

Octubre 2019

Informe mensual de Calidad Del Aire en Bogotá



Estación Carvajal-Sevillana

**Red de Monitoreo de Calidad del
Aire de Bogotá - RMCAB**

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
Profesional Especializado de la RMCAB

Luis Álvaro Hernández González
Coordinador Técnico de la RMCAB

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

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

1 INTRODUCCIÓN

La Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá - RMCAB es propiedad de la Secretaría Distrital de Ambiente - SDA desde el año 1997, la cual realiza el monitoreo de los contaminantes PM₁₀, PM_{2.5}, O₃, SO₂, NO₂ y CO, y las variables meteorológicas precipitación, temperatura, presión atmosférica, radiación, solar, velocidad y dirección del viento. A continuación, se presenta el análisis de los datos registrados durante el mes de octubre de 2019, teniendo en cuenta que se muestran los resultados que tuvieron una representatividad temporal mayor al 75% del tiempo.

En la siguiente tabla se muestran las estaciones activas para el mes de octubre de 2019, las abreviaturas de las estaciones usadas en las tablas y gráficas, y los números con los que se identifican en los mapas.

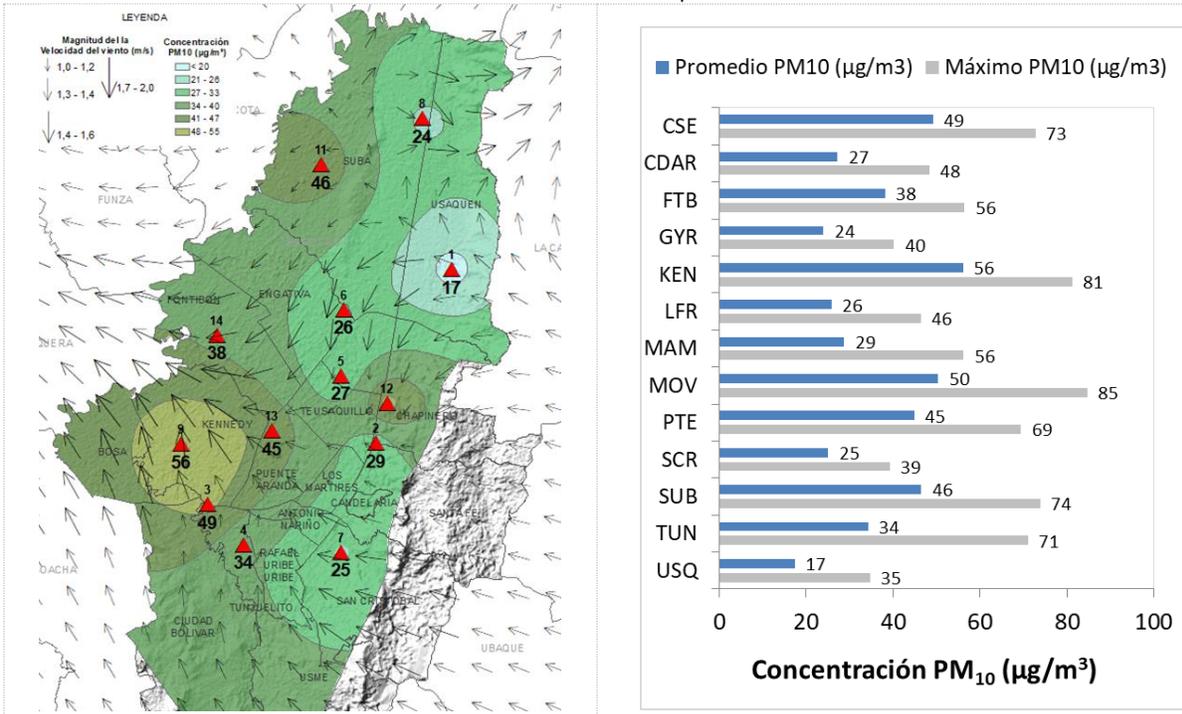
Estación	Guaymaral	Usaquén	Suba	Las Ferias	Centro de Alto Rendimiento	MinAmbiente	Móvil 7ma	Fontibón	Puente Aranda	Kennedy	Carvajal-Sevillana	Tunal	San Cristóbal	Bolivia
Abrev.	GYR	USQ	SUB	LFR	CDAR	MAM	MOV	FTB	PTE	KEN	CSE	TUN	SCR	BOL
No. Estación	8	1	11	6	5	2	12	14	13	9	3	4	7	10

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 octubre de 2019, incluyendo las concentraciones promedio mensuales, concentraciones diarias máximas, número de excedencias a la norma diaria establecida por la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y porcentaje de datos válidos en el mes (de acuerdo al total de datos diarios registrados), además de la distribución espacial de las concentraciones.

En este mes, las concentraciones promedio mensual más altas se presentaron en la zona suroccidente de la ciudad en la estación Kennedy (**56.1 µg/m³**) y en la zona centro en la Estación Móvil (**50.3 µg/m³**), mientras que las menores concentraciones se registraron en la zona norte de la ciudad, en la estación Usaquén (**17.3 µg/m³**) y Guaymaral (**24.0 µg/m³**). En este mes se registraron algunos aumentos respecto a las concentraciones registradas el mes anterior, principalmente en el área de influencia de la estación Kennedy, debido a vientos del sur que dispersaron las concentraciones hacia esta zona. Las concentraciones máximas diarias más altas para el mes corresponden a **84.7 µg/m³** en la Estación Móvil, y **81.2 µg/m³** en Kennedy; las concentraciones diarias máximas registradas en estas estaciones sobrepasaron el nivel máximo definido por la norma nacional diaria (75 µg/m³).

Tabla 1. Resumen de datos de PM₁₀ para octubre de 2019



Estación	CSE	CDAR	FTB	GYR	KEN	LFR	MAM	MOV	PTE	SCR	SUB	TUN	USQ
Prom. PM₁₀ (µg/m³)	49.2	27.2	38.2	24.0	56.1	25.8	28.7	50.3	44.9	25.0	46.5	34.3	17.3
Máx. PM₁₀ (µg/m³)	72.7	48.3	56.5	40.2	81.2	46.4	56.2	84.7	69.4	39.3	73.9	71.0	34.6
Exc. 24h	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0
Datos válidos (%)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	94%	97%	94%	100%	100%	87%	100%

La Figura 1 presenta las concentraciones diarias de PM₁₀ del mes comparadas con el valor máximo establecido por la norma nacional. De acuerdo a la ubicación, se observa que las concentraciones más altas de PM₁₀ se presentaron en el suroccidente de la ciudad (Carvajal-Sevillana y Kennedy) y centro-oriente (Estación Móvil 7ma), principalmente en los últimos días del mes. Las concentraciones diarias más bajas se observaron en la zona suroriental (San Cristóbal), en la primera semana del mes. Se evidencia que durante el mes hubo bastantes variaciones en las concentraciones, registrando descensos notables durante los fines de semana, y concentraciones altas los días jueves.

En este periodo se registraron cuatro (4) 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 Kennedy (2), Móvil 7ma (2).

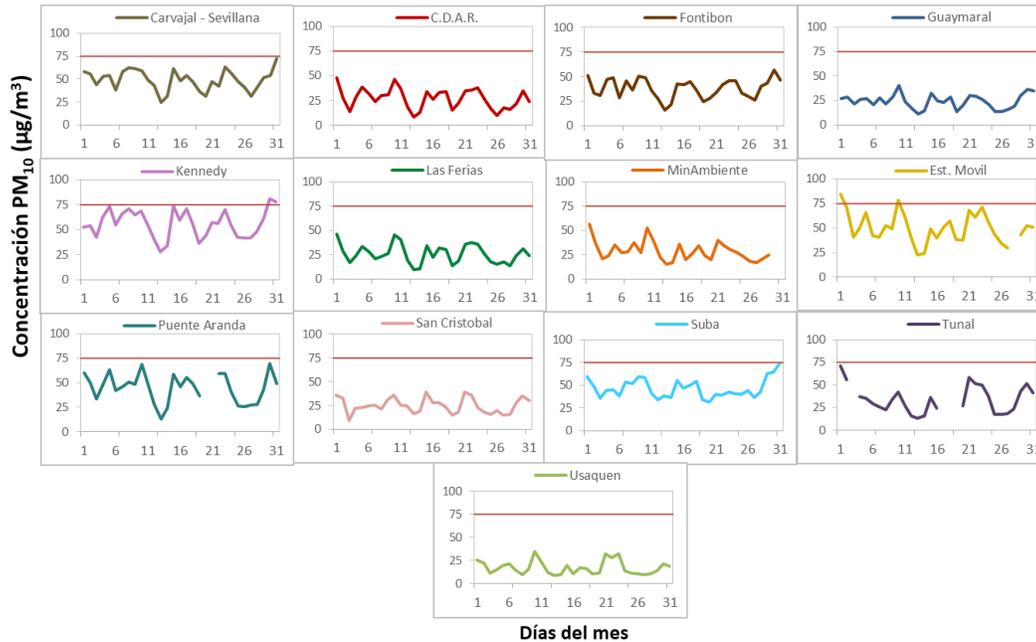


Figura 1. Comportamiento de las concentraciones diarias de PM₁₀ para octubre de 2019

La Figura 2 presenta el comportamiento interanual de las concentraciones promedio mensual de PM₁₀ para el mes de octubre en los últimos 4 años. Se observa que la mayoría de las estaciones en el mes de octubre de 2019 registran concentraciones menores a las de años anteriores, a excepción de la estación Kennedy que registró un aumento de 11 µg/m³ respecto al año anterior. Las estaciones Carvajal-Sevillana y Kennedy tienden a presentar los valores más altos de la ciudad en los últimos años, aunque también se destacan algunos registros en Suba y la Estación Móvil.

