



INFORME MENSUAL DE CALIDAD DEL AIRE EN LA ZONA MINERA DE LA GUAJIRA

MARZO DE 2020

EIDER JOSÉ GÁMEZ FRÍAS
Profesional Especializado

JOHANA ACOSTA MAESTRE
Profesional Especializado

JOSE DEL CARMEN AYUS RICARDO
Técnico Operativo

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 departamento de La Guajira es considerado como un departamento minero en constante desarrollo, siendo uno de los principales aportantes en la economía colombiana. Su posición geográfica es uno de los aspectos principales que han permitido su crecimiento y estabilización por muchos años, convirtiéndose así en el principal centro minero-energético de la Región Caribe Colombiana.

En el departamento se encuentran asentadas grandes multinacionales para extracción de recursos naturales que en sus procesos generan emisiones de contaminantes atmosféricos dentro de los cuales se pueden enunciar el material particulado, gases y ruido.

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. Para ejecutar dicho proyecto, CORPOGUAJIRA cuenta con un sistema de vigilancia que, de acuerdo con el *Manual de Diseño* del Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire (establecido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial mediante Resolución 2154 de 2010), es un Sistema Especial de Vigilancia de la Calidad del Aire (SEVCA) que posee estaciones en poblaciones de cualquier número de habitantes bajo la influencia de fuentes de gran magnitud (zonas mineras para el caso del departamento). Dicho SEVCA se encuentra acreditado ante el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), mediante la Resolución 1444 del 08 de julio 2016, para la toma de muestras y generación de información relacionada con la calidad del aire.

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 Sistema Especial de Vigilancia de la Calidad del Aire (SEVCA) de CORPOGUAJIRA, ubicado en la Zona Minera 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 SEVCA de CORPOGUAJIRA, con el monitoreo de material particulado menor de 10 micras (PM10) y menor a 2.5 micras (PM2.5) en la zona minera del departamento se pretenden atender los siguientes objetivos:

- Ejercer actividades de monitoreo y control que permitirán evaluar los niveles de material particulado PM10 y PM2.5 en el aire que respira la población ubicada sobre el área de influencia de las actividades mineras, buscando determinar el cumplimiento de la norma de calidad del aire establecida en la Resolución 2254 de 2017.
- Observar las tendencias a mediano y largo plazo respecto a las concentraciones de material particulado menor de 10 micras (PM10) y menor a 2.5 micras (PM2.5) y su patrón de comportamiento sobre el aérea de estudio.

3. GENERALIDADES

- 3.1. Ubicación geográfica de estaciones y entorno: Las nueve (9) estaciones de monitoreo fijas que componen el SEVCA de CORPOGUAJIRA se encuentran ubicadas en la Zona Minera del departamento de La Guajira,

en el área de influencia de las empresas Carbones del Cerrejón Limited (Cerrejón) y Carbones Colombianos del Cerrejón (CCC). Las coordenadas y ubicación geográfica se pueden observar en la Tabla 1 y Figura 1 respectivamente.

Tabla 1. Coordenadas de las estaciones de monitoreo de calidad del aire de CORPOGUAJIRA.

Estación	Ubicación	Coordenadas (Datum Magna Sirgas)		Altura (msnm)
		N	W	
Conejo	Corregimiento de Conejo, Fonseca	10°46'57.2"	72°47'46.1"	272
Pacharoca	Corregimientos Reasentados, Barrancas	10°56'29.1"	72°48'09.7"	143
Barrancas	Zona Urbana de Barrancas	10°57'40.1"	72°46'41.5"	141
Papayal	Corregimiento de Papayal, Barrancas	10°59'43.5"	72°46'26.4"	155
Provincial	Resguardo Indígena de Provincial, Barrancas	11°01'26.5"	72°44'15.2"	130
Albania	Zona Urbana de Albania	11°09'27.1"	72°35'18.2"	95
Cuestecitas	Corregimiento de Cuestecitas, Albania	11°10'55.1"	72°36'29.3"	120
Hatonuevo	Zona Urbana de Hatonuevo	11°03'50.3"	72°45'58.6"	201
Los Remedios	Corregimiento de Los Remedios, Albania	11°05'57.6"	72°32'31.3"	155
Nuevo Espinal	Resguardo Indígena de Nuevo Espinal, Barrancas	10°57'9.7"	72°42'6.7"	190



Figura 1. Ubicación geográfica del SEVCA de CORPOGUAJIRA

(Fuente: Adaptado de Google Earth).

- 3.2. Tecnologías de medición de las estaciones: Los equipos de monitoreo del SEVCA de CORPOGUAJIRA son en su mayoría de tecnología manual, con excepción de la estación Nuevo Espinal en la cual se encuentra una estación automática. En las estaciones con equipos manuales tipo Hi-Vol, 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. En el caso de la estación Nuevo Espinal los registros son tomados de forma continua.

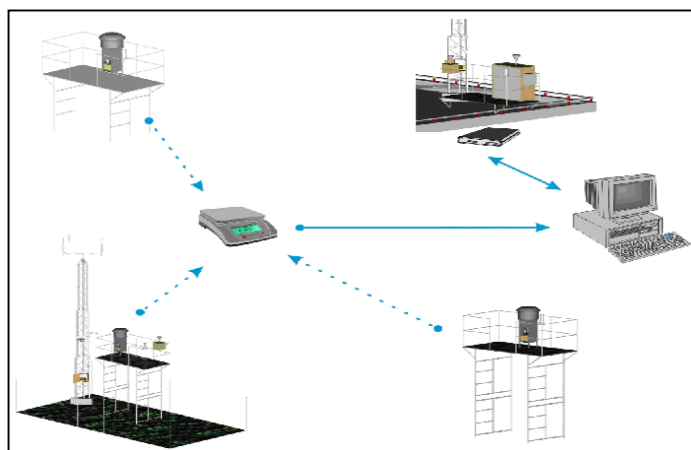


Figura 2. Esquema de un SEVCA híbrido
(Fuente: Manual de Operaciones de SVCA).

- 3.3. Resumen de la ficha técnica de las estaciones: Todas las estaciones de monitoreo del SEVCA de CORPOGUAJIRA son fijas excepto Nuevo Espinal en donde se está realizando un monitoreo indicativo que permita conocer la calidad del aire en la zona para un periodo específico. Las fichas técnicas resumidas de cada estación se encuentran en la Tabla 2.

Tabla 2. Ficha técnica de las estaciones del SEVCA de CORPOGUAJIRA.

Estación	Tipo de estación			Objetivo de representatividad
	Área	Tiempo	Emisiones Dominantes	
Conejo	Rural	Fija	Fondo (Zona Minera del sur del departamento)	Línea base para la minería en el sur del departamento.
Pacharoca	Semiurbana	Fija	Punto crítico y tráfico	Obtener información de calidad del aire en poblaciones influenciadas directamente por las actividades mineras para determinar el cumplimiento de la norma de calidad del aire.
Barrancas	Urbana	Fija	Punto crítico	
Papayal	Urbana	Fija	Punto crítico	
Provincial	Rural	Fija	Punto crítico	
Albania	Urbana	Fija	Punto crítico	
Cuestecitas	Semiurbana	Fija	Punto crítico y tráfico	
Hatonuevo	Urbana	Fija	Punto crítico	
Los Remedios	Rural	Fija	Punto crítico	
Nuevo Espinal	Rural	Indicativa	Punto crítico	

- 3.4. Contaminantes evaluados: El material particulado menor de 10 micras (PM10) es el contaminante evaluado en las estaciones de monitoreo manuales del SEVCA de CORPOGUAJIRA; sumado a este, el material particulado menor a 2.5 micras (PM2.5) es analizado en la estación automática Nuevo Espinal. En las estaciones con equipos manuales 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 Título 40, parte 50, apéndice J. Para el caso de la estación Nuevo Espinal, el principio de operación es el espectrómetro óptico de aerosol sustentado en la Norma Europea EN 16450.

- 3.5. Tecnologías de monitoreo utilizadas: En nueve (9) de las diez (10) estaciones que componen el SEVCA los equipos de monitoreo son de alto volumen (Hi-Vol) y tienen tecnología manual.

