Por otro lado, desde la mañana a la tarde, las estabilidades pasaron de condición neutral (D) a inestables (A, B), por la transferencia de calor del suelo que calienta el aire superficial, tomando lugar las fuerzas convectivas, que favorecen la dispersión de los contaminantes emitidos por las actividades antrópicas de la ciudad; se destacan las

condiciones de inestabilidad dominantes en al norte de la ciudad, estimadas entre las 10 am a la 1 pm.

Tabla 11. Estimación de la altura de la capa de mezcla de la ciudad de Bogotá. Estación Guaymaral (febrero – 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								m/s	m	m	M	
1	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
2	0,9	10,3	0,0	-60,9	1	6	-	3	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
3	0,9	9,8	0,0	-61,2	1	6	-	3	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
4	0,9	9,3	0,0	-61,5	1	6	-	3	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
5	0,9	9,0	0,0	-61,6	1	6	-	3	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
6	0,9	8,8	0,0	-61,7	1	6	-	3	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
7	1,0	9,2	27,3	-9,5	1	6	0,23	8	6,7	0,14	1,8	-	-	-	0,27	-	189	364	D
8	1,2	12,6	200,6	103,5	1	6	0,28	7	55,7	0,27	1,8	-	-	-	0,43	-	374	567	C
9	1,6	16,2	415,8	245,6	1	6	0,36	6	117,2	0,55	1,8	-	-	-	0,54	-	602	724	B
10	1,9	18,7	654,3	396,2	1	6	0,43	4	182,8	0,98	1,8	-	-	-	0,64	-	844	847	A
11	2,0	19,9	776,5	473,8	1	6	0,45	3	216,5	1,13	1,8	-	-	-	0,67	-	1062	1062	A
12	2,3	21,0	862,1	513,0	1	6	0,53	0	233,1	1,79	1,8	-	-	-	0,72	-	1256	1256	A
13	2,5	21,8	802,0	486,5	1	6	0,56	2	221,1	2,17	1,8	-	-	-	0,74	-	1416	1416	A
14	2,7	21,6	625,5	386,6	1	6	0,62	5	177,2	2,87	1,8	-	-	-	0,76	-	1533	1533	B
15	3,1	21,1	498,5	299,7	1	6	0,71	5	139,0	4,30	1,8	-	-	-	0,83	-	1618	1618	B
16	2,8	20,2	368,7	204,0	1	6	0,64	4	97,1	3,25	1,8	-	-	-	0,75	-	1674	1674	B
17	2,6	18,8	188,5	73,6	1	6	0,59	3	40,1	2,54	1,8	-	-	-	0,68	-	1697	1697	C
18	2,1	16,9	0,0	-62,7	1	6	-	2	-27,3	-	1,8	0,23	0,06	0,76	0,46	610	610	610	F
19	1,6	15,0	0,0	-64,3	1	6	-	2	-18,6	-	1,8	0,23	0,06	0,55	0,31	416	416	416	F
20	1,4	13,9	0,0	-65,2	1	6	-	2	-16,2	-	1,8	0,23	0,06	0,46	0,27	361	361	361	F
21	1,3	13,1	0,0	-65,8	1	6	-	2	-14,7	-	1,8	0,23	0,06	0,38	0,25	328	328	328	F
22	1,1	12,5	0,0	-66,2	1	6	-	2	-8,5	-	1,8	0,23	0,06	0,03	0,14	190	190	190	F
23	1,0	11,8	0,0	-66,7	1	6	-	2	-6,9	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,12	154	154	154	F
24	0,9	11,3	0,0	-67,0	1	6	-	2	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F

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

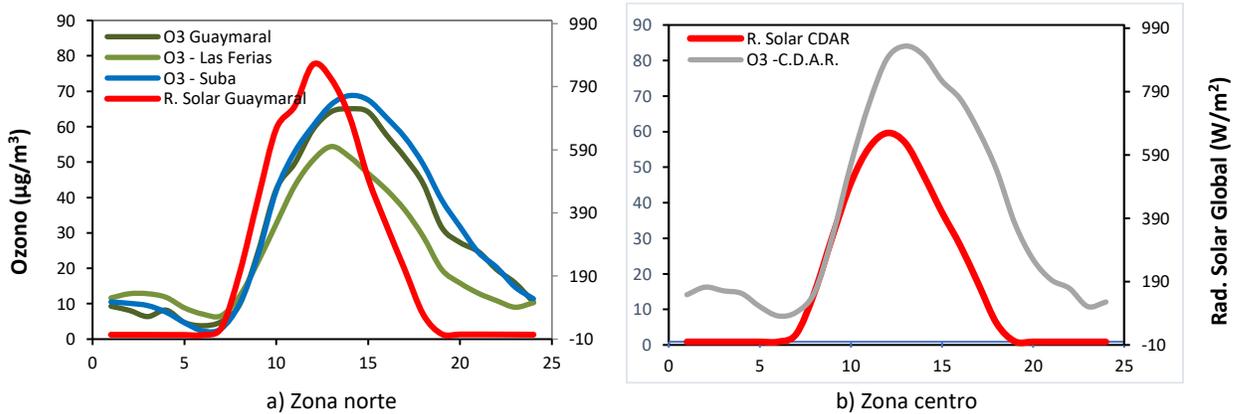
Hora Local	Vel Viento	T	R _g	R _n	z _o	z _m	u _o	N	H _o	Q*	LN (z _m /z _o)	C _{DN}	u _o ²	C	u*	h _{mec}	h _{conv}	H _z	Estab
Hr	m/s	°C	W/m ²	W/m ²	m	m	m/s	Octas							m/s	m	m	m	
1	1,2	12,1	0,0	-73,2	1	6	-	1	-12,6	-	1,8	0,23	0,06	0,27	0,21	282	282	282	F
2	1,3	11,7	0,0	-73,4	1	6	-	1	-13,2	-	1,8	0,23	0,06	0,30	0,22	295	295	295	F
3	1,1	11,3	0,0	-73,7	1	6	-	1	-9,7	-	1,8	0,23	0,06	0,09	0,16	217	217	217	F
4	1,1	10,9	0,0	-67,3	1	6	-	2	-9,5	-	1,8	0,23	0,06	0,08	0,16	213	213	213	F
5	1,0	10,5	0,0	-67,5	1	6	-	2	-6,9	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,12	155	155	155	F
6	1,0	10,3	0,0	-67,6	1	6	-	2	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
7	1,1	10,3	39,4	-0,7	1	6	0,25	8	10,3	0,17	1,8	-	-	-	0,30	-	206	398	D
8	1,3	13,1	198,0	102,1	1	6	0,29	7	54,9	0,30	1,8	-	-	-	0,43	-	381	568	C
9	1,3	16,5	408,3	240,7	1	6	0,29	6	115,0	0,30	1,8	-	-	-	0,54	-	603	720	B
10	1,6	18,7	514,2	314,6	1	6	0,37	6	146,8	0,62	1,8	-	-	-	0,58	-	803	803	B
11	2,1	20,2	687,7	427,2	1	6	0,47	5	195,8	1,28	1,8	-	-	-	0,66	-	1011	1011	B
12	2,3	21,2	717,4	448,5	1	6	0,54	5	204,7	1,89	1,8	-	-	-	0,71	-	1190	1190	A
13	2,6	21,8	694,7	433,7	1	6	0,59	5	197,9	2,54	1,8	-	-	-	0,75	-	1342	1342	B
14	3,0	21,7	680,0	417,0	1	6	0,69	4	190,5	4,00	1,8	-	-	-	0,83	-	1473	1473	B
15	3,0	21,1	549,1	327,5	1	6	0,69	4	151,2	4,04	1,8	-	-	-	0,82	-	1569	1569	B
16	2,8	20,4	405,6	202,5	1	6	0,64	0	96,2	3,24	1,8	-	-	-	0,75	-	1626	1626	B
17	2,5	19,4	188,2	53,9	1	6	0,56	0	31,0	2,18	1,8	-	-	-	0,64	-	1645	1645	C
18	2,0	17,7	0,0	-75,4	1	6	-	0	-25,8	-	1,8	0,23	0,06	0,74	0,43	576	576	576	F