La mayor disminución de concentración se registró en Carvajal-Sevillana, con 25 µg/m³ menos que los registrados en el año 2018.

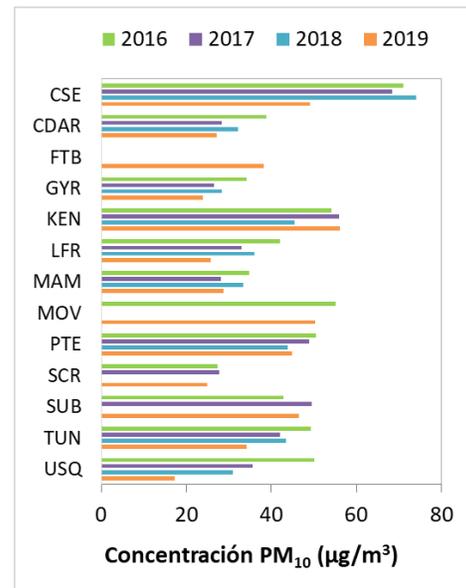


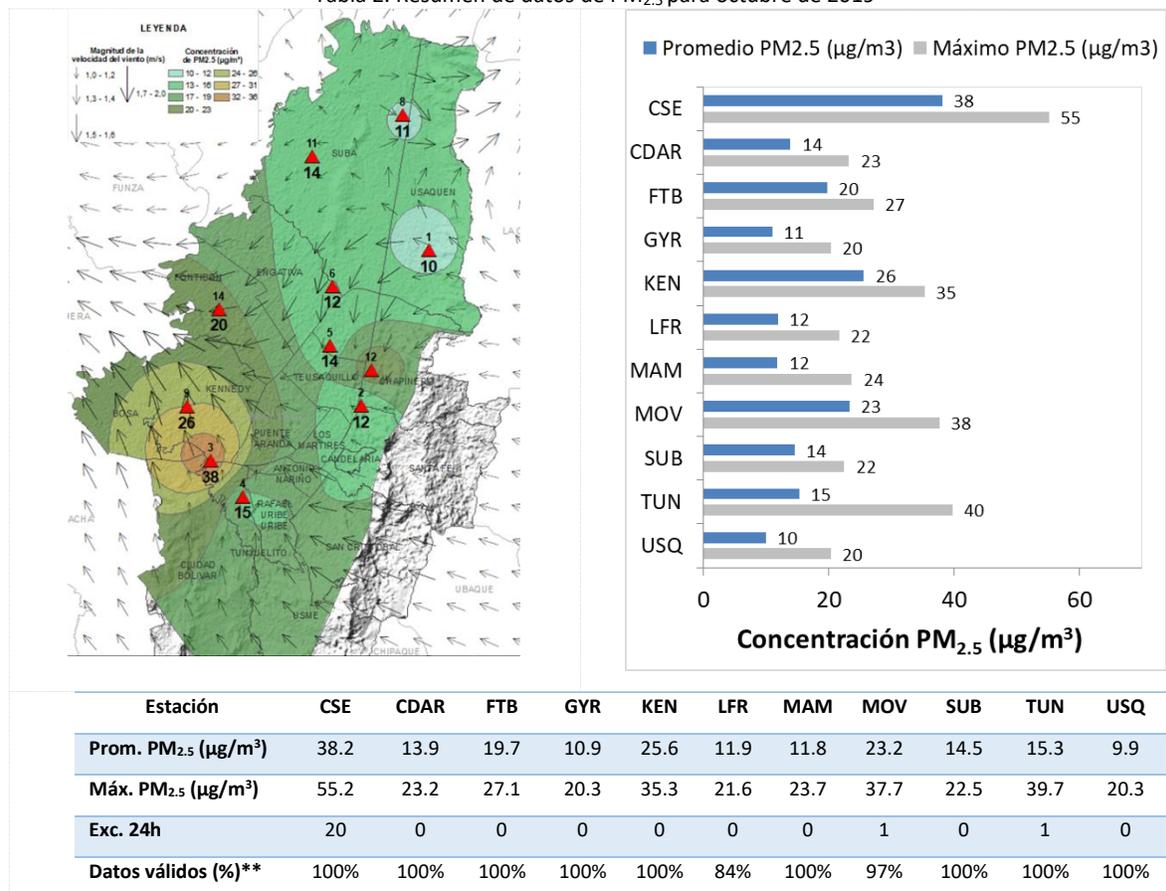
Figura 2. Comportamiento interanual de las concentraciones de PM₁₀ (2016-2017-2018-2019) para los meses de octubre

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 octubre de 2019, incluyendo las concentraciones promedio mensuales, concentraciones diarias máximas, número de excedencias a la norma diaria establecida por la Resolución 2254 de 2017 del MADS y el porcentaje de datos válidos en el mes (de acuerdo al total de datos diarios registrados), además de la distribución espacial de las concentraciones.

Se evidencia que las concentraciones promedio mensuales más altas se presentaron en la zona suroccidental de la ciudad en las estaciones Carvajal - Sevillana con **38.2 µg/m³** y Kennedy con **25.6 µg/m³**; mientras que las menores concentraciones se registraron en el norte de la ciudad en Usaquén con **9.9 µg/m³** y Guaymaral con **10.9 µg/m³**. La concentración máxima diaria de PM_{2.5} más alta en el mes fue de **55.2 µg/m³** en la estación Carvajal - Sevillana, seguida de **39.7 µg/m³** en la estación Tunal; dichas concentraciones máximas excedieron la norma nacional diaria (37 µg/m³).

Tabla 2. Resumen de datos de PM_{2.5} para octubre de 2019



**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.

La Figura 3 presenta las concentraciones diarias de $PM_{2.5}$ comparadas con el nivel máximo permisible establecido por la norma nacional. De acuerdo con la ubicación, se observa que las concentraciones más altas de $PM_{2.5}$ se presentaron en la zona suroccidente (Carvajal-Sevillana y Kennedy), con un pico de concentración la tercera semana del mes; mientras que las concentraciones más bajas se registraron en la zona norte (Suba y Usaquén), la primera semana del mes. En octubre de 2019 se presentaron veintidós (22) excedencias al valor establecido por la norma nacional diaria de $PM_{2.5}$ ($37 \mu g/m^3$), en la estación Carvajal-Sevillana (20), Móvil (1) y Tunal (1).

En este mes se registraron más excedencias en la zona de influencia de la estación Carvajal-Sevillana que en el mes anterior, aunque en la zona de Kennedy disminuyeron las excedencias, posiblemente por influencia del viento que predominó en dirección suroccidental y contribuyó al transporte de contaminantes hacia dicha zona.

Por otro lado, en las estaciones Las Ferias, Centro de Alto Rendimiento, MinAmbiente y Tunal 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, teniendo en cuenta 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.

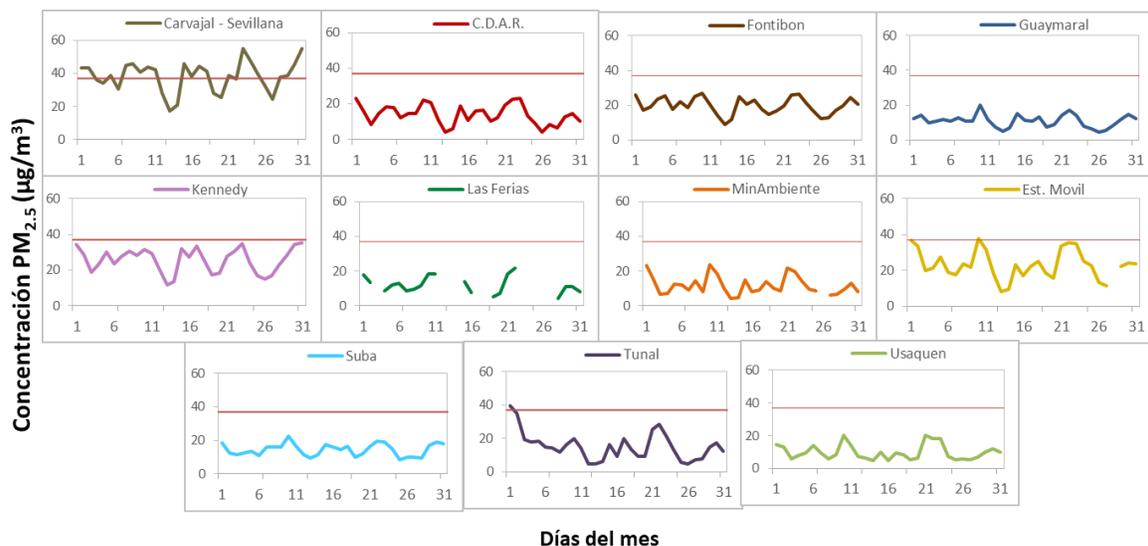


Figura 3. Comportamiento de las concentraciones diarias $PM_{2.5}$ para octubre de 2019

Para el mes de octubre los monitores de $PM_{2.5}$ de las estaciones Puente Aranda y San Cristóbal aún siguen sin reportar datos debido a las anomalías registradas del comportamiento temporal de los datos y por los valores negativos registrados, por lo cual no se incluyeron registros de dichas estaciones desde el mes de septiembre en los informes periódicos.