En los equipos manuales 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 porta-filtros, un registrador de flujo (o indicador 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 (10µm) 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 rata de flujo determinada. Cuando se opera en este rango de flujo, las muestras pueden ser colectadas por periodos de 24 horas (± 1). 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.

En el caso de la estación Nuevo Espinal se cuenta con un equipo automático FIDAS 200 de la marca PALAS cuyas características se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 3. Características de la estación de monitoreo automática Nuevo Espinal.

Característica	Descripción
Principio de Operación	- Espectrómetro óptico de aerosol
Flujo volumétrico	- 5 l/min (máx.)
Concentración máxima (masa)	- 10.000 µg/m ³
Respuesta del sensor	- < 2 seg.
Fuente de luz	- Xenon arc lamp 35 W.
Volumen óptico de medición (WxDxH)	- 262 µm x 262 µm x 164 µm.
Entrada de muestreo estandarizada	- EN 481 (PM-inhalable, breast y alveoli) - US EPA (PM-1, 2.5, 10).
Cabeza de muestreo	- Sigma-2.
Linealidad	- 1,06 para PM2.5 - 1,03 para PM10*
Exactitud	- 9,7 % para PM2.5 - 7,5 % para PM10 **
Interfaces de comunicación	- RS-232 - Ethernet (UDP ASCII) - USB - Wifi.
Adquisición de datos	Digital, procesador de 20 MHz, 256 canales de datos. S.O: WINDOWS
Características Eléctricas	- Voltaje alimentación 115 v +/- 10% - Consumo de potencia 200 W

*Gravimetría según EN16450.

** Incertidumbre de medición según EN16450.

4. RESULTADOS DE LOS MONITOREOS CALIDAD DEL AIRE

- 4.1. Gráficas de evolución diaria de la concentración (PM10 y PM2.5) y comparación con la norma: En el mes de marzo se programaron 11 muestras PM10 en cada una de las 9 estaciones manuales, para un total de 99 muestras, de las cuales se tomaron 85 muestras y se recuperaron 4 más (89 muestras PM10) válidas. Una muestra fue invalidada debido a problemas mecánicos en la estación Pacharoca durante el monitoreo programado para el último día del mes, por lo cual no se pudo recuperar. De igual forma las muestras de PM10 programadas para el 25 de marzo de 2020 no pudieron ser tomadas 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.

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

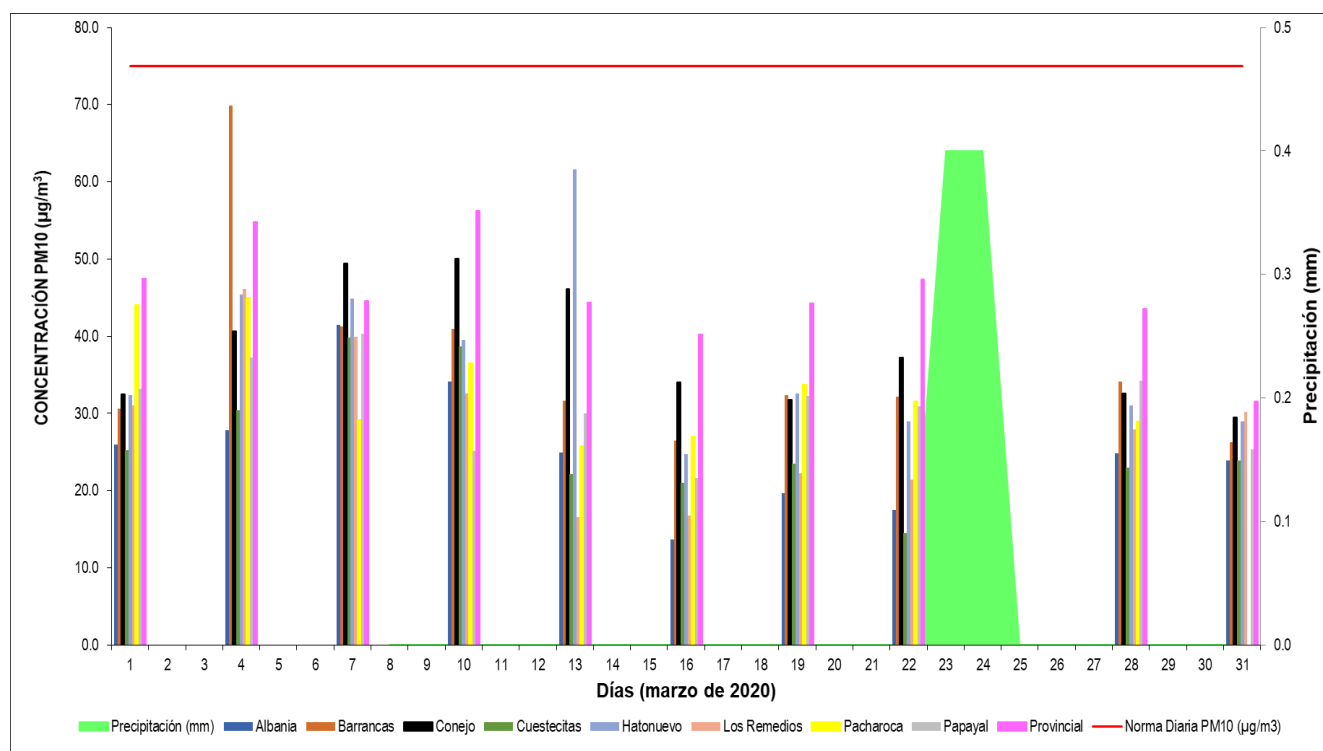


Figura 3. Comportamiento diario del PM10 Vs Precipitación marzo de 2020.

Se podría decir que durante el mes de marzo el material particulado PM10 en el área de influencia del SEVCA presentó un comportamiento bimodal en varias estaciones, registrando picos de concentraciones durante la primera parte del mes, y una disminución considerable en las mismas durante los últimos monitoreos del mes de marzo. De las estaciones con este comportamiento las que más resaltan son Barrancas, Conejo, Cuestecitas y Hatonuevo.

Estaciones como Albania y Provincial presentaron comportamientos estables durante el mes, la primera de ellas registrando concentraciones característicamente bajas durante prácticamente todo el mes. Contrariamente la segunda registro valores de concentración altos sobresaliendo en casi todos los días de monitoreo.

En el periodo evaluado se dieron dos eventos que resaltan frente a los demás registros, estos se presentaron en las estaciones Barrancas el 4 de marzo de 2020, con una concentración de $69.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en la estación Hatonuevo, con un valor de $61.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ el 13 de marzo de 2020.

La precipitación en la zona fue prácticamente nula, registrando solo dos eventos de 0.4 mm cada uno los días 23 y 24 de marzo de 2020, con lo cual no hubo influencia de esta variable meteorológica en las concentraciones del mes de marzo.

Por su parte de la Figura 4 a la Figura 7 se expone el comportamiento del material particulado PM10 y PM2.5 en la estación automática Nuevo Espinal. Esta estación inicio operación el día 8 de marzo de 2020 de forma continua. Paralelamente al monitoreo de material particulado se registran los principales parámetros meteorológicos necesarios para el correcto análisis de las concentraciones en la zona.

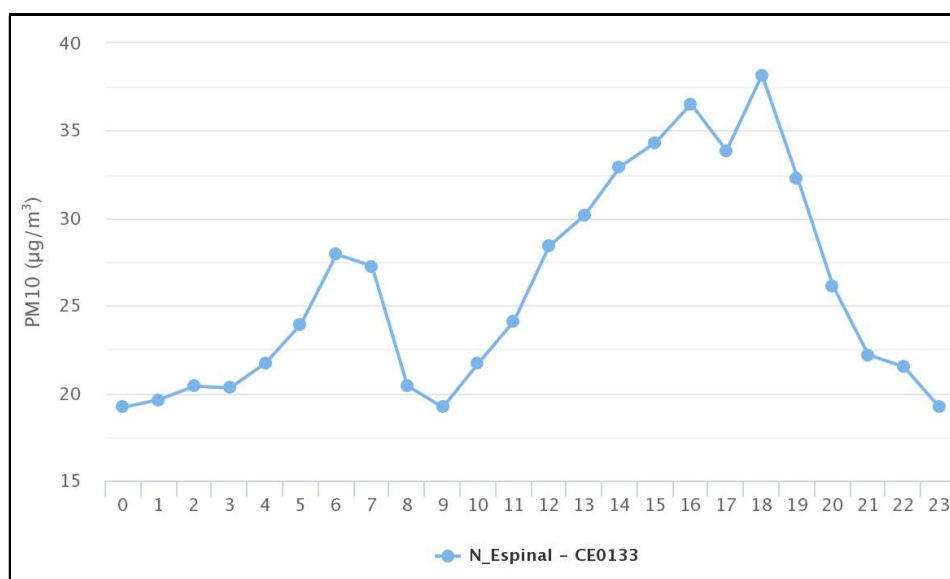


Figura 4. Perfil horario PM10 estación Nuevo Espinal.

