

Informe trimestral de Calidad del Aire en Bogotá 2019

Abril
Mayo
Junio



Bogotá Distrito Capital



RM CAB
Red de Monitoreo de Calidad
del Aire de Bogotá

Alcaldía de Bogotá
Secretaría Distrital de Ambiente



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE

Enrique Peñalosa Londoño
Alcalde Mayor de Bogotá D.C.

Francisco José Cruz Prada
Secretario Distrital de Ambiente

Oscar Ferney López Espitia
Subsecretario General y de Control
Disciplinario

Carmen Lucía Sánchez Avellaneda
Directora de Control Ambiental

Oscar Alexander Ducuara Falla
Subdirector de Calidad del Aire, Auditiva y
Visual

José Hernán Garavito Calderón
Coordinación General RMCAB

Luis Álvaro Hernández González
Coordinación Técnica RMCAB

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

Leonardo Quiñones Cantor
Coordinación Técnica Sistema de Alertas
Tempranas de Bogotá – Componente Aire
(SATAB)

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 segundo trimestre de 2019 (Abril – Mayo y Junio), 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 segundo trimestre de 2019, las abreviaturas de las estaciones usadas en las tablas y gráficas, y los números con los que se identifican en los mapas.

Estación	Bolivia	Carvajal-Sevillana	Centro de Alto Rendimiento	Guaymaral	Kennedy	Las Ferias	MinAmbiente	Puente Aranda	San Cristóbal	Suba	Tunal	Usaquén	Fontibón	Estación Móvil
Abrev.	BOL	CSE	CDAR	GYR	KEN	LFR	MAM	PTE	SCR	SUB	TUN	USQ	FTB	MOV
No. Estación	10	3	5	8	9	6	2	13	7	11	4	1	14	12

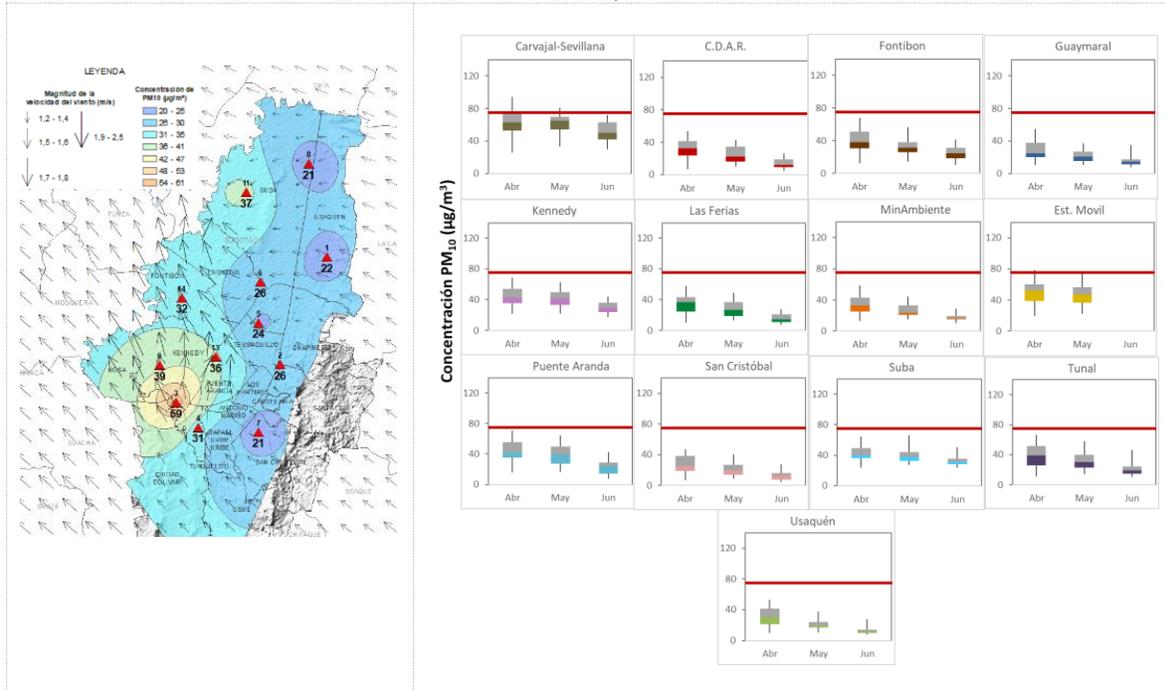
2 COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE PM₁₀

La Tabla 1 muestra los datos obtenidos de material particulado PM₁₀ en el segundo trimestre de 2019, incluyendo los promedios diarios de concentración, la mediana de los datos diarios, las concentraciones diarias máximas, el número de excedencias a la norma diaria establecida por la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y el porcentaje de datos válidos en el trimestre (de acuerdo al total de datos diarios registrados), además de la distribución espacial de las concentraciones.

Se observa que las mayores concentraciones como promedio diario trimestral se presentaron en el suroccidente de la ciudad en la estación Carvajal - Sevillana (**58.8 µg/m³**) y en la estación de Kennedy (**38.8 µg/m³**), mientras que las menores concentraciones se presentaron en la zona noroccidente, en la estación Guaymaral (**20.7 µg/m³**), y en la zona sur en la estación San Cristóbal (**20.7 µg/m³**). La concentración máxima diaria para el mes fue de **94.5 µg/m³** en la estación Carvajal - Sevillana, la cual sobrepasó la norma nacional diaria (75 µg/m³).

En este trimestre se observó una reducción de las concentraciones respecto a las registradas en el primer trimestre del 2019, ya que se registraron condiciones que favorecieron la dispersión de los contaminantes en este periodo, tales como aumento de las precipitaciones e incremento en la velocidad de los vientos. A excepción de la estación Carvajal-Sevillana, todas las estaciones registraron valores por debajo del nivel máximo permisible, y los valores más bajos se registraron en el mes de junio.

Tabla 1. Resumen de datos de PM₁₀ para el trimestre Abr - Jun 2019



Estación	Promedio PM ₁₀ 24h (µg/m ³)	Mediana PM ₁₀ 24h (µg/m ³)	Máxima PM ₁₀ 24h (µg/m ³)	Excedencias 24h	Datos válidos (%)
CSE	58,8	60,1	94,5	12	96%
CDAR	23,8	21,3	54	0	100%
FTB	32,4	31,1	67,6	0	100%
GYR	20,7	20	47	0	100%
KEN	38,8	38,7	68,2	0	100%
LFR	26,1	24	57,8	0	100%
MAM	26,2	23,5	58,7	0	100%
MOV*	48,6	48,6	78,5	1	62%
PTE	35,6	35,5	70,4	0	99%
SCR	20,7	18,3	46,7	0	97%
SUB	37,0	36,2	66	0	100%
TUN	30,9	29,3	66,5	0	100%
USQ	21,5	17,7	53,2	0	100%

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

La Figura 1 presenta las concentraciones diarias de PM₁₀ de los meses Abril, Mayo y Junio de 2019 comparadas respecto al valor máximo establecido por la norma nacional. Teniendo en cuenta la ubicación, se observa que las concentraciones más altas de PM₁₀ se presentaron en la zona suroccidental (Carvajal Sevillana y Kennedy), principalmente la primera mitad del mes de abril; las concentraciones más bajas se observan en la zona noroccidente (Guaymaral) y zona sur (San Cristóbal), durante la primera mitad de junio. En el segundo trimestre de 2019 se presentaron trece (13) excedencias de los promedios diarios de concentración con respecto a la norma nacional diaria de PM₁₀ (75 µg/m³) doce (12) en la estación Carvajal – Sevillana y una (1) en la estación móvil.

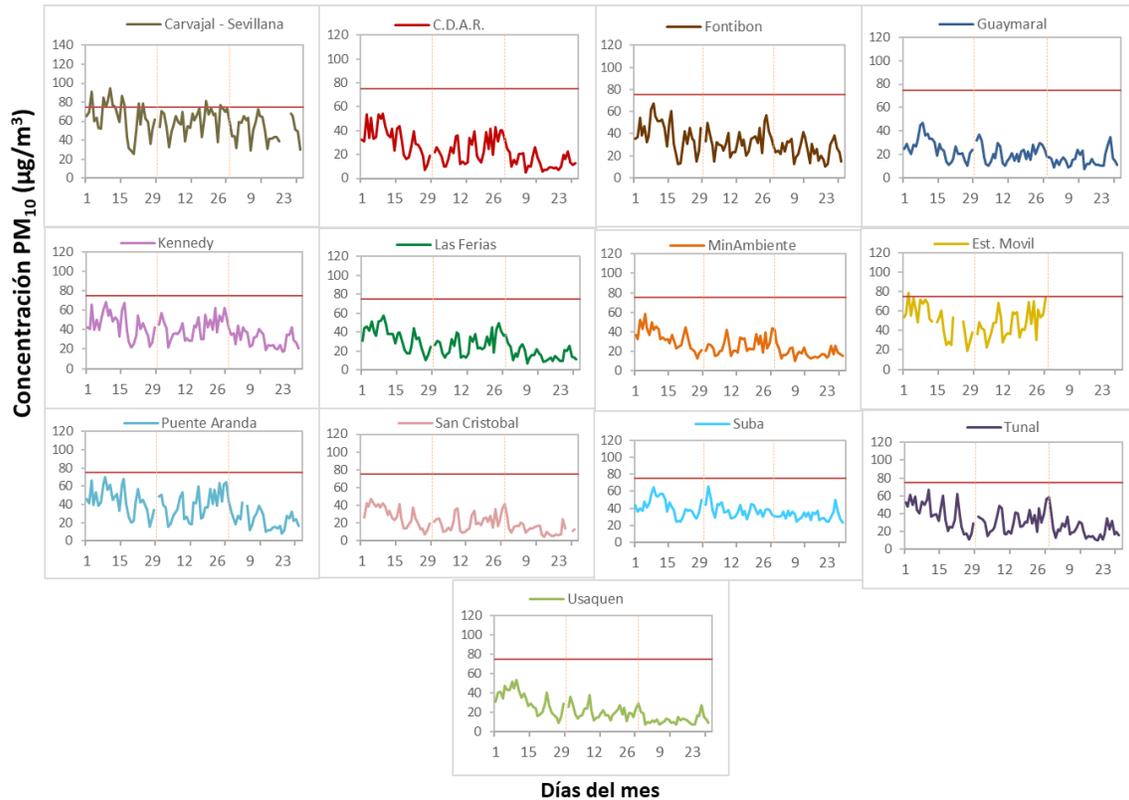


Figura 1. Comportamiento de las concentraciones diarias de PM_{10} para el trimestre Abr - Jun 2019

La Figura 2 presenta el comportamiento interanual de las concentraciones de PM_{10} del segundo trimestre de cada año para el periodo 2016 - 2019. Se observa que las concentraciones más altas son las registradas en el año 2017 en la mayoría de las estaciones; siendo Kennedy y Carvajal-Sevillana las que tienden a registrar las concentraciones de PM_{10} más altas durante el segundo trimestre de los años.

