

Informe trimestral de Calidad del Aire en Bogotá 2019

Julio
Agosto
Septiembre



Fotografía – unsplash.com



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 tercer trimestre de 2019 (Julio - Agosto y Septiembre), 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 tercer 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 Ferías	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

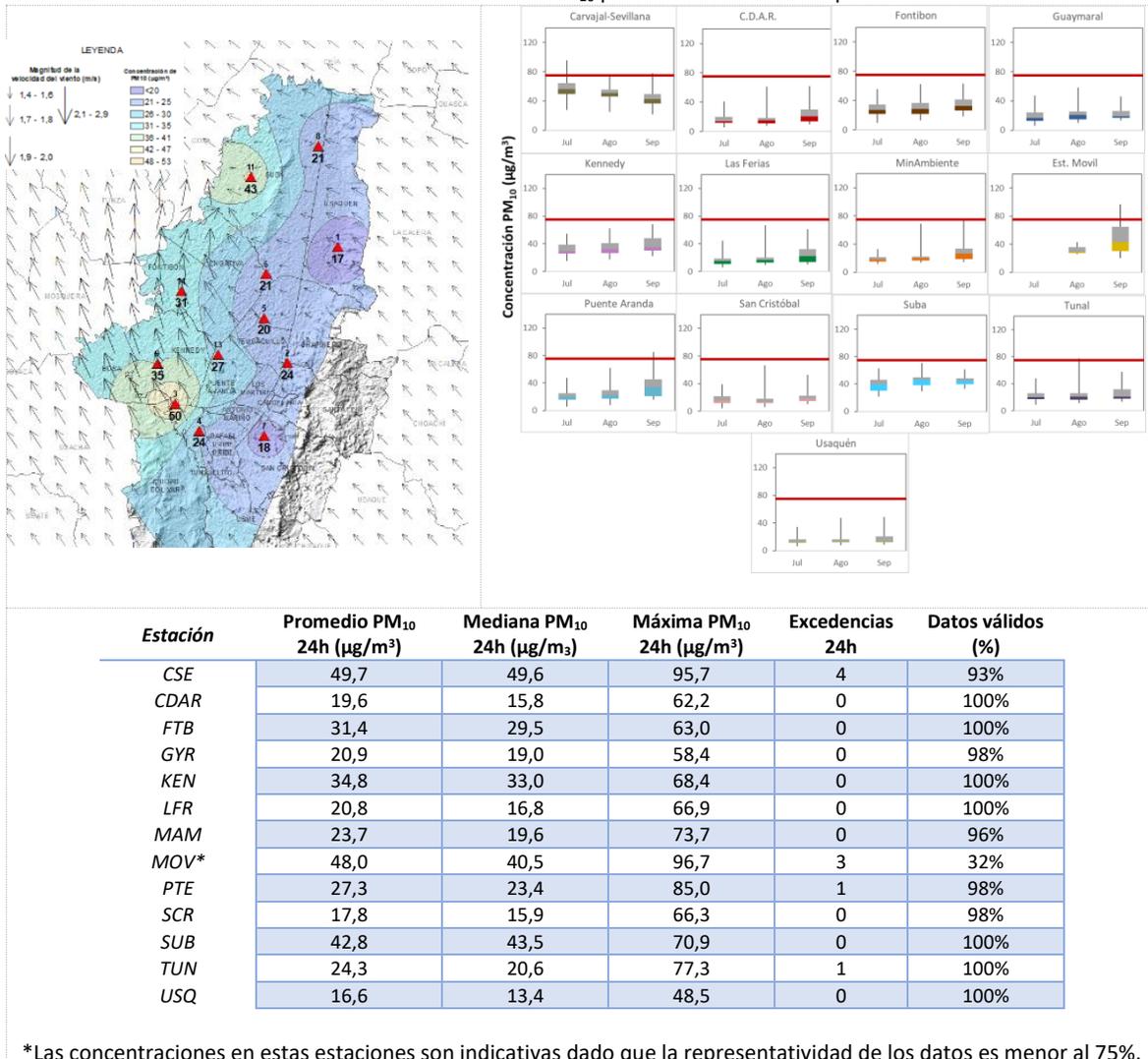
2 COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE PM₁₀

La Tabla 1 muestra los datos obtenidos de material particulado PM₁₀ en el tercer 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 occidente de la ciudad en la estación Carvajal - Sevillana (**49.7 µg/m³**) y en la estación de Suba (**42.8 µg/m³**), mientras que las menores concentraciones se presentaron en la zona oriental, en la estación Usaquén (**16.6 µg/m³**), y en la estación San Cristóbal (**17.8 µg/m³**). La concentración máxima diaria para el mes fue de **95.7 µg/m³** en la estación Carvajal - Sevillana, la cual sobrepasó el nivel máximo permisible para concentraciones diarias.

La estación móvil tuvo baja representatividad temporal, dado que no estuvo en funcionamiento entre los meses de junio y julio, debido a que se estaban realizando ajustes al sistema de suministro eléctrico de la estación.

Tabla 1. Resumen de datos de PM₁₀ para el trimestre Jul – Sept 2019



La

Figura 1 presenta las concentraciones diarias de PM₁₀ de los meses Julio, Agosto y Septiembre 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 occidental (Carvajal Sevillana y Puente Aranda), principalmente la primera mitad del mes de julio; las concentraciones más bajas se observan en la zona oriente (Usaquén y San Cristóbal), durante la primera mitad de agosto. En el tercer trimestre de 2019 se presentaron nueve (9) excedencias de los promedios diarios de concentración con respecto a la norma nacional diaria (75 µg/m³), cuatro (4) en la estación de Carvajal - Sevillana, una (1) en la estación de Puente Aranda, una (1) en la estación del Tunal, y tres (3) en la estación móvil.

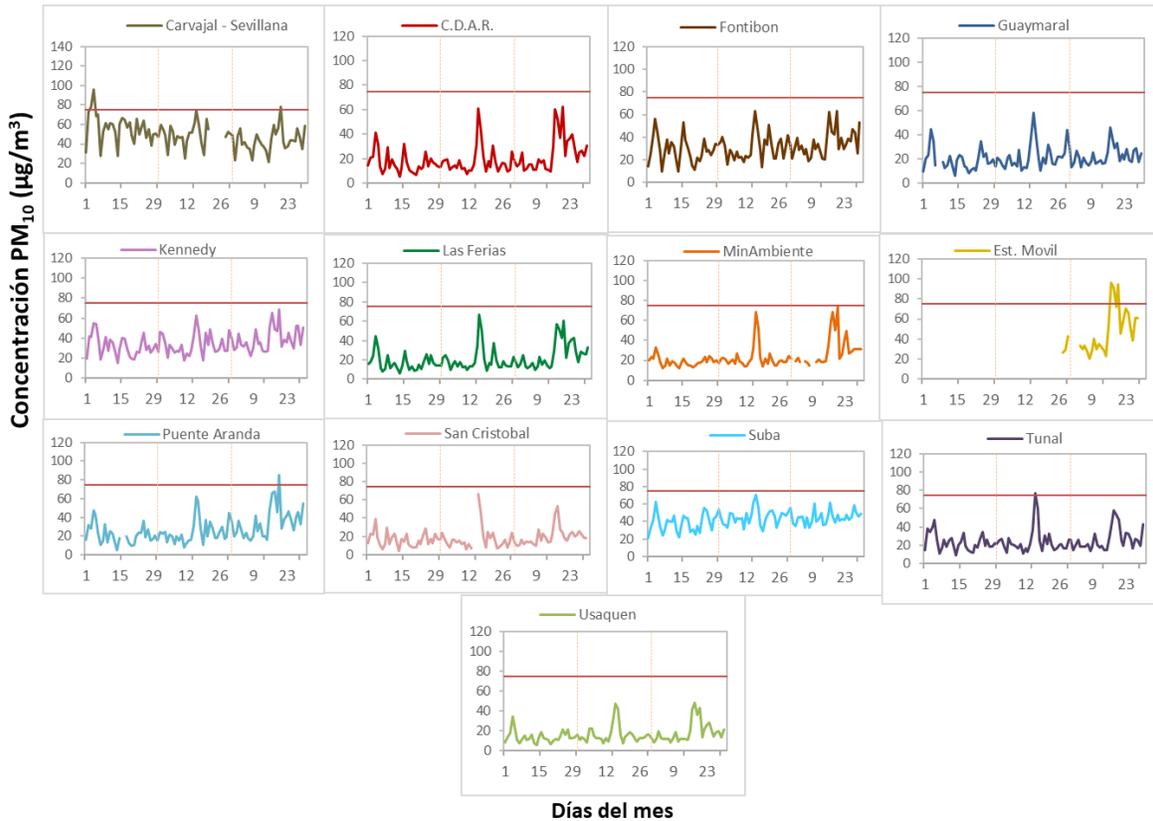


Figura 1. Comportamiento de las concentraciones diarias de PM₁₀ para el trimestre Jul – Sept 2019

La Figura 2 presenta el comportamiento interanual de las concentraciones de PM₁₀ del tercer trimestre de cada año para el periodo 2016 - 2019. Se observa que las concentraciones más altas son las registradas en el año 2016 en su mayoría; siendo las estaciones Carvajal-Sevillana y Kennedy las que tienden a registrar las concentraciones de PM₁₀ más altas.

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 registrada se evidenció en Usaquén con 23 µg/m³.