La Figura 4 presenta el comportamiento interanual de las concentraciones de $PM_{2.5}$ para el mes de octubre en los últimos 4 años. Se evidencia que en las estaciones Carvajal – Sevillana y Kennedy las concentraciones registradas en el 2019 fueron mayores a las de años anteriores, siendo la primera, la que registró el mayor aumento con $11 \mu g/m^3$ respecto al registro del 2018.

En las demás estaciones se observa una tendencia a la disminución de las concentraciones en el tiempo, registrando la mayor reducción en el Tunal, con $8 \mu g/m^3$.

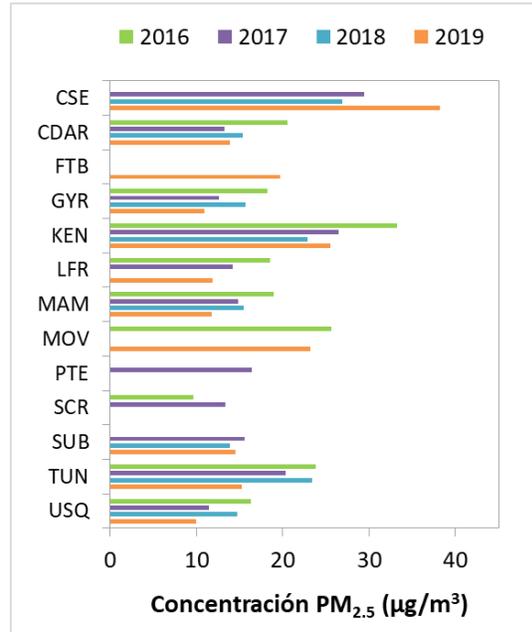


Figura 4. Comportamiento interanual de las concentraciones de $PM_{2.5}$ (2016-2017-2018-2019) para los meses de octubre

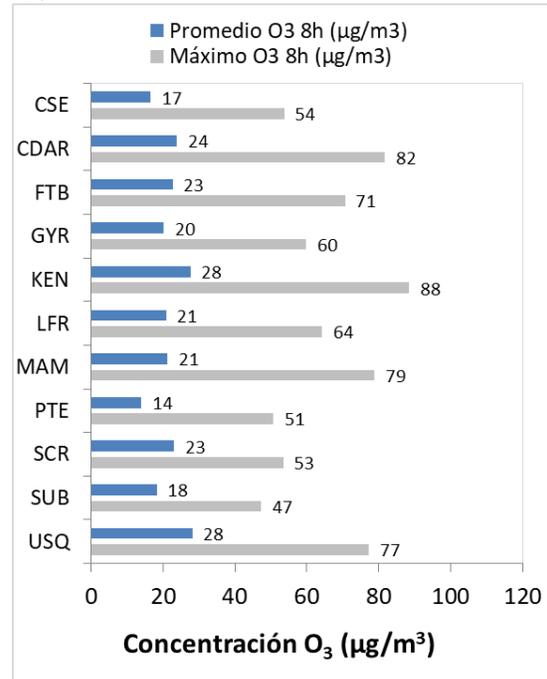
4 COMPORTAMIENTO TEMPORAL DE LA CONCENTRACIÓN DE OZONO (O_3). PROMEDIOS MÓVILES DE 8 HORAS.

La Tabla 3 presenta los datos obtenidos para ozono (O_3) en el mes de octubre de 2019, incluyendo los promedios mensuales, concentraciones 8 horas máximas, número de excedencias a la norma 8 horas establecida por la Resolución 2254 de 2017 del MADS y porcentaje de datos válidos en el mes (de acuerdo al total de datos de media móvil 8 horas).

Se observa que las mayores concentraciones como promedio mensual con base en datos 8 horas se presentaron en la zona norte y occidente de la ciudad, en la estación Usaquéen con **$28.120 \mu g/m^3$** y en Kennedy con **$27.676 \mu g/m^3$** , mientras que las menores concentraciones se presentaron en la zona centro occidente, en la estación Puente Aranda con **$14.013 \mu g/m^3$** y en la zona suroccidente con la estación Carvajal - Sevillana (**$16.552 \mu g/m^3$**). La concentración máxima con base en promedios 8 horas fue de **$88.462 \mu g/m^3$** en la estación Kennedy, seguida de **$81.742 \mu g/m^3$** en la estación Centro de Alto Rendimiento; ninguna concentración máxima excedió la norma nacional 8 horas ($100 \mu g/m^3$).

Tabla 3. Resumen de datos de O₃ para octubre de 2019

Est.	Prom. O ₃ (µg/m ³)	Máx. O ₃ (µg/m ³)	Exc. 8h	Datos válidos (%)
CSE	16.552	53.710	0	81%
CDAR	23.839	81.742	0	99%
FTB	22.663	70.607	0	92%
GYR	20.213	59.767	0	100%
KEN	27.676	88.462	0	100%
LFR	20.829	64.182	0	90%
MAM	21.177	78.750	0	98%
PTE	14.013	50.767	0	99%
SCR	23.031	53.415	0	89%
SUB	18.274	47.235	0	96%
USQ	28.120	77.254	0	96%



La Figura 5 presenta el comportamiento de los datos promedio media móvil 8 horas durante el mes de octubre y la comparación respecto a la norma nacional 8 horas. De acuerdo a las gráficas por estación, se observa que las concentraciones más altas de O₃ se presentaron en las estaciones Kennedy, Centro de Alto Rendimiento y MinAmbiente, durante la tercera semana del mes; mientras que las concentraciones más bajas se observaron en el suroccidente, en las estaciones Carvajal-Sevillana y Puente Aranda, en la primera semana del mes. Al igual que en el mes anterior, se observa un cambio en la distribución espacial del contaminante, con altas concentraciones en la zona de influencia de la estación Kennedy y en el norte de la ciudad, en las estaciones Usaquén y Guaymaral, lo cual puede estar influenciado por el transporte de contaminantes desde el sur de la ciudad hacia el occidente. En octubre de 2019, no se registraron excedencias de los promedios 8 horas de concentración con respecto a la norma nacional 8 horas de O₃ según la Resolución 2254 de 2017 del MADS (100 µg/m³).

El analizador de ozono de la estación Tunal registró fallas en el ajuste de los parámetros del equipo, por lo cual fueron invalidados y no se incluyeron en el análisis del contaminante para este mes.

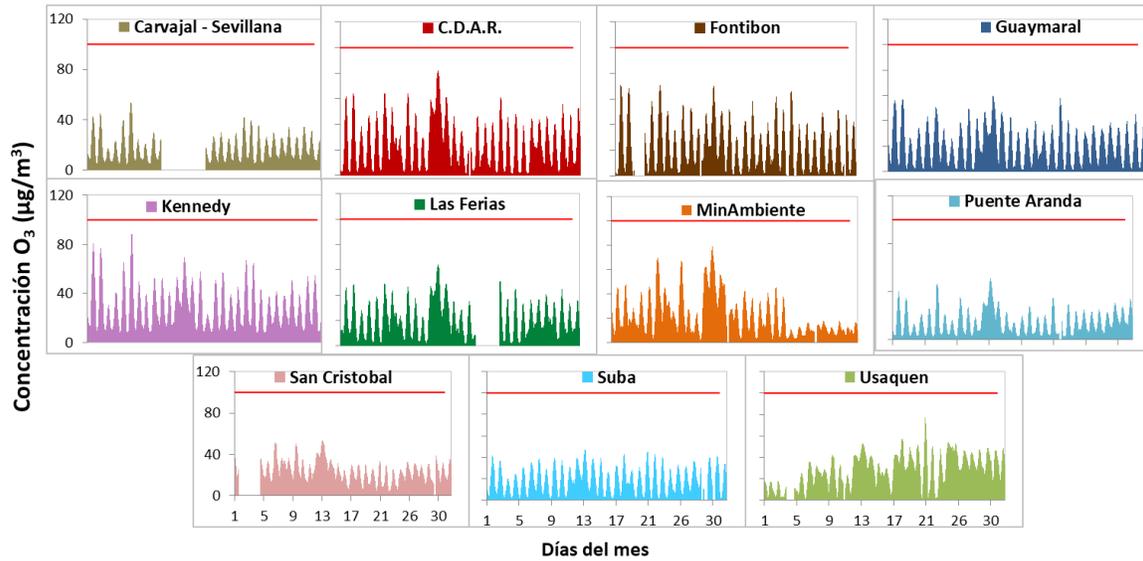


Figura 5. Comportamiento de las concentraciones 8h de O₃ para octubre 2019 y comparación con norma nacional.

