



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

MARZO 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 collevado 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 “Calidad del Aire” dentro de sus instrumentos de planificación. 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 mes de marzo 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).



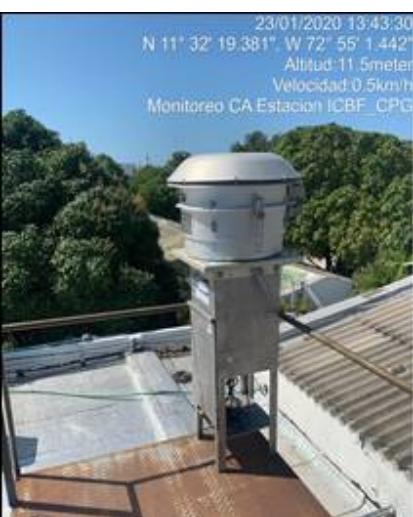
3. GENERALIDADES

- 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.
	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 quizá la principal fuente de emisión de material particulado PM10	

ESTACIÓN 2		Nombre:	Cámara de Comercio	
		Coordenadas:	N: 11°32'50.85" W: 72°54'24.50" X= 1772113.293 m 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 constata	
		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" W: 72°52'16.93" X= 1768269.975m 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.

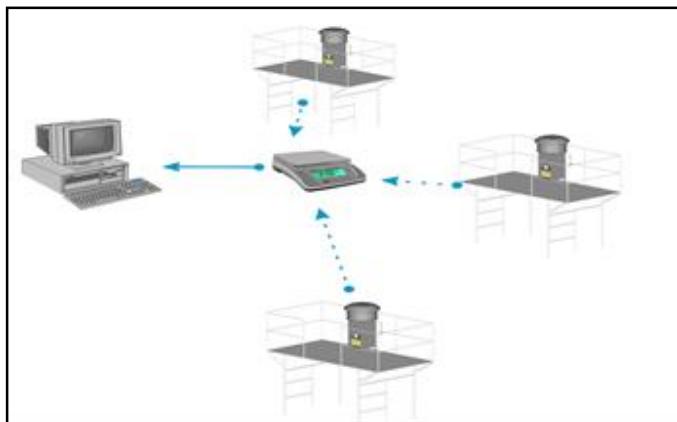


Figura 2. Esquema de un SEVCA manual. (Fuente: Manual de Operaciones de SVCA).

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 lo realizó 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 PM10 se realiza con un equipo muestrador de alto volumen (Hi-Vol) que 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 (1.02 a 1.24 m^3/s). Cuando se opera en este rango de flujo, las muestras pueden ser colectadas por períodos de 24 horas (± 1 hora). La concentración 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 el Artículo N° 2 de la norma en mención, y que, 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	50.0	Anual
	75.0	24 horas

- 4.2. Resolución 650 del 29 de marzo de 2010 del hoy MADS: “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: “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: En marzo de 2020 se planificó la realización de once (11) muestras en cada una de las 3 estaciones ubicadas en Riohacha, para un total de treinta y tres (33) muestras; sin embargo, la muestra programada para el 25 de marzo de 2020 no fue tomada debido al aislamiento preventivo obligatorio ordenado por La Presidencia de la República mediante Decreto N° 457 de 2020 para contención de la crisis de salud nacional que atraviesa el país en la actualidad por efectos del COVID-19. Todas las muestras tomadas fueron validadas (30 muestras).

La Figura 3 presenta las concentraciones en cada estación, su comportamiento con respecto a la precipitación presentada en la zona y la confrontación con el valor límite normativo diario para PM10.

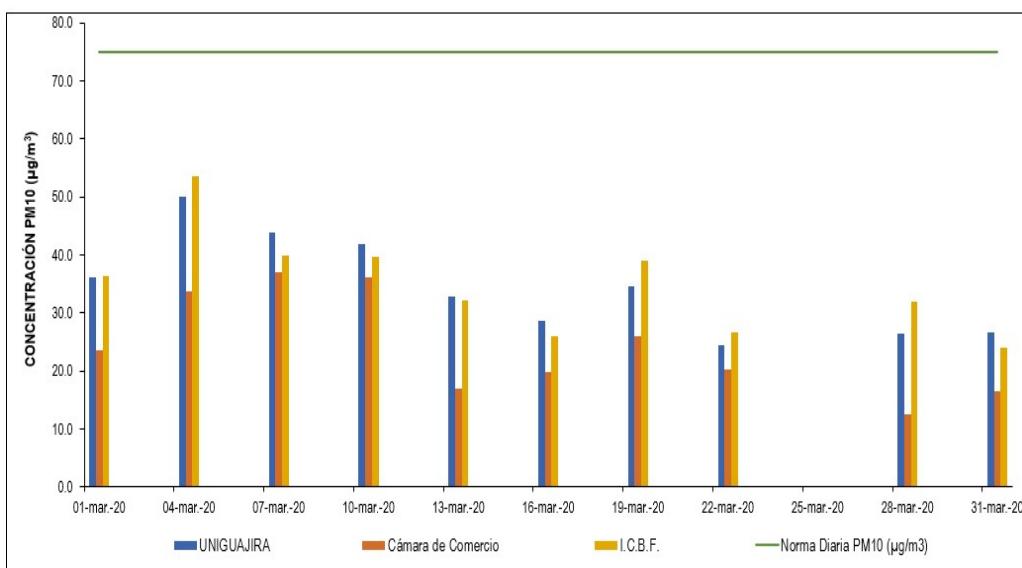


Figura 3. Comportamiento diario de PM10 Vs Norma diaria y Precipitación en marzo de 2020.