Las concentraciones registradas en el año 2019 en la mayoría de las estaciones son menores a las registradas en los mismos trimestres de los años anteriores, la mayor reducción se registró en la estación Usaquén con $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

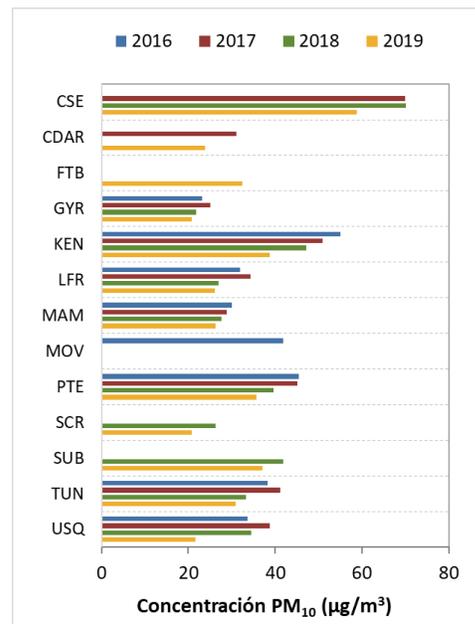


Figura 2. Comportamiento interanual de las concentraciones de PM_{10} (2016-2017-2018-2019) para el trimestre Abr - Jun

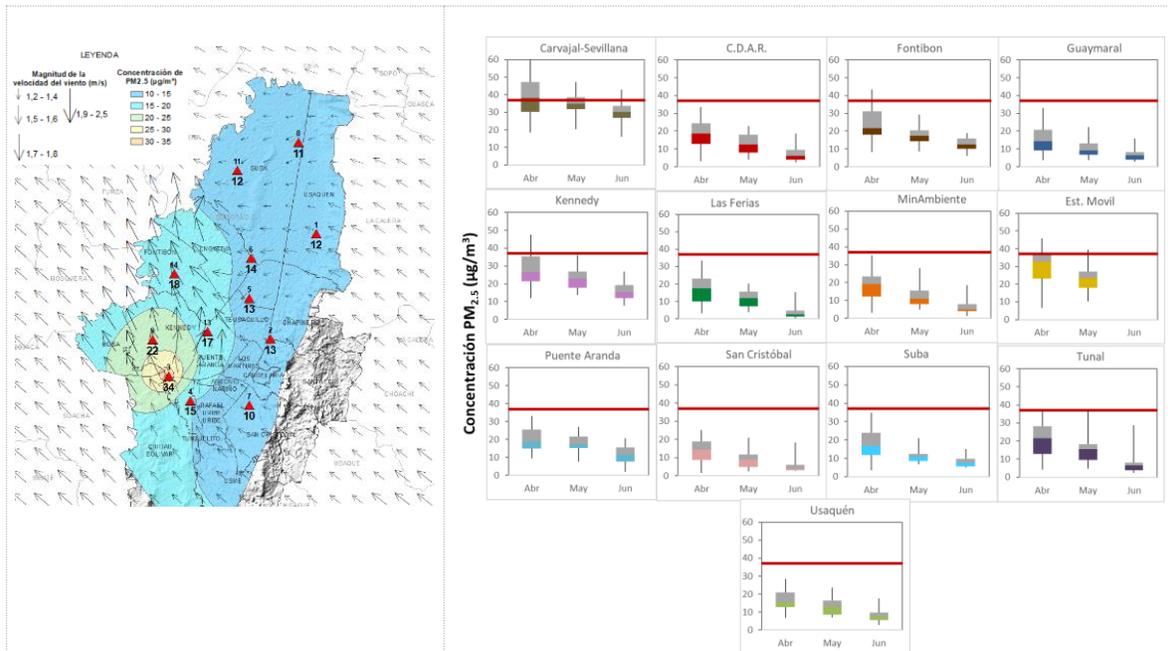
3 COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE PM_{2.5}

La Tabla 2 muestra los datos obtenidos de material particulado PM_{2.5} en el segundo trimestre de 2019, incluyendo los promedios diarios de concentración, la mediana de los datos diarios, las concentraciones diarias máximas, el número de excedencias a la norma diaria establecida por la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y el porcentaje de datos válidos en el trimestre (de acuerdo al total de datos diarios registrados), además de la distribución espacial de las concentraciones.

Se observa que las mayores concentraciones como promedio diario en el trimestre se presentaron en el suroccidente de la ciudad en la estación Carvajal - Sevillana con **34.1 µg/m³** y en Kennedy con **22.1 µg/m³**; mientras que las menores concentraciones se presentaron en la zona sur en la estación San Cristóbal con **10.0 µg/m³** y la zona norte en la estación Guaymaral con **10.7 µg/m³**. La concentración máxima diaria para el trimestre fue de **60.1 µg/m³** en la estación Carvajal - Sevillana; este valor excedió el nivel máximo permisible para la concentración diaria.

Durante el segundo trimestre de 2019 se registraron menores concentraciones a las del primer trimestre, con una tendencia a la disminución con el paso de los días, hasta registrar concentraciones por debajo de la norma diaria en mayo y junio, en especial en las estaciones localizadas al oriente de la ciudad, que registraron las menores concentraciones en el mes de junio.

Tabla 2. Resumen de datos de PM_{2.5} para el trimestre Abr - Jun 2019



Estación	Promedio PM _{2.5} 24h (µg/m ³)	Mediana PM _{2.5} 24h (µg/m ³)	Max. PM _{2.5} 24h (µg/m ³)	Excedencias 24h	Datos válidos (%)
CSE	34,1	34,0	60,1	32	100%
CDAR	13,0	10,7	33,6	0	99%
FTB	17,9	16,1	43,2	2	93%
GYR	10,7	8,8	33,0	0	100%
KEN	22,1	21,3	47,3	6	100%
LFR	11,0	8,8	33,5	0	97%
MAM	12,3	9,2	35,2	0	100%
MOV*	26,8	25,7	45,8	9	65%
PTE	16,6	15,8	33,2	0	90%
SCR	10,0	9,0	25,1	0	86%
SUB	12,2	10,4	34,8	0	96%
TUN	14,2	12,7	37,3	1	99%
USQ	12,4	10,1	30,5	0	98%

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

La Figura 3 presenta las concentraciones diarias de PM_{2.5} comparadas respecto al nivel máximo permisible 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), principalmente la primera mitad del mes de abril; mientras que las concentraciones más bajas se registraron en la zona norte (Usaquén) y centro (MinAmbiente), especialmente en la primera mitad del mes de junio. En el segundo trimestre de 2019 se presentaron cincuenta (50) excedencias de los promedios diarios de concentración con respecto a la norma nacional diaria de PM_{2.5} (37 µg/m³): treinta y dos (32) en la estación Carvajal-Sevillana, nueve (9) en la estación móvil, seis (6) en Kennedy, dos (2) en Fontibón y una (1) en Tunal.

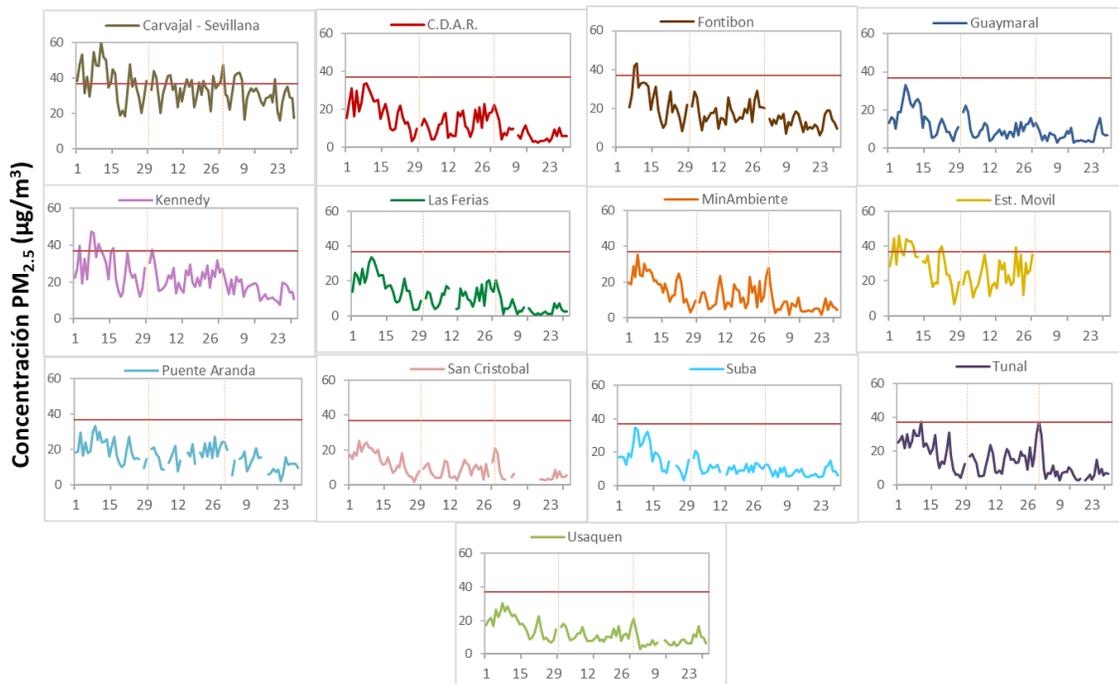


Figura 3. Comportamiento de las concentraciones diarias de PM_{2.5} para el trimestre Abr - Jun 2019

La Figura 4 presenta el comportamiento interanual de las concentraciones de $PM_{2.5}$ del segundo trimestre de cada año para el periodo 2016 - 2019. Se observa que las concentraciones más altas son las registradas en el año 2017 en la mayoría de las estaciones, aunque el registro más alto se obtuvo en la estación Carvajal-Sevillana para el año 2019, con $34.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ que junto a la estación de Kennedy tiende a registrar las concentraciones de $PM_{2.5}$ más altas durante el segundo trimestre.

