

Informe Mensual de Calidad Del Aire en Bogotá 2018

Diciembre

Estación Fontibón

Red de Monitoreo de Calidad del Aire de
Bogotá - RMCAB



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

BOGOTÁ
MEJOR
PARA TODOS

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

Diana Alexandra Ramirez Cardona
Coordinadora Técnica RMCAB

Daissy Lizeth Zambrano Bohórquez
Eaking Ballesteros Urrutia
Jhonathan Ramírez Gamboa
Grupo de Validación y Análisis de la RMCAB

Darío Alejandro Gómez Flechas
Henry Ospino Dávila
Luz Dary González González
Luis Hernando Monsalve Guiza
Grupo de Operación de la RMCAB

1 INTRODUCCIÓN

La Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá - RMCAB es propiedad de la Secretaría Distrital de Ambiente - SDA desde el año 1997, la cual realiza el monitoreo de los contaminantes PM₁₀, PM_{2.5}, O₃, SO₂, NO₂ y CO, y las variables meteorológicas precipitación, temperatura, presión atmosférica, radiación, solar, velocidad y dirección del viento. A continuación, se muestra el análisis de los datos registrados durante el mes de diciembre de 2018, teniendo en cuenta que se muestran los resultados que tuvieron una representatividad temporal mayor al 75% del tiempo. Cabe destacar que en este mes inició el funcionamiento y reporte de datos de las estaciones Fontibón y Móvil, desde los días 3 y 7 de diciembre respectivamente.

El Convenio 176 de 2010 bajo el cual funcionaba la estación móvil fue finalizado en junio de 2018, con lo cual la estación reportó datos hasta el 4 de julio, y se suspendió su monitoreo temporalmente hasta diciembre de 2018, mientras se finalizaba la gestión administrativa para el requerimiento de suministro eléctrico de la estación. Por ello, a partir de diciembre de 2018 los datos pueden ser visualizados en la página web de la RMCAB y son incluidos en los análisis de los informes periódicos.

En la siguiente tabla se muestran las estaciones activas para el mes de diciembre de 2018, las abreviaturas de las estaciones usadas en las tablas y gráficas, y los números con los que se identifican en los mapas.

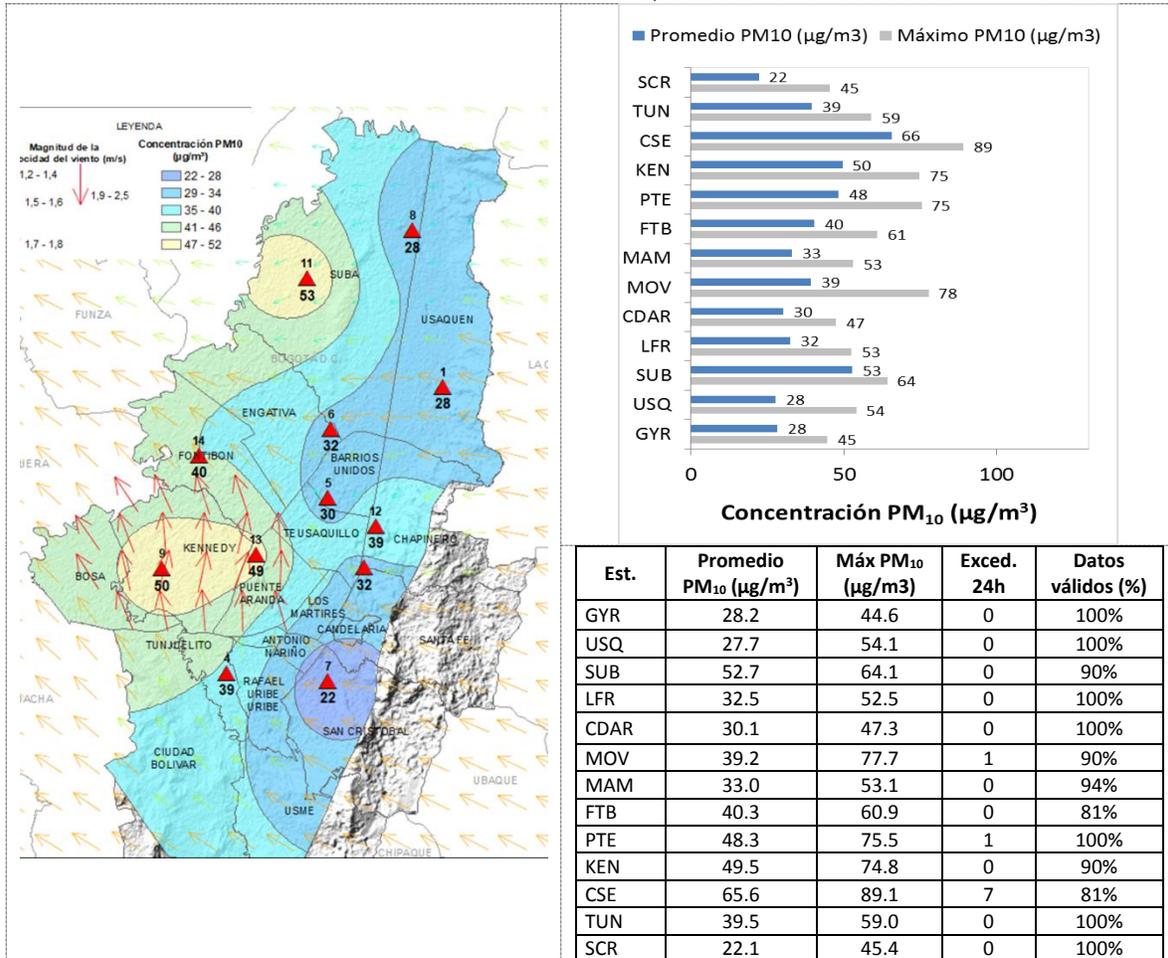
Estación	Guaymaral	Usaquén	Suba	Las Ferias	Centro de Alto Decidido	Estación Móvil	MinAmbiente	Fontibón	Puente Aranda	Kennedy	Carvajal-Sevillana	Tunal	San Cristóbal	Bolívia
Abreviatura	GYR	USQ	SUB	LFR	CDAR	MOV	MAM	FTB	PTE	KEN	CSE	TUN	SCR	BOL
No. Estación	8	1	11	6	5	12	2	14	13	9	3	4	7	10

2 COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE PM₁₀

La Tabla 1 muestra los datos obtenidos para material particulado PM₁₀ en el mes de diciembre de 2018, incluyendo las concentraciones promedio mensuales, concentraciones diarias máximas, número de excedencias a la norma diaria establecida por la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y porcentaje de datos válidos en el mes (de acuerdo al total de datos diarios registrados), además de la distribución espacial de las concentraciones.

Se observa que las mayores concentraciones como promedio mensual se presentaron en el suroccidente de la ciudad en las estaciones Carvajal - Sevillana (**65.6 µg/m³**) y Suba (**52.7 µg/m³**), mientras que las menores concentraciones se presentaron en la zona sur en la estación San Cristóbal (**22.1 µg/m³**) y en la zona norte en la estación Usaquén (**27.7 µg/m³**). La concentración máxima diaria para el mes fue de **89.1 µg/m³** en la estación Carvajal - Sevillana, seguida de **77.7 µg/m³** en la Estación Móvil ; dichos valores máximos sobrepasaron la norma nacional diaria (75 µg/m³).

Tabla 1. Resumen de datos de PM₁₀ para diciembre de 2018



La Figura 1 presenta las concentraciones diarias de PM₁₀ del mes comparadas con respecto al valor máximo establecido por la norma nacional. De acuerdo a la ubicación, se observa que las concentraciones más altas de PM₁₀ se presentaron en la zona suroccidental (Carvajal-Sevillana y Puente Aranda), principalmente en la primera semana del mes; las concentraciones más bajas se observan en la zona sur (San Cristóbal) y zona norte (Usaquén), en la última semana del mes. En el mes de diciembre de 2018 se presentaron nueve (9) excedencias de los promedios diarios de concentración con respecto a la norma nacional diaria de PM₁₀ según la Resolución 2254 de 2017 del MADS (75 µg/m³) en las estaciones Carvajal-Sevillana (7), Estación móvil (1) y Puente Aranda (1).

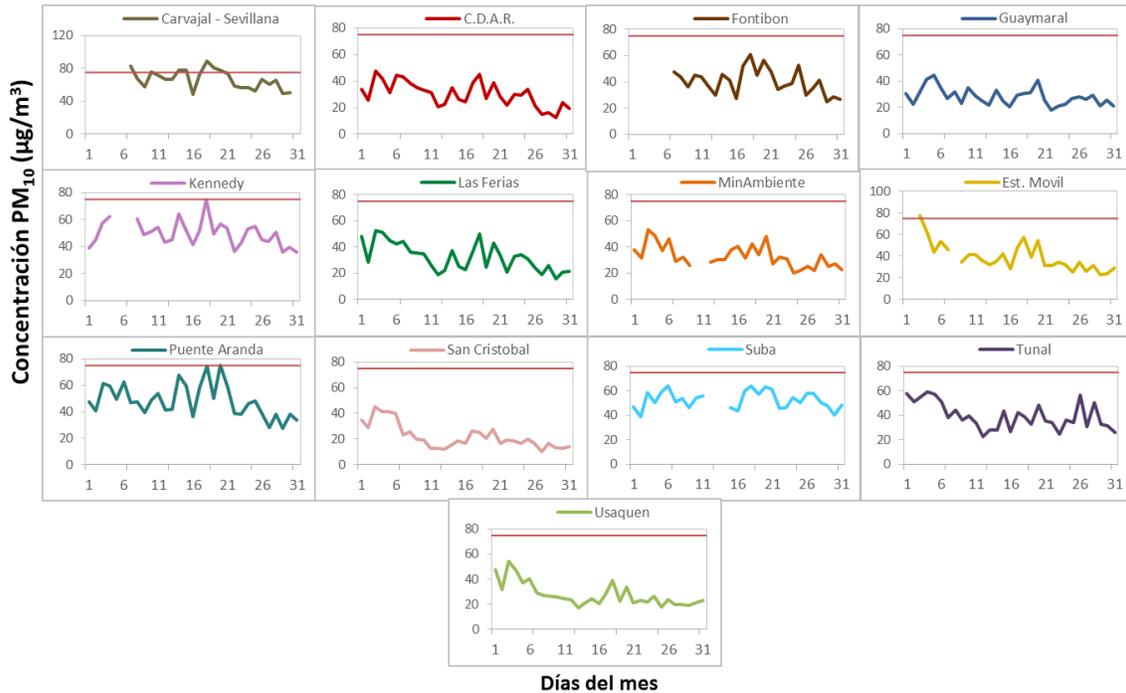


Figura 1. Comportamiento de las concentraciones diarias de PM₁₀ para diciembre de 2018

La Figura 2 presenta el comportamiento interanual de las concentraciones promedio mensual de PM₁₀ para el mes de diciembre en los últimos 3 años. Se observa que en la mayoría de las estaciones las concentraciones más altas se registraron en el año 2016, mientras que las más bajas fueron las registradas en el 2018. En las estaciones Tunal, Kennedy, Puente Aranda y Centro de Alto Rendimiento hay una tendencia a la reducción de las concentraciones con el tiempo. La estación Usaquén registró la mayor reducción en el 2018 con respecto al año anterior, con 17 µg/m³ de diferencia.

