



INFORME MENSUAL DE CALIDAD DEL AIRE EN EL DISTRITO DE RIOHACHA, LA GUAJIRA

ENERO DE 2020

EIDER JOSÉ GÁMEZ FRÍAS
Profesional Especializado

Riohacha, La Guajira



Carrera. 7 No 12 -15
Teléfonos: (5) 7282672 / 7275125 / 7286778 Telefax (5)7274647
www.corpoguajira.gov.co
Laboratorio: (5)728 5052
Fonseca: Teléfonos: (5) 775 6500
Línea de Atención gratuita:01 8000 954321
Riohacha, La Guajira – Colombia.

1. INTRODUCCIÓN

El distrito de Riohacha es la capital del departamento de La Guajira. Es el segundo municipio con mayor extensión territorial en el departamento y principal por constituir un vasto engranaje de entidades públicas, bancos y entidades financieras; instituciones culturales, educativas, escenarios deportivos y su sector comercial. Cuenta con una población aproximada de 278000 habitantes distribuida en 15 corregimientos, 8 resguardos indígenas y su cabecera municipal que se ensancha alejándose de la costa.

La calidad del aire del distrito se encuentra influenciada directamente por los aerosoles marinos, material particulado proveniente de zonas desérticas del departamento y que es arrastrado por las altas velocidades del viento que predominan en la zona y por el incremento incontrolado del parque automotor. Lo anterior ha conllevado a un aumento progresivo en la concentración de gases en el aire (monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos, oxidantes fotoquímicos, etc.), al igual que el material particulado (PM10 y PM2.5) y ruido de carácter ambiental, extremando condiciones de contaminación y estrés en algunos pobladores.

La Corporación Autónoma Regional de La Guajira (CORPOGUAJIRA) como máxima autoridad ambiental del departamento incluyó el Proyecto “14. Calidad del Aire” dentro del Plan de Acción 2016 - 2019 “Prosperidad, Paz y Sostenibilidad” aprobado por el Consejo Directivo. Con base en esto, durante los últimos años ha venido ejecutando campañas de monitoreo de calidad del aire en el distrito de Riohacha que permitan conocer el comportamiento de los contaminantes atmosféricos, principalmente el material particulado menor de 10 micras (PM10) y así cumplir con lo requerido en el numeral 5.3. “SVCA TIPO II: BÁSICO” del manual de diseño del Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire (establecido mediante Resolución 2154 de 2010), el cual exige la implementación de SVCA tipo II en poblaciones mayores o iguales a 150.000 habitantes y menores a 500.000 habitantes. Las citadas campañas de monitoreo permitirán generar información primaria que coadyuve a la toma oportuna de decisiones.

El presente informe contiene los resultados de la calidad del aire obtenidos durante los monitoreos realizados en el periodo comprendido entre el 21 de diciembre de 2019 y el 31 de enero de 2020 en el distrito de Riohacha, La Guajira. Los muestreos fueron ejecutados por la empresa K2 Ingeniería S.A.S. en el marco del contrato de consultoría 0068 de 2019 cuyo objeto es el “Fortalecimiento del Sistema Especial de Vigilancia de la Calidad del Aire primera etapa, en el departamento de La Guajira”

2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

El principal objetivo de un Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire es medir la cantidad presente de contaminantes atmosféricos de determinadas regiones o áreas en un periodo de tiempo determinado.

Para el caso del distrito de Riohacha, con el monitoreo de material particulado menor de 10 micras (PM10) se pretenden atender los siguientes objetivos:

- Determinar el estado de la calidad del aire en tres (3) sitios de monitoreo ubicados en el distrito de Riohacha mediante el análisis de las muestras obtenidas y el comportamiento de los niveles de concentración promedio de PM10 y su relación con las principales fuentes de emisión.
- Verificar el cumplimiento de las concentraciones de PM10 obtenidos en el monitoreo respecto a lo estipulado en la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).



3. GENERALIDADES

- 3.1. Ubicación geográfica de estaciones, entorno y Resumen de la ficha técnica de las estaciones: En el presente numeral son descritas cada una de las estaciones definidas, ubicadas y puestas en operación, especificando su georreferenciación en coordenadas geográficas Magna Sirgas y coordenadas planas Magna Sirgas Colombia Oeste, un registro fotográfico, descripción de la ubicación, equipos utilizados, periodo de medición y contaminantes monitoreados.



Figura 1. Ubicación de las estaciones de monitoreo en Riohacha (Fuente: Adaptado de Google Earth).

Tabla 1. Descripción técnica de las estaciones de monitoreo de calidad del aire

| ESTACIÓN 1 | | Nombre: | I.C.B.F. |
|------------|---|---------------------|--|
| | 23/01/2020 13:43:30 N 11° 32' 19.381", W 72° 55' 1.442" Altitud: 11.5 meter Velocidad: 0.5km/h Monitoreo CA Estacion ICBF_CPG | Coordenadas: | N: 11°32'19.38" W: 72°55'1.44" X= 1771127.576m Y= 1454208.661m |
| | | Altitud: | 13 msnm |
| | | Equipos: | Hi Vol |
| | | Contaminantes: | PM10. |
| | | Descripción | Localizada sobre la azotea de la sede del I.C.B.F en Riohacha, sobre la esquina de la Carrera 15 con calle 15. |
| | | Tiempo de medición: | 4 meses |
| | | Fecha de Inicio: | 21/12/2019 |
| | | Fuentes de emisión: | Equipo ubicado en un punto crítico donde concurren dos de las principales arterias viales, por ende, el alto tráfico vehicular, liviano y pesado, es quizás la principal fuente de emisión de material particulado PM10. |

| ESTACIÓN 2 | | Nombre: | Cámara de Comercio | |
|--|--|---------------------|--|-------------------------------------|
|  | | Coordenadas: | N: 11°32'50.85"S X= 1772113.293 m | W: 72°54'24.50"E Y= 1455316.587m |
| | | Altitud: | 8 msnm | |
| | | Equipos: | Hi Vol | |
| | | Contaminantes: | PM10. | |
| | | Descripción | Ubicada sobre la azotea del edificio de la Cámara de Comercio, localizado en el centro de la ciudad, una zona con alto movimiento comercial y con tráfico vehicular liviano constate. | |
| | | Tiempo de medición: | 4 meses | |
| | | Fecha de Inicio: | 21/12/2019 | |
| | | Fuentes de emisión: | Las principales fuentes de emisión corresponden al flujo vehicular liviano que transita por las carreras quinta y sexta de la ciudad, así como por la calle 11. De igual forma la presencia de restaurantes en la zona, se consideran una fuente importante de emisión de material particulado. | |
| ESTACIÓN 3 | | Nombre: | UNIGUAJIRA | |
|  | | Coordenadas: | N: 11°30'44.24"S X= 1768269.975m | W: 72°52'16.93"E Y= 1459248.907m |
| | | Altitud: | 15 msnm | |
| | | Equipos: | Hi Vol | |
| | | Contaminantes: | PM10. | |
| | | Descripción | Se localiza en las afueras de la ciudad de Riohacha, al interior de los predios de la Universidad de La Guajira, localizada sobre el Km5 vía Riohacha - Maicao. | |
| | | Tiempo de medición: | 4 meses | |
| | | Fecha de Inicio: | 21/12/2019 | |
| | | Fuentes de emisión: | La estación es considerada como estación de fondo (alejada del mayor número de focos de contaminación), ubicada en este punto con el fin de obtener medidas de fondo a nivel local. Está influenciada por actividades de construcción cercanas, levantamiento de material particulado por acción del viento en predios destapados adyacentes y en menor proporción el tráfico vehicular que fluye por la vía primaria Riohacha – Maicao. | |