En el año 2019 algunas estaciones registraron concentraciones mayores a las de años anteriores, y en otras estaciones permanecieron similares.

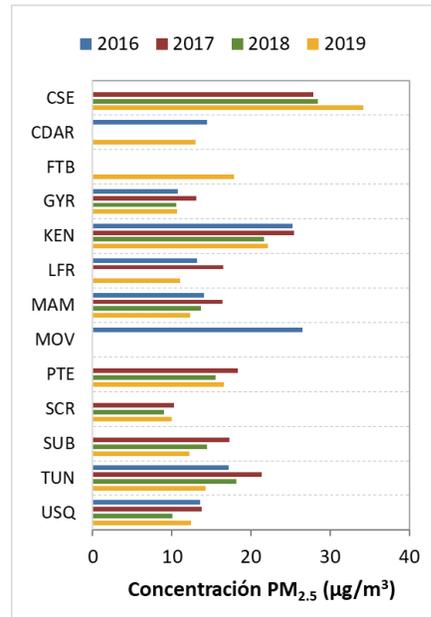


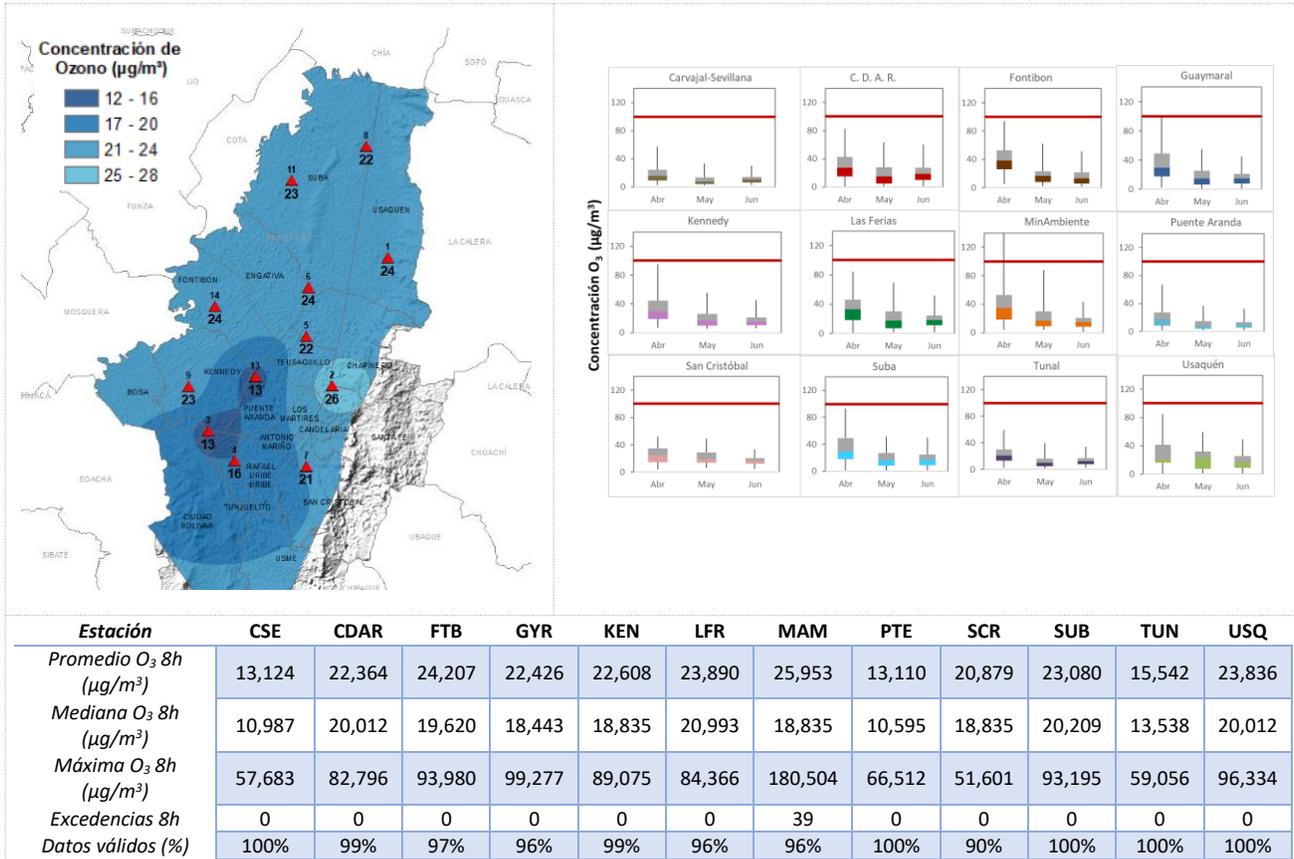
Figura 4. Comportamiento interanual de las concentraciones de $PM_{2.5}$ (2016-2017-2018-2019) para el trimestre Abr - Jun

4 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE OZONO (O_3). PROMEDIOS MÓVILES DE 8 HORAS.

La Tabla 3 presenta los datos obtenidos para ozono - O_3 - en el segundo trimestre de 2019, incluyendo los promedios 8 horas de concentración, la mediana de los datos octohorarios, las concentraciones 8 horas máximas, el número de excedencias a la norma 8 horas establecida por la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y el porcentaje de datos válidos en el trimestre (de acuerdo al total de datos de media móvil 8 horas).

Se observa que las mayores concentraciones como promedio trimestral 8 horas se presentaron en la zona centro en la estación de MinAmbiente $25.953 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en la zona occidental la estación de Fontibón $24.207 \mu\text{g}/\text{m}^3$; mientras que las menores concentraciones se presentaron en el suroccidente en la estación Puente Aranda $13.110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y Carvajal - Sevillana $13.124 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En este trimestre las concentraciones de ozono aumentan en la zona central y occidental, con lo cual se desplaza la distribución espacial del contaminante. La concentración máxima con base en promedios media móvil 8 horas fue de $180.504 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación MinAmbiente, seguida de $99.277 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación Guaymaral.

Tabla 3. Resumen de datos de O₃ para el trimestre Abr - Jun 2019



La Figura 5 presenta el comportamiento de las concentraciones octohorarias en el trimestre y las concentraciones comparadas respecto a la norma nacional 8 horas. De acuerdo con las gráficas por estación, se observa que las concentraciones más altas se registraron en las estaciones MinAmbiente y Guaymaral sobre todo en la primera mitad de abril. Por otro lado, los registros más bajos se obtuvieron en la estación de Puente Aranda y Carvajal – Sevillana, en el sur occidente de la ciudad, principalmente la primera mitad del mes de junio. En este trimestre se registraron treinta y nueve (39) excedencias a la norma 8 horas (100 µg/m³) en la estación MinAmbiente, durante el mes de abril.

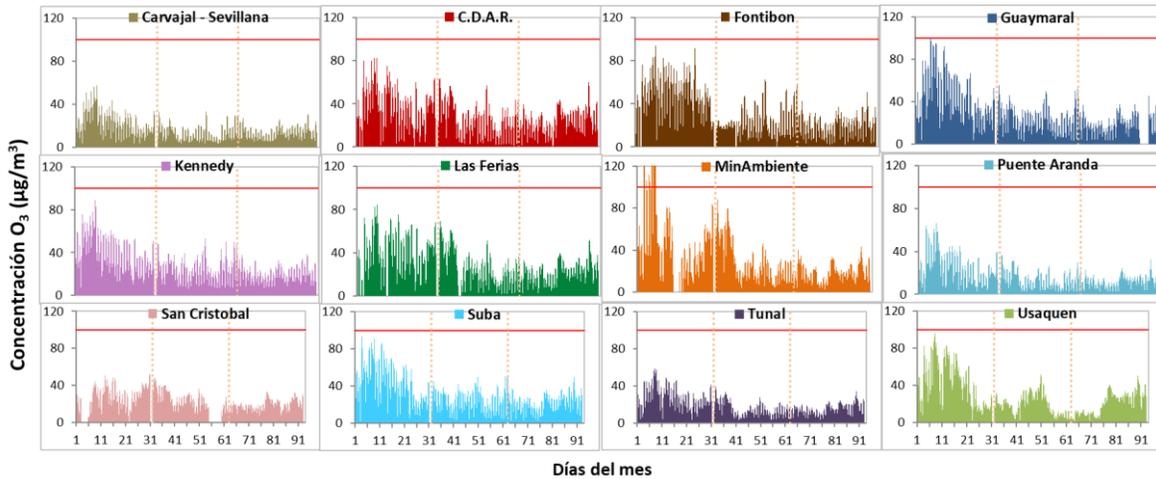


Figura 5. Comportamiento de las concentraciones 8h de O₃ para el trimestre Abr - Jun 2019

La Figura 6 muestra el comportamiento interanual de las concentraciones de O₃ del segundo trimestre de cada año para el periodo 2016 - 2019. Se observa que en el año 2019 las concentraciones fueron más altas a las registradas en años anteriores, aunque el registro más alto es el de Usaquén en el año 2016 (28 µg/m³).

Las estaciones con mayores concentraciones a través de los años son las Usaquén y Suba (norte de la ciudad) y las menores concentraciones se evidencian hacia el suroccidente de Bogotá; teniendo un comportamiento inverso al registrado para material particulado.

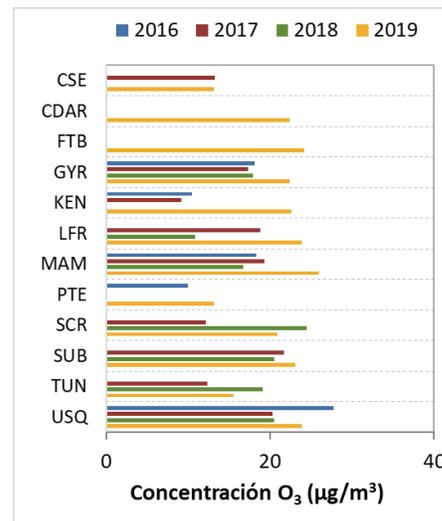


Figura 6. Comportamiento interanual de las concentraciones de O₃ (2016-2017-2018-2019) trimestre Abr – Jun

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

La Tabla 4,

Tabla 5, y la Tabla 6 presentan las concentraciones de promedios, máximas y medianas de dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂) y monóxido de carbono (CO) 24 horas, 1 hora y 8 horas respectivamente, correspondientes al segundo trimestre de 2019. 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 segundo trimestre de 2019, e históricamente las concentraciones se han mantenido por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) en sus respectivos tiempos de exposición, de la misma forma no se presentan excedencias en la norma en el segundo trimestre. Adicionalmente, los efectos potenciales de estos contaminantes en la afectación a la salud pública son menores que aquellos correspondientes a material particulado.

