



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**  
Facultad de Ingeniería

LABORATORIO  
**GIGA**



**INFORME TÉCNICO FINAL DE CALIDAD DE AIRE DE LA CAMPAÑA DE MONITOREO EN LA SUBREGIÓN BOSQUES DEL CONVENIO INTERADMINISTRATIVO CORNARE- UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA NÚMERO 374-2022 QUE TIENE COMO OBJETO DESARROLLAR LA CAMPAÑA DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE MANERA SIMULTÁNEA EN CUATRO (4) PUNTOS, UBICADOS EN LA SUBREGIÓN VALLES DE SAN NICOLÁS Y EN LA SUBREGIÓN BOSQUES, REALIZANDO EL MUESTREO Y EVALUACIÓN DE LOS CONTAMINANTES  $PM_{10}$  Y  $PM_{2,5}$ , Y CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE FILTROS DE MATERIAL PARTICULADO.**

**ELABORADO POR**

**LABORATORIO DEL GRUPO DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL - LABGIGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**

**MEDELLÍN**

**2023-05-15**

**TABLA DE CONTENIDO**

**1 INTRODUCCIÓN .....9**

**2 OBJETIVOS .....10**

2.1 OBJETIVO GENERAL .....10

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....10

**3 INFORMACIÓN GENERAL DEL CLIENTE .....11**

**4 NORMATIVA COLOMBIANA VIGENTE.....12**

4.1 RESOLUCIÓN 2254 DEL 2017 .....12

**5 METODOLOGIA.....13**

5.1 PUNTOS DE MONITOREO .....13

5.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO.....14

5.2 MÉTODO .....17

5.2.1 PARTÍCULAS SUSPENDIDAS MENORES A 2,5 MICRAS (PM<sub>2,5</sub>) .....17

5.2.2 PARTÍCULAS SUSPENDIDAS MENORES A 10 MICRAS HIVOL (PM<sub>10</sub>) .....18

5.3 VARIABLES METEOROLÓGICAS .....20

5.4 PARÁMETROS EVALUADOS.....20

5.5 EQUIPOS UTILIZADOS DURANTE EL MONITOREO .....21

**6 RESULTADOS .....24**

6.1 MATERIAL PARTICULADO MENOR A 2,5 MICRAS – PM<sub>2,5</sub>.....24

6.1.1 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, JERUSALÉN .....24

6.1.2 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, LA DANTA .....26

6.2 MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS – PM<sub>10</sub> .....28

6.2.1 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, JERUSALEN .....28

6.2.2 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, LA DANTA .....30

6.3 METEOROLOGÍA.....32

6.3.1 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, JERUSALÉN .....32

6.3.2 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, LA DANTA .....42

**7 OPINIONES E INTERPRETACIONES/DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD.....52**

7.1 PARTÍCULAS MENOSRES A 2,5 MICRAS – PM<sub>2,5</sub>.....53

7.1.1 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, JERUSALÉN .....53

7.1.2	ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, La Danta .....	55
7.2	PARTÍCULAS MENOSRES A 10 MICRAS – PM <sub>10</sub> .....	58
7.2.1	ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, JERUSALÉN. ....	58
7.2.2	ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, LA DANTA .....	61
7.3	RELACIÓN ENTRE PARTÍCULAS MENOSRES A 10 MICRAS – PM <sub>10</sub> Y PARTÍCULAS MENORES A 2,5 MICRAS – PM <sub>2,5</sub> .....	64
7.3.1	ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, JERUSALÉN. ....	64
7.3.2	ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, LA DANTA. ....	65
7.4	MEDIAS MENSUALES DE PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS – PM <sub>10</sub> Y PARTÍCULAS MENORES A 2,5 MICRAS – PM <sub>2,5</sub> .....	66
7.4.1	ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, JERUSALÉN .....	66
7.4.2	ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, LA DANTA. ....	67
7.5	COMPORTAMIENTO SEMANAL DE PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS – PM <sub>10</sub> Y PARTÍCULAS MENORES A 2,5 MICRAS – PM <sub>2,5</sub> .....	68
7.5.1	ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, JERUSALEN .....	68
7.5.2	ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, LA DANTA .....	69
<b>8</b>	<b>INDICE DE CALIDAD DE AIRE – ICA .....</b>	<b>70</b>
8.1	INDICE DE CALIDAD DE AIRE – MATERIAL PARTICULADO MENOR A 2,5 MICRAS – PM <sub>2,5</sub> 73	
8.1.1	ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, JERUSALÉN .....	73
8.1.2	ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, LA DANTA. ....	74
8.2	INDICE DE CALIDAD DE AIRE – MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS – PM <sub>10</sub> 76	
8.2.1	ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, JERUSALÉN. ....	76
8.2.2	ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, LA DANTA. ....	78
<b>9</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>80</b>
<b>10</b>	<b>RESPONSABILIDAD .....</b>	<b>83</b>
<b>11</b>	<b>NOTAS DE CAMBIO.....</b>	<b>84</b>
<b>12</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>84</b>
	<b>ANEXO 1. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN.....</b>	<b>86</b>
	<b>ANEXO 2. RESOLUCIÓN DE ACREDITACIÓN LABGIGA .....</b>	<b>87</b>
	<b>ANEXO 3. RESOLUCIÓN ACREDITACIÓN LABORATORIOS SUBCONTRATADOS.....</b>	<b>88</b>

Código: F-EA-02

Versión: 01

Fecha de Emisión: 2023-02-20

Página 4 de 91

Informe: 22-074-4

ANEXO 4. RESULTADOS LABORATORIO .....	89
ANEXO 5. REPORTES A SISAIRES .....	90
ANEXO 6. BASES DE DATOS .....	91

**LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Niveles máximos permisibles de contaminantes criterio en el aire..... 12

Tabla 2 . Ubicación puntos de monitoreo ..... 13

Tabla 3. Parámetros a evaluar en los puntos de Jerusalén y La Danta..... 20

Tabla 4. Equipos utilizados para el monitoreo..... 21

Tabla 5. Concentraciones de PM<sub>2,5</sub> medidas en Jerusalem..... 24

Tabla 6. Concentraciones de PM<sub>2,5</sub> medidas en La Danta..... 26

Tabla 7. Concentraciones de PM<sub>10</sub> medidas en Jerusalén..... 28

Tabla 8. Concentraciones de PM<sub>10</sub> medidas en La Danta. .... 30

Tabla 9. Promedio diario de las variables meteorológicas en Jerusalén..... 32

Tabla 10. Promedio horario de las variables meteorológicas en Jerusalén. .... 37

Tabla 11. Distribución de frecuencias de la rosa de vientos, Jerusalén..... 40

Tabla 12. Promedio diario de las variables meteorológicas en La Danta. .... 42

Tabla 13. Promedio horario de las variables meteorológicas en La Danta..... 47

Tabla 14. Distribución de frecuencias de la rosa de vientos, La Danta. .... 50

Tabla 15. Puntos de corte ICA ..... 71

Tabla 16. Categorías del Índice de Calidad del Aire..... 72

Tabla 17. Índice de Calidad del Aire para PM<sub>2,5</sub>, Jerusalén..... 73

Tabla 18. Índice de Calidad del Aire para PM<sub>2,5</sub>, La Danta. .... 75

Tabla 19. Índice de Calidad del Aire para PM<sub>10</sub>, Jerusalén..... 76

Tabla 20. Índice de Calidad del Aire para PM<sub>10</sub>, La Danta..... 78

**LISTA DE IMÁGENES O FOTOS**

Imagen 1. Ubicación punto de monitoreo Jerusalén. Fuente: Google Earth ..... 14

Imagen 2. Punto de monitoreo, Jerusalén. .... 15

Imagen 3. Ubicación punto de monitoreo, La Danta. Fuente: Google Earth ..... 16

Imagen 4. Punto de monitoreo, La Danta..... 16

Imagen 5. Operación TE Wilbur..... 18

Imagen 6. Dispositivo de flujo crítico para el muestreador de aire de Alto Volumen PM<sub>10</sub>-Wedding. .... 19

Imagen 7. Equipos utilizados en el monitoreo..... 23

**LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfica 1. Variación de la humedad y la temperatura promedio diaria, Jerusalén. .... 38

Gráfica 2. Variación de la humedad y la temperatura horaria, Jerusalén..... 39

Gráfica 3. Rosa de vientos, Jerusalén. .... 40

Gráfica 4. Distribución de frecuencias de clases de vientos de la rosa de vientos, Jerusalén..... 41

Gráfica 5. Rosa de vientos diurna (izquierda) y rosa de vientos nocturna (derecha), Jerusalén..... 42

Gráfica 6. Variación de la humedad y la temperatura promedio diaria, La Danta..... 48

Gráfica 7. Variación de la humedad y la temperatura horaria, La Danta. .... 49

Gráfica 8. Rosa de vientos, La Danta..... 50

Gráfica 9. Distribución de frecuencias de clases de vientos de la rosa de vientos, La Danta ..... 52

Gráfica 10. Rosa de vientos diurna (izquierda) y rosa de vientos nocturna (derecha), La Danta..... 52

Gráfica 11. Variación diaria de la concentración de PM<sub>2,5</sub>, Jerusalén..... 54

Gráfica 12. Variación diaria de la concentración de PM<sub>2,5</sub> y la velocidad del viento, Jerusalén..... 54

Gráfica 13. Variación diaria de la concentración de PM<sub>2,5</sub> y la precipitación, Jerusalén.55

Gráfica 14. Variación diaria de la concentración de PM<sub>2,5</sub>, La Danta..... 56

Gráfica 15. Variación diaria de la concentración de PM<sub>2,5</sub> y la velocidad del viento, La Danta..... 57

Gráfica 16. Variación diaria de la concentración de PM<sub>2,5</sub> y la precipitación, La Danta. 58

Gráfica 17. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub>, Jerusalén..... 59

Gráfica 18. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub> y la velocidad del viento, Jerusalén..... 60

Gráfica 19. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub> y la precipitación, Jerusalén. 61

Gráfica 20. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub>, La Danta. .... 62

Gráfica 21. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub> y la velocidad del viento, La Danta..... 63

Gráfica 22. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub> y la precipitación, La Danta. 64

Gráfica 23. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>, Jerusalén..... 65

Gráfica 24. Variación diaria de la concentración de PM <sub>10</sub> y PM <sub>2,5</sub> , La Danta.....	66
Gráfica 25. Medias mensuales de PM <sub>10</sub> y PM <sub>2,5</sub> , Jerusalén.....	67
Gráfica 26. Medias mensuales de PM <sub>10</sub> y PM <sub>2,5</sub> , La Danta.....	68
Gráfica 27. Comportamiento semanal de PM <sub>10</sub> y PM <sub>2,5</sub> , Jerusalén.....	69
Gráfica 28. Comportamiento semanal de PM <sub>10</sub> y PM <sub>2,5</sub> , La Danta.....	70

## 1 INTRODUCCIÓN

La Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare, CORNARE, mediante el Convenio Interadministrativo N° 374 de 2022, interesada en conocer la calidad del aire en cuatro puntos ubicados en la subregión Valles de San Nicolás y en la Subregión Bosques, realizando el muestreo y evaluación de contaminantes  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$ , en conjunto con la verificación metrológica de los medidores de partículas y variables meteorológicas de La Corporación, contrató al Laboratorio del Grupo de Ingeniería y Gestión Ambiental – LABGIGA de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia, el cual se encuentra acreditado bajo la norma NTC-ISO/IEC 17025 por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM – bajo Resolución No. 0651 del 02 de julio de 2021, para realizar dicho trabajo.

Las adecuaciones eléctricas, montaje y calibración en los corregimientos de La Danta y Jerusalén pertenecientes al municipio de Sonsón, tuvieron lugar entre el 15 y 18 de diciembre de 2022, y el muestreo de calidad del aire de la campaña comenzó el 19 de diciembre de 2022 y finalizó el 21 de abril de 2023 con una frecuencia de tres (03) días en la toma de muestra de los parámetros  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$ .

El equipo de trabajo está compuesto por:

### **Coordinador de Laboratorio**

David Aguiar Gil

### **Directora Técnica**

Olga Cecilia Berrío Álvarez

### **Directora de Gestión**

Claudia Lucía Zuluaga Echeverry

### **Coordinadora de Logística**

Kelly Yohana Ramírez Gómez

### **Profesional Analista**

Ever Emilio Núñez Bustamante

Isamar Álvarez Cerquera

### **Auxiliar de Ingeniería**

Adolfo Trejos Correa

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad del aire por medio del monitoreo y análisis de contaminantes criterio, en cuatro (4) puntos de monitoreo, en la subregión Valles de San Nicolás y la subregión Bosques.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Monitorear los niveles de  $PM_{2.5}$  y  $PM_{10}$  en dos (2) puntos de monitoreo, en la subregión Bosques, Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire -SVCA- Zona Calera.
- Determinar el estado de la calidad del aire mediante la aplicación del índice de calidad del aire (ICA).
- Analizar el comportamiento de los contaminantes de acuerdo con las condiciones meteorológicas presentadas en los días de monitoreo.

### 3 INFORMACIÓN GENERAL DEL CLIENTE

<b>Nombre ó Razón Social</b>	CORNARE; Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare
<b>NIT</b>	890.985.138-3
<b>Persona de contacto de la empresa</b>	Juan Fernando Zapata
<b>Cargo</b>	Supervisor convenio 374-2022
<b>Teléfono</b>	6045461616 Ext 271
<b>Correo electrónico</b>	jzapata@cornare.gov.co
<b>Dirección de la empresa</b>	Carrera 59 Número 44-48, Kilometro 54
<b>Municipio/Departamento</b>	El Santuario, Antioquia
<b>Código CIU</b>	8413
<b>Actividad principal de la empresa</b>	Regulación de las actividades de organismos que prestan servicios de salud, educativos, culturales y otros servicios sociales, excepto servicios de seguridad social

## 4 NORMATIVA COLOMBIANA VIGENTE

### 4.1 RESOLUCIÓN 2254 DEL 2017

La Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017 expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS – por la cual adopta la norma de calidad de aire ambiente y se dictan otras disposiciones, establece la norma de calidad del aire o nivel de inmisión a condiciones de referencia (25 ° C y 760 mm Hg) y adopta disposiciones para la gestión del recurso aire en el territorio nacional, con el objetivo de garantizar un ambiente sano y minimizar el riesgo sobre la salud humana que pueda ser causado por la exposición a los contaminantes en la atmósfera.

En la Tabla 1. Niveles máximos permisibles de contaminantes criterio en el aire se presentan los niveles máximos permisibles para contaminantes criterio que rigen a partir del 01 de enero de 2018.

**Tabla 1. Niveles máximos permisibles de contaminantes criterio en el aire**

Contaminante	Unidad	Límite máximo permisible Resolución 2254 del 2017	Tiempo de exposición
PM <sub>10</sub>	µg/m <sup>3</sup>	50	Anual
		100	24 horas
PM <sub>2,5</sub>	µg/m <sup>3</sup>	25	Anual
		50	24 horas
SO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	50	24 horas
		100	1 hora
NO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	60	Anual
		200	1 hora
O <sub>3</sub>	µg/m <sup>3</sup>	100	8 horas
CO	µg/m <sup>3</sup>	5000	8 horas
		35000	1 hora

*Fuente: Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017*

Es importante aclarar que la Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017, establece en el Parágrafo 1 del Artículo 2 que, a partir del 1 de julio de 2018, los niveles máximos permisibles de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> para un tiempo de exposición 24 horas serán de 75 µg/m<sup>3</sup> y 37 µg/m<sup>3</sup> respectivamente.

## 5 METODOLOGIA

### 5.1 PUNTOS DE MONITOREO

Para la evaluación de la calidad del aire en las zonas de interés, se ubicaron dos (2) puntos de monitoreo, uno en el corregimiento de Jerusalén y otro ubicado en el corregimiento de La Danta pertenecientes al municipio de Sonsón, ambos de la subregión de Bosques. Estos puntos se ubicaron teniendo en cuenta los criterios de diseño para un sistema de vigilancia de calidad del aire establecidos en el capítulo 5.7.5 del Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire del MAVDT. A continuación, se realiza una descripción de cada punto de monitoreo seleccionado (Tabla 2).

**Tabla 2 . Ubicación puntos de monitoreo**

Código sitio de monitoreo	Fecha o periodo de monitoreo	Descripción sitio de monitoreo	Coordenadas Geográficas*		Altitud (msnm)
			Latitud	Longitud	
22-074 - 1	202-12-19 a 2023-04-21	Jerusalén corregimiento del municipio de Sonsón	05° 53'50.40'' N	74° 50'50.8''W	339
22-074 - 2	2022-12-19 a 2023-04-21	La Danta corregimiento del municipio de Sonsón	05° 50'17.00'' N	74° 49'41.90'' W	378

\*Las coordenadas están dadas en grados, minutos y segundos

### 5.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO

**Jerusalén:** Ubicado en la vía principal del corregimiento Jerusalén del municipio de Sonsón, aproximadamente a 1.30 kilómetros de la autopista Medellín-Bogotá. El punto de monitoreo se encuentra en la terraza (segundo piso) de una vivienda ubicada en la parte central de la vía principal del corregimiento. El corregimiento se encuentra en zona de influencia de minas de extracción de materia prima para cementeras y plantas de procesamiento de cements. Durante los recorridos de muestreo se identificó que en esta vía circula transporte pesado de carga tipo volquetas y tractocamiones.



Imagen 1. Ubicación punto de monitoreo Jerusalén. Fuente: Google Earth

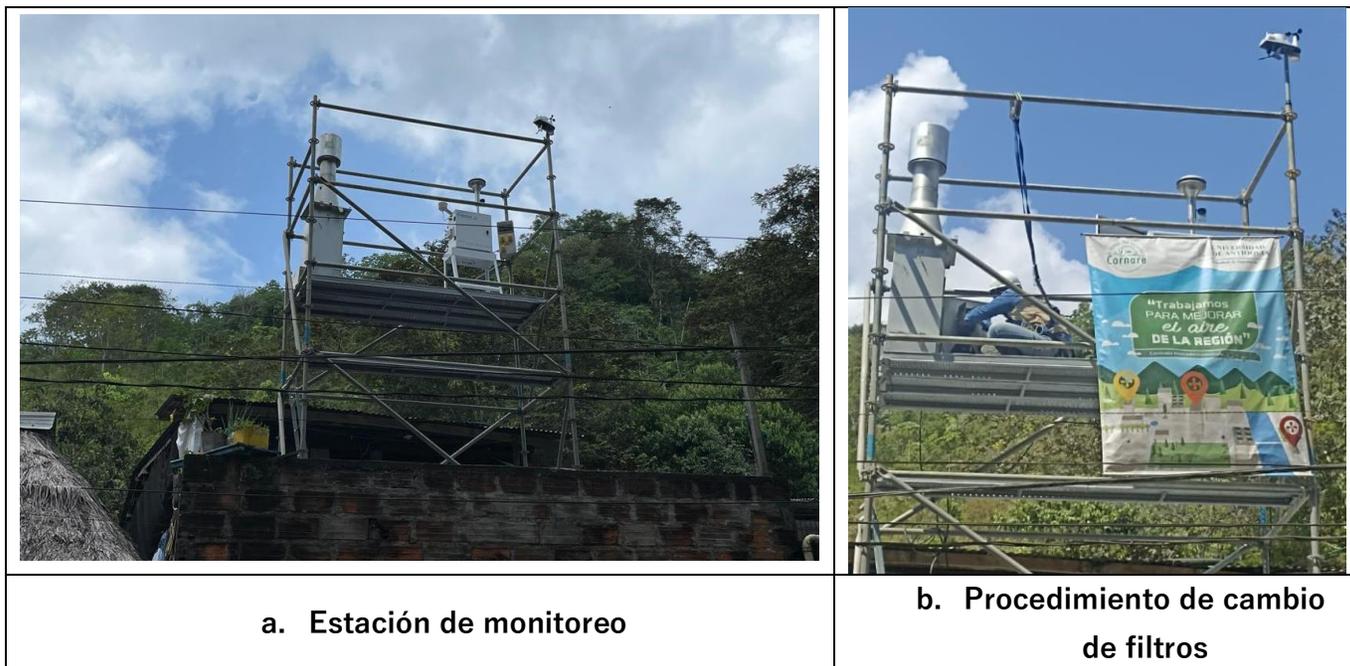


Imagen 2. Punto de monitoreo, Jerusalén.

**La Danta:** Ubicado en la vía principal del casco urbano del corregimiento de La Danta – municipio de Sonsón. El punto de monitoreo se encuentra en la terraza (segundo piso) de la panadería las Delicias de La Danta. Este corregimiento se encuentra ubicado en zona de influencia de minas de extracción de materia prima para la fabricación de cemento y otros materiales de construcción, es así como este sector se convierte en un cruce importante de vehículos de carga pesada, especialmente volquetas. Si bien la parte central urbanizada del corregimiento cuenta con sus vías pavimentadas, las vías de acceso y las vías que comunican con las veredas no se encuentran pavimentadas.



Imagen 3. Ubicación punto de monitoreo, La Danta. Fuente: Google Earth



a. Estación de monitoreo



b. Estación de monitoreo

Imagen 4. Punto de monitoreo, La Danta.

## 5.2 MÉTODO

El muestreo de contaminantes en ambiente se desarrolló de acuerdo con los lineamientos establecidos en el Protocolo para el Muestreo y Seguimiento de la Calidad del Aire del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT y a los métodos establecidos por la Environmental Protection Agency – EPA de los Estados Unidos.

### 5.2.1 PARTÍCULAS SUSPENDIDAS MENORES A 2,5 MICRAS (PM<sub>2,5</sub>)

El método de referencia para el muestreo de PM<sub>2,5</sub> en la atmósfera se encuentra consignado en el Código Federal de Regulación - CFR Título 40, Parte 50, Apéndice L. Este método permite medir la concentración de estas partículas por medio de un muestreador de bajo volumen (Low-Vol PM<sub>2,5</sub>) debidamente instalado y calibrado (Ver Imagen 5).

El muestreador TE-Wilbur es un equipo muestreador de partículas en el aire designado por la USEPA para la recolección de partículas de PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>. El equipo posee un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI O UPS siglas en inglés) el cual está incorporado en el sistema permitiendo que siga funcionando durante varias horas durante una pérdida de potencia. El flujo de la muestra de aire es succionado a un caudal de 16.7 L/min, el flujo volumétrico se controla a través de un medidor de flujo de masa integrado y sensores de presión y temperatura ambiente a bordo. La configuración e intercambio de los filtros se logra a través del mecanismo de intercambio de filtros diseñado por Tisch que permite una fácil operación con una sola mano. Además, el mecanismo de cambio de filtro no requiere un ajuste continuo para sellar su filtro contra fugas (ver Imagen 5). El método de referencia de la EPA del muestreador para PM<sub>2,5</sub> se encuentra consignado en la Designación Nro. RFPS-1014-219 y el método de referencia de la EPA para PM<sub>10</sub> se encuentra consignado en la Designación Nro. RFPS-0714-216.