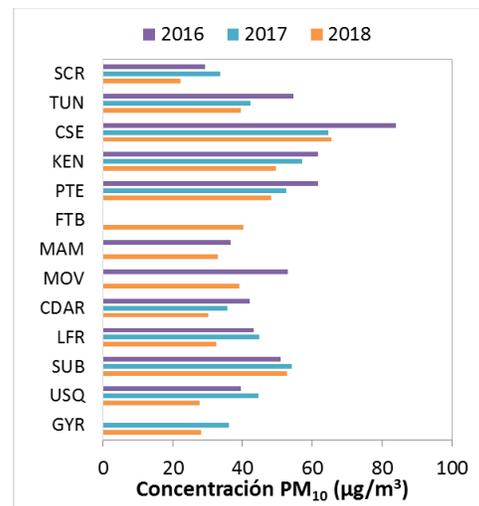


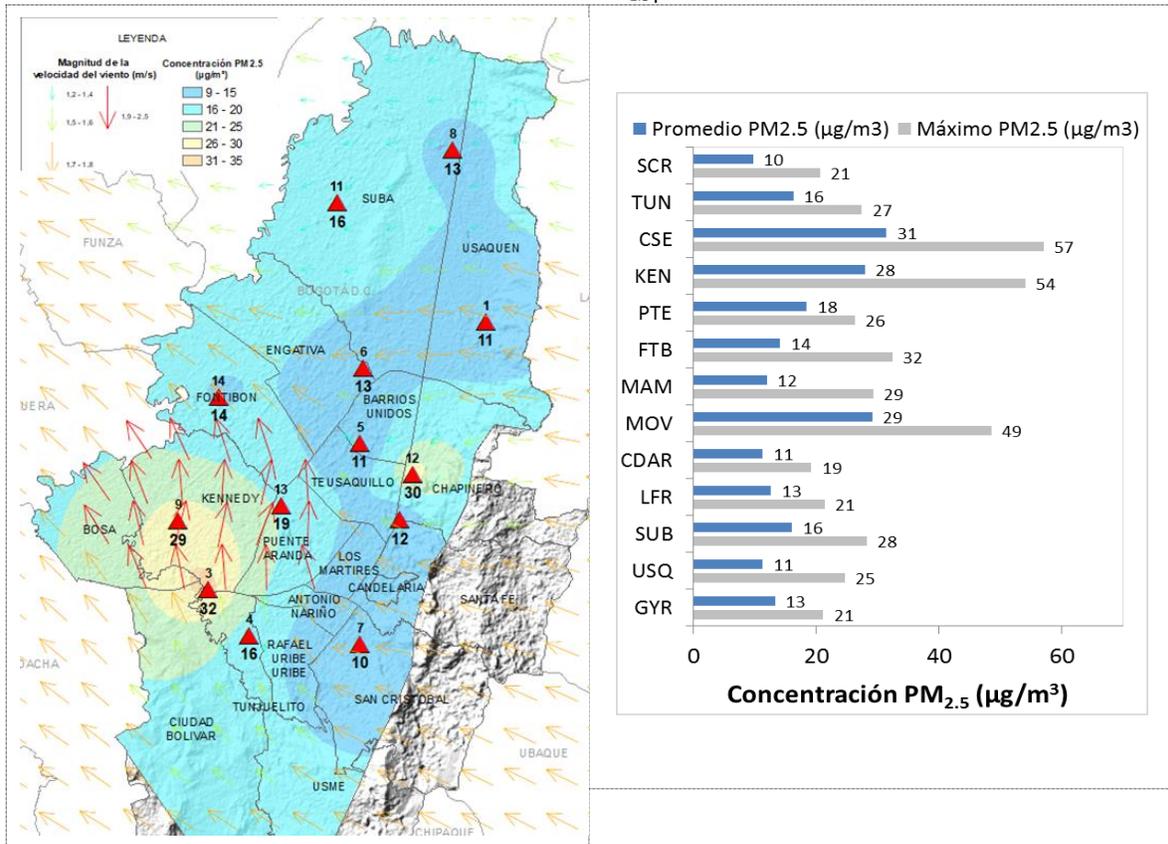
Figura 2. Comportamiento interanual de las concentraciones de PM₁₀ (2016-2017-2018) para los meses de diciembre

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

La Tabla 2 muestra los datos obtenidos para material particulado PM_{2.5} en el mes de diciembre de 2018, incluyendo las concentraciones promedio mensuales, concentraciones diarias máximas, número de excedencias a la norma diaria establecida por la Resolución 2254 de 2017 del MADS y el porcentaje de datos válidos en el mes (de acuerdo al total de datos diarios registrados), además de la distribución espacial de las concentraciones.

Se observa que las mayores concentraciones como promedio mensual se presentaron en la zona suroccidental de la ciudad en la estación Carvajal - Sevillana con **31.4 µg/m³** y en la zona centro-oriental la estación Estación Móvil con **29.1 µg/m³**; mientras que las menores concentraciones se presentaron en las estaciones San Cristóbal (**9.7 µg/m³**) y Usaqué (**11.2 µg/m³**). La concentración máxima diaria de PM_{2.5} para el mes fue de **57.1 µg/m³** en la estación Carvajal - Sevillana, seguida de **54.1 µg/m³** en Kennedy y de **48.5 µg/m³** en la Estación Móvil; las concentraciones máximas registradas en estas tres estaciones sobrepasaron la norma nacional diaria (37 µg/m³).

Tabla 2. Resumen de datos de PM_{2.5} para diciembre de 2018



Est.	Promedio PM _{2.5} (µg/m ³)	Máx. PM _{2.5} (µg/m ³)	Exced. 24h	Datos válidos (%)
GYR	13.3	21.1	0	97%
USQ	11.2	24.6	0	100%
SUB	16.0	28.2	0	100%
LFR	12.6	21.3	0	100%
CDAR	11.3	19.2	0	100%
MOV	29.1	48.5	5	87%
MAM	11.9	29.3	0	100%
FTB	14.1	32.4	0	81%
PTE	18.4	26.2	0	97%
KEN	28.0	54.1	2	97%
CSE	31.4	57.1	4	100%
TUN	16.3	27.4	0	100%
SCR	9.7	20.6	0	100%

La Figura 3 presenta las concentraciones diarias de PM_{2.5} comparadas respecto al nivel máximo permisible por la norma nacional. De acuerdo a la ubicación, se observa que las concentraciones más altas de PM_{2.5} se presentaron en la zona suroccidente (Carvajal-Sevillana y Kennedy) y centro-oriente (Estación móvil), en la primera mitad del mes; mientras que las concentraciones más bajas se registraron en la zona norte (Usaquén), en la última semana del mes, observando que también hay altas concentraciones en el área cercana a las vías que se encuentran dentro del área de influencia de la estación móvil. En diciembre de 2018 se presentaron once (11) excedencias al valor establecido por la norma nacional diaria de PM_{2.5} (37 µg/m³) en la estación Móvil (5), Carvajal-Sevillana (4) y Kennedy (2).

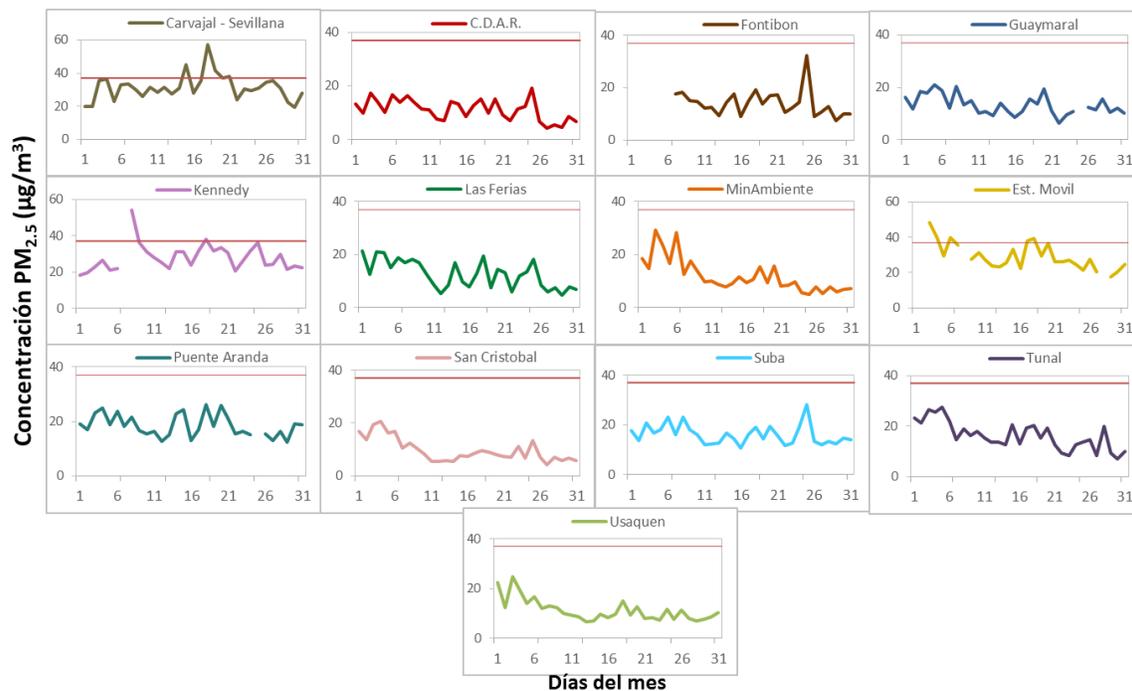


Figura 3. Comportamiento de las concentraciones diarias PM_{2.5} para diciembre de 2018

La Figura 4 presenta el comportamiento interanual de las concentraciones de PM_{2.5} para el mes de diciembre en los últimos 3 años. En las estaciones Kennedy, Puente Aranda, Las Ferias y Usaquén tienen tendencia a la reducción de las concentraciones en el tiempo. La mayor reducción respecto al año 2017 se registró en la estación San Cristóbal, con una disminución de 9 µg/m³.