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	
19	1,7	15,6	0,0	-77,3	1	6	-	0	-20,2	-	1,8	0,23	0,06	0,61	0,34	451	451	451	F
20	1,4	14,7	0,0	-78,0	1	6	-	0	-16,0	-	1,8	0,23	0,06	0,45	0,27	357	357	357	F
21	1,4	14,2	0,0	-78,4	1	6	-	0	-15,7	-	1,8	0,23	0,06	0,43	0,26	351	351	351	F
22	1,4	13,5	0,0	-78,9	1	6	-	0	-16,2	-	1,8	0,23	0,06	0,46	0,27	361	361	361	F
23	1,4	13,0	0,0	-72,6	1	6	-	1	-16,1	-	1,8	0,23	0,06	0,45	0,27	360	360	360	F
24	1,3	12,6	0,0	-72,8	1	6	-	1	-14,1	-	1,8	0,23	0,06	0,35	0,24	315	315	315	F

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

Durante el mes de febrero los niveles de radiación solar alcanzaron altos valores, incluso por encima de los registrados durante el mes de enero; tales incrementos en la radiación solar incidente se tradujeron en mayores concentraciones de ozono a nivel superficial en la ciudad.

Como se visualiza en la Figura 20, los acumulados de radiación solar promedio horario, durante el mes de febrero y en la hora de mayor incidencia, alcanzaron los 968 W/m² al sur y 861 W/m² al norte de la ciudad, superando lo ocurrido durante el mes de enero. Asimismo, al sur occidente se registraron 740 W/m², los cuales se tradujeron en altas concentraciones de ozono en la hora de mayor incidencia de radiación solar, alcanzaron los 80.7 µg/m³ en el sector de Kennedy.



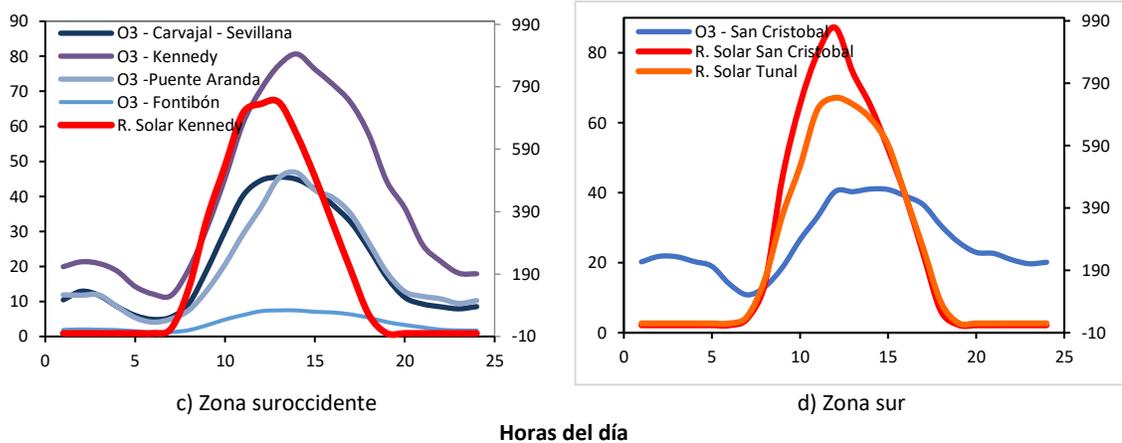


Figura 20. Comportamiento horario de O₃ (µg/m³) y su relación con la Radiación Solar entrante (W/m²), febrero 2020.
a) zona norte, b) zona centro, c) zona suroccidente y d) zona sur

11 REPORTE MENSUAL DE VALIDACIÓN SIMCAB PARA EL MES DE FEBRERO DE 2020.

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

11.1 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 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y los Box Plot ver Figura 222. Los diagramas de Taylor a nivel ciudad muestran que la velocidad del viento aumentó levemente la correlación y disminuyó un poco el RMSE (error cuadrático medio), acercándose al valor de 2 m/s; las demás variables no presentan mayor variación respecto al mes anterior a nivel ciudad.