La Figura 4 presenta el perfil horario de material particulado PM10 en la estación Nuevo Espinal, en esta se presenta un claro incremento en las concentraciones desde las 10:00 horas extendiéndose hasta las 16:00 horas, lo cual coincide con las horas de mayor radiación solar y evaporación en la zona que hacen que en las actividades mineras que se presentan en la zona se genere mayor cantidad de material particulado por tráfico rodado de equipo liviano, mediano y minero y por actividades como las voladuras a cielo abierto que se desarrollan sobre estas horas del día.

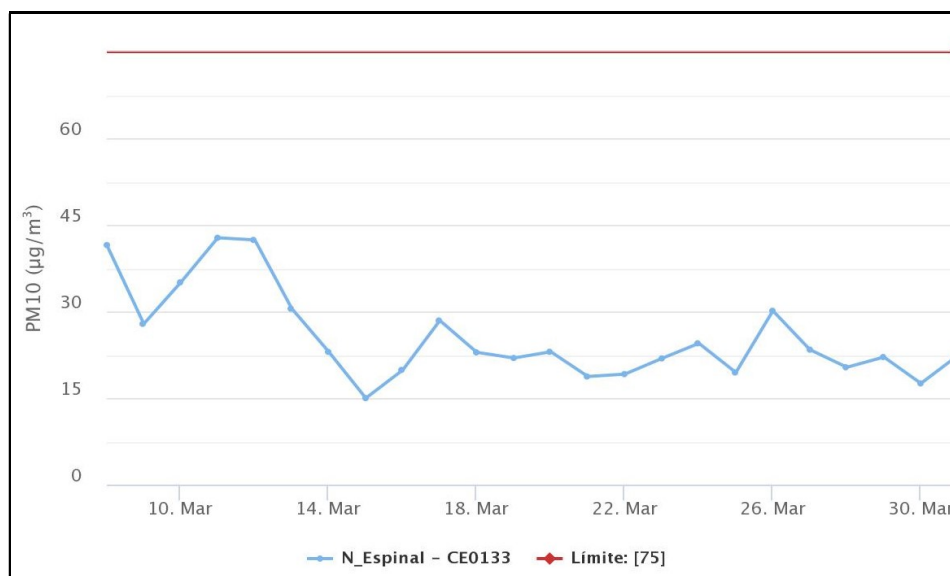


Figura 5. Perfil diario PM10 estación Nuevo Espinal.

Respecto al comportamiento diario del PM10 en la zona de influencia de la estación Nuevo Espinal, este exhibió las mayores concentraciones sobre los días 10 al 13 de marzo de 2020, con un máximo registro de 42.74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Durante el resto del periodo las concentraciones se mantuvieron bastante estables, entre el rango de entre 15 y 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tal como se puede apreciar en la anterior figura, en ningún día se sobrepasó el límite diario normativo de 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

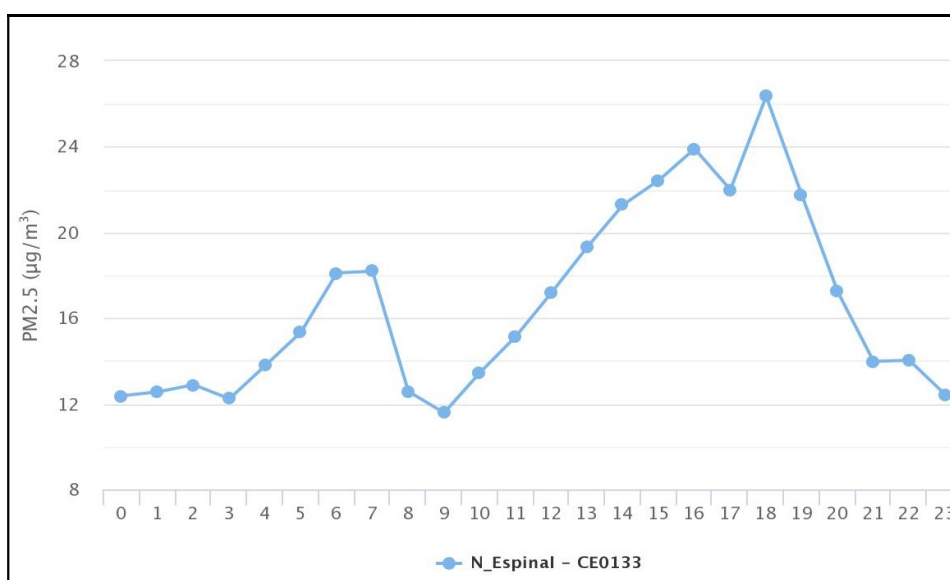


Figura 6. Perfil horario PM2.5 estación Nuevo Espinal.

El comportamiento horario del material particulado PM2.5 en la estación Nuevo Espinal sigue la misma tendencia que el PM10, lo que denota que gran cantidad de las emisiones de la zona corresponde a partículas finas, en consecuencia, es importante la evaluación de contaminante en el área por tratarse de las partículas que mayor afectación pueden causar a la salud humana.

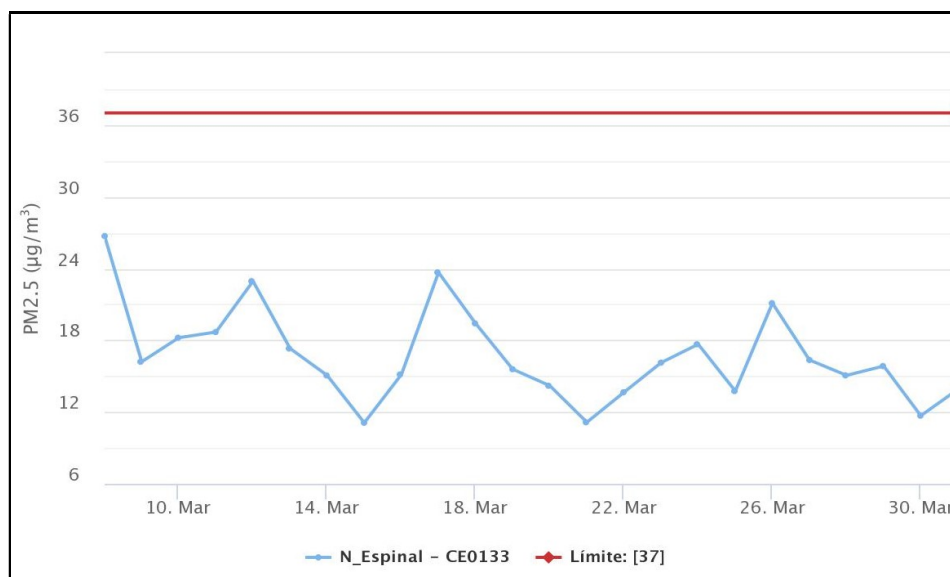


Figura 7. Perfil diario PM2.5 estación Nuevo Espinal.

Las concentraciones diarias de PM2.5 registran un comportamiento variable entre días manteniendo la misma tendencia del PM10 diario, tenido en cuenta la facilidad con la que este tipo de partículas se transportan y los constantes vientos en las zonas, es normal dicha variabilidad.