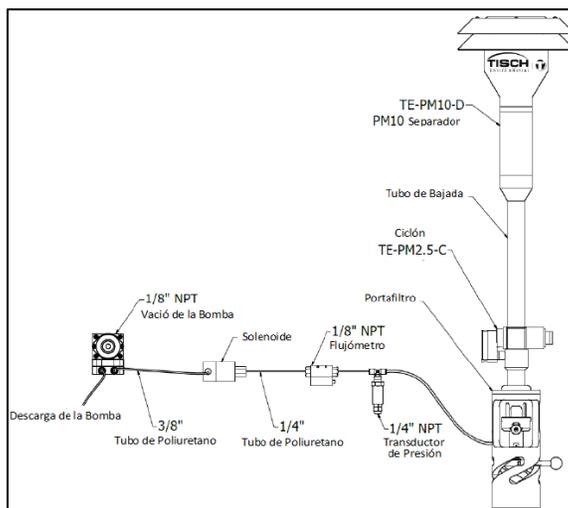
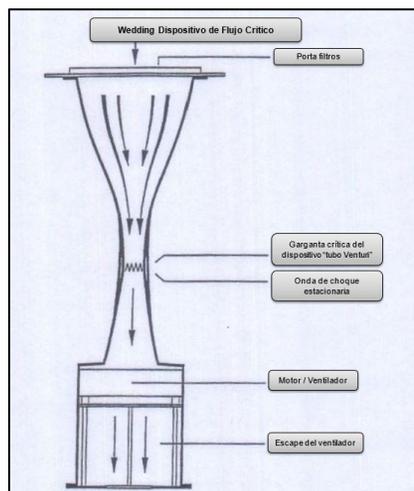


Imagen 5. Operación TE Wilbur.

### 5.2.2 PARTÍCULAS SUSPENDIDAS MENORES A 10 MICRAS HIVOL (PM<sub>10</sub>)

El método de referencia para el muestreo de PM<sub>10</sub> en la atmósfera se encuentra consignado en el Código Federal de Regulación - CFR Título 40, Parte 50, Apéndice J. Este método permite medir la concentración de estas partículas por medio de un muestreador de alto volumen (Hi-Vol PM<sub>10</sub>) debidamente instalado y calibrado (Imagen 6).



**Imagen 6. Dispositivo de flujo crítico para el muestreador de aire de Alto Volumen PM<sub>10</sub> -Wedding.**

El muestreador de Aire de Alto Volumen PM<sub>10</sub> - Wedding contiene tres componentes principales: la entrada del muestreador de alto volumen, el armazón W&A y el dispositivo de flujo crítico. La entrada de este equipo utiliza un ciclón omnidireccional para el fraccionamiento, el cual permite el ingreso de aerosol/aire desde todos los ángulos de aproximación. El armazón Wedding & Associates funciona como un abrigo que proporciona resistencia y protege al muestreador del polvo y el dispositivo de flujo crítico de Wedding utiliza implícitamente el efecto conocido como "asfixia". El flujo crítico se produce cuando se alcanza una velocidad lineal máxima, de modo que el número de Mach es la unidad. El caudal es una función única y predecible de la presión y la temperatura de estancamiento, por lo tanto, no se ve afectado por cambios en las condiciones como la velocidad del motor/soplador o la presión de salida.

El dispositivo de flujo crítico Wedding está fabricado con poliuretano rígido moldeado de una sola pieza con una superficie interior endurecida y altamente pulida. Un registrador de presión opcional está disponible para el monitoreo constante del caudal medido por la presión de estancamiento.

### 5.3 VARIABLES METEOROLÓGICAS

Las variables meteorológicas complementarias para el análisis de contaminantes durante el tiempo de monitoreo se llevan a cabo mediante elementos específicamente diseñados para este propósito. En las estaciones de calidad del aire ubicadas en los corregimientos de Jerusalén y la Danta pertenecientes al municipio de Sonsón, se lleva a cabo la recolección de datos de Humedad relativa (%), temperatura(° C), precipitación (mm), velocidad del viento (m/s) y dirección del viento (° ), para este propósito se usan estaciones meteorológicas marca Davis modelo Vantage Pro

### 5.4 PARÁMETROS EVALUADOS

La toma de muestras fue realizada por el LABGIGA acreditado bajo la norma NTC-ISO/IEC 17025 por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM – bajo la Resolución N° 0651 de 02 de julio de 21. En la Tabla 3 se especifican los parámetros evaluados y el método de análisis correspondiente.

**Tabla 3. Parámetros a evaluar en los puntos de Jerusalén y La Danta.**

Contaminante	Método de referencia
Toma de muestra para la determinación de Material Particulado como PM <sub>2,5</sub> *	US-EPA CFR Título 40, Parte 50, Capítulo I. Subcapítulo C, Apéndice L. Bajo Volumen. Método de referencia manual: RFPS-1014-219**
Toma de muestra para la determinación Material Particulado como PM <sub>10</sub> *	US-EPA CFR Título 40, Parte 50, Capítulo I. Subcapítulo C, Apéndice J. Alto Volumen. Método de referencia manual: RFPS-0202-141**
Análisis de Laboratorio para la determinación Material Particulado como PM <sub>2,5</sub> *	US EPA CFR Título 40, Capítulo I, Subcapítulo C, Parte 50, Apéndice L***
Análisis de Laboratorio para la determinación Material Particulado como PM <sub>2,5</sub> *	US EPA CFR Título 40, Parte 50, Capítulo I, Subcapítulo C, Apéndice L****

Contaminante	Método de referencia
Análisis de Laboratorio para la determinación Material Particulado como PM <sub>10</sub> *	US-EPA CFR Título 40, Capítulo I. Subcapítulo C, Parte 50, Apéndice J. Método de referencia para la determinación de material particulado como PM10 en la atmósfera, Alto Volumen*****

\* *Parámetro acreditado.*

\*\* *LABGIGA DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, acreditado por el IDEAM según Resolución N° 0651 del 02 de julio de 2021. Ubicado en la Calle 67 # 53-108, bloque 20-345, Universidad de Antioquia (Ciudad Universitaria).*

\*\*\* *Conhintec S.A.S, acreditado por el IDEAM según Resolución N° 0859 del 10 de mayo de 2022. Ubicado en la Carrera 78ª #48-35, Medellín – Colombia.*

\*\*\*\* *Aqualab Consulting, acreditado por el IDEAM según Resolución N° 0433 de 30 de marzo de 2023. Ubicado en Calle 18 #35-69 Oficina 9949, Medellín – Colombia.*

\*\*\*\*\* *LABORATORIO DE ESTUDIOS AMBIENTALES DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, acreditado por el IDEAM según Resolución N° 1335 de 8 de noviembre de 2021. Ubicado en la Calle 67 #53-108, bloque 20-244, Universidad de Antioquia (Ciudad Universitaria)*

## 5.5 EQUIPOS UTILIZADOS DURANTE EL MONITOREO

Para la determinación de las concentraciones por contaminante y las condiciones meteorológicas se utilizaron los siguientes equipos debidamente calibrados:

**Tabla 4. Equipos utilizados para el monitoreo.**

Nombre equipo	N° Serie	Contaminante	Método de referencia	Ubicación
TE-Wilbur	310	PM <sub>2,5</sub>	US-EPA CFR Título 40, Parte 50, Capítulo I. Subcapítulo C, Apéndice L. Bajo Volumen. Método de referencia manual: RFPS-1014-219	La Danta

Nombre equipo	N° Serie	Contaminante	Método de referencia	Ubicación
Muestreador de alto volumen (Wedding and Associates)	SN 094096210 6U	PM <sub>10</sub>	US-EPA CFR Título 40, Parte 50, Capítulo I. Subcapítulo C, Apéndice J. Alto Volumen. Método de referencia manual: RFPS-0202-141	La Danta
TE-Wilbur	311	PM <sub>2,5</sub>	US-EPA CFR Título 40, Parte 50, Capítulo I. Subcapítulo C, Apéndice L. Bajo Volumen. Método de referencia manual: RFPS-1014-219	Jerusalén
Muestreador de alto volumen (Wedding and Associates)	SN 094096208 1U	PM <sub>10</sub>	US-EPA CFR Título 40, Parte 50, Capítulo I. Subcapítulo C, Apéndice J. Alto Volumen. Método de referencia manual: RFPS-0202-141	Jerusalén





Imagen 7. Equipos utilizados en el monitoreo.

## 6 RESULTADOS

De la Tabla 5. Concentraciones de PM<sub>2,5</sub> medidas en Jerusalen. a la Tabla 8. Concentraciones de PM<sub>10</sub> medidas en La Danta., se presentan las concentraciones promedio diarias de partículas menores a 2,5 micras – PM<sub>2,5</sub> y partículas menores a 10 micras – PM<sub>10</sub>, registradas durante los monitoreos realizados desde el 19 de diciembre de 2022 en los puntos de monitoreo de Jerusalén y La Danta, además, se presentan las concentraciones promedio para el período monitoreado y los valores máximos y mínimos para cada contaminante evaluado.

Se aclara que las fechas de ingreso de las muestras a los laboratorios subcontratados y las fechas de análisis se especifican en los informes de laboratorio anexos en el informe final.

### 6.1 MATERIAL PARTICULADO MENOR A 2,5 MICRAS – PM<sub>2,5</sub>

#### 6.1.1 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, JERUSALÉN

En la estación ubicada en el corregimiento de Jerusalén del municipio de Sonsón, se invalidaron las concentraciones de PM<sub>2,5</sub> correspondientes a: el día 31 de diciembre de 2022, los días 09 y 27 de enero de 2023, los días 02, 11 y 23 de febrero de 2023 y el 10 de marzo de 2023, debido a fallas técnicas del equipo, fallas eléctricas o las muestras no cumplían con los criterios requeridos en la validación de los datos.

**Tabla 5. Concentraciones de PM<sub>2,5</sub> medidas en Jerusalen.**

Fecha	Día	ID del filtro	Concentración PM <sub>2,5</sub>
			(µg/m <sup>3</sup> )
2022-12-19	Martes	A35856	14,7
2022-12-22	Jueves	A35865	18,3
2022-12-25	Domingo	A35861	19,8
2022-12-28	Miercoles	A35863	12,5
2022-12-31	Sábado	N.D	
2023-01-03	Martes	A35884	11,6

Fecha	Día	ID del filtro	Concentración
			PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
2023-01-06	Viernes	A35897	14,5
2023-01-09	Lunes	N.D	
2023-01-12	Jueves	A35890	5,1
2023-01-15	Domingo	A35883	12,9
2023-01-18	Miercoles	A35902	13,4
2023-01-21	Sábado	A35901	17,1
2023-01-24	Jueves	A35871	17,6
2023-01-27	Viernes	N.D	
2023-01-30	Lunes	A35929	18,7
2023-02-02	Jueves	N.D	
2023-02-05	Domingo	A35922	19,0
2023-02-08	Miercoles	A35959	13,7
2023-02-11	Sábado	N.D	
2023-02-14	Martes	A35956	11,0
2023-02-17	Viernes	A35961	7,4
2023-02-20	Lunes	A35947	12,4
2023-02-23	Jueves	N.D	
2023-02-26	Domingo	A35982	15,4
2023-03-01	Miercoles	A35980	11,7
2023-03-04	Sábado	A35976	13,0
2023-03-07	Martes	A35949	7,3
2023-03-10	Viernes	N.D	
2023-03-13	Lunes	A35977	8,3
2023-03-16	Jueves	A35973	6,2
2023-03-19	Domingo	A35913	6,3
2023-03-22	Miercoles	A39524	7,9
2023-03-25	Sábado	A39525	35,4
2023-03-28	Martes	A39669	28,9
2023-03-31	Viernes	A39894	11,9
2023-04-03	Lunes	A39889	14,5
2023-04-06	Jueves	A39916	12,7

Fecha	Día	ID del filtro	Concentración PM <sub>2,5</sub>
			(µg/m <sup>3</sup> )
2023-04-09	Domingo	A39912	15,3
2023-04-12	Miercoles	A39658	16,4
2023-04-15	Sábado	A39683	18,0
2023-04-18	Martes	A40093	21,2
2023-04-21	Viernes	A40112	17,2
<b>Promedio</b>			<b>14,5</b>
<b>Máximo</b>			<b>35,4</b>
<b>Mínimo</b>			<b>5,1</b>

*N.D: No Disponible.*

### 6.1.2 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, LA DANTA

En la estación ubicada en el corregimiento de La Danta perteneciente al municipio de Sonsón, se invalidaron las concentraciones de PM<sub>2,5</sub> correspondientes a los días 23 de febrero de 2023 y el 10 de marzo de 2023, debido a fallas técnicas del equipo, fallas eléctricas o las muestras no cumplían con los criterios requeridos en la validación de los datos.

**Tabla 6. Concentraciones de PM<sub>2,5</sub> medidas en La Danta.**

Fecha	Día	ID Filtro	Concentración PM <sub>2,5</sub>
			(µg/m <sup>3</sup> )
2022-12-19	Martes	A35910	12,4
2022-12-22	Jueves	A35858	18,1
2022-12-25	Domingo	A35855	19,1
2022-12-28	Miercoles	A35892	14,6
2022-12-31	Sábado	A35870	17,9
2023-01-03	Martes	A35886	13,6
2023-01-06	Viernes	A35896	10,6
2023-01-09	Lunes	A35893	8,8
2023-01-12	Jueves	A35880	8,6

Fecha	Día	ID Filtro	Concentración
			PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
2023-01-15	Domingo	A35885	12,8
2023-01-18	Miercoles	A35903	10,1
2023-01-21	Sábado	A35940	15,6
2023-01-24	Jueves	A35904	15,2
2023-01-27	Viernes	A35854	20,3
2023-01-30	Lunes	A35927	15,6
2023-02-02	Jueves	A35923	17,1
2023-02-05	Domingo	A35925	8,2
2023-02-08	Miercoles	A35960	8,5
2023-02-11	Sábado	A35954	6,9
2023-02-14	Martes	A35952	10,8
2023-02-17	Viernes	A35957	6,3
2023-02-20	Lunes	A35972	13,6
2023-02-23	Jueves	N.D	
2023-02-26	Domingo	A35930	11,0
2023-03-01	Miercoles	A35944	13,0
2023-03-04	Sábado	A35971	12,1
2023-03-07	Martes	A35914	4,5
2023-03-10	Viernes		N.D
2023-03-13	Lunes	A35979	11,1
2023-03-16	Jueves	A35933	9,2
2023-03-19	Domingo	A35948	21,1
2023-03-22	Miercoles	A35983	11,7
2023-03-25	Sábado	A36446	18,8
2023-03-28	Martes	A39674	9,5
2023-03-31	Viernes	A39921	15,7
2023-04-03	Lunes	A39922	11,1
2023-04-06	Jueves	A39892	5,9
2023-04-09	Domingo	A39909	12,9
2023-04-12	Miercoles	A39662	7,3
2023-04-15	Sábado	A39677	13,1

Fecha	Día	ID Filtro	Concentración PM <sub>2,5</sub>
			(µg/m <sup>3</sup> )
2023-04-18	Martes	A40085	8,4
2023-04-21	Viernes	A40090	9,5
<b>Promedio</b>			<b>12,3</b>
<b>Máximo</b>			<b>21,1</b>
<b>Mínimo</b>			<b>4,5</b>

N.D: No Disponible.

## 6.2 MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS – PM<sub>10</sub>

### 6.2.1 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, JERUSALEN

En la estación ubicada en el corregimiento de Jerusalén perteneciente al municipio de Sonsón, se invalidaron las concentraciones de PM<sub>10</sub> correspondientes a: el 19 de diciembre de 2022, los días 09 y 30 de enero de 2023, los días 11 y 23 de febrero de 2023 y el 10 de marzo de 2023, debido a fallas técnicas del equipo, fallas eléctricas o las muestras no cumplían con los criterios requeridos en la validación de los datos.

**Tabla 7. Concentraciones de PM<sub>10</sub> medidas en Jerusalén.**

Fecha	Día	ID Filtro	Concentración PM <sub>10</sub>
			(µg/m <sup>3</sup> )
2022-12-19	Martes	N.D	
2022-12-22	Jueves	1420	38,7
2022-12-25	Domingo	1421	31,5
2022-12-28	Miercoles	1437	34,9
2022-12-31	Sábado	1434	44,5
2023-01-03	Martes	1457	28,8
2023-01-06	Viernes	1454	40,6
2023-01-09	Lunes	N.D	
2023-01-12	Jueves	1450	30,5
2023-01-15	Domingo	1465	37,7
2023-01-18	Miercoles	1472	28,8

Laboratorio del Grupo de Ingeniería y Gestión Ambiental - LABGIGA

Dirección: Calle 67 No. 53 – 108, bloque 20, oficina 345 ▪ Dirección de correspondencia: Calle 70 No. 52 - 21

Teléfono: [57+4] 219 5592 ▪ Correo electrónico: [laboratoriogiga@udea.edu.co](mailto:laboratoriogiga@udea.edu.co) ▪ Medellín - Colombia

Fecha	Día	ID Filtro	Concentración
			PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
2023-01-21	Sábado	1478	36,1
2023-01-24	Jueves	1532	41,7
2023-01-27	Viernes	1490	42,6
2023-01-30	Lunes	N.D	
2023-02-02	Jueves	1497	35,5
2023-02-05	Domingo	1501	36,4
2023-02-08	Miercoles	1511	37,0
2023-02-11	Sábado	N.D	
2023-02-14	Martes	1516	39,3
2023-02-17	Viernes	1519	28,4
2023-02-20	Lunes	1525	42,8
2023-02-23	Jueves	N.D	
2023-02-26	Domingo	1537	43,4
2023-03-01	Miercoles	1541	33,9
2023-03-04	Sábado	1547	28,7
2023-03-07	Martes	1552	36,9
2023-03-10	Viernes	N.D	
2023-03-13	Lunes	1561	31,9
2023-03-16	Jueves	1564	37,0
2023-03-19	Domingo	1565	39,2
2023-03-22	Miercoles	1574	55,0
2023-03-25	Sábado	1569	46,3
2023-03-28	Martes	1586	30,6
2023-03-31	Viernes	1593	31,6
2023-04-03	Lunes	1592	34,9
2023-04-06	Jueves	1598	23,9
2023-04-09	Domingo	1597	31,1
2023-04-12	Miercoles	1599	30,2
2023-04-15	Sábado	1603	37,2
2023-04-18	Martes	1605	39,5
2023-04-21	Viernes	1615	24,0

Fecha	Día	ID Filtro	Concentración
			PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
Promedio			35,9
Máximo			55,0
Mínimo			23,9

N.D: No Disponible.

### 6.2.2 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, LA DANTA

En la estación ubicada en el corregimiento de La Danta perteneciente al municipio de Sonsón, se invalidaron las concentraciones de PM<sub>10</sub> correspondientes a: el 19 de diciembre de 2022, el 23 de febrero de 2023, los días 10, 13 y 16 de marzo de 2023 y el 03 de abril de 2023, debido a fallas técnicas del equipo, fallas eléctricas o las muestras no cumplían con los criterios requeridos en la validación de los datos.

**Tabla 8. Concentraciones de PM<sub>10</sub> medidas en La Danta.**

Fecha	Día	ID Filtro	Concentración
			PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
2022-12-19	Martes	N.D	
2022-12-22	Jueves	1422	67,7
2022-12-25	Domingo	1429	42,6
2022-12-28	Miercoles	1436	66,0
2022-12-31	Sábado	1432	56,2
2023-01-03	Martes	1433	36,8
2023-01-06	Viernes	1452	43,2
2023-01-09	Lunes	1444	20,4
2023-01-12	Jueves	1453	33,0
2023-01-15	Domingo	1471	38,1
2023-01-18	Miercoles	1473	36,4
2023-01-21	Sábado	1476	37,1
2023-01-24	Jueves	1529	54,6
2023-01-27	Viernes	1489	69,5
2023-01-30	Lunes	1481	49,3

Fecha	Día	ID Filtro	Concentración
			PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
2023-02-02	Jueves	1496	64,3
2023-02-05	Domingo	1505	39,2
2023-02-08	Miercoles	1510	38,9
2023-02-11	Sábado	1502	32,0
2023-02-14	Martes	1517	54,7
2023-02-17	Viernes	1507	27,8
2023-02-20	Lunes	1527	43,6
2023-02-23	Jueves	N.D	
2023-02-26	Domingo	1484	54,9
2023-03-01	Miercoles	1543	37,7
2023-03-04	Sábado	1535	46,1
2023-03-07	Martes	1553	33,9
2023-03-10	Viernes	N.D	
2023-03-13	Lunes	N.D	
2023-03-16	Jueves	1562	46,5
2023-03-19	Domingo	1567	60,8
2023-03-22	Miercoles	1573	92,9
2023-03-25	Sábado	N.D	
2023-03-28	Martes	1584	33,5
2023-03-31	Viernes	1594	46,3
2023-04-03	Lunes	N.D	
2023-04-06	Jueves	1588	33,2
2023-04-09	Domingo	1590	98,8
2023-04-12	Miercoles	1596	122,5
2023-04-15	Sábado	1602	72,9
2023-04-18	Martes	1608	38,7
2023-04-21	Viernes	1613	19,4
<b>Promedio</b>			<b>49,7</b>
<b>Máximo</b>			<b>122,5</b>
<b>Mínimo</b>			<b>19,4</b>

N.D: No Disponible.

### 6.3 METEOROLOGÍA

Con el fin de obtener información acerca de la influencia de las condiciones meteorológicas sobre la dispersión y comportamiento de contaminantes en la zona de estudio, se lleva un registro de: Temperatura, humedad relativa, precipitación, dirección y velocidad de los vientos.

#### 6.3.1 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, JERUSALÉN

En la Tabla 9. Promedio diario de las variables meteorológicas en Jerusalén. y Tabla 10. Promedio horario de las variables meteorológicas en Jerusalén., se presentan las condiciones atmosféricas promedio diarias y horarias que se registraron durante cada uno de los días de muestreo de la calidad del aire en el punto ubicado en el corregimiento de Jerusalén en el municipio de Sonsón. La dirección del viento está determinada por la dirección o punto del horizonte desde donde sopla el viento.

