



UNIVERSIDAD  
**EAFIT**



*Area*  
METROPOLITANA  
Valle de Aburrá  
Futuro sostenible

## Informe Mensual de Calidad del Aire. Mayo de 2021

**Contrato CCT 871 de 2020**

Elaborado por:  
**Universidad EAFIT**



Monitoreo, análisis en tiempo real de variables **hidrológicas, meteorológicas, seguimiento de condiciones morfodinámicas y sísmicas, y de calidad del aire y demás variables atmosféricas** que permitan hacer el análisis holístico en el territorio metropolitano y la región vecina para la toma de decisiones e investigación científica y aplicada para la gestión del riesgo en el contexto de los subprocesos de conocimiento, reducción del riesgo y manejo del desastre mediante el desarrollo, fortalecimiento y operación del SIATA.

Elaborado por:  
Maria Paula Velásquez García, Analista de datos.  
Mauricio Ramírez Arias, Analista de datos.

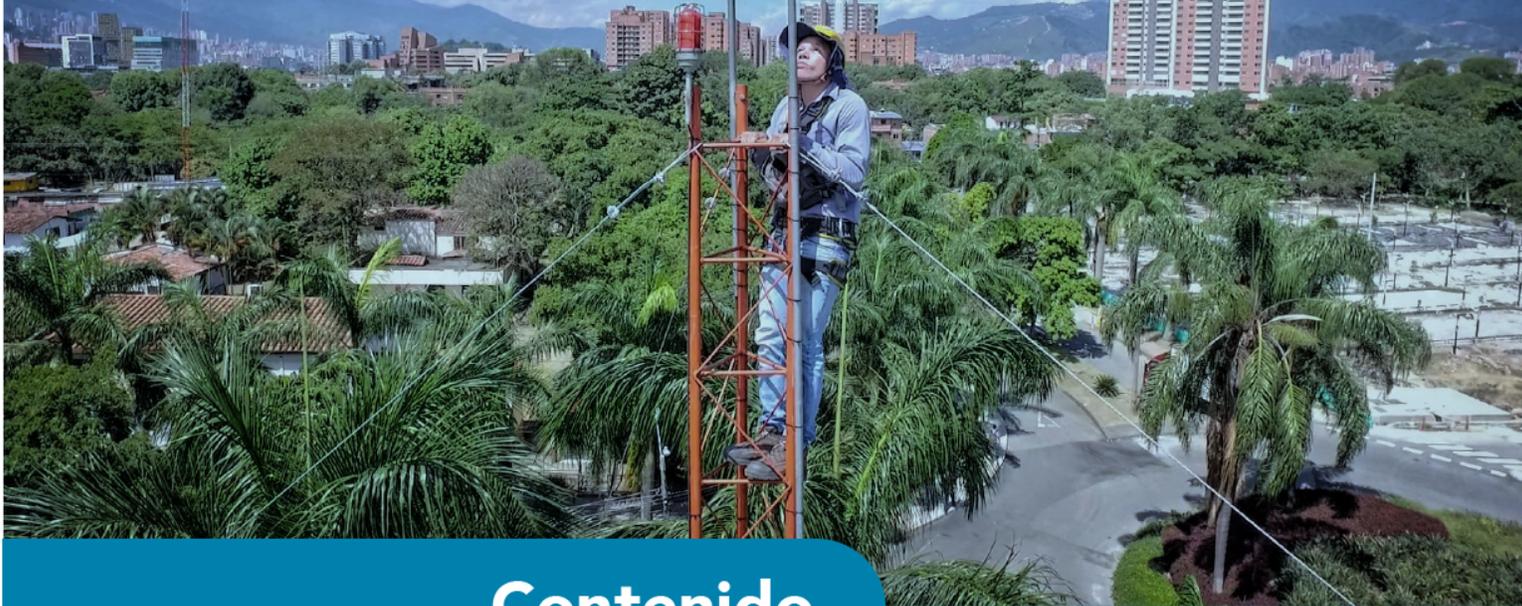
Revisado y autorizado por:  
Laura Herrera Mejía.  
Líder Calidad del Aire.



Fecha de emisión:  
15 de junio del 2021

Código:  
F-GAA-RA-75  
Versión:  
5

**Nota:** Este informe no puede ser replicado sin autorización del Área Metropolitana del Valle de Aburrá.



# Contenido

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Descripción de la red</b>	<b>2</b>
<b>3. Generalidades de los Contaminantes</b>	<b>8</b>
Índice de Calidad del Aire (ICA) . . . . .	9
<b>4. Material Particulado menor a 2.5 <math>\mu\text{m}</math> (PM2.5)</b>	<b>11</b>
Concentración Promedio Diaria de PM2.5 . . . . .	12
Ciclo Diurno de la Concentración de PM2.5 . . . . .	14
Índice de Calidad del Aire (ICA) para el PM2.5 . . . . .	18
<b>5. Material Particulado menor a 10 <math>\mu\text{m}</math> (PM10)</b>	<b>22</b>
Concentración Promedio Diaria de PM10 . . . . .	23
Ciclo Diurno de la Concentración de PM10 . . . . .	25
Índice de Calidad del Aire (ICA) para PM10 . . . . .	27
<b>6. Ozono (<math>\text{O}_3</math>)</b>	<b>30</b>
Concentraciones octohorarias de Ozono . . . . .	30
Ciclo Diurno de la Concentración de Ozono . . . . .	31
Índice de Calidad del Aire (ICA) para concentraciones horarias y octohorarias de ozono . . . . .	33

<b>7. Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>)</b>	<b>35</b>
Ciclo Diurno de la Concentración de NO <sub>x</sub> . . . . .	36
Concentración Promedio Diaria de NO <sub>2</sub> . . . . .	37
Ciclo Diurno de la Concentración de NO <sub>2</sub> . . . . .	38
Índice de Calidad del Aire (ICA) para las concentraciones horarias de NO <sub>2</sub> . . . . .	39
Ciclo Diurno de la Concentración de NO . . . . .	40
<b>8. Monóxido de Carbono (CO)</b>	<b>42</b>
Concentraciones Horarias y Octohorarias de CO. . . . .	42
Ciclo Diurno de la Concentración de CO . . . . .	43
Índice de Calidad del Aire (ICA) para concentraciones octohorarias de CO . . . . .	44
<b>9. Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)</b>	<b>45</b>
Concentración Promedio Diaria de SO <sub>2</sub> . . . . .	45
Ciclo Diurno de la Concentración de SO <sub>2</sub> . . . . .	46
Índice de Calidad del Aire (ICA) para las concentraciones horarias de SO <sub>2</sub> . . . . .	47
<b>10. Meteorología</b>	<b>48</b>
Ciclo Diurno de la Radiación Solar, Temperatura y Humedad Relativa . . . . .	50
Precipitación . . . . .	52
Vientos . . . . .	55
<b>11. Anexos</b>	<b>59</b>
Anexo 1. Black Carbon . . . . .	59
Anexo 2. BTEX . . . . .	59

Anexo 3. Métodos de medición . . . . .	59
Anexo 4. Identificación de muestras en los equipos manuales . . . . .	61
Anexo 5. Condiciones ambientales de muestreo . . . . .	63
Anexo 6. Series de las concentraciones de los contaminantes criterio . . . . .	68

## Índice de Figuras

4.1. Estaciones automáticas de monitoreo de PM2.5. . . . .	11
4.2. Estaciones manuales de monitoreo de PM2.5. . . . .	12
4.3. Concentración diaria de PM2.5 para las estaciones automáticas. . . . .	13
4.4. Ciclo diurno de PM2.5 para las estaciones automáticas . . . . .	15
4.4. Continuación . . . . .	16
4.4. Continuación . . . . .	17
4.4. Continuación . . . . .	18
4.5. Índice de Calidad del Aire para las estaciones automáticas de PM2.5. . . . .	19
4.6. Índice de Calidad del Aire para las estaciones manuales de PM2.5. . . . .	19
4.7. Porcentaje de días en las distintas clasificaciones del ICA para las estaciones de PM2.5 del municipio de Medellín. . . . .	20
4.8. Porcentaje de días en las distintas clasificaciones del ICA para las estaciones de PM2.5 de los municipios del área metropolitana del Valle de Aburrá, excepto Medellín. . . . .	20
4.9. Porcentaje de días en las distintas clasificaciones del ICA para las estaciones manuales de PM2.5 de los municipios del área metropolitana del Valle de Aburrá. . . . .	21
5.1. Estaciones automáticas de monitoreo de PM10. . . . .	22
5.2. Estaciones manuales de monitoreo de PM10. . . . .	23
5.3. Concentración Diaria de PM10 para las estaciones automáticas. <b>Nota:</b> 1. En la gráfica NaN corresponde a datos faltantes. . . . .	24
5.4. Ciclo diurno de PM10 para las estaciones automáticas . . . . .	26
5.4. Continuación . . . . .	27
5.5. Índice de Calidad del Aire para las estaciones automáticas de PM10. . . . .	28
5.6. Índice de Calidad del Aire para las estaciones manuales de PM10. . . . .	28
5.7. Porcentaje de días en las distintas clasificaciones del ICA para las estaciones automáticas de PM10. . . . .	29
5.8. Porcentaje de días en las distintas clasificaciones del ICA para las estaciones manuales de PM10. . . . .	29
6.1. Estaciones automáticas de monitoreo de Ozono. . . . .	30
6.2. Ciclo diurno de Ozono para las estaciones automáticas. . . . .	32
6.2. Continuación . . . . .	33