A pesar de que durante el mes de marzo la precipitación fue prácticamente nula, **no se presentaron excedencias a las Normas diarias de PM10 (>75.0 µg/m³) y de PM2.5 (37 µg/m³) establecidas en la Resolución 2254 de 2017.**

Gráficas de promedios anuales (PM10 y PM2.5) y comparación con la norma: En la

- 4.2. Tabla 4 y la Figura 8 se detallan los resultados del promedio anual para PM10 en el SEVCA (incluyendo la estación Nuevo Espinal) para el 2020 con datos tomados hasta el mes de marzo y el promedio móvil de los últimos 12 meses. Así mismo, en la Tabla 5 y la Figura 9 se detallan los resultados del promedio anual para PM2.5 en la estación Nuevo Espinal en el 2020 con datos tomados hasta el mes de marzo.

Cabe enunciar que, **aunque no se ha obtenido la representatividad \geq al 75% de datos válidos para poder comparar con las Normas anuales de calidad del aire (50 µg/m³ para PM10 y 25 µg/m³ para PM2.5) establecidas en la Resolución 2254 de 2017; se optó por realizar una comparación indicativa buscando verificar 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 4. Representatividad y promedio anual indicativo de PM10 en el SEVCA.

Estación	% Representatividad (debe ser $\geq 75\%$)		Promedio Anual Indicativo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Noma Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	2020	Últimos 12 meses	2020	Últimos 12 meses	
Albania	25.0	71.7	27.7	31.2	50.0
Barrancas	23.3	70.0	36.4	35.8	
Conejo	23.3	69.2	34.9	28.9	
Cuestecitas	25.0	46.7	27.2	30.9	
Hatonuevo	25.0	70.8	37.2	32.4	
Los Remedios	24.2	68.3	28.3	27.6	
Pacharoca	24.2	63.3	37.5	36.4	
Papayal	24.2	70.0	37.2	36.5	
Provincial	25.0	65.8	41.8	40.6	
Nuevo Espinal	6.7	6.7	25.6	25.6	

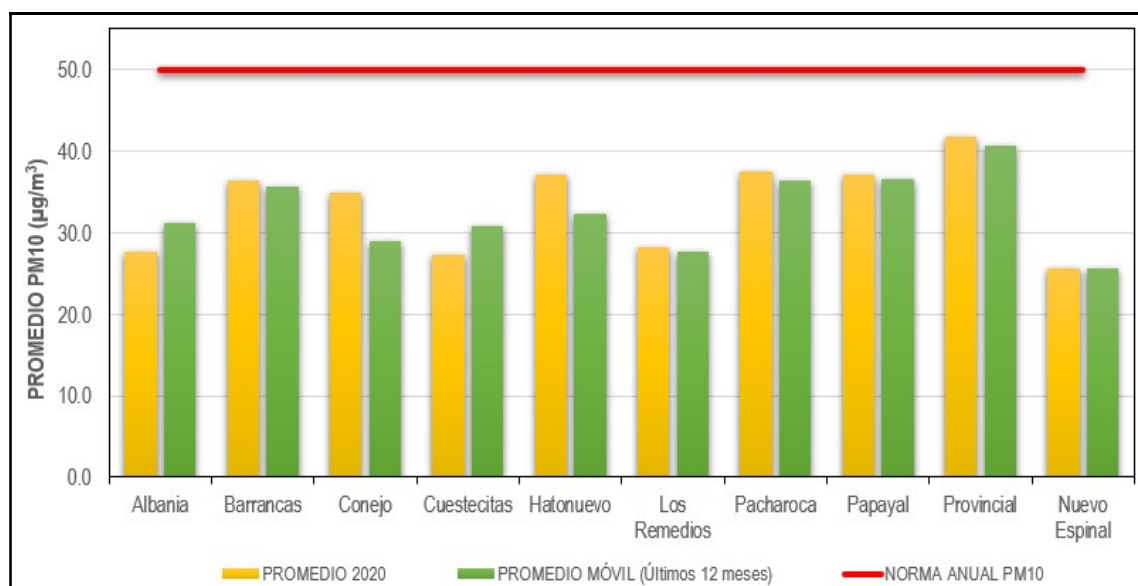


Figura 8. Promedio anual indicativo de PM10 para el SEVCA.

Tabla 5. Representatividad y promedio anual indicativo de PM2.5 en el SEVCA.

Estación	% Representatividad (debe ser $\geq 75\%$)		Promedio Anual Indicativo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Noma Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	2020	Últimos 12 meses	2020	Últimos 12 meses	
Nuevo Espinal	6.7	6.7	16.7	16.7	25.0

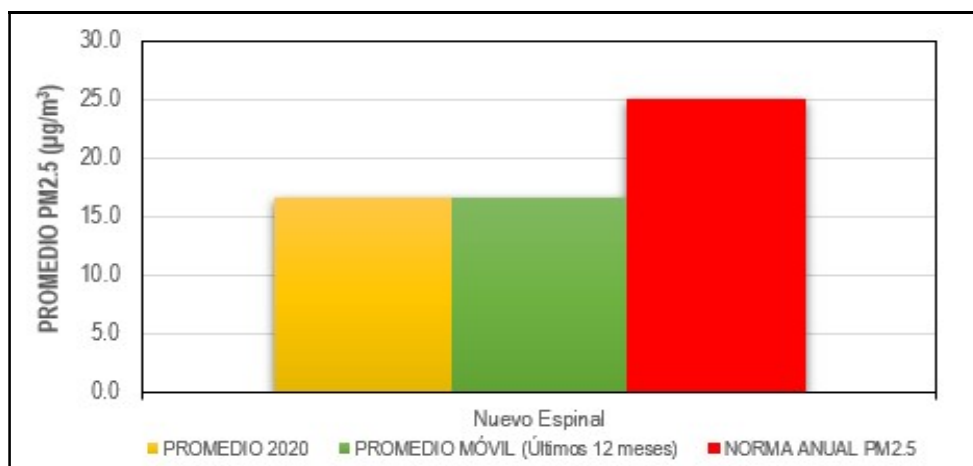


Figura 9. Promedio anual indicativo de PM2.5 para el SEVCA.

4.3. Resultados estadísticos: Los resultados estadísticos para PM10 en marzo de 2020 (incluyendo Nuevo Espinal), se observan en la Tabla 6. Se calcularon los datos necesarios para conocer la tendencia de concentraciones encada sector y la cantidad de muestras válidas. De igual forma en la misma tabla se presentan los valores de dispersión de los datos durante los monitoreos del mes de marzo.

Tabla 6. Resultados estadísticos de PM10 para marzo de 2020.

Descriptor	Estación									
	Albania	Barrancas	Conejo	Cuestecitas	Hatonuevo	Los Remedios	Pacharoca	Papayal	Provincial	Nuevo Espinal
Muestras programadas	11	11	11	11	11	11	11	11	11	24
Muestras tomadas	10	10	10	10	10	10	10	10	10	24
Datos válidos del mes	10	10	10	10	10	10	9	10	10	24
Promedio aritmético (µg/m³)	25.4	36.6	38.4	26.2	37.0	28.5	33.5	31.0	45.4	25.6
Número de Excedencias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor más alto registrado (µg/m³)	41.5	69.9	50.0	39.8	61.6	46.1	45.0	40.4	56.3	42.7
Valor más bajo registrado (µg/m³)	13.7	26.3	29.5	14.5	24.7	16.5	25.7	21.7	31.5	15.0
Desviación estándar (µg/m³)	8.0	12.7	7.7	7.9	11.1	9.6	7.1	5.8	7.0	7.8
Mediana (µg/m³)	24.9	32.2	35.6	23.7	32.5	29.1	31.5	31.6	44.4	23.0
Percentil 25 (µg/m³)	20.7	30.9	32.5	22.4	29.5	21.7	28.9	26.5	43.7	20.2
Percentil 75 (µg/m³)	27.4	39.3	44.8	29.1	43.5	32.2	36.5	34.0	47.5	28.8

Así mismo, Los resultados estadísticos para PM2.5 en marzo de 2020 en la estación Nuevo Espinal se observan en la Tabla 7.

Tabla 7. Resultados estadísticos de PM2.5 para marzo de 2020.