Evaluando el grado de acierto por estación, se observa que en general las estaciones Guaymaral, Min ambiente, Móvil 7ma, San Cristóbal, y Usaquén son las que presentan menor correlación en la velocidad del viento, con valores por debajo de 0.5 m/s; mientras que las que presentan un RMSE más alto son MinAmbiente, San Cristóbal, y Usaquén. En términos de temperatura y humedad relativa el comportamiento sigue siendo 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 pronosticó más días con lluvias de los que en realidad sucedieron, debido al

BIAS (Diferencia entre concentración modelada y concentración medida en las estaciones de monitoreo de calidad del aire) mayor a 1, especialmente en Suba donde el BIAS fue alto. Es necesario resaltar que el BIAS para este mes fue mucho menor que el mes anterior, la probabilidad de detección también aumentó con respecto al mes anterior y las falsas alarmas disminuyeron, lo que indica que para el mes de febrero mejoró la simulación de la lluvia.

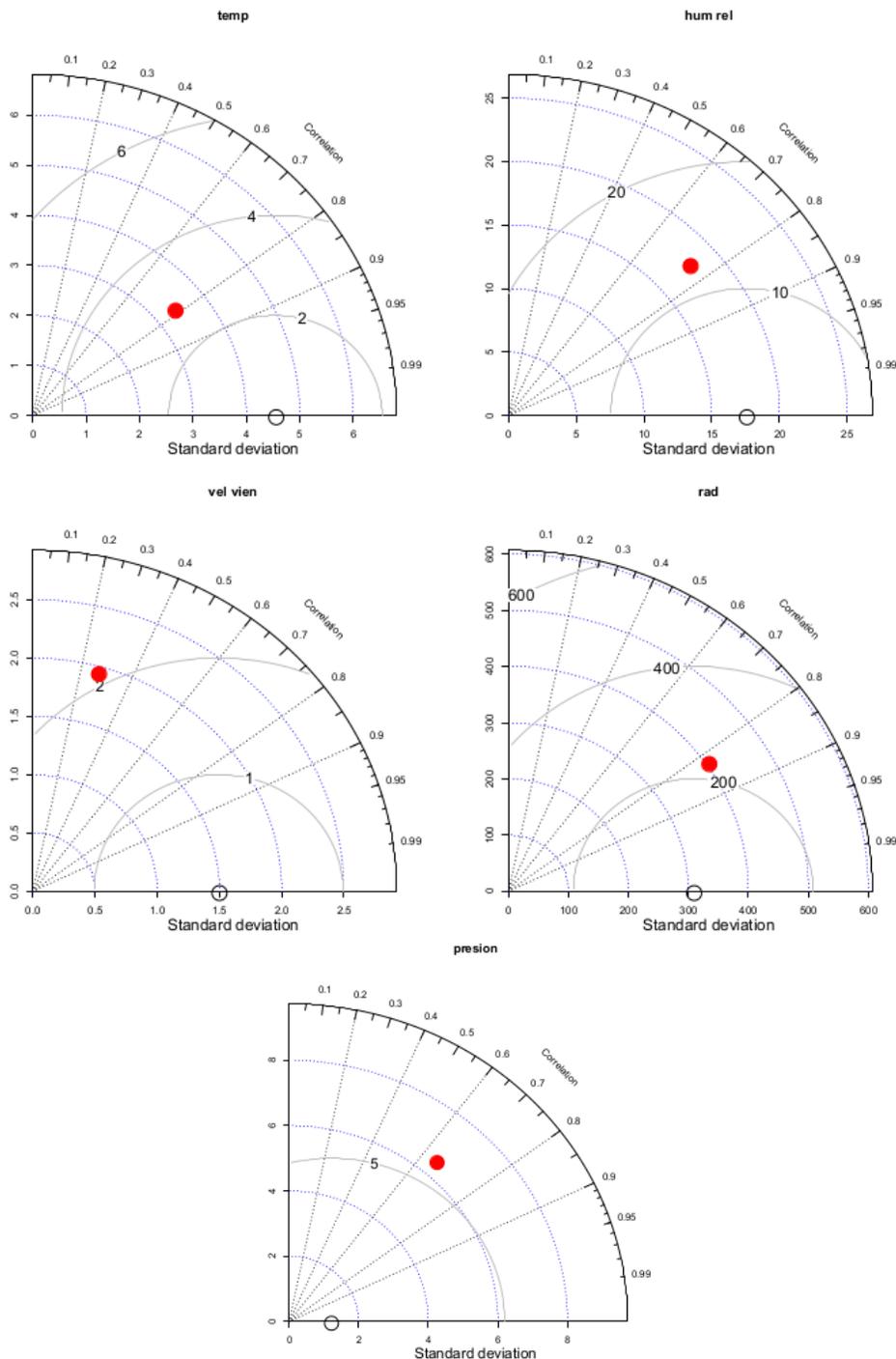


Figura 21. Diagramas de Taylor parámetros meteorológicos. Febrero 2020.