La Figura 6 muestra el comportamiento interanual de las concentraciones de O₃ del mes de octubre en los últimos 4 años. Se observa que en las estaciones Punte Aranda y Kennedy los registros del 2019 aumentaron en relación con los de años anteriores, mientras que en las demás estaciones se redujeron o se mantuvieron estables.

Los registros más altos se obtuvieron en los años 2016 y 2018 en las estaciones Usaquén y Guaymaral, al norte de la ciudad.

La estación Guaymaral registró una reducción de 11 µg/m³ en el 2019 con respecto al valor del 2018.

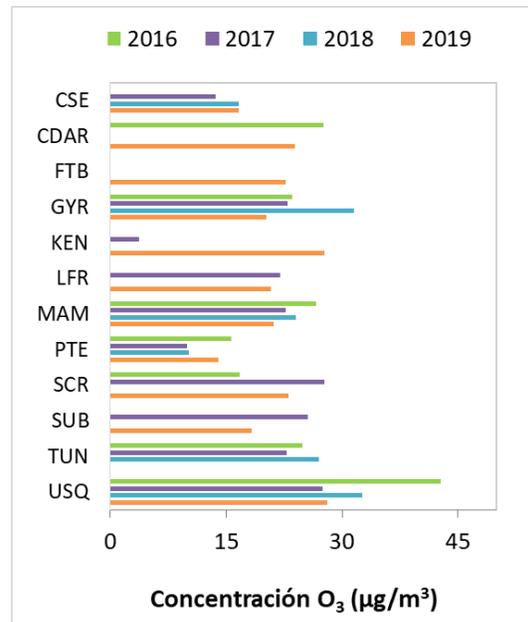
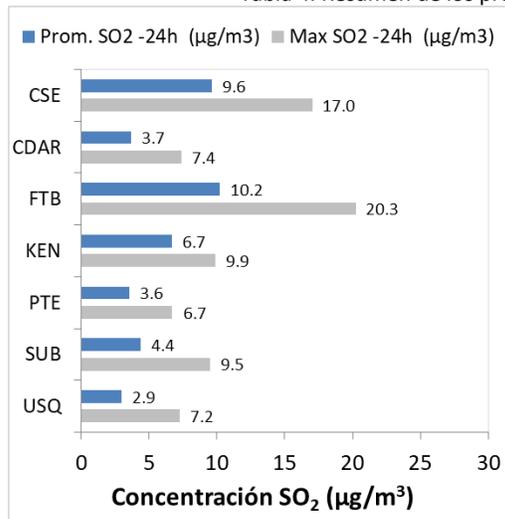


Figura 6. Comportamiento interanual de las concentraciones de O₃ (2016-2017-2018-2019) para los meses de octubre

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

La Tabla 4, Tabla 5, y Tabla 6 presentan las concentraciones promedio mensuales y máximas de dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂) y monóxido de carbono (CO), correspondientes al mes de octubre 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 mes, e históricamente las concentraciones se han mantenido por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la normatividad vigente (Resolución 2254 de 2017 del MADS) en sus respectivos tiempos de exposición. Adicionalmente, la afectación a la salud pública causada por los efectos potenciales de estos contaminantes es menor que la generada por el material particulado y el ozono.

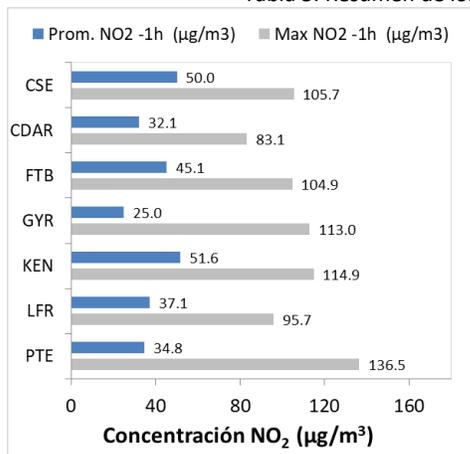
Tabla 4. Resumen de los promedios 24 horas para SO₂, octubre 2019.



Est.	Prom. SO ₂ (µg/m ³)	Máx. SO ₂ (µg/m ³)	Exc. 24h	Exc. 1h	Datos válidos (%)
CSE	9.6	17.0	0	0	97%
CDAR	3.7	7.4	0	0	100%
FTB	10.2	20.3	0	0	100%
KEN	6.7	9.9	0	0	100%
PTE	3.6	6.7	0	0	100%
SUB	4.4	9.5	0	0	100%
TUN*	3.1	6.2	0	0	48%
USQ	2.9	7.2	0	0	81%

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

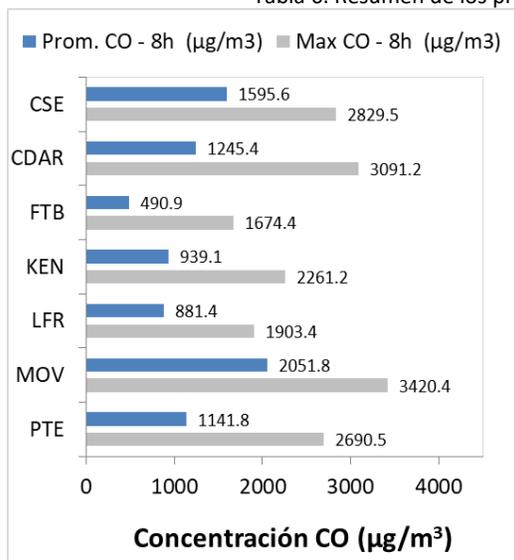
Tabla 5. Resumen de los promedios horarios para NO₂, octubre 2019.



Est.	Prom. NO ₂ (µg/m ³)	Máx. NO ₂ (µg/m ³)	Exc. 1h	Datos válidos (%)
CSE	50.0	105.7	0	95%
CDAR	32.1	83.1	0	99%
FTB	45.1	104.9	0	99%
GYR	25.0	113.0	0	98%
KEN	51.6	114.9	0	85%
LFR	37.1	95.7	0	99%
PTE	34.8	136.5	0	83%
TUN*	31.2	99.1	0	52%

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

Tabla 6. Resumen de los promedios 8 horas para CO. octubre 2019.



Est.	Prom. CO (µg/m³)	Máx. CO (µg/m³)	Exc. 8h	Exc. 1h	Datos válidos (%)
CSE	1595.6	2829.5	0	0	100%
CDAR	1245.4	3091.2	0	0	98%
FTB	490.9	1674.4	0	0	100%
KEN	939.1	2261.2	0	0	100%
LFR	881.4	1903.4	0	0	100%
MOV	2051.8	3420.4	0	0	98%
PTE	1141.8	2690.5	0	0	99%
TUN*	1296.8	2347.0	0	0	49%

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

Los analizadores de los gases SO₂, NO₂ y CO de la estación Tunal registraron fallas en el ajuste de los parámetros del equipo, por lo cual los datos fueron invalidados y no se incluyeron en el análisis de los respectivos contaminantes para este mes.

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.

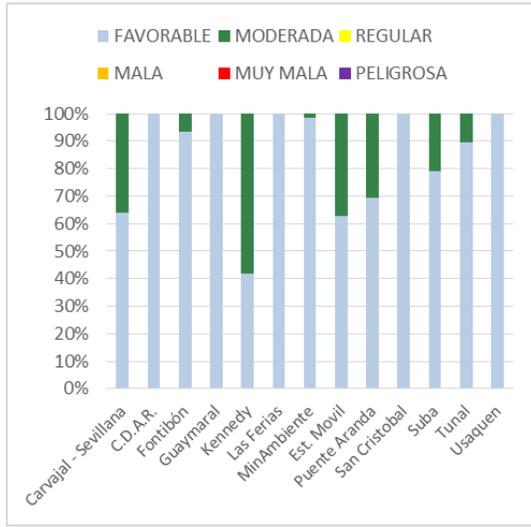


Figura 7. IBOCA para PM₁₀ por estación en octubre 2019

La Figura 7 muestra el comportamiento del IBOCA para los promedios móviles de las concentraciones 24 horas de PM₁₀ por estación de monitoreo registrados en el mes de octubre. Se observa que predominaron las categorías “favorable” y “Moderada” en la mayoría de las estaciones; la estación Kennedy registró la condición más desfavorable, (“Moderada” durante un 42% del mes y “Favorable” en un 58%), mientras que las estaciones CDAR, Las Ferias, Guaymaral, San Cristóbal y Usaquén permanecieron el 100% del mes con la calidad del aire “Favorable”.

