



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**
Facultad de Ingeniería

LABORATORIO
GIGA



INFORME TÉCNICO DE CARACTERIZACIÓN DE FILTROS DE MATERIAL PARTICULADO 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

2023-06-14

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	6
2	OBJETIVOS	7
2.1	OBJETIVO GENERAL.....	7
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
3	INFORMACIÓN GENERAL DEL CLIENTE	8
4	NORMATIVA COLOMBIANA VIGENTE	9
4.1	RESOLUCIÓN 2254 DEL 2017	9
5	METODOLOGIA	10
5.1	PUNTOS DE MONITOREO	10
5.1.1	<i>DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO</i>	11
5.2	MÉTODO	14
5.3	PARÁMETROS EVALUADOS EN LA CARACTERIZACIÓN	14
5.4	EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA TOMA DE MUESTRA.....	16
6	RESULTADOS	17
6.1	ESPECIES QUÍMICAS DETERMINADAS EN LOS PUNTOS DE MONITOREO ..	17
6.1.1	<i>CARACTERIZACIÓN QUÍMICA PM 10 CORREGIMIENTO JERUSALÉN</i>	17
6.1.2	<i>CARACTERIZACIÓN QUÍMICA PM 10 CORREGIMIENTO LA DANTA</i>	18
7	OPINIONES E INTERPRETACIONES/DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD	19
7.1	CORREGIMIENTO JERUSALÉN	20
7.1.1	<i>ESPECIES METÁLICAS, JERUSALÉN</i>	20
7.1.2	<i>IONES, JERUSALÉN</i>	21
7.1.3	<i>CONCENTRACIÓN MEDIA DE LOS ANALITOS, CORREGIMIENTO JERUSALÉN</i>	22
7.2	CORREGIMIENTO LA DANTA	22
7.2.1	<i>ESPECIES METÁLICAS, LA DANTA</i>	23
7.2.2	<i>COMPUESTOS IÓNICOS, LA DANTA</i>	24

7.2.3	CONCENTRACIÓN MEDIA DE LOS ANALITOS.....	24
8	INDICE DE CALIDAD DE AIRE – ICA.....	26
9	CONCLUSIONES.....	26
10	RESPONSABILIDAD.....	28
11	NOTAS DE CAMBIO.....	29
12	BIBLIOGRAFÍA.....	30
	ANEXO 1. RESOLUCIÓN DE ACREDITACIÓN LABGIGA.....	32
	ANEXO 2. RESOLUCIÓN ACREDITACIÓN LABORATORIOS SUBCONTRATADOS.....	33
	ANEXO 3. RESULTADOS DE LABORATORIO.....	34

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Niveles máximos permisibles de contaminantes criterio en el aire.....	9
Tabla 2 .	Ubicación puntos de monitoreo.....	10
Tabla 3.	Parámetros a evaluar en los puntos de Jerusalén y La Danta.....	15
Tabla 4.	Equipos utilizados para el monitoreo.....	16
Tabla 5.	Concentraciones de iones y metales ($\mu\text{g}/\text{filtro}$), Jerusalen.....	17
Tabla 6.	Concentraciones de iones y metales ($\mu\text{g}/\text{filtro}$), La Danta.	18

LISTA DE IMÁGENES O FOTOS

Imagen 1. Ubicación punto de monitoreo Jerusalén. Fuente: Google Earth.....	12
Imagen 2. Punto de monitoreo, Jerusalén.....	12
Imagen 3. Ubicación punto de monitoreo, La Danta. Fuente: Google Earth	13
Imagen 4. Punto de monitoreo, La Danta.....	14

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfica 1. Metales encontrados en el PM ₁₀ , Jerusalen	20
Gráfica 2. Iones encontrados en el PM ₁₀ , Jerusalen	21
Gráfica 3. Concentración media de los analitos, Jerusalén	22
Gráfica 4. Metales encontrados en el PM ₁₀ , La Danta.....	24
Gráfica 5. Iones encontrados en el PM ₁₀ , La Danta	24
Gráfica 6. Concentración media de los analitos, La Danta	26

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.

La toma de muestra de material particulado en los puntos de monitoreo se llevó a cabo entre el 19 de diciembre de 2022 y el 21 de abril de 2023 con una frecuencia de tres (03) días.

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 composición química del material particulado presente en el aire ambiente, en cuatro (4) puntos de monitoreo en la subregión Valles de San Nicolás y la subregión Bosques.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la presencia de iones y compuestos metálicos en el material particulado PM_{10} recolectado en 5 muestras procedentes dos puntos de monitoreo en la subregión Bosques, SVCA Calera.
- Analizar la composición química encontrada en el material particulado y su relación con las condiciones propias de la subregión y de la zona de monitoreo.

