

# Informe de Calidad del Aire 3er Trimestre de 2019



**Subdirección de Ordenamiento y Planificación Integral del Territorio**  
Carrera 23 # 37 - 63 Bucaramanga, Santander, Colombia

**Dr. MARTIN CAMILO CARVAJAL CÁMARO**

Director General CDMB

**Dr. NELSON ANDRES MANTILLA OLIVEROS**

Subdirector de Ordenamiento y Planificación Integral del Territorio

**Ing. Esp. MARIA CARMENZA VICCINI**

Coordinadora Información e Investigación Ambiental

**Ing. JOHANNA PATRICIA ARDILA LERMA**

Profesional Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire

Bucaramanga, octubre de 2019

## Contenido

INTRODUCCIÓN .....	3
OBJETIVOS .....	4
1. GENERALIDADES .....	4
1.1. Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de la CDMB.....	4
1.2. Material Particulado .....	5
1.3. Ozono Troposférico .....	6
1.4. Resolución 2254 de 2017 .....	6
2. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DATOS .....	9
2.1. Evaluación de la cantidad y calidad de los datos. ....	9
2.1.1. Porcentaje de captura de datos de los equipos. ....	9
2.1.2. Porcentaje de datos válidos.....	10
2.2. Comparación de PM10 estación Ciudadela con la norma.....	10
2.3. Resultados meteorológicos estación Ciudadela.....	12
2.4. Comparación de Ozono estación Floridablanca con la norma .....	14
2.5. Resultados Meteorológicos Estación Florida .....	16
2.6. Análisis del Índice de Calidad del Aire .....	18
3. CONCLUSIONES .....	19
4. REFERENCIAS .....	19

## INTRODUCCIÓN

El aire que respiramos está compuesto por múltiples sustancias, las buenas que necesitan el ser humano como el nitrógeno y oxígeno y otras nocivas que contaminan el aire, determinar la calidad del aire es medir la concentración de esas sustancias nocivas que son de dos tipos: material particulado y gases contaminantes como el ozono troposférico, dióxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, entre otros, y que a altos niveles afectan nuestra salud.

En Colombia, mediante la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Social ajustó la norma de la calidad del aire, haciendo más restrictivos los niveles máximos permisibles para la concentración de contaminantes criterio en el aire.

La CDMB como autoridad ambiental del Área Metropolitana de Bucaramanga, a través del Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire – SVCA, mide los contaminantes y evalúa el cumplimiento de dicha norma.

El SVCA de la CDMB actualmente cuenta con tres estaciones para monitorear el contaminante criterio material particulado inferior a 10 micrómetros conocido como PM10 y el gas contaminante Ozono Troposférico y las variables meteorológicas precipitación, velocidad y dirección del viento, radiación solar, temperatura, presión atmosférica y humedad relativa.

El presente informe contiene los resultados de calidad del aire del Área Metropolitana de Bucaramanga, para el periodo entre enero y septiembre del año 2019, en el que se comparan los registros con la norma para determinar el estado de la calidad del aire de los municipios del Área Metropolitana de Bucaramanga, en donde están ubicadas las estaciones.

## OBJETIVOS

1. Determinar el cumplimiento de la norma de calidad del aire, de acuerdo a los registros de la CDMB.
2. Observar el comportamiento de los contaminantes criterios medidos durante los tres primeros trimestres del año 2019.
3. Clasificar la calidad del aire en el área metropolitana de Bucaramanga durante los tres primeros trimestres del año 2019.

### 1. GENERALIDADES

#### 1.1. Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de la CDMB

El Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire – SVCA está compuesto por equipos para la medición y registro de los contaminantes atmosféricos, que se encuentran instalados en un lugar de interés, con el propósito de determinar la calidad del aire.

La información generada por los SVCA es insumos para la formulación de planes de prevención, reducción y control de la contaminación del aire, en pro de cumplir metas de disminución de las concentraciones para el año 2030, como fueron fijadas en la Resolución 2254 de 2017.

El SVCA operado por la CDMB lo componen tres estaciones automáticas denominadas Cabecera, Ciudadela y Florida, integradas por equipos especializados para el monitoreo automático de los niveles de concentración de los contaminantes criterios: Material Particulado inferior a 10 micrómetros (PM10) y el gas Ozono Troposférico (O<sub>3</sub>).

La tabla 1 relaciona la ubicación exacta de cada estación y el contaminante criterio que se mide en estas.

Tabla 1. Estaciones del SVCA

Nombre de la Estación	Ubicación	Municipio	Mide
<b>Cabecera</b>	Carrera 33 con calle 52	Bucaramanga	PM10
<b>Ciudadela</b>	Terraza de la Institución Educativa Aurelio Martínez Mutis en la Calle de los Estudiantes	Bucaramanga	PM10 y Meteorología
<b>Florida</b>	Terraza del Edificio Telebucaramanga Sede Sur en Cañaveral, Autopista Floridablanca - Bucaramanga	Floridablanca	O <sub>3</sub> y Meteorología

La medición de meteorología acompaña el monitoreo de los contaminantes criterio, con el fin de entender la dispersión de los contaminantes, es decir, los procesos atmosféricos afectan el destino de los contaminantes del aire.

Parámetros meteorológicos como la radiación solar, la temperatura y la humedad, causan un impacto en la transformación de las sustancias contaminantes emitidas en el aire. La remoción de los contaminantes no sólo depende de sus características sino también de fenómenos climáticos como la lluvia.

## 1.2. Material Particulado

Es una mezcla compleja de partículas líquidas y sólidas de sustancias orgánicas e inorgánicas suspendidas en el aire, que varían en tamaño, forma y composición. Según su tamaño, se clasifican en Partículas Suspendidas Totales, Partículas Menores a 10 micras (PM10) o Partículas Menores a 2.5 micras (PM2.5).