6.3. Porcentaje de las distintas categorías del ICA para las concentraciones horarias de Ozono. . . . .	34
6.4. Variación porcentual de las distintas categorías del ICA para las concentraciones octohorarias de Ozono. . . . .	34
7.1. Estaciones automáticas de monitoreo de $\text{NO}_x$ . . . . .	35
7.2. Ciclo diurno de $\text{NO}_x$ para las estaciones automáticas. . . . .	36
7.2. Continuación . . . . .	37
7.3. Concentraciones de $\text{NO}_2$ para las estaciones automáticas. <b>Nota:</b> En la gráfica NaN corresponde a datos faltantes. . . . .	37
7.4. Ciclo diurno de $\text{NO}_2$ para las estaciones automáticas. . . . .	38
7.4. Continuación . . . . .	39
7.5. Porcentaje de las distintas clasificaciones del ICA para las concentraciones horarias de $\text{NO}_2$ . . . .	40
7.6. Ciclo diurno de NO para las estaciones automáticas. . . . .	40
7.6. Continuación . . . . .	41
8.1. Estaciones automáticas de monitoreo de CO. . . . .	42
8.2. Ciclo Diurno de CO para las estaciones de la REDMCA. . . . .	43
8.3. Variación porcentual de las categorías de calidad de aire para las concentraciones horarias de CO en las estaciones de monitoreo. . . . .	44
9.1. Estación automática de monitoreo de $\text{SO}_2$ . . . . .	45
9.2. Concentración Diaria de $\text{SO}_2$ para la estación automática. Nota: En la gráfica NaN corresponde a datos faltantes. . . . .	46
9.3. Ciclo Diurno de $\text{SO}_2$ para las estaciones de la REDMCA. . . . .	47
9.4. Porcentaje de días en las distintas categorías del ICA para la estación de $\text{SO}_2$ . . . . .	47
10.1. Estaciones automáticas de monitoreo de Meteorología. . . . .	48
10.2. Radiación Solar, Temperatura y Humedad Relativa para las distintas estaciones. . . . .	51
10.2. Continuación . . . . .	52
10.3. Precipitación horaria y acumulada para las distintas estaciones. . . . .	53
10.3. Continuación . . . . .	54
10.4. Rosas de Viento diurnas para las distintas estaciones . . . . .	56
10.5. Rosas de Viento nocturnas para las distintas estaciones . . . . .	57
10.6. Rosas de Viento totales para las distintas estaciones. . . . .	58

11.1. Condiciones de humedad y temperatura al interior del shelter . . . . .	64
11.1. Continuación . . . . .	65
11.1. Continuación . . . . .	66
11.1. Continuación . . . . .	67
11.2. Series de las concentraciones de PM25 . . . . .	69
11.2. Continuación . . . . .	70
11.2. Continuación . . . . .	71
11.2. Continuación . . . . .	72
11.3. Series de las concentraciones de PM10 . . . . .	73
11.3. Continuación . . . . .	74
11.4. Series de las concentraciones de NO . . . . .	75
11.4. Continuación . . . . .	76
11.5. Series de las concentraciones de NO2 . . . . .	77
11.5. Continuación . . . . .	78
11.6. Series de las concentraciones de NOx . . . . .	79
11.6. Continuación . . . . .	80
11.7. Series de las concentraciones de Ozono . . . . .	81
11.7. Continuación . . . . .	82
11.8. Series de las concentraciones de CO . . . . .	82
11.9. Series de las concentraciones de SO2 . . . . .	83

## Índice de Tablas

2.1. Distribución de equipos de monitoreo en las estaciones de la REDMCA . . . . .	2
2.2. Clasificación de estaciones de acuerdo al tipo de zona (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2014)	3
2.3. Clasificación de estaciones de acuerdo al tipo de fuentes emisoras predominantes (Área Metropolitana del Valle de Aburra, 2014). . . . .	4
2.4. Clasificación de las estaciones. . . . .	5
2.5. Ubicación geográfica de las estaciones de la red . . . . .	7
3.1. Porcentaje de datos válidos para los contaminantes . . . . .	8
3.1. Porcentaje de datos válidos para los contaminantes . . . . .	9
3.2. Puntos de Corte del ICA . . . . .	10
4.1. Estadísticos de las concentraciones de PM2.5 durante el mes de Mayo de 2021 para las estaciones del municipio de Medellín . . . . .	13
4.2. Estadísticos de las concentraciones de PM2.5 durante el mes de Mayo de 2021 para los municipios del área metropolitana del Valle de Aburrá diferentes a Medellín. . . . .	14
5.1. Estadísticos de PM10 para las estaciones automáticas, Mayo 2021 . . . . .	24
5.2. Estadísticos de PM10 para las estaciones manuales, Mayo 2021 . . . . .	25
6.1. Estadísticos Mayo 2021 Ozono . . . . .	31
7.1. Estadísticos Mayo 2021 NO <sub>2</sub> . . . . .	38
8.1. Resumen estadístico de las concentraciones de CO, Mayo 2021 . . . . .	43
9.1. Estadísticos resumen de SO <sub>2</sub> .Mayo de 2021. . . . .	46
10.1. Estaciones meteorológicas que operaron durante el mes de Mayo de 2021. . . . .	49
10.2. Porcentaje de datos válidos Meteorología. . . . .	50
10.3. Estadísticos Precipitación . . . . .	55
11.1. Métodos y rangos de operación para los equipos pertenecientes a la REDMCA . . . . .	59
11.1. Métodos y rangos de operación para los equipos pertenecientes a la REDMCA . . . . .	60

11.1. Métodos y rangos de operación para los equipos pertenecientes a la REDMCA . . . . .	61
11.2. Identificación de filtros de las estaciones manuales de PM10 . . . . .	62
11.3. Identificación de filtros de las estaciones manuales de PM2.5 . . . . .	63

## 1 Introducción

El Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá (SIATA), es un proyecto de Ciencia y Tecnología y una estrategia para la gestión de riesgos del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y la Alcaldía de Medellín, que cuenta con el apoyo y los aportes de EPM e ISAGEN. Actualmente el proyecto es ejecutado bajo el Contrato de Ciencia y Tecnología 871 de 2020 firmado entre el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y la Universidad EAFIT, con vigencia hasta el 02 de junio de 2021 y cuyo objeto es *monitoreo, análisis en tiempo real de variables hidrológicas, meteorológicas, seguimiento de condiciones morfodinámicas y sísmicas, y de calidad del aire y demás variables atmosféricas que permitan hacer el análisis holístico en el territorio metropolitano y la región vecina para la toma de decisiones e investigación científica y aplicada para la gestión del riesgo en el contexto de los subprocesos de conocimiento, reducción del riesgo y manejo del desastre mediante el desarrollo, fortalecimiento y operación del SIATA*. Además de garantizar la correcta operación de la Red de Monitoreo de Calidad de Aire, el alcance de este contrato incluye también las actividades de diagnóstico de las potenciales fuentes externas que afectan la calidad del aire en la región metropolitana.

El SIATA tiene como tarea fundamental alertar en tiempo real a los organismos gestores de riesgos y a la comunidad, frente a la posible ocurrencia de un evento extremo detonado por condiciones meteorológicas que pueda generar una emergencia o desastre. Con este fin se usan diferentes herramientas para monitorear en tiempo real las condiciones hidrometeorológicas de la región; se desarrollan modelos de pronóstico meteorológico e hidrológico, ajustados a las condiciones de la región; y se entrega información de manera oportuna a las entidades gestoras de riesgo de en la jurisdicción.

Desde el 1 de Agosto de 2016 se integra al proyecto SIATA la Red de Monitoreo de Calidad del aire del Valle de Aburrá (REDMCA), proyecto que es operado por la Universidad EAFIT, mediante contrato con el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Se garantiza entonces mediante la generación de datos confiables, los cuales permiten un análisis detallado del estado de la calidad del aire en la región, el desarrollo de ciencia y tecnología para la toma de decisiones. De igual forma, se apoya de manera priorizada la gestión de eventos críticos relacionados con la calidad del aire de los municipios de la jurisdicción, entregando reportes de situaciones críticas de manera permanente y ante alteraciones de las condiciones ambientales de la región que puedan ser monitoreadas por el sistema.

Las condiciones meteorológicas han sido identificadas como un elemento esencial para el pronóstico, entendimiento y planificación de la calidad del aire dentro de la región metropolitana, siendo la atmósfera el medio donde se liberan, transportan y dispersan los contaminantes. La topografía compleja del Valle de Aburrá favorece, bajo condiciones de estabilidad atmosférica, la acumulación de contaminantes cerca de la superficie, especialmente durante las primeras horas de la mañana y durante las horas posteriores al atardecer.

En este informe se presenta el análisis de los registros obtenidos de la REDMCA para contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas durante el mes de Mayo de 2021. Igualmente se presenta el cálculo del Índice de Calidad del Aire (ICA) para cada uno de los contaminantes criterio monitoreados en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. En la sección de Anexos se reportan los resultados del monitoreo de las concentraciones de black carbon y de BTEX (Anexos 1 y 2), los métodos y rangos de operación de los equipos de la red de medición (Anexo 3), la identificación de los filtros utilizados en los equipos manuales de PM10 y PM2.5 (Anexo 4), así como la variación de las condiciones ambientales al interior de las estaciones en las que se realiza seguimiento de estas variables (Anexo 5) y el comportamiento de las series horarias para los diferentes contaminantes monitoreados durante el mes (Anexo 6).

## 2 Descripción de la red

La Red de Monitoreo de Calidad del Aire del Valle de Aburrá está constituida por 37 puntos de monitoreo distribuidos en los 10 municipios del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (Dirección: Carrera 53 # 40A - 31, Contacto: Tel = +574 385 6000 ext. 404, Correo = ana.orrego@metropol.gov.co). Estos puntos de monitoreo están dotados de equipos tanto automáticos como manuales, los cuales permiten hacer seguimiento de los contaminantes criterio definidos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, actual Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -MADS-. La Red de Calidad de Aire se complementa con la información obtenida de la Red de Monitoreo de Ruido ambiental compuesta por 8 estaciones.