Se puede observar que se mantiene la tendencia del mes anterior, registrando las mayores concentraciones en las estaciones ICBF y UNIGUAJIRA, un comportamiento que se mantuvo a lo largo de todo el mes.

Las concentraciones de PM10 sufrieron una disminución considerable sobre el último tramo del mes, esto debido a la suspensión de actividades en la ciudad, y evidenciado en la estación CAMARA DE COMERCIO, debido a que, al estar ubicada en el centro de la ciudad, uno de los sectores con mayor movimiento comercial y de tráfico vehicular, refleja de manera fehaciente la disminución en los niveles de material en la ciudad.

Durante el mes de marzo de 2020 ninguna estación superó los niveles máximos permisibles estipulados en la Resolución 2254 de 2017 para períodos de exposición de 24 horas ($75.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$), siendo los niveles más altos de 50.0 y $53.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, registrados en las estaciones UNIGUAJIRA e ICBF respectivamente el 4 de marzo de 2020.

- 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 en el monitoreo ejecutado en el distrito de Riohacha.

La Resolución 2254 de 2017 establece un nivel máximo permisible de exposición anual para PM10 de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$; las concentraciones promedio obtenidas por las estaciones de monitoreo durante la campaña, se comparan solo de *forma indicativa*, para establecer una tendencia de la calidad del aire durante el periodo del año, indicando el porcentaje de reducción o aumento con respecto a la norma.

Tabla 3. Promedio anual indicativo de PM10 en el monitoreo de Riohacha.

Estación	Promedio Anual Indicativo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Norma Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
UNIGUAJIRA	34.5	50.0
Cámara de Comercio	24.2	50.0
I.C.B.F.	35.0	50.0

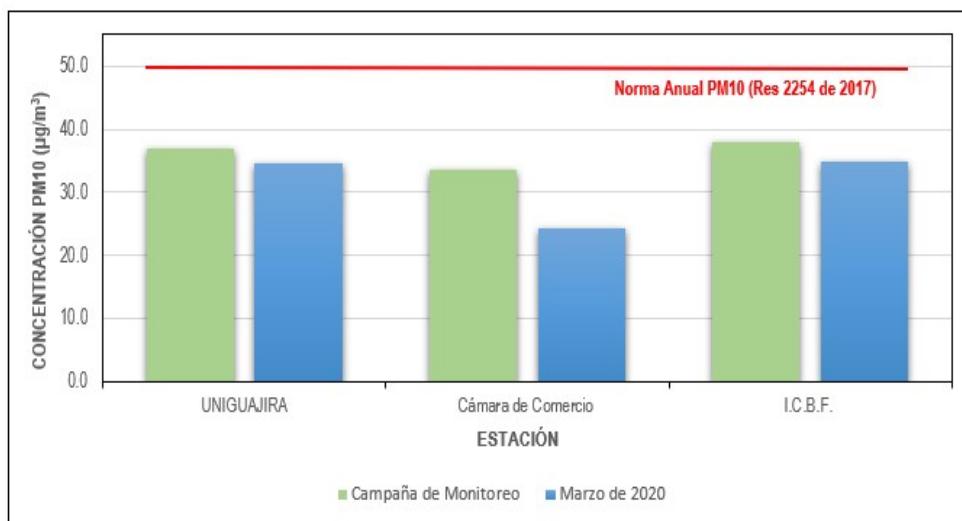


Figura 4. Promedio anual indicativo de PM10 para el 2020 en el SEVCA.

Con relación a los niveles máximos permisibles para exposición anual establecidos en la Resolución 2254 de 2017 ($50.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$), claramente se observa que ninguna estación logra sobrepasar este valor.

Durante el mes de marzo de 2020 se presentaron promedios mensuales similares en las estaciones ICBF y UNIGUAJIRA. En cuanto a la estación de CAMARA DE COMERCIO se registra una disminución considerable en los niveles de PM10, logrando bajar su promedio mensual a menos de $30.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, por primera vez en el año.

- 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 marzo de 2020.