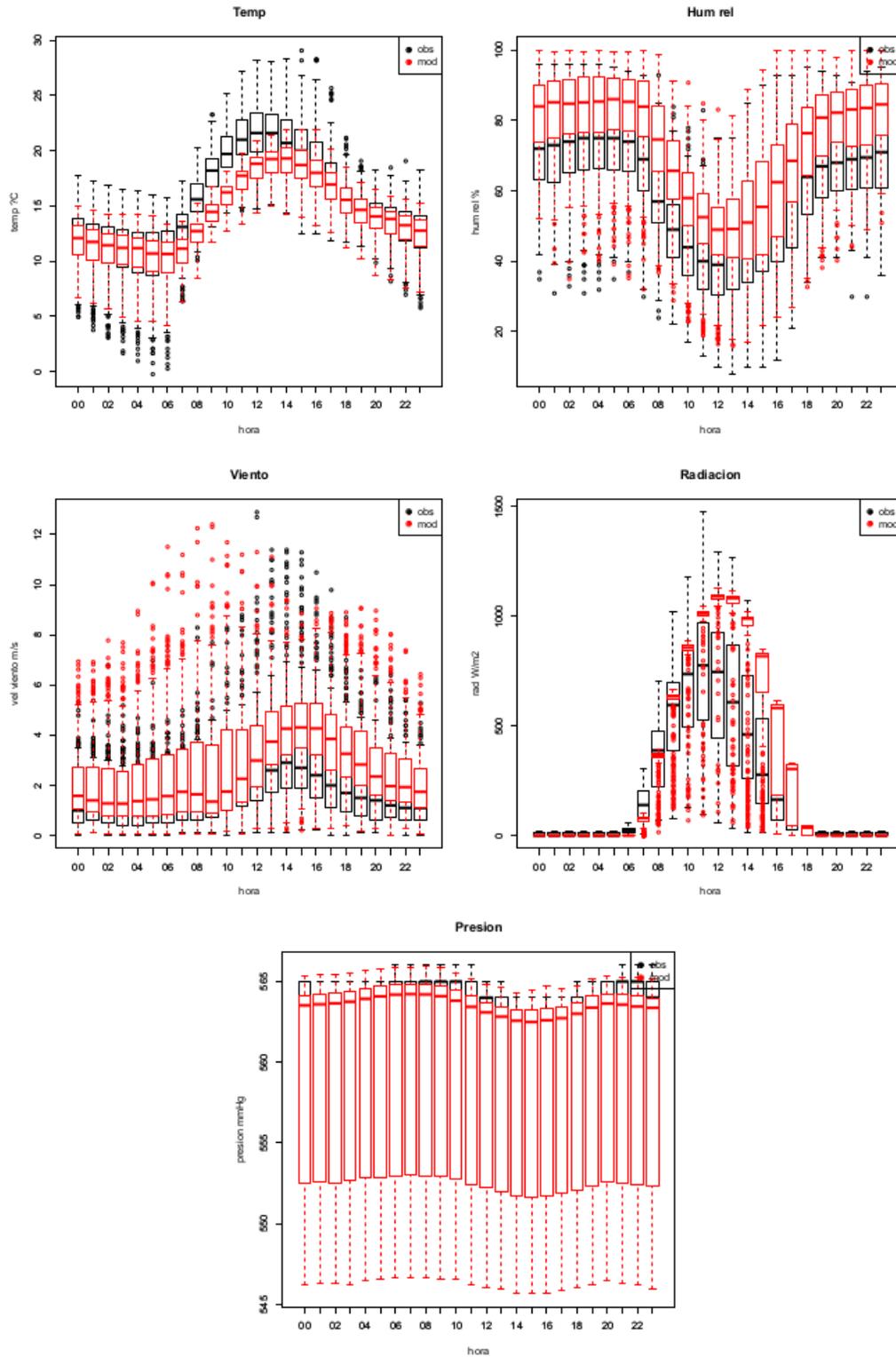


Figura 22. Box Plot parámetros meteorológicos – Febrero 2020

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

Estación	THREAT	POD	FAR	PERCENT CORRECT	BIAS
Carvajal	0.56	0.83	0.37	0.72	1.33
CDAR	0.64	0.93	0.33	0.72	1.4
Guaymaral	0.56	0.76	0.32	0.65	1.12
Kennedy	0.67	1	0.33	0.79	1.5
Las Ferias	0.57	1	0.43	0.69	1.75
MinAmbiente	0.55	1	0.45	0.69	1.82
Móvil 7ma	0.61	1	0.39	0.76	1.64
Puente Aranda	0.65	1	0.35	0.76	1.54
San Cristóbal	0.52	1	0.48	0.65	1.91
Suba	0.42	1	0.58	0.62	2.38
Tunal	0.5	0.9	0.47	0.69	1.7
Usaquén	0.67	1	0.33	0.79	1.5

11.2 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 en la ciudad, se realizó una validación del modelo de pronóstico para los contaminantes PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, SO₂ y CO en el mes de febrero 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 13 µg/m³; Por otro lado, para PM_{2.5} el modelo tiene una correlación con respecto a los datos observados de 0.42, con un RMSE de 9 µg/m³.

Dado que el material particulado es el contaminante más crítico en la ciudad, se muestran 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 noviembre, por estación. De esta tabla se puede concluir que, para este mes, el modelo tendió a subestimar las concentraciones de material particulado hasta 5 µg/m³ en promedio para PM₁₀ y hasta 2 µg/m³ en promedio para PM_{2.5}.

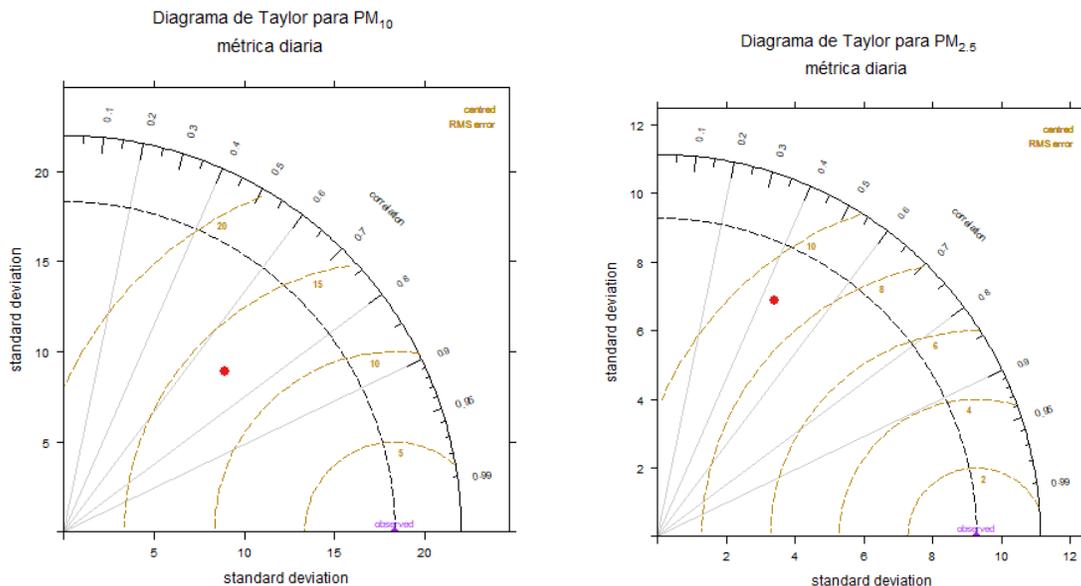


Figura 23. Diagramas de Taylor para material particulado, en métrica diaria

En cuanto a los gases, el CO es el que mejor se representa en métrica horaria por el modelo con un RMSE similar a 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y una correlación de Pearson cercana a 0.4; mientras que los demás gases muestran correlaciones entre 0 y 0.4.