Tabla 4. Resumen de los promedios 24 horas para SO₂ trimestre Abr - Jun 2019

Estación	Promedio SO ₂ 1h (µg/m ³)	Mediana SO ₂ 1h (µg/m ³)	Maxima SO ₂ 1h (µg/m ³)	Excedencias 24h	Excedencias 1h	Datos válidos (%)
CSE*	24,3	23,3	46,1	0	6	30%
CDAR	2,8	2,2	7,9	0	0	81%
FTB	5,1	4,2	14,9	0	0	98%
KEN	3,3	3,1	7,6	0	0	100%
MOV*	4,4	4,4	6,0	0	0	66%
PTE	3,4	3,1	7,9	0	0	100%
SUB	5,5	4,9	12,5	0	0	98%
TUN	4,4	4,2	10,7	0	0	100%
USQ	2,3	2,1	4,6	0	0	100%

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

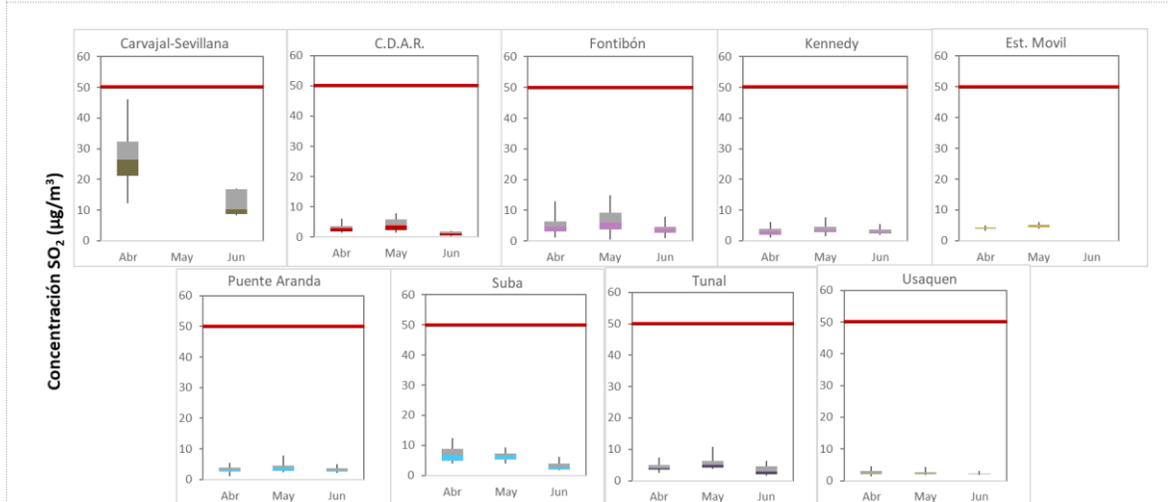


Tabla 5. Resumen de los promedios horarios para NO₂ trimestre Abr - Jun 2019

Secretaría Distrital de Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual – SCAAV
Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB

Estación	Promedio NO ₂ 1h (µg/m ³)	Mediana NO ₂ 1h (µg/m ³)	Máxima NO ₂ 1h (µg/m ³)	Excedencias 1h	Datos válidos (%)
CSE	44,1	42,7	117,1	0	94%
CDAR	26,8	23,5	85,4	0	99%
FTB	38,3	36,3	115,6	0	99%
GYR	25,1	21,6	111,7	0	98%
KEN*	29,3	32,2	59,4	0	18%
LFR	33,0	28,8	122,8	0	99%
PTE	34,9	31,8	102,7	0	99%
TUN	26,6	22,8	114,9	0	97%

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

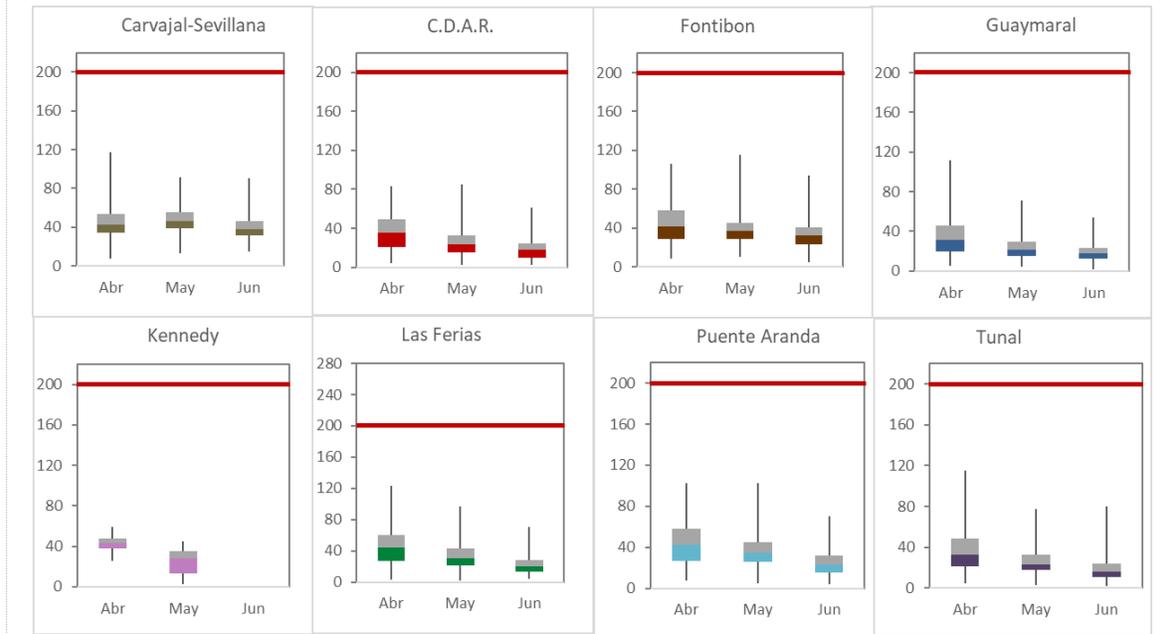
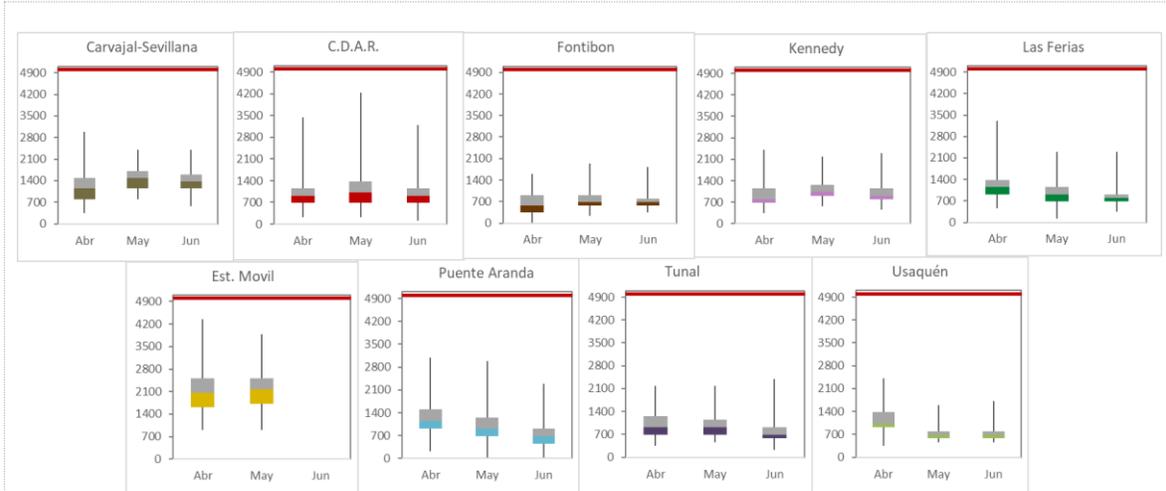


Tabla 6. Resumen de los promedios 8 horas para CO trimestre Abr - Jun 2019

Estación	Promedio CO 8h (µg/m ³)	Mediana CO 8h (µg/m ³)	Máxima CO 8h (µg/m ³)	Excedencias 8h	Excedencias 1h	Datos válidos (%)
CSE	1332,3	1373,9	2976,7	0	0	87%
CDAR	1026,4	915,9	4236,1	0	0	94%
FTB	721,4	686,9	1946,3	0	0	100%
KEN	982,6	915,9	2404,3	0	0	100%
LFR	959,4	915,9	3320,2	0	0	100%
MOV*	2131,7	2060,8	4350,6	0	0	66%
PTE	1002,4	915,9	3091,2	0	0	94%
TUN	912,0	801,4	2404,3	0	0	98%
USQ	856,5	686,9	2404,3	0	0	100%

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



6 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.

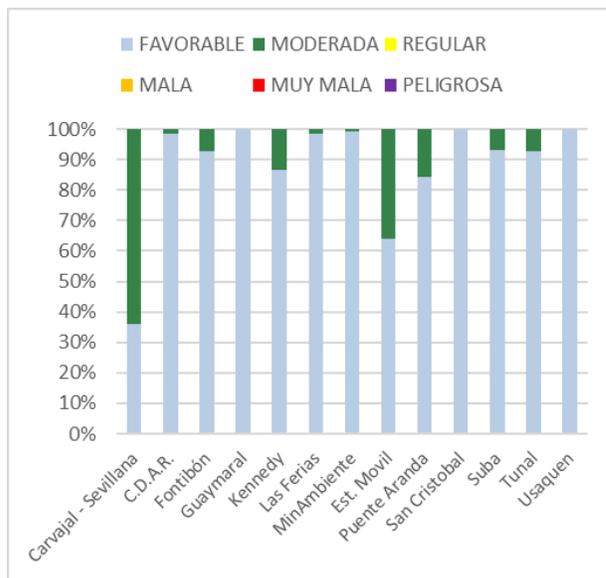


Figura 7. IBOCA para PM₁₀ por estación en el trimestre
Abr - Jun 2019

La Figura 7 muestra el comportamiento del IBOCA para los promedios móviles de las concentraciones 24 horas de PM₁₀ por estación de monitoreo. Se observa que predominan las categorías “favorable” y “moderada”; en las estaciones Carvajal Sevillana “moderada” con un 64% del mes, las demás estaciones presentan condición “moderada” menor al 50%, predominando la condición favorable.