Diversos estudios epidemiológicos realizados a nivel mundial, han demostrado que el material particulado no es un factor causal directo de enfermedad o mortalidad respiratoria aguda sino un factor asociado, que en combinación con otros factores produce un aumento de las enfermedades respiratorias, y cuyo riesgo para el individuo varía en función de las condiciones fisiológicas, de la edad y de los antecedentes de enfermedad cardiorrespiratoria.

Los efectos sobre la salud generados por el material particulado se pueden caracterizar así:

Fracción Inhalable: Irritación en los ojos y de las vías respiratorias, conjuntivitis irritativa y abrasiones en la córnea.

Fracción Torácica: Reducción de la capacidad pulmonar y agotamiento respiratorio. Desarrollo de problemas respiratorios y cardiovasculares.

Fracción Respirable: Puede desarrollar cardiopatías y neuropatías, así como enfermedades crónicas de obstrucción pulmonar. Agravan el asma y se asocian al desarrollo de diabetes.

Esta descripción fue tomada del Informe del estado de la calidad del aire en Colombia 2016, publicado por Minambiente e IDEAM.

### 1.3. Ozono Troposférico

El Ozono es un gas azul pálido que existe en las capas altas (estratosfera) y capas bajas de la atmosfera, pero mientras el estratosférico es de tipo natural y benéfico para la vida, ya que actúa como un filtro protector de la radiación ultravioleta, el segundo llamado ozono troposférico es perjudicial en los seres vivos, ya que es un oxidante fuerte e irritante en altas concentraciones en el sistema respiratorio de animales y humanos y causa toxicidad en plantas.

El ozono troposférico no es emitido directamente a la atmosfera, sí no que es producido por la reacción química entre el oxígeno natural del aire y los óxidos de nitrógeno e hidrocarburos los cuales actúan como facilitadores de la reacción química en presencia de la luz solar. Estos facilitadores sí son emitidos directamente a la atmosfera y por tanto a mayor concentración de estos, mayor es la producción de ozono, siempre y cuando exista la radiación solar.

Los principales efectos en la salud que produce el O<sub>3</sub> son irritación el sistema respiratorio, reducción de la función pulmonar, agrava el asma, inflama y daña las células que recubren los pulmones, agrava las enfermedades pulmonares crónicas y causa daño pulmonar permanente.

### 1.4. Resolución 2254 de 2017

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible estableció mediante la Resolución 2254 de 2017 la Norma de Calidad del Aire para el territorio nacional colombiano, en la cual ajustó los niveles máximos permisibles al corto y largo plazo de la concentración en el aire de los contaminantes criterio y tóxicos que causan riesgos sobre la salud humana.

En la tabla 2 se relaciona el nivel máximo permitido para los contaminantes criterios PM10 y Ozono desde el 1 de julio de 2018 hasta el 31 de diciembre de 2029.

*Tabla 2. Nivel Máximo Permisible de Contaminantes*

Contaminante	Unidad	Nivel Máximo Permisible	Tiempo de Exposición
PM10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	50	Anual
		75	24 Horas
O3	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100	8 Horas

De igual manera, la norma establece los rangos de concentración y el tiempo de exposición bajo los cuales se debe declarar por parte de las autoridades ambientales los estados excepcionales de contaminación del aire de prevención, alerta o emergencia, para los contaminantes criterios PM10 y Ozono que son medidos por el Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de la CDMB se relacionan en la tabla 3.

*Tabla 3. Concentración para los niveles de prevención, alerta o emergencia*

Contaminante	Tiempo de Exposición	Prevención	Alerta	Emergencia*
PM10	24 Horas	155 - 254	255 - 354	$\geq 355$
O3	8 Horas	139 - 167	168 - 207	$\geq 208$

\*Aplicables a concentraciones mayores o iguales a las establecidas en la columna de emergencia

La resolución 2254 de 2017 también definió el Índice de Calidad del Aire – ICA, como un valor adimensional para reportar el estado de la calidad del aire; en una escala numérica de 0 a 500 dividida en 6 colores, a los cuales hay asociados unos efectos en la salud humana. *Entre más pequeño sea el ICA mejor es la calidad del aire.*

El índice de calidad del aire está enfocado en cinco contaminantes principales o contaminantes criterio: Ozono (O3), material particulado (PM10 y PM2.15), dióxido de azufre (SO2), dióxido de nitrógeno (NO2) y monóxido de carbono (CO).

La tabla 4 describe de forma general el Índice de Calidad del Aire – ICA, entre más bajo sea el ICA menos riesgosa es la contaminación atmosférica. También relaciona los puntos de corte para las concentraciones de 24 horas y 8 horas para los contaminantes PM10 y Ozono respectivamente.