**Tabla 9. Promedio diario de las variables meteorológicas en Jerusalén.**

Fecha	Temperatura ambiental (° C)	Humedad Relativa (%)	Presión barométrica (mm Hg)	Precipitación (mm)	Velocidad viento (m/s)	Dirección del viento (de)	Dirección del viento
2022-12-19	25,3	85,1	728,0	0,0	0,2	0	N
2022-12-20	26,0	82,9	727,8	0,0	0,2	202,5	SSW
2022-12-21	26,2	83,9	727,6	0,0	0,2	202,5	SSW
2022-12-22	26,6	84,0	727,4	0,0	0,2	0	N
2022-12-23	26,3	87,2	727,3	10,2	0,1	22,5	NNE
2022-12-24	25,9	88,2	727,2	4,1	0,1	337,5	NNW
2022-12-25	26,4	86,0	727,1	0,0	0,2	337,5	NNW
2022-12-26	26,1	83,9	727,7	15,7	0,2	22,5	NNE
2022-12-27	24,5	89,8	728,7	0,0	0,1	225	SW
2022-12-28	25,9	87,3	729,3	0,0	0,1	22,5	NNE
2022-12-29	28,0	88,0	729,0	0,3	0,2	22,5	NNE

Fecha	Temperatura ambiental (° C)	Humedad Relativa (%)	Presión barométrica (mm Hg)	Precipitación (mm)	Velocidad viento (m/s)	Dirección del viento (de)	Dirección del viento
2022-12-30	31,1	84,6	727,9	0,0	0,2	22,5	NNE
2022-12-31	25,0	88,6	728,8	8,1	0,2	202,5	SSW
2023-01-01	28,5	87,2	729,1	0,3	0,3	22,5	NNE
2023-01-02	27,2	85,3	729,1	0,0	0,2	0	N
2023-01-03	25,4	87,6	729,5	2,0	0,2	0	N
2023-01-04	25,2	86,3	729,1	3,3	0,1	0	N
2023-01-05	26,3	85,1	728,7	5,1	0,2	225	SW
2023-01-06	25,8	87,6	729,0	3,3	0,1	202,5	SSW
2023-01-07	25,4	89,5	729,4	5,3	0,1	225	SW
2023-01-08	25,4	90,0	729,4	12,2	0,1	225	SW
2023-01-09	25,2	92,2	729,3	3,8	0,1	225	SW
2023-01-10	24,0	94,1	729,6	151,1	0,1	225	SW
2023-01-11	25,7	87,8	729,2	2,0	0,2	225	SW
2023-01-12	25,9	87,8	729,2	33,3	0,1	202,5	SSW
2023-01-13	26,6	86,6	728,3	9,1	0,2	225	SW
2023-01-14	26,2	87,5	728,8	6,1	0,3	0	N
2023-01-15	27,1	85,8	729,0	0,0	0,2	337,5	NNW
2023-01-16	26,3	89,0	728,5	0,0	0,1	22,5	NNE
2023-01-17	26,9	86,1	726,9	0,0	0,2	337,5	NNW
2023-01-18	25,3	89,7	726,8	44,7	0,3	225	SW
2023-01-19	25,8	88,8	727,0	0,0	0,2	0	N
2023-01-20	25,4	91,4	727,1	15,7	0,2	0	N
2023-01-21	26,9	87,2	726,1	21,8	0,1	337,5	NNW
2023-01-22	25,8	92,1	725,8	100,8	0,2	225	SW
2023-01-23	28,3	86,4	726,4	0,0	0,2	202,5	SSW
2023-01-24	27,6	86,9	726,0	0,0	0,2	202,5	SSW
2023-01-25	27,8	86,7	725,5	0,0	0,2	0	N
2023-01-26	35,8	84,9	725,2	0,0	0,2	22,5	NNE
2023-01-27	26,4	82,0	725,5	0,0	0,3	22,5	NNE
2023-01-28	29,6	81,7	725,5	0,0	0,3	45	NE

Fecha	Temperatura ambiental (° C)	Humedad Relativa (%)	Presión barométrica (mm Hg)	Precipitación (mm)	Velocidad viento (m/s)	Dirección del viento (de)	Dirección del viento
2023-01-29	28,0	81,8	725,3	0,0	0,2	0	N
2023-01-30	32,8	80,9	726,0	0,0	0,3	202,5	SSW
2023-01-31	25,3	81,5	726,3	0,0	0,3	0	N
2023-02-01	25,0	81,0	726,4	0,0	0,3	45	NE
2023-02-02	25,3	80,8	726,2	0,0	0,2	0	N
2023-02-03	25,5	83,3	726,4	0,0	0,2	0	N
2023-02-04	26,7	83,0	727,4	0,0	0,2	22,5	NNE
2023-02-05	27,4	80,0	726,6	0,0	0,3	225	SW
2023-02-06	27,2	81,5	725,9	72,9	0,3	270	W
2023-02-07	25,8	84,1	725,4	0,5	0,2	225	SW
2023-02-08	27,2	83,3	725,4	38,6	0,3	225	SW
2023-02-09	25,3	86,3	725,8	0,3	0,2	22,5	NNE
2023-02-10	28,0	82,3	724,9	8,4	0,2	22,5	NNE
2023-02-11	28,0	88,3	724,8	26,9	0,1	225	SW
2023-02-12	28,1	87,0	724,4	1,0	0,1	202,5	SSW
2023-02-13	27,2	88,3	725,1	29,7	0,2	22,5	NNE
2023-02-14	28,0	86,6	725,5	0,0	0,1	0	N
2023-02-15	26,9	88,3	725,9	77,5	0,3	0	N
2023-02-16	27,0	88,8	725,5	0,3	0,2	225	SW
2023-02-17	26,9	88,8	725,1	54,6	0,2	202,5	SSW
2023-02-18	26,2	88,0	725,9	23,6	0,2	0	N
2023-02-19	26,7	87,7	725,6	0,3	0,2	0	N
2023-02-20	26,4	88,5	726,0	0,0	0,1	0	N
2023-02-21	26,3	88,8	726,3	56,4	0,1	225	SW
2023-02-22	23,8	93,0	728,3	1,8	0,1	225	SW
2023-02-23	26,7	83,1	727,6	0,0	0,2	225	SW
2023-02-24	27,1	85,3	727,1	0,0	0,3	337,5	NNW
2023-02-25	27,8	82,7	726,4	0,0	0,3	202,5	SSW
2023-02-26	30,5	81,5	726,1	0,0	0,3	225	SW
2023-02-27	28,4	80,9	726,2	33,3	0,3	202,5	SSW

Fecha	Temperatura ambiental (° C)	Humedad Relativa (%)	Presión barométrica (mm Hg)	Precipitación (mm)	Velocidad viento (m/s)	Dirección del viento (de)	Dirección del viento
2023-02-28	28,1	83,3	726,0	22,1	0,3	202,5	SSW
2023-03-01	29,5	85,5	726,1	8,9	0,3	202,5	SSW
2023-03-02	26,9	87,0	724,9	62,0	0,3	225	SW
2023-03-03	28,4	87,2	723,8	36,6	0,2	45	NE
2023-03-04	29,1	87,4	725,1	9,9	0,3	202,5	SSW
2023-03-05	26,7	90,3	726,0	29,5	0,2	22,5	NNE
2023-03-06	26,9	86,6	726,1	5,3	0,2	45	NE
2023-03-07	29,2	88,2	726,1	1,8	0,2	225	SW
2023-03-08	25,3	92,6	727,0	8,6	0,2	0	N
2023-03-09	24,0	93,9	728,0	24,4	0,1	225	SW
2023-03-10	26,2	89,7	727,1	7,6	0,2	225	SW
2023-03-11	25,5	90,9	727,8	1,0	0,1	225	SW
2023-03-12	26,1	86,9	728,0	4,3	0,2	45	NE
2023-03-13	28,2	89,5	728,8	18,3	0,2	202,5	SSW
2023-03-14	26,6	86,5	727,7	6,4	0,2	225	SW
2023-03-15	26,0	89,4	727,6	2,0	0,3	225	SW
2023-03-16	28,0	90,2	727,7	1,8	0,2	90	E
2023-03-17	26,7	86,6	727,1	8,9	0,3	225	SW
2023-03-18	26,0	88,7	727,2	0,0	0,1	225	SW
2023-03-19	28,5	87,8	727,6	7,1	0,2	45	NE
2023-03-20	26,4	86,6	727,3	0,0	0,2	22,5	NNE
2023-03-21	26,2	86,9	726,5	0,0	0,2	0	N
2023-03-22	28,4	86,0	725,9	0,0	0,3	0	N
2023-03-23	26,1	87,0	726,4	0,0	0,2	225	SW
2023-03-24	26,8	86,3	726,0	0,0	0,2	0	N
2023-03-25	27,8	87,0	726,3	15,2	0,2	225	SW
2023-03-26	26,1	85,8	726,0	16,5	0,2	225	SW
2023-03-27	26,3	86,4	726,1	64,0	0,2	202,5	SSW
2023-03-28	27,6	85,8	725,9	4,6	0,3	225	SW
2023-03-29	25,6	86,4	725,9	0,0	0,3	45	NE

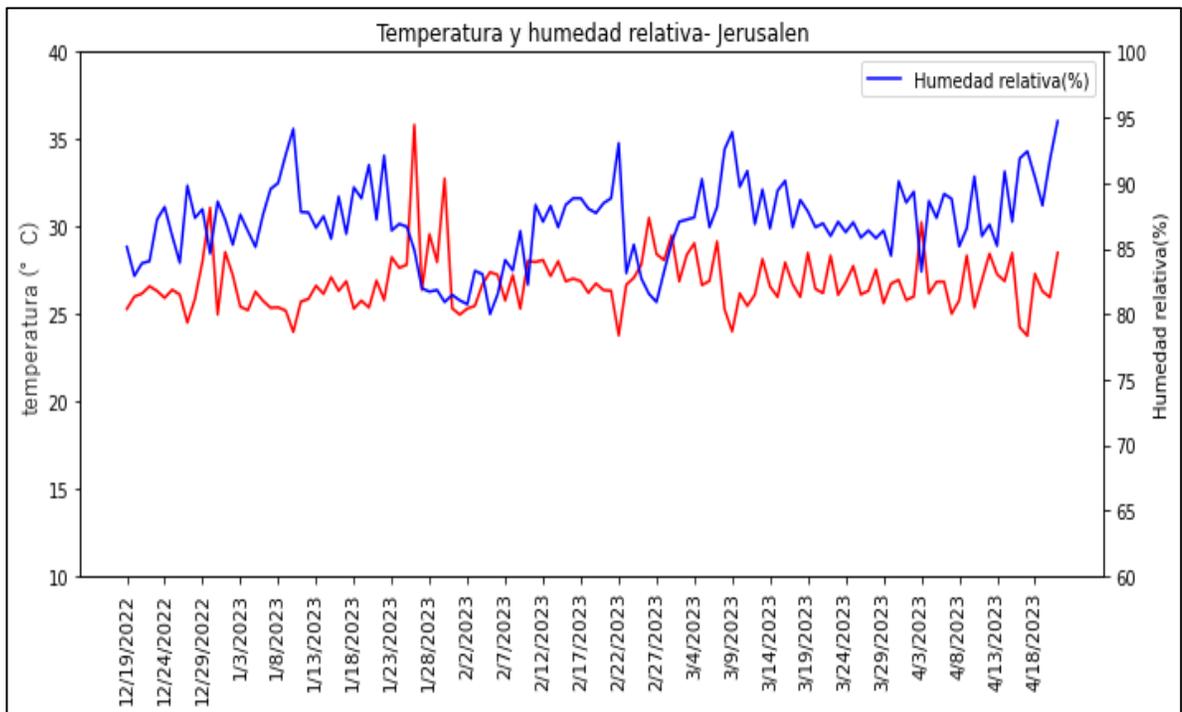
Fecha	Temperatura ambiental (° C)	Humedad Relativa (%)	Presión barométrica (mm Hg)	Precipitación (mm)	Velocidad viento (m/s)	Dirección del viento (de)	Dirección del viento
2023-03-30	26,7	84,5	725,7	0,0	0,3	45	NE
2023-03-31	27,0	90,1	726,0	5,1	0,1	22,5	NNE
2023-04-01	25,8	88,5	726,3	9,4	0,2	202,5	SSW
2023-04-02	26,0	89,3	725,9	27,4	0,3	225	SW
2023-04-03	30,3	83,3	724,2	0,0	0,3	225	SW
2023-04-04	26,2	88,6	724,4	22,4	0,2	225	SW
2023-04-05	26,8	87,3	724,6	2,5	0,2	22,5	NNE
2023-04-06	26,9	89,2	725,4	30,0	0,1	225	SW
2023-04-07	25,0	88,8	726,5	2,0	0,2	22,5	NNE
2023-04-08	25,8	85,2	726,8	0,0	0,2	0	N
2023-04-09	28,4	86,5	726,1	0,0	0,2	202,5	SSW
2023-04-10	25,4	90,5	726,3	45,7	0,1	45	NE
2023-04-11	26,9	86,0	725,9	11,4	0,3	0	N
2023-04-12	28,5	86,8	725,4	3,8	0,3	202,5	SSW
2023-04-13	27,3	85,2	724,6	0,0	0,2	225	SW
2023-04-14	26,9	90,9	724,9	8,4	0,1	22,5	NNE
2023-04-15	28,5	87,0	726,0	58,2	0,2	22,5	NNE
2023-04-16	24,2	91,9	727,2	55,1	0,3	202,5	SSW
2023-04-17	23,8	92,4	727,2	87,4	0,2	202,5	SSW
2023-04-18	27,3	90,5	726,2	5,8	0,1	202,5	SSW
2023-04-19	26,3	88,3	725,6	0,0	0,2	45	NE
2023-04-20	26,0	91,8	726,5	1,0	0,1	225	SW
2023-04-21	28,5	94,7	726,0	110,7	0,1	225	SW
<b>Máximo</b>	35,8	94,7	729,6	151,1	0,3	N/A	N/A
<b>Mínimo</b>	23,8	80,0	723,8	0	0,1	N/A	N/A
<b>Promedio</b>	26,8	87,0	726,7	---	0,2	N/A	N/A

Tabla 10. Promedio horario de las variables meteorológicas en Jerusalén.

Hora	Temperatura ambiental (° C)	Presión barométrica (mm Hg)	Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm)	Velocidad viento (m/s)
0:00	22,9	727,1	95,5	136,14	0,0
1:00	22,7	726,7	95,6	141,21	0,1
2:00	22,6	726,4	95,8	103,62	0,0
3:00	22,5	726,3	96,0	54,34	0,0
4:00	22,3	726,5	96,2	155,18	0,0
5:00	22,2	726,9	96,3	197,84	0,0
6:00	22,1	727,4	96,4	118,6	0,0
7:00	22,4	727,9	96,2	55,84	0,0
8:00	23,4	728,4	94,1	118,09	0,0
9:00	25,0	728,5	90,0	194,04	0,1
10:00	26,6	728,3	83,8	53,85	0,3
11:00	27,8	727,8	78,6	28,69	0,4
12:00	29,0	727,1	73,7	13,2	0,6
13:00	30,0	726,3	70,2	24,13	0,7
14:00	30,1	725,4	68,1	1,25	0,7
15:00	30,3	724,9	67,1	0	0,7
16:00	30,0	724,8	68,5	0	0,5
17:00	27,8	725,1	75,3	0	0,3
18:00	25,6	725,6	84,8	1,52	0,1
19:00	24,4	726,2	90,6	0	0,0
20:00	23,9	726,7	93,0	28,44	0,0
21:00	23,7	727,2	93,9	12,19	0,0
22:00	23,3	727,5	94,3	39,62	0,0
23:00	23,0	727,4	95,0	259,83	0,1
<b>Promedio</b>	<b>25,2</b>	<b>726,8</b>	<b>87,0</b>	<b>---</b>	<b>0,2</b>

La Gráfica 1. Variación de la humedad y la temperatura promedio diaria, presenta las variables meteorológicas humedad relativa y temperatura ambiente para la estación ubicada en Jerusalén. La temperatura ambiente presentó un valor promedio de 26,8° C

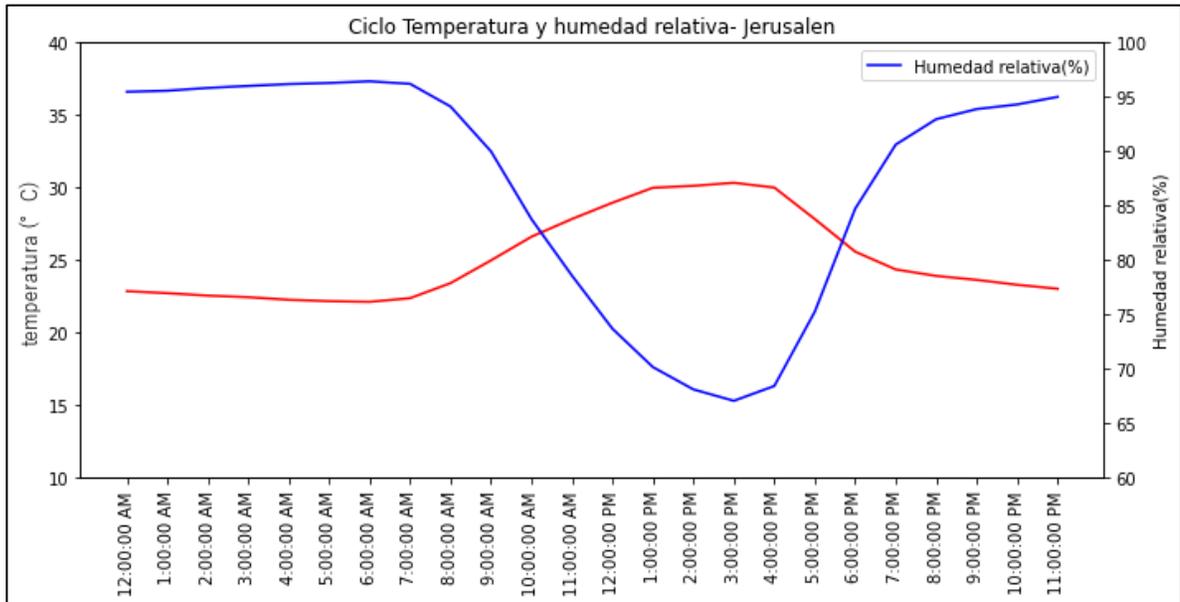
con una desviación estándar de 1,7° C, correspondiente a la variación de este parámetro respecto al promedio. El valor máximo registrado fue de 35,8° C el día 26 de enero de 2023, a su vez el mínimo fue de 23,8° C los días 22 de febrero y 17 de abril de 2023. La humedad relativa presentó un valor mínimo de 80,0% y máximo de 94,7%. El valor promedio de la humedad relativa fue 87,0%.



**Gráfica 1. Variación de la humedad y la temperatura promedio diaria, Jerusalén.**

En la Gráfica 2. Variación de la humedad y la temperatura horaria, Jerusalén., se presenta la variación horaria de la humedad relativa y temperatura ambiente registrada en el periodo de monitoreo. El máximo de temperatura se registró a las 15:00 horas con un valor de 30,3° C y el mínimo a las 06:00 horas con un valor de 22,1° C. Se evidencia claramente un aumento en la temperatura a partir de las 07:00 horas, continuando con este comportamiento hasta las 15:00 horas donde se nota un descenso que se mantiene durante las horas de la tarde y la noche.

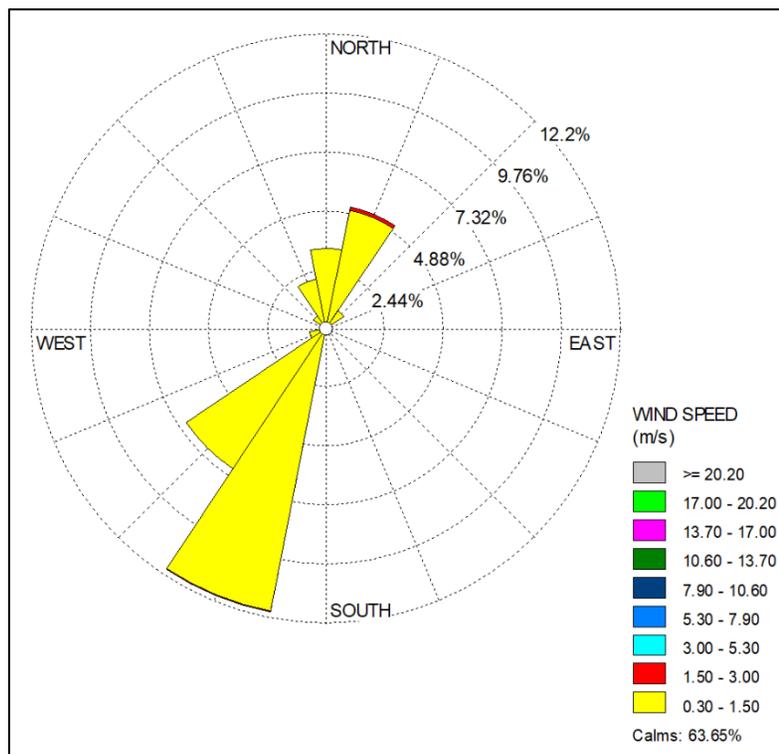
El mayor valor de humedad relativa se registró a las 06:00 horas con un valor de 96,4% y el mínimo se presentó a las 15:00 horas con un valor de 67,1%. Es evidente que, en cuanto a los promedios diarios y horarios, la humedad relativa presentó una relación opuesta con respecto a la temperatura ambiental.



**Gráfica 2. Variación de la humedad y la temperatura horaria, Jerusalén.**

En la Gráfica 3 se observa la rosa de vientos correspondiente al periodo de monitoreo en la estación ubicada en Jerusalén. Se puede evidencia que, la dirección predominante de donde proviene el viento es del Sur-Suroeste (SSW) con una frecuencia de 11,9%, seguido de las direcciones Suroeste (SW) con 7,0% y Nor-Noreste (NNE) con una frecuencia de 5,0%.

La distribución de las velocidades del viento se concentra específicamente en dos rangos, la mayor frecuencia (32,3%) se presenta en el intervalo denominado “ventolina” en la escala de vientos de Beaufort, con velocidades comprendidas entre 0,3 y 1,5 m/s. En segundo lugar, se encuentra una frecuencia de 0,2% en el intervalo “brisa muy débil”; es decir, con velocidades entre 1,5 y 3,0 m/s. El porcentaje de calmas (viento menor a 0,3 m/s) alcanzó el 63,7%.