- 3.2. Tecnologías de medición de las estaciones: Los equipos de monitoreo usados en el distrito de Riohacha son de tecnología manual en donde se toman muestras cada tercer día que son analizadas en el laboratorio del SEVCA ubicado en La Territorial Sur de CORPOGUAJIRA, en el municipio de Fonseca, para generar resultados que luego son compilados en informes de calidad del aire.

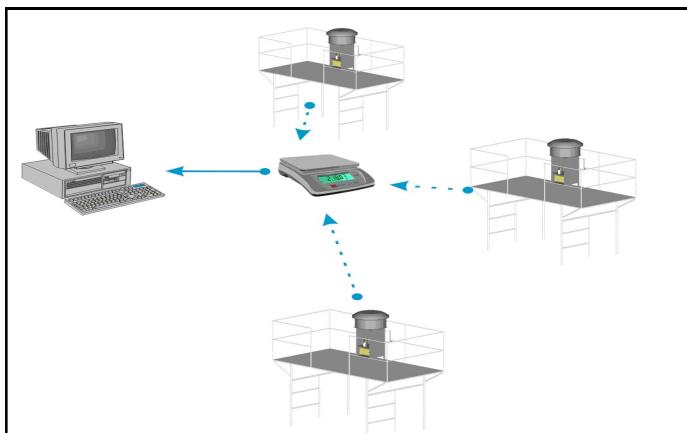


Figura 2. Esquema de un SEVCA manual. (Fuente: Manual de Operaciones de SVCA).

- 3.3. Contaminantes evaluados: El material particulado menor de 10 micras (PM10) es el único contaminante evaluado en todas las estaciones de monitoreo ubicadas en el distrito de Riohacha. El monitoreo se realiza con base en el método de referencia para la determinación de material particulado como PM10 en la atmósfera: EPA e - CFR Titulo 40, parte 50, apéndice J.

El muestreo está a cargo de K2 Ingeniería S.A.S., empresa que se encuentra acreditada ante el IDEAM para realizar este tipo de estudios, mediante la resolución de renovación 1695 del 4 de agosto de 2016, con extensión de variables de la acreditación anterior, mediante las resoluciones 0232 del 5 de febrero de 2017 y resolución 1313 del 16 de junio de 2017.

- 3.4. Tecnologías de monitoreo utilizadas: Todos los equipos tienen tecnología manual. El monitoreo de material particulado se realiza mediante un equipo muestreador de alto volumen (Hi-Vol), el cual se compone básicamente de una bomba de succión, un portafiltros, un registrador de flujo y un programador de tiempo de muestreo (Timer), todo esto se halla cubierto con una coraza de protección, diseñada aerodinámicamente para retener el material particulado deseado.

El diseño del equipo permite que las partículas de diámetro menor o igual a diez micras ($10\mu\text{m}$) sigan las líneas de la corriente de flujo de aire dirigiéndose a los tubos inyectores, mientras las partículas de tamaño, con suficiente inercia salen de las líneas de flujo impactando contra el plato. Para operar correctamente, este equipo debe hacer pasar aire ambiente por el filtro a una tasa de flujo determinada. Cuando se opera en este rango de flujo, las muestras pueden ser colectadas por períodos de 24 horas (± 1 hora). La concentración de la masa de las partículas suspendidas se calcula por medio de la diferencia en pesos del filtro antes y después del muestreo y del total del flujo de aire muestreado.

4. NORMATIVIDAD APLICABLE AL MONITOREO

- 4.1. Resolución 2254 de 2017 del MADS: Establece los estándares de regulación de Calidad de Aire para los contaminantes criterio en la atmósfera; dichos estándares de exposición para PM10 se encuentran relacionados en la Tabla Nº 1 del Artículo Nº 2 de la norma en mención, y que, y ya para efectos del presente estudio es el contaminante objeto de evaluación, en la siguiente tabla se relacionan límites permisibles para cada tiempo de exposición.



Tabla 2. Niveles máximos permisibles para PM10 en el aire.

| Contaminante | Nivel Máximo Permisible ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Tiempo de Exposición |
|--------------|--|----------------------|
| PM10 | 50 | Anual |
| | 75 | 24 horas |

Fuente: Resolución 2254 de 2017 (MADS).

- 4.2. Resolución 650 del 29 de marzo de 2010 del hoy MADS: La Resolución 650 del 29 de marzo de 2010 "Por la cual se adopta el protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire". El protocolo establece las directrices, metodologías y procedimientos necesarios para llevar a cabo las actividades de monitoreo y seguimiento de la calidad del aire en el territorio nacional.
- 4.3. Resolución 2154 del 2 de noviembre de 2010 del hoy MADS: La Resolución 2154 del 2 de noviembre de 2010 "Por la cual se ajusta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire adoptado a través de la Resolución 650 de 2010 y se adoptan otras disposiciones. Este protocolo está compuesto por el Manual de Diseño de SVCA y el Manual de Operación de SVCA.

5. RESULTADOS DE LOS MONITOREOS CALIDAD DEL AIRE

- 5.1. Gráficas de evolución diaria de la concentración del contaminante y comparación con la norma: Durante el periodo evaluado (21 de diciembre de 2019 a 31 de enero de 2020) se programaron 15 muestras en cada una de las 3 estaciones ubicadas en Riohacha, para un total de 45 muestras (12 en diciembre de 2019 y 33 en enero de 2020). Todas las muestras fueron tomadas y validadas.

La Figura 3 presenta gráficamente las concentraciones diarias en cada estación, su comportamiento con respecto a la precipitación presentada en la zona y la confrontación con el valor límite normativo diario para este contaminante.