Tabla 4. Descripción del ICA y Puntos de Corte

Rango y Color	Estado de la calidad del Aire	Efectos	Puntos de Corte	
			O3 µg/m3 8 horas	PM10 µg/m3 24 horas
<b>0 – 50 Verde</b>	Buena	La contaminación atmosférica supone un riesgo bajo para la salud.	0 – 106	0 – 54
<b>51 – 100 Amarillo</b>	Aceptable	Posibles síntomas respiratorios en grupos poblacionales sensibles.	107 – 138	55 – 154
<b>101 – 150 Naranja</b>	Dañina a la salud de grupos sensibles	Los grupos poblacionales sensibles pueden presentar efectos sobre la salud. 1) Ozono Troposférico: las personas con enfermedades pulmonares, niños, adultos mayores y las que constantemente realizan actividad física al aire libre, deben reducir su exposición a los contaminantes del aire. 2) Material Particulado: Las personas con enfermedad cardíaca o pulmonar, los adultos mayores y los niños se consideran sensibles y por lo tanto en mayor riesgo.	139 – 167	155 – 254
<b>151 – 200 Rojo</b>	Dañina para la salud	Todos los individuos pueden comenzar a experimentar efectos sobre la salud. Los grupos sensibles pueden experimentar efectos más graves para la salud.	168 – 207	255 – 354
<b>201 – 300 Púrpura</b>	Muy Dañina para la salud	Estado de alerta que significa que todos pueden experimentar efectos más graves para la salud.	208 – 393	355 – 424
<b>301 – 500 Marrón</b>	Peligroso	Advertencia sanitaria. Toda la población puede presentar efectos adversos graves en la salud y están propensos a verse afectados por graves efectos sobre la salud.	394	425 – 604

## 2. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

### 2.1. Evaluación de la cantidad y calidad de los datos.

#### 2.1.1. Porcentaje de captura de datos de los equipos.

Para la presentación de los datos es necesario evaluar la operación de cada equipo que conforman las estaciones del SVCA de la CDMB para determinar el porcentaje de captura de datos de los equipos.

El porcentaje de captura de datos se calcula a partir de la cantidad máxima de datos que se pueden obtener en un periodo determinado (N) y la cantidad de datos recolectados durante este mismo periodo (d), utilizando la siguiente ecuación  $\% \text{ de Captura} = (d/N) * 100$ .

La tabla 5 muestra el porcentaje de datos capturados por los equipos, que son automáticos por tanto registra datos hora a hora los siete días de la semana, los tres trimestres del 2019 corresponden a 273 días, por tanto, teóricamente se debieron haber registrado 6552 datos horarios, sin embargo se presenta que los equipos no registra el 100% del tiempo debido a actividades de mantenimientos o fallas técnicas imprevistas tanto en el equipo de monitoreo como en los equipos de soporte.

*Tabla 5. Porcentaje de Datos Capturados por Equipos*

Estación	Ciudadela	Cabecera	Florida
<b>Equipo</b>	Monitor PM10 BAM 1020	Monitor PM10 BAM 1020	Analizador de Ozono API - 400A
<b>d*</b>	5,808	2,607	5,851
<b>N**</b>	6,552	6,552	6,552
<b>% de Captura</b>	89%	40%	89%

\* Cantidad de datos recolectados

\*\* Cantidad máxima de datos que se pueden obtener

En el caso del equipo monitor PM10 de la estación Cabecera tuvo un desempeño del 40%, por tanto los registros obtenidos por este equipo no se tienen en cuenta en este informe. La no captura de los demás datos se debió a falla de equipos de soporte y el circuito eléctrico desencadenado por el hurto de la unidad condensadora del aire acondicionado.

## 2.1.2. Porcentaje de datos válidos.

Según el Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, el porcentaje de datos válidos empleados para realizar los cálculos de promedios de concentraciones de los contaminantes criterios, las comparaciones con la norma de calidad de aire y la estimación del número de excedencias, no debe ser inferior al 75%.

El porcentaje de datos válidos se calcula de la relación entre la cantidad de datos válidos (V) y la cantidad de datos que debieron ser reportados (N) en un período de tiempo definido, usando la ecuación  $\%Val\_datos = (V/N) * 100$ .

La tabla 6, muestra que los datos que no son aceptables para tener en cuenta en este reporte son los del contaminante PM10 de la estación de Cabecera por no superar el criterio del 75%, el resto cumple y se pueden usar en este reporte de calidad de aire.

Tabla 6. Porcentaje de Datos Válidos por Estación

Estación	Ciudadela	Cabecera	Florida
<b>Equipo</b>	Monitor PM10 BAM 1020	Monitor PM10 BAM 1020	Analizador de Ozono API - 400A
<b>V*</b>	246	112	245
<b>N**</b>	273	273	273
<b>% de Captura</b>	90%	41%	90%