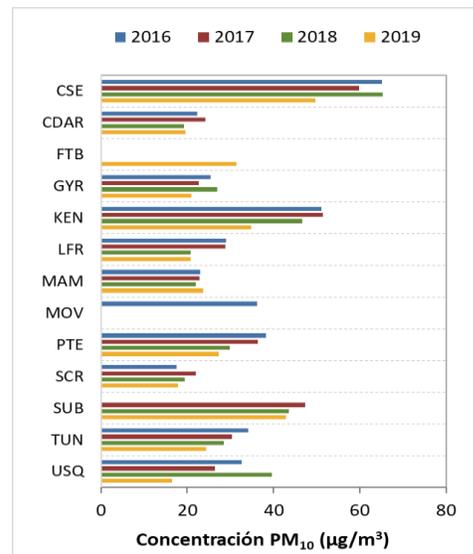


Figura 2. Comportamiento interanual de las concentraciones de PM₁₀ (2016-2017-2018-2019) para el trimestre Jul - Sept

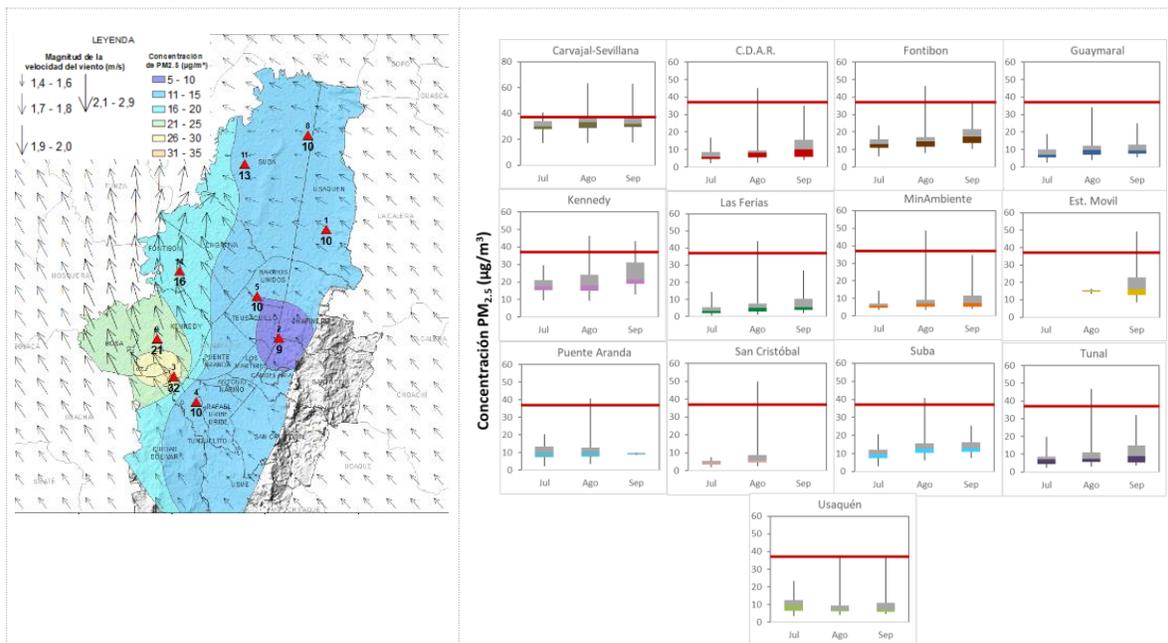
3 COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE PM_{2.5}

La Tabla 2 muestra los datos obtenidos de material particulado PM_{2.5} en el tercer 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 **32.4 µg/m³** y en la estación de Kennedy con **20.5 µg/m³**; mientras que las menores concentraciones se presentaron en la zona centro en la estación MinAmbiente con **8.9 µg/m³** y en la estación de Centro de Alto Rendimiento con **9.6 µg/m³**. La concentración máxima diaria para el trimestre fue de **63.2 µg/m³** en la estación Carvajal - Sevillana.

Se observa una tendencia de las concentraciones al aumento con el paso de los días, siendo el mes de septiembre el que registró más excedencias del contaminante, aunque se registraron algunos picos a mediados de agosto, debidos a la influencia de los incendios forestales en la región de la Amazonía. En septiembre se registró otra temporada seca en el país, por lo que se favorecieron los incendios forestales en departamentos como Cundinamarca y Tolima, en los cuales fue generado material particulado que fue arrastrado por los vientos del suroccidente hacia la ciudad.

Tabla 2. Resumen de datos de PM_{2.5} para el trimestre Jul – Sept 2019



	Promedios PM _{2.5} 24h (µg/m ³)	Mediana PM _{2.5} 24h (µg/m ³)	Máxima PM _{2.5} 24h (µg/m ³)	Excedencias 24h	Datos válidos (%)**
CSE	32,4	32,0	63,2	18	98%
CDAR	9,6	7,6	45,0	1	100%
FTB	16,1	15,3	46,3	2	100%
GYR	10,3	8,9	34,3	0	100%
KEN	20,5	19,1	47,2	3	98%
LFR	9,5	7,3	44,1	1	88%
MAM	8,9	6,5	48,8	1	97%
MOV*	19,6	15,4	49,3	3	35%
PTE*	12,7	10,1	40,7	1	60%
SCR*	6,1	4,7	50,0	1	47%
SUB	12,9	11,7	40,6	1	100%
TUN	9,7	7,2	46,9	1	100%
USQ	10,2	7,5	38,8	2	100%

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

**Los promedios diarios calculados no tienen en cuenta los ceros registrados en los datos horarios de cada día, sin embargo si se incluyeron para la estimación del porcentaje de datos válidos, para no afectar el número de mediciones válidas obtenidas en el mes.

En las estaciones Las Ferias, Centro de Alto Rendimiento y Puente Aranda se registraron concentraciones bastante bajas, alcanzando registros por debajo del límite de detección de los equipos. Por ello se determinó la realización de los cálculos de concentración diaria con los datos horarios mayores a cero, para establecer los niveles efectivos de concentración en las estaciones. Sin embargo, los datos registrados como cero se consideraron válidos, por lo cual fueron incluidos dentro del porcentaje de representatividad, esto último, considerando que se han realizado todas las actividades correspondientes al mantenimiento rutinario de los equipos, así como las calibraciones y verificaciones que indican los fabricantes en los manuales de los equipos y las que establecen los métodos de referencia que son la base de los procedimientos de operación de la RMCAB, garantizando el adecuado funcionamiento de los monitores.

Adicionalmente, los monitores de PM_{2.5} de las estaciones Puente Aranda y San Cristóbal estaban registrando variaciones atípicas en la medición del contaminante, en cuanto al perfil horario de los datos, por lo cual no reportaron datos durante el mes de septiembre.

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 segunda mitad del mes de Septiembre; mientras que las concentraciones más bajas se registraron en la zona centro (MinAmbiente y Las Ferias), especialmente en la última semana del mes de julio.

En el tercer trimestre de 2019 se presentaron treinta y cinco (35) excedencias de los promedios diarios de concentración con respecto a la norma nacional diaria de PM_{2.5} (37 µg/m³): dieciocho (18) en la estación Carvajal-Sevillana, tres (3) en la estación Kennedy, dos (2) en la estación de Usaquén, y una (1) en el resto de las estaciones, a excepción de Guaymaral que no registró excedencias este trimestre.

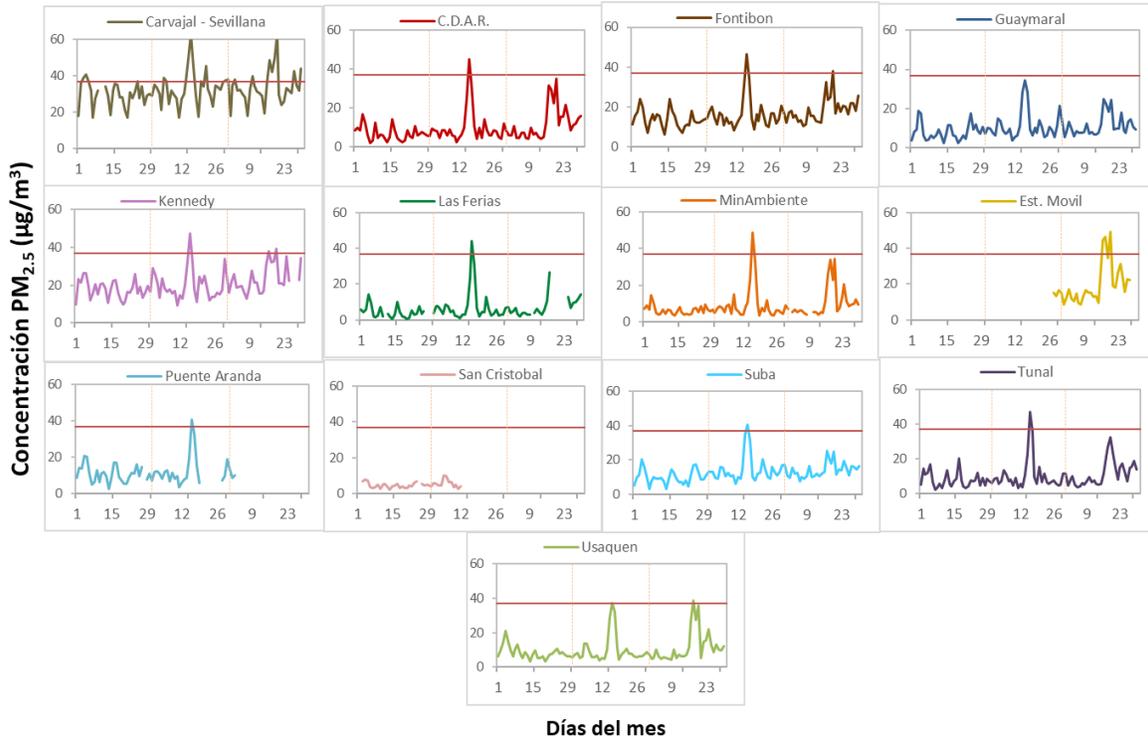


Figura 3. Comportamiento de las concentraciones diarias de $PM_{2.5}$ para el trimestre Jul – Sept 2019

La Figura 4 presenta el comportamiento interanual de las concentraciones de $PM_{2.5}$ del tercer trimestre de cada año para el periodo 2016 - 2019. Se observa que las concentraciones más altas registradas son las de 2016 y 2017 en la mayoría de las estaciones, y como es costumbre, Carvajal-Sevillana y Kennedy tienden a registrar las concentraciones de $PM_{2.5}$ más altas durante el tercer trimestre. El registro más alto corresponde al de la estación Carvajal-Sevillana en el año 2019, con $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En el año 2019 en algunas estaciones las concentraciones aumentaron respecto a año inmediatamente anterior.