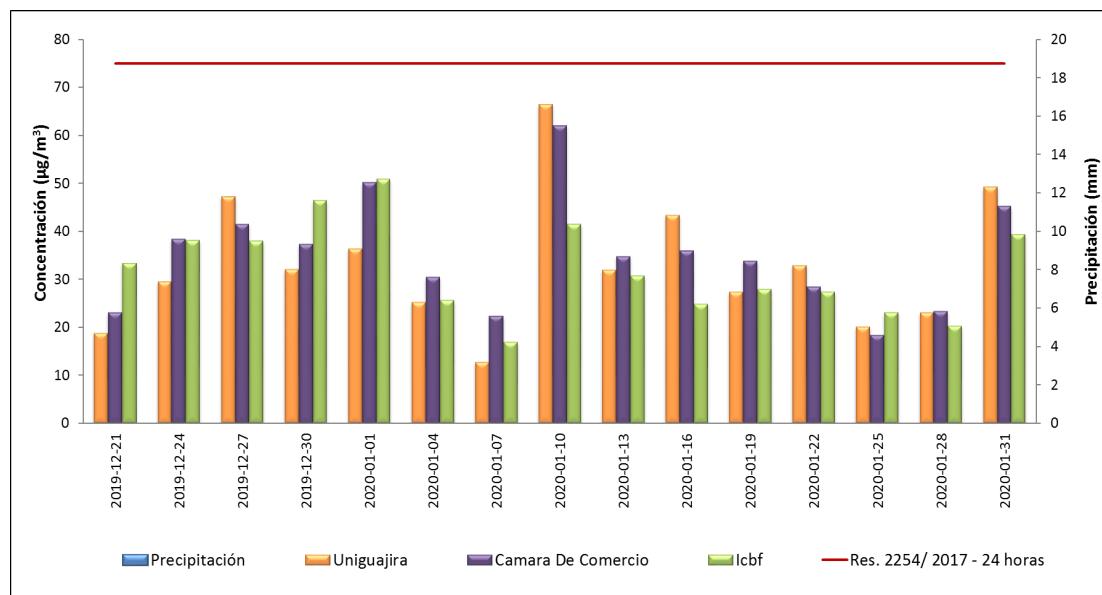


Figura 3. Comportamiento diario del PM10 Vs Norma diaria y Precipitación en el periodo.

Las mayores concentraciones de PM10 se registraron en las estaciones Cámara de Comercio y UNIGUAJIRA, el mismo día. La concentración más alta del periodo de monitoreo fue 66,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrada en la estación UNIGUAJIRA el día 10 de enero de 2020. Ya que esta estación figura como estación de fondo, posiblemente este dato fue influenciado por actividades atípicas en las cercanías de la estación (obras civiles en la intervención de la carretera que comunica Riohacha con el municipio de Maicao), a pesar de esto, todas las concentraciones obtenidas durante el periodo son menores al límite máximo permisible de 24 horas, establecido en la Resolución 2254 de 2017, equivalente a 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

- 5.2. Gráficas del promedio anual de PM10 y comparación con la norma: Tabla 3 y Figura 4 se detallan los resultados del promedio anual de las concentraciones de PM10 con datos del periodo evaluado (21 de diciembre de 2019 a 31 de enero de 2020) en el monitoreo ejecutado en el distrito de Riohacha.

Cabe enunciar que, aunque no se ha obtenido la representatividad \geq al 75% de datos válidos para poder comparar con la Norma anual de calidad del aire (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) establecida en la Resolución 2254 de 2017; se optó por realizar una comparación indicativa para conocer la evolución de concentraciones en cada estación a medida que transcurre el año, lo cual permitirá conocer la tendencia al cumplimiento de la Norma Anual y tomar los correctivos que sean necesarios y pertinentes.

Tabla 3. Representatividad y promedio anual indicativo de PM10 en el monitoreo de Riohacha.

| Estación | % Representatividad (debe ser \geq 75%) | Promedio Anual Indicativo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Noma Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) |
|--------------------|--|---|--|
| UNIGUAJIRA | 12,5 | 33,1 | 50,0 |
| Cámara de Comercio | 12,5 | 35,0 | |
| I.C.B.F. | 12,5 | 32,2 | |

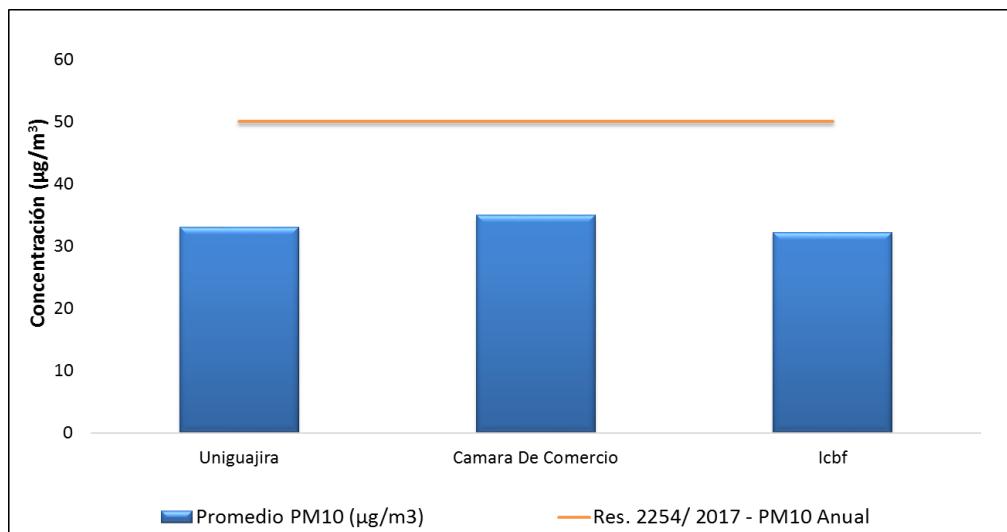


Figura 4. Promedio anual indicativo de PM10 para el 2020 en el SEVCA.

El comportamiento en las tres estaciones fue constante y estable, con el menor promedio en la estación I.C.B.F con 32,2, seguida de la estación de fondo (UNIGUAJIRA) con 33,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y Cámara de Comercio con 35,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente. La estación Cámara de Comercio se localiza en un punto céntrico de

la ciudad, donde aparte del tráfico rodado, negocios de comidas dispersos significan una fuente de material particulado respirable.

- 5.3. **Resultados estadísticos:** En la Tabla 4 se describe la distribución estadística de los niveles de inmisión de PM10 reportados por las estaciones de calidad del aire. De igual forma la Figura 5 representa la distribución de los datos en un diagrama de cajas para cada estación.