\* Cantidad de datos válidos

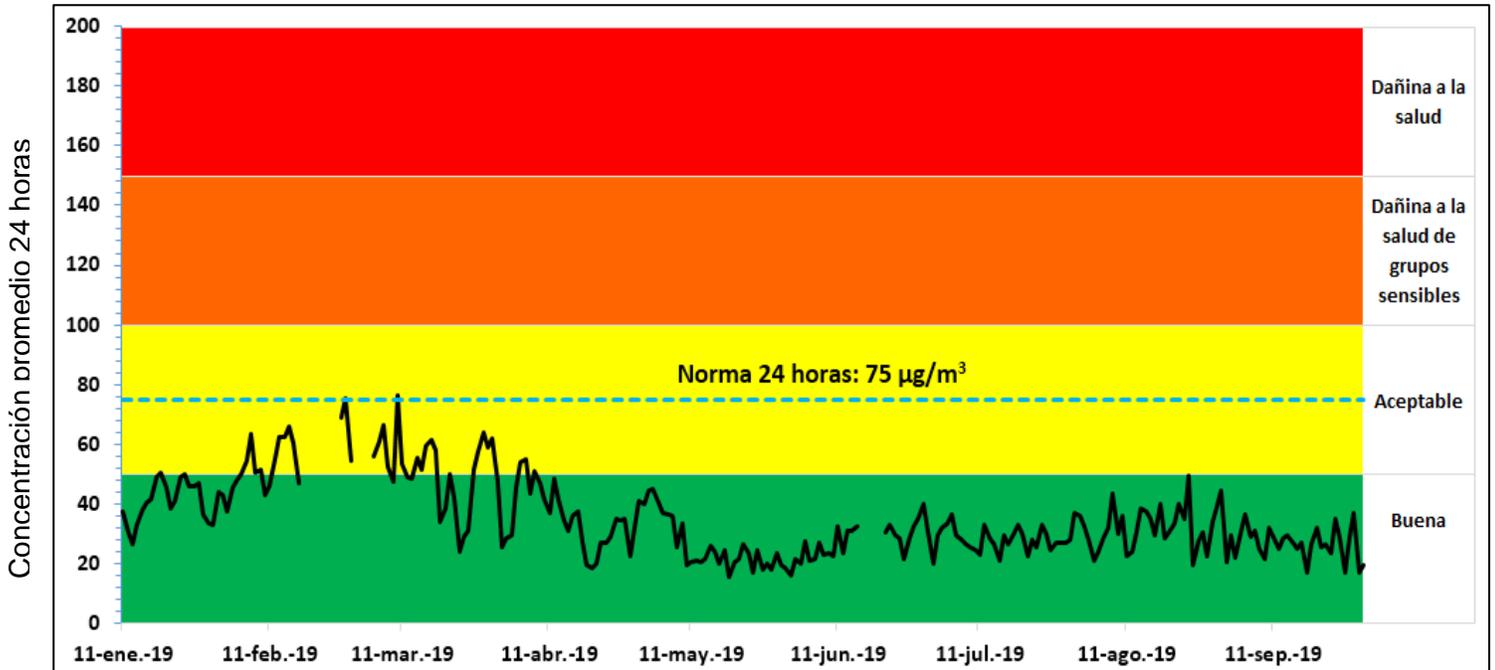
\*\* Cantidad de datos que debieron ser reportados

## 2.2. Comparación de PM10 estación Ciudadela con la norma

Para comparar los valores de concentración obtenidos en el monitoreo de material particulado PM10 con la norma nacional para un tiempo de exposición de 24 horas, se debe calcular el promedio aritmético a partir de los respectivos valores horarios, los cuales deben cumplir con el criterio de representatividad temporal del 75%, es decir, un mínimo de 18 concentraciones horarias por día.

En la figura 1, la gráfica de línea negra presenta la concentración promedio diaria entre enero y septiembre, que compara con el nivel máximo permisible para el tiempo de exposición de 24 horas establecido en la norma, igual a  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Los días no reportados fue por mantenimientos en la estación.

Figura 1. Comparación de concentración promedio diaria de PM10 de Ciudadela con la norma



La concentración de PM10 se presentó en los siguientes rangos:

- Primer trimestre entre 24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 76  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Segundo trimestre entre 16  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 55  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Tercer trimestre entre 17  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Donde en el primer trimestre existieron dos (2) excedencias a la norma los días 27 de febrero de 2019 y 10 de marzo de 2019 por valor de concentración de 75.45  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y 76.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente.

Los niveles de concentración del contaminante PM10 más altos se presentaron en los meses de febrero y marzo, alcanzando el estado de la calidad del aire en aceptable. De igual manera la figura 1 muestra que el estado de la calidad del aire en la zona de influencia de la estación Ciudadela durante el segundo y tercer trimestre fue *buena*.

En la siguiente sección se presentan los registros meteorológicos de esta misma estación, en la que se muestra la relación entre la concentración del PM10 con las precipitaciones acumuladas diarias.

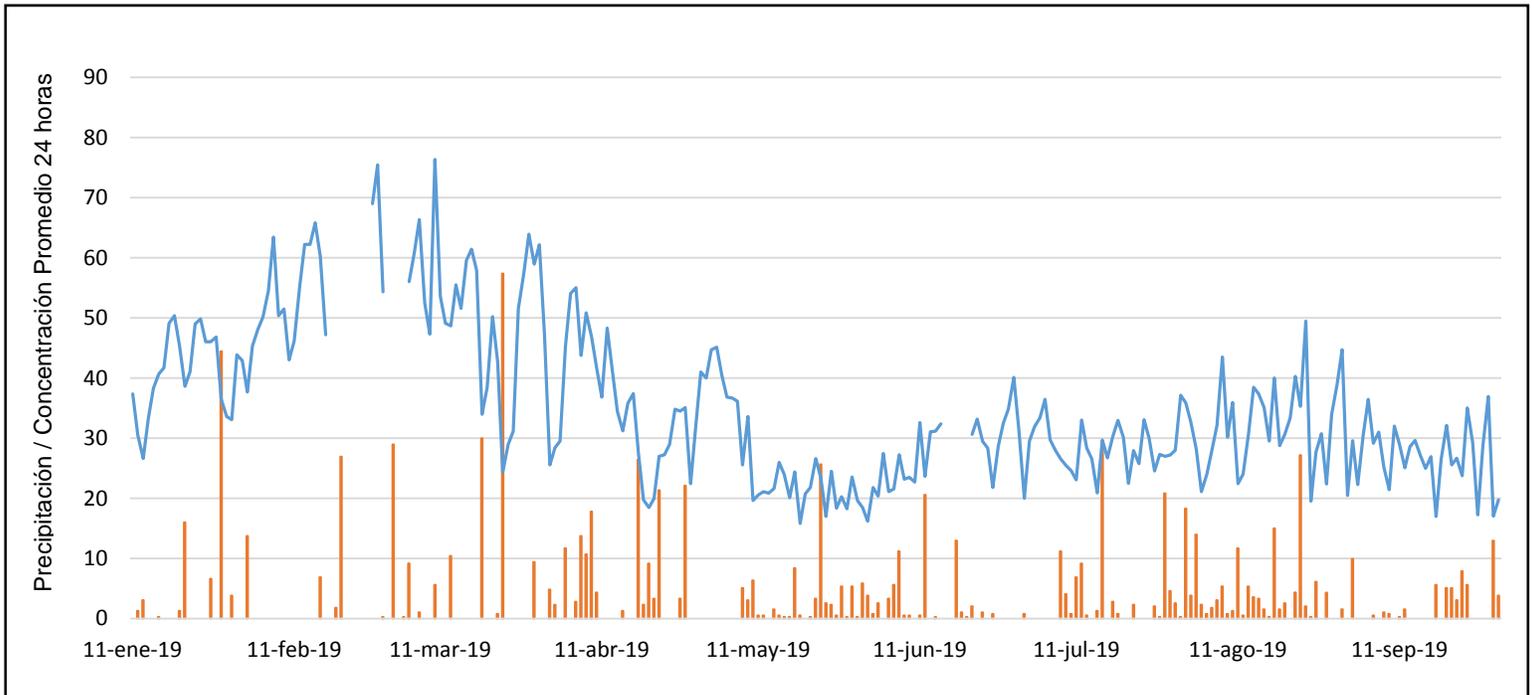
### 2.3. Resultados meteorológicos estación Ciudadela