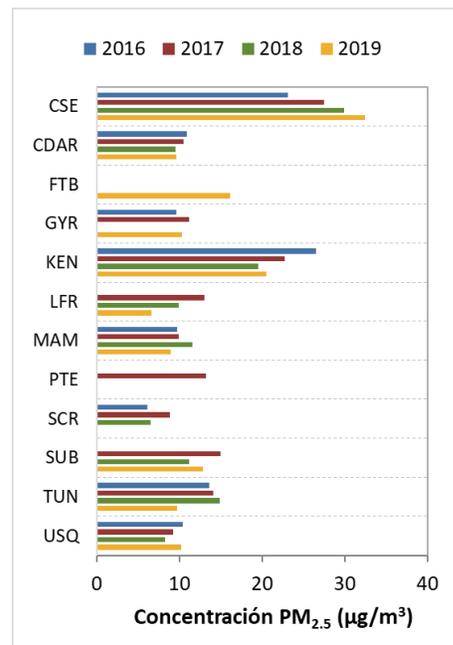


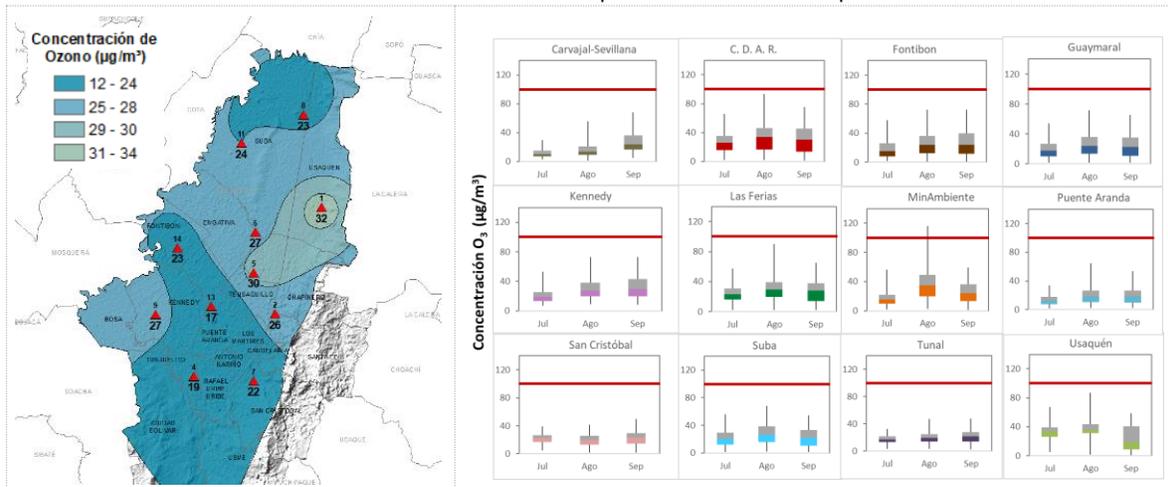
Figura 4. Comportamiento interanual de las concentraciones de $PM_{2.5}$ (2016-2017-2018-2019) para el trimestre Jul – Sept

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

La Tabla 3 presenta los datos obtenidos para ozono - O₃ - en el tercer 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 Norte en la estación de Usaquén **32.213 µg/m³** y en la zona Centro en la estación Centro de Alto Rendimiento **29.736 µg/m³**; mientras que las menores concentraciones se presentaron en el suroccidente en la estación Puente Aranda **17.147 µg/m³** y en el sur en la estación Tunal **19.280 µg/m³**. En este trimestre las altas concentraciones de ozono se reparten en las zonas Norte y Centro, mientras que las concentraciones más bajas se mantienen en la zona suroccidente y sur. La concentración máxima con base en promedios media móvil 8 horas fue de **116.347 µg/m³** en la estación MinAmbiente, seguida de **93.391 µg/m³** en la estación Centro de Alto Rendimiento.

Tabla 3. Resumen de datos de O₃ para el trimestre Jul – Sept 2019



Estación	Promedio O ₃ 8h (µg/m ³)	Mediana O ₃ 8h (µg/m ³)	Máxima O ₃ 8h (µg/m ³)	Excedencias 8h	Datos válidos (%)
CSE*	16,503	14,126	68,474	0	63%
CDAR	29,736	29,430	93,391	0	99%
FTB	23,076	20,601	72,594	0	97%
GYR	22,999	21,582	71,417	0	96%
KEN	26,975	24,329	81,619	0	96%
LFR	26,677	26,291	90,448	0	100%
MAM	25,674	21,582	116,347	14	84%
PTE	17,147	15,500	64,354	0	100%
SCR	21,522	21,974	49,835	0	96%
SUB	23,701	22,759	68,474	0	100%
TUN	19,280	19,031	48,069	0	98%
USQ	32,213	32,177	92,606	0	100%

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

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 Centro de Alto Rendimiento, Las Ferias y Kennedy sobre todo en la segunda mitad de agosto. Por otro lado, los registros más bajos se obtuvieron en la estación de Puente Aranda y Tunal, principalmente la segunda mitad del mes de julio. Se presentaron catorce (14) excedencias al nivel máximo permisible por la norma 8 horas ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en la estación de MinAmbiente.

En las estaciones se observó un aumento generalizado del ozono a finales de agosto, también se observaron cambios en su distribución espacial dado que se registraron altos niveles en la zona occidental, que usualmente registraba bajos niveles de ozono. En la estación Carvajal además hubo baja representatividad de la medición, dado que se realizó un cambio de la lámpara UV en los primeros días de septiembre.

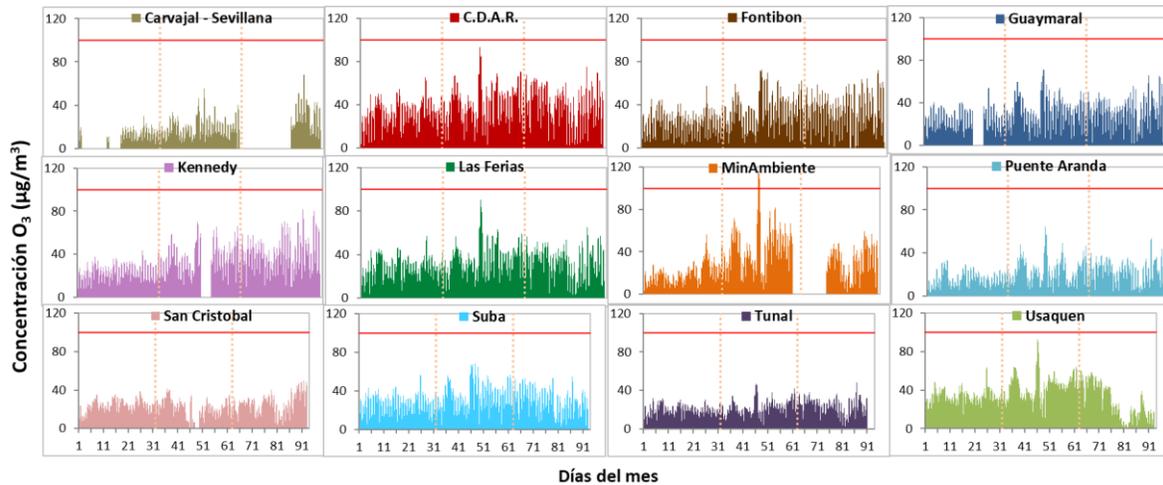


Figura 5. Comportamiento de las concentraciones 8h de O_3 para el trimestre Jul – Sept 2019

La Figura 6 muestra el comportamiento interanual de las concentraciones de O₃ del tercer trimestre de cada año para el periodo 2016 - 2019. Se observa que en el año 2019 se registraron las mayores concentraciones en la mayoría de las estaciones, con aumentos notables en Kennedy y San Cristóbal a través de los años.

Históricamente, las estaciones con mayores concentraciones son 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.