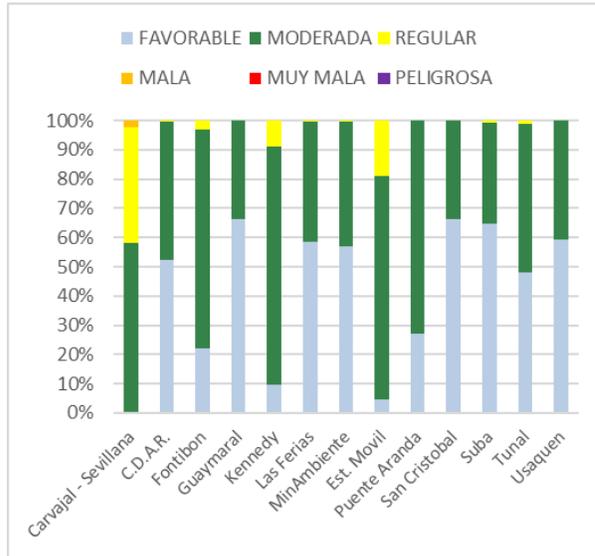


Figura 8. IBOCA para PM_{2.5} por estación en el trimestre Abr - Jun 2019

La Figura 8 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 segundo trimestre de 2019 la estación Carvajal - Sevillana presentó el estado de calidad del aire más desfavorable, con una condición “moderada” durante el 58% del mes, “regular” el 40% del mes y “mala” el 2% del mes, mientras que las estaciones de San Cristóbal y Guaymaral presentan el mejor estado de la calidad del aire con una condición “favorable” el 66% del mes.

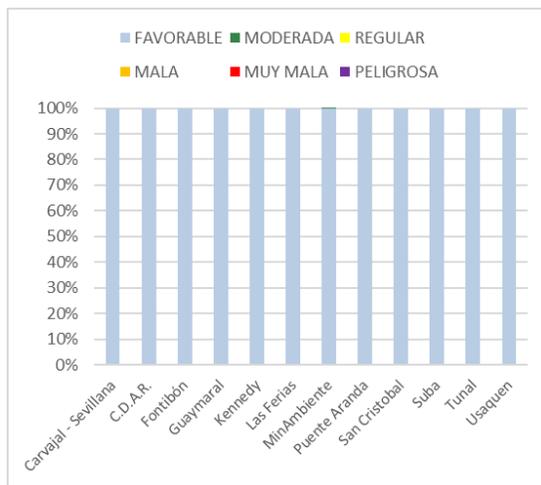


Figura 9. IBOCA para O₃ por estación en el trimestre Abr - Jun 2019

La Figura 9 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 trimestre.

7 COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN

De acuerdo con el ciclo estacional de las lluvias en Bogotá, el segundo trimestre del año cubre el primer período de lluvias, el cual se caracteriza por abundantes precipitaciones. En la

Figura 10 y Tabla 7 se presenta un resumen del comportamiento de las precipitaciones durante el segundo trimestre de 2019; en estas se puede observar que el mes de mayo fue el mes en el que se registraron las mayores cantidades de precipitación en la mayoría de las estaciones.

En términos generales, el comportamiento del segundo trimestre de 2019 fue idéntico al trimestre de 2018, aun así, debido a los faltantes de información de algunas estaciones del segundo trimestre de 2018, no se puede realizar una comparación completa.

En este trimestre se observa que el número de días con lluvias es concordante con la cantidad de agua precipitada, ya que en la mayoría de las estaciones se registraron eventos de lluvia relativamente abundantes por encima de los 20 días. De la misma manera, en el segundo trimestre de 2019 el sector de la ciudad donde mayores acumulados de precipitación se registraron fue el área de influencia de la estación de Bolivia, con un acumulado de 512 mm, seguido por el sector suroccidental representado por la estación de Kennedy. Asimismo, es importante resaltar que las lluvias intensas son las que en su mayoría contribuyen con el lavado de la atmósfera y por consiguiente con la reducción de las concentraciones de contaminantes atmosféricos.

Las estaciones sin registros no cumplieron con el criterio de representatividad temporal del 75%, por esta razón en algunos casos no se calculó el total acumulado, pese a que en dos de los tres meses se registraron acumulados de lluvia.

Tabla 7. Precipitación acumulada trimestral por estación y totales mensuales con número de días con lluvia - Trimestre Abr – Jun 2019

Estación	Abril		Mayo		Junio		Total
	Acumulado (mm)	Días con lluvia	Acumulado (mm)	Días con lluvia	Acumulado (mm)	Días con lluvia	Acumulado (mm)
BOL	148	22	253,5	23	110	21	512
CSE	146	13	26,2	2	56	19	228
CDAR	168	22	120,2	24	53	19	341
MOV	135	20	69,1	16	No Data	No Data	No Data
GYR	169	22	131	24	55	22	355
KEN	29	8	250,7	18	142	21	422
LFR	108	20	70,6	19	33	19	212
MAM	No Data	No Data	93,7	22	55	22	No Data
PTE	149	20	131,1	19	40	22	320
SCR	184	20	101,3	23	96	23	382
SUB	No Data	No Data	173,8	21	108	17	No Data
TUN	137	17	108,6	22	60	21	306
USQ	157	22	96	18	76	16	329

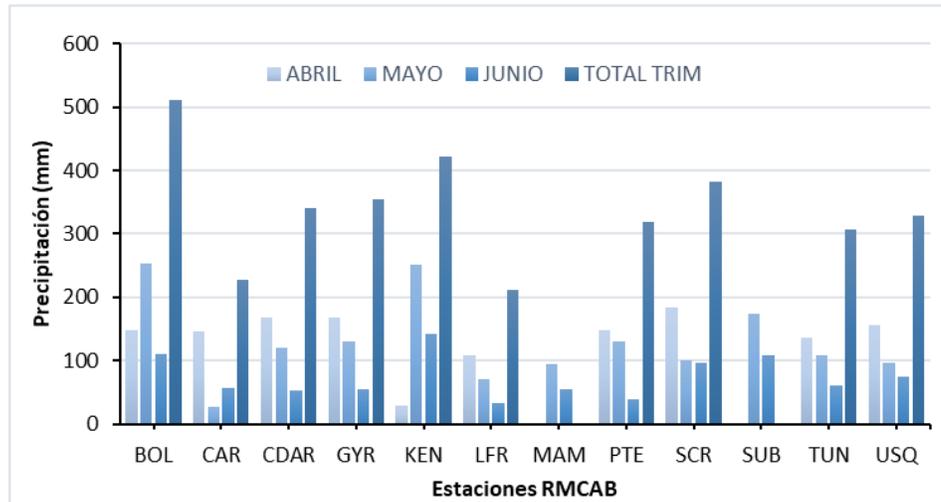


Figura 10. Precipitación acumulada trimestral por estación y totales mensuales - Trimestre Abr – Jun 2019

8 COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LA TEMPERATURA

Asociado a la temporada de lluvias, se encuentra la reducción de la cantidad de radiación solar entrante, causada por la cobertura de la bóveda celeste por parte de las nubes y su eficiencia en la reflexión de la radiación solar entrante. Con relación a la temporada de lluvias se produjo un incremento en las cantidades de vapor de agua, el cual, es eficiente para atrapar la energía saliente en forma de longitud de onda larga y propicia la transferencia de calor entre moléculas, generando el incremento de la temperatura del aire a nivel superficial; posiblemente, esta propiedad del vapor de agua contribuyó en el aumento de las temperaturas, las cuales fueron ligeramente más altas de lo esperado durante el trimestre.

En el trimestre estudiado, las mayores temperaturas se registraron hacia el occidente, norte y centro geográfico de la ciudad, donde es frecuente observar una isoterma que simula una lengua que se desprende del occidente hacia el centro geográfico, en el que se encuentra la estación CDAR. En cuanto a las temperaturas máximas absolutas, los mayores registros se presentaron hacia el sector de la estación móvil y tunal con **28.9°C** y **28.8°C** respectivamente. Ver Tabla 8 y Figura 11. Las estaciones sin registros no cumplieron con el criterio de representatividad temporal del 75%.

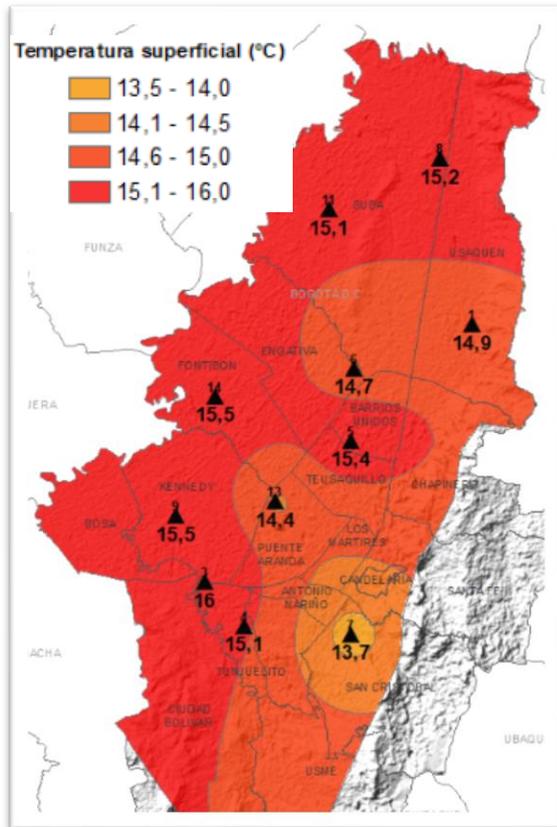


Figura 11. Mapa del promedio de temperatura superficial de las estaciones de la RMCAB con base en el método de interpolación de Kriging - Trimestre Abr – Jun 2019

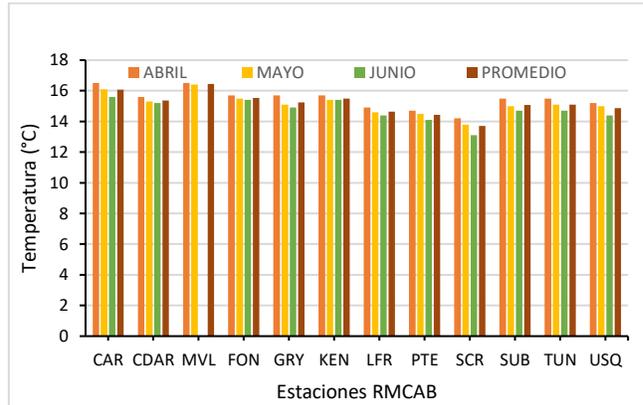


Figura 12. Temperatura media mensual y media trimestral por estación. Trimestre Abr - Jun2019