Algunos fenómenos meteorológicos influyen en el incremento o reducción de los niveles de material particulado atmosférico, por ejemplo la lluvia y el viento.

La lluvia es el proceso más eficiente para la eliminación de los contaminantes de la atmósfera, las lluvias dan lugar a bajos niveles de partículas tanto durante la lluvia como en los periodos tras ella.

En la figura 2 se puede apreciar el efecto de la lluvia en la remoción del contaminante PM10, y el hecho que se presenten mayores concentraciones en los días que no se presentan precipitaciones.

*Figura 2. Relación de remoción del contaminante PM10 por lluvia*

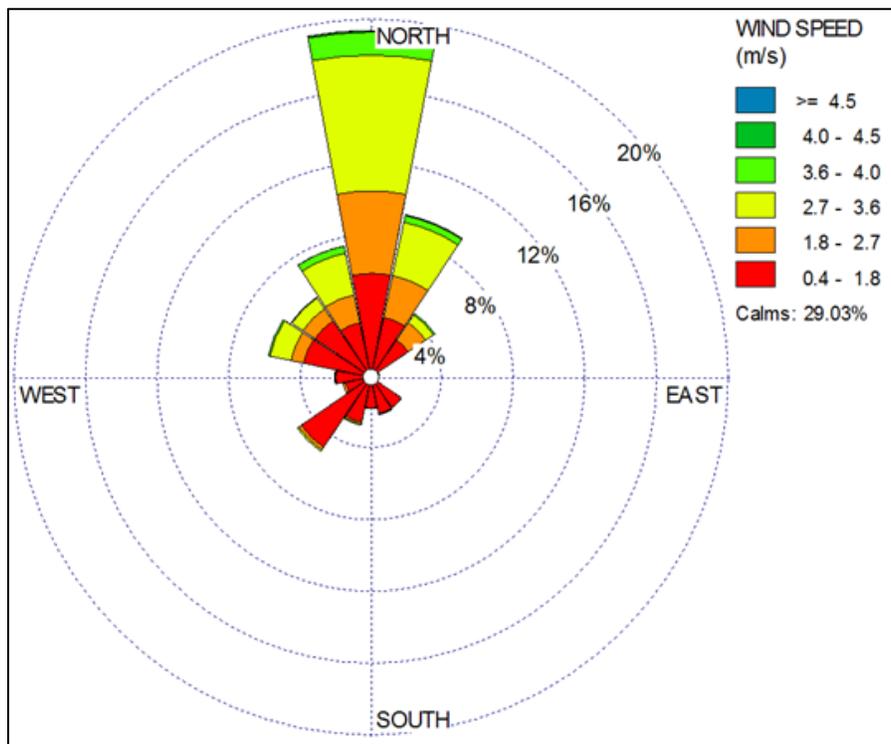


El viento también desempeña un papel significativo en el transporte y dilución de los contaminantes. Cuando la velocidad del viento aumenta, mayor es el volumen de aire que se desplaza por unidad de tiempo, por las zonas donde está localizada una fuente de emisión de contaminantes. En consecuencia la concentración disminuye si la emisión es constante. La velocidad del viento afecta el tiempo de recorrido de los contaminantes entre la fuente y los receptores.

La dispersión de contaminantes en la atmósfera, está influenciada significativamente por la variabilidad de la dirección del viento. Si la dirección del viento es constante, la misma área estará continuamente expuesta a niveles relativamente altos de contaminación. Por otra parte, cuando la dirección del viento es cambiante, los contaminantes serán dispersados sobre un área mayor y las concentraciones resultarán relativamente menores.

En la figura 3 se presenta la velocidad y dirección del viento registrada en la estación Ciudadela, Durante los tres trimestre de 2019 los vientos se desplazaron predominantemente con velocidades entre 0.4 m/s y 1.8 m/s con un 40.9% de representatividad y con dirección del viento predominante desde el Norte con un 19.22% de representatividad, seguidos por calmas con un 29% de representatividad.

Figura 3. Velocidad y Dirección del Viento Estación Ciudadela



El comportamiento de las variables como lluvia acumulada, temperatura promedio, máxima, mínima y humedad promedio para el periodo de enero a septiembre de 2019 se relaciona en la tabla 7, en la que se puede ver que para este periodo el mes de febrero presentó la más baja precipitación, mayor temperatura y menor

humedad, es decir las condiciones propicias para tener mayor concentración de contaminantes en la atmósfera.