3 INFORMACIÓN GENERAL DEL CLIENTE

Nombre ó Razón Social	CORNARE; Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare
NIT	890.985.138-3
Persona de contacto de la empresa	Juan Fernando Zapata
Cargo	Supervisor convenio 374-2022
Teléfono	6045461616 Ext 271
Correo electrónico	jzapata@cornare.gov.co
Dirección de la empresa	Carrera 59 Número 44-48, Kilometro 54
Municipio/Departamento	El Santuario, Antioquia
Código CIU	8413
Actividad principal de la empresa	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 ₁₀	µg/m ³	50	Anual
		100	24 horas
PM _{2,5}	µg/m ³	25	Anual
		50	24 horas
SO ₂	µg/m ³	50	24 horas
		100	1 hora
NO ₂	µg/m ³	60	Anual
		200	1 hora
O ₃	µg/m ³	100	8 horas
CO	µg/m ³	5000	8 horas

Contaminante	Unidad	Límite máximo permisible Resolución 2254 del 2017	Tiempo de exposición
		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 PM₁₀ y PM_{2,5} para un tiempo de exposición 24 horas serán de 75 µg/m³ y 37 µg/m³ 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	2022-12-19 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	La Danta	05° 50'17.00''	74° 49'41.90''	378

Código sitio de monitoreo	Fecha o periodo de monitoreo	Descripción sitio de monitoreo	Coordenadas Geográficas*		Altitud (msnm)
			Latitud	Longitud	
	2023-04-21	corregimiento del municipio de Sonsón	N	W	

*Las coordenadas están dadas en grados, minutos y segundos

5.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO

Jerusalén: Se seleccionaron cinco (5) muestras de PM₁₀ recolectadas en el corregimiento Jerusalén, municipio de Sonsón, donde el punto de muestreo se ubicó en la terraza (segundo piso) de una vivienda ubicada en la parte central de la vía principal, aproximadamente a 1.30 kilómetros de la autopista Medellín-Bogotá.

El corregimiento se encuentra en zona de influencia de minas de extracción de materia prima para cementeras y plantas de procesamiento de cementos. 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



a. Estación de monitoreo



b. Procedimiento de cambio de filtros

Imagen 2. Punto de monitoreo, Jerusalén.

La Danta: Se seleccionaron cinco (5) muestras de PM_{10} recolectadas en el corregimiento de La Danta – municipio de Sonsón, donde el punto de monitoreo se ubicó 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

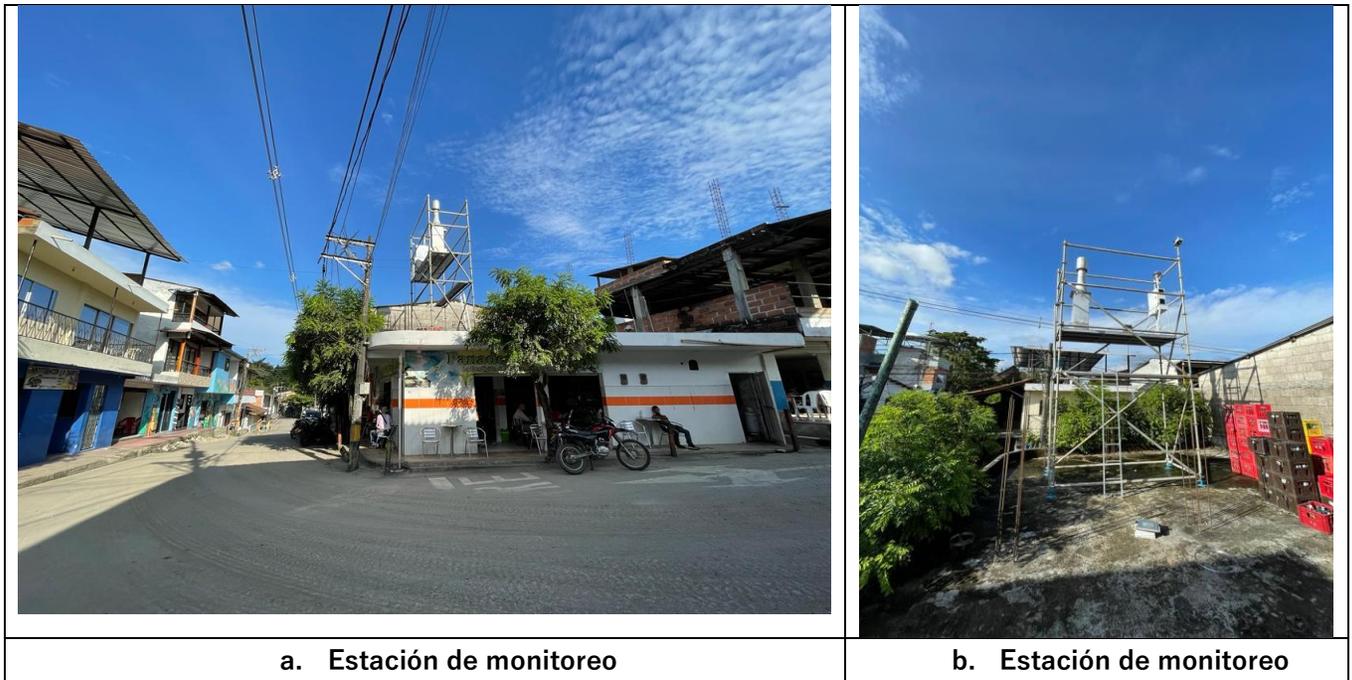


Imagen 4. Punto de monitoreo, La Danta.

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. Los métodos analíticos usados para la cuantificación de especies químicas en el material particulado son normalizados o propios de los laboratorios subcontratados, y se mencionan en la Tabla 3.

5.3 PARÁMETROS EVALUADOS EN LA CARACTERIZACIÓN

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. Parámetros a

evaluar en los puntos de Jerusalén y La Danta. se especifican los parámetros evaluados y el método de análisis correspondiente.