Tabla 8. Temperatura media mensual, media trimestral y máxima absoluta por estación. Trimestre Abr - Jun2019

Estación	Abril	Mayo	Junio	Prom.	Max. Abs.
	Temperatura media (°C)				
CSE	16,5	16,1	15,6	16,1	23,7
CDAR	15,6	15,0	15,2	15,4	25,8
MOV	16,5	16,4	No Data	16,5	25,9
FTB	15,7	15,5	15,4	15,5	22,9
GYR	15,7	15,1	14,9	15,2	24,8
KEN	15,7	15,4	15,4	15,5	23,7
LFR	14,9	14,6	14,4	14,6	22,7
PTE	14,7	14,5	14,1	14,4	21,3
SCR	14,2	13,8	13,1	13,7	21,3
SUB	15,5	15	14,7	15,1	26,2
TUN	15,5	15,1	14,7	15,1	25,8
USQ	15,2	15	14,4	14,9	23,4
Promedio	15,7	15,4	15,0	15,4	23,9

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

La velocidad del viento en el segundo trimestre, presentó un ligero incremento en el sector suroccidental con respecto al mismo trimestre de 2018. se destacaron los incrementos en la velocidad media del viento en las estaciones de Puente Aranda y Kennedy, donde los promedios pasaron de **1.9 m/s a 2.5 m/s** y **1.7 m/s a 2.1 m/s - 2.3 m/s** respectivamente; esto debió contribuir con la remoción aerodinámica de contaminantes en la ciudad, sobre todo hacia el sector suroccidental donde históricamente se registran las mayores concentraciones de material particulado.

En cuanto a los valores máximos absolutos, también se registraron velocidades significativas que, en su mayoría, superaron los 5 m/s, las cuales poseen mayor capacidad de mezcla que los valores medios que se encuentran alrededor de los 2 m/s. La velocidad extrema con mayor magnitud se presentó hacia el sector de la estación MinAmbiente, registrando un evento máximo de **10.2 m/s**, superando la máxima del segundo trimestre de 2018; aun así, no se superó la máxima absoluta de 12.9 m/s registrada en la estación Móvil durante el primer trimestre de 2019. Las estaciones sin registros no cumplieron con el criterio de

representatividad temporal del 75%.

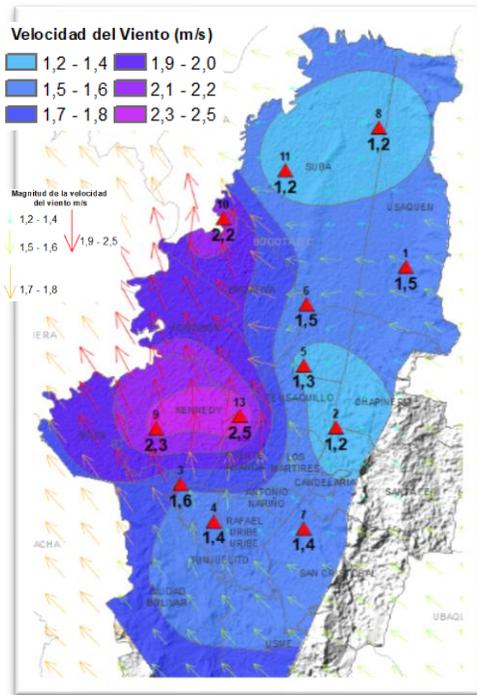


Figura 13. Velocidad promedio (Superficie en colores) y Dirección promedio (Vectores) del Viento de Bogotá con base en la interpolación de Kriging – Trimestre Abr – Jun 2019

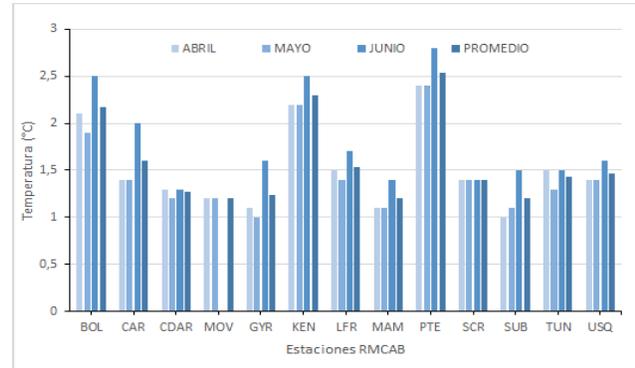


Figura 14. Velocidad media mensual y promedio trimestral del viento por estación– Trimestre Abr – Jun 2019

Tabla 9. Velocidad media mensual, promedio trimestral y máxima absoluta del viento por estación -Trimestre Abr – Jun 2019

Estación	Abril	Mayo	Junio	Promedio	Max abs.
	Vel. media				Vel Max.
BOL	2,1	1,9	2,5	2,2	6,6
CAR	1,4	1,4	2	1,6	6,0
CDAR	1,3	1,2	1,3	1,3	5,1
MOV	1,2	1,2	No Data	1,2	No Data
FON	4,1	3,9	No Data	4,0	No Data
GYR	1,1	1	1,6	1,2	4,9
KEN	2,2	2,2	2,5	2,3	8,0
LFR	1,5	1,4	1,7	1,5	5,3
MAM	1,1	1,1	1,4	1,2	10,2
PTE	2,4	2,4	2,8	2,5	8,0
SCR	1,4	1,4	1,4	1,4	5,5
SUB	1	1,1	1,5	1,2	5,1
TUN	1,5	1,3	1,5	1,4	5,6
USQ	1,4	1,4	1,6	1,5	5,9

a. Valores de velocidad promedio trimestral del viento en diferentes fracciones del día en las estaciones de la RMCAB.

A continuación, se presenta el análisis del comportamiento de los vientos en las diferentes fracciones de un día del trimestre objeto de estudio, el cual describe más detalladamente el comportamiento promedio de los vientos en los diferentes momentos del día.

En las **madrugadas (1 am – 6 am)** del trimestre, se observa que el patrón de flujo dominante fue idéntico al trimestre anterior, es decir, vientos alisios del suroriente rodeando los cerros orientales y entrando encañonados por el sur de la ciudad, manteniendo su trayectoria hacia el noroccidente, limpiando la ciudad. Como es frecuente, las velocidades del viento de mayor magnitud, se presentaron hacia el occidente de la ciudad favoreciendo el transporte y mezcla de los contaminantes residuales de un día para otro. Ver Figura 15 a)

En horas de la **mañana (7 am – 12 m)**, el comportamiento promedio de los vientos del segundo trimestre fue idéntico al de la madrugada, es decir, el flujo de los alisios del suroriente rodeó los cerros orientales y continuó con su trayectoria hacia el

noroccidente, propiciando la limpieza de la ciudad por el transporte, mezcla y dilución de los contaminantes descargados por las diferentes actividades antrópicas. Como es normal, al ingresar la radiación solar el suelo absorbe energía la cual se traduce en vientos más fuertes que los presentados en horas de la madrugada, con mayor capacidad de mezcla. Figura 15 b).

De acuerdo con la Figura 15 c), en horas de la **tarde (1pm - 6 pm)**, las magnitudes de los vientos fueron altas en Puente Aranda y Kennedy con **3.8 m/s** y **3.5 m/s** respectivamente; comparado con el mismo trimestre de 2018 las velocidades fueron considerablemente mayores. Los vientos de las horas de la tarde son los que mayor magnitud adquieren, por una mayor acumulación de energía que se traduce en vientos más fuertes y más eficientes en la mezcla y transporte de los contaminantes que se descargan en la ciudad durante el día.

En horas de la **noche (7 pm – 12 am)** las velocidades del viento del segundo trimestre fueron relativamente altas, posiblemente por la energía residual de la tarde, que continuó influyendo en velocidades del viento de magnitud considerable e incluso superiores a las de las horas de la mañana, las cuales habrán terminado por evacuar los contaminantes que se descargan en la ciudad, producto del transporte y demás en horas de la noche. Ver Figura 15 c). En la Tabla 10 se consolida la estimación promedio trimestral vectorial de la velocidad del viento para cada una de las estaciones de la RMCAB, correspondiente a los meses de abril a junio de 2019.

Tabla 10. Valores promedio vectorial del viento en diferentes fracciones del día por cada estación de la RMCAB – Trimestre Abr – Jun de 2019.

Estación	Velocidad promedio del viento (m/s)				Dirección promedio del viento (°)			
	Madrugada	Mañana	Tarde	Noche	Madrugada	Mañana	Tarde	Noche
BOL	1,4	2,3	3,3	1,7	106	206	203	230
CSE	0,7	1,7	2,7	1,4	126	134	216	146
CDAR	0,7	1,2	2,0	1,0	188	301	114	5
FON	2,8	4,1	6,3	3,6	17	76	195	26
GYR	0,7	1,4	2,0	0,9	7	59	132	53
KEN	1,4	2,3	3,5	2,2	38	123	203	189
LFR	1,1	1,5	2,0	1,4	34	68	155	57
MAM	0,6	1,2	2,0	1,0	142	170	160	124
MOV	1,1	1,0	1,2	1,5	1	13	72	1
PTE	1,6	2,5	3,8	2,2	317	161	194	225
SCR	1,1	1,3	2,0	1,3	85	77	91	93
SUB	0,6	1,5	1,9	0,8	18	42	112	25
TUN	0,9	1,4	2,1	1,3	185	186	205	190
USQ	1,0	1,5	2,0	1,5	88	95	147	115

*Las direcciones promedio del viento de la estación Móvil se presentan a nivel indicativo, ya que no cumplen con el criterio de representatividad del 75%