MUNICIPIO	SIGLA	Black Carbon	BTEX	PM10 (S)	PM10	PM2.5 (S)	PM2.5	SO <sub>2</sub>	NOX	CO	O <sub>3</sub>	Met.	Ruido Ambiental
BARBOSA	BAR-HSVP			x									
	BAR-TORR						x						
	BAR-PDLA										x	x	
GIRARDOTA	GIR-BOTJ												x
	GIR-EPM				x		x	x	x	x	x	x	
COPACABANA	COP-HSMA			x									
	COP-CVID						x					x	
BELLO	BEL-JEGA					x							
	BEL-USBV				x						x	x	
	BEL-FEVE						x						
MEDELLÍN	MED-ARAN						x						
	MED-ALTA						x						
	MED-BEME						x						
	MED-FISC						x		x		x	x	
	MED-SELE						x					x	
	MED-MIRA			x							x	x	
	CEN-TRAF	x	x		x		x	x	x				x
	MED-EXSA				x								
	MED-ITMR				x				x				
	MED-UDEM												
	MED-CORA			x							x	x	
	MED-ZOOL												x
	MED-PJJC			x									
	MED-PJIR				x		x			x		x	x
MED-LAYE							x						
MED-SCRI							x						
MED-SIAT												x	
MED-TESO													
MED-VILL													
ITA-PTAR			x										
ITAGÜÍ	ITA-CJUS			x			x						
	ITA-POGO	x		x					x			x	
	ITA-CONC				x						x	x	
	ITA-RESU						x						
	ITA-SAMA						x						
ITA-ACUA												x	
ENVIGADO	ENV-HOSP						x					x	
ESTRELLA	EST-MAGO			x									
	EST-HOSP						x						
SABANETA	SUR-TRAF				x				x				
	SAB-SEMS			x									x
	SAB-RAME											x	
CALDAS	CAL-JOAR			x									
	CAL-LASA										x	x	
<b>TOTALES</b>	<b>44</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>23</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>15</b>	<b>8</b>

Tabla 2.1: Distribución de equipos de monitoreo en las estaciones de la REDMCA

De acuerdo a lo reportado en la Tabla 2.1, durante el mes de Mayo de 2021, se hizo seguimiento a las concentraciones de material particulado, mediante equipos automáticos, en 32 puntos de monitoreo: 23 de PM2.5 y 9 de PM10. Así mismo, estuvieron en funcionamiento 10 equipos manuales con resolución temporal diaria para la medición de PM10 y 2 para la medición de PM2.5, reportados en color azul en la Tabla 2.1 dado que no tienen comunicación en tiempo real. Cabe agregar que en el punto de monitoreo ubicado en la unidad residencial Reservas del Sur del municipio de Itagüí, estación ITA-RESU, operó un equipo automático tipo Aeroqual, el cual se utilizó como equipo de campaña para evaluar la influencia

de la zona industrial cercana a la unidad residencial. Este equipo no tiene aprobación por agencias ambientales, por lo cual no se incluye en la acreditación de la red de monitoreo y sus resultados no se reportan en este informe. El seguimiento a las concentraciones de material particulado PM10 y PM2.5 en los 31 puntos de monitoreo restantes se realizó con equipos considerados oficiales.

Por otra parte, la red de monitoreo contó con 20 equipos para el seguimiento a las concentraciones de contaminantes gaseosos: 9 analizadores de ozono, 7 analizadores de NO<sub>x</sub> (NO, NO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>), dos analizadores de SO<sub>2</sub> y dos analizadores de CO; 2 equipos monitores de Black Carbon; un analizador de BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xileno); y 15 estaciones meteorológicas instaladas en 8 de los 10 municipios del área metropolitana y que monitorean, entre otras variables, velocidad y dirección del viento, temperatura y humedad relativa, radiación global, presión atmosférica y precipitación. La información de la Red de Calidad de Aire se complementa con la Red de Monitoreo de Ruido Ambiental, la cual está conformada por 8 equipos automáticos con resolución minutal.

Las estaciones de la red son clasificadas según el tipo de zona donde se encuentran ubicadas y el tipo de fuentes de emisión predominantes en su área de influencia. Esta clasificación se encuentra contenida dentro de la actualización de la clasificación de las estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire del Valle de Aburrá (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2014), la cual se basa en el Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de Calidad del Aire (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010) y se presentan a continuación:

Tipo de zona	Descripción
<b>Urbana</b>	Área totalmente urbanizada. Un área edificada no estará mezclada con áreas no urbanizadas, con la excepción de los parques urbanos
<b>Suburbana</b>	Área en gran parte urbana edificada, pero las áreas edificadas estarán mezcladas con áreas no urbanizadas (por ejemplo con áreas agrícolas, lagos, bosques, grandes zonas verdes, etc.)
<b>Rural</b>	Se define como áreas rurales todas aquellas que no satisfagan los criterios para áreas urbanas y suburbanas.

**Tabla 2.2:** Clasificación de estaciones de acuerdo al tipo de zona (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2014)

Tipo de área	Descripción
<b>De Tráfico</b>	Estaciones ubicadas de manera que el nivel de contaminante medido está determinando principalmente por emisiones del tráfico cercano.
<b>Punto Crítico</b>	Estaciones ubicadas a nivel de suelo de apoyo a estudios epidemiológicos.
<b>Industrial</b>	Estaciones ubicadas de manera que el nivel de contaminación medido este influenciado significativamente por las emisiones cercanas de fuentes industriales.
<b>Entorno de Fondo</b>	Estaciones ubicadas de manera que el nivel de contaminante medido no está significativamente influenciadas por fuentes o calle alguna, pero si por la contribución de las fuentes que influyen en estas estaciones debido al régimen de vientos.  Por ejemplo estaciones ubicadas en un centro urbano que está bajo la influencia indirecta del tráfico o procesos de combustión debido a la dirección del viento, o estaciones ubicadas en áreas rurales influenciadas por centros urbanos o áreas industriales debido al régimen de vientos.  También serán consideradas de fondo, estaciones que se encuentran vientos arriba de la fuente evaluada.

**Tabla 2.3:** Clasificación de estaciones de acuerdo al tipo de fuentes emisoras predominantes (Área Metropolitana del Valle de Aburra, 2014).

Adicional a las clasificaciones mostradas en las Tablas 2.2 y 2.3, se considera la categoría tendencia de mesoescala para estaciones ubicadas a una altura superior a 15 metros en áreas urbanas del valle. Se presenta a continuación la clasificación de las estaciones pertenecientes a la Red de Monitoreo, teniendo como base la actualización de la clasificación de las estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire del Valle de Aburrá (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2014).

Clasificación	Estación	Sigla	Municipio
Urbana de Tráfico	Estación Tráfico Centro	CEN-TRAF	Medellín
	Estación Tráfico Sur	SUR-TRAF	Sabaneta
	Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid	MED-PJIC	Medellín
Urbana Industrial	Estación de Policía Los Gómez	ITA-POGO	Itagüí
	Casa de Justicia de Itagüí	ITA-CJUS	Itagüí
	Institución Educativa María Goretti	EST-MAGO	La Estrella
	Fiscalía General de la Nación	MED-FISC	Medellín
Urbana de Fondo	Hospital La Estrella	EST-HOSP	La Estrella
	Barbosa Torre Social	BAR-TORR	Barbosa
	Copacabana Ciudadadela de la vida	COP-CVID	Copacabana
	Institución Educativa Ciro Mencia	MED-ARAN	Medellín
	Biblioteca Fernando Botero	MED-SCRI	Medellín
	Planta de Agua Potable de EPM	MED-VILL	Medellín
	Institución Educativa Pedro Justo Berrío	MED-BEME	Medellín
	Institución Educativa Pedro Octavio Amado	MED-ALTA	Medellín
	Institución Educativa Inem Santa Catalina	MED-TESO	Medellín
	Hospital Manuel Uribe Ángel Sede – Santa Gertrudis	ENV-HOSP	Envigado
	Institución Educativa Jorge Eliecer Gaitán	BEL-JEGA	Bello
	Liceo Fernando Vélez	BEL-FEVE	Bello
	Institución Educativa Rafael J. Mejía	SAB-RAME	Sabaneta
	Escuela Joaquín Aristizabal	CAL-JOAR	Caldas
	Instituto Tecnológico Metropolitano sede Robledo	MED-ITMR	Medellín
	Tanques EPM	GIR-EPM	Girardota
Urbana de Tendencia Mesoescala	Corantioquia	MED-CORA	Medellín
	Éxito San Antonio	MED-EXSA	Medellín
	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Fernando	ITA-PTAR	Itagüí
Suburbana de Tráfico	Universidad de Medellín	MED-UDEM	Medellín
Suburbana de Fondo	Hospital San Vicente de Paul	BAR-HSVP	Barbosa
	Hospital Santa Margarita	COP-HSMA	Copacabana
	Universidad San Buenaventura	BEL-USBV	Bello
	Tanques Miraflores	MED-MIRA	Medellín
	Tanques La Ye	MED-LAYE	Medellín
	Concejo de Itagüí	ITA-CONC	Itagüí
	Corporación Universitaria Lasallista	CAL-LASA	Caldas
Rural de Fondo	Parque de las Aguas	BAR-PDLA	Barbosa
	Santa Elena	MED-SELE	Medellín

**Tabla 2.4:** Clasificación de las estaciones.

El Anexo 3 presenta los diferentes equipos de medición que hacen parte de la REDMCA, así como la respectiva metodología de medición utilizada en cada uno de ellos, su rango de medición, estado de la muestra y los respectivos límites permisibles establecidos en la Resolución 2254 del 01 de noviembre del 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Finalmente, la tabla 2.5 presenta la dirección, la latitud y la longitud de las estaciones que hacen parte de la red.

ESTACIÓN	DIRECCIÓN	LATITUD	LONGITUD
<b>Barbosa</b>			
BAR-HSVP	Carrera 17 # 10 - 34	6.43917	-75.33633
BAR-PDLA	Carrera 48 # 70 - 10	6.40671	-75.41949
BAR-TORR	Calle 15 # 13 - 80	6.43696	-75.3304
<b>Girardota</b>			
GIR-EPM	Carrera 14 # 10-113	6.37325	-75.44831
<b>Copacabana</b>			
COP-CVID	Carrera 46b # 47a - 39	6.34536	-75.50475
COP-HSMA	Carrera 45 # 52 - 26	6.35272	-75.50822
<b>Bello</b>			
BEL-FEVE	Carrera 58a # 52c - 135	6.3375655	-75.5678
BEL-JEGA	Carrera 50 # 53 - 04	6.33711	-75.55866
BEL-USBV	Calle 45 # 61 - 40	6.3307	-75.56867
<b>Medellín</b>			
MED-ALTA	Carrera 88a # 18a-5	6.22481	-75.61381
MED-ARAN	Calle 99 # 48 - 55	6.29346	-75.55643
MED-BEME	Carrera 86 # 34 - 97	6.243	-75.61201
MED-CORA	Carrera 65 # 44a - 32	6.2525	-75.58608
MED-EXSA	Calle 48 # 46 - 115	6.24933	-75.57025
MED-ITMR	Carrera 80 # 65 - 223	6.27556	-75.58829
MED-LAYE	Calle 16a sur # 9e - 300	6.18254	-75.55064
CEN-TRAF	Carrera 53 # 52 - 51	6.25256	-75.56958
MED-PJIC	Carrera 48 # 7 - 151	6.20897	-75.57777
MED-MIRA	Calle 40 # 21 - 03	6.22997	-75.54919
MED-SCRI	Carrera 131 # 62 - 15	6.2805	-75.6366
MED-SELE	Vereda Piedra Gorda, Santa Elena	6.236361	-75.498462
MED-SIAT	Calle 50 # 71-147	6.25922	-75.58864
MED-TESO	Calle 1 # 29 - 300	6.1997788	-75.5614385
MED-UDEM	Carrera 87 # 30 - 65	6.23018	-75.60996