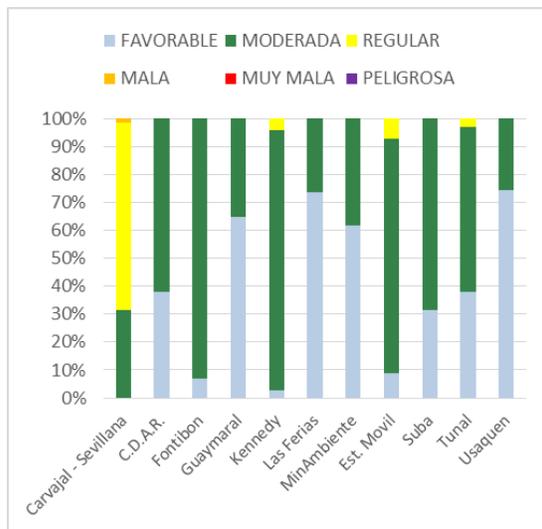


Figura 8. IBOCA para PM_{2.5} por estación en octubre 2019

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 mes de octubre predominan las categorías “regular”, “moderada” y “favorable”. La estación Carvajal-Sevilla presentó el estado de calidad del aire más desfavorable, con una condición “moderada” durante el 32% del mes, “regular” el 67 % del tiempo y “mala” el 1% del mes. De otro lado, la estación Usaquén presentó el mejor estado de la calidad del aire con una condición “favorable” el 74% del mes.

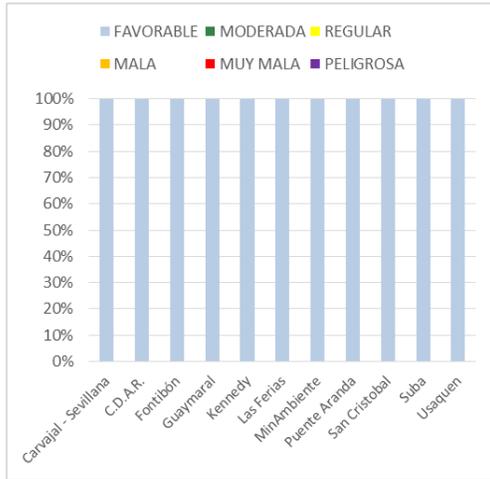


Figura 9. IBOCA para O₃ por estación en octubre 2019

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 mes de octubre.

6. COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN

Históricamente el mes de octubre es típicamente lluvioso. Esto se confirma con los relativamente altos volúmenes de agua precipitada durante este mes. En octubre de 2019 los mayores niveles de precipitación se concentraron hacia el suroccidente de la ciudad representado por la estación de Kennedy y hacia el nororiente de la ciudad conforme a los registros de la estación de Suba. Ver Figura 10 y Tabla 7. Teniendo en cuenta que los mayores niveles de lluvia de la ciudad, en la temporada de lluvias, se concentraron hacia el sector suroccidental; esto resulta muy favorable, en la medida que junto con los vientos contribuyeron posiblemente a la reducción de concentraciones de contaminantes en el occidente de la ciudad. Comparado con el mes de octubre de 2018, este mes fue ligeramente menos húmedo, toda vez que en 2018 el total acumulado en la estación de Kennedy alcanzó los 333 mm.

En cuanto al número de días con lluvia en octubre, se observa que el sector de Usaquén presentó las cifras más bajas, mientras que el mayor número de días con lluvia se registró hacia el sector centro de la ciudad representado por la estación de centro de alto rendimiento. Ver Figura 10.

Las estaciones sin datos no cumplieron con el criterio de representatividad temporal del 75%.

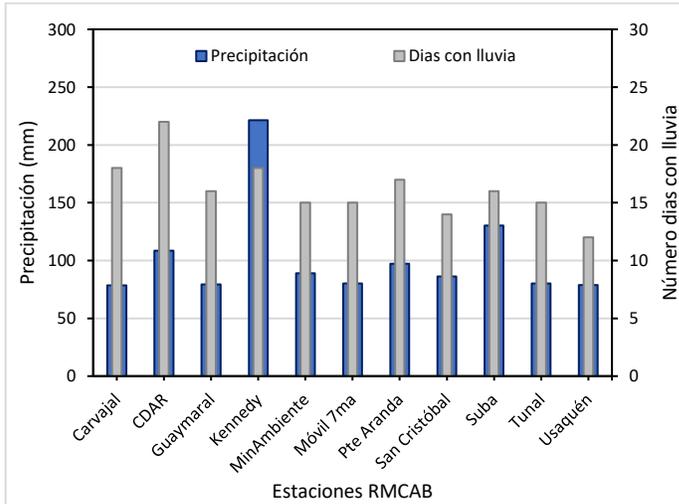


Figura 10 Precipitación media mensual por estaciones y número de días con precipitación (octubre -2019).

Tabla 7 Precipitación acumulada media mensual por estaciones y número de días con lluvia (octubre -2019)

Estación	Precipitación acumulada (mm/mes)	Días con lluvia
Bolivia	No Data	No Data
Carvajal	79	18
CDAR	109	22
Fontibón	No Data	No Data
Guaymaral	79	16
Kennedy	221	18
Las Ferias	No Data	No Data
MinAmbiente	89	15
Móvil 7ma	80	15
Puente Aranda	97	17
San Cristóbal	86	14
Suba	130	16
Tunal	80	15
Usaquén	79	12

7. COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LA TEMPERATURA

En octubre de 2019 la temperatura superficial del aire en la ciudad de Bogotá registró un incremento con respecto al mes anterior y su homólogo de 2018. Este incremento se dio sobre todo hacia el suroccidente de la ciudad donde la temperatura media estuvo alrededor de los 17 °C en el sector de Kennedy. No obstante, hacia el norte y sur de la ciudad las temperaturas medias fueron más bajas que en el suroccidente. Este aumento realmente es muy atípico, debido a que con las lluvias se hubiera esperado que las temperaturas disminuyeran.

Hacia el sur oriente de la ciudad se registraron las menores temperaturas como es frecuente. Asimismo, hacia el norte y hacia el centro sur de la ciudad se observan dos sectores del distrito con temperaturas inferiores a los 14,5 °C. Ver Figura 11.

En cuanto a los valores extremos, Tunal registró las menores temperaturas con una mínima absoluta de 4,8 °C y una amplitud térmica de 20,7 °C; Kennedy la máxima absoluta de la ciudad con 28,7 °C y una amplitud térmica de 18,8 °C. Ver Tabla 8 y Figura 12. Estas diferencias de temperatura hacen propicia la turbulencia de la atmosfera por convección y consecuentemente los procesos de mezcla, toda vez que los contrastes de temperatura espacial determinan en gran medida la intensidad y las dimensiones de los sistemas de circulación local en la escala diurna.

dominante en el oriente de la ciudad, se presentó la velocidad máxima absoluta más alta durante el mes que alcanzó los 6,7 m/s en la estación de MinAmbiente. Ver Figura 13 y Tabla 9.

En cuanto a la dirección del viento, se redujo la frecuencia de vientos del occidente y del suroccidente hacia el flanco occidental de la ciudad. Contrariamente, en el mes de octubre de 2018 predominaron vientos del occidente y del suroccidente, los cuales pudieron favorecer mayores volúmenes de lluvia. De este modo, los promedios vectoriales del mes permiten deducir un claro predominio de la componente sur en las zonas sur y occidente de la ciudad, y vientos con una marcada componente suroriente al sur de los cerros orientales, rodeando los cerros para confluir en el centro geográfico de la ciudad y continuar su flujo hacia el occidente. No obstante, en el norte se observa un flujo divergente a la altura de Usaquén, debido a un contraflujo atípico que al parecer se presentó en la estación de Guaymaral. Por supuesto, este comportamiento no permite visualizar lo que ocurre en las diferentes horas del día, sólo es un suceso instantáneo que deja entrever el predominio de los vientos durante el mes. Esta visualización se puede complementar en las rosas de vientos las cuales muestran no solamente la resultante del viento promedio del mes sino las frecuencias y velocidades en sus distintas direcciones. Ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** y Figura 15.