Tabla 4. Resultados estadísticos para enero de 2020.

| Descriptor | UNIGUAJIRA | Cámara De Comercio | I.C.B.F. |
|--|------------|--------------------|------------|
| Numero de datos (n) | 15 | 15 | 15 |
| Promedio Aritmético (X) | 33,1 | 35,0 | 32,2 |
| Valor más alto registrado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 66,4 | 61,9 | 50,8 |
| Día de registro | 01/10/2020 | 01/10/2020 | 01/01/2020 |
| Desviación estándar (S) | 13,9 | 11,7 | 9,8 |
| Parámetro de Distribución T | 2,1 | 2,1 | 2,1 |
| Intervalo de confianza para la media (95%) μ_1 | 25,4 | 28,5 | 26,8 |
| Intervalo de confianza para la media (95%) μ_2 | 40,7 | 41,4 | 37,7 |
| Mediana | 31,9 | 34,8 | 30,7 |
| Percentil 25 | 24,1 | 25,8 | 25,2 |
| Percentil 75 | 39,8 | 39,9 | 38,7 |

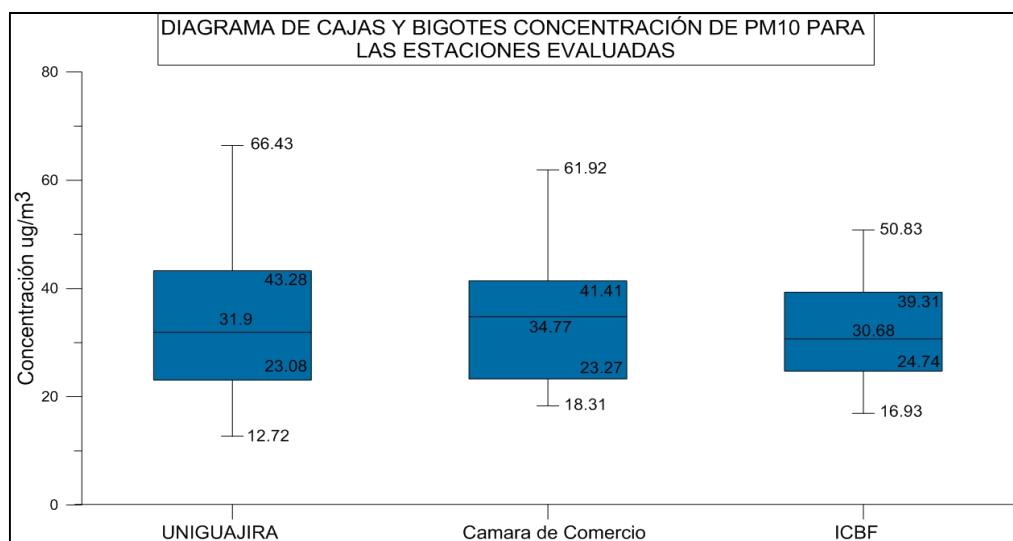


Figura 5. Diagrama de cajas de contaminantes evaluados – PM10.

De la anterior figura se puede interpretar que existe una mayor dispersión de los datos en la estación UNIGUAJIRA y la menor en la estación I.C.B.F., las tres estaciones por otra parte presentan distribuciones regulares, sin embargo, se realizará seguimiento a la evolución de los datos en la estación de fondo ya que la misma presenta alrededor del 50% de los datos en el cuartil superior.

5.4. Resultados consolidados: Los resultados consolidados del periodo evaluado se observan en la Tabla 5, donde se aprecian las concentraciones diarias por estación, la variación de los datos y su comparación con la norma diaria.

Tabla 5. Resultados consolidados (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

| Fecha de muestreo | UNIGUAJIRA | Cámara de Comercio | I.C.B.F. | Norma diaria PM10 |
|-------------------|-------------|--------------------|-------------|-------------------|
| 2019/12/21 | 18,8 | 23,1 | 33,3 | 75,0 |
| 2019/12/24 | 29,4 | 38,4 | 38,1 | |
| 2019/12/27 | 47,3 | 41,4 | 38,0 | |
| 2019/12/30 | 32,1 | 37,3 | 46,3 | |
| 2020/01/01 | 36,4 | 50,1 | 50,8 | |
| 2020/01/04 | 25,2 | 30,4 | 25,6 | |
| 2020/01/07 | 12,7 | 22,3 | 16,9 | |
| 2020/01/10 | 66,4 | 61,9 | 41,4 | |
| 2020/01/13 | 31,9 | 34,8 | 30,7 | |
| 2020/01/16 | 43,3 | 35,9 | 24,7 | |
| 2020/01/19 | 27,4 | 33,8 | 27,9 | |
| 2020/01/22 | 32,9 | 28,4 | 27,3 | |
| 2020/01/25 | 20,0 | 18,3 | 23,0 | |
| 2020/01/28 | 23,1 | 23,3 | 20,2 | |
| 2020/01/31 | 49,2 | 45,2 | 39,3 | |
| Máximo | 66,4 | 61,9 | 50,8 | |
| Mínimo | 12,7 | 18,3 | 16,9 | |

5.5. Cálculo de Índice de Calidad del Aire (ICA) para cada estación: Con base en el Artículo 19 de la Resolución 2254 de 2017, la descripción del Índice de Calidad del Aire se establece en la Tabla 6. El Índice de Calidad del Aire (ICA) para cada estación se puede observar en la Tabla 7.

Tabla 6. Descripción general del Índice de Calidad del Aire.

| Rango | Color | Estado de la calidad del aire | Efectos |
|---------|----------|---------------------------------------|--|
| 0-50 | Verde | Buena | La contaminación atmosférica supone un riesgo bajo para la salud. |
| 51-100 | Amarillo | Aceptable | Posibles síntomas respiratorios en grupos poblacionales sensibles. |
| 101-150 | Naranja | Dañina a la salud de grupos sensibles | Los grupos poblaciones sensibles pueden presentar efectos sobre la salud. 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. |
| 151-200 | Rojo | 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. |
| 201-300 | Púrpura | Muy Dañina para la salud | Estado de alerta que significa que todos pueden experimentar efectos más graves para la salud. |
| 301-500 | Marrón | Peligroso | Advertencia sanitaria. Toda la población puede presentar efectos adversos graves en la salud humana y están propensos a verse afectados por graves efectos sobre la salud. |



Tabla 7. Cálculo del Índice de Calidad del Aire (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

| Fecha de muestreo | UNIGUAJIRA | Cámara de Comercio | I.C.B.F. |
|-------------------|------------|--------------------|----------|
| 2019/12/21 | 17,4 | 21,4 | 30,8 |
| 2019/12/24 | 27,2 | 35,6 | 35,3 |
| 2019/12/27 | 43,8 | 38,3 | 35,2 |
| 2019/12/30 | 29,7 | 34,5 | 42,9 |
| 2020/01/01 | 33,7 | 46,4 | 47,0 |
| 2020/01/04 | 23,3 | 28,1 | 23,7 |
| 2020/01/07 | 11,8 | 20,6 | 15,6 |
| 2020/01/10 | 56,6 | 54,4 | 38,3 |
| 2020/01/13 | 29,5 | 32,2 | 28,4 |
| 2020/01/16 | 40,1 | 33,2 | 22,9 |
| 2020/01/19 | 25,4 | 31,3 | 25,8 |
| 2020/01/22 | 30,5 | 26,3 | 25,3 |
| 2020/01/25 | 18,5 | 16,9 | 21,3 |
| 2020/01/28 | 21,4 | 21,6 | 18,7 |
| 2020/01/31 | 45,6 | 41,9 | 36,4 |