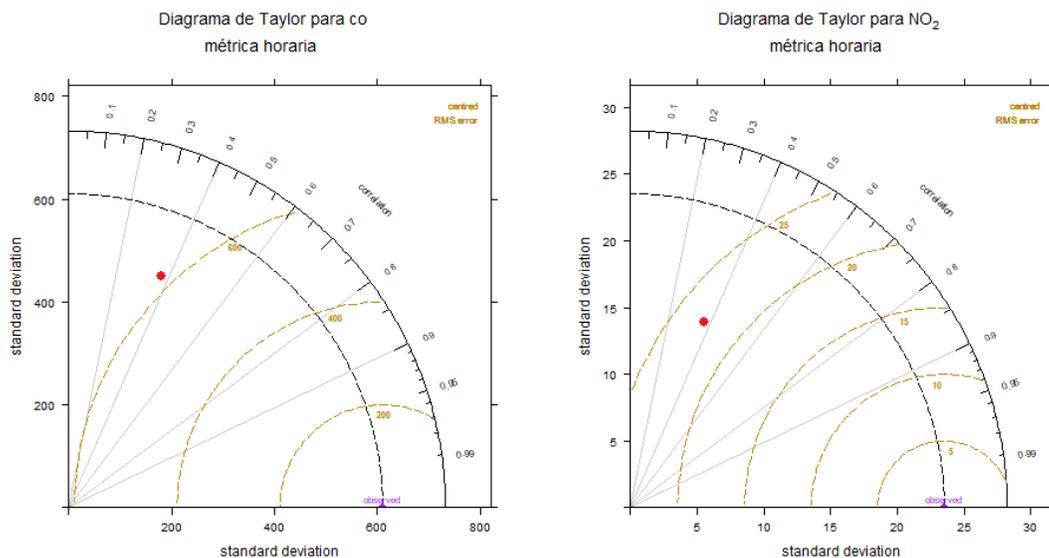


Diagrama de Taylor para SO₂
métrica horaria

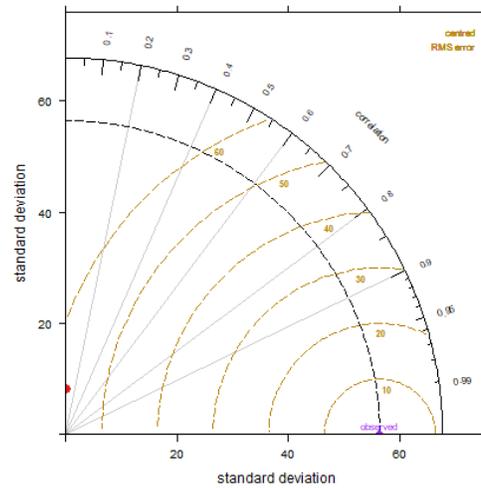


Figura 24. Diagramas de Taylor para distintos gases, en métrica horaria

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

Estación	Sesgo Diario PM10	Sesgo Diario PM2.5
Carvajal	-3 ± 20	-1 ± 10
CDAR	4 ± 9	-1 ± 8
Fontibón	0 ± 13	-6 ± 9
Guaymaral	-5 ± 9	-4 ± 7
Kennedy	1 ± 13	-2 ± 10
Las Ferias	-1 ± 13	-3 ± 10
MinAmbiente	8 ± 9	0 ± 9
Móvil 7ma	-1 ± 12	-4 ± 11
Puente Aranda	0 ± 14	-8 ± 7
San Cristóbal	-5 ± 10	-4 ± 8
Suba	-10 ± 10	-4 ± 7
Tunal	-9 ± 11	-3 ± 10
Usaquén	4 ± 10	-4 ± 9

12 ALERTAS POR CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA – FEBRERO DE 2020

Durante el mes de febrero de 2020 se realizó la declaración de la alerta amarilla a nivel ciudad el día 06 de febrero. En la Tabla 15, se relacionan los actos administrativos y los informes correspondientes a la declaración y finalización del evento de contaminación atmosférica.

Tabla 15. Documentos alertas contaminación atmosférica febrero 2020

Evento	Fecha	Acto administrativo	Informe Técnico
Declaración de Alerta Amarilla por contaminación atmosférica en el Suroccidente de la ciudad de Bogotá	Febrero 06 de 2020	Resolución SDA No. 00346 del 06-02-2020	IT No. 00240 del 06-02-2020 2020IE27835
Finalización de la declaratoria de Alerta Amarilla por contaminación atmosférica en el Suroccidente de la ciudad de Bogotá	Febrero 17 de 2020	Resolución SDA No. 00527 del 17-02-2020	IT No. 00365 del 17-02-2020 2020IE37406

Adicionalmente, la Alcaldía Mayor de Bogotá emitió el Decreto 047 de febrero 06 de 2020, en el cual se definieron medidas transitorias y preventivas en materia de tránsito en las vías públicas en el Distrito Capital, con el fin de establecer las restricciones a los vehículos durante la alerta:

- Restricción transitoria de vehículos de carga con año modelo superior a 10 años, entre las 05:00 a.m. a 11:59 a.m. y 05:00 p.m. a 09:59 p.m. Dicha restricción es aplicable al polígono de la zona suroccidental, que se puede observar en la Figura 25. Se establecieron de este modo los siguientes límites:

1-2: Avenida calle 24, desde límite con Mosquera hasta avenida carrera 86.

2 - 3: Avenida carrera 86, desde calle 24, hasta calle 26

3 - 4: Calle 26, desde avenida carrera 86, hasta avenida carrera 30.

4 - 5: Avenida carrera 30, desde calle 26, hasta avenida calle 8 sur.

5 - 6: Avenida carrera 33, desde avenida calle 8, hasta avenida calle 56' sur.

6 - 7: Avenida calle 56 sur, desde avenida carrera 33. Hasta límite sur en ciudad bolívar.