ESTACIÓN	DIRECCIÓN	LATITUD	LONGITUD
<b>MED-FISC</b>	Carrera 64c # 67 - 300	6.2687888	-75.5737076
<b>MED-VILL</b>	Calle 66c # 39 - 93	6.26172	-75.55164
<b>Envigado</b>			
<b>ENV-HOSP</b>	Diagonal 33 # 34c Sur 31	6.16849	-75.58197
<b>Itagüí</b>			
<b>ITA-CJUS</b>	Carrera 52 # 74 - 67	6.18567	-75.59721
<b>ITA-CONC</b>	Carrera 64 # 25 - 01	6.1685	-75.64436
<b>ITA-POGO</b>	Vereda Los Gómez	6.189723	-75.610588
<b>ITA-PTAR</b>	Calle 85 # 42 - 381	6.19364	-75.59158
<b>La Estrella</b>			
<b>EST-HOSP</b>	Calle 83a Sur # 6045	6.15553	-75.64417
<b>EST-MAGO</b>	Calle 83b sur # 52 - 10	6.16092	-75.645
<b>Sabaneta</b>			
<b>SUR-TRAF</b>	Calle 77sur # 49	6.15231	-75.62749
<b>SAB-RAME</b>	Carrera 45 # 77c sur 4	6.15678	-75.62137
<b>Caldas</b>			
<b>CAL-JOAR</b>	Carrera 51 # 127 Sur - 41	6.09308	-75.63777
<b>CAL-LASA</b>	Carrera 51 # 118 sur - 57	6.09908	-75.63863

Tabla 2.5: Ubicación geográfica de las estaciones de la red

### 3 Generalidades de los Contaminantes

La Tabla 3.1 muestra el porcentaje de datos válidos para los distintos contaminantes medidos en las diferentes estaciones de monitoreo. De acuerdo al Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire del MAVDT (Actual MADS) se establece que para el cálculo de los parámetros estadísticos es necesario contar con al menos el 75 % de información válida (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Según los resultados mostrados, el analizador de SO<sub>2</sub> de la estación CEN-TRAF y el equipo de PM<sub>2.5</sub> de la estación MED-PJIC presentaron porcentajes de datos válidos inferiores al 75 %.

En el caso de la estación CEN-TRAF, durante el mes de Mayo se presentaron inconsistencias en el protocolo de almacenamiento y transmisión de datos del equipo de SO<sub>2</sub>. Esta situación fue corregida en campo y se verificó que el analizador enviara datos en tiempo real. Por otra parte, como resultado del proceso de validación de la serie de PM<sub>2.5</sub> en la estación MED-PJIC se identificaron datos inconsistentes de acuerdo a los lineamientos establecidos en los procesos de validación de contaminantes definidos en el Sistema de Gestión de Calidad.

Tabla 3.1: Porcentaje de datos válidos para los contaminantes

Estaciones	PM2.5	PM10	NO	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	PM2.5(s)	PM10(s)
BAR-TORR	91.8									
BAR-PDLA						99.9				
GIR-EPM	98.9	87.9	94.6	94.6	94.6	99.5	98.7	96.6		
COP-HSMA										90.9
COP-CVID	85.6									
BEL-FEVE	98.1									
BEL-JEGA									100.0	
BEL-USBV		98.9				99.5				
MED-ARAN	97.7									
MED-SCRI	87.1									
MED-ITMR		83.3	82.7	83.2	83.2					
MED-FISC	99.1		99.6	99.6	99.6	99.2				
MED-VILL	96.9									
CEN-TRAF	85.1	86.0	92.5	92.5	92.5			60.6		
MED-CORA										100.0
MED-EXSA		98.4								
MED-BEME	89.0									
MED-SELE	96.2									
MED-UDEM						99.7				

Tabla 3.1: Porcentaje de datos válidos para los contaminantes

Estaciones	PM2.5	PM10	NO	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	PM2.5(s)	PM10(s)
MED-MIRA						99.3				90.9
MED-ALTA	98.7									
MED-PJIC		92.3	89.7	89.7	89.7		89.2		54.5	100.0
MED-TESO	88.2									
ITA-PTAR										100.0
ITA-POGO		96.0								100.0
ITA-CJUS	99.7		97.0	97.0	97.0					
MED-LAYE	99.5					99.6				
ITA-CONC	99.2	97.8				99.7				
ENV-HOSP	95.6									
EST-MAGO										100.0
EST-HOSP	99.3									
SUR-TRAF	99.9	92.6	89.0	89.0	89.0					100.0
SAB-RAME	95.8									
CAL-LASA	99.6					98.1				
CAL-JOAR	97.7									100.0

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

Los resultados presentados en este informe se calculan a partir de las concentraciones sometidas a ensayo y muestreo por las estaciones manuales y automáticas, respectivamente. Las concentraciones a analizar en este informe son las pertenecientes al mes de Mayo y son responsabilidad del proyecto SIATA. Los resultados de los contaminantes criterio son comparados con la norma colombiana en unidades de  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , bajo condiciones de referencia. Los resultados del gas  $\text{NO}_x$  son reportados en *ppm*, al no tener factor de conversión a las unidades  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

En el Anexo 5 se reportan las condiciones ambientales al interior de las estaciones. En este anexo se presentan los resultados para la temperatura y la humedad relativa.

## Índice de Calidad del Aire (ICA)

El Índice de Calidad del Aire (ICA) es un indicador adimensional que oscila entre 0 y 500. Este indicador se desarrolla con el propósito de informar a la comunidad sobre el estado de la calidad del aire y advertir sobre posibles riesgos a la salud ante la exposición a una atmósfera contaminada, dividiéndose en las siguientes categorías y colores que representan la calidad del aire: Bueno (verde), moderado (amarillo), dañino para la salud de grupos sensibles (naranja) y dañino para la salud (rojo) (U.S. Environmental Protection Agency, 2014). La Tabla 3.2 presenta los puntos de Corte del ICA para las diferentes clasificaciones.

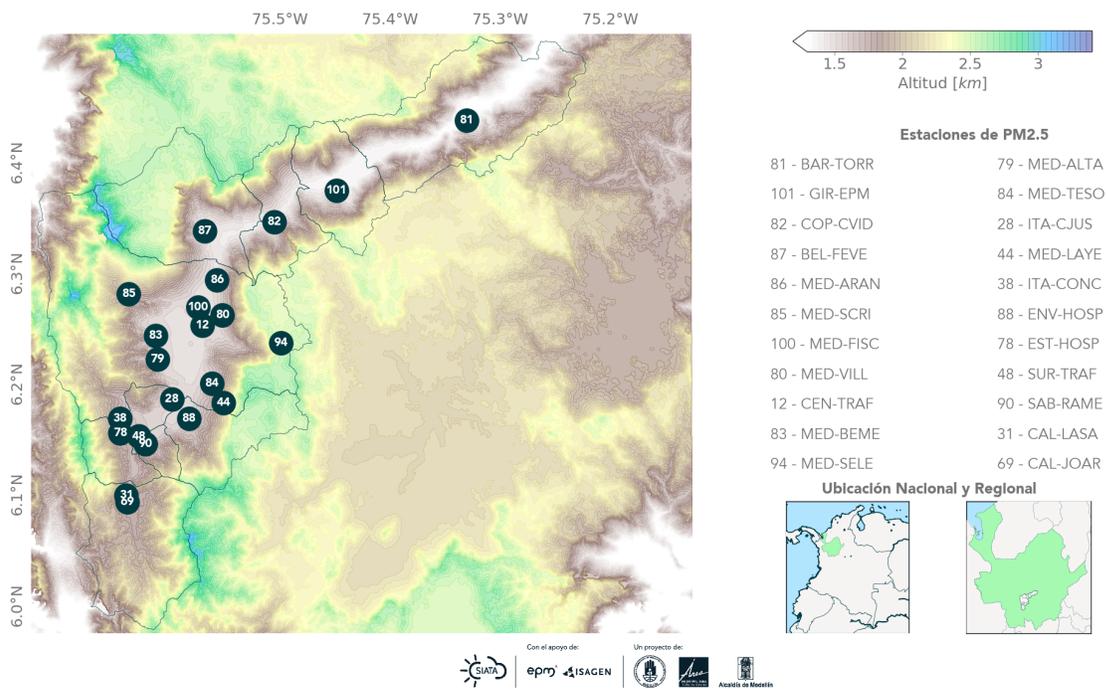
ICA	COLOR	CLASIFICACIÓN	O <sub>3</sub> 8h µg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> 1h µg/m <sup>3</sup>	PM10 24h µg/m <sup>3</sup>	PM2.5 24h µg/m <sup>3</sup>	CO 8h µg/m <sup>3</sup>	SO <sub>2</sub> 24h µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> 1h µg/m <sup>3</sup>
0-50	Verde	Buena	0-106	--	0-54	0-12	0-5094	0-93	0-100
51-100	Amarillo	Aceptable	107-138	--	55-154	13-37	5095-10819	94-197	101-189
101-150	Naranja	Dañina a la salud de grupos sensibles	139-167	245-323	155-254	38-55	10820-14254	198-486	190-677
151-200	Rojo	Dañina a la salud	168-207	324-401	255-354	56-150	14255-17688	487-797	678-1221
201-300	Morado	Muy dañina a la salud	208-393	402-794	355-424	151-250	17689-34862	798-1583	1222-2349
301-500	Marrón	Peligrosa	394	795-1185	425-604	251-500	34863-57703	1584-2629	2350-3853

Tabla 3.2: Puntos de Corte del ICA

## 4 Material Particulado menor a $2.5 \mu m$ (PM2.5)

El Material Particulado menor a  $2.5 \mu m$  (PM2.5) es uno de los contaminantes criterio que tienen más impacto en la calidad del aire de la región metropolitana, además de ser uno de los más perjudiciales para la salud de las personas, debido a su capacidad para penetrar en las regiones más profundas del sistema respiratorio (Jaime and Vasco, 2008). El PM2.5 es clave para establecer el estado de la calidad del aire de la región y, junto con el material particulado PM10 y el ozono, constituyen los contaminantes principales en la gestión de episodios de contaminación en el Valle de Aburrá, para lo cual se considera como información base la presentada en la Resolución 2254 de 2017 del MADS.

Durante el mes de Mayo de 2021, operaron 22 estaciones de monitoreo automático de PM2.5, ubicadas en los 10 municipios del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. La Figura 4.1 presenta el mapa con la ubicación geográfica de las diferentes estaciones automáticas de PM2.5.