Descriptor	Estación
	Nuevo Espinal
Muestras programadas	24
Muestras tomadas	24
Datos válidos del mes	24
Promedio aritmético ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	16.7
Número de Excedencias	0
Valor más alto registrado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	26.7
Valor más bajo registrado ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	11.1
Desviación estándar ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	3.9
Mediana ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	16.1
Percentil 25 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	14.1
Percentil 75 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	18.3

La Figura 10 muestra el diagrama de cajas para cada una de las estaciones de PM10 manuales del SEVCA en donde se presenta la variación en la dispersión de los datos de concentración de cada estación, así como sus datos atípicos. Así mismo, en la Figura 11 se observa el diagrama de cajas y bigotes para los parámetros PM10 y PM2.5 en la estación automática Nuevo Espinal.

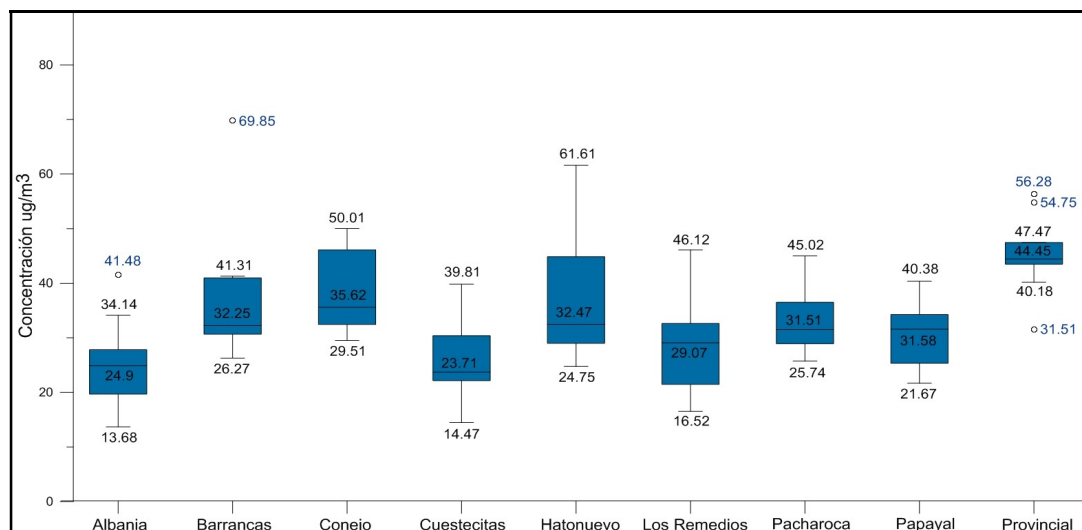


Figura 10. Diagrama de cajas y bigotes para estaciones manuales.

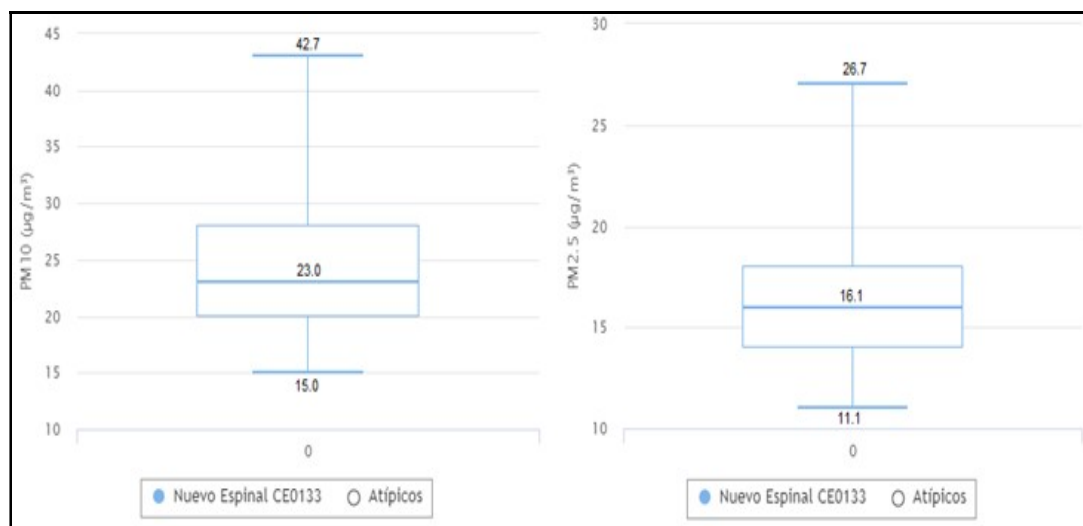


Figura 11. Diagrama de cajas y bigotes para PM10 y PM2.5 en la estación automática Nuevo Espinal.

- 4.4. **Resultados consolidados:** Los resultados consolidados de PM10 del periodo evaluado (incluyendo Nuevo Espinal) se observan en la Tabla 8, allí se aprecian las concentraciones diarias, la variación de los datos y su comparación con la norma diaria. De igual forma los resultados consolidados para PM2.5 en la estación Nuevo Espinal se muestran en la Tabla 9

Tabla 8. Resultados de PM10 consolidados para marzo de 2020.

Fecha	Estación										Norma Diaria PM10 (µg/m³)
	Albania	Barrancas	Conejo	Cuestecitas	Hatonuevo	Los Remedios	Pacharoca	Papayal	Provincial	Nuevo Espinal	
01-mar.-20	26.0	30.7	32.4	25.3	32.3	31.1	44.1	33.2	47.5		75.0
02-mar.-20											
03-mar.-20											
04-mar.-20	27.8	69.9	40.7	30.4	45.4	46.1	45.0	37.3	54.8		
05-mar.-20											
06-mar.-20											
07-mar.-20	41.5	41.3	49.4	39.8	44.9	39.9	29.1	40.4	44.5		
08-mar.-20										41.5	
09-mar.-20										27.8	
10-mar.-20	34.1	41.0	50.0	38.7	39.5	32.6	36.5	25.1	56.3	35.0	
11-mar.-20										42.7	
12-mar.-20										42.4	
13-mar.-20	24.9	31.6	46.1	22.2	61.6	16.5	25.7	30.0	44.3	30.5	
14-mar.-20										23.0	
15-mar.-20										15.0	
16-mar.-20	13.7	26.5	34.0	21.0	24.7	16.7	27.0	21.7	40.2	19.9	

Fecha	Estación										Norma Diaria PM10 (µg/m³)
	Albania	Barrancas	Conejo	Cuestecitas	Hatonuevo	Los Remedios	Pacharoca	Papayal	Provincial	Nuevo Espinal	
17-mar.-20										28.4	
18-mar.-20										22.9	
19-mar.-20	19.7	32.3	31.8	23.5	32.6	22.3	33.7	32.2	44.3	21.9	
20-mar.-20										23.0	
21-mar.-20										18.7	
22-mar.-20	17.5	32.2	37.3	14.5	29.0	21.5	31.5	30.9	47.4	19.1	
23-mar.-20										21.9	
24-mar.-20										24.5	
25-mar.-20										19.4	
26-mar.-20										30.1	
27-mar.-20										23.4	
28-mar.-20	24.9	34.1	32.6	22.9	31.0	27.9	28.9	34.3	43.5	20.3	
29-mar.-20										22.1	
30-mar.-20										17.5	
31-mar.-20	23.9	26.3	29.5	23.9	29.0	30.2		25.3	31.5	22.4	

Tabla 9. Resultados de PM2.5 consolidados para marzo de 2020.

Fecha	Estación	Norma Diaria PM2.5 (µg/m³)
	Nuevo Espinal	
08-mar.-20	26.7	37.0
09-mar.-20	16.2	
10-mar.-20	18.2	
11-mar.-20	18.7	
12-mar.-20	22.9	
13-mar.-20	17.3	
14-mar.-20	15.1	
15-mar.-20	11.1	
16-mar.-20	15.1	
17-mar.-20	23.7	
18-mar.-20	19.4	
19-mar.-20	15.6	
20-mar.-20	14.2	
21-mar.-20	11.1	
22-mar.-20	13.7	
23-mar.-20	16.1	
24-mar.-20	17.7	
25-mar.-20	13.8	

Fecha	Estación	Norma Diaria PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	Nuevo Espinal	
26-mar.-20	21.1	
27-mar.-20	16.3	
28-mar.-20	15.1	
29-mar.-20	15.8	
30-mar.-20	11.7	
31-mar.-20	13.9	

- 4.5. 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 10. El Índice de Calidad del Aire (ICA) diario para PM10 (incluyendo Nuevo Espinal) se puede observar en la Tabla 11 y gráficamente en la Figura 12. Así mismo, el ICA diario para PM2.5 se muestra en la Tabla 12 y la Figura 13.