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

Parámetro	Método
Aluminio Total ¹	US-EAA-Llama (U.S. EPA 1999 Method IO-3.1, Method IO-3.2. EPA/625/R-96010a)
Cadmio Total* ¹	
Cromo Total* ¹	
Níquel Total* ¹	
Zinc Total* ¹	
Manganeso Total* ¹	
Plomo Total* ¹	
Cobre Total* ¹	
Hierro Total* ¹	
Sodio Total ¹	
Litio Total ¹	
Potasio Total ¹	
Calcio Total ¹	
Magnesio Total ¹	
Fluoruros ¹	Cromatografía Iónica (Código I-AL-060, Versión 01 Método Propio)
Cloruros ¹	
Nitratos ¹	
Nitritos ¹	
Fosfatos ¹	
Sulfatos ¹	
Amonio ²	Cromatografía Iónica (ASTM D6919-17)

**Parámetro acreditado*

¹ 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)

² Acuazul Ltda

5.4 EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA TOMA DE MUESTRA

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
Muestreador de alto volumen (Wedding and Associates)	SN 094096210 6U	PM ₁₀	US-EPA CFR Título 40, Parte 50, Capítulo I. Subcapítulo C, Apéndice J. Alto Volumen. Método de referencia manual: RFPS-0202-141	La Danta
Muestreador de alto volumen (Wedding and Associates)	SN 094096208 1U	PM ₁₀	US-EPA CFR Título 40, Parte 50, Capítulo I. Subcapítulo C, Apéndice J. Alto Volumen. Método de referencia manual: RFPS-0202-141	Jerusalén

6 RESULTADOS

De la Tabla 5. Concentraciones de iones y metales ($\mu\text{g}/\text{filtro}$), Jerusalen. a la Tabla 6. Concentraciones de iones y metales ($\mu\text{g}/\text{filtro}$), La Danta., se presentan las concentraciones promedio diarias de partículas menores a 2,5 micras – $\text{PM}_{2,5}$ y partículas menores a 10 micras – PM_{10} , 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 ESPECIES QUÍMICAS DETERMINADAS EN LOS PUNTOS DE MONITOREO

6.1.1 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA PM 10 CORREGIMIENTO JERUSALÉN

En la estación ubicada en el corregimiento de Jerusalén del municipio de Sonsón, se seleccionaron cinco (5) filtros de PM_{10} para ser caracterizados, estos corresponden a las muestras recolectadas el 25 y 31 de diciembre de 2022, el 26 de febrero, 22 y 28 de marzo de 2023. Los resultados encontrados se expresan a continuación en la tabla 5

Tabla 5. Concentraciones de iones y metales ($\mu\text{g}/\text{filtro}$), Jerusalen.

Parámetro Expresado en $\mu\text{g}/\text{filtro}$	1421	1434	1537	1574	1586
	2022-12-25	2022-12-31	2023-02-26	2023-03-22	2023-03-28
Fluoruros	<LDM	14,58	<LDM	<LDM	14,346
Cloruros	17,176	96,232	14,962	126,778	52,978
Nitratos	745,2	449,946	1552,896	1275,876	305,712
Nitritos	<LDM	<LDM	<LDM	103,05	<10.000
Fosfatos	0,23	65,516	1603,31	<LDM	<LDM
Sulfatos	6286,734	5735,844	7739,91	7090,182	2638,962

Parámetro Expresado en µg/filtro	1421	1434	1537	1574	1586
	2022-12-25	2022-12-31	2023-02-26	2023-03-22	2023-03-28
Aluminio Total	<LDM	<LDM	<LDM	277,47	230,378
Cadmio Total	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
Cromo Total	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
Níquel Total	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
Zinc Total	36,675	26,438	32,265	37,035	31,725
Manganeso Total	<LDM	<LDM	<LDM	15,053	11,993
Plomo Total	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
Cobre Total	32,31	23,085	<5.000	63,81	53,303
Hierro Total	224,865	370,913	282,78	624,398	546,03
Sodio Total	459,855	456,458	1475,91	846,585	58,635
Litio Total	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
Potasio Total	306,023	328,545	505,035	652,343	279,18
Calcio Total	3362,115	2593,043	3841,455	4871,663	4053,698
Magnesio Total	189,225	20,283	263,205	278,663	187,605
Amonio ¹³	170,37	<LDM	169,2	237,06	<LDM

<LDM: Menor al límite de cuantificación del laboratorio subcontratado para el analito

6.1.2 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA PM 10 CORREGIMIENTO LA DANTA

En la estación ubicada en el corregimiento La Danta del municipio de Sonsón, se seleccionaron cinco (5) filtros de PM₁₀ para ser caracterizados, estos corresponden a las muestras recolectadas el 25 y 31 de diciembre de 2022, el 26 de febrero, 07 y 19 de marzo de 2023. Los resultados encontrados se expresan a continuación en la tabla 6

Tabla 6. Concentraciones de iones y metales (µg/filtro), La Danta.