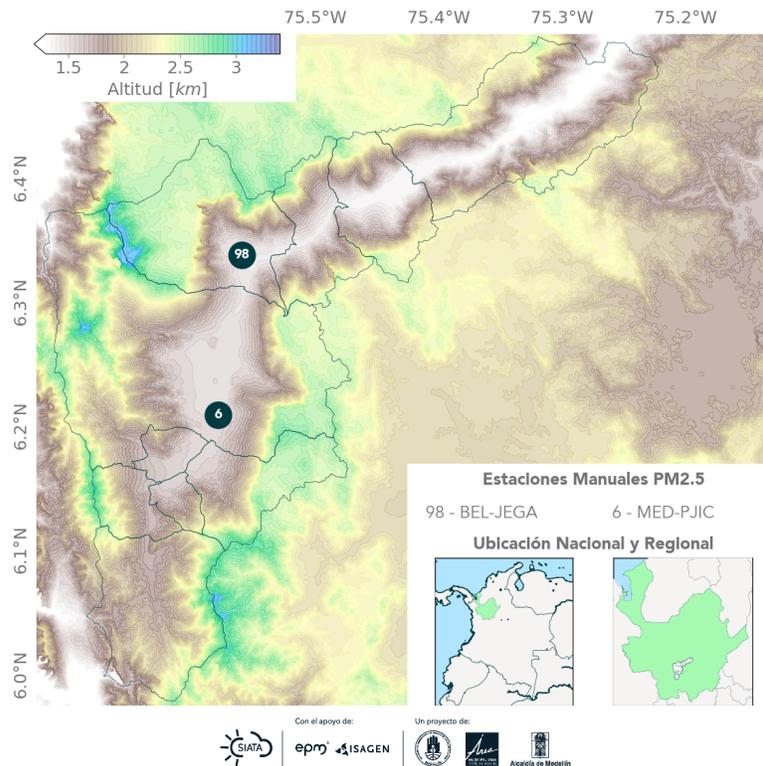


**Figura 4.1:** Estaciones automáticas de monitoreo de PM2.5.

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

Se cuenta además con 2 estaciones manuales de monitoreo de PM2.5, las cuales están ubicadas en 2 municipios del área metropolitana. La Figura 4.2 presenta el mapa con la ubicación geográfica de estas estaciones. En el Anexo 4 se reporta la información de cada muestra ensayada durante el mes para los equipos manuales, de acuerdo a los requisitos de la norma NTC-ISO/IEC 17025:2005.

Finalmente, en el municipio de Itagüí se realiza una campaña de monitoreo de PM<sub>2.5</sub> en la unidad residencial Reservas del Sur (estación ITA-RESU). Los resultados de esta campaña no se incluyen en el presente informe dado que este equipo no tiene método de designación por parte de alguna agencia ambiental y como tal no está incluido en la acreditación de la red de monitoreo.



**Figura 4.2:** Estaciones manuales de monitoreo de PM<sub>2.5</sub>.

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

## Concentración Promedio Diaria de PM<sub>2.5</sub>

En la Figura 4.3 se presenta la concentración diaria de PM<sub>2.5</sub> obtenida durante el mes de Mayo de 2021 en las distintas estaciones de monitoreo automático. Según los resultados mostrados, no se presentaron excedencias a la norma diaria colombiana, definida como  $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la Resolución 2254 del 2017 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).

Es importante mencionar que las estaciones de tráfico se encuentran fuertemente influenciadas por las emisiones vehiculares cercanas (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010), por lo que sus mediciones no son relevantes para determinar la exposición de la población a los contaminantes atmosféricos.

# Informe Mensual de Calidad del Aire. Mayo de 2021

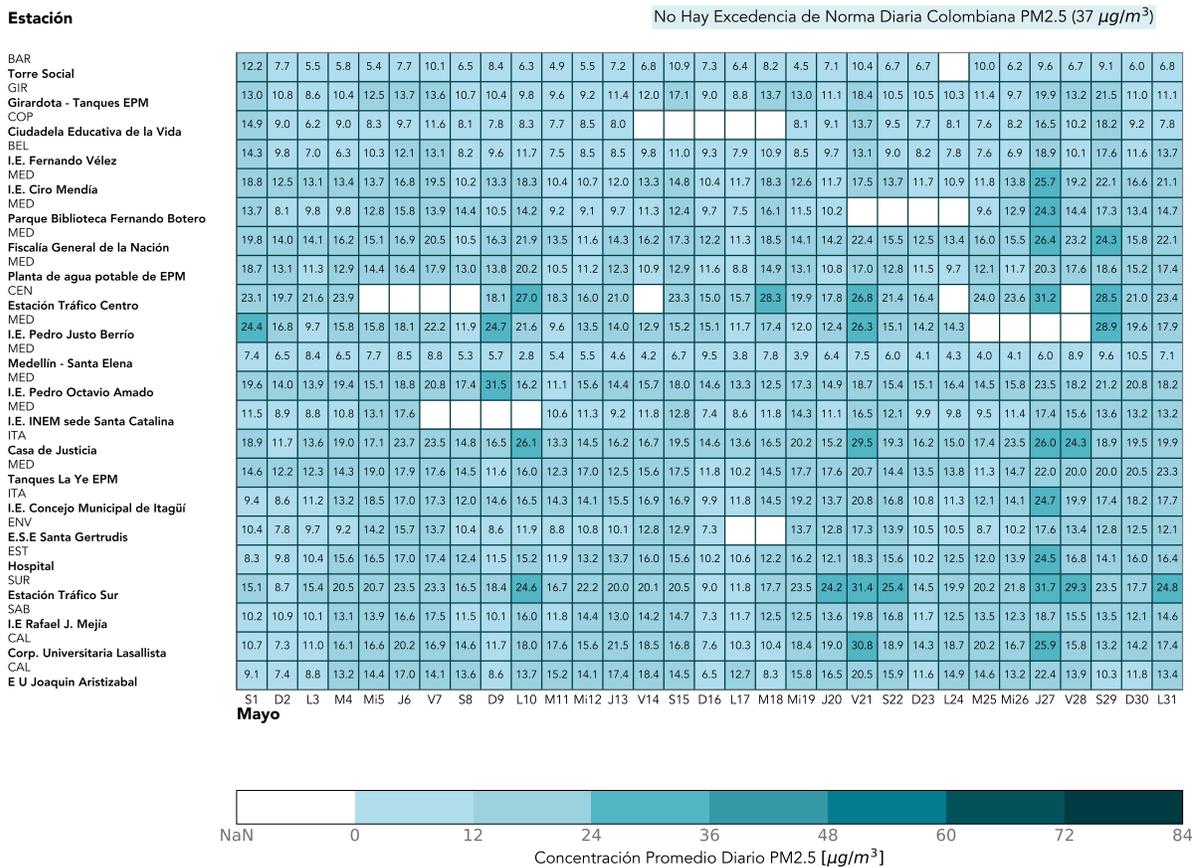


Figura 4.3: Concentración diaria de PM2.5 para las estaciones automáticas.

Nota: 1. En la gráfica NaN corresponde a datos faltantes. 2. En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

En la estación SUR-TRAF se obtuvo la concentración promedio diaria más alta durante el mes de Mayo de 2021, igual a  $31.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Por otra parte, en la estación MED-SELE se registró la menor concentración promedio diaria, igual a  $2.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La Tabla 4.2 presenta los valores medios, mínimos y máximos en la concentración de PM2.5 para cada una de las estaciones, incluyendo los resultados para las estaciones manuales, durante el mes de Mayo.

	MED-ARAN	MED-VILL	MED-SCRI	MED-FISC	CEN-TRAF	MED-BEME	MED-ALTA	MED-PJIC(M)	MED-TESO	MED-LAYE	MED-SELE
CMD	31	31	27	31	24	27	31	6	27	31	31
MAX	25.7	20.3	24.3	26.4	31.2	28.9	31.5	18.2	17.6	23.3	10.5
MEDIA	14.8	14.0	12.5	16.6	21.9	16.7	17.2	NP	11.9	15.8	6.4
MIN	10.2	8.8	7.5	10.5	15.0	9.6	11.1	5.2	7.4	10.2	2.8
NEND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 4.1: Estadísticos de las concentraciones de PM2.5 durante el mes de Mayo de 2021 para las estaciones del municipio de Medellín

	BAR-TORR	GIR-EPM	COP-CVID	BEL-FEVE	BEL-JEGA(M)	ITA-CJUS	ENV-HOSP	ITA-CONC	SUR-TRAF	EST-HOSP	CAL-LASA	CAL-JOAR	SAB-RAME
CMD	30	31	26	31	11	31	29	31	31	31	31	31	31
MAX	12.2	21.5	18.2	18.9	43.7	29.5	17.6	24.7	31.7	24.5	30.8	22.4	19.8
MEDIA	7.4	12.1	9.6	10.3	24.3	18.5	11.7	15.1	20.4	14.1	16.3	13.6	13.4
MIN	4.5	8.6	6.2	6.3	10.2	11.7	7.3	8.6	8.7	8.3	7.3	6.5	7.3
NEND	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0

**Tabla 4.2:** Estadísticos de las concentraciones de PM2.5 durante el mes de Mayo de 2021 para los municipios del área metropolitana del Valle de Aburrá diferentes a Medellín.