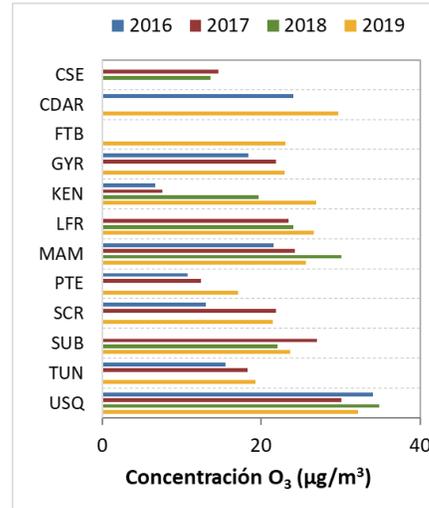


Figura 6. Comportamiento interanual de las concentraciones de O₃ (2016-2017-2018-2019) trimestre Jul – Sept

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 tercer 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 tercer trimestre de 2019, e históricamente 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 tercer 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 Jul – Sept 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 SO ₂ 24h (µg/m ³)	Mediana SO ₂ 24h (µg/m ³)	Max. SO ₂ 24h (µg/m ³)	Excedencias 24h	Excedencias 1h	Datos válidos (%)
CSE	15,5	14,9	35,4	0	5	92%
CDAR	2,1	1,8	6,3	0	0	100%
FTB	6,1	4,8	22,8	0	0	100%
KEN	5,1	4,7	11,3	0	0	100%
PTE	3,2	2,9	6,3	0	0	100%
SUB	3,2	2,6	10,1	0	0	93%
TUN	3,5	2,9	9,7	0	0	100%
USQ	2,3	2,1	4,8	0	0	100%

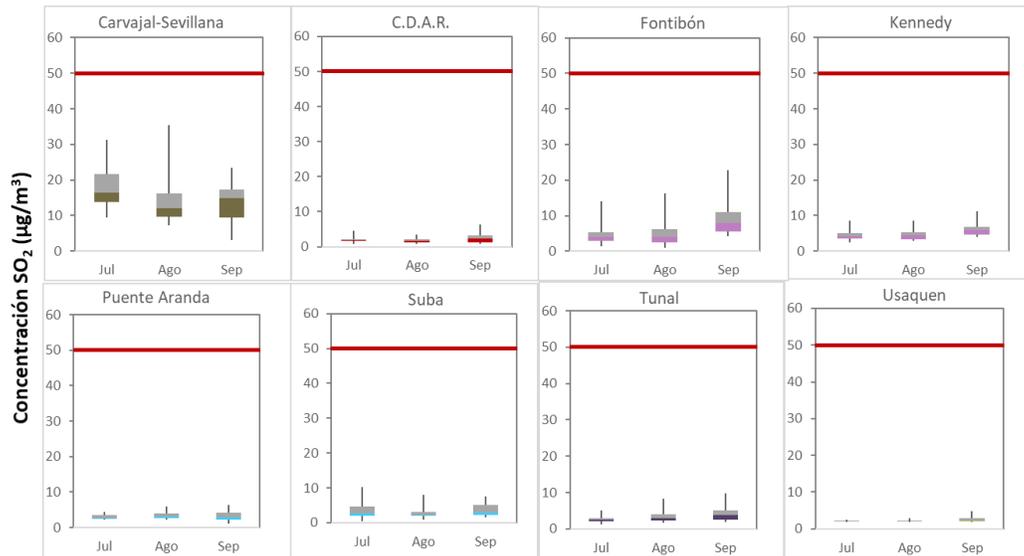


Tabla 5. Resumen de los promedios horarios para NO₂ trimestre Jul – Sept 2019

Estación	CSE	CDAR	FTB	GYR	KEN	LFR	PTE	TUN
Promedio NO ₂ 1h (µg/m ³)	46,6	24,1	39,6	22,6	38,2	28,4	28,7	22,1
Mediana NO ₂ 1h (µg/m ³)	44,9	20,7	39,5	21,6	36,7	24,4	25,8	18,2
Max. NO ₂ 1h (µg/m ³)	146,5	116,8	114	99,7	93,5	118,5	102,5	105,5
Excedencias 1h	0	0	0	0	0	0	0	0
Datos válidos (%)	82%	99%	99%	99%	91%	99%	99%	98%

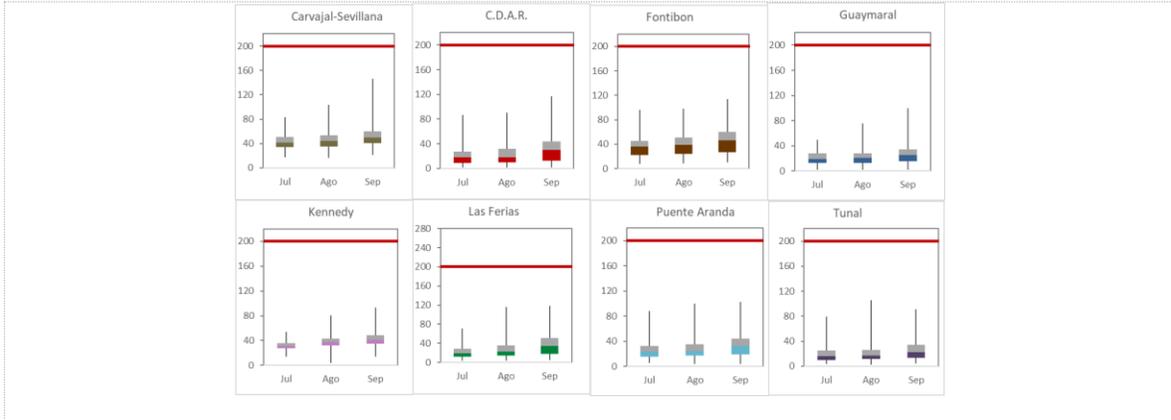
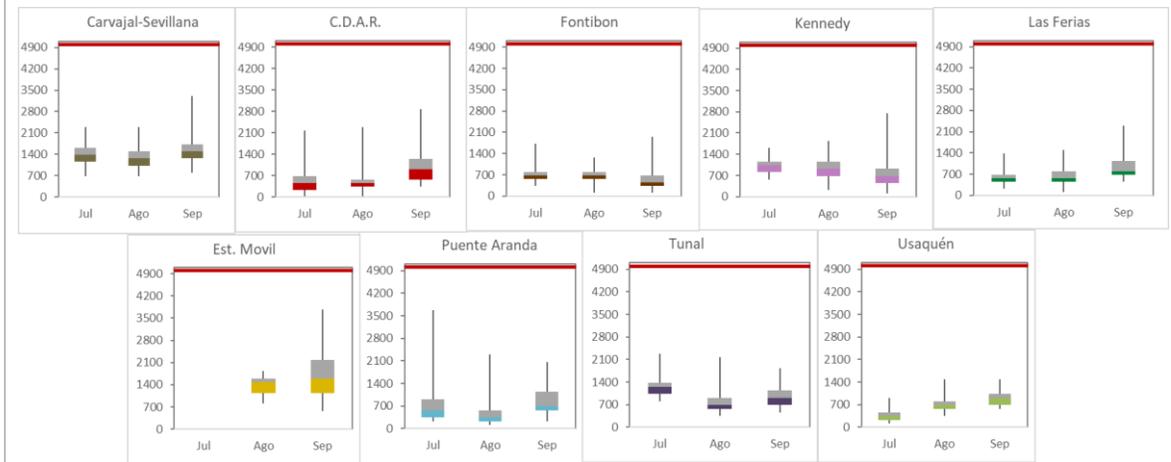


Tabla 6. Resumen de los promedios 8 horas para CO trimestre Jul – Sept 2019

Estación	CSE	CDAR	FTB	KEN	LFR	MOV*	PTE	TUN	USQ
Promedio CO 8h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1399,5	748,4	617,1	886,8	728,6	1671,7	699,3	1004,3	620,9
Mediana CO 8h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1373,9	572,5	572,5	915,9	686,9	1488,4	572,5	915,9	572,5
Max. CO 8h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	3320,2	2862,3	1946,3	2747,8	2289,8	3778,2	3663,7	2289,8	1488,4
Excedencias 8h	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Excedencias 1h	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Datos válidos (%)	100%	94%	100%	100%	100%	36%	98%	100%	84%

*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.

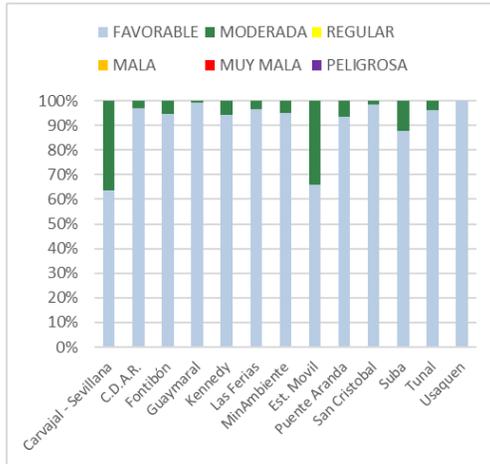


Figura 7. IBOCA para PM₁₀ por estación en el trimestre Jul – Sept 2019

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 predomina la categoría “favorable” y la condición “moderada” es menor al 50%, en todas las estaciones.

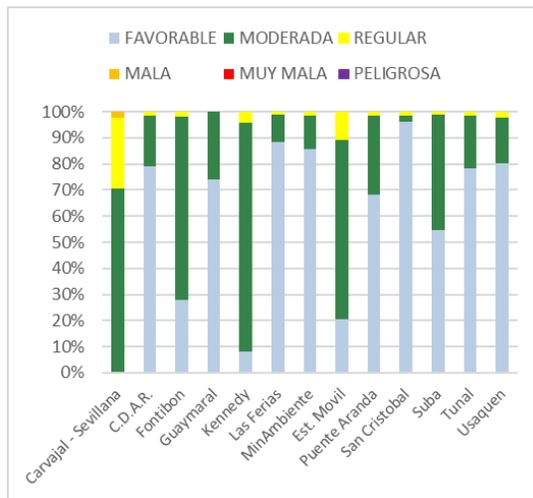


Figura 8. IBOCA para PM_{2.5} por estación en el trimestre Jul – Sept 2019

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 tercer trimestre de 2019 la estación Carvajal - Sevillana presentó el estado de calidad del aire más desfavorable, con una condición “moderada” durante el 70% del mes, “regular” el 27 % del mes y “mala” el 2% del mes, mientras que la estación de San Cristóbal presenta el mejor estado de la calidad del aire con una condición “favorable” el 96% del mes.