Parámetro Expresado en µg/filtro	1429	1432	1484	1553	1567
	2022-12-25	2022-12-31	2023-02-26	2023-03-07	2023-03-19
Fluoruros	<LDM	5,148	6,822	7,29	<LDM
Cloruros	58,774	227,686	25,6	85,738	112,126

Parámetro Expresado en µg/filtro	1429	1432	1484	1553	1567
	2022-12-25	2022-12-31	2023-02-26	2023-03-07	2023-03-19
Nitratos	850,5	887,724	1401,138	366,03	1171,548
Nitritos	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	44,424
Fosfatos	<LDM	<LDM	<LDM	1603,31	<LDM
Sulfatos	5728,518	4963,5	7146,918	2536,29	4240,566
Aluminio Total	302,693	396,855	344,723	558,293	652,478
Cadmio Total	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
Cromo Total	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
Níquel Total	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
Zinc Total	31,365	42,66	37,373	26,213	22,568
Manganeso Total	12,218	17,1	14,153	20,498	25,808
Plomo Total	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
Cobre Total	99,765	104,378	76,253	77,648	76,95
Hierro Total	437,468	718,875	559,44	699,345	1445,49
Sodio Total	478,62	428,31	746,82	886,658	542,16
Litio Total	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM	<LDM
Potasio Total	438,705	292,208	560,318	234,158	450,158
Calcio Total	832,508	9975	6755,588	9444,383	7739,31
Magnesio Total	248,693	276,345	268,988	244,08	272,655
Amonio ¹³	329,4	<LDM	308,16	<LDM	143,28

<LDM: Menor al límite de cuantificación del laboratorio subcontratado para el analito

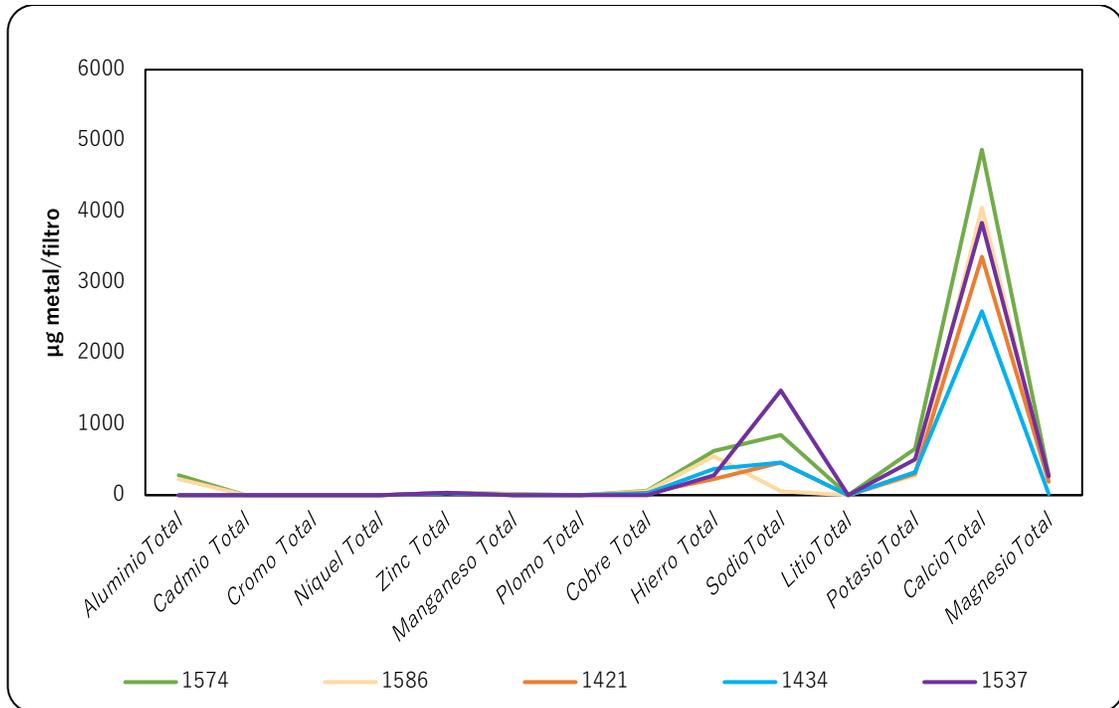
7 OPINIONES E INTERPRETACIONES/DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD

El análisis del comportamiento y, relaciones de los resultados obtenidos en la caracterización química los cinco (5) filtros de material particulado PM₁₀ seleccionados en cada estación de monitoreo se llevó a cabo de acuerdo con la información disponible en la literatura científica. Las gráficas 1 a 6 representan este análisis.

7.1 CORREGIMIENTO JERUSALÉN

7.1.1 ESPECIES METÁLICAS, JERUSALÉN

El análisis de metales en las muestras de PM₁₀ recolectadas en el corregimiento Jerusalén permitió evidenciar una baja presencia de Cadmio, Cromo, Níquel, Plomo y Litio, para los cuales, los resultados fueron menores al límite de detección del método analítico. Por el contrario, el Calcio Total fue el analito con mayor presencia en las 5 muestras. El Sodio Total fue el segundo analito con mayor presencia en los filtros de muestra, adicionalmente, este registró un pico en el filtro 1537, correspondiente a la muestra 26 de febrero de 2023, esta fecha fue seleccionada debido a un aumento atípico de forma generalizada en las concentraciones registradas por estaciones de monitoreo de calidad del aire (ver tabla 3), (Anexo 2).