**Nota:** 1. CMD: Cantidad de Muestras Diarias; NEND: Número de excedencias a la norma diaria; NP: No se presentan resultados debido a que no se obtuvo el 75% de los datos válidos requeridos; MAX: Concentración promedio diaria máxima obtenida durante el mes; MIN: Concentración promedio diaria mínima obtenida durante el mes; MEDIA : Concentración promedio diaria. 2. Las estaciones sombreadas son equipos semiautomáticos o manuales, los demás son automáticos. 3. En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

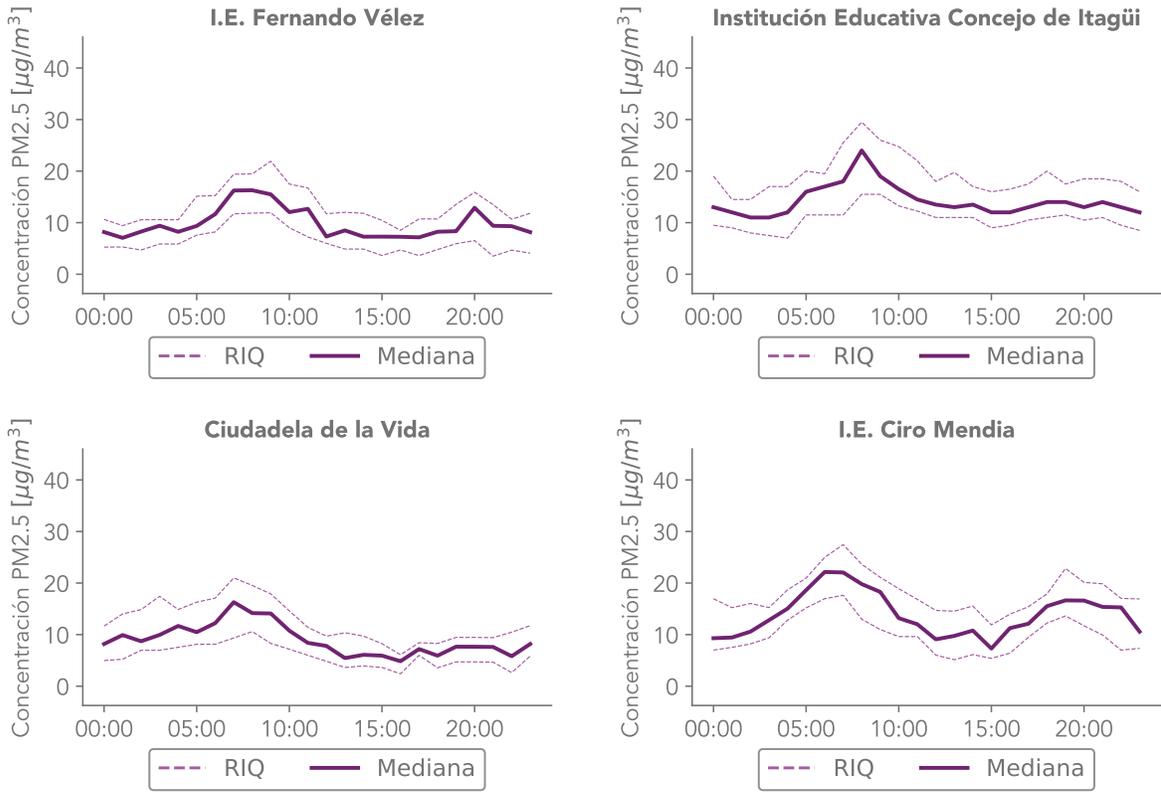
Al considerar las estaciones poblacionales que operan en el municipio de Medellín, la estación ubicada en la Institución Educativa Pedro Octavio Amado (estación MED-ALTA) fue la estación con mayor concentración promedio durante el mes, igual a  $17.2 /m^3$  mientras que la menor concentración promedio, igual a  $6.4 /m^3$  se obtuvo en el corregimiento de Santa Elena. Por otra parte, la concentración promedio mensual más alta en las estaciones poblacionales automáticas ubicadas en el resto de municipios del área metropolitana, igual a  $18.5 /m^3$ , se obtuvo en la estación Casa de Justicia del municipio de Itagüí.

## Ciclo Diurno de la Concentración de PM2.5

La Figura 4.4 presenta el ciclo diurno de la concentración de PM2.5 para las diferentes estaciones de monitoreo automático. En general puede observarse un comportamiento típico bimodal de las concentraciones a lo largo del día, con un período de mayor concentración de partículas entre las 06:00 y las 10:00 y uno, un poco menos pronunciado, entre las 19:00 y las 23:00.

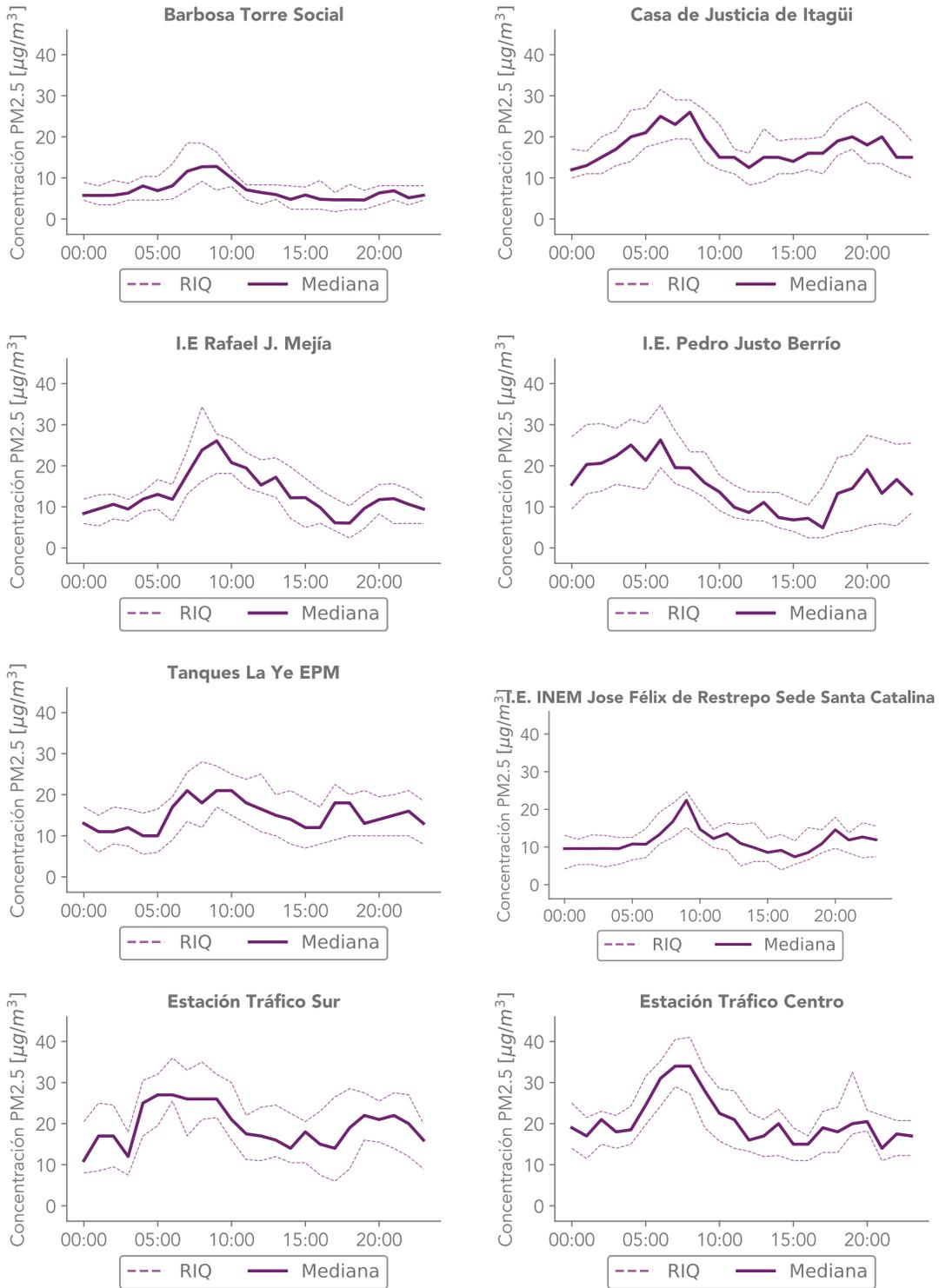
Dicho comportamiento es más notorio en las estaciones ubicadas al sur del Área Metropolitana, en especial para la estación SUR-TRAF, la cual está fuertemente influenciada por los efectos del tráfico. El ciclo bimodal podría ser explicado por el comportamiento meteorológico de la zona y la dinámica de movilidad dentro del área metropolitana. Las horas del día en las cuales se presenta mayor concentración de partículas con diámetro menor a 2.5 micrómetros corresponden a las horas en donde la superficie de la atmósfera aún no ha sido calentada por los efectos de la radiación solar, impidiendo la dispersión y el ascenso de contaminantes a la atmósfera libre. Esta condición se conoce como estabilidad atmosférica, y favorece la acumulación de contaminantes en la superficie. A medida que la superficie se calienta, los contaminantes pueden ser removidos de la capa límite atmosférica, logrando las mínimas concentraciones de PM2.5 en horas de la tarde.

Sumado a este efecto se encuentra la dinámica de movilidad que se desarrolla en la ciudad. Las horas de máxima concentración de PM2.5 corresponden también a las horas pico de movilidad, las cuales se caracterizan por un alto flujo vehicular, identificado como una de las principales fuentes emisoras de partículas menores a  $2.5 \mu m$ .



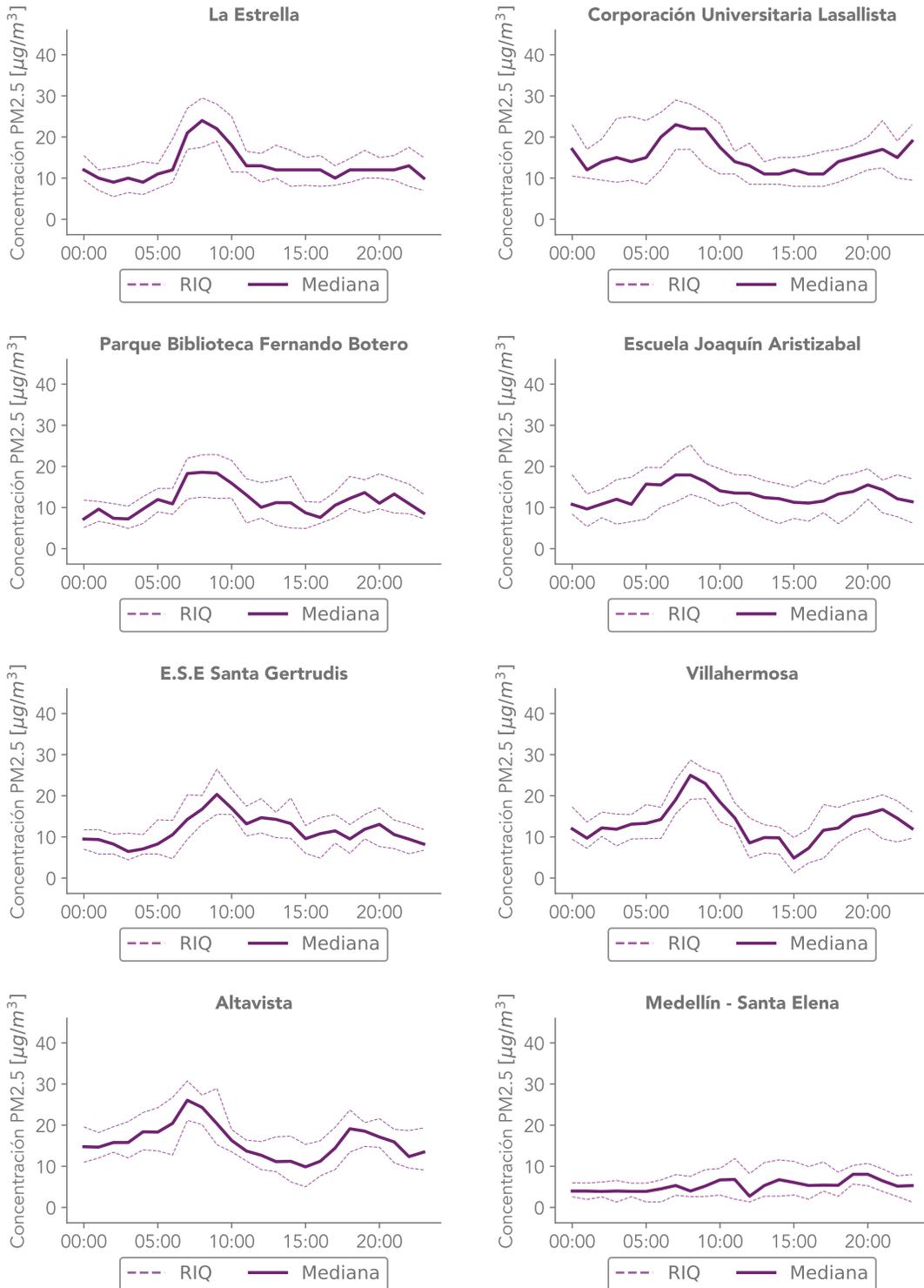
**Figura 4.4:** Ciclo diario de PM2.5 para las estaciones automáticas

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.