Tabla 10. 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 11. Índice diario de Calidad del Aire para PM10.

Fecha	ESTACIÓN									
	Albania	Barrancas	Conejo	Cuestecitas	Hatonuevo	Los Remedios	Pacharoca	Papayal	Provincial	Nuevo Espinal
01-mar.-20	24.1	28.4	30.0	23.4	29.9	28.8	40.8	30.7	44.0	
04-mar.-20	25.8	58.4	37.7	28.1	42.0	42.7	41.7	34.5	50.9	
07-mar.-20	38.4	38.3	45.8	36.9	41.5	36.9	27.0	37.4	41.2	
08-mar.-20										38.4
09-mar.-20										25.8
10-mar.-20	31.6	37.9	46.3	35.9	36.5	30.2	33.8	23.3	51.6	32.4
11-mar.-20										39.6
12-mar.-20										39.2
13-mar.-20	23.1	29.3	42.7	20.5	54.3	15.3	23.8	27.8	41.1	28.2
14-mar.-20										21.3
15-mar.-20										13.9

Fecha	ESTACIÓN									
	Albania	Barrancas	Conejo	Cuestecitas	Hatonuevo	Los Remedios	Pacharoca	Papayal	Provincial	Nuevo Espinal
16-mar.-20	12.7	24.5	31.5	19.4	22.9	15.5	25.0	20.1	37.2	18.4
17-mar.-20										26.3
18-mar.-20										21.2
19-mar.-20	18.2	29.9	29.4	21.8	30.2	20.6	31.2	29.9	41.0	20.3
20-mar.-20										21.3
21-mar.-20										17.3
22-mar.-20	16.2	29.8	34.5	13.4	26.9	19.9	29.2	28.6	43.9	17.7
23-mar.-20										20.2
24-mar.-20										22.7
25-mar.-20										18.0
26-mar.-20										27.9
27-mar.-20										21.6
28-mar.-20	23.0	31.6	30.2	21.2	28.7	25.9	26.8	31.7	40.3	18.8
29-mar.-20										20.5
30-mar.-20										16.2
31-mar.-20	22.1	24.3	27.3	22.1	26.8	28.0		23.5	29.2	20.7

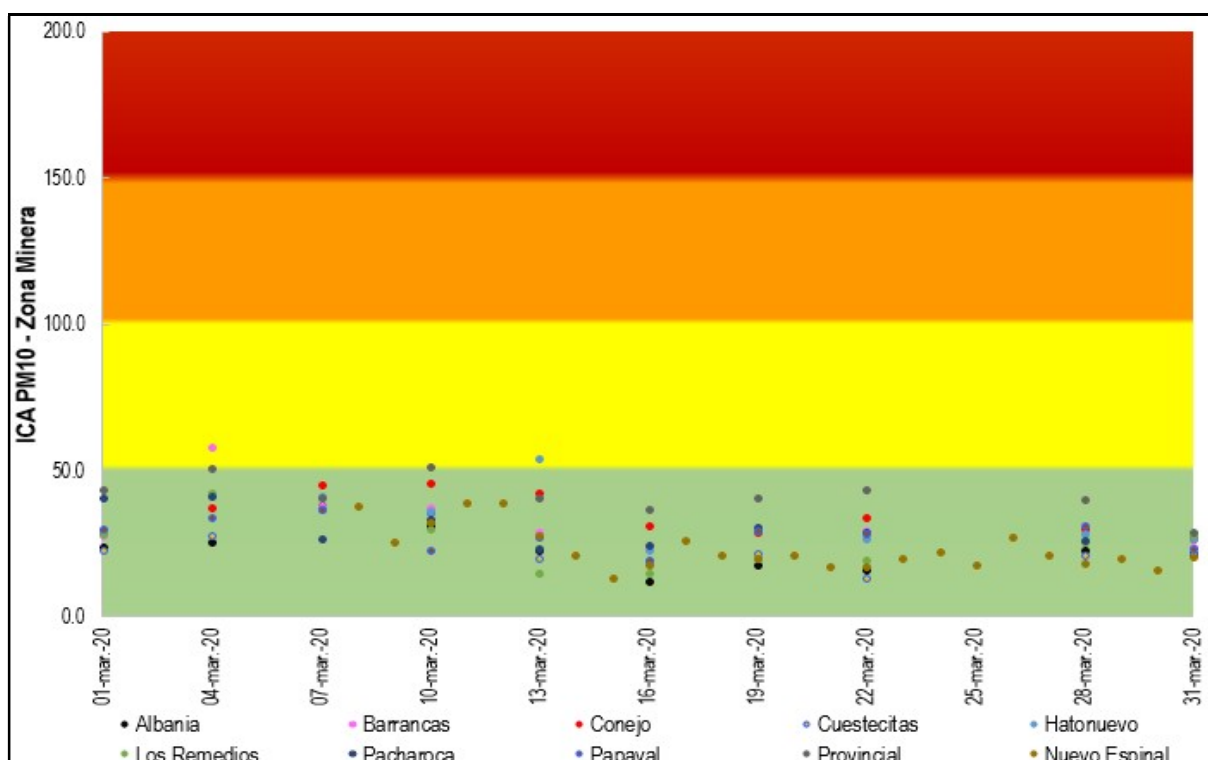


Figura 12. Índice de calidad del aire diario para PM10 en el periodo evaluado.

El 96.5% de los datos validados en marzo de 2020 (109 monitoreos de estaciones manuales y automáticas) indicaron un buen estado de la calidad del aire, mientras el 3.5% restante (4 monitoreos) registraron una calidad de aire aceptable; dos (2) de estos en Provincial.

Tabla 12. Índice diario de Calidad del Aire para PM2.5.

Fecha	ESTACIÓN
	Nuevo Espinal
08-mar.-20	80.0
09-mar.-20	57.0
10-mar.-20	61.0
11-mar.-20	63.0
12-mar.-20	71.0
13-mar.-20	59.0
14-mar.-20	55.0
15-mar.-20	46.0
16-mar.-20	55.0
17-mar.-20	73.0
18-mar.-20	63.0
19-mar.-20	57.0
20-mar.-20	53.0
21-mar.-20	46.0
22-mar.-20	53.0
23-mar.-20	57.0
24-mar.-20	61.0
25-mar.-20	53.0
26-mar.-20	67.0
27-mar.-20	57.0
28-mar.-20	55.0
29-mar.-20	57.0
30-mar.-20	49.0
31-mar.-20	53.0

Al ser el ICA para PM2.5 mucho más restrictivo que el de PM10, el 12.5% de los datos validados (3 monitoreos) en Nuevo Espinal para marzo de 2020 indicaron un buen estado de la calidad del aire y el 87.5% restante (21 monitoreos) registraron una calidad de aire aceptable.