Tabla 7. Variables Meteorológicas Estación Ciudadela

REGISTRO MENSUAL						
Mes	Lluvia Acum [mm]	Temp Prom [°c]	Temp Máx [°c]	Temp Min [°c]	Hum Prom [%]	Rad Máx Prom [W/m <sup>2</sup> ]
enero	102.34	24.9	28.4	21.8	77.9	812
febrero	49.53	25.1	28.6	22.3	76.8	842
marzo	152.87	25.0	28.0	22.3	80.9	836
abril	170.64	24.8	28.1	22.2	83.7	843
mayo	78.37	24.8	28.3	22.2	82.6	813
junio	67.53	24.3	28.2	21.2	79.7	750
julio	99.26	24.2	28.5	20.7	77.6	785
agosto	142.14	24.0	28.6	20.4	79.1	793
septiembre	62.94	24.2	28.6	20.5	76.7	827

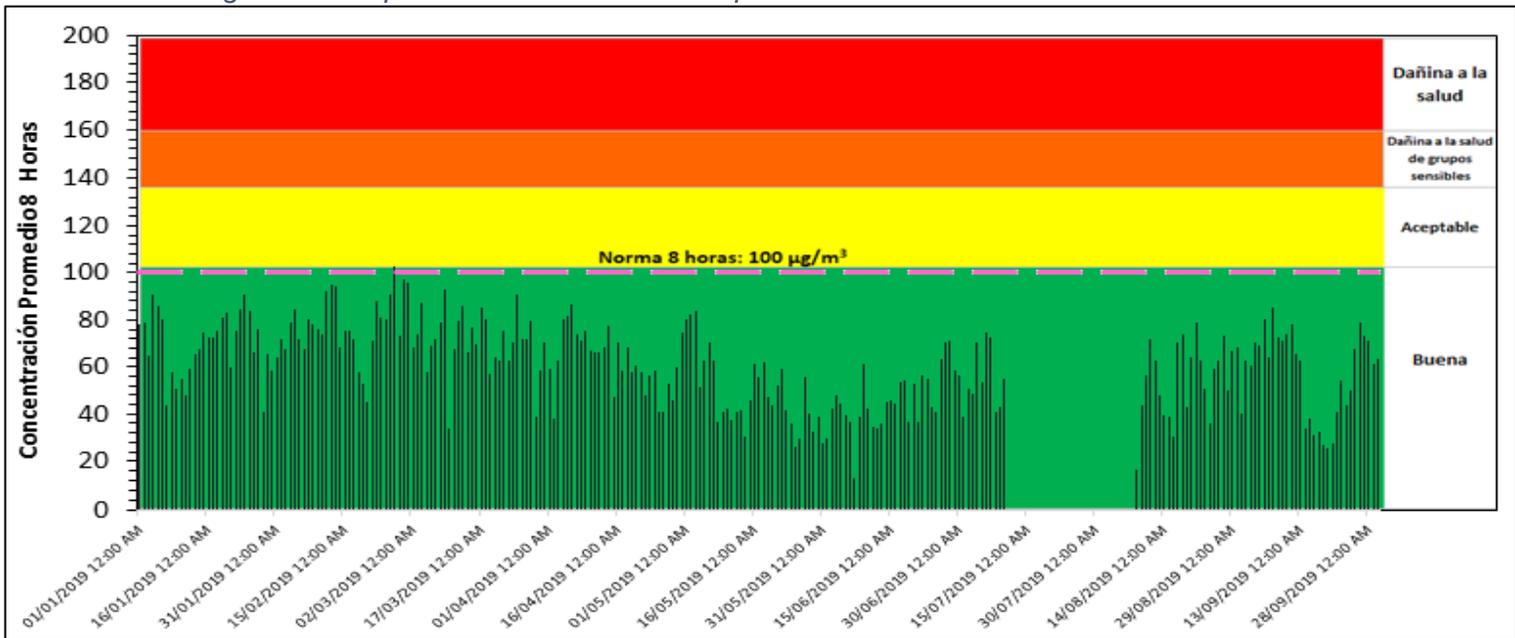
#### 2.4. Comparación de Ozono estación Floridablanca con la norma

La norma de calidad de aire define la concentración máxima permitida de ozono (O<sub>3</sub>) en el aire en el territorio nacional para un tiempo de exposición de 8 horas equivalente a 100 µg/m<sup>3</sup>. Para monitorear este contaminante se requiere de equipos analizadores automáticos ya que solo a través de estos es posible obtener resultados de concentración horarios.

Una vez se tienen los datos horarios de concentración de ozono, deben ser convertidos a condiciones de referencia y finalmente se procede con el cálculo de los promedios móviles de 8 horas, por ejemplo el promedio móvil de las 5 p.m. se calcula del promedio de las concentraciones registradas a las 10 a.m., 11 a.m., 12 p.m., 1 p.m., 2 p.m., 3 p.m., 4 p.m. y 5 p.m. del mismo día, de igual manera se debe tener en cuenta el criterio de representatividad temporal del 75% de los datos, es decir un mínimo de 6 concentraciones horarias válidas. Y son estos valores de promedio móvil los que son comparados con la norma nacional para períodos de tiempo iguales a 8 horas.

La figura 4 compara la concentración de ozono para el periodo entre el enero y septiembre de 2019 (barras) con la norma de 8 horas que equivale a 100 µg/m<sup>3</sup>.

Figura 4. Comparación de concentración promedio 8 horas de Ozono con la norma



Las concentraciones de Ozono durante los tres trimestres se registraron en los siguientes rangos:

- Primer trimestre entre  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $103 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Segundo trimestre entre  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $87 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Tercer trimestre entre  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Donde en el primer trimestre existieron dos (2) excedencias a la misma el día 26 de febrero de 2019 por valor de concentración  $100.85 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $102.85 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a las 5 p.m. y 6 p.m. respectivamente.