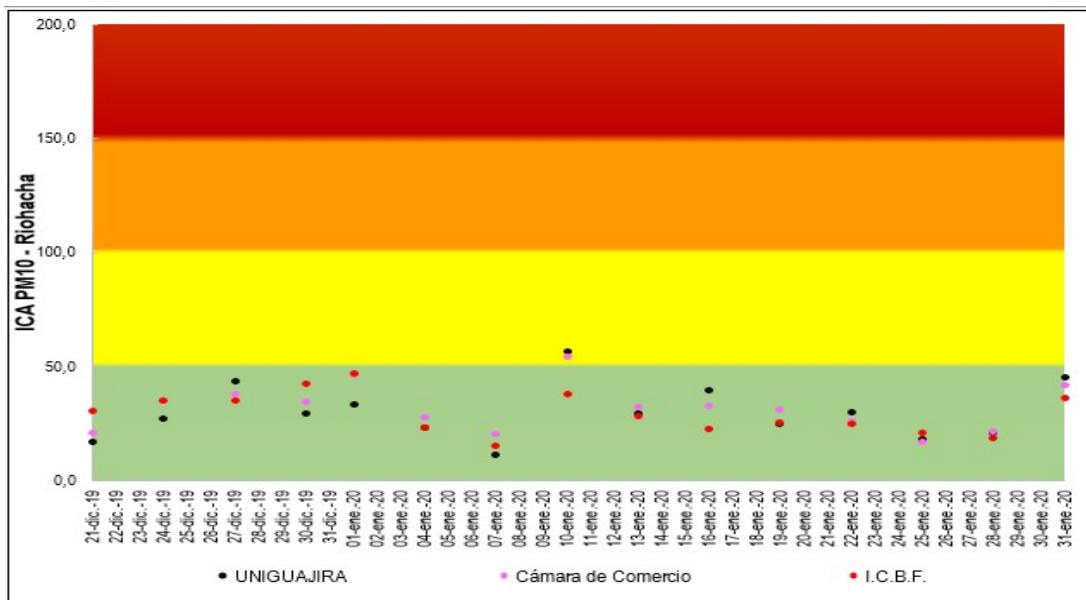


Figura 6. ICA en Riohacha para el periodo evaluado.

El 95,6% de los datos validados en el periodo indicaron un buen estado de la calidad del aire, mientras el 4,4% (2 monitoreos) registraron una calidad de aire aceptable. Se puede decir que la calidad del aire fue buena, sin embargo, se presentó algún evento no identificado el 10 de enero de 2020 que influenció sobre los resultados de UNIGUAJIRA y Cámara de Comercio.

5.6. Análisis de datos atípicos: Durante el periodo se presentaron dos datos atípicos en el monitoreo del 10 de enero de 2020, en las estaciones UNIGUAJIRA y Cámara de Comercio. Para el caso de UNIGUAJIRA situada como estación de fondo, presento el mayor valor de concentración del periodo de monitoreo con un valor de 66,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; este dato es importante ya que al ser la estación más alejada de las principales fuentes de emisión es teóricamente atípico que se presente la mayor concentración en la misma, por lo que se hará seguimiento a la evolución temporal de los datos en este punto.

6. METEOROLOGÍA DEL PERÍODO

Para el análisis de parámetros meteorológicos realizado en el presente informe se tomaron los datos de la estación meteorológica del Aeropuerto Almirante Padilla de la ciudad de Riohacha. En el presente capítulo se analizan las condiciones meteorológicas registradas durante el periodo de medición; en ese sentido, esta información nos permite determinar predominancias en velocidad y dirección del viento para establecer la dirección y grado de dispersión del material particulado en la atmósfera. De igual forma, permite el análisis de la precipitación de la zona, para determinar si existe o no, remoción húmeda (lavado atmosférico). La combinación de otros aspectos como humedad relativa y datos de superficie como temperatura permiten estimar la estabilidad atmosférica. En la Tabla 8 se presenta la ubicación de la estación meteorológica y su representatividad para el presente estudio.

Tabla 8. Localización estación meteorológica.

| Nombre de la estación | Sistema Magna Sirgas | | Sistema Magna Sirgas Colombia Oeste | |
|------------------------------|----------------------|-----------------|-------------------------------------|-----------------|
| | Coordenada N | Coordenada W | X (m) | Y (m) |
| Aeropuerto Almirante Padilla | N: 11°31'41.72" | W: 72°55'3.82 " | X=1769966.500m | Y=1454153.237 m |



Figura 7. Localización Estación Meteorológica Vs Estaciones Calidad de Aire

En la Tabla 9 se muestran los datos diarios obtenidos a partir de la estación meteorológica, en ella se muestra el valor promedio de: velocidad del viento, temperatura y humedad relativa, así como la precipitación acumulada la cual fue de cero en el periodo de monitoreo.

Tabla 9. Resumen de los parámetros meteorológicos de muestreo – Estación Aeropuerto Almirante Padilla.

| Fecha | Temperatura (°C) | Precipitación (mm) | Velocidad del viento (m/s) | Humedad (%) |
|------------|------------------|--------------------|----------------------------|-------------|
| 21/12/2019 | 28,48 | 0.0 | 4,4 | 63,0 |
| 22/12/2019 | 28,52 | 0.0 | 4,5 | 63,2 |
| 23/12/2019 | 28,18 | 0.0 | 4,6 | 64,2 |
| 24/12/2019 | 27,25 | 0.0 | 2,8 | 75,3 |
| 25/12/2019 | 26,30 | 0.0 | 2,0 | 84,0 |
| 26/12/2019 | 26,40 | 0.0 | 2,4 | 84,3 |
| 27/12/2019 | 27,03 | 0.0 | 2,7 | 79,3 |
| 28/12/2019 | 28,02 | 0.0 | 3,1 | 67,2 |
| 29/12/2019 | 27,91 | 0.0 | 3,4 | 61,2 |
| 30/12/2019 | 26,43 | 0.0 | 3,1 | 69,4 |
| 31/12/2019 | 26,16 | 0.0 | 3,0 | 71,7 |
| 01/01/2020 | 26,24 | 0.0 | 2,6 | 66,7 |
| 02/01/2020 | 26,67 | 0.0 | 3,4 | 62,2 |
| 03/01/2020 | 27,30 | 0.0 | 3,8 | 58,7 |
| 04/01/2020 | 26,89 | 0.0 | 3,5 | 66,5 |
| 05/01/2020 | 25,50 | 0.0 | 2,7 | 75,7 |
| 06/01/2020 | 25,45 | 0.0 | 2,7 | 75,5 |
| 07/01/2020 | 25,77 | 0.0 | 3,7 | 75,3 |
| 08/01/2020 | 27,39 | 0.0 | 3,0 | 63,9 |
| 09/01/2020 | 27,00 | 0.0 | 3,9 | 56,3 |
| 10/01/2020 | 27,52 | 0.0 | 5,5 | 58,3 |
| 11/01/2020 | 27,72 | 0.0 | 6,4 | 57,1 |
| 12/01/2020 | 27,70 | 0.0 | 5,9 | 56,3 |
| 13/01/2020 | 27,95 | 0.0 | 6,0 | 54,8 |
| 14/01/2020 | 27,03 | 0.0 | 4,9 | 59,7 |
| 15/01/2020 | 27,60 | 0.0 | 4,6 | 60,3 |
| 16/01/2020 | 28,12 | 0.0 | 5,3 | 60,8 |
| 17/01/2020 | 27,61 | 0.0 | 5,5 | 63,1 |
| 18/01/2020 | 27,85 | 0.0 | 5,8 | 58,4 |
| 19/01/2020 | 28,06 | 0.0 | 5,4 | 56,0 |
| 20/01/2020 | 26,41 | 0.0 | 4,0 | 69,6 |
| 21/01/2020 | 25,62 | 0.0 | 2,8 | 75,4 |
| 22/01/2020 | 24,75 | 0.0 | 1,9 | 78,3 |