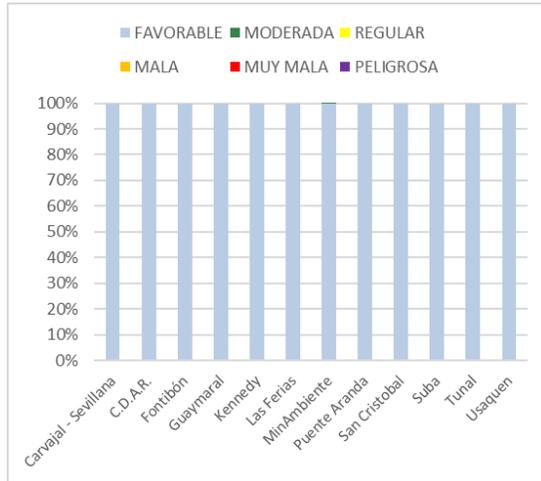


Figura 9. IBOCA para O₃ por estación en el trimestre Jul – Sept 2019

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

A diferencia del segundo trimestre del año, el tercer trimestre se caracteriza por presentar escasas lluvias como se puede observar en la Tabla 7 y la Figura 10. En el mes de septiembre se registraron las mayores cantidades de precipitación en comparación con las demás estaciones, esto por la transición que se presenta hacia el segundo período lluvia del ciclo anual.

Los totales acumulados de cada uno de los meses que conforman el tercer trimestre no superaron los 100 mm de lluvia, en comparación con el primer trimestre, en el que se registraron acumulados por encima de los 100 mm; así las cosas, aunque el comportamiento de los dos trimestres mencionados fue idéntico, en el primer trimestre de 2019 las cantidades de lluvia fueron ligeramente mayores, si se analiza estación por estación.

En cuanto al número de días con lluvia, en el mes de julio la estación Guaymaral registró el máximo número de días con lluvias del trimestre (25 días), pero la cantidad de agua precipitada (44 mm) fue mucho menor que en la estación de Kennedy, en donde sólo se registraron 16 días con lluvia y un acumulado de 109 mm para el mismo mes. Teniendo en cuenta lo anterior, se podría deducir que los eventos de lluvia registrados en el sector de Kennedy fueron más intensos que los del sector de Guaymaral, los cuales favorecen el lavado de la atmósfera y la reducción de las concentraciones de contaminantes atmosféricos, dado su capacidad de arrastre. Las estaciones sin registros no cumplieron con el criterio de representatividad temporal del 75%.

Tabla 7. Precipitación acumulada trimestral por estación y totales mensuales con número de días con lluvia Jul – Sept 2019

Estación	Julio		Agosto		Septiembre		Total
	Acumulado (mm)	Días con lluvia	Acumulado (mm)	Días con lluvia	Acumulado (mm)	Días con lluvia	Acumulado (mm)
BOL	48	12	39,2	12	No Data	No Data	No Data
CSE	43	20	42,2	14	36	13	121

CDAR	28	14	33,5	14	76	17	137
MOV	No Data	No Data	No Data	No Data	35	11	No Data
GYR	44	25	29,2	13	89	17	162
KEN	109	16	85,6	11	96	14	290,2
LFR	16	13	18,1	13	47	17	80,5
MAM	32	16	32,1	13	91	15	154,7
PTE	27	11	28,4	13	42	15	96,9
SCR	55	19	48,6	18	81	18	183,9
SUB	42	14	32	12	83	14	157,4
TUN	41	17	42,4	13	54	14	137,0
USQ	34	17	25,8	9	81	13	141,0

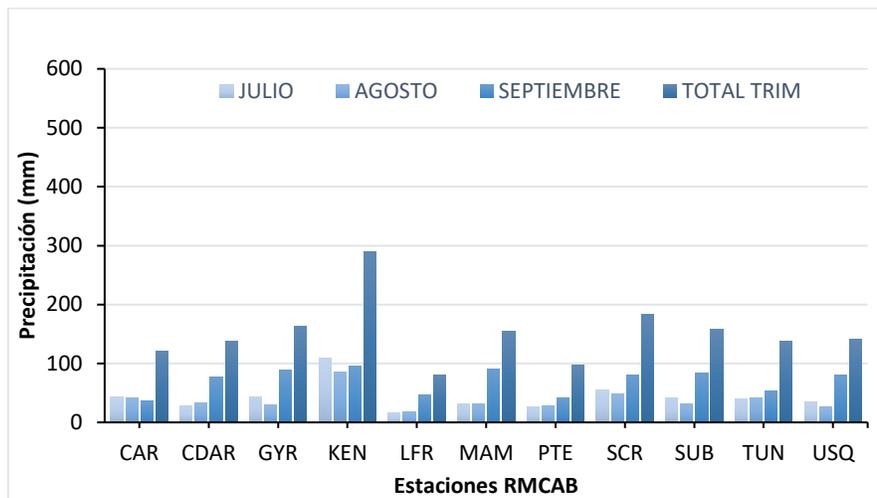


Figura 10. Precipitación acumulada trimestral por estación y totales mensuales Jul – Sept 2019

8 COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LA TEMPERATURA

Teniendo como referencia el primer trimestre de 2019, la temperatura del aire del tercer trimestre presentó una disminución en gran parte de la ciudad; sin embargo, el sector de la ciudad cuya temperatura promedio trimestral superó la del primer trimestre del año, fue el suroccidente (Kennedy), donde se estimó en unos **17.6°C** frente a **15.7°C** del primer trimestre. Ver Figura 11. El comportamiento mencionado, posiblemente se dio por la presencia de nubes de tipo estratiformes localizadas en la franja oriental de la ciudad, las cuales, aunque no son nubes productoras de lluvia, pueden ser un obstáculo para el paso de la radiación solar incidente.

Por otro lado, las máximas temperaturas absolutas del tercer trimestre de 2019 se presentaron hacia el sector de Kennedy, como se observa en la Tabla 8 y Figura 12; cabe resaltar, que las diferencias térmicas dentro de la ciudad, favorecen la circulación local de vientos que tenderán a acelerarse hacia aquellos sectores donde las temperaturas se incrementan, teniendo en cuenta que en los sectores más calientes se generan caídas de presión atmosférica, tal como se observa en la Figura 11, es decir, donde las temperaturas son más altas, las velocidades del viento adquieren mayor magnitud. Las estaciones sin registros no cumplieron con el criterio de representatividad temporal del 75%.

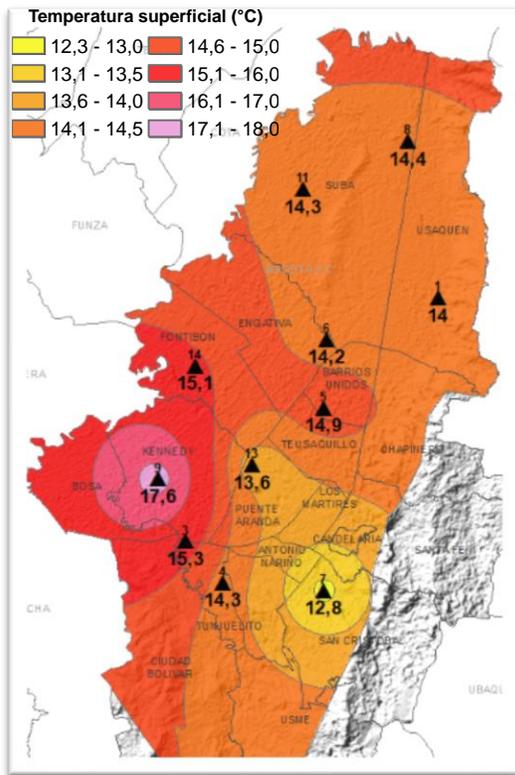


Figura 11. Mapa del promedio de temperatura superficial de las estaciones de la RMCAB con base en el método de interpolación de Kriging. Trimestre Jul – Sept 2019

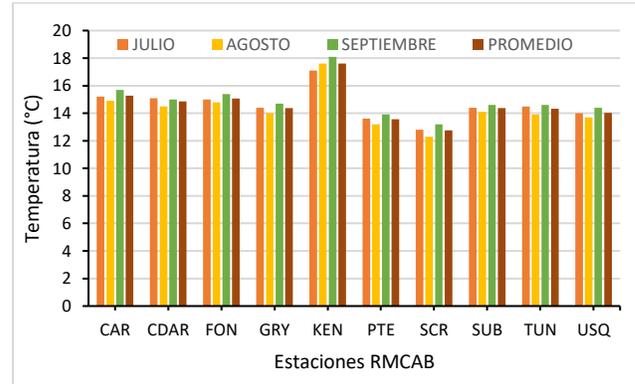


Figura 12. Temperatura media mensual y media trimestral por estación. Trimestre Jul – Sept 2019

Tabla 8 Temperatura media mensual, media trimestral y máxima absoluta por estación. Trimestre Jul – Sept 2019

Estación	Julio	Agosto	Septiembre	Promedio	Max. Abs.
CSE	15,2	14,9	15,7	15,3	22,7
CDAR	15,1	14,5	15	14,9	24,5
FTB	15	14,8	15,4	15,1	22,2
GYR	14,4	14	14,7	14,4	24,1
KEN	17,1	17,6	18,1	17,6	29,7
LFR	14,1	14	14,5	14,2	21,9
MOV	No Data	No Data	16	16,0	No Data
PTE	13,6	13,2	13,9	13,6	20,3
SCR	12,8	12,3	13,2	12,8	20,6
SUB	14,4	14,1	14,6	14,4	24,8
TUN	14,5	13,9	14,6	14,3	25,4
USQ	14	13,7	14,4	14,0	22,2
Promedio	14,9	14,7	15,4	15,1	23,6

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

Comúnmente durante el mes de agosto las velocidades del viento se hacen más intensas en la ciudad de Bogotá, debido a la posición septentrional (norte) de la zona de confluencia intertropical (ZCIT), en la que la franja de baja presión se desplaza hacia el norte, favoreciendo el incremento de la magnitud de los vientos del sur; por ello en el tercer trimestre de 2019, las velocidades del viento mostraron un incremento respecto a los dos trimestres anteriores, así como una mayor frecuencia de la componente sur. Teniendo en cuenta lo anterior, los vientos mostraron un predominio de los alisios del suroriente, con mayor influencia de la componente sur, fueron más veloces o fuertes al occidente de la ciudad y débiles hacia el norte y sur de esta; las mayores velocidades se presentaron hacia el noroccidente en la estación de Bolivia, donde se estimó un promedio de **2.9 m/s**, en la estación de Usaquén se reportaron velocidades del viento relativamente altas, ver Figura 13.