El periodo en el que se presentó mayor nivel de concentración fue del 12 de febrero al 01 de marzo de 2019 entre las 4:00 p.m. y las 6:00 p.m., ya que para estas horas se ha calculado la concentración utilizando la media móvil del conjunto de datos registrados entre las 10:00 a.m. y las 6:00 p.m. es decir que son las horas de mayor radiación solar

De igual manera la figura 4 muestra que el estado de la calidad del aire en la zona de influencia de la estación florida durante los tres trimestres fue *buena*.

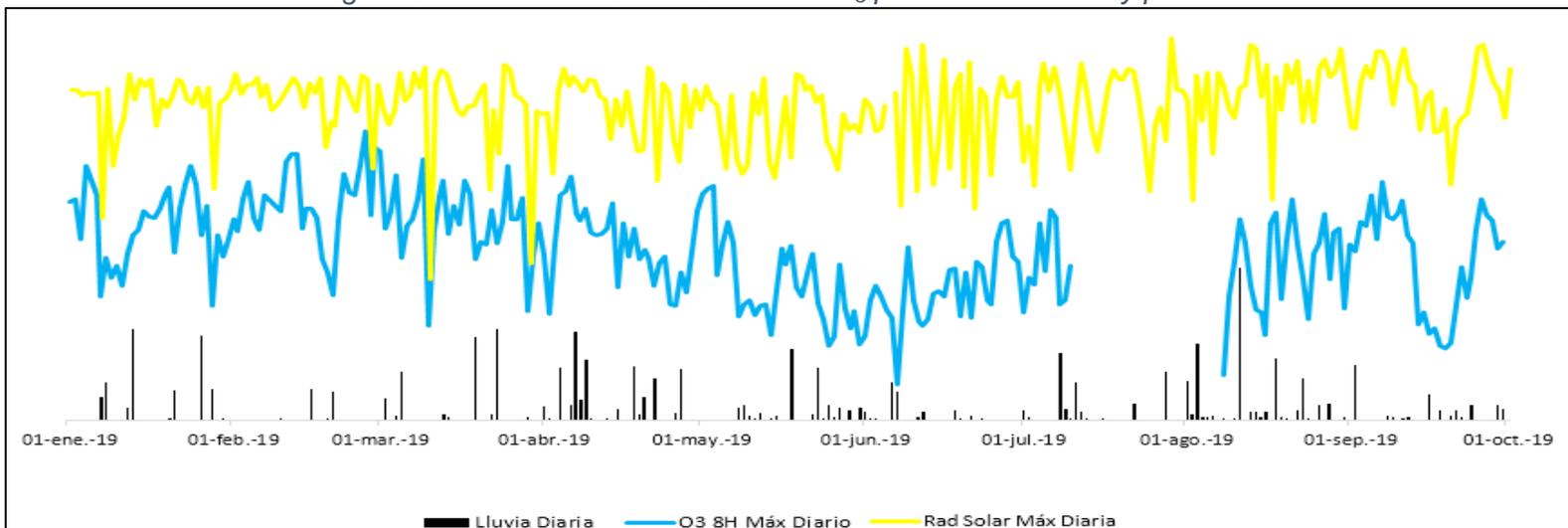
## 2.5. Resultados Meteorológicos Estación Florida

Como se había dicho anteriormente, las condiciones climatológicas influyen mucho en la presencia de contaminantes atmosféricos y los efectos que estos pueden tener. El viento, la radiación solar y la temperatura modifican la dispersión de contaminantes y la realización de determinadas reacciones químicas, es decir el viento contribuye a dispersar los contaminantes, disminuyendo así su concentración, a la vez que el aumento de temperatura acelera ciertas reacciones.

El ozono alcanza sus niveles más altos en los días más calurosos y soleados del año. Cuando las temperaturas son altas, la luz del sol es fuerte y los vientos son débiles, el ozono puede aumentar a niveles más nocivos para la salud.

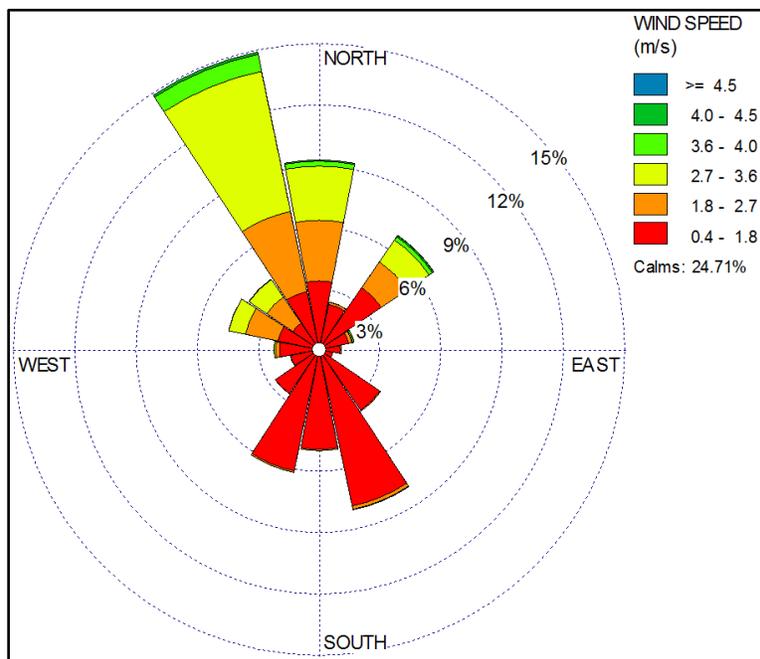
En la figura 5, se ilustra el comportamiento del ozono (concentración promedio móvil 8 horas máximo diario representado con la línea color azul) frente a las variaciones de la radiación solar (máxima diaria representado con línea color amarillo) y las precipitaciones (lluvia acumulada diaria representada con las barras color negro). De la cual se puede apreciar dos cosas, la primera, la relación de proporcionalidad entre la radiación solar y la concentración del contaminante ozono troposférico, lo que comprueba que a mayor radiación y mayor ozono en la atmósfera, y dos la disminución del nivel del ozono en presencia de mayor precipitación, es decir el efecto de remoción por lluvia.