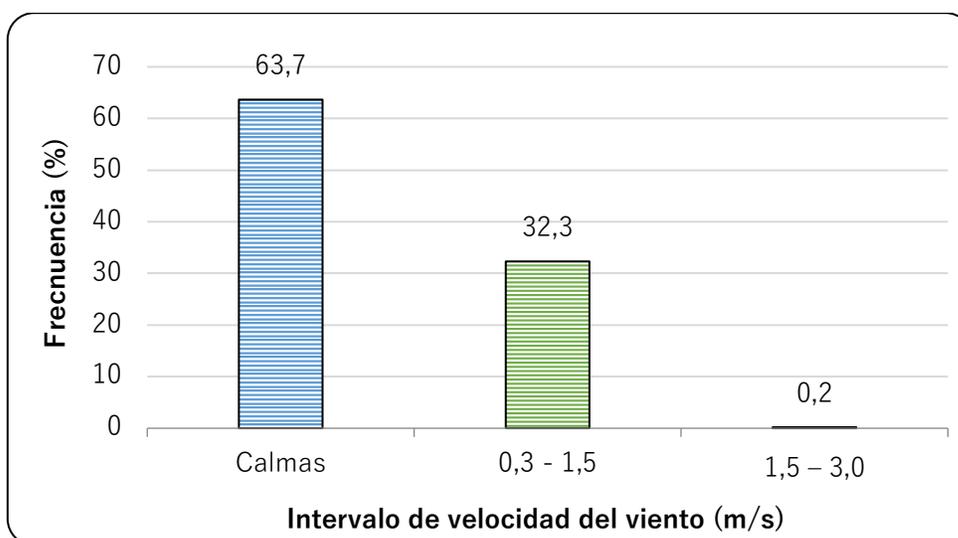


Gráfica 3. Rosa de vientos, Jerusalén.

Tabla 11. Distribución de frecuencias de la rosa de vientos, Jerusalén.

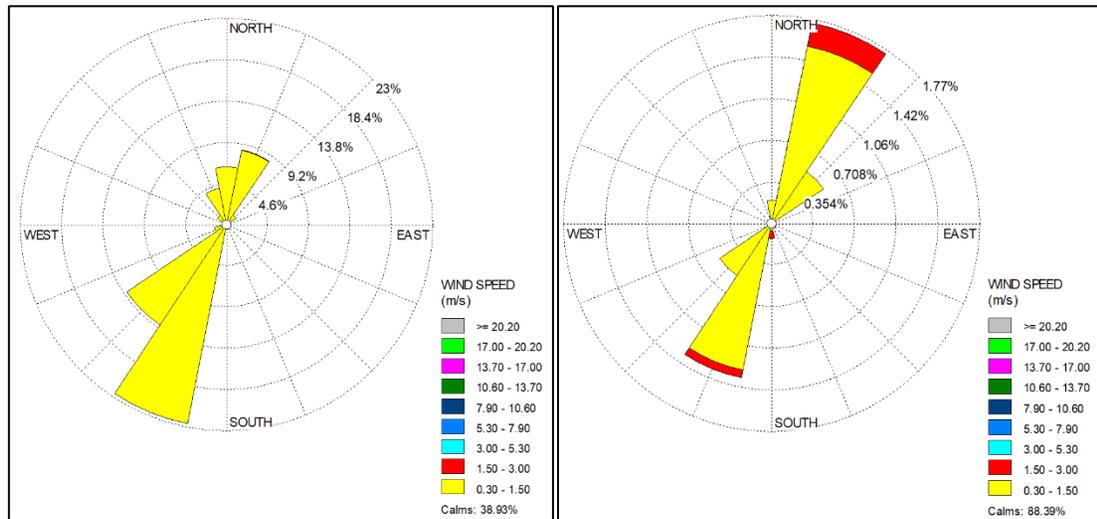
Direcciones / Intervalos Velocidad de Vientos (m/s)	0,3 - 1,5	1,5 - 3,0	Total (%)
N	3,3	0,0	3,3
NNE	5,0	0,1	5,1
NE	0,9	0,0	0,9
ENE	0,0	0,0	0,0
E	0,0	0,0	0,0
ESE	0,0	0,0	0,0
SE	0,0	0,0	0,0
SSE	0,1	0,0	0,1
S	0,3	0,0	0,3
SSW	11,9	0,0	11,9
SW	7,0	0,0	7,0

Direcciones / Intervalos Velocidad de Vientos (m/s)	0,3 - 1,5	1,5 - 3,0	Total (%)
WSW	0,7	0,0	0,7
W	0,2	0,0	0,2
WNW	0,1	0,0	0,1
NW	0,7	0,0	0,7
NNW	2,1	0,0	2,1
Sub-Total	32,3	0,2	32,5
Calmas	63,7		
Datos Perdidos o Incompletos	3,8		
Total	100,0		



**Gráfica 4. Distribución de frecuencias de clases de vientos de la rosa de vientos, Jerusalén.**

En la Gráfica 5. Rosa de vientos diurna (izquierda) y rosa de vientos nocturna (derecha), se muestran las rosas de vientos correspondientes al horario diurno y nocturno para la estación de Jerusalén. En las horas de la noche el porcentaje de calmas es de 88,4% y se presenta una mayor frecuencia en vientos provenientes del Nor-Noreste (NNE) y del Sur-Suroeste (SSW). Por otra lado, en el horario diurno donde las calmas alcanzan un 38,9% y la mayor frecuencia de vientos proviene del Sur-Sureste (SE) con 22,5%



Gráfica 5. Rosa de vientos diurna (izquierda) y rosa de vientos nocturna (derecha), Jerusalén.

### 6.3.2 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, LA DANTA

En la Tabla 12. Promedio diario de las variables meteorológicas en , se presentan las condiciones atmosféricas promedio diarias y horarias que se registraron durante cada uno de los días de muestreo de la calidad del aire en el punto ubicado en el corregimiento de La Danta perteneciente al municipio de Sonsón. La dirección del viento está determinada por la dirección o punto del horizonte desde donde sopla el viento.

Tabla 12. Promedio diario de las variables meteorológicas en La Danta.

Fecha	Temperatura ambiental (° C)	Humedad Relativa (%)	Presión barométrica (mm Hg)	Precipitación (mm)	Velocidad viento (m/s)	Dirección del viento (de)	Dirección del viento
2022-12-19	26,1	83,0	725,2	0,0	0,4	0	N
2022-12-20	26,8	81,1	724,8	0,0	0,3	337,5	NNW
2022-12-21	26,7	83,8	724,6	0,3	0,3	45	NE
2022-12-22	27,1	82,3	724,6	0,0	0,4	45	NE
2022-12-23	27,1	83,7	724,3	0,0	0,3	112,5	ESE

Fecha	Temperatura ambiental (° C)	Humedad Relativa (%)	Presión barométrica (mm Hg)	Precipitación (mm)	Velocidad viento (m/s)	Dirección del viento (de)	Dirección del viento
2022-12-24	26,3	84,9	724,1	0,0	0,3	67,5	ENE
2022-12-25	26,4	83,7	724,2	0,0	0,3	67,5	ENE
2022-12-26	26,2	81,5	724,6	5,1	0,3	247,5	WSW
2022-12-27	25,0	86,1	725,6	0,0	0,2	270	W
2022-12-28	24,8	86,0	726,4	0,0	0,3	112,5	ESE
2022-12-29	25,6	86,1	725,9	0,8	0,3	225	SW
2022-12-30	26,5	82,1	724,8	0,0	0,4	0	N
2022-12-31	25,5	86,6	725,9	4,6	0,2	247,5	WSW
2023-01-01	25,2	85,3	726,1	0,8	0,3	112,5	ESE
2023-01-02	25,4	83,4	726,0	0,3	0,4	67,5	ENE
2023-01-03	25,0	84,3	726,6	0,3	0,4	67,5	ENE
2023-01-04	25,0	81,6	726,1	38,9	0,3	67,5	ENE
2023-01-05	26,0	80,3	725,7	11,7	0,5	270	W
2023-01-06	25,3	84,6	726,1	7,4	0,3	67,5	ENE
2023-01-07	24,5	88,8	726,4	6,1	0,3	112,5	ESE
2023-01-08	24,8	87,5	726,5	13,7	0,3	292,5	WNW
2023-01-09	24,6	88,4	726,6	8,9	0,2	292,5	WNW
2023-01-10	23,4	92,5	726,6	172,5	0,2	225	SW
2023-01-11	25,0	86,2	726,2	1,3	0,3	45	NE
2023-01-12	24,9	86,1	726,3	36,8	0,4	247,5	WSW
2023-01-13	25,5	84,7	725,2	40,1	0,4	67,5	ENE
2023-01-14	25,1	84,5	725,8	25,9	0,5	112,5	ESE
2023-01-15	26,0	84,1	726,1	0,0	0,4	90	E
2023-01-16	25,0	88,2	725,3	6,9	0,3	67,5	ENE
2023-01-17	26,0	84,2	724,7	0,0	0,3	90	E
2023-01-18	25,1	84,8	725,6	0,0	0,3	112,5	ESE
2023-01-19	25,7	83,3	725,8	6,9	0,4	45	NE
2023-01-20	24,2	90,0	725,8	0,0	0,4	157,5	SSE
2023-01-21	25,4	84,8	724,9	45,5	0,3	112,5	ESE
2023-01-22	23,8	89,7	724,4	7,6	0,3	90	E

Fecha	Temperatura ambiental (° C)	Humedad Relativa (%)	Presión barométrica (mm Hg)	Precipitación (mm)	Velocidad viento (m/s)	Dirección del viento (de)	Dirección del viento
2023-01-23	26,2	84,0	725,1	54,6	0,4	112,5	ESE
2023-01-24	26,5	83,3	724,9	0,0	0,3	112,5	ESE
2023-01-25	26,4	84,0	724,2	0,0	0,4	315	NW
2023-01-26	26,9	82,5	723,9	0,0	0,3	45	NE
2023-01-27	27,2	78,4	724,7	0,0	0,4	67,5	ENE
2023-01-28	26,7	78,3	724,3	0,0	0,4	67,5	ENE
2023-01-29	26,8	78,0	724,0	0,0	0,4	315	NW
2023-01-30	26,8	78,2	725,0	0,0	0,3	45	NE
2023-01-31	26,1	77,9	725,1	1,5	0,4	45	NE
2023-02-01	25,8	77,5	725,1	0,0	0,4	45	NE
2023-02-02	25,9	78,1	725,2	0,0	0,4	22,5	NNE
2023-02-03	26,0	80,8	725,2	0,0	0,4	0	N
2023-02-04	26,9	78,8	726,2	0,0	0,3	225	SW
2023-02-05	27,1	78,8	725,5	0,0	0,3	67,5	ENE
2023-02-06	27,1	78,2	724,7	0,0	0,3	90	E
2023-02-07	26,1	80,3	724,2	40,1	0,6	112,5	ESE
2023-02-08	27,1	79,0	724,2	0,0	0,5	112,5	ESE
2023-02-09	25,4	82,1	724,5	49,3	0,6	45	NE
2023-02-10	27,6	78,7	723,6	0,0	0,5	112,5	ESE
2023-02-11	25,8	84,4	723,9	0,0	0,4	45	NE
2023-02-12	27,3	84,2	723,2	31,0	0,4	247,5	WSW
2023-02-13	26,4	83,5	723,8	0,3	0,2	45	NE
2023-02-14	27,1	84,5	724,4	21,3	0,4	90	E
2023-02-15	26,1	85,5	724,7	0,0	0,3	270	W
2023-02-16	26,0	87,4	724,3	39,6	0,5	247,5	WSW
2023-02-17	25,7	87,1	724,0	0,0	0,3	247,5	WSW
2023-02-18	25,3	85,9	724,7	6,9	0,5	112,5	ESE
2023-02-19	26,0	84,6	724,4	0,3	0,3	90	E
2023-02-20	25,8	83,4	724,9	0,0	0,2	90	E
2023-02-21	25,5	86,2	725,0	45,0	0,3	45	NE

Laboratorio del Grupo de Ingeniería y Gestión Ambiental - LABGIGA

Dirección: Calle 67 No. 53 – 108, bloque 20, oficina 345 ▪ Dirección de correspondencia: Calle 70 No. 52 - 21

Teléfono: [57+4] 219 5592 ▪ Correo electrónico: [laboratorigi@udea.edu.co](mailto:laboratorigi@udea.edu.co) ▪ Medellín - Colombia

Fecha	Temperatura ambiental (° C)	Humedad Relativa (%)	Presión barométrica (mm Hg)	Precipitación (mm)	Velocidad viento (m/s)	Dirección del viento (de)	Dirección del viento
2023-02-22	23,2	89,0	727,1	2,5	0,2	135	SE
2023-02-23	26,0	79,8	726,6	0,0	0,4	225	SW
2023-02-24	26,4	81,6	725,9	0,0	0,5	45	NE
2023-02-25	27,0	80,0	725,2	0,8	0,4	112,5	ESE
2023-02-26	27,5	78,0	725,3	0,0	0,4	67,5	ENE
2023-02-27	27,6	77,7	725,1	17,5	0,4	90	E
2023-02-28	27,6	78,5	724,8	0,0	0,5	45	NE
2023-03-01	26,7	81,8	725,3	9,6	0,5	112,5	ESE
2023-03-02	25,7	85,5	723,7	39,6	0,5	112,5	ESE
2023-03-03	27,5	84,2	722,7	11,9	0,4	67,5	ENE
2023-03-04	26,4	85,0	724,1	10,4	0,6	45	NE
2023-03-05	25,7	87,0	724,9	18,8	0,3	247,5	WSW
2023-03-06	26,0	83,5	724,9	1,5	0,4	225	SW
2023-03-07	26,2	84,7	725,2	0,3	0,4	67,5	ENE
2023-03-08	24,3	90,3	725,9	31,0	0,3	45	NE
2023-03-09	22,9	92,5	726,9	38,6	0,2	90	E
2023-03-10	25,6	84,5	726,1	0,0	0,3	270	W
2023-03-11	25,0	85,0	726,7	0,0	0,3	112,5	ESE
2023-03-12	25,5	83,4	727,1	6,1	0,5	225	SW
2023-03-13	24,7	87,1	727,9	24,1	0,3	292,5	WNW
2023-03-14	25,6	83,4	726,6	28,5	0,6	67,5	ENE
2023-03-15	25,2	86,4	726,5	2,8	0,4	112,5	ESE
2023-03-16	25,0	88,5	726,7	8,1	0,3	112,5	ESE
2023-03-17	26,4	82,9	726,1	0,3	0,5	45	NE
2023-03-18	26,1	85,1	726,1	2,8	0,4	225	SW
2023-03-19	26,2	83,8	726,5	3,0	0,4	45	NE
2023-03-20	26,2	84,6	726,3	1,5	0,5	67,5	ENE
2023-03-21	25,8	85,3	725,4	14,7	0,4	270	W
2023-03-22	26,2	83,6	725,1	0,0	0,4	0	N
2023-03-23	26,0	84,5	725,3	0,0	0,3	112,5	ESE

Fecha	Temperatura ambiental (° C)	Humedad Relativa (%)	Presión barométrica (mm Hg)	Precipitación (mm)	Velocidad viento (m/s)	Dirección del viento (de)	Dirección del viento
2023-03-24	26,6	83,6	725,0	0,0	0,4	0	N
2023-03-25	25,6	84,8	725,6	15,0	0,3	112,5	ESE
2023-03-26	26,2	81,8	725,0	2,3	0,4	202,5	SSW
2023-03-27	26,5	80,8	725,1	80,5	0,6	45	NE
2023-03-28	25,0	83,3	725,2	2,0	0,4	225	SW
2023-03-29	25,4	84,7	724,8	0,0	0,4	112,5	ESE
2023-03-30	26,7	81,3	724,7	0,0	0,4	45	NE
2023-03-31	26,1	84,9	725,3	47,2	0,3	247,5	WSW
2023-04-01	25,3	86,5	725,2	17,0	0,4	67,5	ENE
2023-04-02	25,9	87,0	724,9	9,6	0,4	315	NW
2023-04-03	27,9	79,9	723,8	0,3	0,5	202,5	SSW
2023-04-04	26,3	84,5	723,3	23,1	0,4	45	NE
2023-04-05	26,8	82,5	723,4	1,5	0,5	67,5	ENE
2023-04-06	25,9	83,9	724,3	2,3	0,5	225	SW
2023-04-07	24,8	84,6	725,5	7,6	0,7	45	NE
2023-04-08	26,0	80,9	725,7	0,0	0,5	67,5	ENE
2023-04-09	26,5	83,2	725,5	0,0	0,4	247,5	WSW
2023-04-10	25,4	87,3	725,2	36,3	0,5	45	NE
2023-04-11	26,7	84,7	724,9	17,5	0,5	247,5	WSW
2023-04-12	26,6	83,4	724,8	2,0	0,5	112,5	ESE
2023-04-13	27,3	82,3	723,6	0,0	0,4	112,5	ESE
2023-04-14	28,1	87,2	724,0	0,3	0,2	90	E
2023-04-15	29,1	83,3	725,0	58,7	0,6	45	NE
2023-04-16	26,8	90,3	726,0	14,5	0,3	225	SW
2023-04-17	25,3	91,7	725,9	54,4	0,3	112,5	ESE
2023-04-18	27,3	86,8	725,6	1,5	0,4	202,5	SSW
2023-04-19	28,3	84,3	724,6	0,0	0,4	67,5	ENE
2023-04-20	27,7	89,0	725,4	0,3	0,3	90	E
2023-04-21	24,7	91,9	726,1	73,2	0,4	67,5	ENE

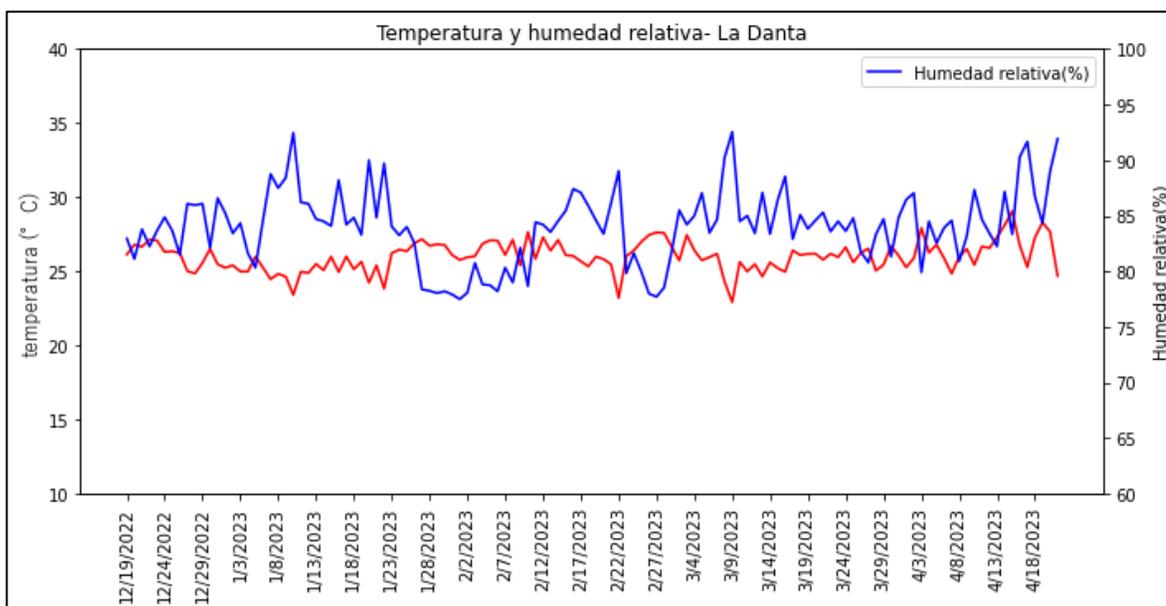
Fecha	Temperatura ambiental (° C)	Humedad Relativa (%)	Presión barométrica (mm Hg)	Precipitación (mm)	Velocidad viento (m/s)	Dirección del viento (de)	Dirección del viento
<b>Máximo</b>	29,1	92,5	727,9	172,46	0,7	N/A	N/A
<b>Mínimo</b>	22,9	77,5	722,7	0	0,2	N/A	N/A
<b>Promedio</b>	26,0	84,0	725,2	---	0,4	N/A	N/A

Tabla 13. Promedio horario de las variables meteorológicas en La Danta.

Hora	Temperatura ambiental (° C)	Presión barométrica (mm Hg)	Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm)	Velocidad viento (m/s)
0:00	23,6	725,4	92,8	146,3	0,1
1:00	23,4	724,9	92,8	86,1	0,1
2:00	23,2	724,6	93,3	67,0	0,1
3:00	23,0	724,6	93,8	48,7	0,1
4:00	22,9	724,8	94,2	138,4	0,1
5:00	22,8	725,2	94,6	113,2	0,1
6:00	22,9	725,7	94,7	177,3	0,1
7:00	23,9	726,4	94,4	129,5	0,1
8:00	25,6	726,9	89,9	88,2	0,1
9:00	26,9	727,2	84,0	74,9	0,3
10:00	27,9	727,0	78,9	53,9	0,6
11:00	28,9	726,4	75,3	56,9	0,8
12:00	29,9	725,6	71,5	16,5	0,9
13:00	30,6	724,8	67,7	8,6	1,0
14:00	30,9	724,1	65,7	0,8	1,0
15:00	30,9	723,6	65,2	0,0	1,0
16:00	30,3	723,5	65,5	0,0	0,9
17:00	28,2	723,7	70,1	0,0	0,7
18:00	26,1	724,0	81,8	0,0	0,2
19:00	25,3	724,6	87,3	0,0	0,0
20:00	24,8	725,2	89,6	13,5	0,0
21:00	24,5	725,6	90,9	21,3	0,1

Hora	Temperatura ambiental (° C)	Presión barométrica (mm Hg)	Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm)	Velocidad viento (m/s)
22:00	24,1	725,9	91,9	142,2	0,1
23:00	23,9	725,8	92,2	174,2	0,2
<b>Promedio</b>	<b>26,0</b>	<b>725,2</b>	<b>86,3</b>	<b>792,9</b>	<b>0,2</b>

La Gráfica 6. Variación de la humedad y la temperatura promedio diaria, presenta las variables meteorológicas humedad relativa y temperatura ambiente en la estación de La Danta. La temperatura presentó un valor promedio de 26,0° C con una desviación estándar de 1,0° C. El valor máximo (29,1° C) se presentó el 15 de abril de 2023 y su valor mínimo (22,9° C) el 09 de marzo de 2023. El valor máximo de humedad relativa fue del 92,5%, el valor mínimo registrado fue de 77,5% y el promedio fue de 84,0%.