| Fecha | Temperatura (°C) | Precipitación (mm) | Velocidad del viento (m/s) | Humedad (%) |
|-----------------|------------------|--------------------|----------------------------|-------------|
| 23/01/2020 | 24,21 | 0.0 | 1,7 | 83,3 |
| 24/01/2020 | 24,30 | 0.0 | 2,1 | 81,1 |
| 25/01/2020 | 24,80 | 0.0 | 3,3 | 77,6 |
| 26/01/2020 | 25,18 | 0.0 | 3,2 | 73,6 |
| 27/01/2020 | 25,32 | 0.0 | 2,9 | 77,5 |
| 28/01/2020 | 25,81 | 0.0 | 2,8 | 75,6 |
| 29/01/2020 | 25,51 | 0.0 | 2,8 | 74,9 |
| 30/01/2020 | 25,72 | 0.0 | 3,5 | 73,0 |
| 31/01/2020 | 25,66 | 0.0 | 2,8 | 73,3 |
| Promedio | 26,7 | 0,0 | 3,7 | 68,6 |
| Mínimo | 24,2 | 0,0 | 1,7 | 54,8 |
| Máximo | 28,5 | 0.0 | 6,4 | 84,3 |

En este sentido, la información obtenida es la siguiente:

- 6.1. **Temperatura:** La meteorología local juega un papel fundamental en la emisión y comportamiento del material particulado, la temperatura en particular corresponde a una de las variables más relevantes en La Guajira por los altos promedios presentes, particularmente en la ciudad de Riohacha. En la Figura 8 se presenta el perfil horario de temperatura en la zona de estudio, como se esperaba los mayores valores promedio se presentan en las horas de medio día, presentando incrementos hora a hora, desde las 7:00am, llegando a su pico más alto hacia las 13:00 horas con un valor de 30,5°C.

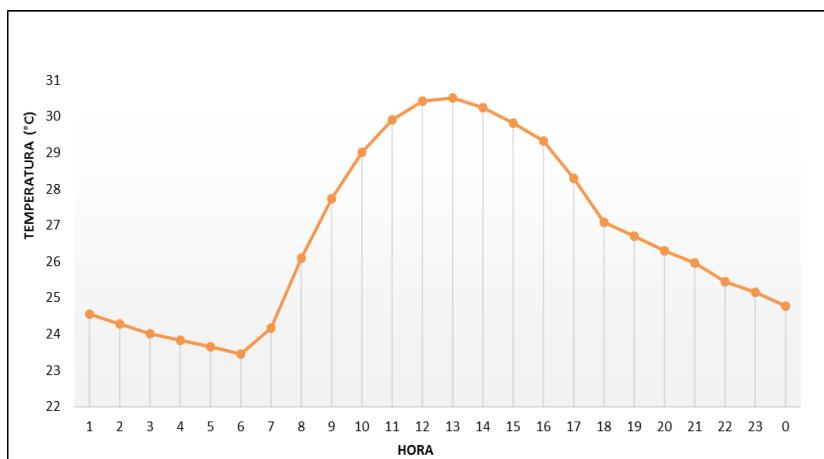


Figura 8. Temperatura promedio horaria

La Figura 9 presenta el promedio diario de temperatura durante el periodo evaluado. Los valores de temperatura promedio diarios presentaron variaciones en el rango de los 24,0 y 28,5 °C, con un comportamiento constante, presentando leves variaciones entre días y una disminución de los promedios hacia el final del mes de enero.



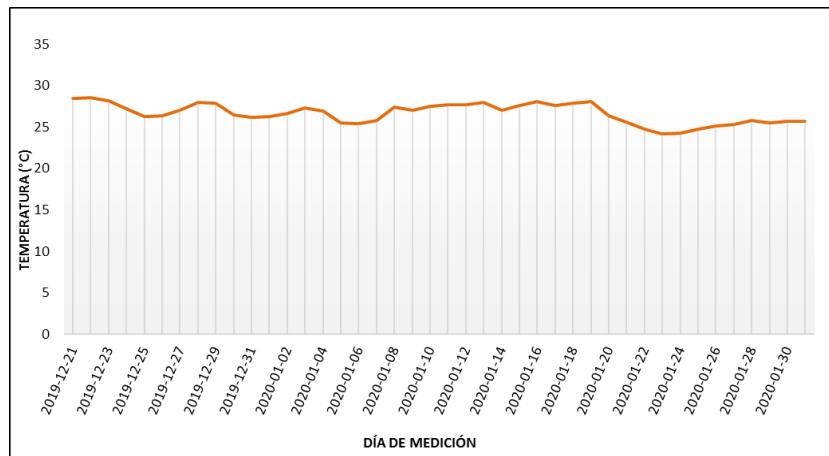


Figura 9. Temperatura promedio diaria

Teniendo en cuenta que el periodo evaluado abarca dos meses diferentes, los mayores promedios se presentaron durante el mes de diciembre de 2019 para finalmente exponer un valor promedio durante los últimos 10 días del mes de enero de 2020, de 27.33°C , a comparación de los 26.44°C de mes de enero de 2019.

6.2. Viento: Para este variable meteorológica, se evalúan diferentes parámetros:

6.2.1. Velocidad y dirección del viento: Si hablamos de factores meteorológicos que influyen directamente en la dispersión del material particulado es necesario analizar el comportamiento local de la velocidad y dirección del viento. La Figura 10 presenta el perfil horario de las velocidades en la zona, se puede decir que los promedios horarios de velocidad presentan incrementos durante las doce horas luz, con los mayores valores en el medio día.