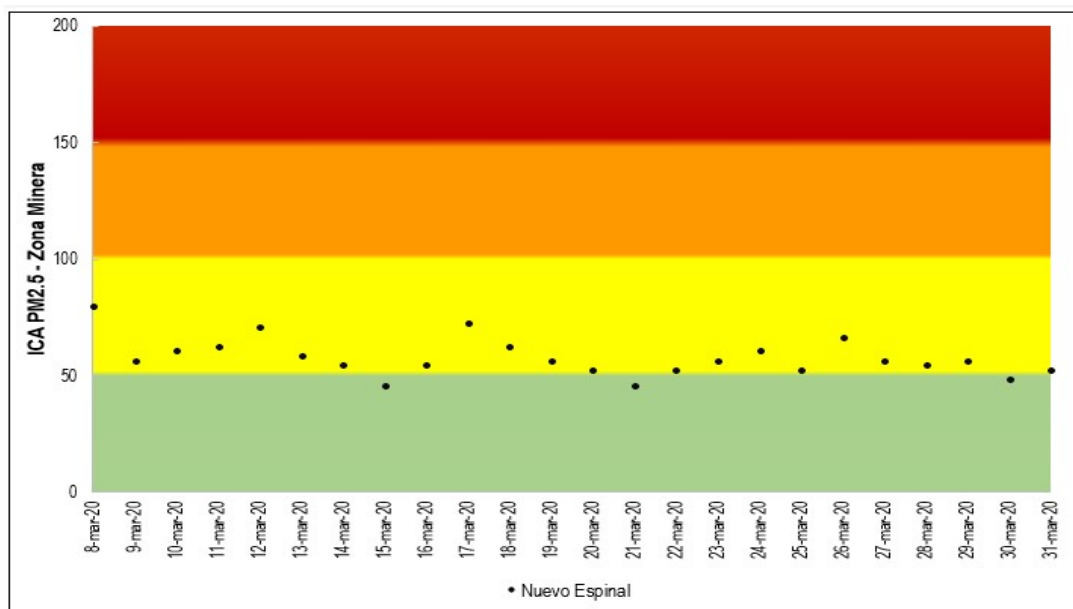


Figura 13. Índice de calidad del aire diario para PM2.5 en el periodo evaluado.

- 4.6. Análisis de datos atípicos: Durante el mes de marzo de 2020 se presentaron datos atípicos en tres (3) de las nueve (9) estaciones manuales que componen el SEVCA, ninguno de estos datos representó un incumplimiento normativo; sin embargo, se analizan los posibles eventos que pudieron ocasionar esta variación en las estaciones Albania, Barrancas y Provincial.

5. METEOROLOGÍA DEL PERIODO

Para evaluar la meteorología del periodo se usó información de temperatura, viento y precipitación obtenida de la estación meteorológica “Nuevo Espinal”, la cual pertenece al SEVCA y opera de forma paralela a la estación automática de material particulado con el mismo nombre. La Tabla 13 presenta el resumen de los parámetros meteorológicos analizados y que sirvieron para el análisis de las concentraciones de material particulado durante el mes de marzo de 2020.

Tabla 13. Resumen parámetros meteorológicos estación Nuevo Espinal.

Fecha	Temperatura (°C)	Precipitación (mmH ₂ O)	Velocidad del Viento (m/s)
08-mar.-20	27.70	0.00	2.46
09-mar.-20	28.85	0.00	3.44
10-mar.-20	28.40	0.00	2.90
11-mar.-20	27.96	0.00	2.62
12-mar.-20	28.27	0.00	2.21
13-mar.-20	28.87	0.00	2.33
14-mar.-20	28.46	0.00	2.41
15-mar.-20	29.00	0.00	3.28

Fecha	Temperatura (°C)	Precipitación (mmH ₂ O)	Velocidad del Viento (m/s)
16-mar.-20	28.71	0.00	3.26
17-mar.-20	28.34	0.00	3.27
18-mar.-20	28.18	0.00	2.86
19-mar.-20	28.45	0.00	3.33
20-mar.-20	28.59	0.00	3.10
21-mar.-20	28.21	0.00	2.74
22-mar.-20	28.76	0.00	3.24
23-mar.-20	29.20	0.40	2.95
24-mar.-20	29.46	0.40	2.89
25-mar.-20	29.53	0.00	3.29
26-mar.-20	29.17	0.00	2.36
27-mar.-20	28.77	0.00	2.81
28-mar.-20	28.70	0.00	3.33
29-mar.-20	29.00	0.00	3.69
30-mar.-20	29.46	0.00	3.59
31-mar.-20	29.21	0.00	2.79
Promedio	28.72	0.80*	2.98
Máximo	29.53	0.40	3.69
Mínimo	27.70	0.00	2.21

*Precipitación acumulada mensual.

- 5.1. Temperatura: La temperatura promedio diaria de la zona durante el mes de marzo de 2020 se presenta en la Figura 14, la cual registra valores fluctuantes con una tendencia hacia arriba sobre los últimos días del mes. El promedio de temperatura durante el periodo fue de 28.70°C.



Figura 14. Comportamiento diario de la temperatura ambiente en marzo de 2020.

La temperatura horaria presenta una curva de comportamiento marcada, con incrementos en las horas con mayor radiación, registrando temperaturas sobre las 13:00 y 14:00 horas del día con valores

promedio de 34.30°C en ambos horarios. Por su parte, las temperaturas más bajas se registran en el horario de la madrugada y primeras horas de la mañana con valores que oscilan entre los 24.00 y 25.70°C.

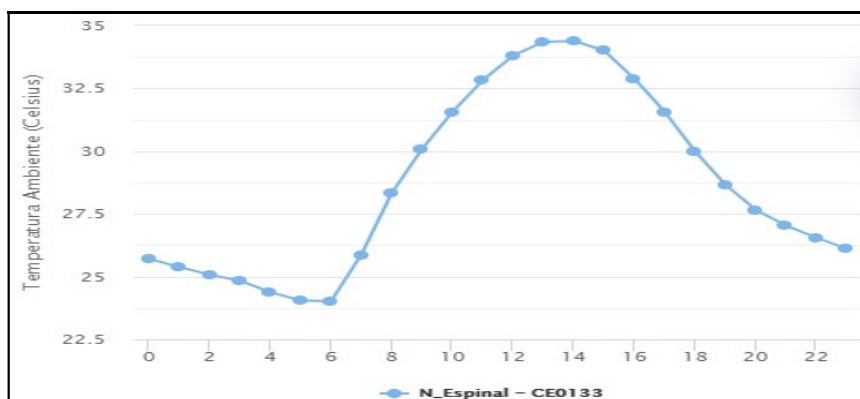


Figura 15. Perfil horario de la temperatura ambiente en marzo de 2020.

5.2. Viento: La Tabla 14 resume el comportamiento de los vientos respecto a su velocidad y dirección de origen según los registros tomados de la estación Nuevo Espinal. Durante el mes de marzo de 2020, la dirección con mayor predominancia en el sector fue NNE, con un componente muy bajo en dirección N. En cuanto a la variación en las velocidades de viento, estas se mantuvieron con promedios diarios entre 2.0 y 3.7m/s.

Tabla 14. Velocidad y dirección del viento durante el mes de marzo de 2020.

Fecha	Velocidad del Viento (m/s)	Dirección del Viento (°)	Dirección del viento
08-mar.-20	2.46	5.32	N
09-mar.-20	3.44	25.94	NNE
10-mar.-20	2.91	6.22	N
11-mar.-20	2.62	15.11	NNE
12-mar.-20	2.21	54.00	NE
13-mar.-20	2.33	7.80	N
14-mar.-20	2.42	6.45	N
15-mar.-20	3.29	5.83	N
16-mar.-20	3.27	18.43	NNE
17-mar.-20	3.27	30.27	NNE
18-mar.-20	2.86	17.73	NNE
19-mar.-20	3.33	8.50	N
20-mar.-20	3.11	28.10	NNE
21-mar.-20	2.74	11.94	NNE
22-mar.-20	3.24	15.90	NNE
23-mar.-20	2.96	24.02	NNE
24-mar.-20	2.89	16.04	NNE
25-mar.-20	3.29	14.96	NNE
26-mar.-20	2.36	9.24	N

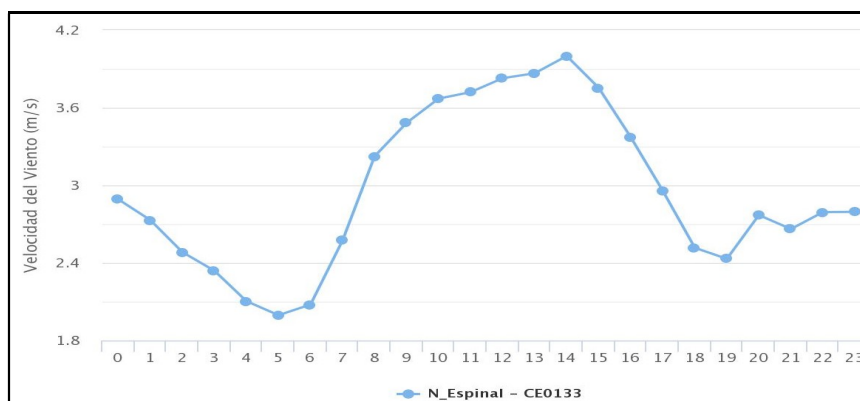
Fecha	Velocidad del Viento (m/s)	Dirección del Viento (°)	Dirección del viento
27-mar.-20	2.82	287.00	WNW
28-mar.-20	3.33	17.27	NNE
29-mar.-20	3.70	36.04	NE
30-mar.-20	3.60	44.67	NE
31-mar.-20	2.79	20.22	NNE

La velocidad del viento se analiza a continuación según su perfil diario y horario en la Figura 16 y Figura 17 respectivamente.