En cuanto a los valores máximos absolutos, en la mayoría de las estaciones se registraron velocidades de los vientos alrededor de los 5 m/s, excepto en la estación de Kennedy que se registró **8.0 m/s** ver Tabla 9; estos vientos se generan desde las 12m hasta las 4 pm, su recorrido y capacidad

de mezcla son más eficientes en el proceso de difusión de los contaminantes que se descargan diariamente en la ciudad. Las estaciones que no tienen registros no cumplieron con el criterio de representatividad temporal del 75%.

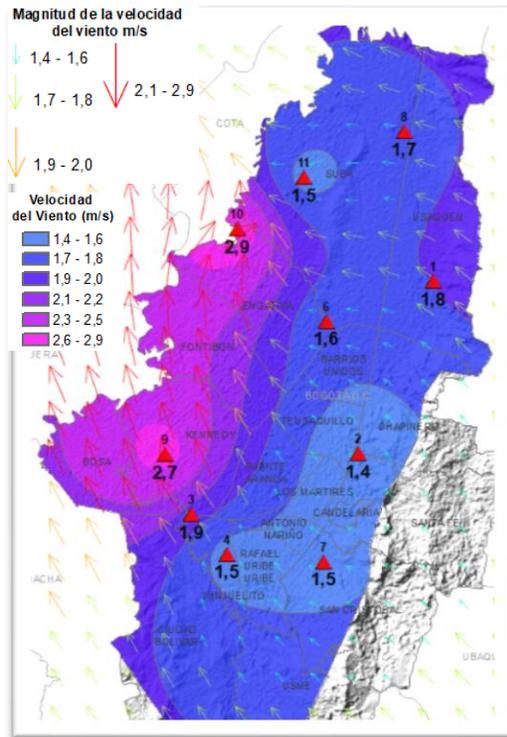


Figura 13. Velocidad promedio (Superficie en colores) y Dirección promedio (Vectores) del Viento de Bogotá con base en la interpolación de Kriging trimestre Jul – Sept 2019

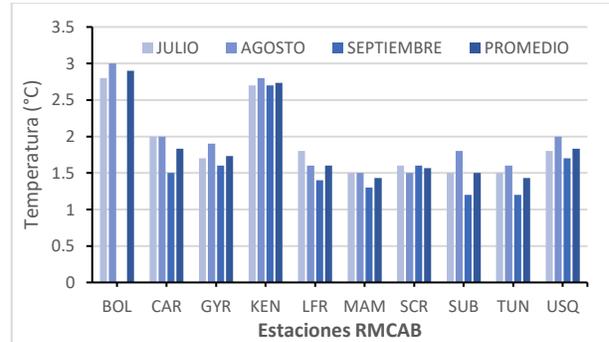


Figura 14. Velocidad media mensual y promedio trimestral del viento por estación – Trimestre Jul – Sept 2019

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

Estación	Julio	Agosto	Septiembre	Promedio	MAX ABS
	Vel. media	Vel. media	Vel. media	Vel. media	Vel Max.
BOL	2,8	3	No Data	2,9	7,0
CSE	2	2	1,5	1,8	5,7
CDAR	No Data	1,5	1,2	1,4	No Data
GYR	1,7	1,9	1,6	1,7	5,6
KEN	2,7	2,8	2,7	2,7	8,0
LFR	1,8	1,6	1,4	1,6	4,8
MAM	1,5	1,5	1,3	1,4	8,3
MOV	No Data	No Data	1,4	No Data	No Data
PTE	2,8	No Data	No Data	No Data	No Data
SCR	1,6	1,5	1,6	1,6	5,4
SUB	1,5	1,8	1,2	1,5	5,7
TUN	1,5	1,6	1,2	1,4	4,9
USQ	1,8	2	1,7	1,8	6,9

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

En el mapa de la Figura 13 se observa el predominio de los vientos durante el trimestre, sin embargo, no se tiene en cuenta el ciclo diario y sus particularidades. Cada vez que el suelo acumula energía esta se trasmite al aire que tiene contacto con la superficie, luego se transforma en movimiento por las diferencias de presión, las cuales permiten que el aire se mueva de un lugar hacia otro, además de otros fenómenos locales como la circulación valle - montaña y montaña - valle, que también contribuyen con la dispersión de los contaminantes.

Teniendo en cuenta lo anterior, se realiza la descripción del comportamiento medio de los vientos en cuanto a magnitud y dirección (producto de una descomposición vectorial) en diferentes fracciones del día en una escala intradiurna, que muestra detalles que no se podrían observar en condiciones medias en una escala temporal mensual.

En horas de la **madrugada (1 am – 6 am)**, se observa que en promedio el patrón de flujo dominante es el de los alisios, pero influenciado por una marcada

componente sur, la cual posiblemente esté asociada a la posición septentrional de la ZCIT, hay un mayor desarrollo de los vientos del sur característico de la época; sin embargo, se observa un patrón poco frecuente o no identificado en la ciudad, con una divergencia en el flujo de los alisios de suroriente, a la altura de Usaquén, haciendo que una parte de la corriente viaje hacia el nororiente en contraflujo y la otra hacia el occidente.

El comportamiento anterior, posiblemente influyó las bajas velocidades registradas hacia el sector de Suba; sin embargo, pese a que la fuerza de los vientos de las horas de la madrugada fue relativamente débil y que estos vientos no son los más favorables para la dispersión de contaminantes, si contribuyó con el transporte de estos fuera de la ciudad, así como con su mezcla y difusión. Ver Figura 15 a)

En las horas de la **mañana (7 am – 12 m)**, el comportamiento de los vientos fue idéntico al de la madrugada, salvo la divergencia descrita anteriormente; por el calentamiento del aire, la energía se traduce en vientos de mayor fuerza y capacidad de mezcla que los que ocurren en horas de la madrugada cuando el suelo ha perdido gran parte de su energía, especialmente hacia el flanco occidental de la ciudad, en el que se encuentran los mayores niveles de contaminación. El comportamiento de estos vientos es favorable, principalmente cuando la dirección y fuerza del viento contribuyen a la remoción de contaminantes en la atmósfera. Figura 15 b).

En las horas de la **tarde (1pm - 6 pm)** los vientos alcanzan su máximo desarrollo y son más eficientes para mezclar y transportar los contaminantes descargados en la ciudad durante el día, debido a que son el resultado de la acumulación de energía solar durante el día. Se presentaron las mayores magnitudes del viento en Kennedy y Bolivia con **4.1 m/s** en ambos casos; este trimestre presentó velocidades ligeramente mayores, comparado con el mismo trimestre de 2018 en donde el promedio vectorial de Kennedy y Bolivia alcanzó una velocidad de **3.9 m/s** en ambas estaciones. En cuanto a dirección se refiere, el patrón de flujo en las horas de la tarde no presentó cambios, fue muy semejante en las diferentes horas del día. Figura 15 c).

Una vez cae la tarde, el suelo inicia un proceso de enfriamiento por liberación y/o transformación de la energía acumulada, haciendo que la magnitud de los vientos se reduzca, aunque se conserva la energía residual del día. De este modo, en horas de la **noche (7 pm – 12 am)** las velocidades del viento, aun después de la caída del sol, fueron relativamente altas, pero menores a las de las horas de la mañana, las cuales probablemente terminaron por evacuar los contaminantes producto del transporte y demás emisiones atmosféricas. Ver Figura 15 d).

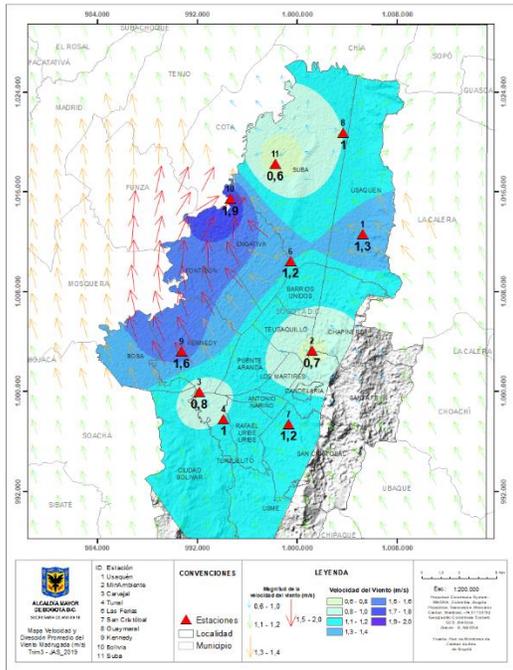
Por otro lado, se pueden observar las direcciones y velocidades del viento en diferentes fracciones del día (Tabla 10), para cada una de las estaciones de la RMCAB, correspondientes a los meses de julio a septiembre de 2019.