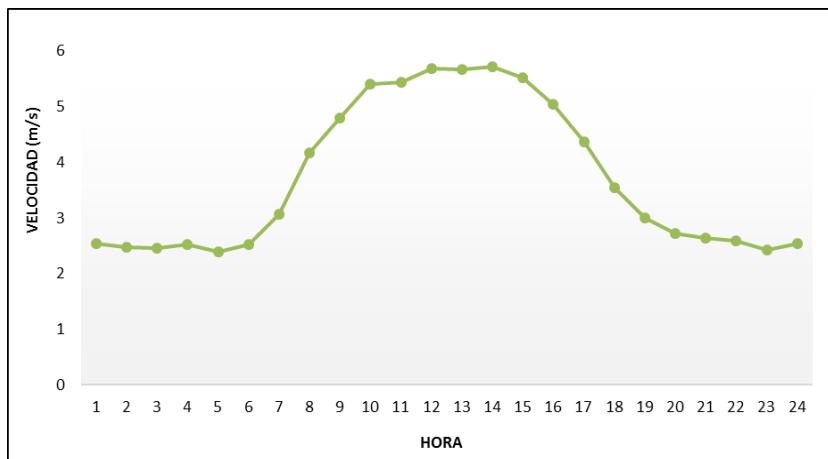


Figura 10. Velocidad del viento promedio horaria

Las mayores velocidades del periodo evaluado se registraron durante el mes de enero de 2020, con un promedio mensual de 3.87 m/s respecto a los 3.28 m/s presentados en diciembre de 2019. En cuanto a las velocidades promedios diarias, en la Figura 11 se presenta incremento en los



valores de velocidad durante el último tercio del periodo de monitoreo, alcanzando su valor máximo el 11 de enero, con un dato de 6,4 m/s.



Figura 11. Velocidad del viento promedio diaria

6.2.2. Distribución de los vientos: En el presente reporte se analizan las velocidades de los vientos por los diferentes rangos de velocidad de acuerdo con la escala Beaufort que se presenta en la Tabla 10.

Tabla 10. Clasificación de vientos según velocidad (Beaufort).

| Denominación | Descripción del efecto del viento | Rango de velocidad (m/s) |
|------------------------|---|--------------------------|
| Calma | Calma, el humo asciende verticalmente. | 0,0 - 0,2 |
| Aire ligero | El humo indica la dirección del viento. | 0,3 - 1,5 |
| Brisa ligera | Se mueven las hojas de los árboles, empiezan a moverse los molinos. | 1,6 - 3,3 |
| Brisa suave | Se agitan las hojas, ondulan las banderas. | 3,4 - 5,4 |
| Brisa moderada | Se levanta polvo y papeles, se agitan los árboles. | 5,5 - 7,9 |
| Brisa fresca | Pequeños movimientos de los árboles, superficie de los lagos ondulada. | 8,0 - 10,8 |
| Brisa fuerte | Se mueven las ramas de los árboles, dificultad para mantener abierto el paraguas. | 10,9 - 13,8 |
| Viento casi temporal | Se mueven los árboles grandes, dificultad para andar contra el viento. | 13,9 - 16,9 |
| Viento temporal | Se quiebran las copas de los árboles, circulación de personas dificultosa. | 17,0 - 20,5 |
| Viento temporal fuerte | Daños en árboles, imposible andar contra el viento. | 20,6 - 24,1 |
| Tormenta | Árboles arrancados, daños en las estructuras de las construcciones. | 24,2 - 28,3 |
| Tormenta violenta | Estragos abundantes en construcciones, tejados y árboles. | 28,4 - 32,6 |
| Huracán | Destrucción total. | >32,7 |

Fuente: NOAA, 2008.



En la Figura 12 se puede observar la distribución de frecuencias calculada de acuerdo a los reportes obtenidos, la distribución de velocidades en la zona se encuentra fraccionada, encontrándose el mayor porcentaje de los vientos con un 35,5% en el rango de "Brisa Suave" (3,3-5,4 m/s), y solo el 15,8% en el rango "Aire Ligero" (0,2- 1,5 m/s), indicando que durante el monitoreo el viento fue un factor determinante en el comportamiento de los niveles de material particulado.

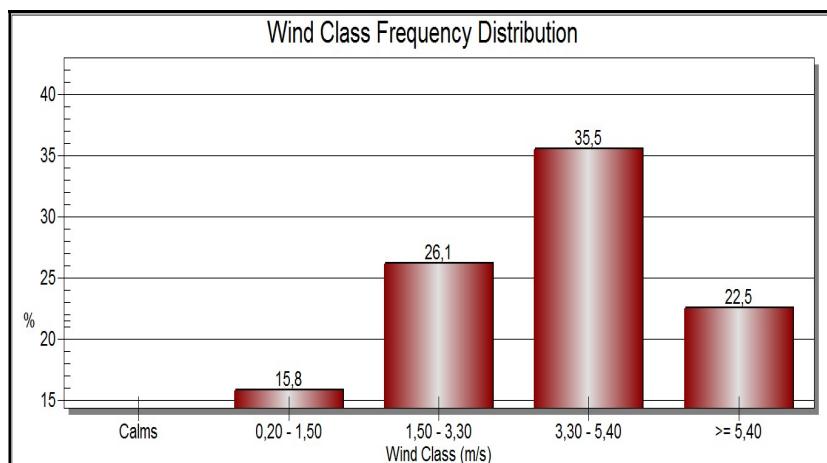


Figura 12. Distribución de frecuencia por clasificación de vientos general del monitoreo.

6.2.3. Rosa de vientos: De acuerdo con la información presentada por la rosa de vientos en la Figura 13, la dirección predominante de los vientos proviene del Este (E) y Sureste (SE), con presencia de vientos provenientes del Noreste con menor intensidad.

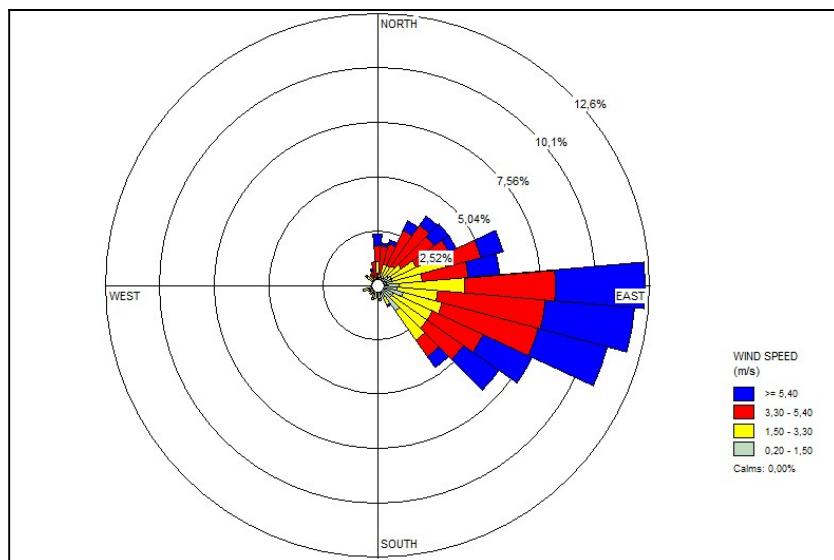


Figura 13. Rosa de vientos general durante el periodo de monitoreo.