Las velocidades de viento promedio diarias que se registraron en el sector durante el mes de marzo de 2020 presentan variaciones de ± 1.00 m/s a lo largo de todo el periodo de estudio, manteniendo un promedio mensual de 2.98 m/s.



El perfil horario de la velocidad de viento presentado en la Figura 17, nos muestra la estrecha relación que esta variable tiene con la temperatura, registrando promedios horarios con patrones gráficos similares e igualmente distribuidos, en donde los mayores promedios horarios se dieron sobre las 14 horas con velocidades cercanas a los 4.00 m/s.



La dirección del viento es una variable a tener en cuenta al momento de estudiar el comportamiento y la dispersión del material particulado en la atmósfera. Las rosas de viento generadas para cada estación muestran gráficamente el origen del viento en cada punto y las mayores frecuencias de velocidades registradas en cada dirección.

En la Figura 18 se presenta el comportamiento horario de los vientos en la estación Nuevo Espinal, este sector del departamento registra vientos con predominancias en dirección Noroeste (NNE), con cerca del 56% de los registros, con el mayor número de datos entre el rango de velocidades de 1.60 y 3.40 m/s.

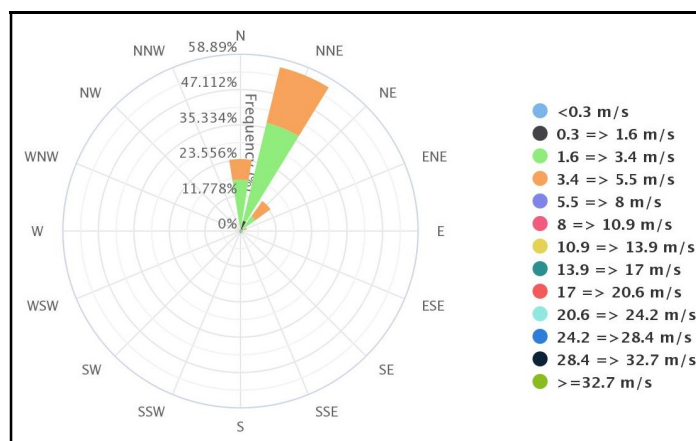


Figura 18. Rosa de Vientos horaria para marzo de 2020.

La Figura 19 registra la predominancia diaria de los vientos, en la cual se mantiene la misma dirección que en la rosa de vientos horaria, sin embargo, las frecuencias de velocidades aumentan en el rango de los $1.60 \geq 3.40$ m/s y disminuyen en el color naranja (rango de velocidades entre $3.40 \geq 5.50$ m/s).

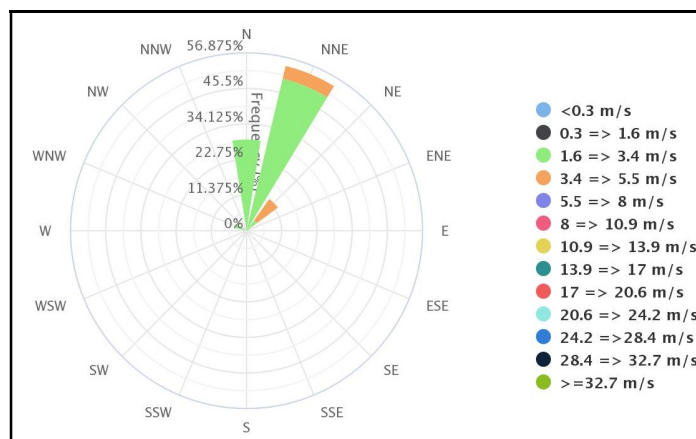


Figura 19. Rosa de Vientos diaria para marzo de 2020.

5.3. Precipitación: La precipitación en el mes de marzo de 2020 no fue una variable que haya influido en la dispersión y comportamiento del material particulado, debido a que durante este periodo solo se

registraron dos eventos mínimos de lluvia, cada uno de ellos de 0.40 mm de H₂O, y los cuales se presentan en la siguiente figura.

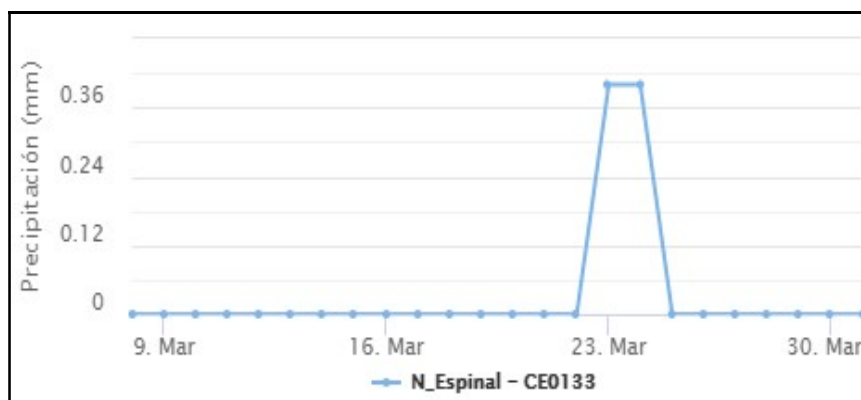


Figura 20. Precipitación diaria en marzo de 2020.

6. CONCLUSIONES

- Durante marzo de 2020 en las estaciones manuales del SEVCA se planificó el desarrollo de noventa y nueve (99) muestreos de los cuales se realizaron ochenta (89), una muestra fue invalidada por falla mecánica del Timer del equipo de la estación Pacharoca. Por su parte la jornada de monitoreo del 25 de marzo de 2020, no pudo ser desarrollada debido al aislamiento preventivo obligatorio ordenado por el Decreto N° 457 de 2020 para contención de la crisis de salud nacional generada por el COVID-19.
- El 8 de marzo de 2020 inicio operación la estación Nuevo Espinal, en la cual se monitorea de manera continua mediante un equipo automático los contaminantes PM₁₀ y PM_{2.5}, y paralelamente parámetros meteorológicos.
- En marzo de 2020 no se reportaron excedencias a la Normas diarias de PM₁₀ (75.0 µg/m³) y PM_{2.5} (37.0 µg/m³) establecidas en la Resolución 2254 de 2017.
- Según los resultados obtenidos para PM₁₀, durante el mes de marzo de 2020 la calidad del aire se mantuvo en el rango bueno del Índice de Calidad del Aire - ICA, salvo cuatro días, uno en el sector de la estación Barrancas, uno en la estación Hatonuevo, y dos en la estación Provincial, donde la calidad del aire debido a eventos atípicos se situó en el rango Aceptable.
- Para el ICA diario de PM_{2.5}, el 12.5% de los datos validados (3 monitoreos) en Nuevo Espinal para marzo de 2020 indicaron un buen estado de la calidad del aire y el 87.5% restante (21 monitoreos) registraron una calidad de aire aceptable. Estos resultados se presentan debido a que el ICA para PM_{2.5} es más restrictivo que para PM₁₀.
- La comparación indicativa de las concentraciones promedio de PM₁₀ con los límites establecidos en la norma anual, muestran que las estaciones de Pacharoca, Papayal y Provincial, continúan siendo las más cercanas al límite (50.0 µg/m³). Por su parte las concentraciones anuales más bajas se registran en el sector de la estación Los Remedios.