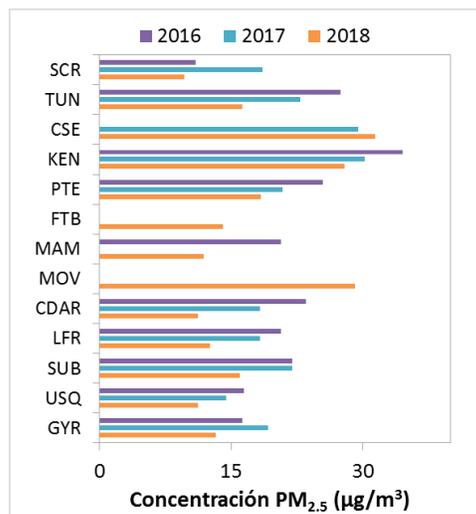


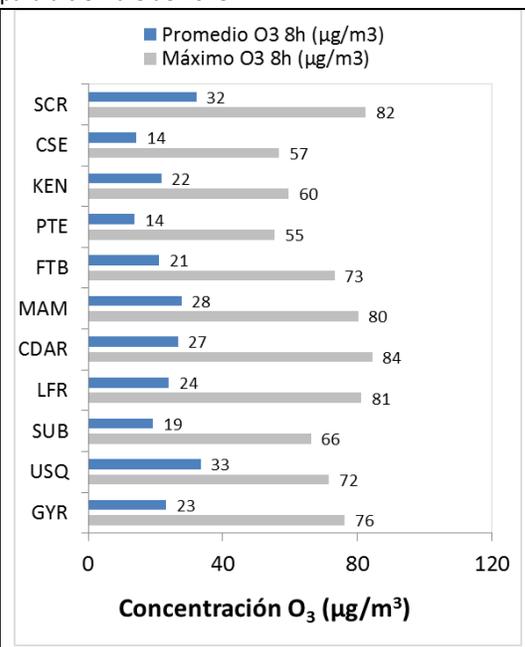
Figura 4. Comportamiento interanual de las concentraciones de PM_{2.5} (2016-2017-2018) para los meses de diciembre

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 mes de diciembre de 2018, incluyendo los promedios mensuales, concentraciones 8 horas máximas, número de excedencias a la norma 8 horas establecida por la Resolución 2254 de 2017 del MADS y porcentaje de datos válidos en el mes (de acuerdo al total de datos de media móvil 8 horas).

Tabla 3. Resumen de datos de O₃ para diciembre de 2018

Est.	Promedio O ₃ (µg/m ³)	Máx. O ₃ (µg/m ³)	Exc. 8h	Datos válidos (%)
GYR	23.179	76.248	0	100%
USQ	33.481	71.588	0	100%
SUB	19.338	66.242	0	100%
LFR	24.015	81.178	0	99%
CDAR	26.702	84.391	0	100%
MAM	27.704	80.270	0	100%
FTB	21.110	73.256	0	76%
PTE	13.833	55.451	0	100%
KEN	21.711	59.571	0	100%
CSE	14.303	56.775	0	100%
TUN*	34.384	92.655	0	38%
SCR	32.188	82.453	0	100%



Estación	Promedio O ₃ 8h (µg/m ³)	Máximo O ₃ 8h (µg/m ³)
SCR	32	82
CSE	14	57
KEN	22	60
PTE	14	55
FTB	21	73
MAM	28	80
CDAR	27	84
LFR	24	81
SUB	19	66
USQ	33	72
GYR	23	76

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

Se observa que las mayores concentraciones como promedio mensual 8 horas se presentaron en la estación Usaquén (**33.481 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**) y San Cristóbal (**32.188 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**); las menores concentraciones se presentaron en el suroccidente en la estación Puente Aranda (**13.833 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**) y Suba (**19.338 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**). En este mes se registra también un incremento de las concentraciones en el suroriente de la ciudad, aunque se registró una disminución en el área de influencia de Suba. La concentración máxima con base en promedios 8 horas fue de **84.391 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** en la estación Centro de Alto Rendimiento, seguida de **82.453 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** en la estación San Cristóbal; ninguna de las concentraciones máximas registradas en el mes sobrepasaron la norma nacional 8 horas (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

La Figura 5 presenta el comportamiento de la captura de datos durante el mes de diciembre y las concentraciones comparadas respecto a la norma nacional 8 horas. De acuerdo a las gráficas por estación, se observa que las concentraciones más altas de O_3 se presentaron al centro y norte de la ciudad, en las estaciones Centro de Alto Rendimiento y Guaymaral, en la primera semana del mes; mientras que las concentraciones más bajas se observaron en el suroccidente, en las estaciones Puente Aranda y Carvajal-Sevillana, en la última semana del mes, como fue usual en el resto del año. En diciembre de 2018, no se presentaron excedencias de los promedios 8 horas de concentración con respecto a la norma nacional 8 horas de O_3 según la Resolución 2254 de 2017 del MADS (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

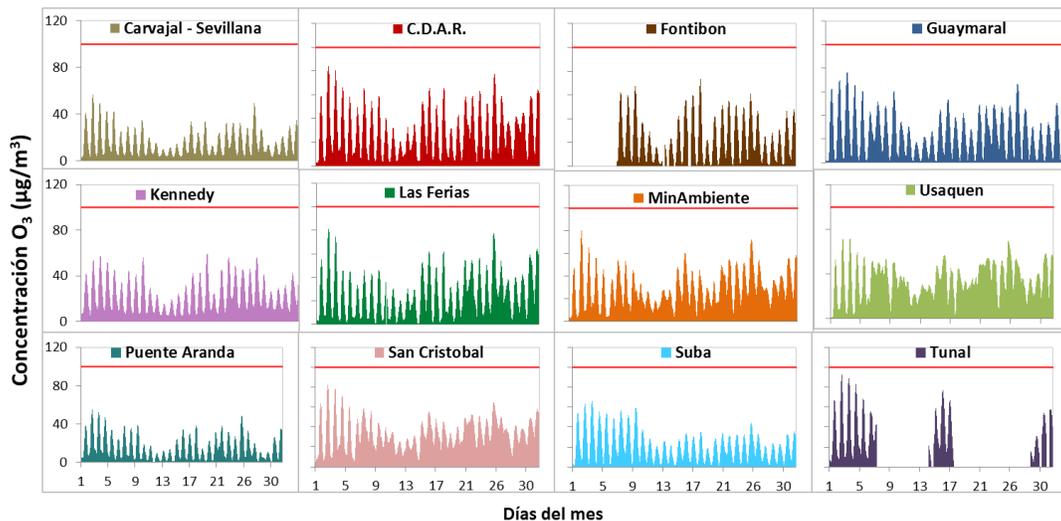


Figura 5. Comportamiento de las concentraciones 8h de O_3 para diciembre 2018 y comparación con norma nacional.

La Figura 6 muestra el comportamiento interanual de las concentraciones de O₃ del mes de diciembre en los últimos 3 años. Para los años 2016, 2017 y 2018, se observa que hubo un aumento notable en las concentraciones de ozono registradas en el año 2018 respecto a los anteriores, siendo el aumento más notable el registrado en la estación Usaquén con un incremento de 9 µg/m³ respecto al año anterior. Por otro lado, se registraron reducciones de concentración en las estaciones Carvajal-Sevillana, Guaymaral y Suba, siendo esta última estación la de la disminución más notable, ya que históricamente tenía una tendencia a registrar los valores más altos de ozono en la ciudad.

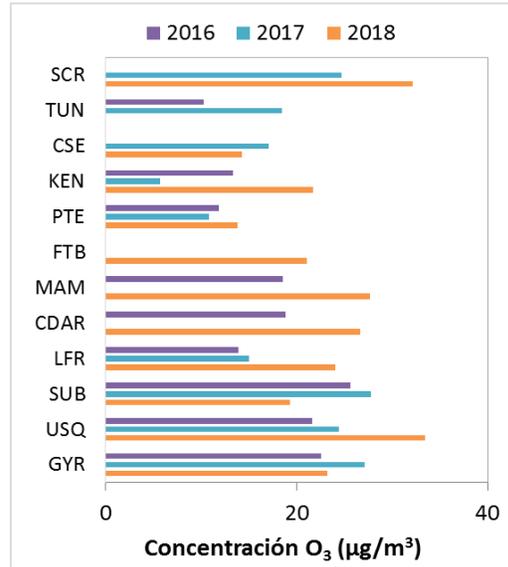
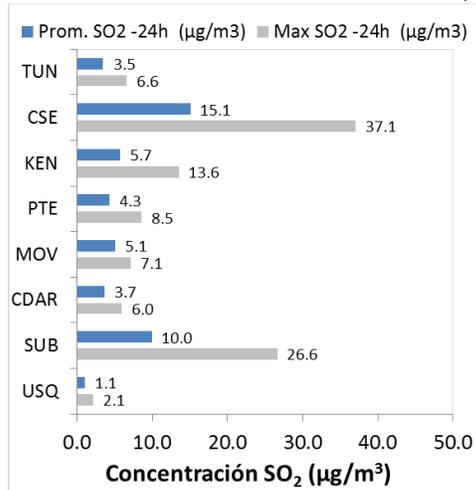


Figura 6. Comportamiento interanual de las concentraciones de O₃ (2016-2017-2018) para los meses de diciembre

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

La Tabla 4, Tabla 5, y la Tabla 6 presentan las concentraciones promedio mensuales y máximas de dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂) y monóxido de carbono (CO), correspondientes al mes de diciembre de 2018. Igualmente se presenta el resumen de datos válidos y las excedencias, donde se observa que las concentraciones de SO₂, NO₂ y CO, presentaron magnitudes relativamente bajas durante el mes de diciembre de 2018, e históricamente las concentraciones se han mantenido por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la Resolución 2254 de 2017 del MADS en sus respectivos tiempos de exposición. Adicionalmente, los efectos potenciales de estos contaminantes en la afectación a la salud pública son menores que aquellos correspondientes a material particulado y ozono.