Descriptor	UNIGUAJIRA	Cámara De Comercio	I.C.B.F.
Numero de datos (n)	10	10	10
Promedio Aritmético (X)	34.5	24.2	35.0
Valor más alto registrado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	50.0	37.0	53.5
Día de registro	04 de marzo	07 de marzo	04 de marzo
Desviación estándar (S)	8.5	8.7	8.8
Parámetro de Distribución T	2.3	2.3	2.3
Intervalo de confianza para la media (95%) μ_1	28.4	18.0	28.7
Intervalo de confianza para la media (95%) μ_2	40.6	30.5	41.3
Mediana	33.7	21.9	34.3
Percentil 25	27.1	17.6	28.1
Percentil 75	40.4	31.8	39.6

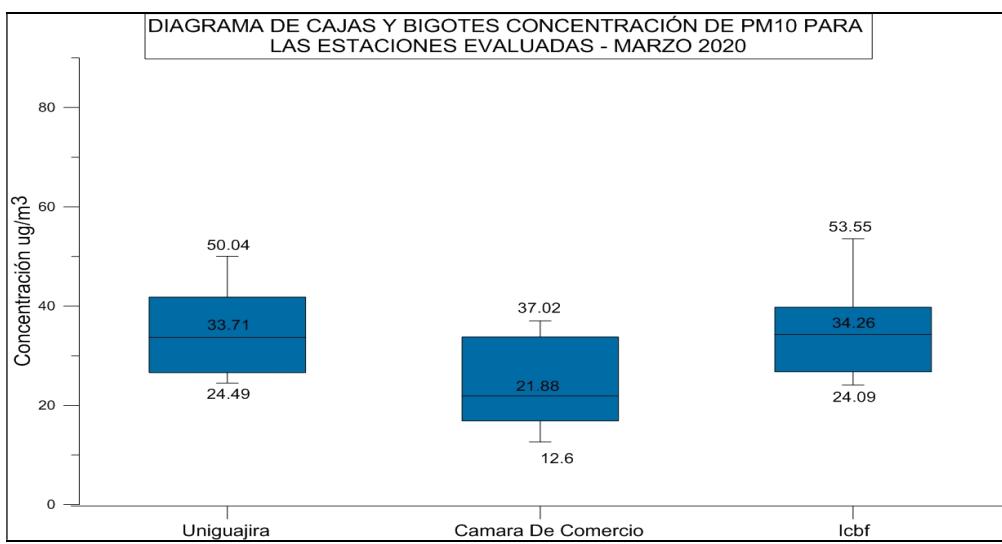


Figura 5. Diagrama de cajas de contaminantes evaluados – PM10.



El diagrama de cajas o “boxplot” de la Figura 5 nos muestra dispersiones y rangos de valores similares en las estaciones UNIGUAJIRA e ICBF, a diferencia de la estación central en la cual se aprecia la baja de concentraciones del periodo de monitoreo.

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	UNIGUAJIRA	Cámara de Comercio	I.C.B.F.	Norma diaria PM10
01-mar.-20	36.1	23.5	36.4	
04-mar.-20	50.0	33.8	53.5	
07-mar.-20	43.8	37.0	40.0	
10-mar.-20	41.8	36.1	39.8	
13-mar.-20	32.7	16.9	32.2	
16-mar.-20	28.7	19.8	26.0	
19-mar.-20	34.7	26.0	39.0	
22-mar.-20	24.5	20.3	26.8	
25-mar.-20				
28-mar.-20	26.4	12.6	32.0	
31-mar.-20	26.6	16.5	24.1	
Máximo	50.0	37.0	53.5	
Mínimo	24.5	12.6	24.1	75.0

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. Índice de Calidad del Aire - ICA diario.

Fecha	UNIGUAJIRA	Cámara de Comercio	I.C.B.F.
01-mar.-20	33	22	34
04-mar.-20	46	31	50
07-mar.-20	41	34	37
10-mar.-20	39	33	37
13-mar.-20	30	16	30
16-mar.-20	27	18	24
19-mar.-20	32	24	36
22-mar.-20	23	19	25
25-mar.-20			
28-mar.-20	24	12	30
31-mar.-20	25	15	22