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

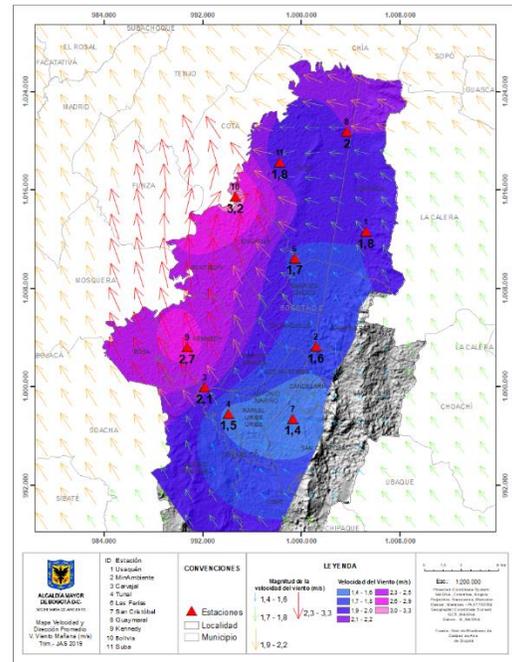
Estación	Velocidad promedio del viento (m/s)				Dirección promedio del viento (°)			
	Madrugada	Mañana	Tarde	Noche	Madrugada	Mañana	Tarde	Noche
BOL	1,9	3,2	4,1	2,4	274	249	214	246
CSE	0,8	2,1	3,2	1,4	137	130	128	136

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

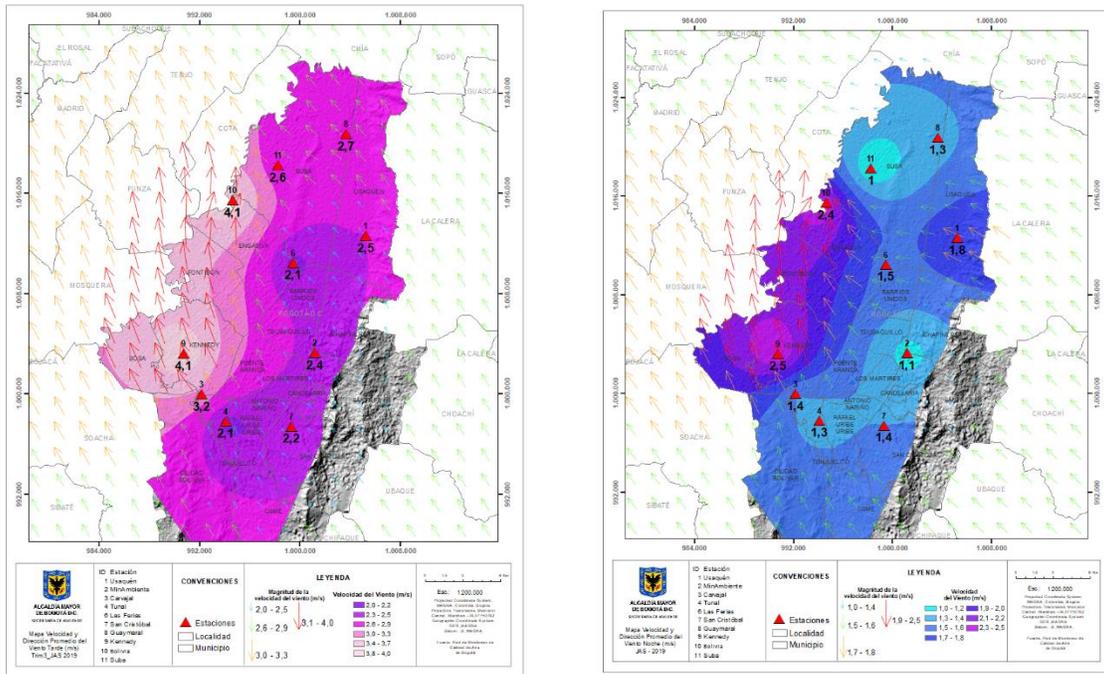
GYR	1,0	2,0	2,7	1,3	340	90	136	83
KEN	1,6	2,7	4,1	2,5	138	152	163	163
LFR	1,2	1,7	2,1	1,5	45	89	120	83
MAM	0,7	1,6	2,4	1,1	137	201	174	124
SCR	1,2	1,4	2,2	1,4	91	89	109	100
SUB	0,6	1,8	2,6	1,0	27	67	113	53
TUN	1,0	1,5	2,1	1,3	191	186	175	195
USQ	1,3	1,8	2,5	1,8	100	150	144	116



a) Madrugadas



b) Mañanas



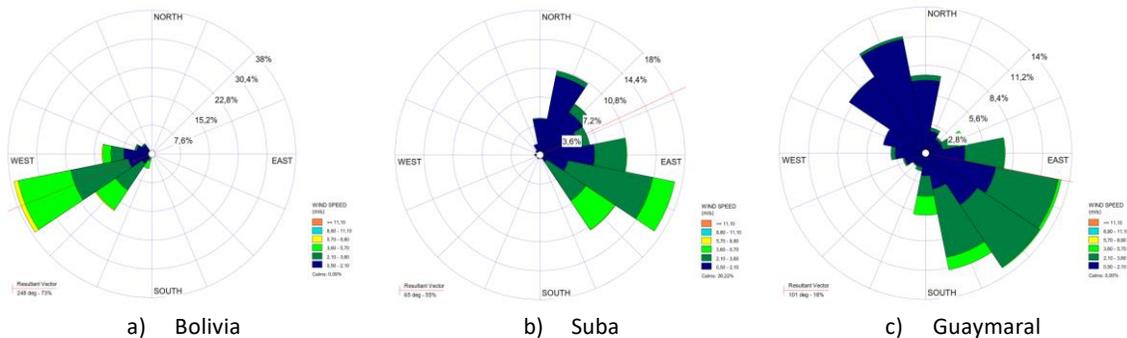
c) Tardes

d) Noches

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

Adicionalmente, se presentan las rosas de los vientos de la Figura 16 en las que se observan las direcciones más frecuentes y sus velocidades medias, por cada estación de la RMCAB. En la Rosa de vientos de Puente Aranda se observa que este fue el sector de la ciudad en el que se registraron las mayores velocidades del viento durante el tercer trimestre de 2019, sin embargo, el número de datos registrados no cumple con el criterio de representatividad temporal por lo que se toma como gráfico indicativo, lo mismo ocurre en la estación de CDAR.

Rosas de viento consolidadas para el trimestre Jul - Sept 2019



a) Bolivia

b) Suba

c) Guaymaral

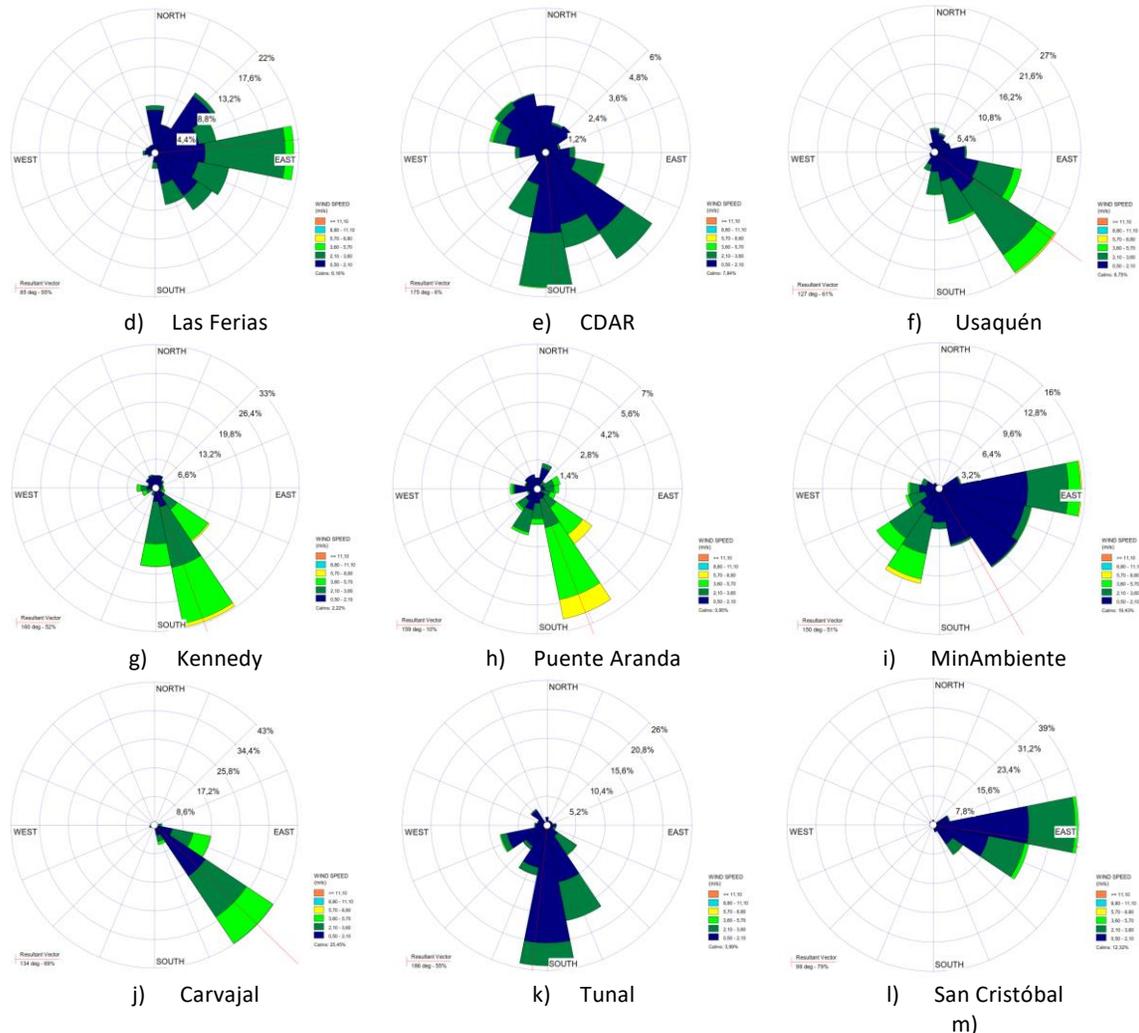


Figura 16. Rosas de viento trimestre Jul - Sept 2019. a) Bolivia, b) Suba, c) Guaymaral, d) Las Ferias, e) C.D.A.R., f) Usaquén, g) Kennedy, h) Puente Aranda, i) MinAmbiente, j) Carvajal-Sevillana, k) Tunal, l) San Cristóbal.