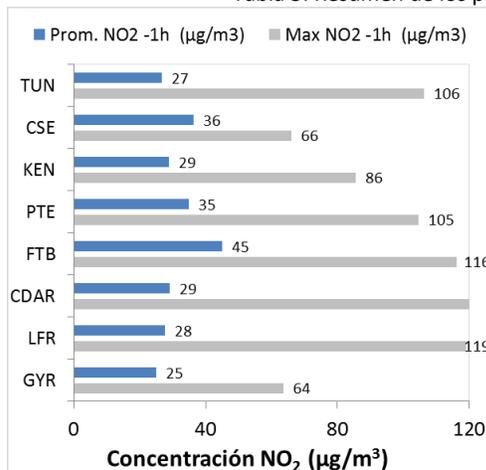
Tabla 4. Resumen de los promedios 24 horas para SO₂. diciembre 2018.



Est.	Promedio SO ₂ (µg/m ³)	Máx. SO ₂ (µg/m ³)	Exced. 24h	Exced. 1h	Datos válidos (%)
USQ	1.1	2.1	0	0	94%
SUB	10.0	26.6	0	0	100%
CDAR	3.7	6.0	0	0	100%
MOV	5.1	7.1	0	0	97%
FTB*	22.8	27.4	0	0	16%
PTE	4.3	8.5	0	0	100%
KEN	5.7	13.6	0	0	100%
CSE	15.1	37.1	0	0	100%
TUN	3.5	6.6	0	0	100%

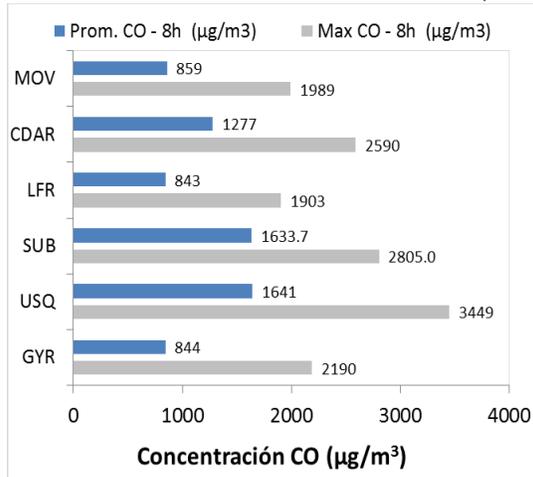
*Las concentraciones en estas estaciones son indicativas dado que la representatividad de los datos es menor al 75%

Tabla 5. Resumen de los promedios horarios para NO₂. diciembre 2018.



Est.	Promedio. NO ₂ (µg/m ³)	Máx. NO ₂ (µg/m ³)	Exced. 1h	Datos válidos (%)
GYR	25.1	63.7	0	84%
LFR	27.6	119.2	0	95%
CDAR	29.1	125.2	0	92%
FTB	45.0	116.3	0	80%
PTE	35.0	104.7	0	77%
KEN	29.0	85.6	0	100%
CSE	36.5	66.0	0	99%
TUN	26.8	106.4	0	99%

Tabla 6. Resumen de los promedios 8 horas para CO. diciembre 2018.



Est.	Prom. CO (µg/m³)	Máx. CO (µg/m³)	Exced. 8h	Exced. 1h	Datos válidos (%)
USQ*	595.3	1660.1	0	0	69%
LFR	844.0	2189.6	0	0	100%
CDAR	1640.6	3449.0	0	0	100%
FTB*	493.5	2805.0	0	0	61%
MOV	1633.7	2805.0	0	0	97%
PTE*	858.3	2533.1	0	0	69%
KEN	842.9	1903.4	0	0	100%
CSE	1277.3	2590.3	0	0	100%
TUN	858.8	1989.3	0	0	100%

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

5.1 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.

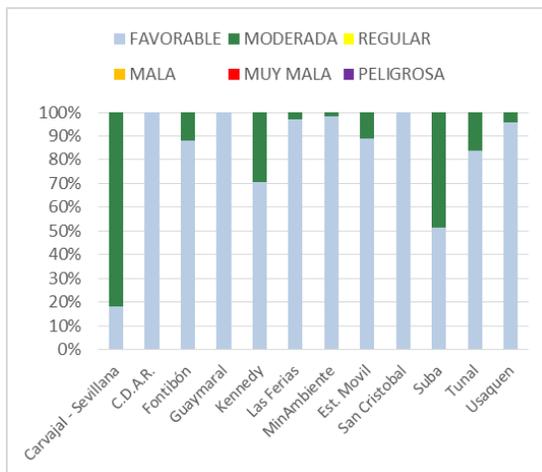


Figura 7. IBOCA para PM₁₀ por estación en diciembre 2018

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 la mayoría de las estaciones. La estación Carvajal-Sevillana presenta la condición de calidad del aire "moderada" en mayor proporción, durante un 82% del mes, mientras que las estaciones Centro de Alto Rendimiento, Guaymaral y San Cristóbal presentaron la mejor condición de calidad del aire, con un 100% del tiempo en el estado "favorable".

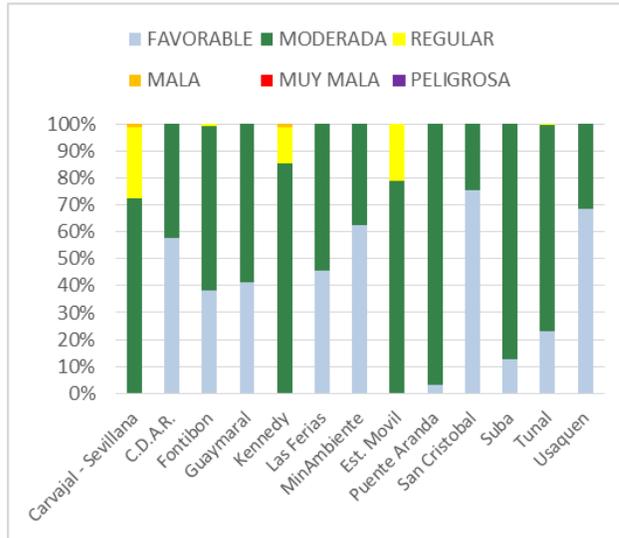


Figura 8. IBOCA para PM_{2.5} por estación en diciembre 2018

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 mes de diciembre predominan las categorías “mala”, “regular” y “moderada” en las estaciones Carvajal-Sevillana y Kennedy. La estación Carvajal-Sevillana presentó el estado de calidad del aire más desfavorable, con una condición “moderada” durante el 72% del mes, “regular” el 26% y “mala” el 1% del mes, mientras que la estación San Cristóbal presenta el mejor estado de la calidad del aire con una condición “favorable” el 75% del mes.

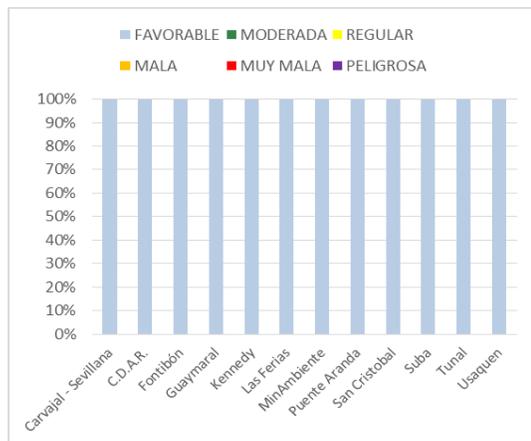


Figura 9. IBOCA para O₃ por estación en diciembre 2018

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 mes de diciembre.

6 COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN

Como era de esperarse en el mes de diciembre, debido a la influencia de El Niño, las precipitaciones presentaron una disminución considerable, al punto de que la mayoría de las estaciones registraron valores por debajo de los 3 mm, salvo en la estación móvil de la RMCAB, donde el acumulado del mes de diciembre fue cercano a los escasos 14 mm de lluvia hacia el sector de Centro de Alto Rendimiento, como se puede observar en la Figura 10 y Tabla 7.

Así mismo, el número de días con lluvia deja entrever cuán seco fue este mes. De hecho, al parecer la cantidad de lluvia caída durante los días en los cuales se registraron eventos de lluvia, fueron cantidades muy bajas en virtud de que los acumulados son escasos con respecto al número de días registrados.

Es de anotar que la humedad del aire puede facilitar la aglomeración de partículas y precipitación de las mismas cuando las condiciones son propicias, sin embargo, la posibilidad de contribución a la disminución de los contaminantes presentes en la atmósfera local para este mes, se hizo menor en la medida de que se redujeron las lluvias esperadas.

Las estaciones de Bolivia y Fontibón registraron valores inferiores al 75% de representatividad temporal.

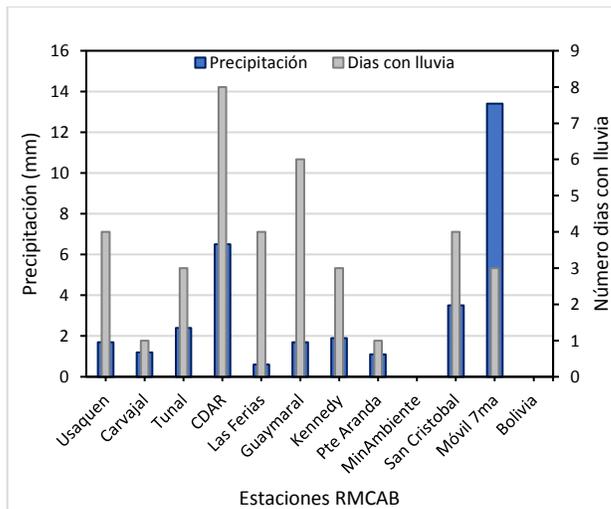


Figura 10 Precipitación media mensual por estaciones y número de días con precipitación (diciembre-2018).