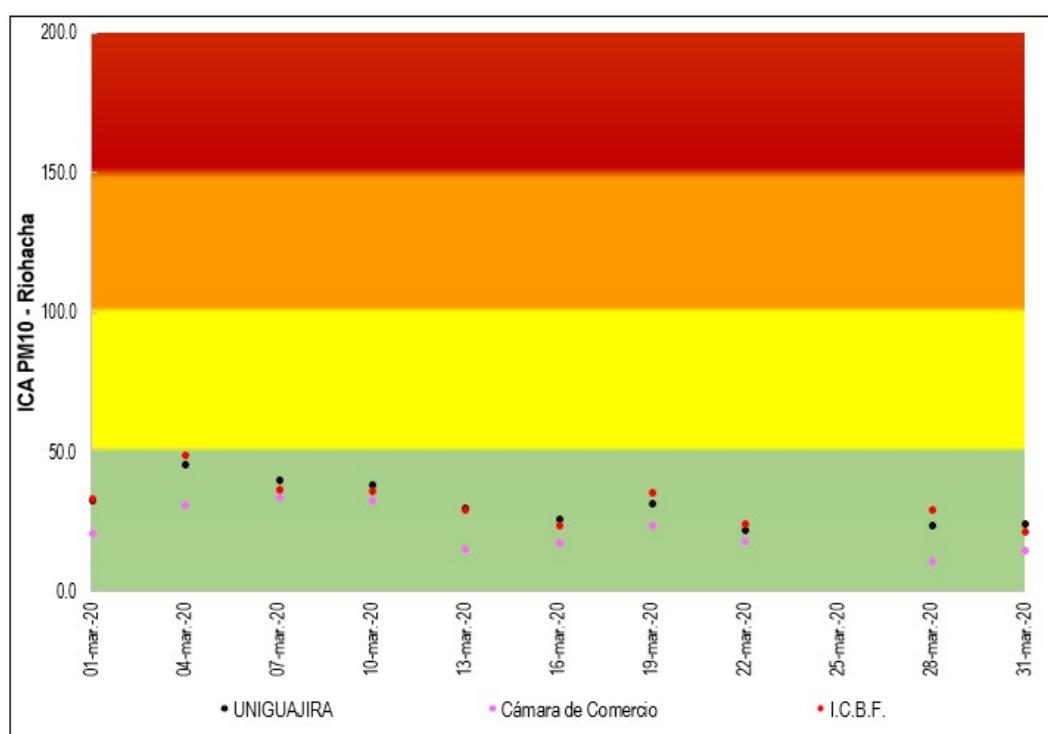


Figura 6. ICA en Riohacha para el periodo evaluado.

Todos los datos validados en el periodo indicaron un buen estado de la calidad del aire.

- 5.6. Análisis de datos atípicos: Durante el mes de marzo de 2020 no se presentaron datos atípicos.

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 parámetros meteorológicos – Estación Aeropuerto Almirante Padilla.

Fecha	Temperatura (°C)	Precipitación (mmH ₂ O)	Velocidad del viento (m/s)	Humedad (%)
01-mar.-20	25.08	0.00	3.51	68.25
02-mar.-20	26.09	0.00	3.82	64.30
03-mar.-20	26.59	0.00	4.20	61.17
04-mar.-20	27.77	0.00	4.82	50.04
05-mar.-20	27.15	0.00	4.47	56.83
06-mar.-20	27.27	0.00	3.72	59.52
07-mar.-20	25.04	0.00	3.64	68.43
08-mar.-20	24.19	0.00	3.57	74.57
09-mar.-20	27.05	0.00	3.80	56.50
10-mar.-20	25.93	0.00	3.76	62.08
11-mar.-20	24.95	0.00	3.25	73.09
12-mar.-20	25.16	0.00	3.52	73.00
13-mar.-20	25.03	0.00	3.45	73.73
14-mar.-20	25.31	0.00	4.27	71.57
15-mar.-20	25.34	0.00	4.13	71.00
16-mar.-20	24.49	0.00	3.43	74.50
17-mar.-20	25.30	0.00	4.34	67.00
18-mar.-20	24.92	0.00	3.55	70.00
19-mar.-20	25.47	0.00	3.91	66.95
20-mar.-20	25.64	0.00	4.80	67.22
21-mar.-20	25.00	0.00	4.62	69.05
22-mar.-20	26.37	0.00	4.46	63.73
23-mar.-20	26.08	0.00	4.10	67.58
24-mar.-20	26.67	0.00	4.33	66.25
25-mar.-20	26.01	0.00	3.49	66.94
26-mar.-20	26.69	0.00	4.67	68.44
27-mar.-20	25.53	0.00	3.85	68.96
28-mar.-20	25.47	0.00	3.98	68.75
29-mar.-20	27.82	0.00	4.77	56.48
30-mar.-20	27.40	0.00	4.90	60.91
31-mar.-20	25.83	0.00	4.33	67.92
Promedio	25.89	0.00*	4.05	66.28
Mínimo	27.82	0.00	4.90	74.57
Máximo	24.19	0.00	3.25	50.04

*Precipitación acumulada



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. La Figura 8 presenta el perfil horario de la temperatura durante el mes de marzo de 2020, la variable presenta un comportamiento normalizado sobre las 24 horas del día, registrando los mayores promedios horarios sobre las 11:00 a.m., algo usual en este sector del país.

Por su parte las temperaturas más bajas se registran en el horario de la madrugada, sobre las primeras horas del día, llegando a su punto más bajo sobre las 5 y 6 horas con promedios de 22.6°C en ambos periodos. Justo después inicia el aumento en los promedios de temperatura.