7 - 8: Perímetro urbano límite sur entre Bogotá y Soacha

8 - 1: Limite municipal entre Mosquera y Bogotá

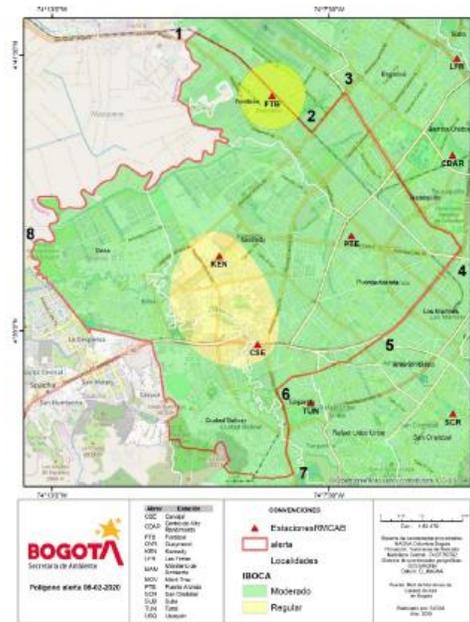


Figura 25. Delimitación polígono restricción vehicular en periodo de alerta amarilla – febrero 2020

En dicho decreto también se establecen excepciones al decreto para los vehículos que quedarían exentos de la restricción, tales como vehículos de servicios públicos, control de tránsito, transporte de combustible, transporte de alimentos perecederos o animales vivos, transporte de materiales, entre otros.

Además, se definen las acciones que debe realizar la Secretaría Distrital de Salud en el marco de la alerta amarilla, entre las cuales se establecen la divulgación de recomendaciones a la población, seguimiento de casos de enfermedades respiratorias, y enfocar las acciones de las Instituciones prestadoras de Salud a la atención a la población vulnerable.

En la Figura 26 se observa el comportamiento del viento en Colombia y los puntos calientes registrados en la zona norte de Suramérica para el inicio y el final de la alerta; se evidencia que hubo una reducción del número de puntos calientes, especialmente en el norte de Venezuela y en la Orinoquía en Colombia. Además, al inicio de la alerta había una corriente de vientos provenientes del nororiente, que arrastró el material particulado generado en los incendios, sin embargo, al final de la alerta, esa corriente disminuyó su velocidad, además de que se redujo el aporte de material particulado de los incendios.

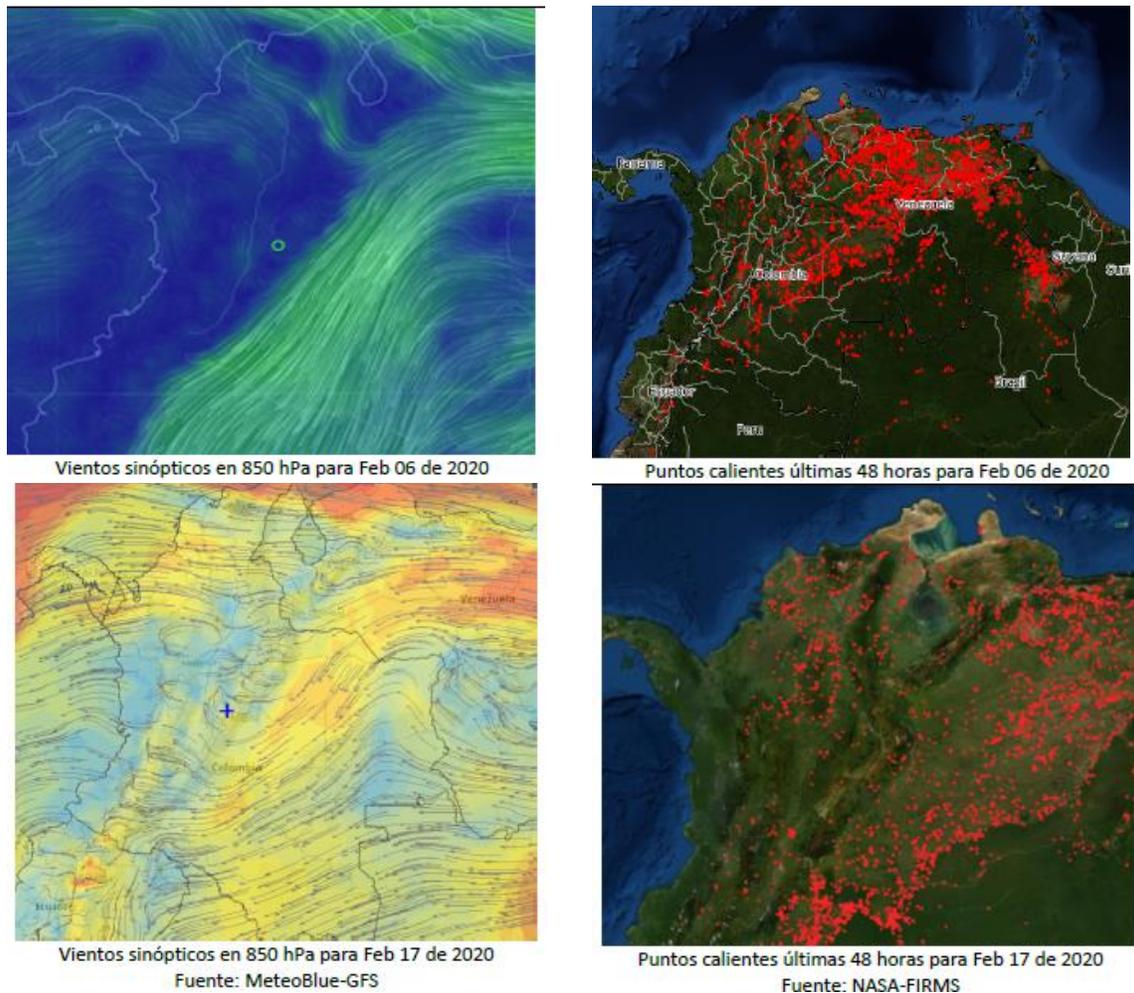


Figura 26. Vientos sinópticos a 850 hPa y puntos calientes asociados a incendios por 48 horas, para febrero 06 y 17 de 2020

En la Figura 27 se observan las retrotrayectorias del viento y los puntos calientes para el inicio y el final de la alerta, para el 06 de febrero se observa que las corrientes de viento pasan por los puntos calientes registrados en el departamento del Meta e ingresan por el sur de la ciudad, transportando material particulado especialmente hacia el occidente de la ciudad. Para el 17 de febrero se observó un cambio en el régimen de vientos procedentes del Casanare y la reducción de los puntos calientes en la Orinoquía, con lo cual se observa de manera consecuente la reducción de las concentraciones en la ciudad.