Tabla 7 Precipitación acumulada media mensual por estaciones y número de días con lluvia (diciembre - 2018)

Estación	Precipitación acumulada (mm/mes)	Días con lluvia
Usaquén	2	4
Carvajal-Sevillana	1,2	1
Tunal	2,4	3
CDAR	6,5	8
Las Ferias	0,6	4
Guaymaral	1,7	6
Kennedy	1,9	3
Suba	0,9	1
Puente Aranda	1,1	1
MinAmbiente	0	0
San Cristóbal	3,5	4
Est. Movil	13,4	3
Bolivia	N.A	N.A
Fontibón	N.A	N.A

7 COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LA TEMPERATURA

En lo que respecta a la temperatura superficial de la ciudad, tomando en consideración la influencia de El Niño, con cielos parcialmente cubiertos y despejados durante el día, era de esperarse que se presentasen altos valores de temperatura del aire durante el día los cuales se ven reflejados en los valores máximos medios absolutos, los cuales estuvieron cercanos a los 25 °C. Así mismo, la ausencia de nubes o cielos despejados en horas nocturnas fueron propicios para que se presentaran bajas temperaturas debido a la pérdida de calor del suelo y el enfriamiento del aire superficial. En el sector de Guaymaral, por ejemplo, se registró una temperatura mínima absoluta por debajo de los 5 °C. Ver Figura 12.

En cuanto a la distribución espacial de la temperatura superficial, gran parte del territorio distrital registró valores por encima de los 15 °C lo que en términos de dispersión atmosférica es favorable, toda vez que las fuerzas convectivas favorecen el ascenso de contaminantes, así como la mezcla mecánica por el incremento en las velocidades del viento asociados a los flujos de calor. Sin embargo, producto de esta pérdida de calor en el suelo ciudadano, y pese a la reducción del parque

automotor por la temporada decembrina, en horas de la madrugada se presentaron algunos eventos de contaminación producto de las inversiones térmicas que son proclives a suceder con cielos nocturnos despejados. El sector sur oriente, como es normal, registró las temperaturas más bajas, las cuales variaron en promedio entre los 13.1 y 14,1 °C.

Las estaciones que no reportan datos obedecen a la falta de representatividad temporal (menor al 75%).

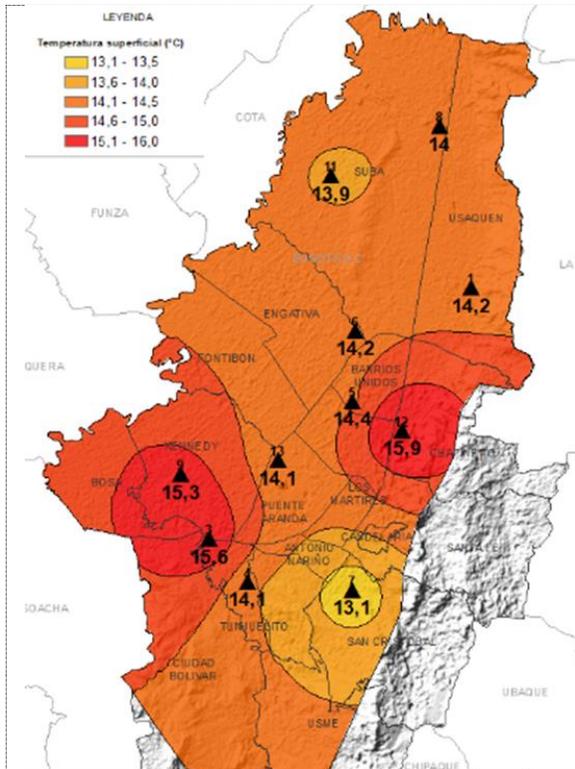


Figura 11. Mapa del promedio de temperatura superficial de las estaciones de la RMCAB con base en el método de interpolación de Kriging - diciembre 2018

Las estaciones que no reportan datos obedecen a la falta de representatividad temporal (menor al 75%).

Tabla 8. Resumen Temperaturas medias, máximas y mínima absolutas por estaciones y promedio ciudad. diciembre 2018

Estación	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura a media (°C)
Usaquén	6,7	22,7	14,2
Carvajal	8,9	23,7	15,6
Tunal	5,3	25,8	14,1
CDAR	4,9	24,9	14,4
Las Ferias	7,7	22,2	14,2
Guaymaral	3,6	23,2	14
Kennedy	9	23,4	15,3
Suba	5,6	25,1	13,9
Puente Aranda	8	20,8	14,1
San Cristóbal	6,3	21,5	13,1
Móvil 7ma	9,4	25,3	15,9
Fontibón	8,4*	22,4*	14,8*
Promedio	6,6	23,6	14,4

* Valor indicativo. Representatividad temporal menor al 75%

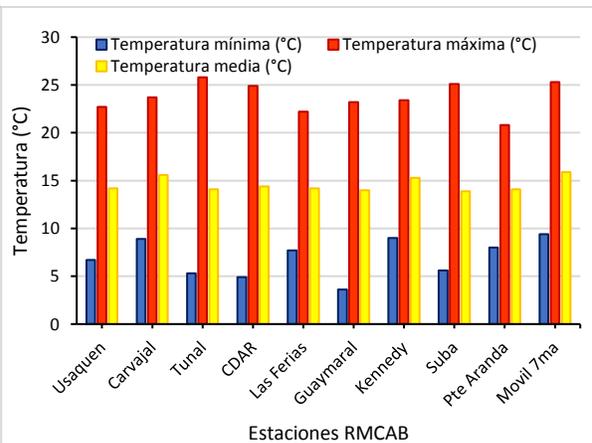


Figura 12. Temperaturas medias, máximas y mínimas absolutas por estaciones. diciembre 2018

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

Durante el mes de diciembre un predominio de vientos relativamente fuertes los cuales pueden ser explicados de una parte, por la influencia de los alisios del noreste los cuales tienen mayor predominio para la época y por otra, debido a la cantidad de energía entrante por radiación solar, la cual se traduce en vientos más fuertes a nivel local, debido a los procesos convectivos. Como quiera que la concentración de contaminantes es inversamente proporcional a la velocidad del viento, probablemente la ciudad se vio favorecida en su proceso de remoción de contaminantes a través de la mezcla y el transporte turbulento en horas del mediodía. Por ejemplo, las velocidades máximas registradas hacia el sector de Puente Aranda y Usaquén fueron superiores a 5,7 m/s, con predominio de vientos del este del sur y del oeste, aunque estos últimos no son favorables para el proceso de remoción de contaminantes de la ciudad.

Un aspecto favorable de la reducción de las precipitaciones fue el incremento de las velocidades del viento, las cuales en parte se pueden atribuir al mayor incremento de radiación solar que normalmente se traduce en mayores velocidades del viento, como se observa en la Figura 14 y Tabla 9.

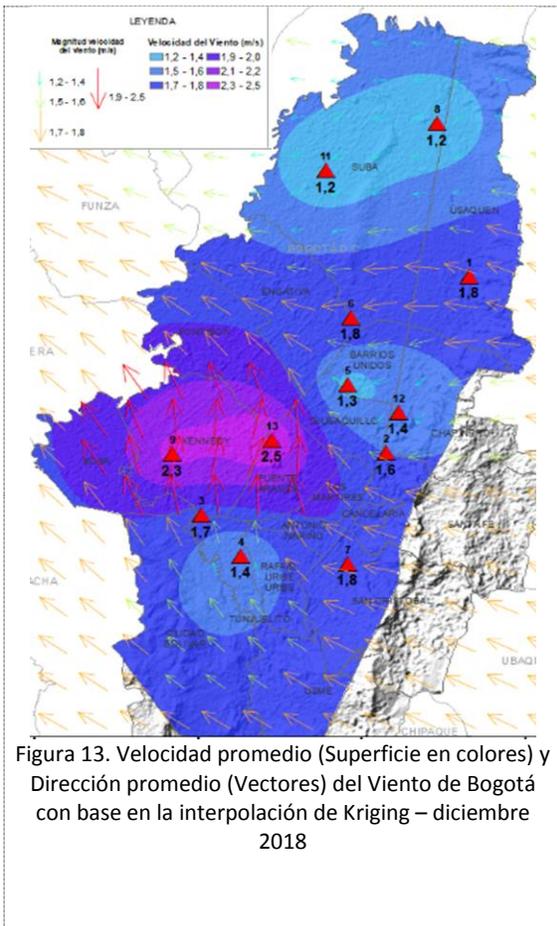
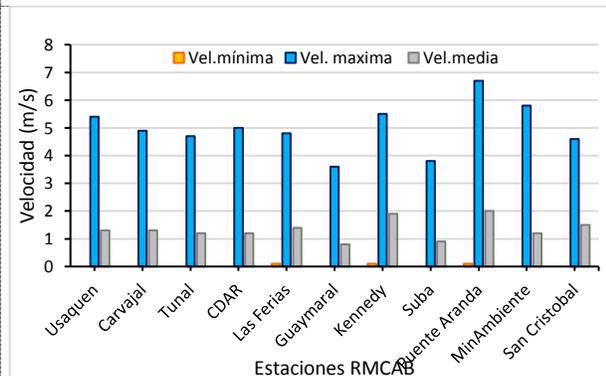


Tabla 9. Velocidades reportadas para diciembre de 2018

Estación	Vel. mínima	Vel. máxima	Vel. media
Usaquén	0	6,4	1,8
Carvajal	0	5	1,7
Tunal	0,1	4,5	1,4
CDAR	0	5,1	1,3
Las Ferias	0,1	4,6	1,8
Guaymaral	0	4,8	1,2
Kennedy	0,1	5,5	2,3
Suba	0,1	4,6	1,2
Puente Aranda	0,1	7,2	2,5
MinAmbiente	0,1	6,7	1,6
San Cristóbal	0	5,9	1,8
Móvil 7ma	0	4,8	1,4
Bolivia	N.A	N.A	N.A
Fontibón	N.A	N.A	N.A
Promedio Ciudad	0,1	5,4	1,7



Estimación de la Altura de la Capa Límite

Las condiciones micrometeorológicas predominantes para el mes de diciembre, son descritas con la estimación del perfil promedio horario de la altura de mezcla tomando los registros de nuestras estaciones de alta precisión, es decir, Guaymaral y Tunal. El método utilizado para la estimación de la altura media mensual de la capa de mezcla, se basa en el reparto energético, de acuerdo con las recomendaciones del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de Calidad de Aire, sugerido por el Ministerio de Ambiente y Vivienda Territorial.