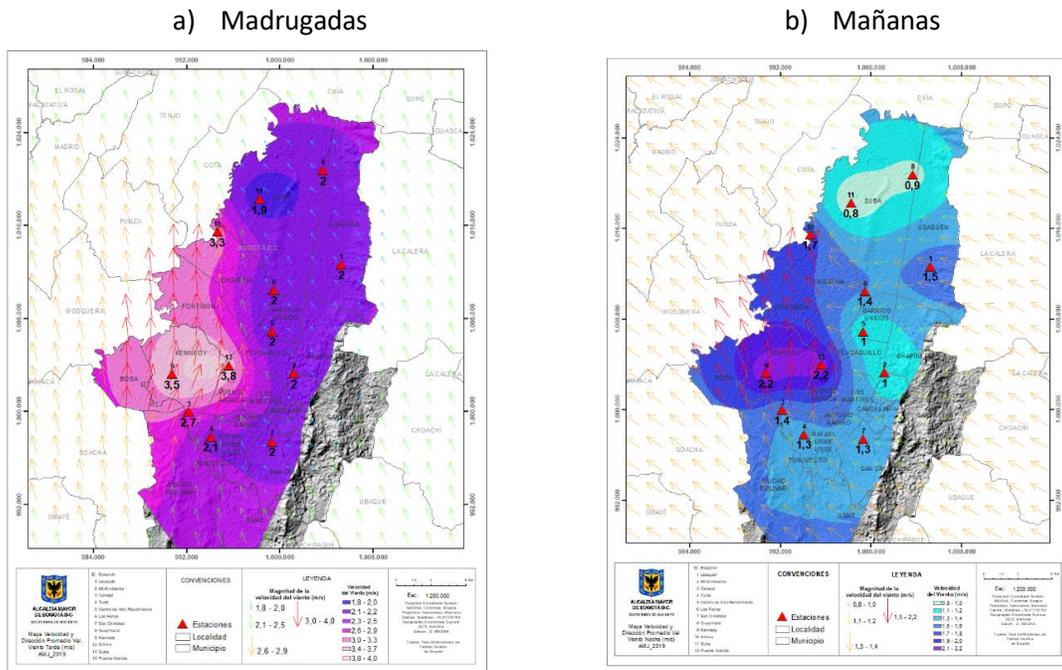
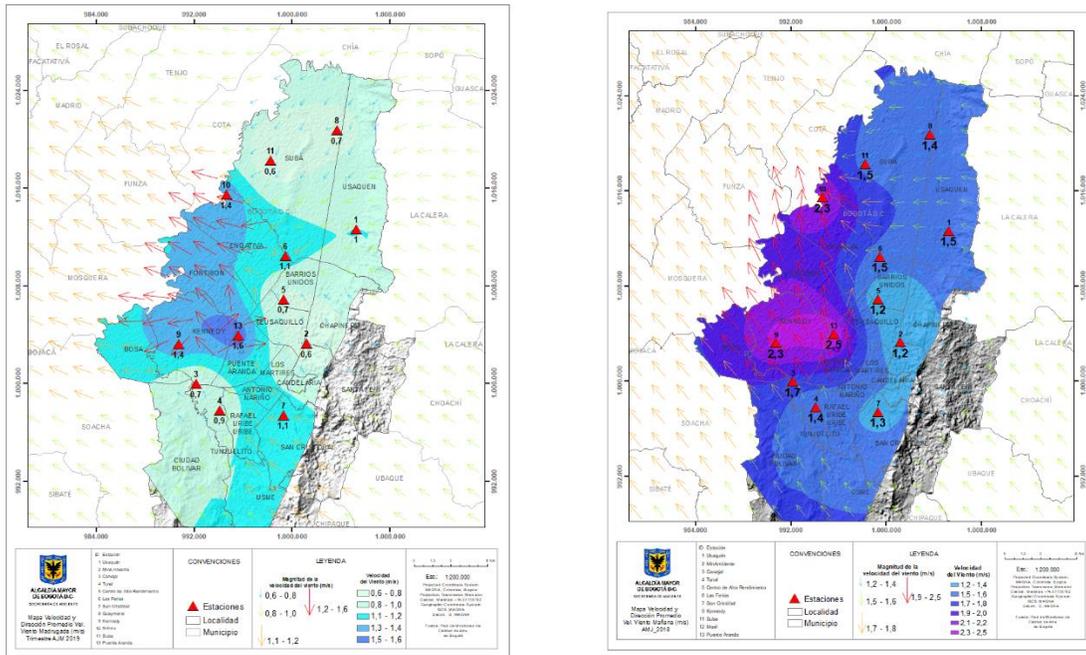


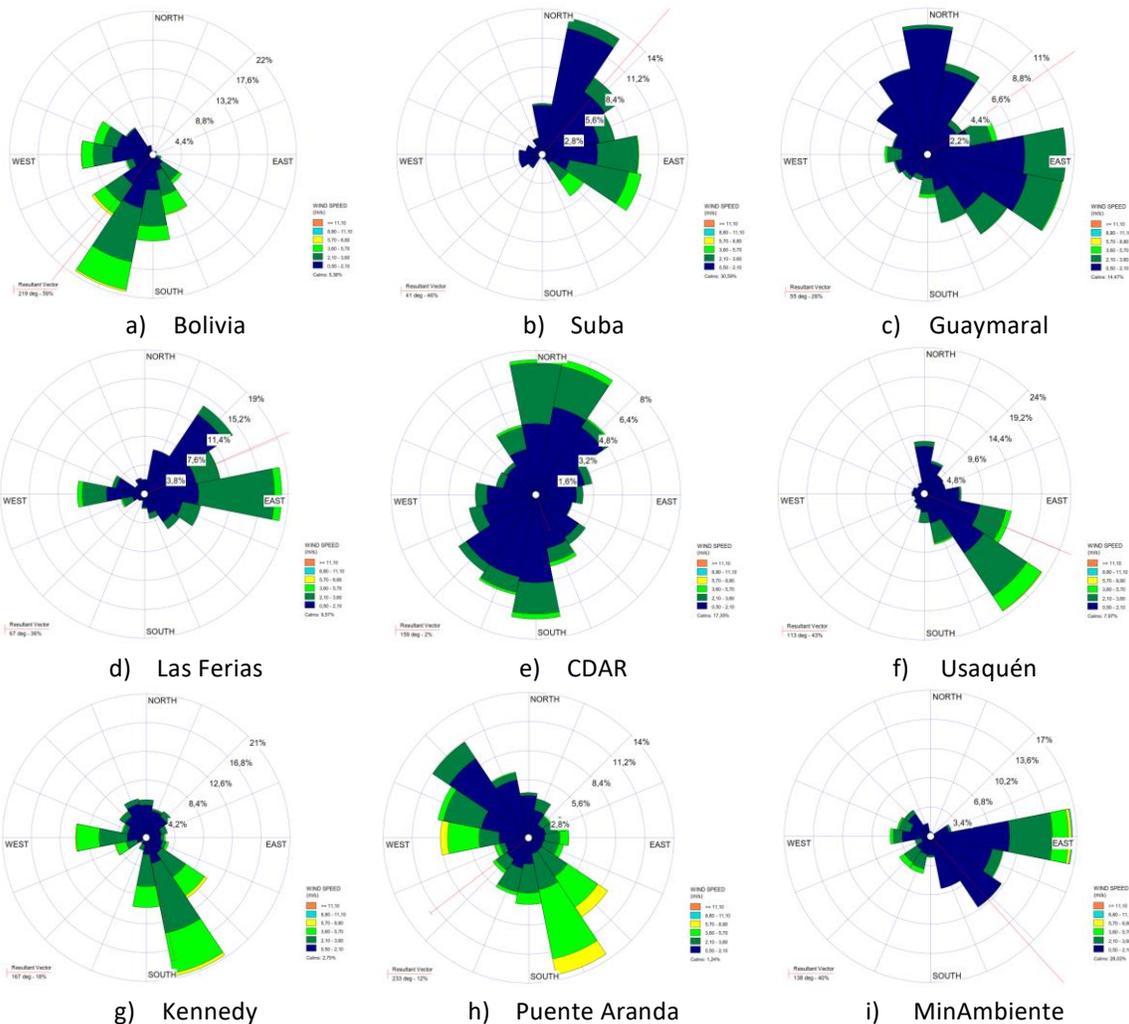
Figura 15. Mapas dirección y velocidad del viento para diferentes fracciones del día del trimestre Abr – Jun de 2019.
a) Madrugada, b) Mañana, c) Tardes, d) Noches

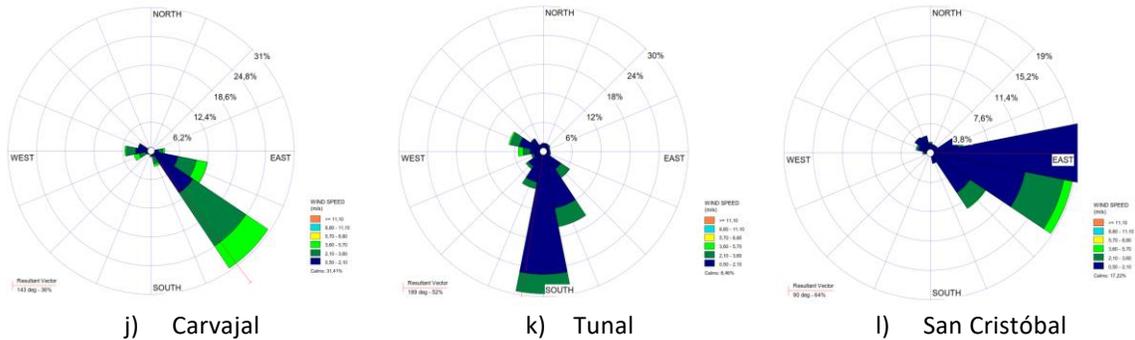
Se presentan las rosas de los vientos en la Figura 16, las cuales describen los vientos más frecuentes y su predominio en las distintas estaciones de la RMCAB durante el segundo trimestre del año. En esta figura se puede observar que, en la estación de Puente Aranda y Kennedy,

predominaron los vientos del suroccidente durante el trimestre; estos vientos no favorecen la descontaminación de la ciudad, más bien contribuyen con la producción de lluvia, ya que pueden estar saturados de humedad y al interactuar con los cerros orientales se ven forzados ascender y formar nubes de lluvia.

En el resto de la ciudad se confirma un predominio de vientos del suroriente a lo largo de los cerros orientales y del nororiente al norte de la ciudad, así como del sur, al sur de la ciudad, durante gran parte del trimestre analizado.