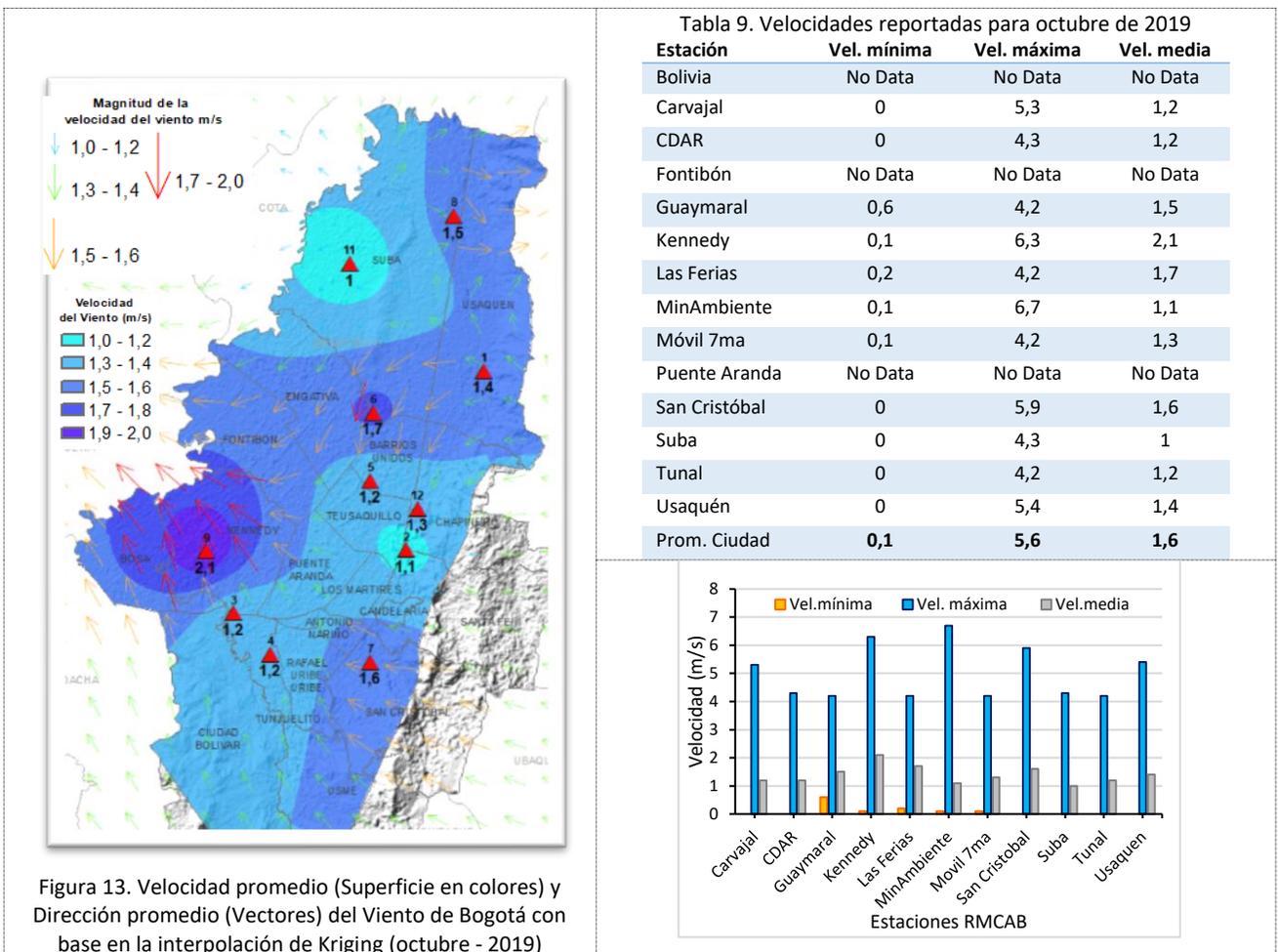
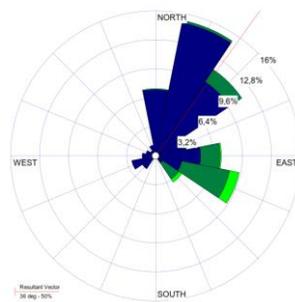


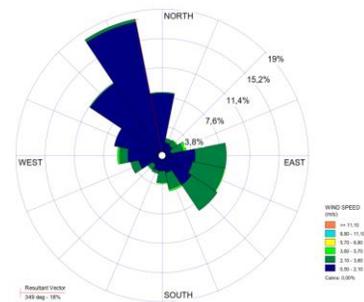
Figura 14 Velocidad del viento media, máxima y mínima absolutas por estación (octubre - 2019)

N.A.



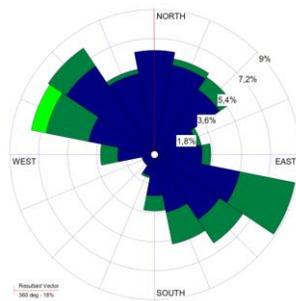
a) Bolivia

b) Suba



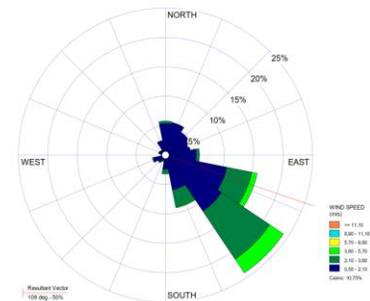
c) Guaymaral

N.A.



d) Las Ferias

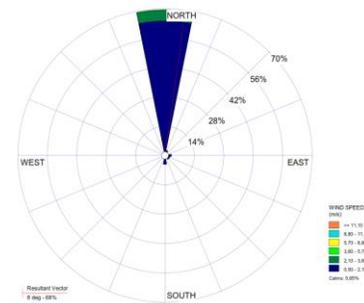
e) CDAR



f) Usaquén

N.A.

N.A.



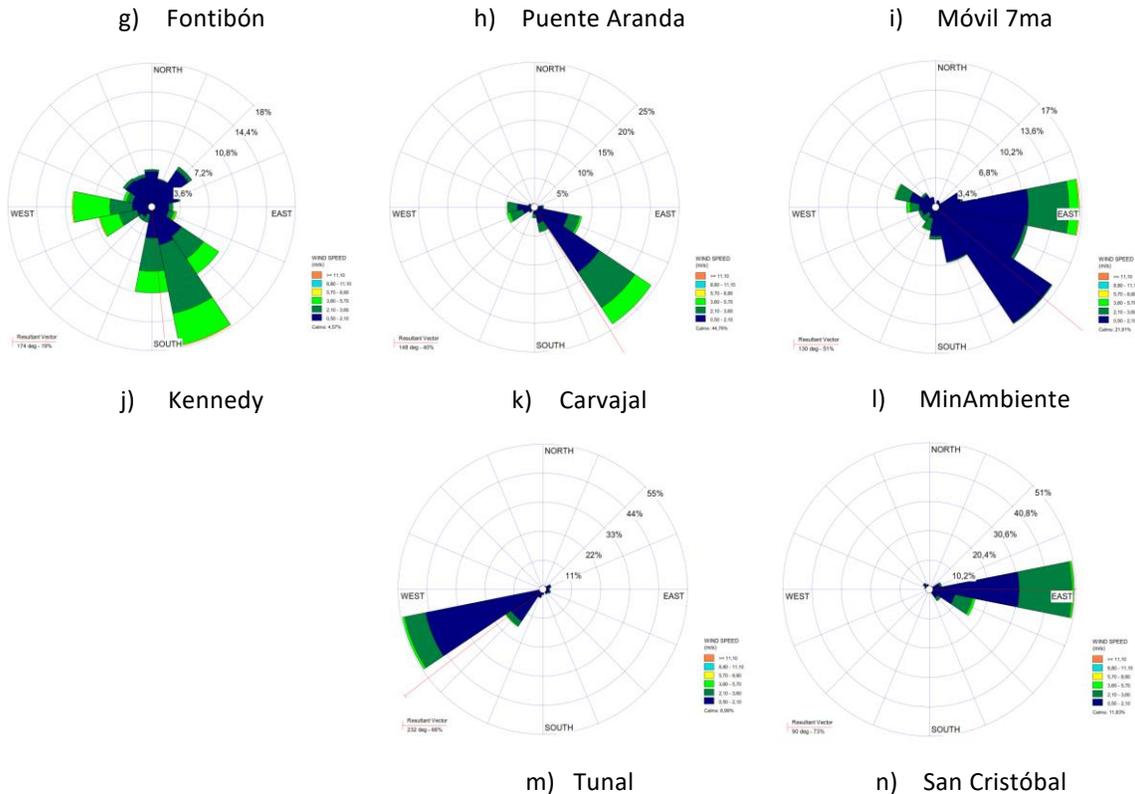


Figura 15. Rosas de viento – octubre de 2019.

7.1. Estimación de la Altura de la Capa Límite

La estimación de la altura de la capa límite promedio en la ciudad para el mes octubre de 2019, deja ver un ligero incremento en su altura máxima media mensual en toda la ciudad; hacia el norte, la altura media máxima paso de 1514 a los 1524 m entre tanto, en el sector de Tunal pasó de 1481 a 1490 m. En horas de la madrugada, la altura estuvo por debajo de los 200 en toda la ciudad. Después de las 6 pm se presentó un descenso fuerte entre las 18 a las 22 horas en el norte y al sur. Figura 16 a) y b).