Figura 5. Relación del contaminante de  $O_3$  por radiación solar y por lluvia



En la figura 6 se presenta la velocidad y dirección del viento registrada en la estación Florida, para el primer semestre de 2019 los vientos se desplazaron predominantemente con velocidades entre 0.4 m/s y 1.8 m/s con un 48% de representatividad. Y con una dirección del viento predominante desde el nornoroeste con 14.7% de representatividad, seguidos por calmas con un 24.71% de representatividad.

Figura 6. Velocidad y Dirección del Viento Estación Florida



El comportamiento de las variables como lluvia acumulada, temperatura promedio, máxima, mínima y humedad promedio para el periodo de enero a septiembre de 2019 se relaciona en la tabla 8, en la que se puede ver que los meses de febrero y septiembre de más bajas precipitaciones, mayor temperatura y menor humedad, es decir las condiciones propicias para tener mayor concentración de contaminantes en la atmósfera.

Tabla 8. Variables Meteorológicas Estación Florida

REGISTRO MENSUAL						
Mes	Lluvia Acum [mm]	Temp Prom [°c]	Temp Máx [°c]	Temp Min [°c]	Hum Prom [%]	Rad Máx Prom [W/m <sup>2</sup> ]
enero	113.8	26.0	30.8	21.9	72.2	808
febrero	23.6	26.5	31.2	22.8	70.7	843

marzo	97	26.1	30.5	22.5	74.7	787
abril	161.6	25.5	30.4	21.9	78.5	799
mayo	83.2	25.6	30.6	22.2	77.6	740
junio	40.8	25.5	30.2	22.1	78.2	763
julio	77.2	25.2	30.4	21.6	77.1	809
agosto	172.0	24.8	30.4	21.3	80.1	854
septiembre	61.2	25.2	30.4	21.4	72.5	861

## 2.6. Análisis del Índice de Calidad del Aire

Para iniciar el cálculo del Índice de Calidad del Aire - ICA mensual de PM10 se determina el promedio mensual (promedio aritmético) de concentraciones horarias, se calcula del total de las concentraciones horarias válidas en el mes por estación y para O<sub>3</sub> se determina la concentración máxima de los promedios octohorario para cada mes.

El ICA se define en un rango de 0-500 y se calcula a partir de la ecuación definida en el artículo 21 de la Resolución 2254 de 2017 teniendo en cuenta los puntos de corte relacionados en la tabla No. 6 de esta misma norma.

Entre más alto sea el Índice de Calidad del Aire peor es el estado de la calidad del Aire. La tabla 7 relaciona el ICA de cada mes de las estaciones de ciudadela y florida.

Tabla 9. ICA Mensual para contaminantes Criterios PM10 y Ozono

Estación	CIUDEDELA			FLORIDA		
	PM10			O <sub>3</sub>		
Mes	Concentración Promedio mensual - $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ICA	Estado de la Calidad del Aire	Concentración Máxima mensual - $\mu\text{g}/\text{m}^3$	ICA	Estado de la Calidad del Aire
Enero	41	38	Buena	90	42	Buena
Febrero	54	50	Buena	103	49	Buena
Marzo	51	47	Buena	96	45	Buena
Abril	35	32	Buena	87	41	Buena
Mayo	26	24	Buena	84	39	Buena
Junio	27	25	Buena	71	34	Buena
Julio	28	26	Buena	75	35	Buena
Agosto	32	30	Buena	79	37	Buena
Septiembre	27	25	Buena	85	40	Buena

### 3. CONCLUSIONES

1. De acuerdo a los registros de Material particulado menor a 10 micras (PM10) de la estación de Ciudadela y de Ozono (O3) de la estación de Florida, cumplen con la norma de la calidad del aire, estos contaminantes criterios se encuentra en las concentraciones que no suponen peligro para la salud del ser humano y el ambiente.
2. El comportamiento de las concentraciones de los contaminantes Material particulado menor a 10 micras (PM10) y Ozono (O3) más altas se presentaron durante el primer trimestre del año, sin embargo las concentraciones disminuyeron a partir del mes de abril manteniendo el Índice de Calidad del Aire menor a 41, indicando un Estado de la Calidad del Aire *Bueno* durante el resto del año.
3. Aunque el número de excedencias de la norma de calidad de aire no son representativos si son indicadores de alertas para que en el Área Metropolitana Bucaramanga se desarrollen políticas de prevención o campañas pedagógicas que puedan contrarrestar el aumento del Índice de Calidad de Aire en las épocas secas.

### 4. REFERENCIAS

Resolución No 2257. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bogotá D.C., Colombia, 01 de noviembre de 2017

Resolución No 910. Ministerio De Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Bogotá D.C., Colombia, 05 de junio de 2008

Departamento Nacional de Planeación. (2018, 31 de julio). *Política para el Mejoramiento de la Calidad Del Aire* (Documento CONPES 3943). Bogotá D.C., Colombia: DNP.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. *Manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire*. Bogotá, Octubre 2010.