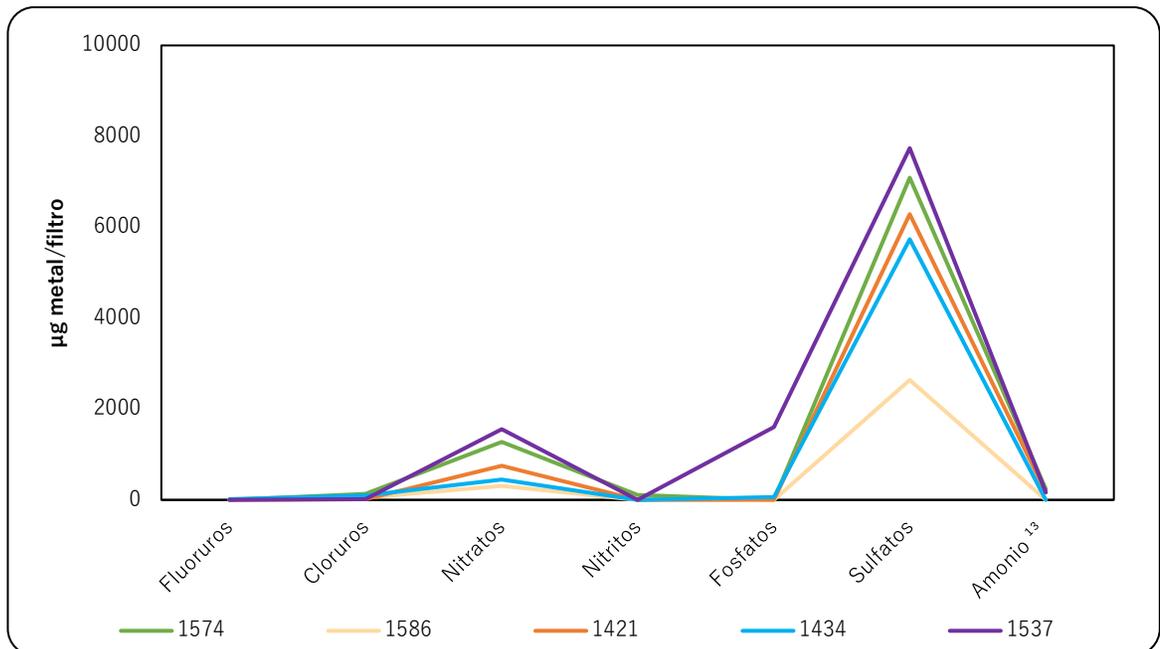


Gráfica 1. Metales encontrados en el PM₁₀, Jerusalén

7.1.2 IONES, JERUSALÉN

El análisis de iones en las muestras de PM₁₀ recolectadas en el corregimiento Jerusalén evidenció una baja presencia de Fluoruros, los cuales fueron identificados solo en 2 de las 5 muestras, con una media de 14,463 µg/filtro (ver tabla 3), (Anexo 2). Por el contrario, los Sulfatos fueron el analito con mayor presencia en el total de las muestras, estos reportaron valores considerablemente altos con relación a las demás sustancias y una media de 5898,3264 µg/filtro. Los nitratos fueron el segundo ion con mayor presencia en general en los filtros de muestra.

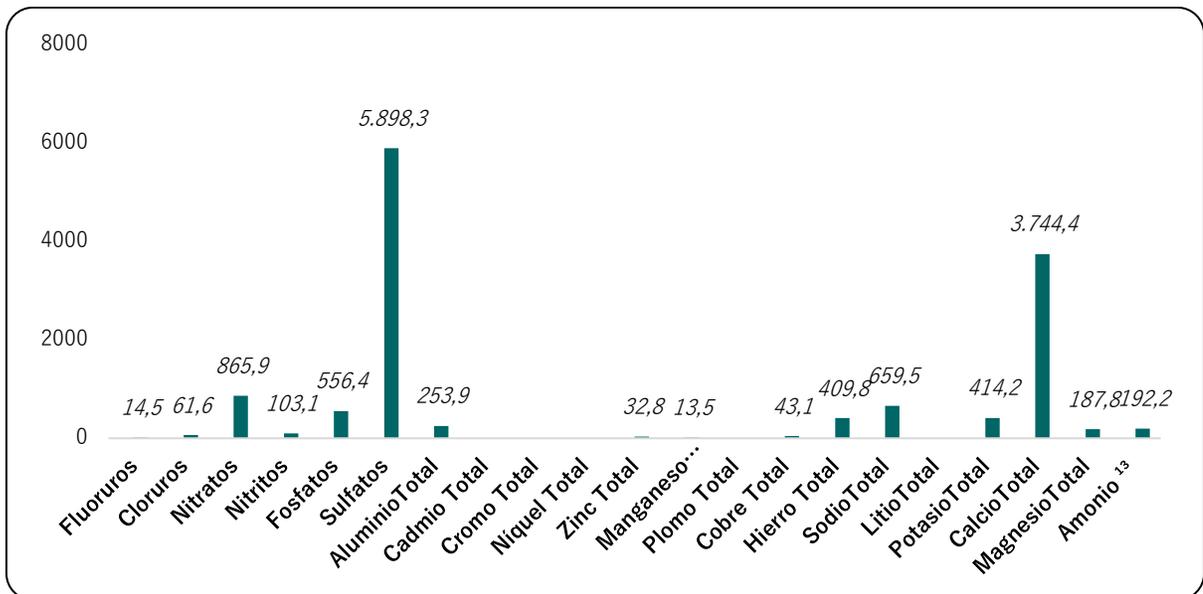
Adicionalmente, los fosfatos se reportaron en las muestras recolectadas el 31 de diciembre de 2022 y el 26 de febrero de 2023, fechas relacionadas con las festividades de fin de año y un aumento atípico de forma generalizada en las concentraciones registradas por diferentes estaciones de monitoreo de calidad del aire, sin embargo, en la segunda fecha mencionada se registró una mayor presencia del ion en la muestra.