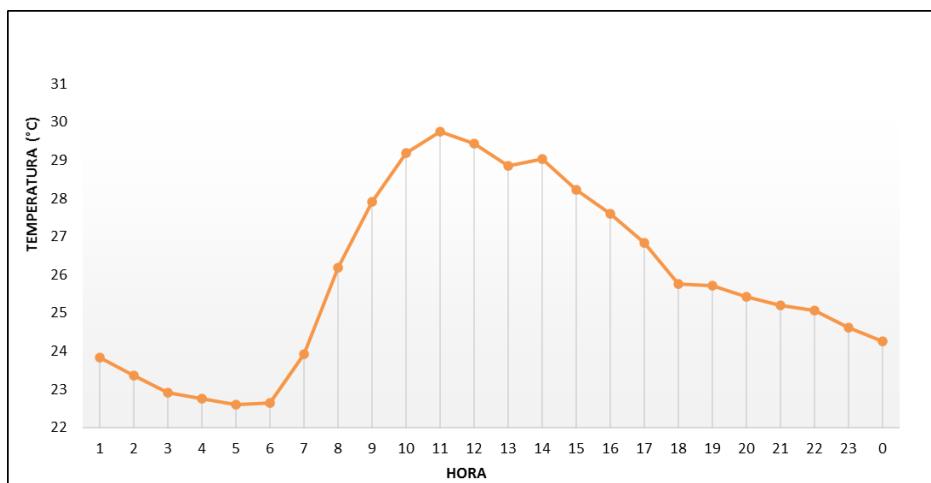


Figura 8. Temperatura promedio horaria

Los promedios diarios de temperatura durante el mes de marzo de 2020 variaron entre 24.19 y 27.82°C, las mayores temperaturas diarias se registraron sobre el inicio y fin del periodo, a mediados del mes de marzo de 2020 los promedios diarios de temperatura mantuvieron un comportamiento sin mucha variabilidad, con valores cercanos a los 25.00°C. Este comportamiento se presenta en la Figura 9 en la cual se identifican los picos de temperatura, así como la homogeneidad en los valores. Los promedios de temperatura que se registran en la ciudad de Riohacha facilitan la dispersión del material particulado, esto combinado al nulo porcentaje de calmas en los vientos en este sector aumentan la dinámica de este contaminante en la atmósfera local.

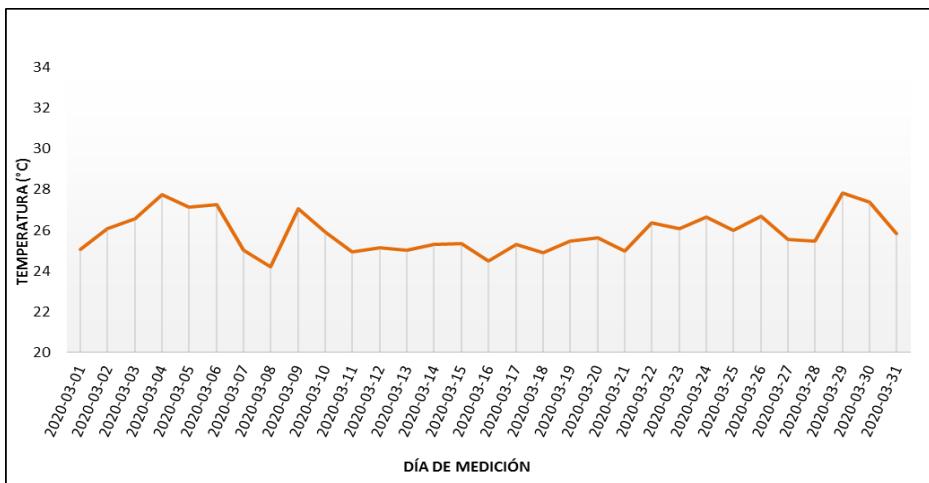


Figura 9. Temperatura promedio diaria

El promedio mensual de temperatura para el periodo fue de 25.89°C, durante el primer trimestre del año la temperatura mensual se ha situado en este promedio ($\pm 1.00^{\circ}\text{C}$).

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 velocidad de viento, con lo cual conocemos la distribución de velocidades a lo largo de las 24 horas de día, este dato es clave para conocer los períodos estacionales de los contaminantes atmosféricos como el PM10, y aquellas horas en donde el material particulado suspendido es más dinámico y propenso a trasladarse de un sector a otro. El rango de velocidades horarias que se presentaron durante el mes de marzo de 2020 varió entre 2.90 y 6.30 m/s.

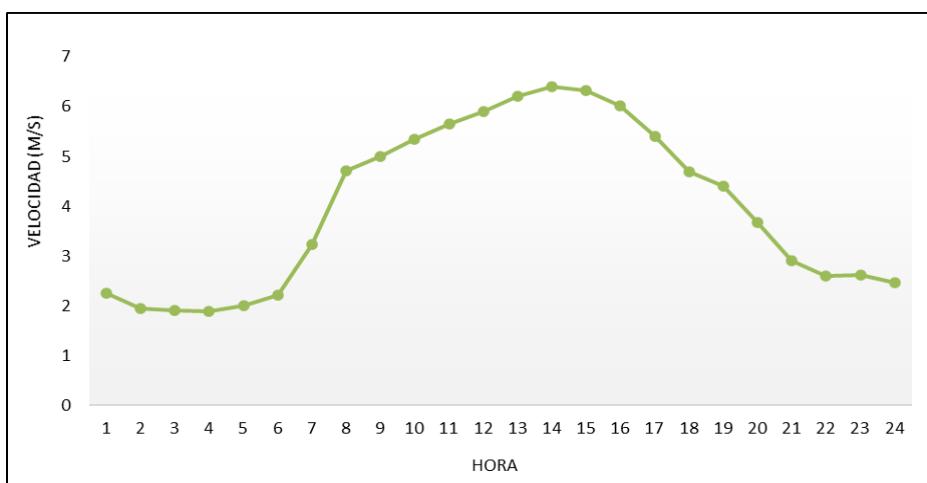


Figura 10. Velocidad del viento promedio horaria.