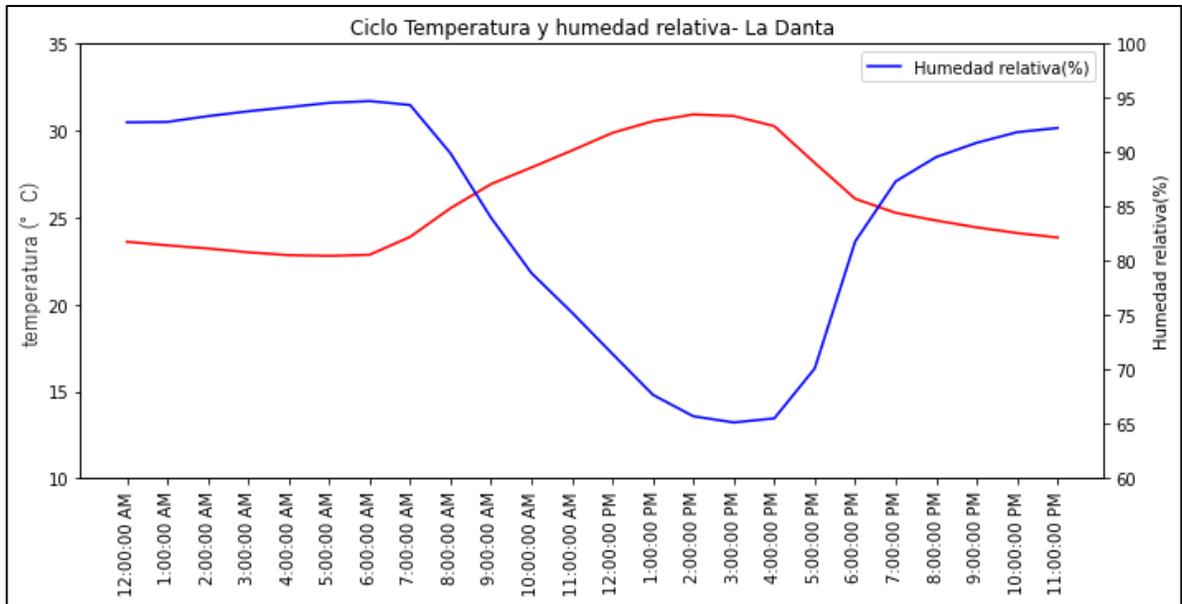


**Gráfica 6. Variación de la humedad y la temperatura promedio diaria, La Danta.**

En la Gráfica 7. Variación de la humedad y la temperatura horaria, se presenta la variación horaria de la humedad relativa y temperatura ambiente registrada en el periodo de monitoreo. El máximo de temperatura se registró a las 14:00 horas con un valor de

30,9° C y el mínimo a las 04:00 y 05:00 horas con un valor de 22,8° C. Se evidencia claramente un aumento en la temperatura a partir de las 06:00 horas, continuando con este comportamiento hasta las 14:00 horas alcanzando así su valor máximo, ya en horas de la tarde noche se presenta un descenso que se mantiene hasta alcanzar sus valores mínimos en horas de la mañana.

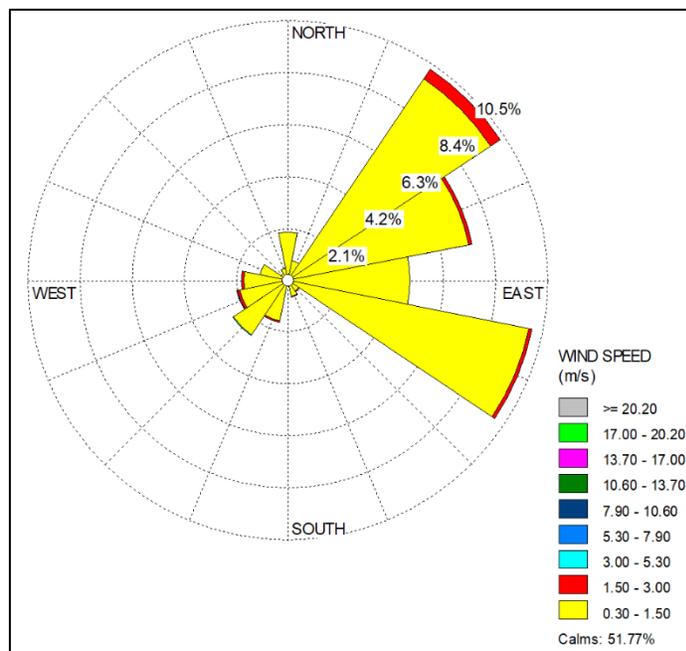
El mayor valor de humedad relativa se registró a las 06:00 horas con un valor de 94,7% y el mínimo se presentó a las 15:00 horas con un valor de 65,2%. Con respecto a la relación entre las variables, se logra establecer claramente una relación inversa entre ambas, lo que se encuentra acorde con el comportamiento esperado para estas.



**Gráfica 7. Variación de la humedad y la temperatura horaria, La Danta.**

En la Gráfica 8. Rosa de vientos, se observa la rosa de vientos correspondiente al periodo de monitoreo en la estación ubicada en La Danta, donde se evidencia que, la dirección predominante de donde proviene el viento es del Noreste (NE) con una frecuencia de 10,3%, seguido de las direcciones Este-Sureste (ESE) con 10,0% y Este-Noreste (ENE) con una frecuencia de 7,6%.

La distribución de las velocidades del viento se concentra específicamente en tres rangos, la mayor frecuencia (46,5%) se presenta en el intervalo denominado “ventolina” en la escala de vientos de Beaufort, con velocidades comprendidas entre 0,3 y 1,5 m/s. En segundo lugar, se encuentra una frecuencia de 1,1% en el intervalo “brisa muy débil”; es decir, con velocidades entre 1,5 y 3,0 m/s. El tercer intervalo, tiene una frecuencia de 0,1% llamado “brisa débil”, el cual comprende velocidades entre 3,1 y 5,3 m/s. El porcentaje de calmas (viento menor a 0,3 m/s) alcanzó el 51,8%.

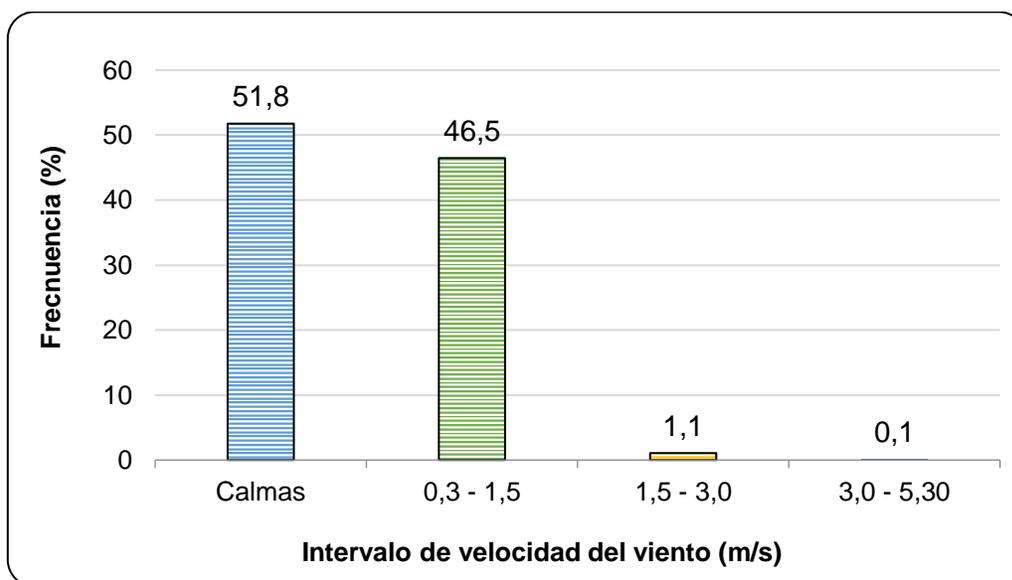


Gráfica 8. Rosa de vientos, La Danta.

Tabla 14. Distribución de frecuencias de la rosa de vientos, La Danta.

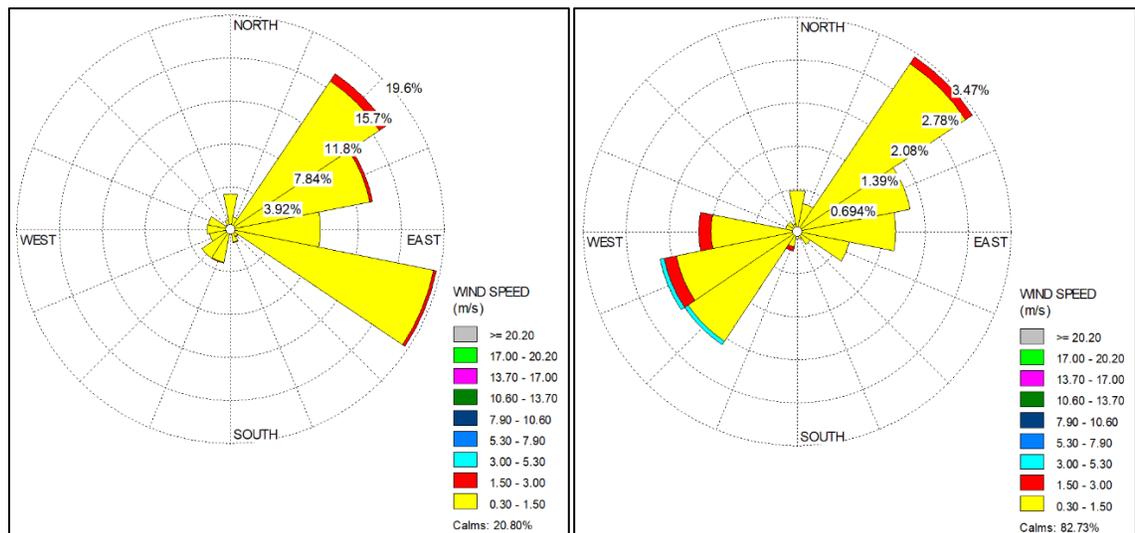
Direcciones / Intervalos Velocidad de Vientos (m/s)	0,3 - 1,5	1.5 – 3.0	3.1 - 5.30	Total (%)
N	2,0	0,0	0,0	2,0
NNE	0,8	0,0	0,0	0,8
NE	9,8	0,5	0,0	10,3
ENE	7,4	0,1	0,0	7,6

Direcciones / Intervalos Velocidad de Vientos (m/s)	0,3 - 1,5	1.5 - 3.0	3.1 - 5.30	Total (%)
E	4,9	0,0	0,0	4,9
ESE	9,9	0,1	0,0	10,0
SE	0,6	0,0	0,0	0,6
SSE	0,7	0,0	0,0	0,7
S	0,1	0,0	0,0	0,1
SSW	1,7	0,1	0,0	1,8
SW	2,7	0,0	0,0	2,7
WSW	2,0	0,1	0,0	2,1
W	1,8	0,1	0,0	1,9
WNW	1,2	0,0	0,0	1,2
NW	0,4	0,0	0,0	0,4
NNW	0,5	0,0	0,0	0,5
Sub-Total	46,5	1,1	0,1	47,6
Calmas	51,8			
Datos Perdidos o Incompletos	0,6			
Total	100,0			



**Gráfica 9. Distribución de frecuencias de clases de vientos de la rosa de vientos, La Danta**

En la Gráfica 10. Rosa de vientos diurna (izquierda) y rosa de vientos nocturna (derecha), se muestran las rosas de vientos correspondientes al horario diurno y nocturno para la estación La Danta. En las horas de la noche el porcentaje de calmas es de 82,7% y se presentan vientos de mayor velocidad en comparación con el horario diurno, donde las calmas únicamente alcanzan el 20,8%.



**Gráfica 10. Rosa de vientos diurna (izquierda) y rosa de vientos nocturna (derecha), La Danta.**

## 7 OPINIONES E INTERPRETACIONES/DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD

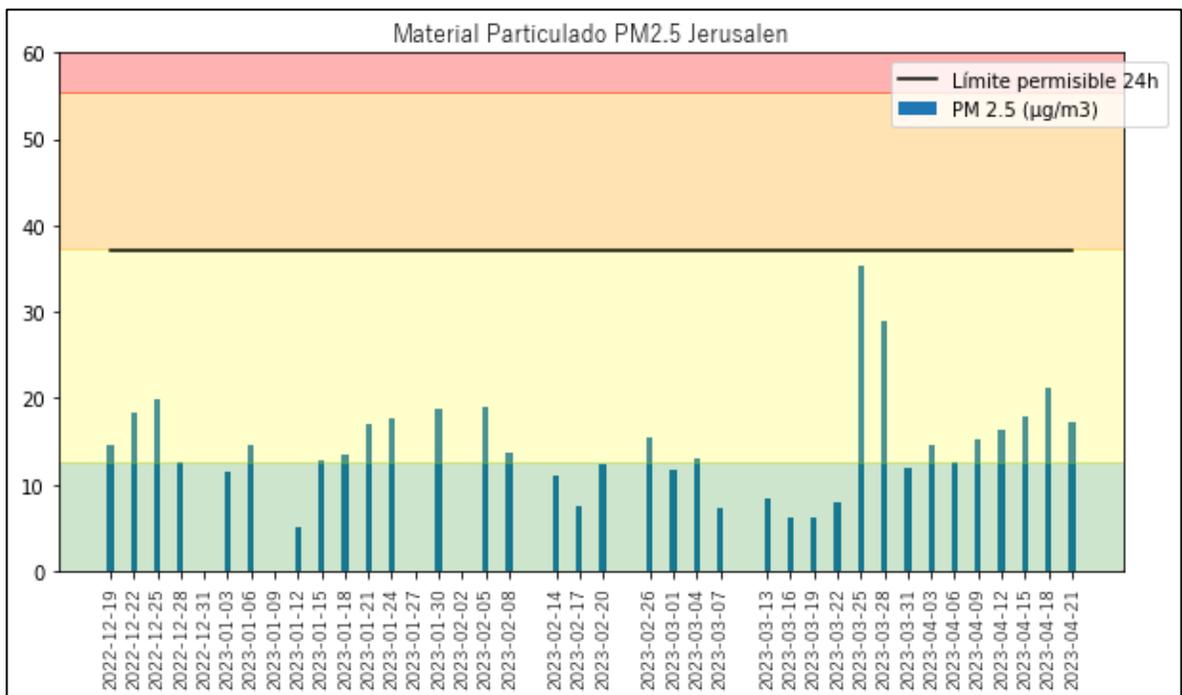
Los resultados obtenidos durante el monitoreo de calidad del aire se analizaron a la luz de la norma nacional vigente: Resolución 2254 de 01 de noviembre de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones (Tabla 1. Niveles máximos permisibles de contaminantes criterio en el aire). Estas concentraciones se calculan a condiciones de referencia, es decir, 25 ° C y 760 mm Hg, de manera que se pueda establecer una comparación directa con la norma de calidad del aire.

**Regla de decisión:** Aceptación binaria simple sin zona de seguridad ( $w=0$ ). Pasa – No Pasa. Riesgo asociado del 50%. ILAC-G8:09/2019. Numeral 4.2.1

## 7.1 PARTÍCULAS MENOSRES A 2,5 MICRAS – PM<sub>2,5</sub>

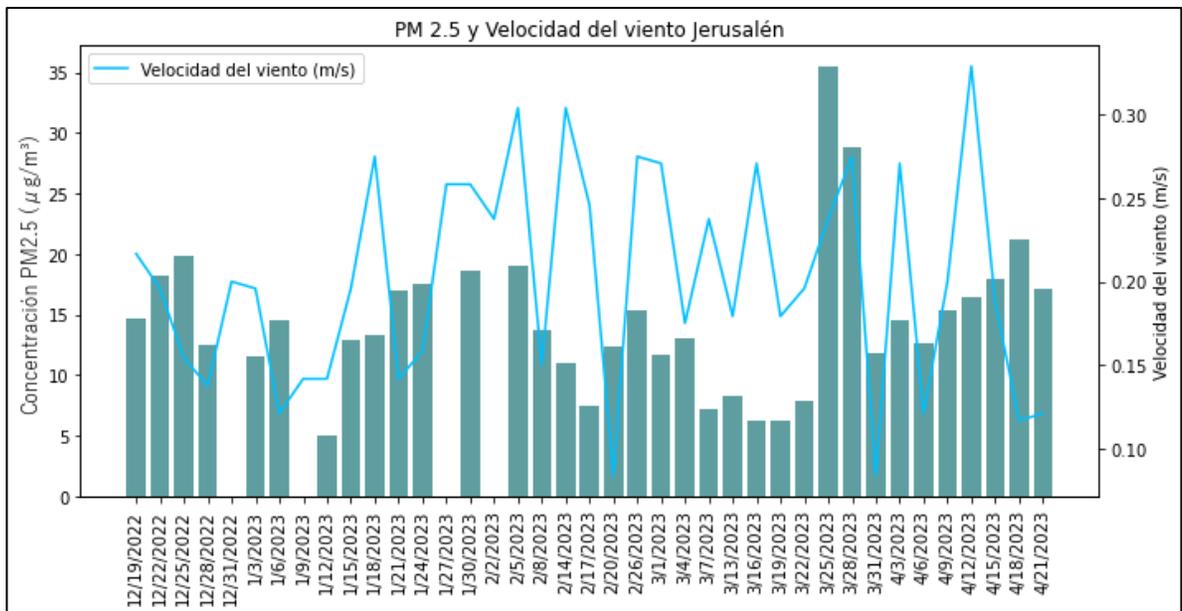
### 7.1.1 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, JERUSALÉN

En la Gráfica 11, se presentan las concentraciones diarias de PM<sub>2,5</sub> registradas en el punto de monitoreo ubicado en Jerusalén, donde se obtuvo un valor máximo de 35,4 µg/m<sup>3</sup> el sábado 25 de marzo de 2022 y un valor mínimo de 5,1 µg/m<sup>3</sup> el jueves 12 de enero de 2023. Todas las concentraciones registradas se encuentran por debajo del límite máximo permisible para partículas menores a 2,5 micras en un período de 24 horas establecido en 37,0 µg/m<sup>3</sup> según la Resolución 2254 de 2017.



**Gráfica 11. Variación diaria de la concentración de PM<sub>2,5</sub>, Jerusalén.**

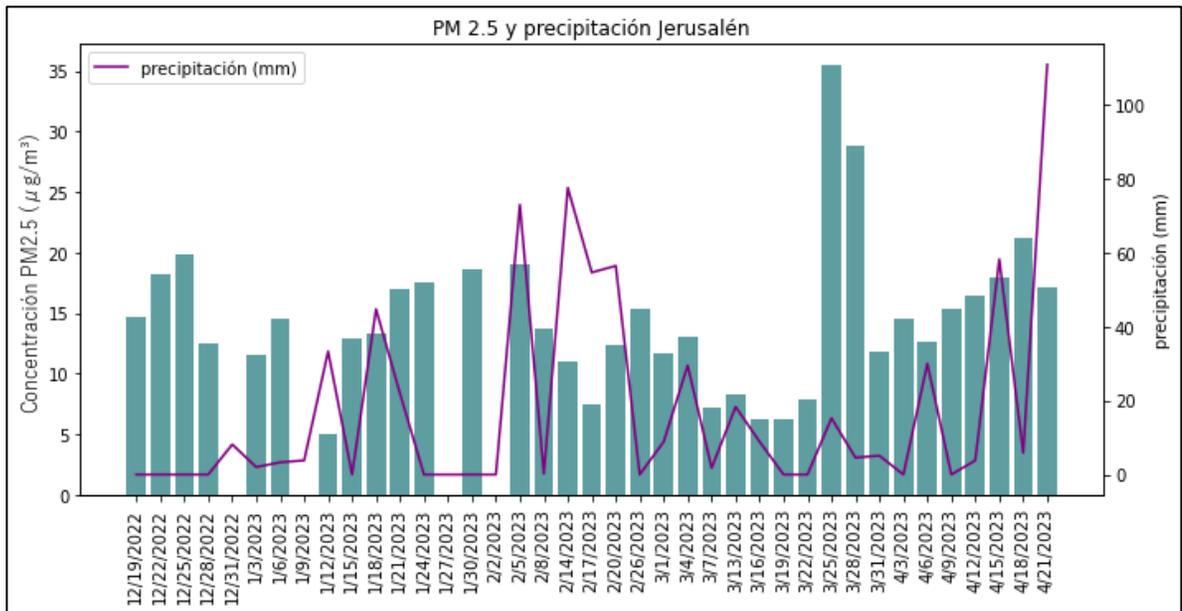
Como puede apreciarse en la Gráfica 12, las velocidades de viento promedio diarias registradas para el punto de monitoreo de La Danta, se encontraron en un intervalo de velocidades de 0,08 y 0,33 m/s, con un promedio de 0,20 m/s. Se observa que el 12 de abril de 2023 es el día donde se presenta una mayor velocidad del viento y una baja concentración de material particulado, sin embargo, no es posible identificar una relación marcada entre la velocidad del viento y las concentraciones de PM<sub>2,5</sub>. Adicionalmente, en este punto de monitoreo las velocidades del viento son predominantemente bajas.



**Gráfica 12. Variación diaria de la concentración de PM<sub>2,5</sub> y la velocidad del viento, Jerusalén**

En el Gráfica 13 se observa que los días 14, 17 y 20 de febrero de 2023 y el 21 de abril se registraron valores altos de precipitación, con unos valores de 77,5, 54,6, 56,4 y 110,7 mm respectivamente, estos días se evidencia una concentración menor respecto a los días anteriores. Por otro lado, los días 05 de febrero y 15 de abril de 2023 se observa que los valores de la concentración y la precipitación presentaron un comportamiento

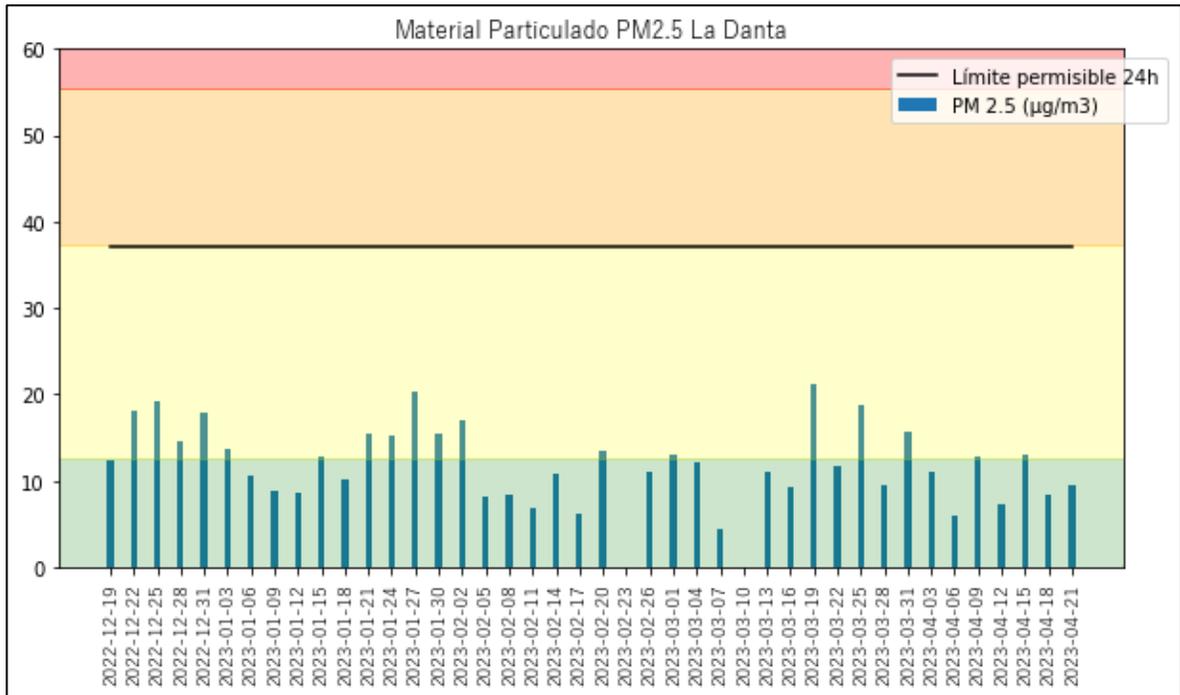
similar. Por lo anterior, no se puede determinar una relación de dispersión de contaminantes debido a eventos de precipitación en la zona.