Gráfica 2. Iones encontrados en el PM₁₀, Jerusalén

7.1.3 CONCENTRACIÓN MEDIA DE LOS ANALITOS, CORREGIMIENTO JERUSALÉN

Con respecto a la concentración media de cada sustancia en las muestras analizadas para el punto ubicado en el corregimiento Jerusalén, la gráfica 3 permite identificar que no se encontró presencia de Cadmio Total, Cromo Total, Níquel Total, Plomo Total y Litio Total, así mismo los Fluoruros, Cloruros, Manganeso Total, Zinc Total, y Cobre Total se encontraron en las más bajas proporciones con menos de 100,000 µg/filtro. Por el Contrario, los Sulfatos con una media de 5898,3264 µg/filtro y el Calcio Total con 3744,3948 µg/filtro fueron las sustancias con mayor presencia en los filtros analizados.



Gráfica 3. Concentración media de los analitos, Jerusalén

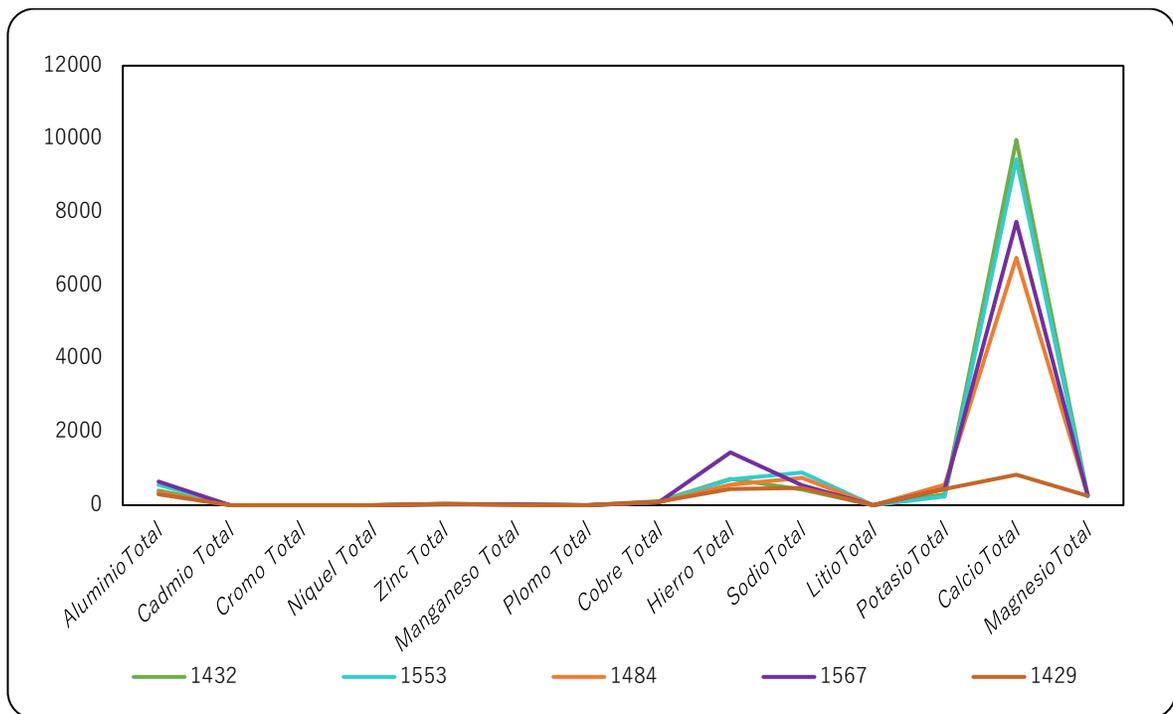
Los Sulfatos fueron los iones con mayor presencia en la composición química del material particulado PM₁₀ recolectado en el corregimiento Jerusalén, elemento que se relaciona con actividades industriales, tráfico vehicular, quema de biomasa o combustión de carbón (Bhuyan et al., 2018). Esto puede estar asociado adicionalmente con la presencia de plantas de energía (Vargas et al., 2012). Las sustancias predominantes se ajustan claramente a las condiciones del punto de recolección de las muestras, donde se presenta constante tráfico de vehículos de carga y se cuenta con la

cercanía de plantas cementeras. La presencia de calcio total en las muestras, que puede asociarse con el transporte, uso, producción y extracción, materiales y actividades de construcción y demolición(Bhuyan et al., 2018)