Los promedios diarios de velocidad de viento fueron muy variables, con incrementos y disminuciones a lo largo del mes de monitoreo, con un rango de velocidades de entre 3.25 y 4.90 m/s. En la Figura 11 se presenta de forma gráfica las velocidades diarias registradas en la ciudad de Riohacha durante el mes de marzo de 2020, con picos de velocidad marcados en días específicos.

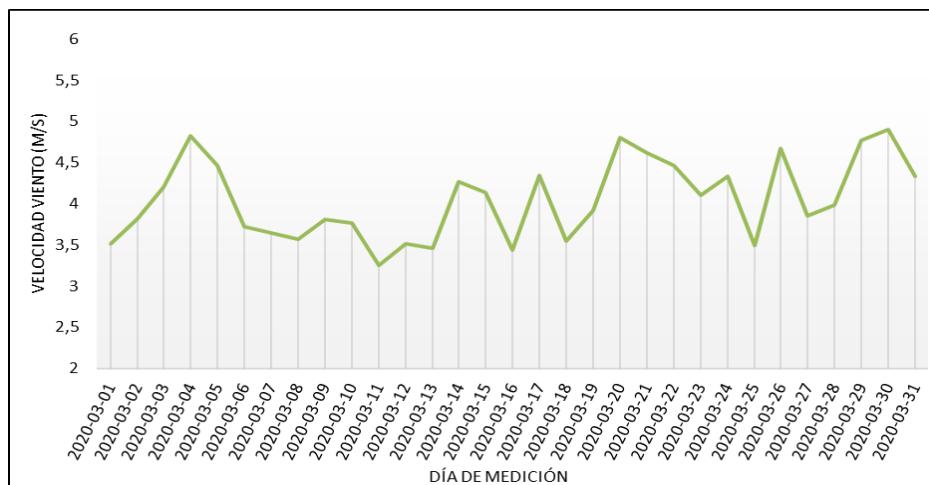


Figura 11. Velocidad del viento promedio diaria.

El promedio mensual de velocidad de viento durante el mes de marzo de 2020 fue de 4.05 m/s, un valor que ha sido prácticamente una constante en el primer trimestre del año, pues en meses anteriores los promedios mensuales se han situado muy cercanos con diferencias de ± 1.00 m/s.

6.2.2. Distribución de los vientos: En este apartado se analiza la velocidad del viento 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 (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

Denominación	Descripción del efecto del viento	Rango (m/s)
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.

Como se ha mencionado la velocidad de viento es un factor para tener en cuenta en los estudios del comportamiento de los contaminantes atmosféricos, el PM10 en este caso, particularmente en esta zona del país el porcentaje de calmas en los vientos es muy baja, lo que lo hace aún más representativo. La distribución de frecuencias presentada en la Figura 12 ubica nuevamente el mayor porcentaje de velocidades de viento en el rango de "Brisa Suave" (3.30-5.40 m/s) con un 31.9% de los registros, sin embargo, los registros en frecuencias cercanas no son menos importantes, con porcentajes de 24 y 29 %. El porcentaje de calmas durante el marzo fue nulo.

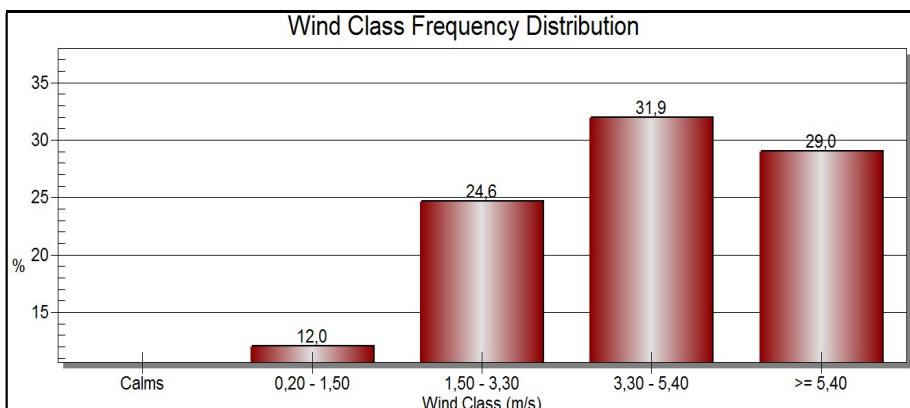


Figura 12. Distribución de frecuencia por clasificación de vientos.

6.2.3. Rosa de vientos: Como se ha señalado, si se quiere conocer la dispersión del material particulado en la atmósfera es necesario saber la distribución de los vientos en velocidad y dirección, esto lo logramos a través de la representación gráfica de estos datos en una rosa de vientos. Para este informe se utiliza el programa WRPLOT para generar la rosa de vientos del mes de marzo de 2020 en la ciudad de Riohacha, a partir de los datos obtenidos de la estación meteorológica del Aeropuerto Almirante Padilla.