Rosas de los vientos consolidadas para el trimestre Abr – Jun de 2019

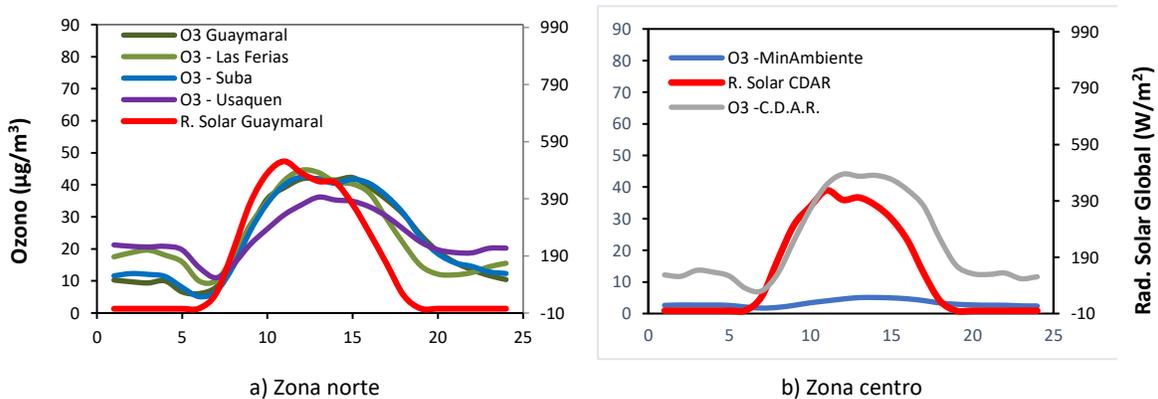




j) Carvajal k) Tunal l) San Cristóbal
Figura 16. Rosas de vientos trimestre Abr – Jun de 2019. a) Bolivia, b) Suba, c) Guaymaral, d) Las Ferias, e) C.D.A.R., f) Usaquén, g) Kennedy, h) Puente Aranda, i) MinAmbiente, j) Carvajal-Sevillana, k) Tunal, l) San Cristóbal.

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

Como se dijo anteriormente, el segundo trimestre del año es un periodo lluvioso que reduce la entrada de radiación solar debido a la nubosidad que se establece durante gran parte del tiempo en la atmósfera. Las concentraciones de ozono tienen una estrecha relación con la radiación solar, la cual rompe enlaces moleculares de los óxidos de nitrógeno derivados principalmente de la combustión de combustibles fósiles. Conforme se reduce la cantidad de energía entrante, se disminuye la concentración de ozono troposférico, como se observa en la Figura 17, la cantidad de radiación solar entrante en la hora de mayor incidencia no superó los 600 W/m^2 en la mayoría de las estaciones. Por lo anterior, las concentraciones de ozono en la hora de mayor producción, estuvieron por debajo de los $50 \mu\text{g/m}^3$. Como es frecuente, las mayores concentraciones de ozono se presentaron hacia los sectores de Guaymaral, Suba y Kennedy. Ver Figura 17.



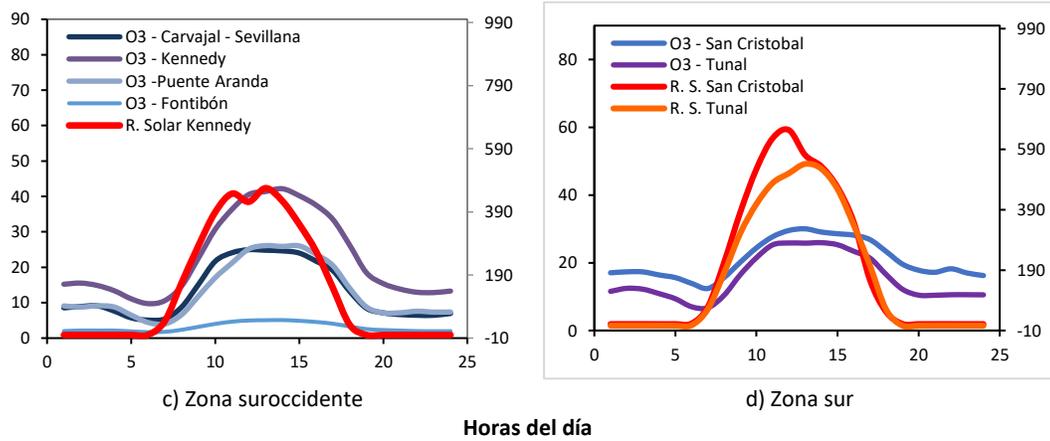


Figura 17. Comportamiento horario trimestral de O₃ (μg/m³) y su relación con la Radiación Solar entrante (W/m²) trimestre Abr - Jun de 2019. a) zona norte, b) zona centro, c) zona suroccidente y d) zona sur

ANEXOS

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

Tabla 11. 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			
	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 hace parte de uno de los programas contenidos en el Plan de Desarrollo Económico, Social, Ambiental y de Obras Públicas para Bogotá D.C. 2016 – 2020 “Bogotá Mejor para Todos”, cuyo cumplimiento es responsabilidad de la Secretaría Distrital de Ambiente, al ser la autoridad ambiental del distrito capital. Además, uno de los procesos misionales de esta entidad es la “Metrología, Monitoreo y Modelación”, dentro del cual se encuentra comprendido el monitoreo de la calidad del aire de la ciudad, que se realiza a través de las estaciones de la RMCAB.

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.

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 2017¹. 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 12)

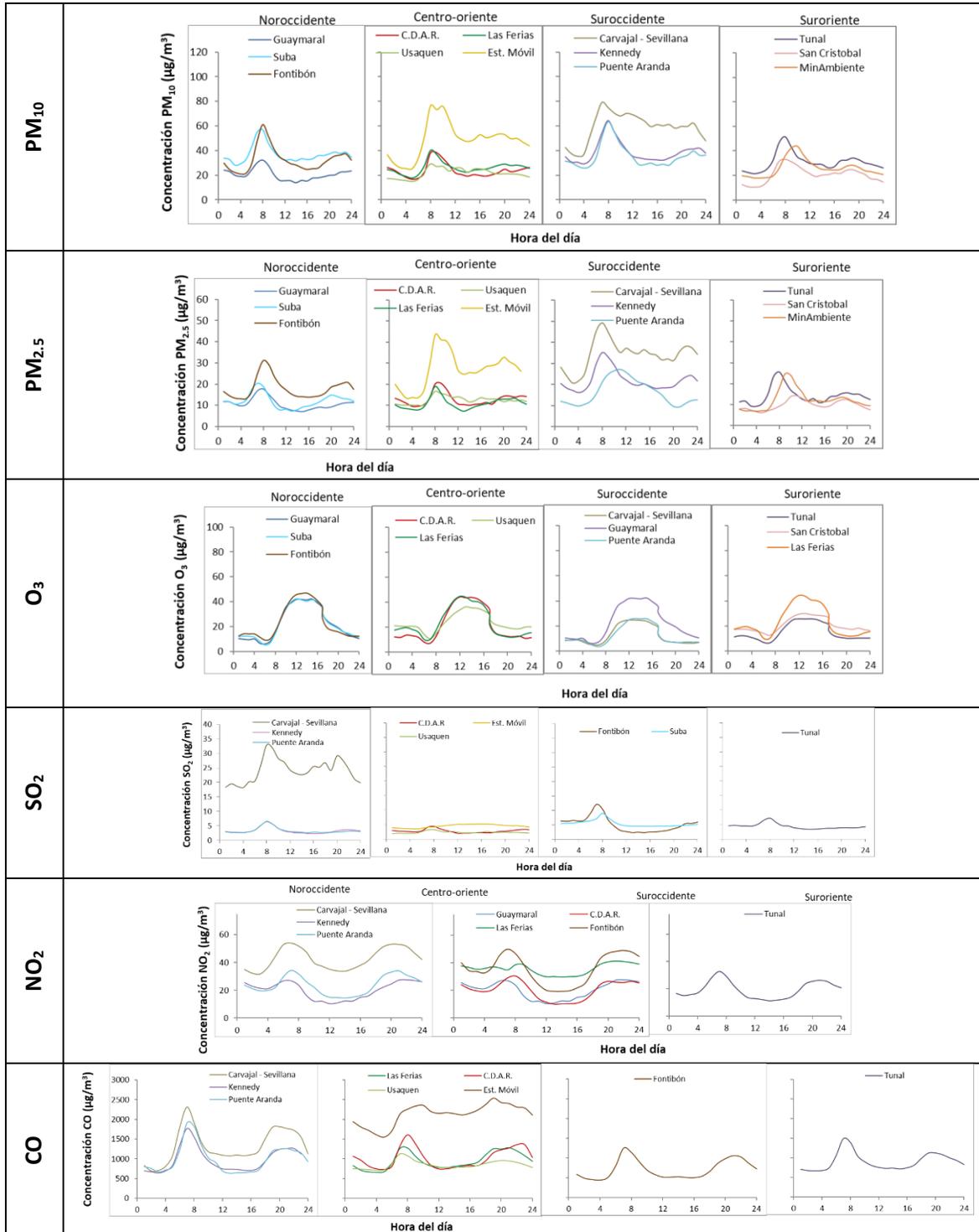
Tabla 12. Técnicas de medición automáticas de los equipos de la RMCAB, métodos equivalentes y de referencia EPA

Contaminante	Principio de Medición	Método equivalente automatizado EPA	Apéndice Parte 50 del CFR
PM ₁₀	Atenuación por Radiación Beta	EQPM-0798-122	J
PM _{2.5}	Atenuación por Radiación Beta	EQPM-0609-183	L
		EQPM-0308-170	
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	
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 16, 2017. <https://www3.epa.gov/ttn/amtic/criteria.html>

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

B. Promedios horarios de contaminantes segundo trimestre 2019 Abril - Junio



NOTA

El análisis realizado en el presente informe trimestral corresponde a los datos recolectados por la Red de Monitoreo de Calidad el Aire de Bogotá – RMCAB durante el período comprendido entre el 1 de abril y el 30 de junio de 2019, 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. 6.0). 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), y 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 - SDA
Edna Lizeth Montealegre Garzón – PROFESIONAL RMCAB - SDA
Daissy Lizeth Zambrano Bohórquez – PROFESIONAL RMCAB – SDA
Jennyfer Montoya Quiroga - PROFESIONAL RMCAB – SDA
Zaira Natalia Torres Castro - PROFESIONAL RMCAB – SDA

Revisó

Luis Álvaro Hernández González – COORDINADOR TÉCNICO RMCAB
José Hernán Garavito Calderón – COORDINADOR GENERAL RMCAB
Leonardo Quiñones Cantor – COORDINADOR SATAB

Aprobó

Oscar Alexander Ducuara Falla - SUBDIRECTOR DE CALIDAD DEL AIRE, AUDITIVA Y VISUAL

FIN DEL INFORME