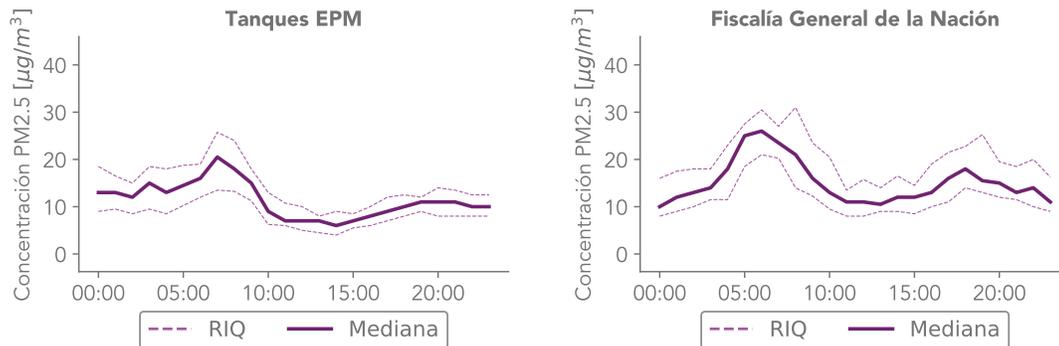
**Figura 4.4:** Continuación

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.



**Figura 4.4:** Continuación

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.



**Figura 4.4:** Continuación

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

## Índice de Calidad del Aire (ICA) para el PM2.5

La Figura 4.5 muestra la variación del índice de calidad del aire asociado a PM2.5 para las diferentes estaciones automáticas que operaron durante el mes de Mayo del 2021. Puede observarse como todas las estaciones presentaron valores de ICA equivalentes a las clasificaciones moderada y buena. Durante el mes no se presentaron clasificaciones del ICA dañinas para la salud de grupos sensibles o dañinas para la salud.

PM2.5	Mayo																															
	S1	D2	L3	M4	Mi5	J6	V7	S8	D9	L10	M11	Mi12	J13	V14	S15	D16	L17	M18	Mi19	J20	V21	S22	D23	L24	M25	Mi26	J27	V28	S29	D30	L31	
<b>Estaciones</b>	DE REPRESENTACIÓN POBLACIONAL																															
Barbosa	12	8	6	6	5	8	10	7	8	6	5	5	7	7	11	7	8	8	5	7	10	7	7		10	6	10	7	9	6	7	
Torre Social	13	11	9	10	12	14	14	11	10	10	10	9	11	12	17	9	9	14	13	11	18	10	11	10	11	10	20	13	22	11	11	
Girardota	15	9	6	9	8	10	12	8	8	8	8	8							8	9	14	9	8	8	8	8	16	10	18	9	8	
Girardota - Tanques EPM	14	10	7	6	10	12	13	8	10	12	8	9	8	10	11	9	8	11	9	10	13	9	8	8	8	7	19	10	18	12	14	
Copacabana	19	12	13	13	14	17	20	10	13	18	10	11	12	13	15	10	12	18	13	12	17	14	12	11	12	14	26	19	22	17	21	
Ciudadela Educativa de la Vida	14	8	10	10	13	16	14	14	10	14	9	9	10	11	12	10	8	16	12	10					10	13	24	14	17	13	15	
Bello	19	13	11	13	14	16	18	13	14	20	11	11	12	11	13	12	9	15	13	11	17	13	11	10	12	12	20	18	19	15	17	
I.E. Fernando Vélez	24	17	10	16	16	18	22	12	25	22	10	14	14	13	15	15	12	17	12	12	26	15	14	14				29	20	18		
Medellín - Aranjuez	7	7	8	7	8	8	9	5	6	3	5	6	5	4	7	9	4	8	4	6	8	6	4	4	4	4	6	9	10	11	7	
I.E. Ciro Mendía	20	14	14	19	15	19	21	17	32	16	11	16	14	16	18	15	13	13	17	15	19	15	15	16	15	16	23	18	21	21	18	
Medellín - San Cristobal	12	9	9	11	13	18					11	11	9	12	13	7	9	12	14	11	16	12	10	10	9	11	17	16	14	13	13	
Parque Biblioteca Fernando Botero	19	12	14	19	17	24	24	15	16	26	13	14	16	17	20	15	14	16	20	15	29	19	16	15	17	23	26	24	19	20	20	
Medellín - Villahermosa	15	12	12	14	19	18	18	14	12	16	12	17	12	16	18	12	10	14	18	18	21	14	14	14	11	15	22	20	20	21	23	
Planta de agua potable de EPM	9	9	11	13	18	17	17	12	15	16	14	14	15	17	17	10	12	14	19	14	21	17	11	11	12	14	25	20	17	18	18	
Medellín - Belén	10	8	10	9	14	16	14	10	9	12	9	11	10	13	13	7				14	13	17	14	11	11	9	10	18	13	13	12	
I.E. Pedro Justo Berrio	8	10	10	16	16	17	17	12	11	15	12	13	14	16	16	10	11	12	16	12	18	16	10	12	12	14	25	17	14	16	16	
Medellín - Santa Elena	10	11	10	13	14	17	18	11	10	16	12	14	13	14	15	7	12	13	12	14	20	17	12	12	13	12	19	15	14	12	15	
Medellín - Altavista	11	7	11	16	17	20	17	15	12	18	18	16	22	19	17	8	10	10	18	19	31	19	14	19	20	17	26	16	13	14	17	
I.E. Pedro Octavio Amado	9	7	9	13	14	17	14	9	14	15	14	17	18	15	7	13	8	16	16	20	16	12	15	15	13	22	14	10	12	13		
Medellín - El Poblado	20	14	14	19	15	19	21	17	32	16	11	16	14	16	18	15	13	13	17	15	19	15	15	16	15	16	23	18	21	21	18	
I.E. INEM sede Santa Catalina	12	9	9	11	13	18					11	11	9	12	13	7	9	12	14	11	16	12	10	10	9	11	17	16	14	13	13	
Itagüí	19	12	14	19	17	24	24	15	16	26	13	14	16	17	20	15	14	16	20	15	29	19	16	15	17	23	26	24	19	20	20	
Casa de Justicia	15	12	12	14	19	18	18	14	12	16	12	17	12	16	18	12	10	14	18	18	21	14	14	14	11	15	22	20	20	21	23	
Medellín - El Poblado	9	9	11	13	18	17	17	12	15	16	14	14	15	17	17	10	12	14	19	14	21	17	11	11	12	14	25	20	17	18	18	
Tanques La Ye EPM	10	8	10	9	14	16	14	10	9	12	9	11	10	13	13	7				14	13	17	14	11	11	9	10	18	13	13	12	
Itagüí	8	10	10	16	16	17	17	12	11	15	12	13	14	16	16	10	11	12	16	12	18	16	10	12	12	14	25	17	14	16	16	
I.E. Concejo Municipal de Itagüí	10	11	10	13	14	17	18	11	10	16	12	14	13	14	15	7	12	13	12	14	20	17	12	12	13	12	19	15	14	12	15	
Erwigado	11	7	11	16	17	20	17	15	12	18	18	16	22	19	17	8	10	10	18	19	31	19	14	19	20	17	26	16	13	14	17	
E.S.E Santa Gertrudis	9	7	9	13	14	17	14	9	14	15	14	17	18	15	7	13	8	16	16	20	16	12	15	15	13	22	14	10	12	13		
La Estrella	20	14	14	19	15	19	21	17	32	16	11	16	14	16	18	15	13	13	17	15	19	15	15	16	15	16	23	18	21	21	18	
Hospital	12	9	9	11	13	18					11	11	9	12	13	7	9	12	14	11	16	12	10	10	9	11	17	16	14	13	13	
Sabaneta	19	12	14	19	17	24	24	15	16	26	13	14	16	17	20	15	14	16	20	15	29	19	16	15	17	23	26	24	19	20	20	
I.E. Rafael J. Mejía	15	12	12	14	19	18	18	14	12	16	12	17	12	16	18	12	10	14	18	18	21	14	14	14	11	15	22	20	20	21	23	
Caldas	9	9	11	13	18	17	17	12	15	16	14	14	15	17	17	10	12	14	19	14	21	17	11	11	12	14	25	20	17	18	18	
Corp. Universitaria Lasallista	10	8	10	9	14	16	14	10	9	12	9	11	10	13	13	7				14	13	17	14	11	11	9	10	18	13	13	12	
E U Joaquín Aristizabal	8	10	10	16	16	17	17	12	11	15	12	13	14	16	16	10	11	12	16	12	18	16	10	12	12	14	25	17	14	16	16	
Medellín	10	11	10	13	14	17	18	11	10	16	12	14	13	14	15	7	12	13	12	14	20	17	12	12	13	12	19	15	14	12	15	
Fiscalía General de la Nación	11	7	11	16	17	20	17	15	12	18	18	16	22	19	17	8	10	10	18	19	31	19	14	19	20	17	26	16	13	14	17	
Medellín - Centro	9	7	9	13	14	17	14	9	14	15	14	17	18	15	7	13	8	16	16	20	16	12	15	15	13	22	14	10	12	13		
Estación Tráfico Centro	20	14	14	16	15	17	20	11	16	22	14	12	14	16	17	12	11	19	14	14	22	16	13	13	16	15	26	23	24	16	22	
Sabaneta	23	20	22	24						18	27	18	16	21		23	15	16	28	20	18	27	21	16		24	24	31		28	21	23
Estación Tráfico Sur	15	9	15	20	21	23	23	17	18	25	17	22	20	20	21	9	12	18	23	24	31	25	15	20	20	22	32	29	24	18	25	