Para su estimación, se tomó en cuenta el promedio horario mensual del viento, la temperatura superficial, la radiación solar global y nubosidad más frecuente. En cuanto a la nubosidad, se hizo uso del Informe Meteorológico Aeronáutico de Rutina - METAR (en inglés: Meteorological Aerodrome Report) , preparado por el IDEAM.

Con lo anterior se estimaron los flujos turbulentos debido a las fuerzas mecánicas y las fuerzas convectivas; finalmente la estimación de las categorías de estabilidad predominantes durante el mes de diciembre, como se observa en la Figura 15 y Figura 16 y se resume en la Tabla 10 y la Tabla 11.

Como se puede observar en la Figura 15, el perfil promedio horario mensual de la altura de la capa de mezcla, hacia el norte de la ciudad, representado por la estación de Guaymaral, permite deducir que en las horas de la madrugada y las horas de la noche la altura de la capa de mezcla no superó los 200 m; del mismo modo, en horas diurnas las mayores alturas se registraron alrededor de entre las 4 a 5 pm, valores que rondaron alrededor de los 1800 evidenciando un incremento de las fuerzas convectivas con respecto al mes anterior, favoreciendo de esta manera la dispersión de contaminantes durante las horas diurnas del mes de diciembre.

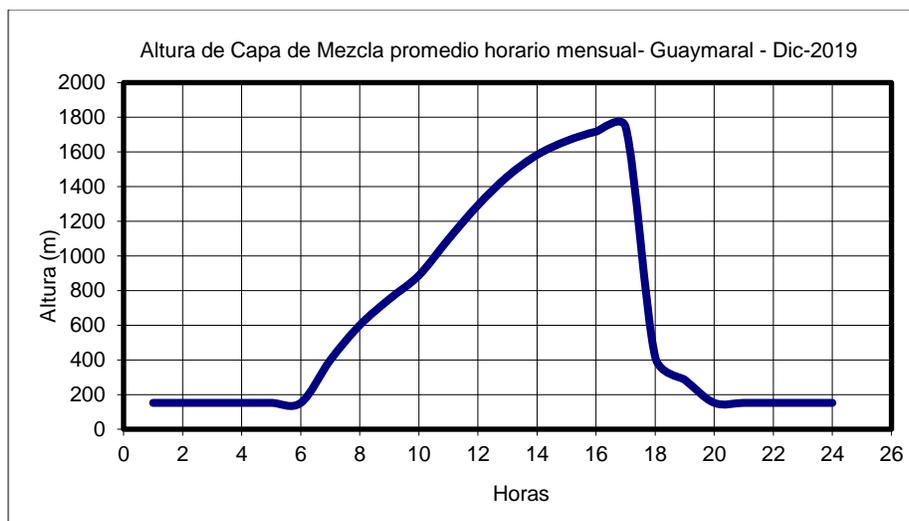


Figura 15. Estimación del perfil promedio horario mensual de la altura de la capa de mezcla sector de Guaymaral

Respecto del comportamiento medio horario mensual de estabilidad de la atmósfera hacia el norte de la ciudad, es notable que en horas de la madrugada y la noche, hubo predominio de la categoría F, la cual se caracteriza las bajas temperaturas y velocidades del viento debido a la reducción de las cantidades de energía. Por otra parte, conforme ingresan los primeros rayos del sol, el estado dinámico-viscoso de la atmósfera cambia, favoreciendo su evolución de estable o muy estable (E y F) a inestable (A, B y C), pasando por neutra (D). Ver Tabla 10.

Tabla 10. Estimación de la altura de la capa de mezcla de la ciudad de Bogotá. Estación Guaymaral - diciembre de 2018

Hora Local	Vel Viento	T	R _g	R _n	z _o	z _m	u _o	N	H _o	Q*	LN (z _m /z _o)	C _{DN}	u _o ²	C	u*	h _{mec}	h _{conv}	H _z	Estabilidad
hr	m/s	°C	W/m ²	W/m ²	m	m	m/s								m/s	m	m	m	
1	0,6	9,5	0,0	-61,4	1	6	-	3	-3,2	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,114	152	152	152	F
2	0,6	8,9	0,0	-61,7	1	6	-	3	-3,2	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,114	152	152	152	F
3	0,5	8,5	0,0	-61,9	1	6	-	3	-3,2	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,114	152	152	152	F
4	0,5	8,2	0,0	-62,0	1	6	-	3	-3,2	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,114	152	152	152	F
5	0,5	7,9	0,0	-62,2	1	6	-	3	-3,2	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,114	152	152	152	F
6	0,6	7,8	0,0	-48,8	1	6	-	5	-3,2	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,114	152	152	152	F
7	0,6	8,7	55,6	9,4	1	6	0,23	8	15,2	0,01	1,8			-	0,300	399	226	399	D
8	1,0	12,6	234,3	126,4	1	6	0,24	7	65,8	0,01	1,8			-	0,452	601	418	601	C
9	1,3	16,2	461,0	276,3	1	6	0,31	6	130,8	0,02	1,8			-	0,565	751	650	751	B
10	1,5	18,2	672,5	414,8	1	6	0,34	5	191,2	0,03	1,8			-	0,645	858	888	888	A
11	1,6	19,3	754,4	471,5	1	6	0,36	5	215,8	0,04	1,8			-	0,670	891	1096	1096	A
12	1,9	20,1	859,4	536,9	1	6	0,43	4	244,3	0,06	1,8			-	0,689	917	1293	1293	A
13	2,2	20,8	833,9	520,4	1	6	0,50	4	236,7	0,10	1,8			-	0,705	938	1459	1459	A
14	2,3	21,1	686,2	427,1	1	6	0,52	5	195,4	0,11	1,8			-	0,691	919	1583	1583	B
15	2,5	20,4	477,4	291,5	1	6	0,58	6	135,7	0,16	1,8			-	0,710	944	1663	1663	B
16	2,3	19,8	341,4	198,5	1	6	0,52	6	94,9	0,11	1,8			-	0,628	835	1717	1717	B
17	2,2	18,4	182,0	89,0	1	6	0,51	6	47,1	0,11	1,8			-	0,596	793	1743	1743	C
18	1,6	16,2	13,1	-41,1	1	6	-	4	-5,0	-	1,8	0,23	0,06	0,56	0,314	417	-	417	D
19	1,2	14,4	0,0	-44,7	1	6	-	5	-3,9	-	1,8	0,23	0,06	0,28	0,215	285	285	285	F
20	1,0	13,3	0,0	-45,5	1	6	-	5	-3,2	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,114	152	152	152	F
21	0,9	12,5	0,0	-46,1	1	6	-	5	-3,2	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,114	152	152	152	F
22	0,7	11,7	0,0	-46,7	1	6	-	5	-3,2	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,114	152	152	152	F
23	0,6	10,9	0,0	-47,1	1	6	-	5	-3,2	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,114	152	152	152	F
24	0,5	10,2	0,0	-47,6	1	6	-	5	-3,2	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,114	152	152	152	F

En lo que respecta a las condiciones micrometeorológicas del sur de la ciudad, representadas por la estación El Tunal, los cálculos arrojan que en las madrugadas la altura de la capa de mezcla, al igual que en el norte, fue inferior a los 200 m, pero en horas nocturnas logró superar los 200 m. Entretanto, en horas diurnas alturas de la capa de mezcla, en promedio superó los 1600 m entre las 4 a 5 de la tarde, ligeramente más baja que en el norte de la ciudad. Ver Figura 16.

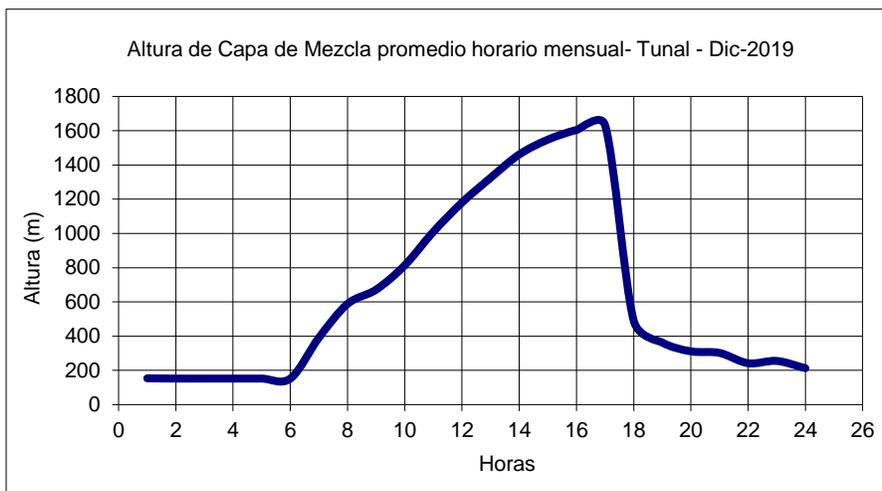


Figura 16. Estimación del perfil promedio horario mensual de la altura de la capa de mezcla sector de Tunal