**Gráfica 13. Variación diaria de la concentración de PM<sub>2.5</sub> y la precipitación, Jerusalén.**

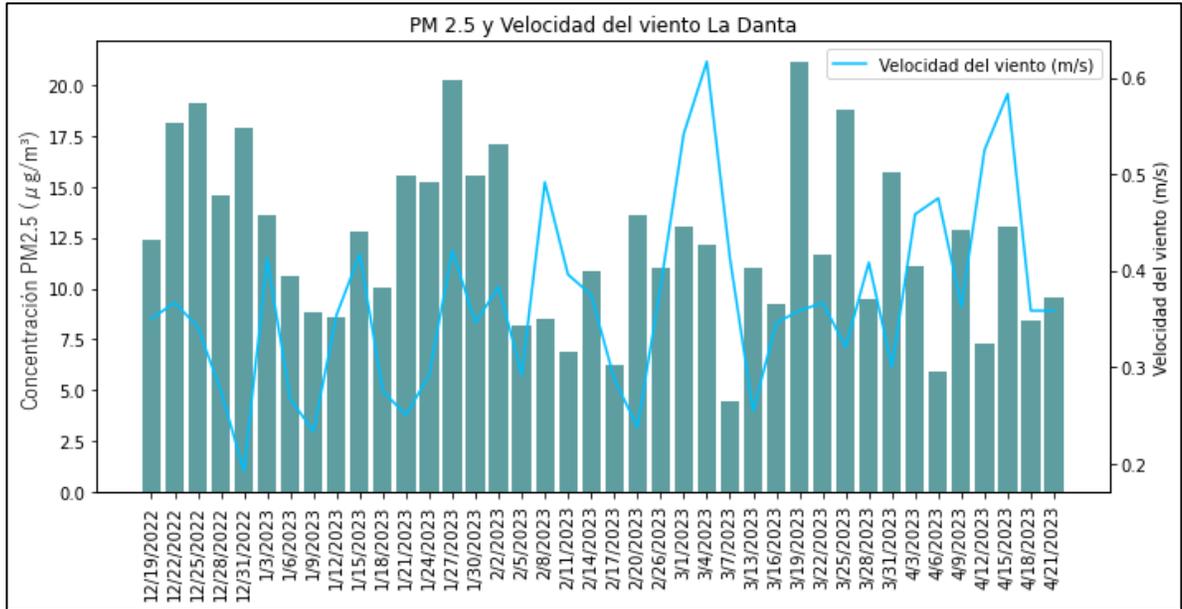
### 7.1.2 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, La Danta

En la Gráfica 14. Variación diaria de la concentración de PM<sub>2.5</sub>, se presentan las concentraciones diarias de PM<sub>2.5</sub> registradas en el punto de monitoreo ubicado en La Danta, donde se obtuvo un valor máximo de 21,1 µg/m<sup>3</sup> el domingo 19 de marzo de 2023 y un valor mínimo de 4,5 µg/m<sup>3</sup> el martes 07 de marzo de 2023. Todas las concentraciones registradas se encuentran por debajo del límite máximo permisible para partículas menores a 2,5 micras en un período de 24 horas establecido en 37,0 µg/m<sup>3</sup> según la Resolución 2254 de 2017.



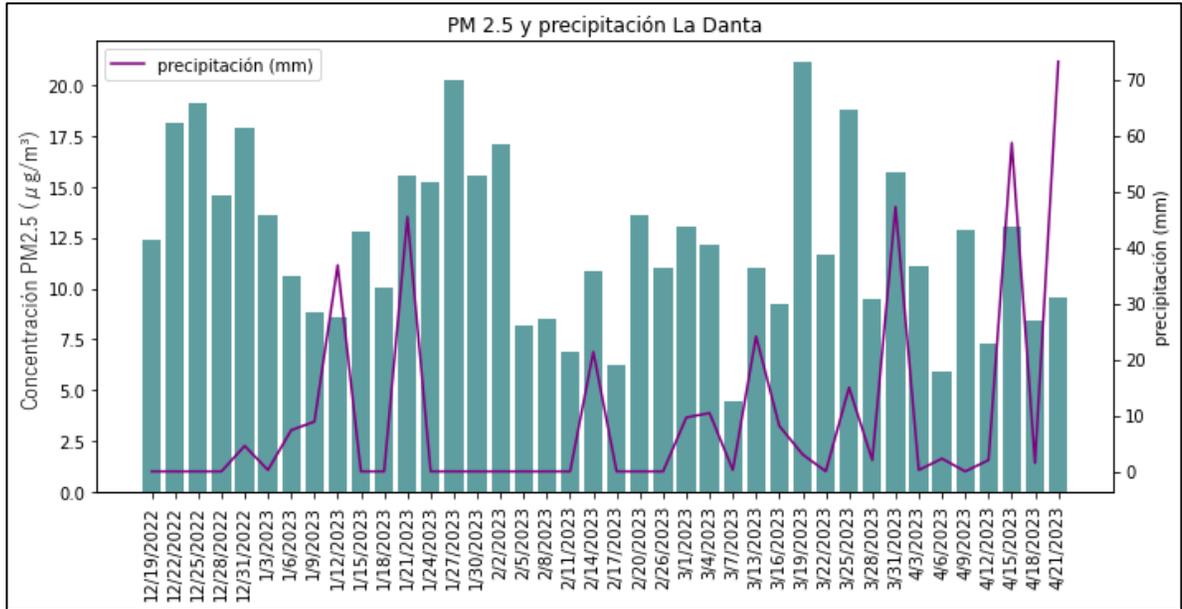
**Gráfica 14. Variación diaria de la concentración de PM<sub>2,5</sub>, La Danta.**

Como puede apreciarse en la Gráfica 15. Variación diaria de la concentración de PM<sub>2,5</sub> y la velocidad del viento, las velocidades de viento promedio diarias registradas para el punto de monitoreo La Danta, se encontraron en un intervalo de velocidades de 0,19 y 0,62 m/s, con un promedio de 0,37 m/s. Se observa que del 05 al 20 de febrero de 2023 la velocidad del viento presenta dos picos altos en sus valores, mientras que las concentraciones del contaminante disminuyen. Adicionalmente, el pico máximo se presentó entre finales de febrero e inicios de marzo, donde se evidencia que coincide con concentraciones bajas del contaminante, por lo que se podría afirmar que en días específicos la velocidad del viento ayuda a la dispersión del contaminante. Sin embargo, no es posible identificar una relación marcada entre la velocidad del viento y las concentraciones de PM<sub>2,5</sub>.



**Gráfica 15. Variación diaria de la concentración de PM<sub>2,5</sub> y la velocidad del viento, La Danta.**

En el Gráfica 16. Variación diaria de la concentración de PM<sub>2,5</sub> y la precipitación, se observa que los días de 05 al 20 de febrero de 2023 se registraron dos picos de precipitación, el primero el 11 de febrero de 2023 con un valor de 31,0 mm y el segundo el 17 de febrero con un valor de 84,1 mm. Sin embargo, días como el 14 de febrero, el 13 y 31 de marzo de 2023 la concentración al igual que los valores de precipitación presentaron un aumento. Por lo anterior, se afirma que no se puede determinar una relación de dispersión de contaminantes debido a eventos de precipitación en la zona.

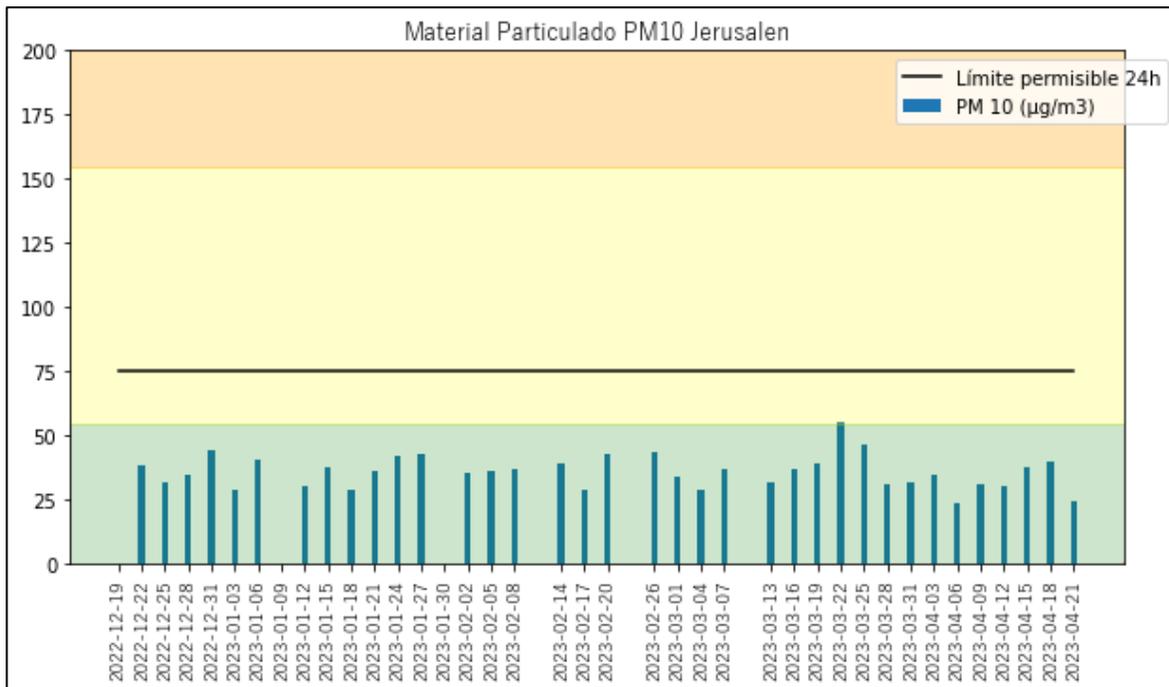


Gráfica 16. Variación diaria de la concentración de PM<sub>2,5</sub> y la precipitación, La Danta.

## 7.2 PARTÍCULAS MENOSRES A 10 MICRAS – PM<sub>10</sub>

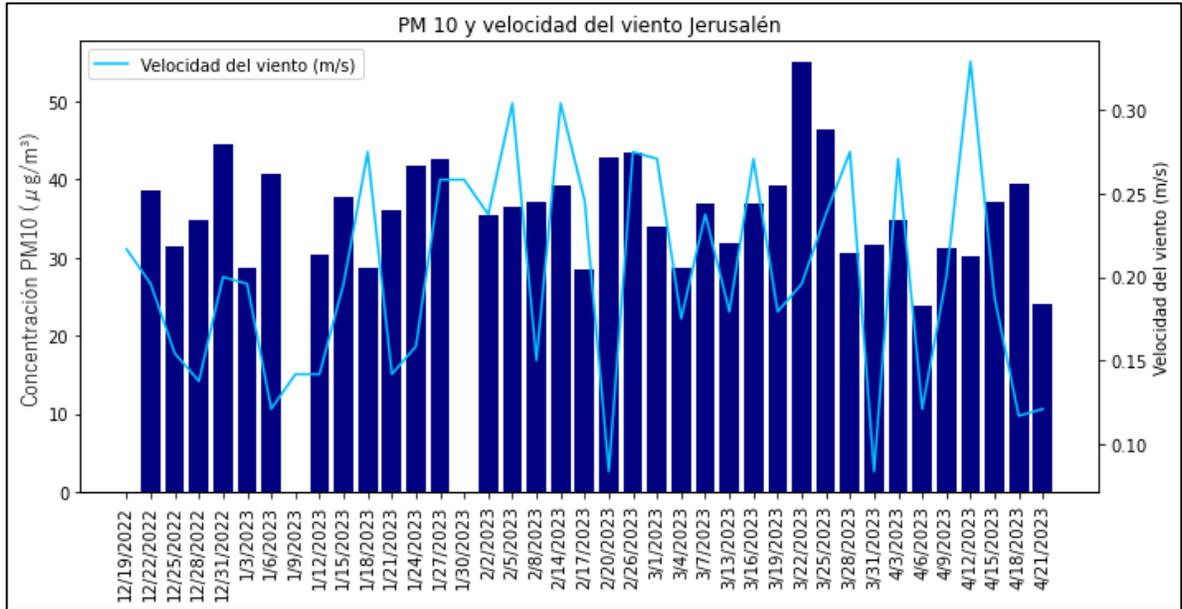
### 7.2.1 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, JERUSALÉN.

La Gráfica 17. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub>, presenta la variación de las concentraciones de PM<sub>10</sub> registradas en el punto de monitoreo de Jerusalén donde la máxima concentración se registró el miércoles 22 de marzo de 2023 con un valor de 55,0 µg/m<sup>3</sup> y la mínima el jueves 06 de abril de 2023 con un valor de 23,9 µg/m<sup>3</sup>. Todas las concentraciones se encuentran por debajo de los 75,0 µg/m<sup>3</sup>, correspondiente al límite máximo permisible en un periodo de 24 horas establecido según la Resolución 2254 de 2017.



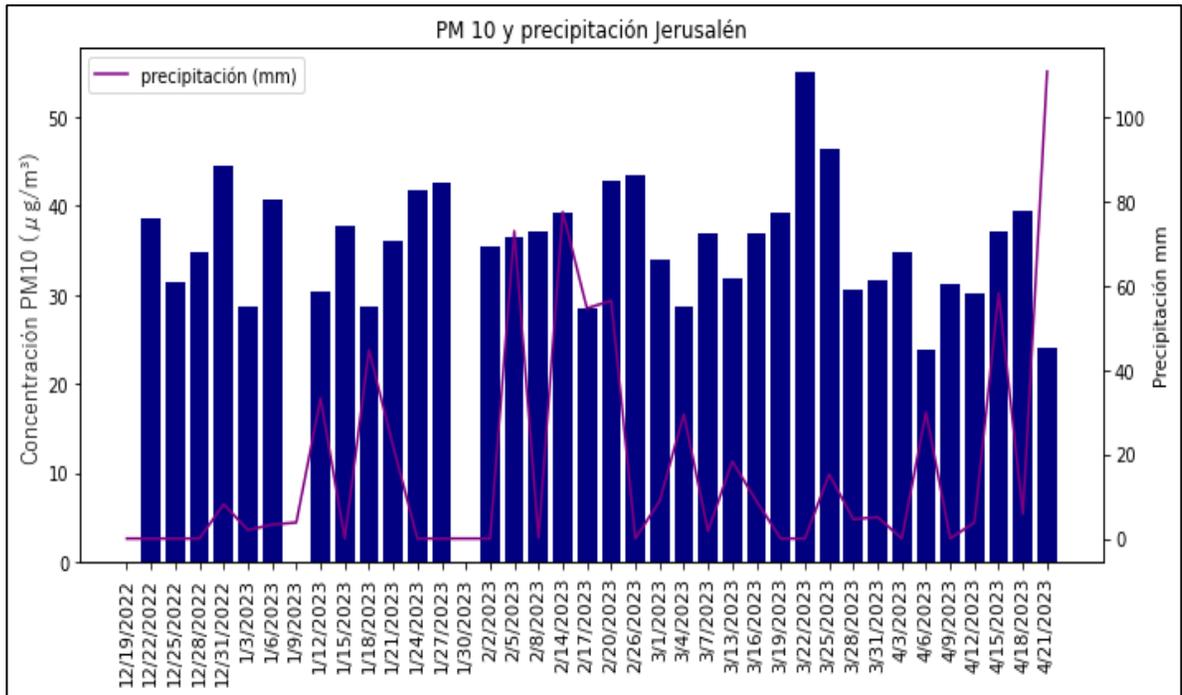
**Gráfica 17. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub>, Jerusalén**

Como puede observarse en la Gráfica 18, las velocidades de viento promedio diarias registradas en el punto de monitoreo de Jerusalén se encontraron en un intervalo de velocidades de 0,08 y 0,33 m/s, con un promedio de 0,20 m/s. Para las muestras del 03 y 12 de enero de 2023, el 28 de marzo y el 12 de abril de 2023 se observa como coincide la disminución de la concentración del contaminante con el aumento de la velocidad del viento respecto al día anterior, sin embargo, este no es un comportamiento generalizado para esta estación.



**Gráfica 18. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub> y la velocidad del viento, Jerusalén.**

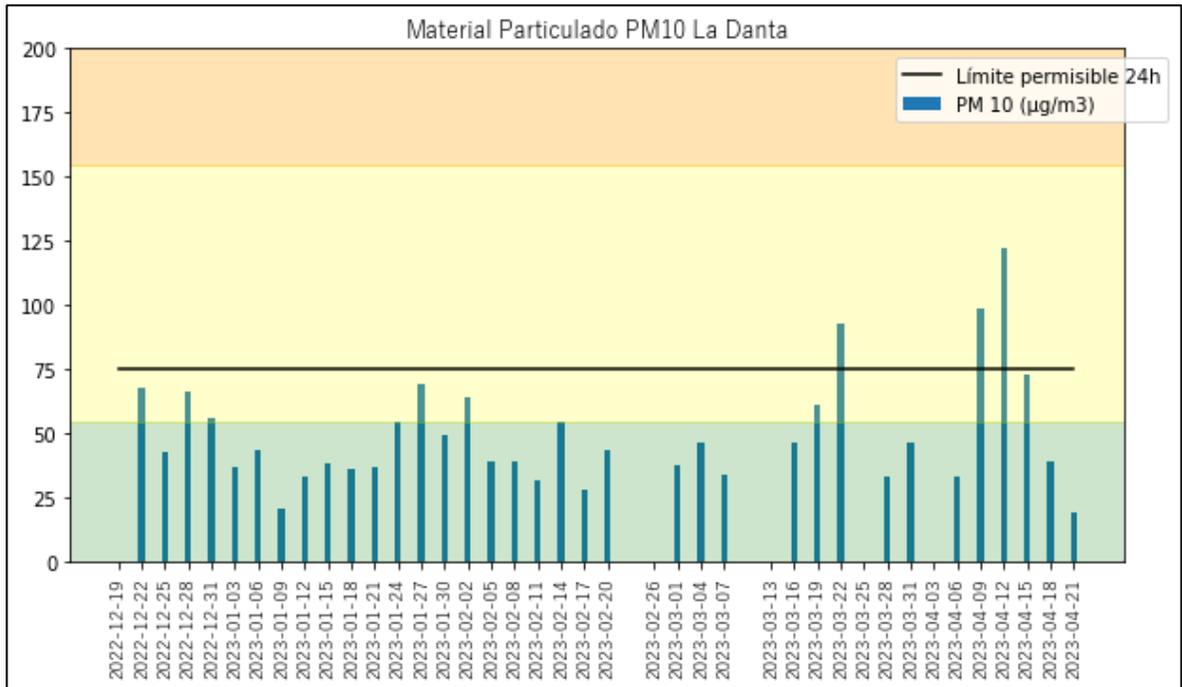
En la Gráfica 19, se observa que en los días 12 y 18 de enero, 03 y 13 de marzo y 6 y 21 de abril de 2023 tras los respectivos eventos de precipitación se registró una disminución de las concentraciones de PM<sub>10</sub> respecto a los días anteriores. Por otro lado, los días 05, 14 y 20 de febrero de 2023 los eventos de precipitación coinciden con días en donde la concentración del contaminante aumenta, por lo que, no se puede generalizar el comportamiento en la zona.



Gráfica 19. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub> y la precipitación, Jerusalén.

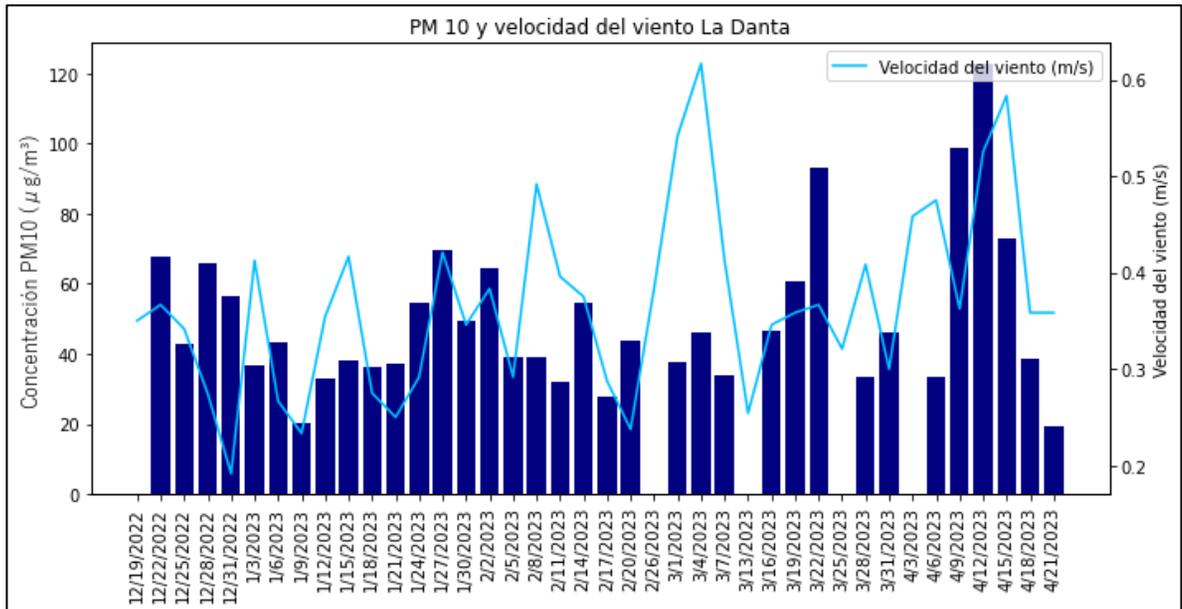
### 7.2.2 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, LA DANTA

La Gráfica 20. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub>, presenta la variación de las concentraciones de PM<sub>10</sub> registradas en el punto de monitoreo de La Danta, la máxima concentración se registró el miércoles 12 de abril de 2023 con un valor de 122,5 µg/m<sup>3</sup> y la mínima el lunes 09 de enero de 2023, con un valor de 19,5 µg/m<sup>3</sup>. Se presentan tres (3) excedencias al límite máximo permisible en un periodo de 24 horas establecido según la Resolución 2254 de 2017 (75,0 µg/m<sup>3</sup>), los días 22 de marzo, 09 y 12 de abril de 2023 con unas concentraciones de 92,9 µg/m<sup>3</sup>, 98,8 µg/m<sup>3</sup> y 122,5 µg/m<sup>3</sup> respectivamente.