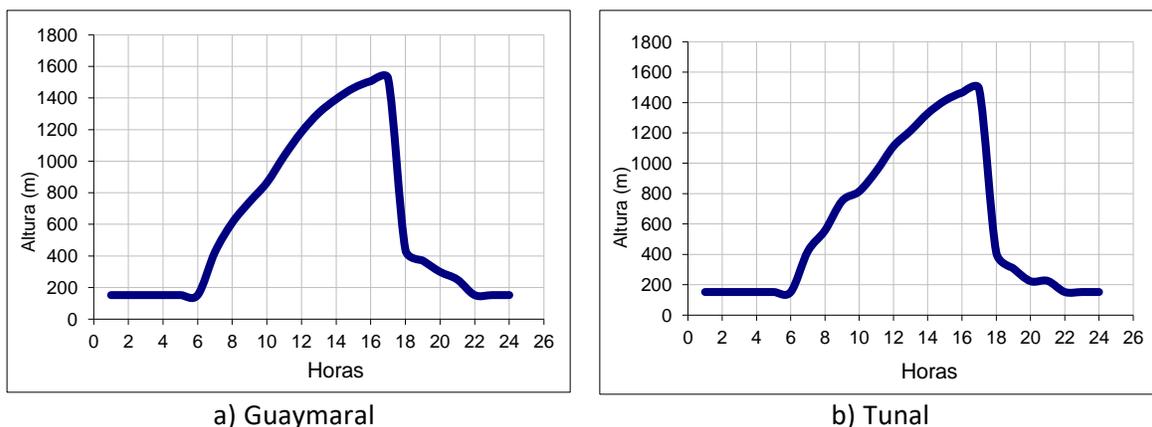


Figura 16. Estimación del perfil promedio horario mensual de la altura de la capa de mezcla a) Guaymaral y b) Tunal - octubre de 2019

En cuanto a la estabilidad de la atmósfera local, en las Tabla 10 y Tabla 11 se presentan algunos parámetros de escala que describen las condiciones atmosféricas predominantes en la ciudad durante este mes. En horas de la madrugada y la noche como normalmente ocurre, predominaron las estabildades E y F, lo que está relacionado con la disminución de la radiación solar y bajas velocidades del viento, que desfavorecen la dispersión de contaminantes en la ciudad debido a las fuerzas inerciales del viento.

De otra parte, las estabildades pasaron de condición neutra (D) a inestables (A, B), debido su activación por energía emitida por el suelo una vez es calentado por radiación solar tomando lugar las fuerzas convectivas. Estas condiciones son más propicias para la dispersión de los contaminantes. De allí que, la altura máxima de la capa limite es debida principalmente a la contribución de fuerzas convectivas. Ver Tabla 10 y Tabla 11.

Tabla 10. Estimación de la altura de la capa de mezcla de la ciudad de Bogotá. Estación Guaymaral (octubre – 2019)

Hora Local	Vel Viento	T	R _g	R _n	z ₀	z _m	u ₀	N	H ₀	Q*	LN (z _m /z ₀)	C _{DN}	u ₀ ²	C	u*	h _{mec}	h _{conv}	H _z	Esta b
Hr	m/s	°C	W/m ²	W/m ²	m	m	m/s								m/s	m	M	m	
1	0,9	10,7	0,0	-60,7	1	6	-	3	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
2	0,9	10,4	0,0	-60,8	1	6	-	3	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
3	0,8	10,1	0,0	-61,0	1	6	-	3	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
4	0,8	9,8	0,0	-61,2	1	6	-	3	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
5	0,8	9,6	0,0	-54,6	1	6	-	4	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
6	0,8	9,4	0,0	-41,3	1	6	-	6	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
7	0,9	10,8	86,4	24,8	1	6	0,23	7	21,4	0,14	1,8	-	-	-	0,32	-	251	425	D
8	1,3	14,2	263,6	140,7	1	6	0,29	6	71,6	0,30	1,8	-	-	-	0,46	-	445	611	C
9	1,5	17,0	469,4	275,9	1	6	0,34	5	130,3	0,46	1,8	-	-	-	0,56	-	668	743	B
10	1,9	18,3	560,2	338,8	1	6	0,42	5	157,6	0,92	1,8	-	-	-	0,61	-	864	864	A
11	2,3	19,1	582,6	361,4	1	6	0,52	6	167,3	1,70	1,8	-	-	-	0,68	-	1033	1033	B
12	2,5	19,9	608,5	379,8	1	6	0,57	6	175,0	2,26	1,8	-	-	-	0,72	-	1185	1185	B
13	2,6	20,0	546,0	337,6	1	6	0,59	6	156,3	2,47	1,8	-	-	-	0,72	-	1306	1306	B
14	2,6	19,5	432,4	259,9	1	6	0,60	6	122,2	2,56	1,8	-	-	-	0,72	-	1393	1393	B
15	2,3	18,9	373,2	219,1	1	6	0,53	6	104,4	1,83	1,8	-	-	-	0,65	-	1463	1463	B
16	2,2	18,4	251,4	136,0	1	6	0,50	6	67,9	1,51	1,8	-	-	-	0,60	-	1506	1506	C
17	2,0	17,3	125,4	42,8	1	6	0,45	5	27,1	1,08	1,8	-	-	-	0,52	-	1524	1524	D
18	1,6	15,4	0,0	-43,9	1	6	-	5	-19,6	-	1,8	0,23	0,06	0,59	0,33	438	438	438	F
19	1,4	14,1	0,0	-51,6	1	6	-	4	-16,6	-	1,8	0,23	0,06	0,47	0,28	371	371	371	F
20	1,3	13,6	0,0	-58,8	1	6	-	3	-13,4	-	1,8	0,23	0,06	0,31	0,23	299	299	299	F
21	1,2	13,1	0,0	-59,1	1	6	-	3	-11,2	-	1,8	0,23	0,06	0,18	0,19	250	250	250	F
22	1,0	12,4	0,0	-59,6	1	6	-	3	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
23	1,0	11,7	0,0	-60,0	1	6	-	3	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
24	0,9	11,2	0,0	-60,3	1	6	-	3	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F

Tabla 11. Estimación de la altura de la capa de mezcla de la ciudad de Bogotá. Estación Tunal (octubre – 2019)

Hora Local	Vel Viento	T	R _g	R _n	z ₀	z _m	u ₀	N	H ₀	Q*	LN (z _m /z ₀)	C _{DN}	u ₀ ²	C	u*	h _{mec}	h _{conv}	H _z	Estab
Hr	m/s	°C	W/m ²	W/m ²	m	m	m/s	Octas							m/s	m	M	m	
1	0,9	10,2	0,0	-61,0	1	6	-	3	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
2	0,8	9,8	0,0	-61,2	1	6	-	3	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
3	0,8	9,4	0,0	-61,4	1	6	-	3	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
4	0,7	9,1	0,0	-48,2	1	6	-	5	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
5	0,6	8,7	0,0	-48,4	1	6	-	5	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
6	0,7	8,4	0,0	-41,8	1	6	-	6	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
7	0,8	10,3	82,5	21,9	1	6	0,23	7	20,3	0,14	1,8	-	-	-	0,32	-	247	420	D
8	1,1	14,3	198,0	102,9	1	6	0,26	7	54,9	0,20	1,8	-	-	-	0,42	-	405	557	C
9	1,1	17,2	408,3	241,3	1	6	0,26	6	115,0	0,21	1,8	-	-	-	0,57	-	619	752	B
10	1,3	18,7	514,2	314,6	1	6	0,29	6	146,8	0,28	1,8	-	-	-	0,61	-	815	815	B
11	1,4	19,5	424,6	261,3	1	6	0,31	7	122,9	0,38	1,8	-	-	-	0,55	-	949	949	B
12	1,7	20,2	607,2	379,3	1	6	0,38	6	174,7	0,65	1,8	-	-	-	0,62	-	1112	1112	A
13	1,9	20,3	428,9	265,1	1	6	0,44	7	124,2	1,06	1,8	-	-	-	0,59	-	1215	1215	B
14	2,2	20,2	525,6	323,9	1	6	0,50	6	150,2	1,52	1,8	-	-	-	0,65	-	1328	1328	B
15	1,9	19,9	424,4	254,9	1	6	0,44	6	119,8	1,03	1,8	-	-	-	0,59	-	1412	1412	B
16	2,1	18,7	291,2	163,3	1	6	0,47	6	79,9	1,28	1,8	-	-	-	0,58	-	1465	1465	B
17	1,7	17,5	159,7	66,2	1	6	0,39	5	37,4	0,72	1,8	-	-	-	0,47	-	1490	1490	C
18	1,6	14,9	0,0	-44,3	1	6	-	5	-18,4	-	1,8	0,23	0,06	0,55	0,31	412	412	412	F
19	1,3	13,0	0,0	-52,4	1	6	-	4	-13,8	-	1,8	0,23	0,06	0,33	0,23	307	307	307	F
20	1,1	12,3	0,0	-59,6	1	6	-	3	-10,0	-	1,8	0,23	0,06	0,11	0,17	223	223	223	F
21	1,1	11,9	0,0	-59,9	1	6	-	3	-10,1	-	1,8	0,23	0,06	0,11	0,17	225	225	225	F
22	1,0	11,4	0,0	-60,2	1	6	-	3	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
23	0,9	10,9	0,0	-60,5	1	6	-	3	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F
24	1,0	10,6	0,0	-60,7	1	6	-	3	-6,8	-	1,8	0,23	0,06	0,00	0,11	152	152	152	F

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

Con la disminución de radiación solar en gran parte de la ciudad, es normal que se reduzca la producción de ozono, toda vez que la radiación solar es el principal factor que incide en la producción de ozono en niveles bajos, por la disociación de moléculas de óxidos de nitrógeno, derivadas de combustión incompleta de hidrocarburos. De este modo, la concentración de ozono troposférico se redujo por debajo de los 50 µg/m³ en la zona norte y centro de la ciudad donde los acumulados de radiación en la hora de mayor incidencia, no superaron los 600 W/m², salvo en San Cristóbal. Sin embargo, hacia el sector de Kennedy, la producción de ozono atípicamente superó los 60 µg/m³, pese a que los promedios horarios de radiación no superaron los 500 W/m².