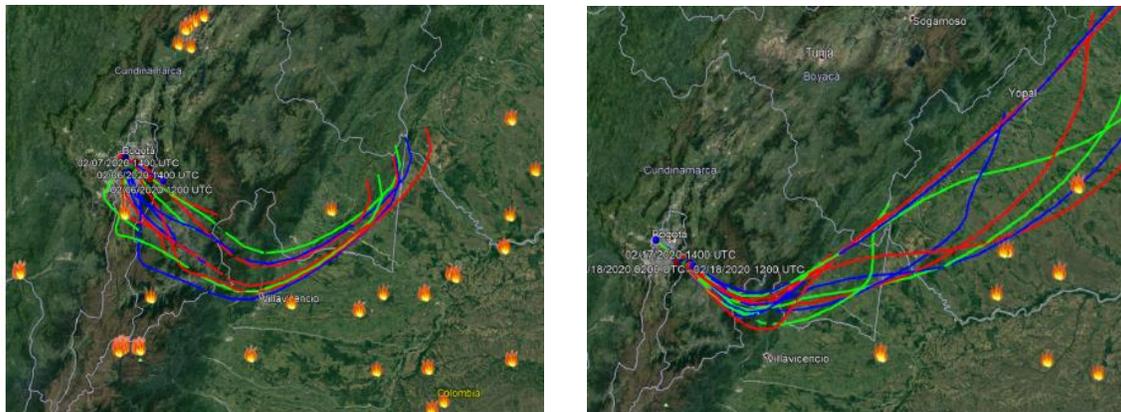


Figura 27. Retrotrayectorias elaboradas en HySplit para los días 06 y 17 de febrero de 2020

El pronóstico de vientos para los días 06 y 17 de febrero de 2020 se observan en la Figura 28, los cuales son usados como base para la declaración y levantamiento de la alerta, para evaluar las condiciones que puedan favorecer o no la calidad del aire en la ciudad. Se evidencia que el 06 de febrero los vientos presentaban baja velocidad, principalmente en la zona occidental, lo cual contribuyó a que los contaminantes permanecieran en la atmósfera por más tiempo. Con el paso de los días las condiciones fueron mejorando, y el 17 de febrero los vientos aumentaron su velocidad, lo cual favoreció la dispersión de los contaminantes en la ciudad y de este modo se registró una calidad del aire en condiciones moderada y favorable.

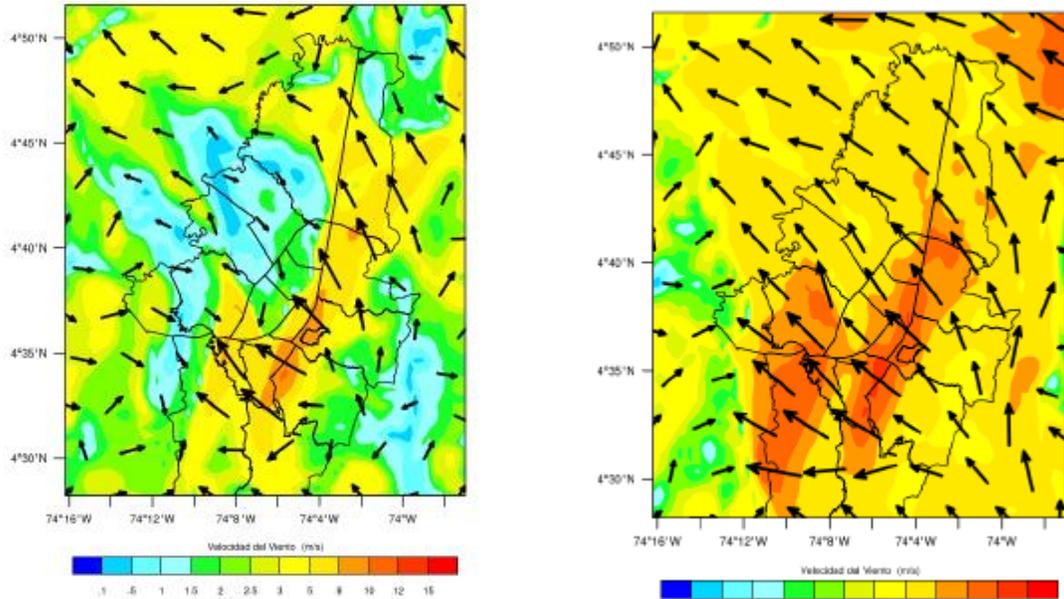


Figura 28. Pronóstico local de velocidad y dirección del viento. Febrero 07 y 18 de 2020

La Figura 29 muestra los mapas de distribución espacial del IBOCA para los días de inicio y fin de la alerta amarilla; al inicio de la alerta, se observó que las estaciones del suroccidente y el occidente de la ciudad registraban condiciones “regulares” al menos durante 48 horas. Debido a las medidas implementadas y al cambio de las condiciones meteorológicas, principalmente cambios en dirección y aumento en la velocidad del viento, el 17 de febrero se dieron las condiciones para el levantamiento de la alerta amarilla, al registrar condiciones favorables al oriente de la ciudad y a las condiciones moderadas al occidente.