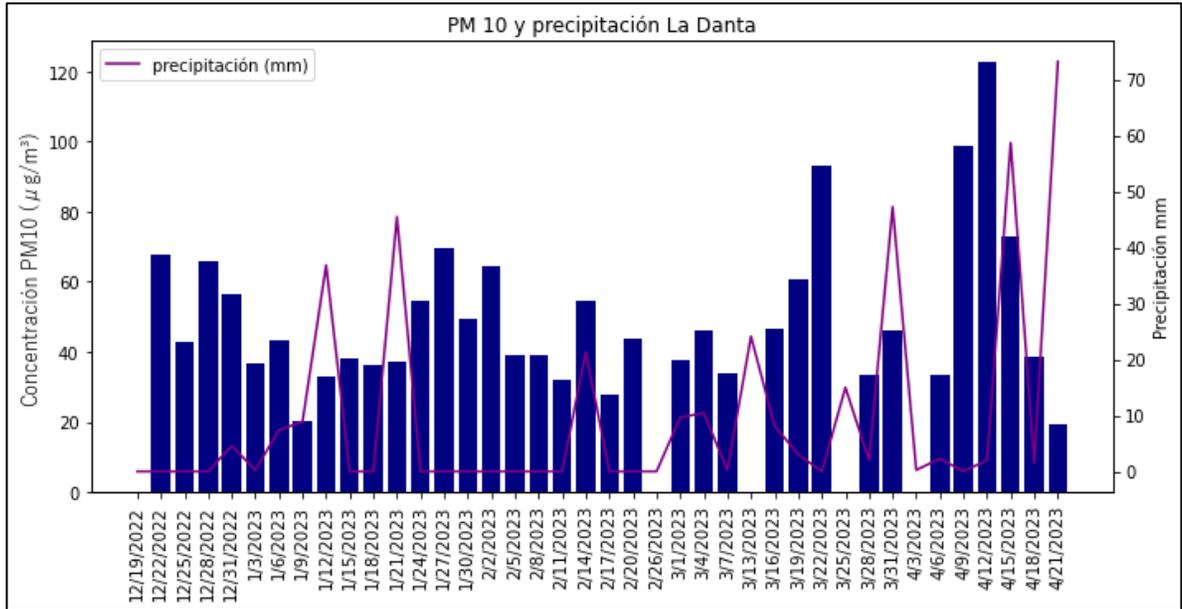
**Gráfica 20. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub>, La Danta.**

Como puede observarse en la Gráfica 21. Variación diaria de la concentración de PM10 y la velocidad del viento, , las velocidades de viento promedio diarias registradas en el punto de monitoreo La Danta se encontraron en un intervalo de velocidades de 0,19 y 0,62 m/s, con un promedio de 0,37 m/s. Por lo anterior, se evidencia que las velocidades del viento en este punto de monitoreo son bajas, adicionalmente se observa diferentes picos a lo largo del tiempo de monitoreo los cuales coinciden con concentraciones bajas del contaminante, por lo que se podría afirmar que la velocidad del viento ayuda a la dispersión del contaminante. Sin embargo, días específicos como el 27 de enero y el 12 de abril, las dos variables presentan el mismo comportamiento, así que no se puede generar una relación marcada para las dos variables en la zona donde se encuentre el punto de muestreo.



**Gráfica 21. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub> y la velocidad del viento, La Danta.**

En la Gráfica 22. Variación diaria de la concentración de PM10 y la precipitación, se observa que entre el día 21 de abril de 2023 se registró el pico máximo de precipitación, el cual coincide con la disminución de la concentración de PM<sub>10</sub> respecto al día anterior, los demás días donde se presentó eventos de lluvia se evidencia este mismo comportamiento, por lo que, no se puede afirmar que la precipitación coincide con la dispersión del contaminante en este punto de monitoreo.

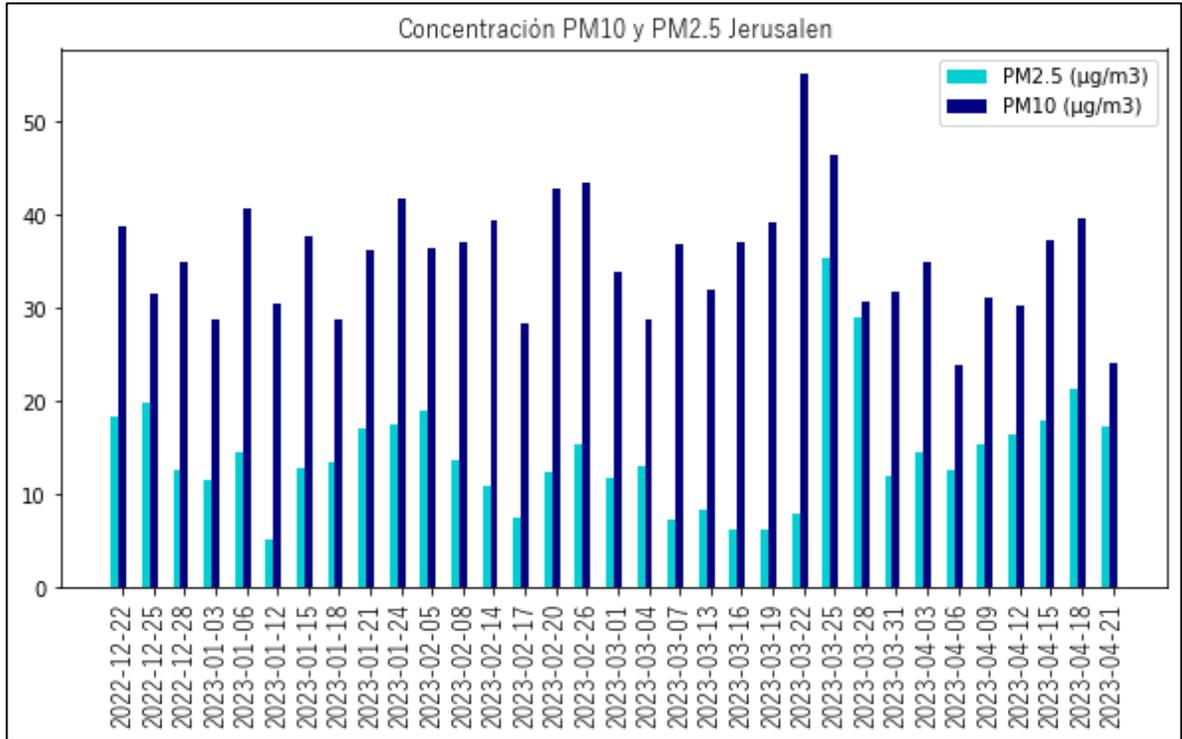


Gráfica 22. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub> y la precipitación, La Danta.

### 7.3 RELACIÓN ENTRE PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS – PM<sub>10</sub> Y PARTÍCULAS MENORES A 2,5 MICRAS – PM<sub>2,5</sub>

#### 7.3.1 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, JERUSALÉN.

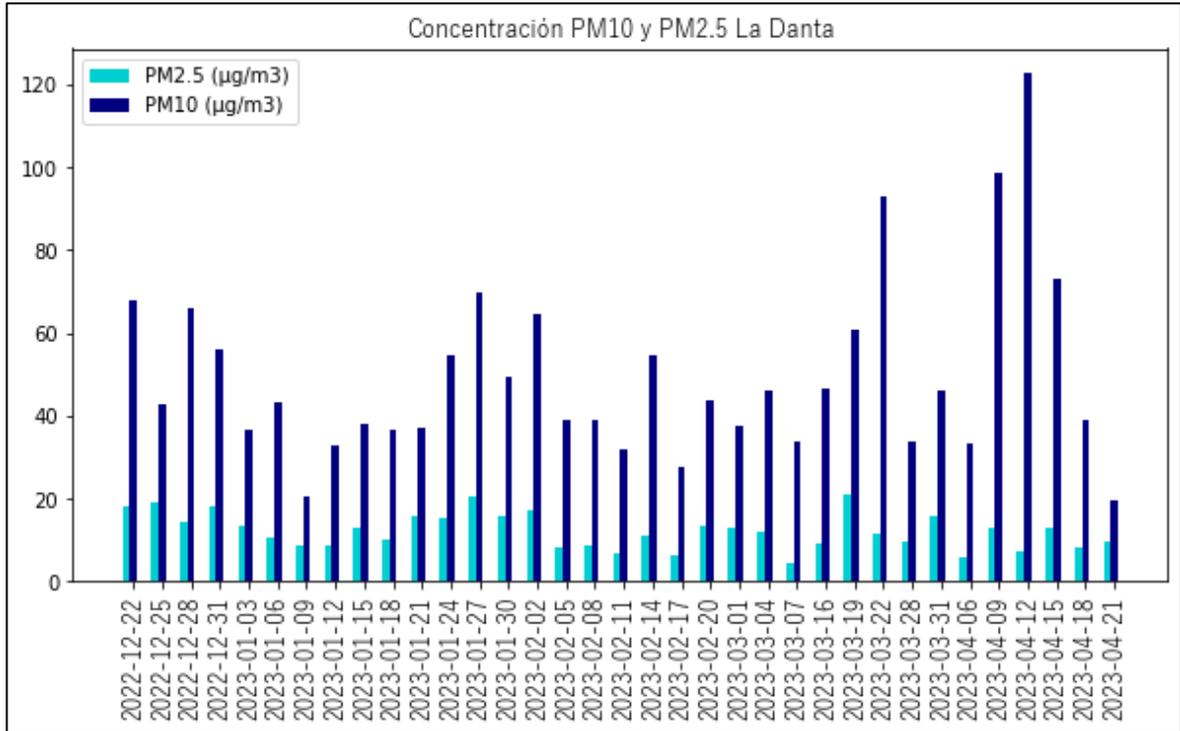
En la Gráfica 23 se observa la relación entre PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> en el punto de monitoreo de Jerusalén se resalta que, en promedio, de la fracción total de PM<sub>10</sub> el 41,5% corresponde a PM<sub>2,5</sub>.



Gráfica 23. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>, Jerusalén.

### 7.3.2 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, LA DANTA.

En la Gráfica 24. **Variación diaria de la concentración de PM10 y PM2,5**, se observa la relación entre PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> en el punto de monitoreo de La Danta se evidencia que, en promedio, de la fracción total de PM<sub>10</sub>, el 27,2% corresponde a PM<sub>2,5</sub>.

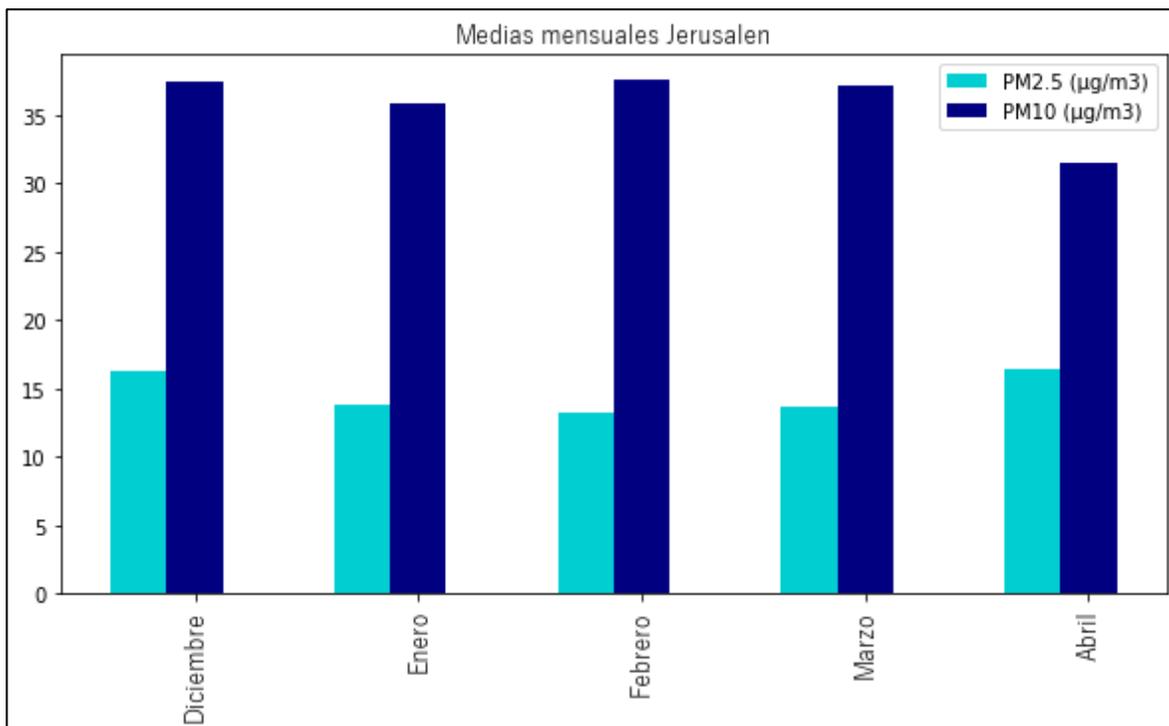


Gráfica 24. Variación diaria de la concentración de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>, La Danta.

## 7.4 MEDIAS MENSUALES DE PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS – PM<sub>10</sub> Y PARTÍCULAS MENORES A 2,5 MICRAS – PM<sub>2,5</sub>

### 7.4.1 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, JERUSALÉN

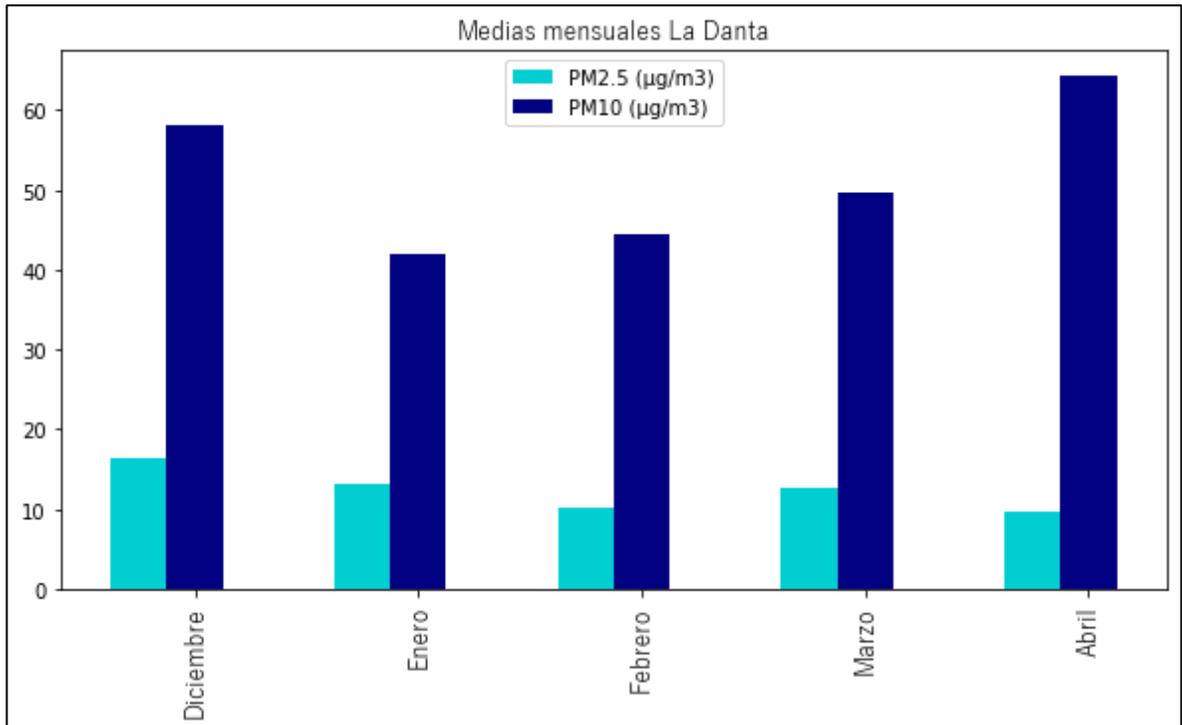
En la Gráfica 25. **Medias mensuales de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>, Jerusalén.** se observa las medias mensuales de los contaminantes PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> en el punto de monitoreo de Jerusalén, se evidencia que para el contaminante PM<sub>10</sub>, el mes de febrero presenta la mayor media mensual y el mes abril presenta la menor media mensual. Por otro lado, para el PM<sub>2,5</sub> abril es el mes con mayor media mensual y el mes de febrero muestra la menor media mensual.



Gráfica 25. Medias mensuales de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>, Jerusalén.

#### 7.4.2 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, LA DANTA.

En la Gráfica 26. **Medias mensuales de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>**, se observa las medias mensuales de los contaminantes PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> en el punto de monitoreo La Danta, se evidencia que, para el PM<sub>10</sub> el mes de abril es la mayor media mensual y el mes de enero la menor media mensual. Por otro lado, para el PM<sub>2,5</sub> el mes de diciembre presenta la mayor media y el mes de abril la menor media mensual.

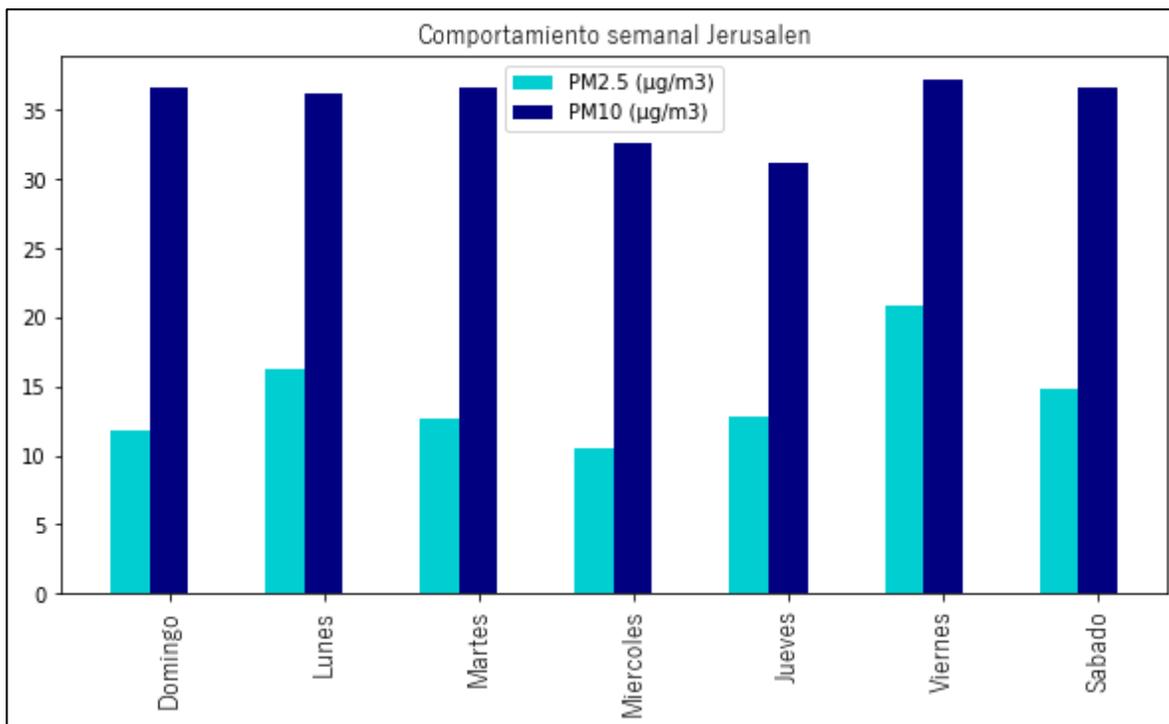


Gráfica 26. Medias mensuales de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>, La Danta

## 7.5 COMPORTAMIENTO SEMANAL DE PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRAS – PM<sub>10</sub> Y PARTÍCULAS MENORES A 2,5 MICRAS – PM<sub>2,5</sub>

### 7.5.1 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, JERUSALEN

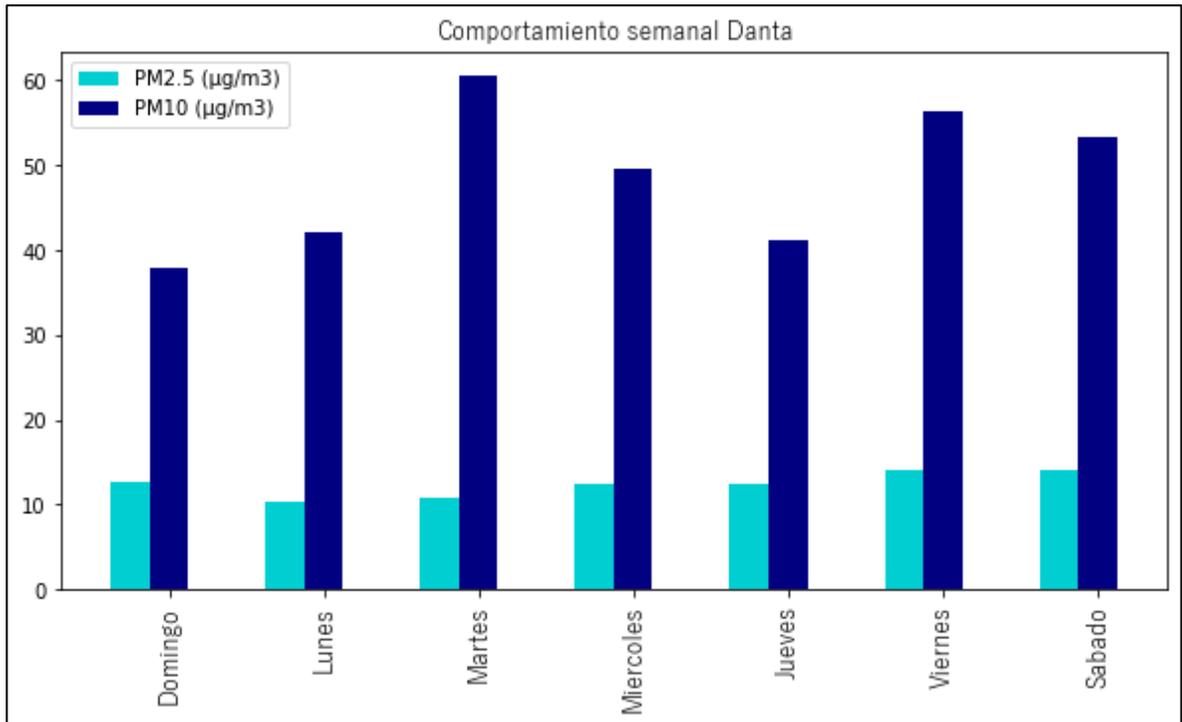
En la Gráfica 27. **Comportamiento semanal de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>, Jerusalén.** se observa el comportamiento semanal de los contaminantes PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> en el punto de monitoreo de Jerusalén, se observa que el día donde más se presenta aumento en las concentraciones de los dos contaminantes es el viernes. Adicionalmente, para el PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> el jueves y el miércoles son los días donde menos concentración del contaminante se presenta respectivamente.