La Figura 13 refleja el incremento en las velocidades, los vectores de la gráfica y los rangos demarcados en azul confirman los porcentajes presentados en la distribución de frecuencias anterior. En esta ocasión se presentan vientos muy dispersos con predominancia de viento provenientes del Este en su mayoría (constante durante los meses de seguimiento), sin embargo, la energía de vientos provenientes de las variantes ESE y ENE representan un valor importante igualmente.

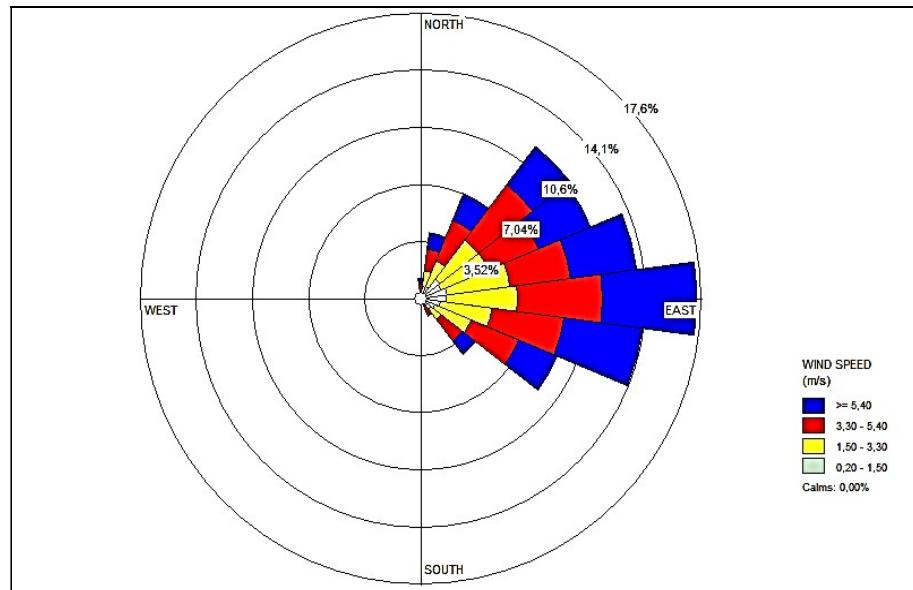


Figura 13. Rosa de vientos general durante el periodo de monitoreo.

En la Figura 14 proyecta la rosa de vientos sobre 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.

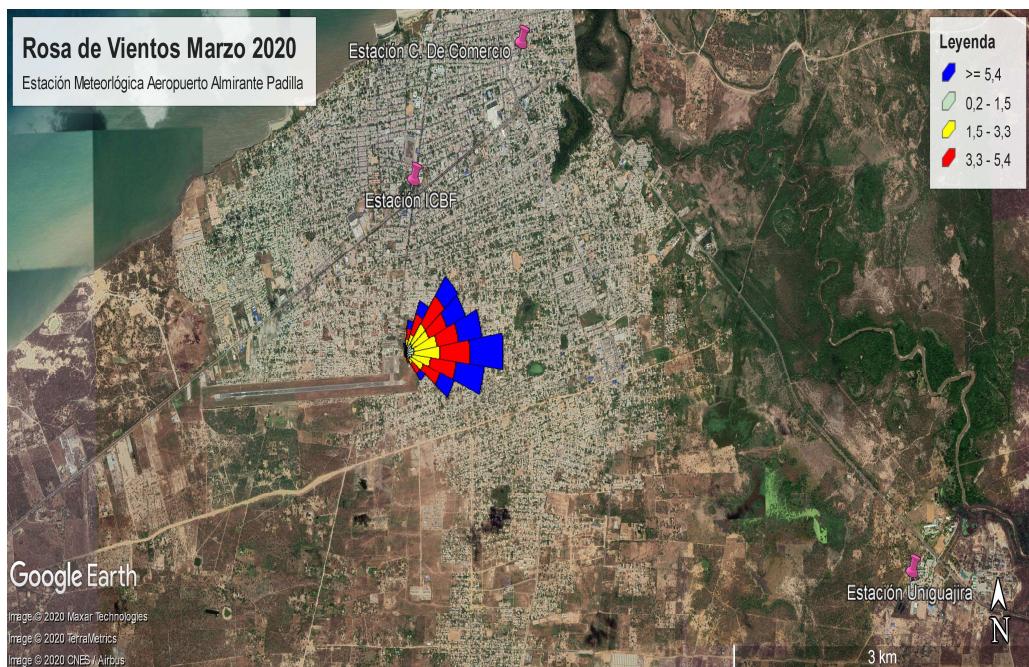


Figura 14. Rosa de vientos proyectada.



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 (mmH ₂ O)	Precipitación Mensual (mmH ₂ O)
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:** La humedad relativa a diferencia de la temperatura es considerada como una variable con relación inversa a las concentraciones de PM10. Los valores promedios de humedad relativa en la ciudad de Riohacha presentan una curva descendiente sobre las horas luz del día. En la Figura 15 se muestra el perfil horario de esta variable presentando el comportamiento hora a hora y su variabilidad a lo largo del día, con los mayores promedios en las horas de la madrugada y los valores más bajos sobre el mediodía.