7.2 CORREGIMIENTO LA DANTA

7.2.1 ESPECIES METÁLICAS, LA DANTA

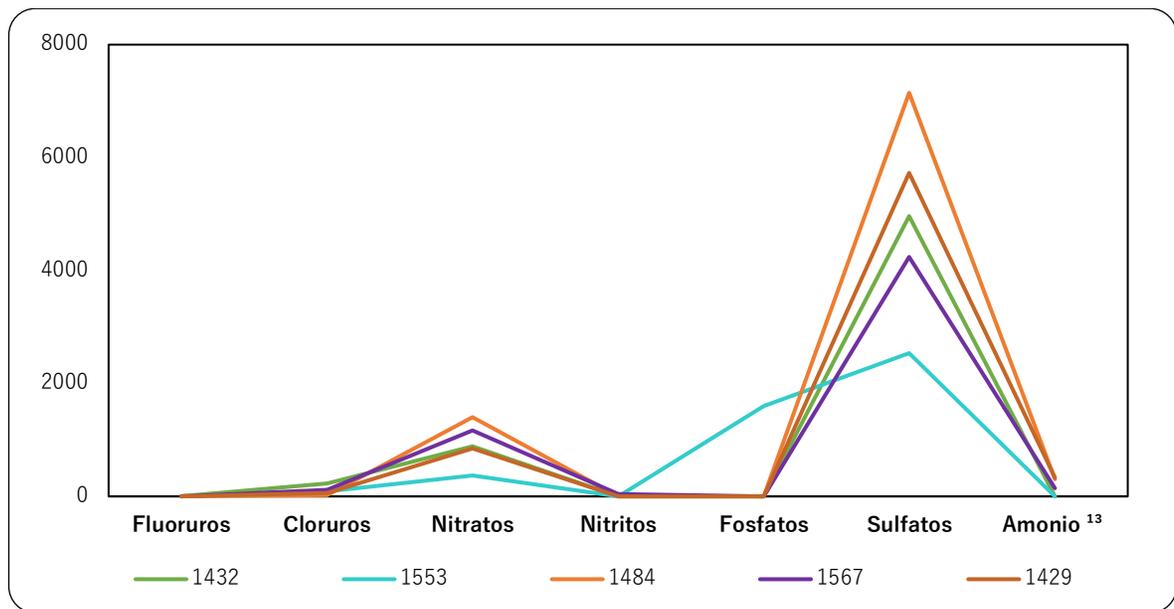
El análisis de metales en las muestras de PM₁₀ recolectadas en el corregimiento La Danta permitió evidenciar una baja presencia de Cadmio, Cromo, Níquel, Plomo y Litio, para los cuales, los resultados fueron menores al límite de detección del método analítico. Por el contrario, el Calcio total fue el analito con mayor presencia en las 5 muestras con una concentración media de 6949,358 µg/filtro y un pico de registrado el 31 de diciembre de 2022 de 9975 µg/filtro. El Hierro Total con una media de 772,124 µg/filtro fue el segundo analito con mayor presencia en los filtros de muestra. (ver tabla 3), (Anexo 2).



Gráfica 4. Metales encontrados en el PM₁₀, La Danta

7.2.2 COMPUESTOS IÓNICOS, LA DANTA

El análisis de iones en las muestras de PM₁₀ recolectadas en el corregimiento La Danta evidenció una baja presencia de Fluoruros los cuales, a pesar de estar presentes en 3 de las 5 muestras seleccionadas tuvieron un reporte medio de 6,42 µg/filtro. Por el contrario, los Sulfatos fueron el analito con mayor presencia en el total de las muestras con una predominancia considerable, pues se registró una media de 4923,1584 µg/filtro. Adicionalmente, los Fosfatos tuvieron un pico visible en la muestra 7 de marzo de 2023, con un valor de 1603,310 µg/filtro (ver tabla 3), (Anexo 2).



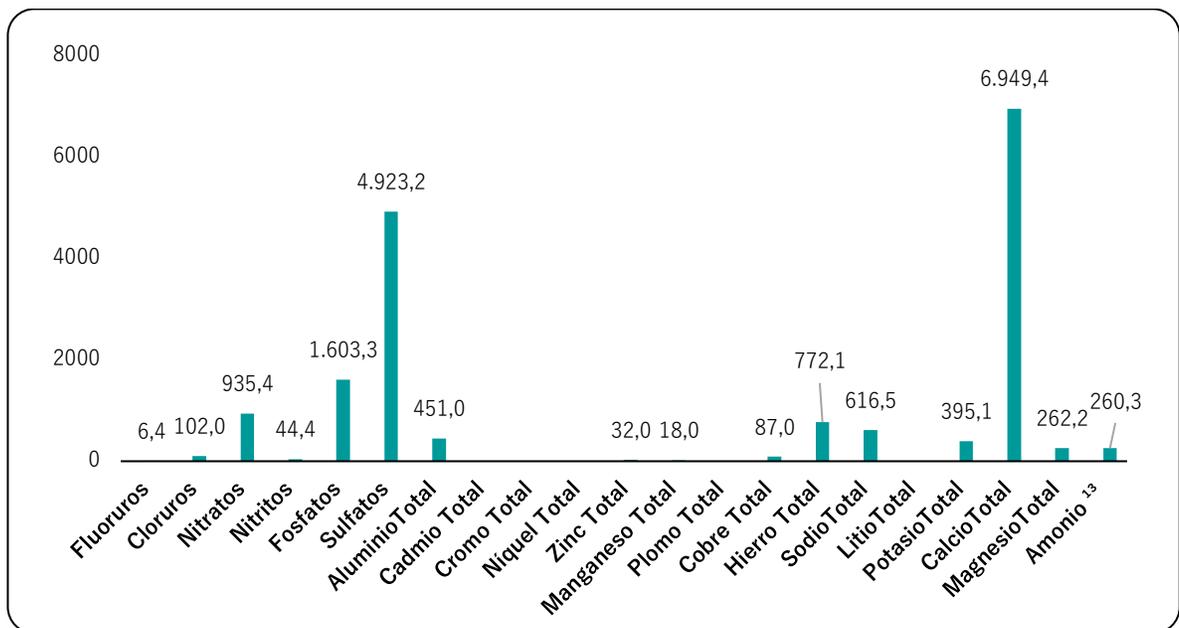
Gráfica 5. Iones encontrados en el PM₁₀, La Danta