Gráfica 27. Comportamiento semanal de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>, Jerusalén.

### 7.5.2 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, LA DANTA

En la Gráfica 28. **Comportamiento semanal de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>**, se observa el comportamiento semanal de los contaminantes PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> en el punto de monitoreo La Danta, se muestra que el día donde más se presenta aumento en las concentraciones de los contaminantes PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> son el martes y sábado respectivamente. Por otro lado, los domingos y lunes son los días donde los contaminantes PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> presentan los menores valores durante la semana respectivamente.



Gráfica 28. Comportamiento semanal de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>, La Danta.

## 8 INDICE DE CALIDAD DE AIRE – ICA

El índice de calidad de aire (ICA) representa una herramienta para interpretación del estado en que se encuentra calidad del aire en un tiempo de exposición específico. El comportamiento de éste se caracteriza por su relación directa con los niveles de concentración del contaminante y los efectos que podrían ser causados sobre la salud de la población. Este indicador fue desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos U.S. EPA, y actualmente se rige en Colombia por la Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017.

El indicador es un valor adimensional ubicado en una escala de 0 a 500, la cual se encuentra dividida por categorías de acuerdo con el grado de contaminación del aire. Este indicador está relacionado con la afectación que tiene la contaminación del aire sobre la salud humana.

El cálculo del ICA se realiza a partir de la aplicación de la siguiente fórmula:

$$ICA = \frac{I_{sup} - I_{inf}}{PQ_{sup} - PQ_{inf}} (Cp - PQ_{inf}) + I_{inf}$$

Donde,

ICA: Índice de calidad del aire

Cp: Concentración del contaminante crítico.

PQsup: Punto de quiebre mayor o igual a Cp.

PQinf: Punto de quiebre menor o igual a Cp.

I<sub>sup</sub>: Valor del ICA correspondiente al PQsup.

I<sub>inf</sub>: Valor del ICA correspondiente al PQinf.

Tabla 15. Puntos de corte ICA

O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 1 Hora <sup>1</sup>	O <sub>3</sub> * (µg/m <sup>3</sup> ) 8 horas	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 24 Horas	PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 24 Horas	CO (µg/m <sup>3</sup> ) 8 Horas	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 1 Hora	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) 1 Hora	RANGO ICA
--	0 - 106	0 - 54	0-12	0 - 5094	0 - 93	0-100	0-50
--	107 - 138	55 - 154	13 - 37	5095 - 10819	94 - 197	101 - 189	51-100
245 - 323	139 - 167	155 - 254	38 - 55	10820 - 14254	198 - 486	190 - 677	101-150
324 - 401	168 - 207	255 - 354	56 - 150	14255 - 17688	487 - 797	678 - 1221	151-200
402 - 794	208 - 393	355 - 424	151 - 250	17689 - 34862	798 - 1583	1222 - 2349	201-300
795 - 1185	394	425 - 604	251 - 500	34863 - 57703	1584 - 2629	2350 - 3853	301-500

La Tabla 16. Categorías del Índice de Calidad del Aire. presenta la categorización de los valores del Índice de Calidad del Aire:

Tabla 16. Categorías del Índice de Calidad del Aire.

Categorías ICA	Valor Numérico ICA	Significado
<b>Peligrosa</b>	<b>&gt; 300</b>	Es muy probable que la población entera sea afectada y se deben presentar advertencias en la salud por condiciones de emergencia.
<b>Muy Insalubre</b>	<b>201 - 300</b>	En este nivel se debe usar una alarma para prevenir efectos en salud de toda la población, pues todos pueden presentar problemas serios.
<b>Dañina a la salud grupos</b>	<b>151 - 200</b>	Representa un mensaje de advertencia para la población en general y puede generar efectos serios en la salud para grupos sensibles.
<b>Dañina a la salud para grupos sensibles</b>	<b>101 - 150</b>	Representa un mensaje de advertencia para miembros de grupos sensibles. Esto significa que es muy probable que sean afectados por niveles más bajos de contaminación. Por ejemplo, la población con enfermedades del pulmón está en mayor riesgo si se expone al ozono, mientras que las personas con enfermedades de pulmón o con enfermedades cardíacas están en mayor riesgo cuando son expuestas a la contaminación de partículas.
<b>Aceptable</b>	<b>51 - 100</b>	Transmite un mensaje de que la calidad del aire diaria es aceptable desde el punto de vista de salud pública, sin embargo, pueden presentarse síntomas respiratorios en grupos poblacionales sensibles
<b>Buena</b>	<b>0 - 50</b>	Transmite un mensaje positivo acerca de la calidad del aire. La calidad del aire se considera satisfactoria, y la contaminación atmosférica plantea bajo riesgo para la salud de la población.

## 8.1 INDICE DE CALIDAD DE AIRE – MATERIAL PARTICULADO MENOR A 2,5 MICRAS – PM<sub>2,5</sub>

### 8.1.1 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, JERUSALÉN

La Tabla 17. Índice de Calidad del Aire para PM<sub>2,5</sub>, presenta el índice de calidad del aire obtenido para el material particulado menor a 2,5 micras – PM<sub>2,5</sub>, donde se presentó una calidad de aire “Buena” el 40,0% de los días monitoreados se obtuvo un ICA en categoría “Buena” y el 60,0% de los días monitoreados se obtuvo un ICA en categoría “Aceptable”.

**Tabla 17. Índice de Calidad del Aire para PM<sub>2,5</sub>, Jerusalén.**

Fecha	PM <sub>2,5</sub>		
	Concentración	Valor ICA	Clasificación
2022-12-19	14,7	54	Aceptable
2022-12-22	18,3	62	Aceptable
2022-12-25	19,8	65	Aceptable
2022-12-28	12,5	50	Buena
2022-12-31			
2023-01-3	11,6	48	Buena
2023-01-6	14,5	54	Aceptable
2023-01-9			
2023-01-12	5,1	21	Buena
2023-01-15	12,9	51	Aceptable
2023-01-18	13,4	52	Aceptable
2023-01-21	17,1	59	Aceptable
2023-01-24	17,6	60	Aceptable
2023-01-27			
2023-01-30	18,7	63	Aceptable
2023-02-2			
2023-02-5	19,0	63	Aceptable
2023-02-8	13,7	52	Aceptable

Fecha	PM <sub>2,5</sub>		
	Concentración	Valor ICA	Clasificación
2023-02-11			
2023-02-14	11,0	46	Buena
2023-02-17	7,4	31	Buena
2023-02-20	12,4	50	Buena
2023-02-23			
2023-02-26	15,4	56	Aceptable
2023-03-1	11,7	49	Buena
2023-03-4	13,0	51	Aceptable
2023-03-7	7,3	30	Buena
2023-03-10			
2023-03-13	8,3	35	Buena
2023-03-16	6,2	26	Buena
2023-03-19	6,3	26	Buena
2023-03-22	7,9	33	Buena
2023-03-25	35,4	97	Aceptable
2023-03-28	28,9	83	Aceptable
2023-03-31	11,9	49	Buena
2023-04-3	14,5	54	Aceptable
2023-04-6	12,7	50	Buena
2023-04-9	15,3	56	Aceptable
2023-04-12	16,4	58	Aceptable
2023-04-15	18,0	61	Aceptable
2023-04-18	21,2	68	Aceptable
2023-04-21	17,2	60	Aceptable

### 8.1.2 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, LA DANTA.

La Tabla 18. Índice de Calidad del Aire para PM<sub>2,5</sub>, presenta el índice de calidad del aire obtenido para el contaminante PM<sub>2,5</sub>, el cual presentó una calidad de aire “Buena” durante el 55,0% del tiempo de estudio (20 de 40 datos válidos) y “Aceptable” durante el 45,0% del tiempo de estudio (18 de 40 datos válidos).

Tabla 18. Índice de Calidad del Aire para PM<sub>2,5</sub>, La Danta.

Fecha	PM <sub>2,5</sub>		
	Concentración	Valor ICA	Clasificación
2022-12-19	12,4	50	Buena
2022-12-22	18,1	61	Aceptable
2022-12-25	19,1	64	Aceptable
2022-12-28	14,6	54	Aceptable
2022-12-31	17,9	61	Aceptable
2023-01-3	13,6	52	Aceptable
2023-01-6	10,6	44	Buena
2023-01-9	8,8	37	Buena
2023-01-12	8,6	36	Buena
2023-01-15	12,8	51	Aceptable
2023-01-18	10,1	42	Buena
2023-01-21	15,6	56	Aceptable
2023-01-24	15,2	56	Aceptable
2023-01-27	20,3	66	Aceptable
2023-01-30	15,6	56	Aceptable
2023-02-2	17,1	59	Aceptable
2023-02-5	8,2	34	Buena
2023-02-8	8,5	35	Buena
2023-02-11	6,9	29	Buena
2023-02-14	10,8	45	Buena
2023-02-17	6,3	26	Buena
2023-02-20	13,6	52	Aceptable
2023-02-23			
2023-02-26	11,0	46	Buena
2023-03-1	13,0	51	Aceptable
2023-03-4	12,1	49	Buena
2023-03-7	4,5	19	Buena
2023-03-10			
2023-03-13	11,1	46	Buena
2023-03-16	9,2	38	Buena

Laboratorio del Grupo de Ingeniería y Gestión Ambiental - LABGIGA

Dirección: Calle 67 No. 53 – 108, bloque 20, oficina 345 ▪ Dirección de correspondencia: Calle 70 No. 52 - 21

Teléfono: [57+4] 219 5592 ▪ Correo electrónico: [laboratoriogiga@udea.edu.co](mailto:laboratoriogiga@udea.edu.co) ▪ Medellín - Colombia

Fecha	PM <sub>2,5</sub>		
	Concentración	Valor ICA	Clasificación
2023-03-19	21,1	68	Aceptable
2023-03-22	11,7	49	Buena
2023-03-25	18,8	63	Aceptable
2023-03-28	9,5	40	Buena
2023-03-31	15,7	57	Aceptable
2023-04-3	11,1	46	Buena
2023-04-6	5,9	25	Buena
2023-04-9	12,9	51	Aceptable
2023-04-12	7,3	30	Buena
2023-04-15	13,1	51	Aceptable
2023-04-18	8,4	35	Buena
2023-04-21	9,5	40	Buena

## 8.2 INDICE DE CALIDAD DE AIRE – MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS – PM<sub>10</sub>

### 8.2.1 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, JERUSALÉN.

La Tabla 19. Índice de Calidad del Aire para PM<sub>10</sub>, presenta el índice de calidad del aire obtenido para el material particulado menor a 10 micras – PM<sub>10</sub>, donde se presentó una calidad de aire “Buena” el 100% del tiempo de monitoreo.

**Tabla 19. Índice de Calidad del Aire para PM<sub>10</sub>, Jerusalén.**

Fecha	PM <sub>10</sub>		
	Concentración	Valor ICA	Clasificación
2022-12-19			
2022-12-22	38,7	35	Buena
2022-12-25	31,5	29	Buena
2022-12-28	34,9	32	Buena
2022-12-31	44,5	41	Buena
2023-01-03	28,8	26	Buena
2023-01-06	40,6	37	Buena

Laboratorio del Grupo de Ingeniería y Gestión Ambiental - LABGIGA

Dirección: Calle 67 No. 53 – 108, bloque 20, oficina 345 ▪ Dirección de correspondencia: Calle 70 No. 52 - 21

Teléfono: [57+4] 219 5592 ▪ Correo electrónico: [laboratorigi@udea.edu.co](mailto:laboratorigi@udea.edu.co) ▪ Medellín - Colombia

Fecha	PM <sub>10</sub>		
	Concentración	Valor ICA	Clasificación
2023-01-09			
2023-01-12	30,5	28	Buena
2023-01-15	37,7	34	Buena
2023-01-18	28,8	26	Buena
2023-01-21	36,1	33	Buena
2023-01-24	41,7	38	Buena
2023-01-27	42,6	39	Buena
2023-01-30			
2023-02-02	35,5	32	Buena
2023-02-05	36,4	33	Buena
2023-02-08	37,0	34	Buena
2023-02-11			
2023-02-14	39,3	36	Buena
2023-02-17	28,4	26	Buena
2023-02-20	42,8	39	Buena
2023-02-23			
2023-02-26	43,4	40	Buena
2023-03-01	33,9	31	Buena
2023-03-04	28,7	26	Buena
2023-03-07	36,9	34	Buena
2023-03-10			
2023-03-13	31,9	29	Buena
2023-03-16	37,0	34	Buena
2023-03-19	39,2	36	Buena
2023-03-22	55,0	50	Buena
2023-03-25	46,3	42	Buena
2023-03-28	30,6	28	Buena
2023-03-31	31,6	29	Buena
2023-04-03	34,9	32	Buena
2023-04-06	23,9	22	Buena
2023-04-09	31,1	28	Buena
2023-04-12	30,2	27	Buena

Fecha	PM <sub>10</sub>		
	Concentración	Valor ICA	Clasificación
2023-04-15	37,2	34	Buena
2023-04-18	39,5	36	Buena
2023-04-21	24,0	22	Buena

### 8.2.2 ESTACIÓN DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE, LA DANTA.

La Tabla 20. Índice de Calidad del Aire para PM<sub>10</sub>, presenta el índice de calidad del aire obtenido para el contaminante PM<sub>10</sub>, el cual presentó una calidad de aire “Aceptable” durante el 27,8% del tiempo de estudio (10 de 36 datos válidos) y “Buena” durante el 72,2% del tiempo de estudio (26 de 36 datos válidos).

**Tabla 20. Índice de Calidad del Aire para PM<sub>10</sub>, La Danta.**

Fecha	PM <sub>10</sub>		
	Concentración	Valor ICA	Clasificación
2022-12-19			
2022-12-22	67,7	57,0	Aceptable
2022-12-25	42,6	39,0	Buena
2022-12-28	66,0	56,0	Aceptable
2022-12-31	56,2	51,0	Aceptable
2023-01-3	36,8	34,0	Buena
2023-01-6	43,2	39,0	Buena
2023-01-9	20,4	18,0	Buena
2023-01-12	33,0	30,0	Buena
2023-01-15	38,1	35,0	Buena
2023-01-18	36,4	33,0	Buena
2023-01-21	37,1	34,0	Buena
2023-01-24	54,6	50,0	Buena
2023-01-27	69,5	58,0	Aceptable
2023-01-30	49,3	45,0	Buena
2023-02-2	64,3	55,0	Aceptable
2023-02-5	39,2	36,0	Buena

Fecha	PM <sub>10</sub>		
	Concentración	Valor ICA	Clasificación
2023-02-8	38,9	35,0	Buena
2023-02-11	32,0	29,0	Buena
2023-02-14	54,7	50,0	Buena
2023-02-17	27,8	25,0	Buena
2023-02-20	43,6	40,0	Buena
2023-02-23			
2023-02-26	54,9	50,0	Buena
2023-03-1	37,7	34,0	Buena
2023-03-4	46,1	42,0	Buena
2023-03-7	33,9	31,0	Buena
2023-03-10			
2023-03-13			
2023-03-16	46,5	43,0	Buena
2023-03-19	60,8	53,0	Aceptable
2023-03-22	92,9	69,0	Aceptable
2023-03-25			
2023-03-28	33,5	31,0	Buena
2023-03-31	46,3	42,0	Buena
2023-04-3			
2023-04-6	33,2	30,0	Buena
2023-04-9	98,8	72,0	Aceptable
2023-04-12	122,5	84,0	Aceptable
2023-04-15	72,9	59,0	Aceptable
2023-04-18	38,7	35,0	Buena
2023-04-21	19,4	17,0	Buena

## 9 CONCLUSIONES

- Las concentraciones de partículas menores a 2,5 micras ( $PM_{2,5}$ ) de las estaciones ubicadas en el SVCA Zona Calera, son menores al nivel máximo permisible diario establecido en la normativa colombiana para este tipo de contaminantes (Resolución 2254 de 2017 del MADS), lo que quiere decir que no se presentaron excedencias para este contaminante criterio.
- Las concentraciones de partículas menores a 10 micras ( $PM_{10}$ ) de la estación ubicada en Sonsón corregimiento de Jerusalén, son menores al nivel máximo permisible diario establecido en la normativa colombiana para este tipo de contaminantes (Resolución 2254 de 2017 del MADS), lo que quiere decir que no se presentaron excedencias para este contaminante criterio.
- Las concentraciones de partículas menores a 10 micras ( $PM_{10}$ ) de la estación ubicada en Sonsón corregimiento de La Danta, en su mayoría son menores al nivel máximo permisible diario establecido en la normativa colombiana para este tipo de contaminantes (Resolución 2254 de 2017 del MADS), sin embargo, en esta estación se presentando tres días mayores al nivel máximo permisible, lo que quiere decir que hubo tres excedencias para este contaminante criterio (los días), los días 22 de marzo, 09 y 12 de abril de 2023 con unas concentraciones de  $92,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $98,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $122,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente
- El Índice de Calidad del Aire (ICA) para  $PM_{2,5}$  en Jerusalén indicó que, durante los días muestreados, el 60% del tiempo, se presentó un ICA categorizado en “Aceptable”, el cual indica que personas especialmente sensibles, pueden presentar síntomas respiratorios ante la exposición a los contaminantes. Por otro lado, el 40% del tiempo restante se clasificó en categoría “Buena”, el cual es representativo de que la contaminación atmosférica representó un riesgo bajo o nulo para la salud.

- El Índice de Calidad del Aire (ICA) para  $PM_{2,5}$  en La Danta indicó que, durante los días muestreados, el 45% del tiempo, se presentó un ICA categorizado en “Aceptable”, el cual indica que personas especialmente sensibles, pueden presentar síntomas respiratorios ante la exposición a los contaminantes. Por otro lado, el 55% restante se clasificó en categoría “Buena”, el cual es representativo de que la contaminación atmosférica representó un riesgo bajo o nulo para la salud.
- El Índice de Calidad del Aire (ICA) para  $PM_{10}$  en el punto de monitoreo de Jerusalén indicó que, durante la totalidad del tiempo, se presentó un ICA categorizado en “Buena”, el cual es representativo de que la contaminación atmosférica representó un riesgo bajo o nulo para la salud.
- El Índice de Calidad del Aire (ICA) para  $PM_{10}$  en el punto de monitoreo de La Danta indicó que, durante el 72,2% los días muestreados, se presentó un ICA categorizado en “Bueno”, el cual es representativo de que la contaminación atmosférica representó un riesgo bajo o nulo para la salud. Por otro lado, el 27,8% del tiempo restante se presentó un ICA “Aceptable”, el cual indica que personas especialmente sensibles, pueden presentar síntomas respiratorios ante la exposición a los contaminantes.
- En la estación ubicada en Jerusalén se puede notar tres picos en las concentraciones de  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$ . El primer pico se presenta del 19 al 31 de diciembre de 2022, este aumento puede estar relacionado con las actividades y celebraciones decembrinas, así como una mayor circulación de vehículos y afluencia de visitantes. El segundo pico (se incluye también el contaminante  $PM_{10}$ ), se presenta a finales de enero e inicios de febrero, el cual puede estar relacionado con el aumento de incendios forestales debido a las altas temperaturas y baja presencia de precipitaciones. El tercero, y el más notorio se da en el mes de marzo y este se relaciona a condiciones generales del lugar de monitoreo.

- En la estación de La Danta se notan tres picos predominantes en las concentraciones de ambos contaminantes. El primer pico se evidencia en temporada de fiestas decembrinas (19 y 31 de diciembre de 2023). El segundo pico se presenta a finales de enero y va hasta el principio de febrero, donde puede estar relacionado con el aumento de incendios forestales debido a las altas temperaturas y baja presencia de precipitaciones. El último pico se da entre finales de marzo y el mes de abril, este aumento en las concentraciones se relaciona a condiciones ambientales de la zona de monitoreo.
- En las estaciones ubicadas en el SVCA Zona Calera, se evidencia que las velocidades de los vientos presentan magnitudes bajas y altos valores en los vientos denominados Calmas (superan el 50%), por lo tanto, se dificulta la influencia de esta variable meteorológica en la dispersión de contaminantes.
- La variable meteorológica de precipitación en las estaciones ubicadas en el SVCA Zona Calera, evidencia un aporte en la dispersión de contaminantes los días que se presentaron eventos de precipitación abundante.

## 10 RESPONSABILIDAD

Aprueba

OLGA CELILIA BERRÍO ÁLVAREZ

Director técnico LABGIGA

Química

Tarjeta profesional PQ-2439

Autoriza

DAVID AGUIAR GIL

Coordinador LABGIGA

Ingeniero Sanitario

Tarjeta profesional 05237-164753 ANT

*Este documento se ha enviado con protecciones de modificación y sólo podrá ser alterado o modificado por el LABGIGA,*

El LABGIGA no se hace responsable por la información que sea suministrada por el cliente para la elaboración de este informe. Los resultados de este informe son válidos únicamente para las muestras tomadas por el LABGIGA, son de carácter confidencial y de propiedad del cliente. El Laboratorio no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de estos resultados.

Este informe no debe reproducirse sin la aprobación del laboratorio, excepto en su totalidad.

*Laboratorio acreditado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM- para producir información cuantitativa, física y química para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, según Resolución No. 0651 del 02 de julio de 2021 en las matrices agua, calidad del aire y ruido.*

## 11 NOTAS DE CAMBIO

N°	BREVE DESCRIPCIÓN DEL CAMBIO	FECHA aaaa-mm-dd
01	No aplica para la primera versión	2023-05-15

## 12 BIBLIOGRAFÍA

- ENVIRONMENTAL PROTECCIÓN AGENCY. Guideline for reporting of daily air quality – Air Quality Index. Office of Air Quality Planning and Standards. 2006.
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Protocolo para la vigilancia y seguimiento del módulo aire del sistema de información ambiental. Bogotá, 2005.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Protocolo para el muestreo y seguimiento de la calidad del aire. Manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire. Bogotá, 2010.
- COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Decreto 948 (5 de junio de 1995). Por el cual se reglamentan parcialmente, la Ley 23 de 1973; los artículos 33, 73, 74, 75 y 76 del Decreto-Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, en

relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire.

- COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2254 (01 de noviembre de 2017). Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones.

Los Anexos 1, 2, 3, 4, 5 y 6 hacen parte del informe técnico.

Fin del Informe Técnico

## ANEXOS

## ANEXO 1. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

## ANEXO 2. RESOLUCIÓN DE ACREDITACIÓN LABGIGA

### ANEXO 3. RESOLUCIÓN ACREDITACIÓN LABORATORIOS SUBCONTRATADOS

#### ANEXO 4. RESULTADOS LABORATORIO

## ANEXO 5. REPORTES A SISAIRE

## ANEXO 6. BASES DE DATOS