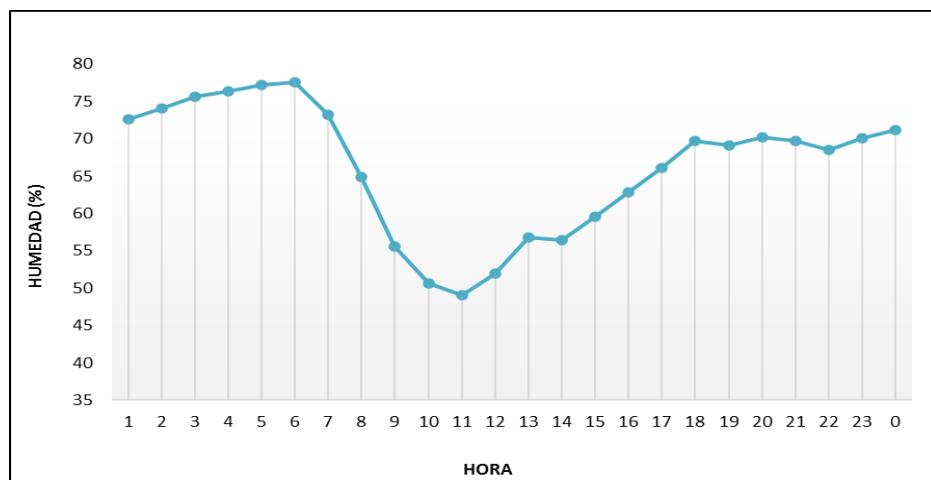


Figura 15. Humedad relativa promedio horaria.

En cuanto a los promedios diarios en el mes de marzo de 2020 la humedad relativa fue muy cambiante al inicio del mes, llegando a tener en la primera semana su valor más bajo y el registro más alto, 50.04 y 74.57% respectivamente.

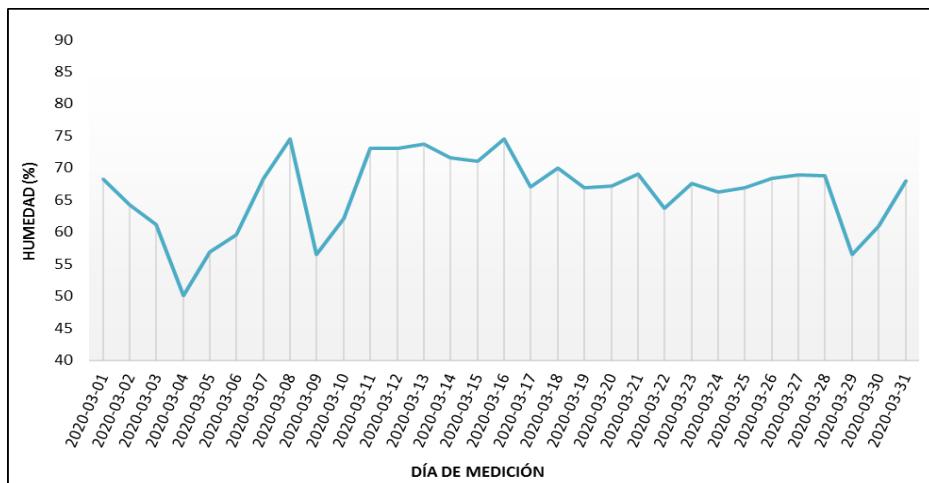


Figura 16. Humedad relativa promedio diaria.

El promedio de humedad relativa en la ciudad de Riohacha durante el mes de marzo de 2020 fue de 66.28%.

7. CONCLUSIONES

- Debido a la crisis de salud que se vive en el país, la operación de las estaciones de monitoreo de PM10 (partículas con diámetro aerodinámico menor a 10 µm) pertenecientes al Sistema de Vigilancia de Calidad de Aire de la ciudad de Riohacha no se realizó el monitoreo programado para el día 25 de marzo de 2020.
- La comparación realizada con la normatividad actual vigente en Colombia, Resolución 2254 de 2017 del MADS, determinó que durante el mes de marzo de 2020 la concentración de material particulado PM10 en las estaciones no sobrepasó los límites permisibles para tiempo de exposición de 24 horas.
- Las concentraciones de PM10 en las estaciones se vieron influenciadas durante el último tramo del mes debido a las medidas de aislamiento social definidas por el gobierno nacional para el control de la crisis de salud pública. La influencia de estas medidas se refleja en la disminución de los niveles promedio diarios de PM10 en todos los sectores monitoreados.
- El “Índice de Calidad del Aire” para la zona de influencia de la ciudad de Riohacha, se ubicó en el rango “Calidad del Aire Buena” durante todo el mes de marzo de 2020.
- Las condiciones meteorológicas locales favorecen la dispersión del material particulado fino, con velocidades de viento significativas y constantes, además de una escasa precipitación que ayude a decantar las partículas suspendidas.