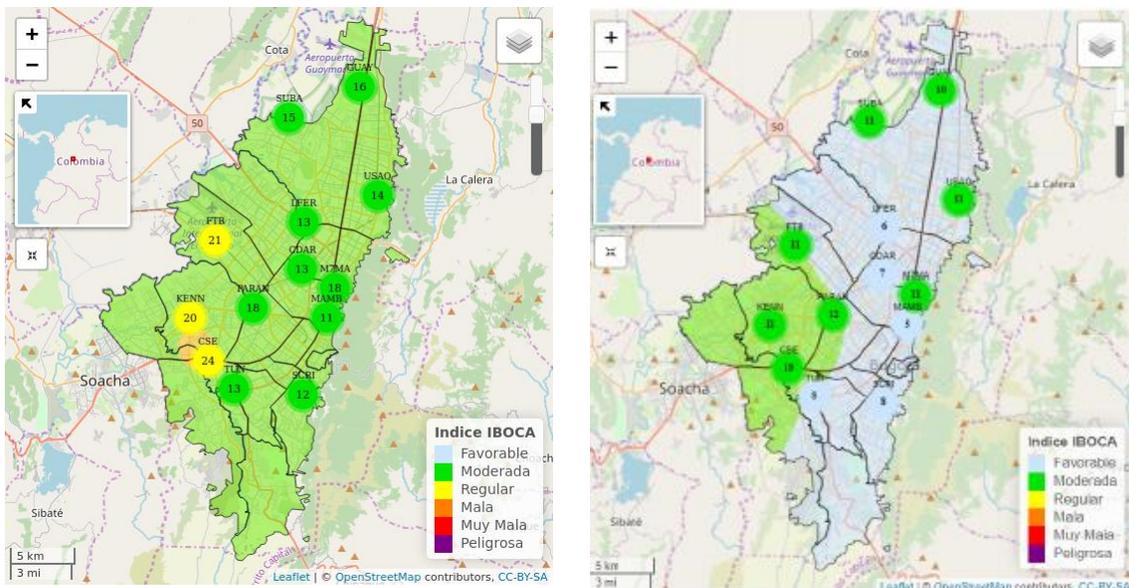


Figura 29. Mapas IBOCA para febrero 06 y 17 de 2020

La Figura 30 representa las concentraciones de media móvil de PM2.5 para el periodo comprendido entre febrero 05 y 18 de 2020, se observa la variación de las concentraciones con el paso del tiempo. Después de la declaración de la alerta el 06 de febrero, las concentraciones se incrementaron hasta el 08 de febrero, la estación Carvajal-Sevillana registró la condición “mala” por 15 horas continuas. Posteriormente descendieron las concentraciones y se mantuvieron en las mismas condiciones hasta el 12 de febrero, siendo la estación Carvajal-Sevillana la más crítica con predominancia de la condición “regular” hasta el 15 de febrero; a partir de este día se observó una mejoría en las condiciones de la calidad del aire, lo cual dio lugar a los factores que permitieron el levantamiento de la alerta amarilla el 17 de febrero.

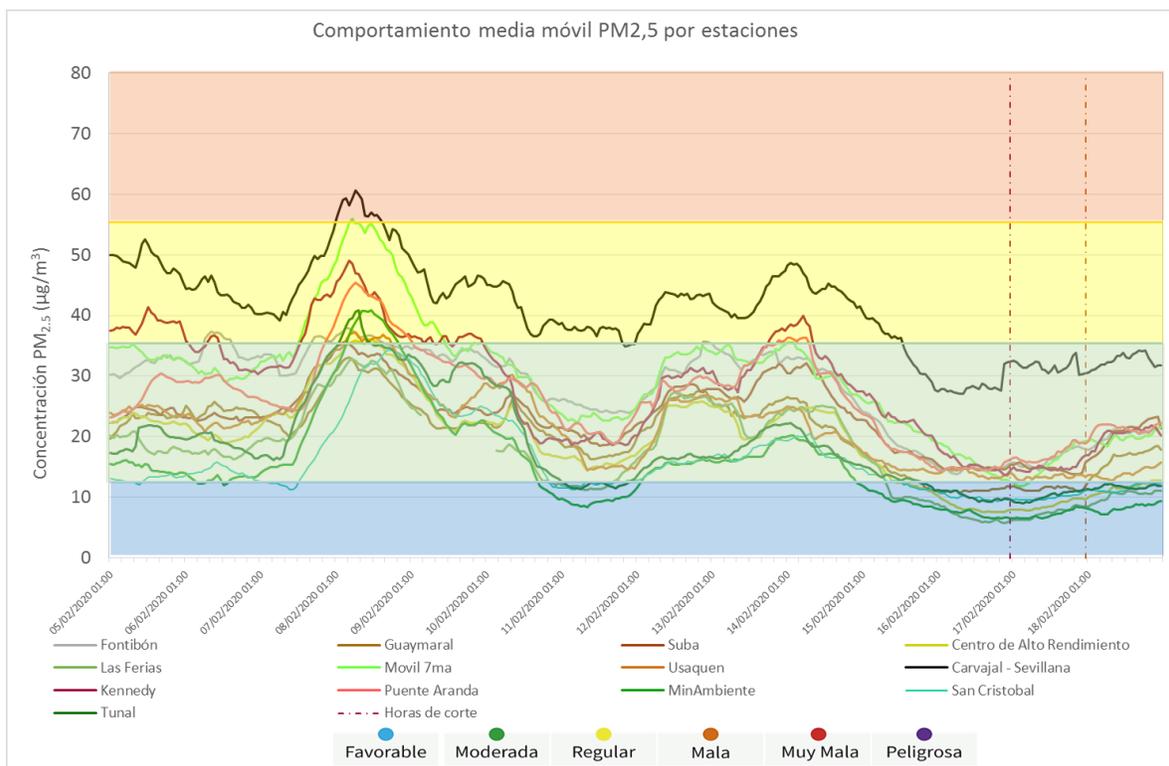


Figura 30. Concentraciones de media móvil PM2.5 por estación febrero 05 al 18 de 2020

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 junio de 2018¹. 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 CFR². (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	
SO ₂	Fluorescencia Pulsante en el Ultravioleta	EQSA-0495-100	A-1
		EQSA-0486-060	

¹ United States Environmental Protection Agency. List of designated reference and equivalent methods. June 15, 2018. https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-01/documents/amtic_list_dec_2017_update_1-20-2018_0.pdf

² 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 29 de febrero 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
Jennyfer Montoya Quiroga – PROFESIONAL RMCAB
Zaira Natalia Torres Castro – PROFESIONAL RMCAB
María Camila Buitrago Jiménez – PROFESIONAL SATAB
Edison Yesid Ortíz Durán – PROFESIONAL SIMCAB

Revisó:

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

Autorizó:

Julio Cesar Pulido Puerto - SUBDIRECTOR DE CALIDAD DEL AIRE, AUDITIVA Y VISUAL (E)

FIN DEL INFORME