El comportamiento en las concentraciones de Ozono en Kennedy, no reflejan esa relación directa entre la radiación solar con el incremento de las concentraciones de dicho gas, producido en bajos niveles; las altas concentraciones en Kennedy, están ligadas a otras reacciones químicas asociadas a la emisión de gases de combustión. Donde sí se aprecia una relación directa entre la disminución de las concentraciones con la reducción de la cantidad de energía solar acumulada, es en la zona norte. Ver Figura 17.

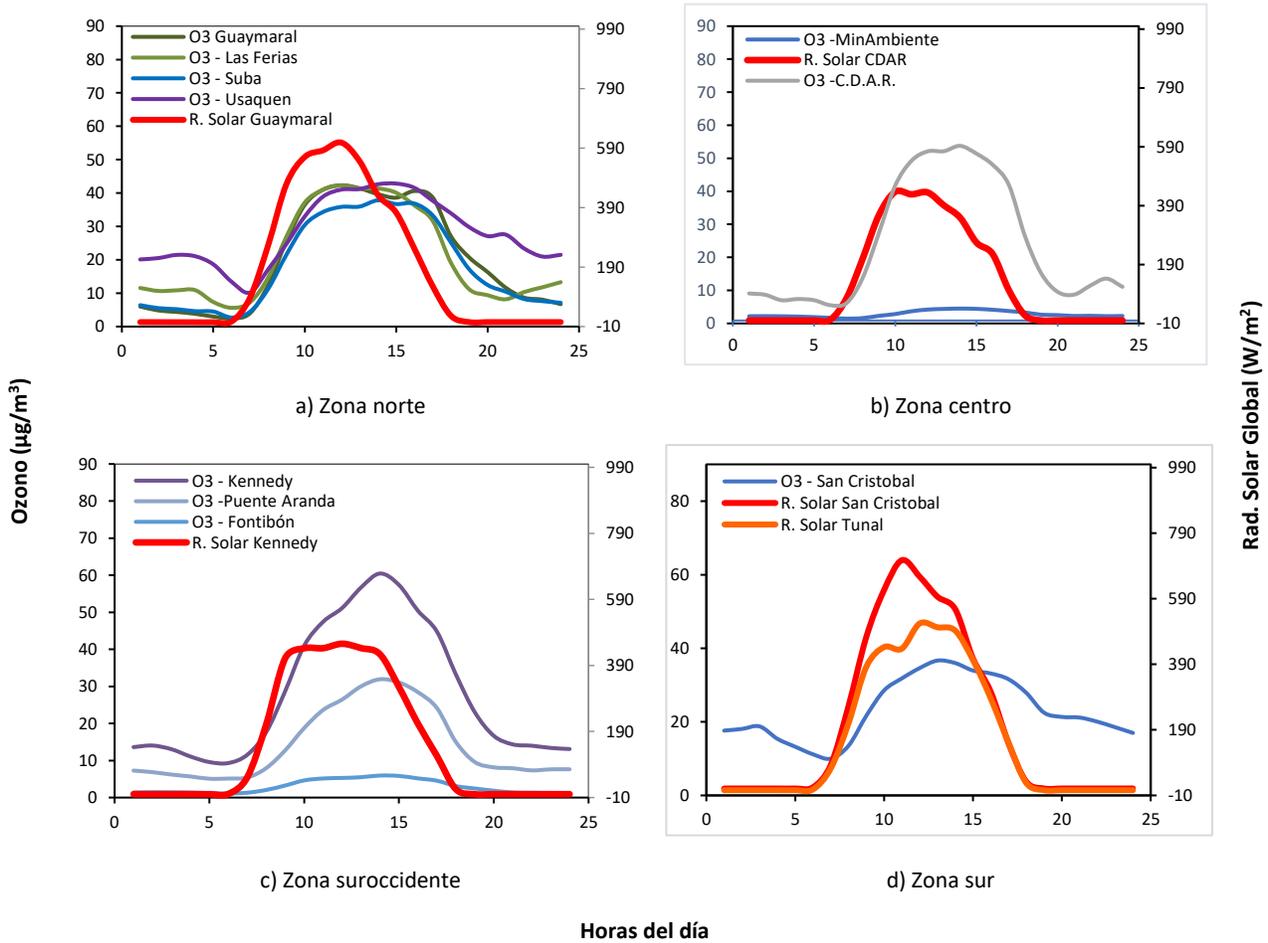


Figura 17. Comportamiento horario de O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) y su relación con la Radiación Solar entrante (W/m^2), octubre 2019.
a) zona norte, b) zona centro, c) zona suroccidente y d) zona sur

ANEXOS

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

Tabla 12. 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	Tunjelito	Usaquén	Engativá
	Dirección	Autopista Sur # 63-40	Calle 63 #59A-06	Carrera 104 #20 C - 31	Autopista Norte #205-59	Carrera 80 #40-55 sur	Avenida Calle 80 #69Q-50	Calle 37 #8-40	Carrera 7 con calle 60	Calle 10 #65-28	Carrera 2 Este #12-78 sur	Carrera 111 #159A-61	Carrera 24 #49-86 sur	Carrera 7B Bis #132-11	Avenida Calle 80 #121-98
	Tipo de zona	Urbana	Urbana	Urbana	Suburbana	Urbana	Urbana	Urbana	Urbana	Urbana	Urbana	Suburbana	Urbana	Urbana	Suburbana
	Tipo de estación	Tráfico Industrial	De fondo	De tráfico	De fondo	De fondo	De tráfico	De tráfico	De tráfico	Industrial	De fondo	De fondo	De fondo	De fondo	De fondo
	Localización toma muestra	Azotea	Zona Verde	Azotea	Zona Verde	Zona Verde	Zona Verde	Azotea	Andén	Azotea	Zona Verde	Azotea	Zona Verde	Azotea	Zona Verde
	Altura punto de muestra	4.2 m	4.05m	15 m	4.8 m	7.71 m	4.02m	4.67 m	4 m	18.7 m	4.88 m	11.4 m	3.62 m	16.45m	4.6 m
	Altura del sensor de viento	13 m	10 m	17.4 m	10 m	10 m	10 m	19 m	12.3 m	20 m	10 m	10 m	10 m	19 m	10 m
Contaminantes	PM ₁₀	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	PM _{2.5}	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	O ₃	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	NO ₂	X	X	X	X	X	X		X	X		X	X	X	
	CO	X	X	X		X	X		X	X			X	X	
	SO ₂	X	X	X		X	X		X	X		X	X		
Var. Meteorológicas	V. Viento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	D. Viento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Temperatura	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	
	Precipitación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	R. Solar		X		X	X			X		X		X		
	H. Relativa		X	X	X	X	X		X		X		X		
Presión Atm.				X	X	X		X							

La elaboración de informes de calidad del aire hace parte de uno de los programas contenidos en el Plan de Desarrollo Económico, Social, Ambiental y de Obras Públicas para Bogotá D.C. 2016 – 2020 “Bogotá Mejor para Todos”, cuyo cumplimiento es responsabilidad de la Secretaría Distrital de Ambiente, al ser la autoridad ambiental del Distrito Capital. Además, uno de los procesos misionales de esta entidad es la “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
		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 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 Octubre 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. 5.0). Adicionalmente para la validación de los datos se tiene en cuenta lo definido en el procedimiento interno PA10-PR05- Validación de datos de la RMCAB (v. 3.0).

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

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

Elaboró:

Eaking Alberto Ballesteros Urrutia – PROFESIONAL RMCAB
Edna Lizeth Montealegre Garzón – PROFESIONAL RMCAB
Daissy Lizeth Zambrano Bohórquez – PROFESIONAL RMCAB

Revisó:

Luis Álvaro Hernández González – PROFESIONAL ESPECIALIZADO RMCAB
José Hernán Garavito Calderón - PROFESIONAL ESPECIALIZADO RMCAB

Autorizó:

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

FIN DEL INFORME