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

Con la reducción de las lluvias en el tercer trimestre del año, es normal que las cantidades de radiación solar se incrementen, no obstante, la cantidad de radiación solar registrada fue menor a la del primer trimestre del año; esto se debe probablemente a la aparición de nubes de tipo estratiforme que no son productoras de lluvia, pero ocupan relativamente grandes extensiones de la bóveda celeste. Las concentraciones de ozono tienen una estrecha relación con la radiación solar, tan pronto como se reduce la cantidad de energía entrante, se disminuye la concentración de ozono troposférico (en niveles bajos). Como se observa en la Figura 17, la cantidad de radiación solar entrante en la hora de mayor incidencia en la mayoría de las estaciones no superó los 600 W/m², excepto en el suroriente de la ciudad. Asimismo, las concentraciones de ozono en la hora de mayor

producción estuvieron por debajo de los $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en este trimestre, las mayores concentraciones de ozono se presentaron hacia los sectores de Guaymaral, Suba y Kennedy, como ocurre frecuente en la ciudad. Ver Figura 17.

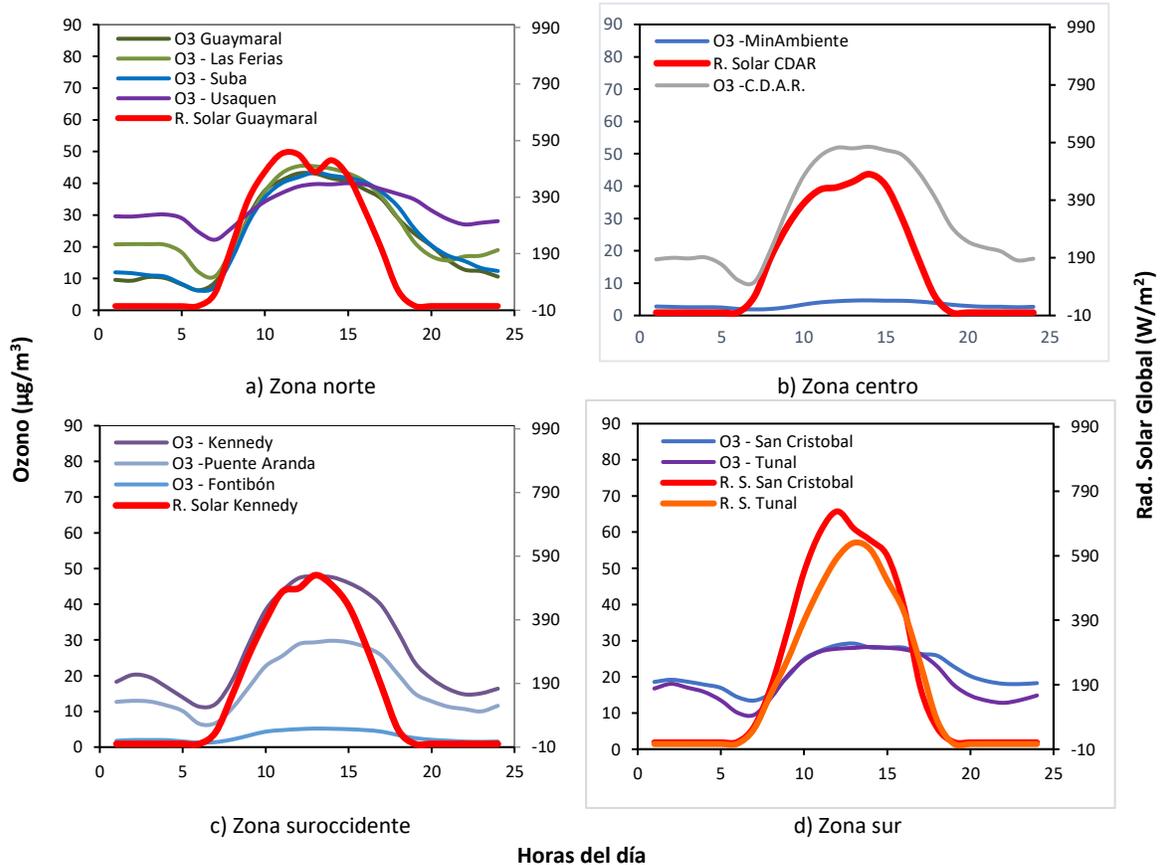


Figura 17. Comportamiento horario trimestral de O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y su relación con la Radiación Solar entrante (W/m^2) trimestre Jul – Sept 2019. a) zona norte, b) zona centro, c) zona suroccidente y d) zona sur

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	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)

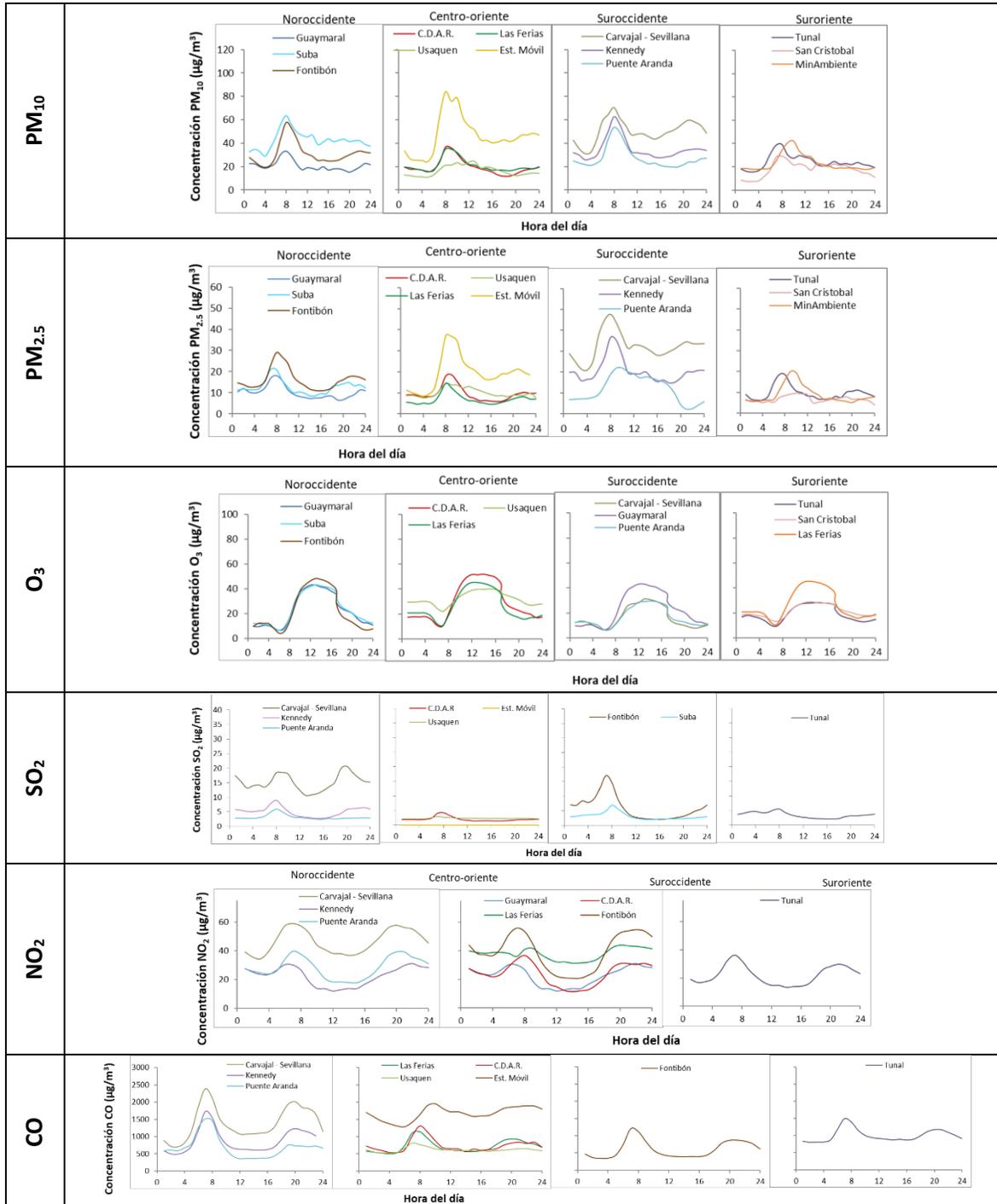
Tabla 12. Técnicas de medición automáticas de los equipos de la RMCAB, métodos equivalentes y de referencia EPA

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 tercer trimestre 2019 Julio - Septiembre



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 julio y el 30 de septiembre 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

Aprobó

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

FIN DEL INFORME