Los datos de dirección y velocidad de viento son de la estación meteorológica localizada en el Aeropuerto Almirante Padilla de Riohacha, en la Figura 14 se proyecta la rosa de viento generada sobrepuerta en la imagen satelital de la ciudad y la localización de las estaciones de monitoreo, lo que nos ayuda a determinar la representatividad la meteorología para el presente estudio.



Figura 14. Rosa de vientos proyectada. Datos meteorológicos procesados en software WRPLOT View – Freeware V:8.0.2– Lakes Environmental

6.3. Precipitación: Durante el periodo de monitoreo no se registró precipitación en la zona de estudio. Teniendo en cuenta la escala de precipitación presentada en la Tabla 11, la precipitación se encuentra en un rango de 0 a 5 mm/día clasificándose como “escasa”.

Tabla 11. Escalas de precipitación.

| Denominación | Precipitación diaria (mm) | Precipitación Mensual (mm) |
|--------------|---------------------------|----------------------------|
| Escasa | 0 - 5 | 0 - 20 |
| Ligera | 6 - 10 | 21 - 40 |
| Moderada | 11 - 20 | 41 - 80 |
| Fuerte | 21 - 50 | 81 - 200 |
| Muy Fuerte | 51 - 70 | 201 - 280 |
| Intensa | > 70 | > 281 |

Fuente: Informe anual consolidado sobre niveles de concentración de contaminantes. 2008. Secretaría Distrital de Ambiente, Dirección de Control Ambiental, Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C.

6.4. Humedad relativa: En la Figura 15 se muestra el perfil horario de la Humedad Relativa en la zona, el comportamiento horario de la Humedad Relativa muestra su relación inversa con los promedios de

temperatura de la zona, exhibiendo sus valores más bajos durante el mediodía. Esta variable guarda relación con las concentraciones promedio de PM10, estudios realizados en la zona evidencian que con valores de Humedad Relativa mayores a 70% el grado de correlación con los datos de concentración de Material particulado es muy estrecho¹.

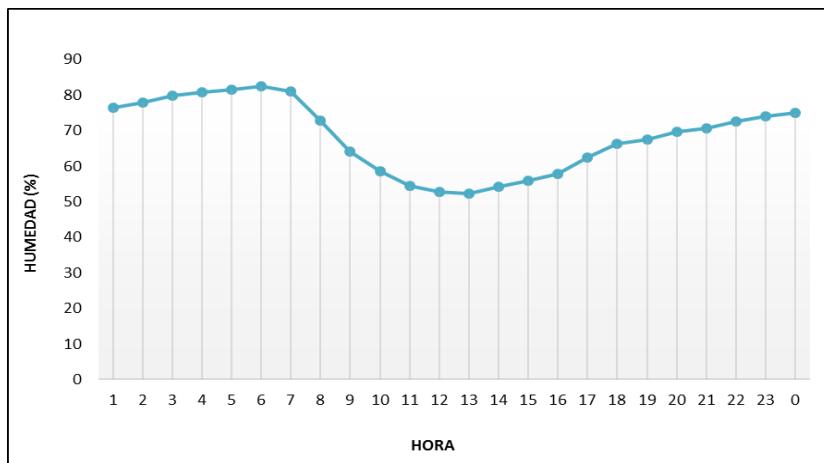


Figura 15. Humedad relativa promedio horaria.

A lo largo del período la Humedad presento un comportamiento dinámico, con variaciones significativas a lo largo de los 4 días de monitoreo inicial, oscilando entre el rango del 54% al 84%. El periodo más estable de Humedad se dio hacia mediados del mes de enero de 2020 donde presento un promedio de 58,3% ±3%, hasta el 19 de enero de 2020 cuando los porcentajes volvieron a incrementarse.

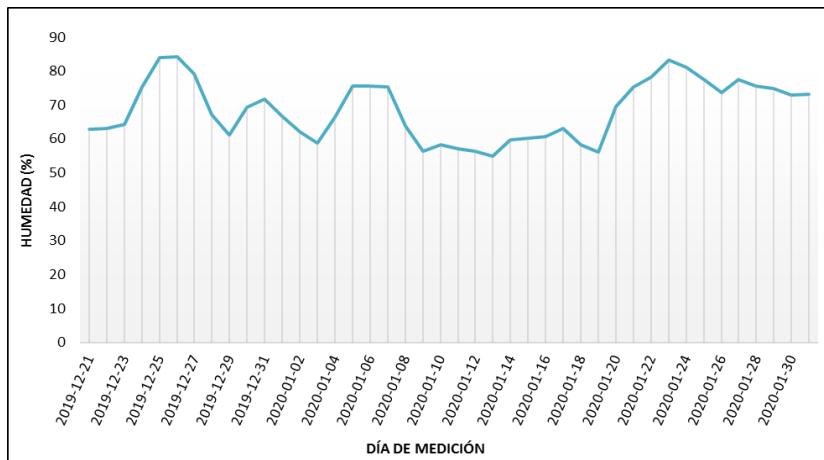


Figura 16. Humedad relativa promedio diaria

¹ Effect of relative humidity in determining PM10 using a DataRam 4 in coastal region of Colombia. Roberto Rojano, Jhonny Pérez, Edesnel Freyle.



Los promedios mensuales de Humedad Relativa durante los meses abarcados muestran que los promedios de Humedad presentados durante los últimos días de diciembre de 2019 son mayores a los registrados durante el mes de enero de 2020.

7. CONCLUSIONES

- Durante el periodo evaluado (21 de diciembre de 2019 a 31 de enero de 2020) se programaron 15 muestras en cada una de las 3 estaciones ubicadas en Riohacha, para un total de 45 muestras (12 en diciembre de 2019 y 33 en enero de 2020). Todas las muestras fueron tomadas y validadas.
- Ninguno de los monitoreos validados, presentó excedencia a la Norma diaria ($75,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$) establecida en la Resolución 2254 de 2017, mostrando un comportamiento estable en los promedios de concentraciones.
- Los resultados del “Índice de Calidad del Aire” calculado para la zona de influencia del monitoreo, muestran que el mayor número de valores de las estaciones (95,6% de los datos validados) corresponden a la banda del color verde que significa “Calidad del Aire Buena”, lo que indica que existe un riesgo bajo para la salud sobre la población de la zona de estudio. Sin embargo, siempre es recomendable mantener y fortalecer las medidas de prevención que eviten el aumento de la contaminación atmosférica y a su vez promuevan el mejoramiento continuo.
- La comparación indicativa de las concentraciones promedio con los límites establecidos en la norma anual, muestran cumplimiento normativo, presentándose el mayor promedio en la estación Cámara de Comercio con $35,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Durante el periodo, las constantes velocidades de viento y las altas temperaturas de la zona fueron influyentes en la dispersión continua del material particulado, disminuyendo el riesgo de presencia de nubes estacionarias de material particulado y su asentamiento en áreas pobladas.
- Las principales fuentes de emisión identificadas durante la primera campaña corresponden a:
 - Tráfico rodado liviano y pesado.
 - Obras civiles
 - Chimeneas de restaurantes dispersos
 - Predios destapados.