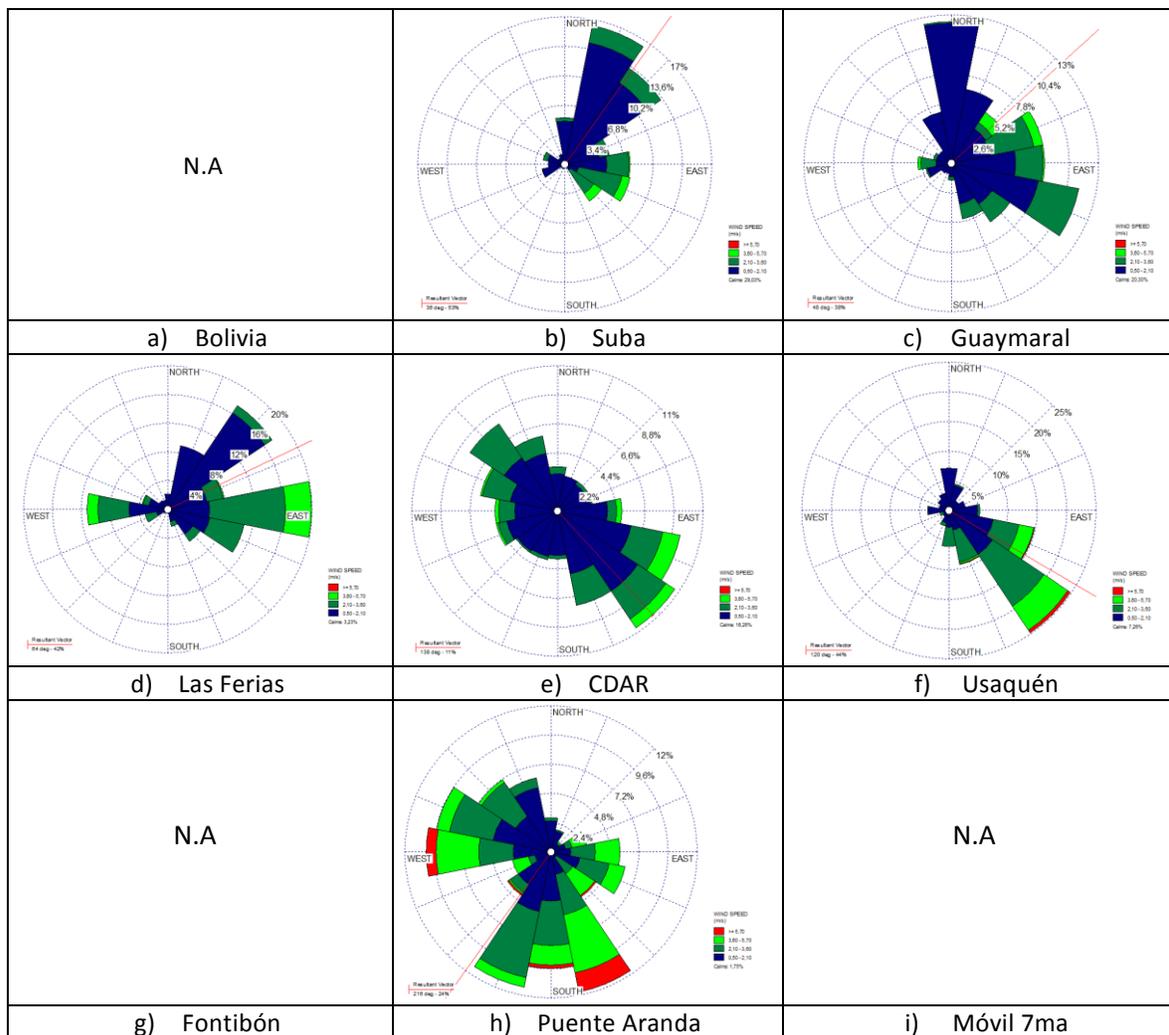
De manera semejante a lo ocurrido al norte de la ciudad, en horas de la madrugada predominó la atmósfera estable; mientras que, en horas diurnas las categorías de estabilidad variaron entre condiciones neutrales a inestables como es normal que ocurra conforme incide la radiación del sol.

Tabla 11. Estimación de la altura de la capa de mezcla de la ciudad de Bogotá. Estación Tunal - diciembre de 2018

Hora Local	Vel Viento	T	R _g	R _n	z _o	z _m	u _o	N	H _o	Q*	LN (z _m /z _o)	C _{DN}	u _o ²	C	u*	h _{mec}	h _{conv}	H _z	Estab
hr	m/s	°C	W/m ²	W/m ²	m	m	m/s								m/s	m	m	m	
1	1,0	10,3	0,0	-40,8	1	6	-	4	-6,9	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,116	154	154	154	F
2	0,9	9,8	0,0	-41,1	1	6	-	5	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,114	152	152	152	F
3	0,8	9,4	0,0	-41,3	1	6	-	5	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,114	152	152	152	F
4	0,8	9,1	0,0	-41,5	1	6	-	5	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,114	152	152	152	F
5	0,8	9,0	0,0	-41,5	1	6	-	5	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,114	152	152	152	F
6	0,8	8,9	0,0	-41,6	1	6	-	5	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,114	152	152	152	F
7	0,9	9,3	49,0	5,3	1	8	0,23	8	13,2	0,14	1,8	-	-	-	0,294	391	218	391	D
8	1,1	12,8	227,2	121,6	1	7	0,25	7	63,7	0,18	1,8	-	-	-	0,442	588	409	588	C
9	1,3	15,6	334,7	196,7	1	7	0,29	7	95,9	0,30	1,8	-	-	-	0,505	672	590	672	B
10	1,4	17,5	573,0	353,4	1	6	0,33	7	164,4	0,44	1,8	-	-	-	0,609	810	814	814	A
11	1,7	18,8	646,1	404,3	1	6	0,39	7	186,3	0,71	1,8	-	-	-	0,630	838	1009	1009	A
12	1,9	19,8	673,3	423,7	1	6	0,43	7	194,5	1,00	1,8	-	-	-	0,648	861	1180	1180	A
13	2,2	20,3	652,5	410,1	1	6	0,49	7	188,2	1,47	1,8	-	-	-	0,671	893	1325	1325	B
14	2,4	20,6	691,5	430,2	1	5	0,55	7	196,9	2,02	1,8	-	-	-	0,714	949	1461	1461	B
15	2,6	20,4	476,2	290,6	1	6	0,59	7	135,4	2,49	1,8	-	-	-	0,715	951	1548	1548	B
16	2,4	19,5	332,7	192,3	1	6	0,55	7	92,3	2,02	1,8	-	-	-	0,658	875	1604	1604	B
17	2,0	18,7	194,4	91,0	1	5	0,45	7	47,8	1,11	1,8	-	-	-	0,537	714	1632	1632	C
18	1,8	16,7	0,0	-42,9	1	5	-	6	-22,0	-	1,8	0,23	0,06	0,66	0,369	491	491	491	F
19	1,4	14,0	0,0	-45,0	1	5	-	5	-16,2	-	1,8	0,23	0,06	0,46	0,273	363	363	363	F
20	1,3	12,8	0,0	-45,9	1	5	-	5	-13,9	-	1,8	0,23	0,06	0,34	0,234	311	311	311	F
21	1,3	12,0	0,0	-46,5	1	5	-	5	-13,5	-	1,8	0,23	0,06	0,32	0,227	302	302	302	F
22	1,1	11,4	0,0	-46,9	1	5	-	5	-10,8	-	1,8	0,23	0,06	0,16	0,182	242	242	242	F
23	1,2	10,9	0,0	-47,2	1	5	-	5	-11,4	-	1,8	0,23	0,06	0,19	0,192	255	255	255	F
24	1,1	10,5	0,0	-47,4	1	5	-	5	-9,5	-	1,8	0,23	0,06	0,08	0,160	213	213	213	F

Adicionalmente, las rosas de viento, dan cuenta del comportamiento promedio mensual de los vientos; no solo representando las diferentes magnitudes y sus direcciones, sino, las frecuencias con la que ocurrieron durante el mes de diciembre. Además, se describe la resultante promedio de todos los vientos durante este mes, por cada estación, como resultado de cálculo vectorial de sus direcciones.

De estas rosas se destacan las altas velocidades y frecuencia de las velocidades del viento en los sectores de Puente Aranda, Usaquén y MinAmbiente, donde se registraron considerables magnitudes del viento, poco frecuentes para esta fecha del año. (Figura 17)



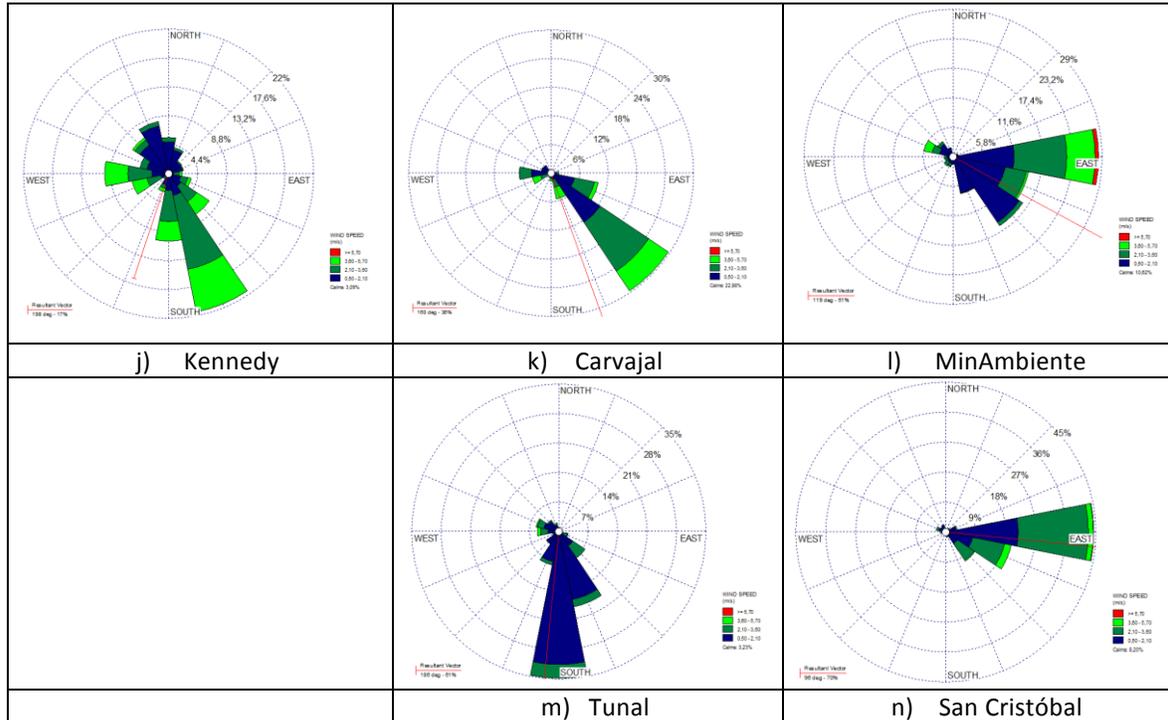


Figura 17. Rosas de viento – diciembre de 2018.