7.2.3 CONCENTRACIÓN MEDIA DE LOS ANALITOS

Con respecto a la concentración media de cada sustancia en las muestras analizadas para el punto ubicado en el corregimiento Jerusalén, la gráfica 6 permite identificar que no se encontró presencia de Cadmio Total, Cromo Total, Níquel Total, Plomo Total y

Litio Total. Así mismo, los Fluoruros, Nitritos, Manganeso Total, Zinc Total, y Cobre Total se encontraron en las más bajas proporciones con menos de 100,000 µg/filtro. Por el Contrario, el Calcio Total con 6949,3578 µg/filtro y los Sulfatos con una media de 4923,1584 µg/filtro fueron las sustancias con mayor presencia en los filtros analizados.

De acuerdo con estudios previamente realizados por (Vargas et al., 2012), la predominancia de los sulfatos en la composición química analizada en el material particulado PM₁₀ recolectado el punto de monitoreo puede relacionarse con la presencia de tráfico vehicular. Además de actividades industriales o quema de biomasa (Bhuyan et al., 2018), lo cual es congruente a las condiciones del punto de recolección de las muestras, el cual se ubica en un cruce importante de vehículos de carga pesada, los cuales en su mayoría transportan material de cantera. Por otro lado, se encuentra una alta presencia de calcio, elemento relacionado típicamente polvo de suelos, materiales y actividades de construcción y demolición (Bhuyan et al., 2018). Se debe considerar que este *corregimiento se encuentra ubicado en zona de influencia de empresas y minas de extracción de materia prima para la fabricación de cemento y otros materiales de construcción con un esperado alto contenido cálcico*



Gráfica 6. Concentración media de los analitos, La Danta

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

8 INDICE DE CALIDAD DE AIRE – ICA

No aplica, puesto que el presente es un informe técnico de caracterización química de material particulado, al no contener información específica de calidad del aire no es requerido el cálculo del índice.

9 CONCLUSIONES

Después de realizar el análisis de los analitos presente en este informe se concluye que:

- La mayor presencia de metal en la composición química del material particulado menor a 10 micras en los dos sitios de monitoreo de la subregión Bosques es el Calcio Total. Es importante resaltar la subregión cuenta con la presencia de empresas de la industria cementera y minas de extracción de materia prima para la fabricación de materiales de construcción con un esperado alto contenido cálcico. Estas actividades se relacionan con la presencia Calcio Total en la atmósfera(Bhuyan et al., 2018)
- Los Sulfatos fueron los iones con mayor presencia en la composición química del material particulado PM_{10} recolectado en la subregión de Bosques, elemento que se relaciona con actividades industriales, tráfico vehicular, quema de biomasa o combustión de carbón(Bhuyan et al., 2018). Lo anterior puede ser relacionado con factores como la presencia de plantas de energía(Vargas et al., 2012). Esto se ajusta a las condiciones del punto de recolección de las muestras, en el

Corregimiento Jerusalén, donde se presenta constante tráfico de vehículos de carga y se cuenta con la cercanía de plantas cementeras

- Cadmio total, Cromo Total, Níquel Total, Plomo Total y Litio Total fueron los analitos que no se encontraron en la composición química del material particulado menor a 10 micras, en los dos puntos de monitoreo en la subregión Bosques.

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	2023-06-02

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.
- Vargas, F. A., Rojas, N. Y., Pachon, J. E., & Russell, A. G. (2012). PM10 characterization and source apportionment at two residential areas in Bogota. Atmospheric Pollution Research, 3(1), 72–80. <https://doi.org/10.5094/APR.2012.006>
- Kilic, M., & Pamukoglu, M. Y. (2023). Characterization of water-insoluble particulate matters in sequential rain samples collected by a novel

automatic sampler in Antalya, Turkey. *Atmospheric Pollution Research*, 14(4), 101722. <https://doi.org/10.1016/J.APR.2023.101722>

- Bhuyan, P., Deka, P., Prakash, A., Balachandran, S., & Hoque, R. R. (2018). Chemical characterization and source apportionment of aerosol over mid Brahmaputra Valley, India. *Environmental Pollution*, 234, 997–1010. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2017.12.009>

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

Fin del Informe Técnico

ANEXOS

ANEXO 1. RESOLUCIÓN DE ACREDITACIÓN LABGIGA

ANEXO 2. RESOLUCIÓN ACREDITACIÓN LABORATORIOS SUBCONTRATADOS

ANEXO 3. RESULTADOS DE LABORATORIO