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

Dadas las condiciones atípicas del mes de diciembre, debidas a la influencia del fenómeno del pacifico, en el mes de diciembre ingresaron altas cantidades de radiación solar, sobre todo al norte y al sur de la ciudad, equiparables con los periodos más secos de la ciudad, es decir, enero y febrero. Sin embargo, aunque eran de esperarse altas concentraciones de ozono, al parecer la reducción del transporte vehicular redundó en una disminución de la concentración de este gas contaminante. Como se puede apreciar en la Figura 18 a) y d), las concentraciones de ozono troposférico, en promedio no superaron los $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, pese a las considerables cantidades de radiación solar entrantes, que en las horas de mayor incidencia pudieron haber incrementado las concentraciones de ozono.

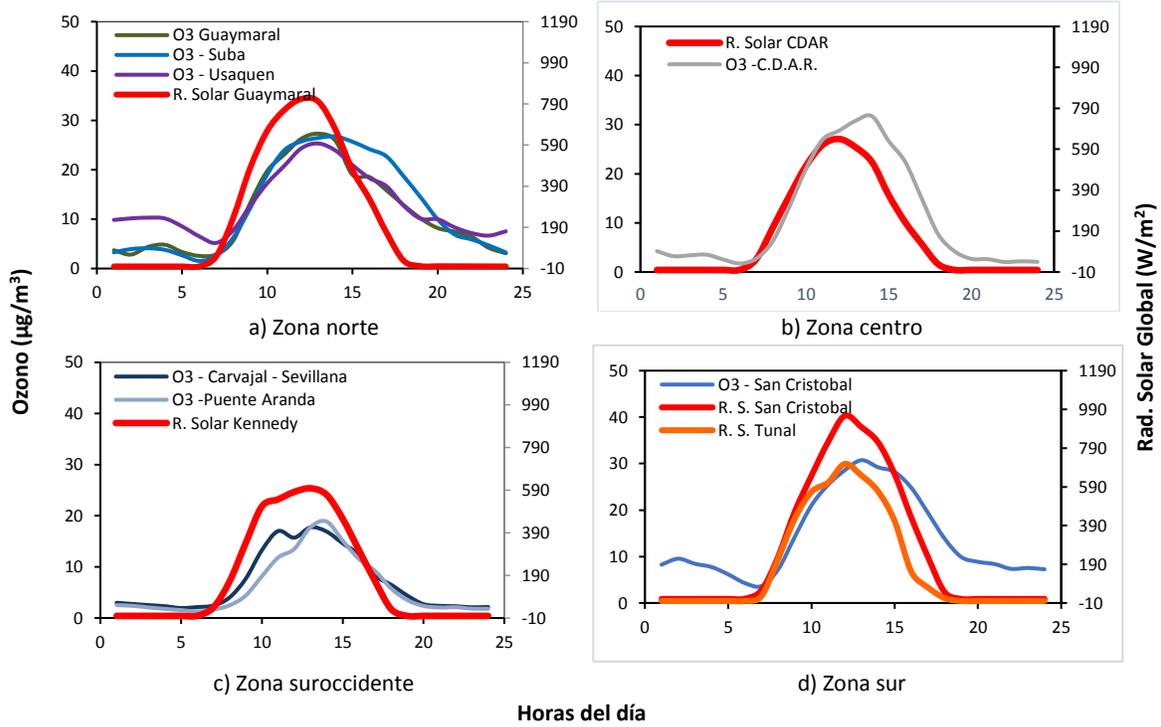


Figura 18. Comportamiento horario de O₃ (µg/m³) y su relación con la Radiación Solar entrante (W/m²), diciembre 2018.
a) zona norte, b) zona centro, c) zona suroccidente y d) zona sur

ANEXOS

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

Tabla 12. Estaciones de monitoreo y variables monitoreadas de la RMCAB

Característica		Guaymaral (Escuela de Ingeniería)	Usaquén (Bosque)	Suba (Corpas)	Bolivia	Las Ferias (Carrefour Calle 80)	C. de Alto Rendimiento (Parque Simón Bolívar / IDR)	Min. Ambiente (Sagrado Corazón)	Puente Aranda	Kennedy	Carvajal- Sevillana	Tunal	San Cristóbal
Ubicación	Sigla	GYR	USQ	SUB	BOL	LFR	CDAR	MAM	PTE	KEN	CSE	TUN	SCR
	Código	110308	10301	110311	100210	100306	120305	170302	160313	80309	60303	30304	40307
	Latitud	4°47'1.52"N	4°42'37.26"N	4°45'40.49"N	4°44'9.12"N	4°41'26.52"N	4°39'30.48"N	4°37'31.75"N	4°37'54.36"N	4°37'30.18"N	4°35'44.22"N	4°34'34.41"N	4°34'21.19"N
	Longitud	74°2'39.06"W	74°1'49.50"W	74°5'36.46"W	74°7'33.18"W	74°4'56.94"W	74°5'2.28"W	74°4'1.13"W	74°7'2.94"W	74°9'40.80"W	74°8'54.90"W	74°7'51.44"W	74°5'1.73"W
	Altitud	2580 m	2570 m	2571 m	2574 m	2552 m	2577 m	2621 m	2590 m	2580 m	2563 m	2589 m	2688 m
	Altura del suelo	0 m	10 m	6 m	0 m	0 m	0 m	15 m	10 m	3 m	3 m	0 m	0 m
	Localidad	Suba	Usaquén	Suba	Engativá	Engativá	Barrios Unidos	Santa Fe	Puente Aranda	Kennedy	Kennedy	Tunjuelito	San Cristóbal
	Dirección	Autopista Norte # 205-59	Carrera 7B Bis # 132-11	Carrera 111 # 159A-61	Avenida Calle 80 # 121-98	Avenida Calle 80 # 69Q-50	Calle 63 # 59A-06	Calle 37 # 8-40	Calle 10 # 65-28	Carrera 80 # 40-55 sur	Autopista Sur # 63-40	Carrera 24 # 49-86 sur	Carrera 2 Este # 12-78 sur
	Tipo de zona	Suburbana	Urbana	Suburbana	Suburbana	Urbana	Urbana	Urbana	Urbana	Urbana	Urbana	Urbana	Urbana
	Tipo de estación	De fondo	De fondo	De fondo	De fondo	De tráfico	De fondo	De tráfico	Industrial	De fondo	Tráfico Industrial	De fondo	De fondo
	Localización toma muestra	Zona Verde	Azotea	Azotea	Zona Verde	Zona Verde	Zona Verde	Azotea	Azotea	Zona Verde	Azotea	Zona Verde	Zona Verde
	Altura punto de muestra	4.8 m	16.45m	11.4 m	4.6 m	4.02m	4.05m	24.67 m	18.7 m	7.71 m	4.2 m	3.62	4.88 m
Altura del sensor de viento	10 m	19 m	10 m	10 m	10 m	10 m	19 m	20 m	10 m	13 m	10 m	10 m	
Contaminantes	PM ₁₀	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
	O ₃	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
	NO ₂	X				X	X		X	X	X	X	
	CO		X			X	X		X	X	X	X	
	SO ₂			X		X	X		X	X	X	X	
Var. Meteorológicas	V. Viento	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
	Temperatura	X	X	X		X	X		X	X	X	X	X
	Precipitación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	R. Solar	X					X			X		X	X
	H. Relativa	X				X	X			X		X	X
Presión Atm.	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 “Evaluación, control y seguimiento”, dentro del cual se encuentra comprendido el monitoreo de la calidad del aire de la ciudad, el cual 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 2018¹. Los métodos de referencia se encuentran establecidos en el Título 40 del CFR (*Code of Federal Regulations*), los cuales están aprobados por la *Environmental Protection Agency* (EPA) de Estados Unidos. Para cada contaminante se encuentra definido un método de referencia específico, de acuerdo con el método equivalente por el cual funciona cada monitor, lo cual se encuentra establecido en los apéndices de la Parte 50 del Título 40 del CFR². (Tabla 13)

Tabla 13. 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
O ₃	Espectrofotometría de Absorción en el Ultravioleta	EQQA-0992-087	D
NO ₂	Quimioluminiscencia	RFNA-1289-074	F
CO	Espectrofotometría de Absorción en el Infrarrojo	RFCA-0992-088	C
SO ₂	Fluorescencia Pulsante en el Ultravioleta	EQSA-0495-100	A-1

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

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

NOTA

El análisis realizado en el presente informe mensual corresponde a los datos recolectados por la Red de Monitoreo de Calidad el Aire de Bogotá – RMCAB durante el período comprendido entre el 1 y el 31 de Diciembre de 2018, 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 anuales de la RMCAB establecido en el procedimiento interno 126PM04-PR84 Generación y Control de Informes de la RMCAB (v. 4.0). Adicionalmente para la validación de los datos se tiene en cuenta lo definido en el procedimiento interno 126PM04-PR87 - Validación de datos de la RMCAB (v. 2.0).

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

126PM04-PR04 (v. 9.0)	Operación de la Red de Monitoreo y Calidad del Aire de Bogotá
126PM04-PR101 (v. 5.0)	Monitoreo y revisión rutinaria de la operación del analizador de PM ₁₀ y PM _{2.5}
126PM04-PR102 (v. 4.0)	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
Jhonathan Ramírez Gamboa– PROFESIONAL RMCAB
Daissy Lizeth Zambrano Bohórquez– PROFESIONAL RMCAB

Revisó:

Diana Alexandra Ramírez Cardona - COORDINADORA RMCAB
Fabián Ricardo Guevara Gómez– COORDINADOR SATAB
Leonardo Quiñones Cantor – PROFESIONAL ESPECIALIZADO SATAB

Autorizó:

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

FIN DEL INFORME