**Figura 4.5:** Índice de Calidad del Aire para las estaciones automáticas de PM2.5.  
**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

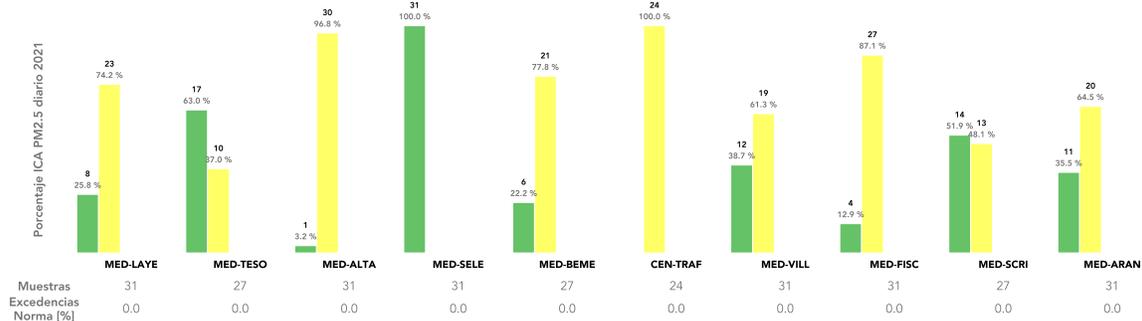
En la Figura 4.6, se muestra el ICA de las estaciones manuales de PM2.5 que hacen parte de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire. Según el método de medición, estos equipos tienen una resolución de muestreo diaria y no horaria como en el caso de las estaciones automáticas. Cabe agregar que la frecuencia de monitoreo es, en términos generales, cada 3 días. En la Figura 4.6, los cuadros grises corresponden a días en los que se invalidaron los datos o que por razones técnicas no se realizaron muestreos.

PM2.5M	Mayo										
	S1	M4	J6	D9	Mi12	D16	Mi19	S22	M25	J27	L31
<b>Estaciones</b>											
Bello	39	40	44	37	11	17	22	13	10	22	12
I.E. Jorge Eliecer Gaitán											
Medellín	5		12				18	11	12	16	
Politécnico JIC											

**Figura 4.6:** Índice de Calidad del Aire para las estaciones manuales de PM2.5.  
**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

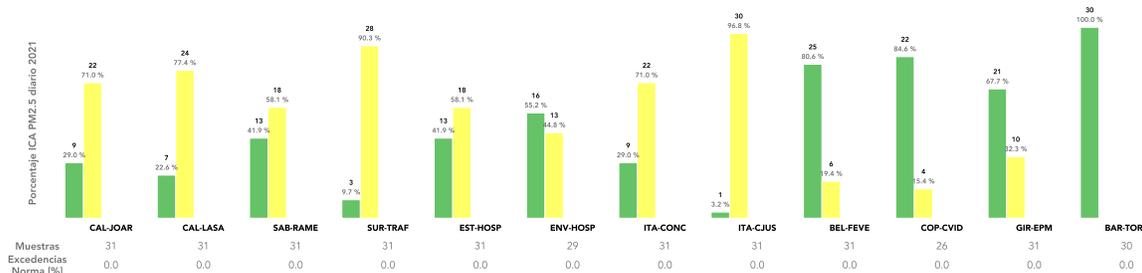
En las Figuras 4.7, 4.8 y 4.9 puede observarse un resumen de la información presentada en los gráficos

anteriores. Se muestra el porcentaje y el número de días en los que los registros de cada estación en el municipio de Medellín (Figura 4.7) o en los demás municipios del área metropolitana (figura 4.8) se clasificaron en las diferentes categorías del ICA. Es posible observar que solamente se presentaron excedencias, 4 en total, en la estación BEL-JEGA. Se puede observar igualmente como la estación CEN-TRAF corresponde a la estación automática con menor número de muestras diarias durante el mes.



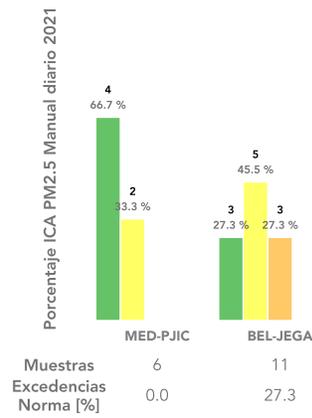
**Figura 4.7:** Porcentaje de días en las distintas clasificaciones del ICA para las estaciones de PM2.5 del municipio de Medellín.

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.



**Figura 4.8:** Porcentaje de días en las distintas clasificaciones del ICA para las estaciones de PM2.5 de los municipios del área metropolitana del Valle de Aburrá, excepto Medellín.

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.



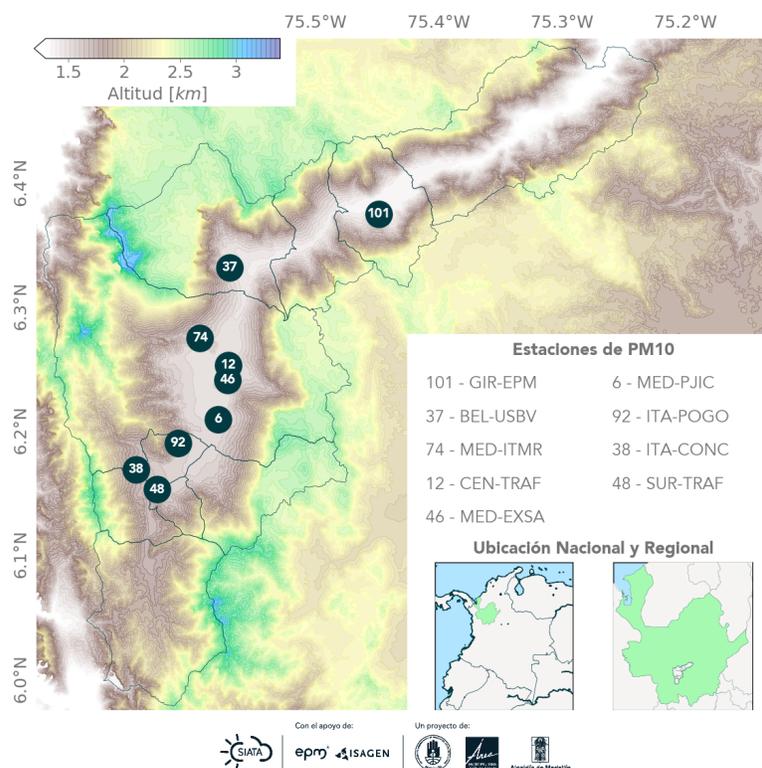
**Figura 4.9:** Porcentaje de días en las distintas clasificaciones del ICA para las estaciones manuales de PM2.5 de los municipios del área metropolitana del Valle de Aburrá.

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

## 5 Material Particulado menor a 10 $\mu m$ (PM10)

El Material Particulado menor a 10  $\mu m$  (PM10) es uno de los contaminantes criterio monitoreado por la REDMCA. De acuerdo a la última actualización del inventario de emisiones del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (año base 2018), las emisiones de PM10 están asociadas mayoritariamente a las fuentes fijas, siendo el sector textil, el sector con mayor aporte (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2018).

Durante el mes de Mayo de 2021 operaron 9 estaciones automáticas de PM10, las cuales realizan monitoreo continuo cada hora mediante un equipo BAM1020 de la marca Met-One, ubicadas en 5 de los 10 municipios del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. La Figura 5.1 presenta el mapa con la ubicación geográfica de las diferentes estaciones automáticas de PM10.

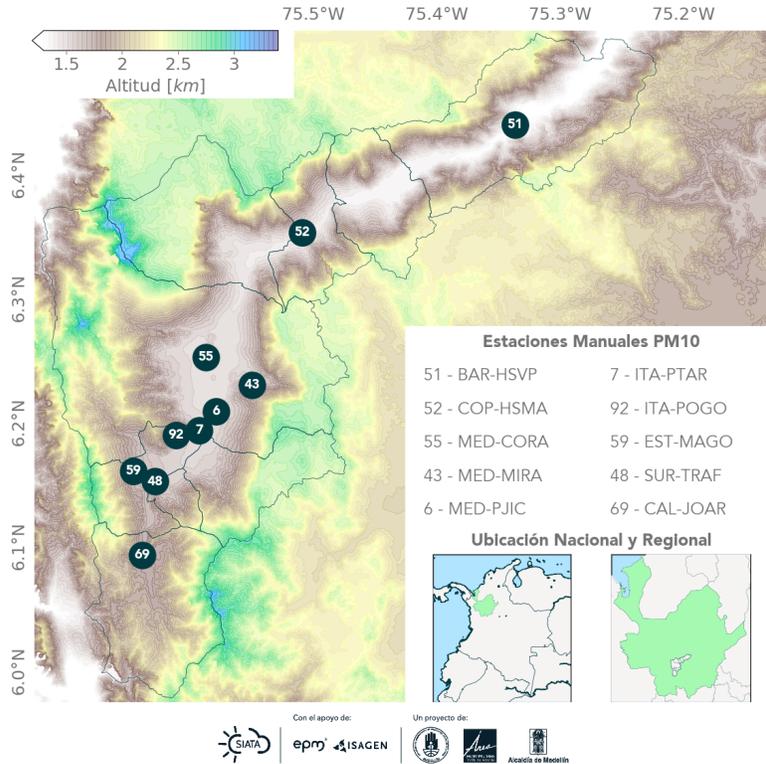


**Figura 5.1:** Estaciones automáticas de monitoreo de PM10.

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

Se cuenta además con un total de 10 equipos manuales para el monitoreo de PM10, los cuales están distribuidos en 7 municipios del área metropolitana. La Figura 5.2 presenta el mapa con la ubicación geográfica de estos. En el Anexo 4 se reporta la información de cada muestra ensayada durante el mes,

de acuerdo a los requisitos de la norma NTC-ISO/IEC 17025:2005.

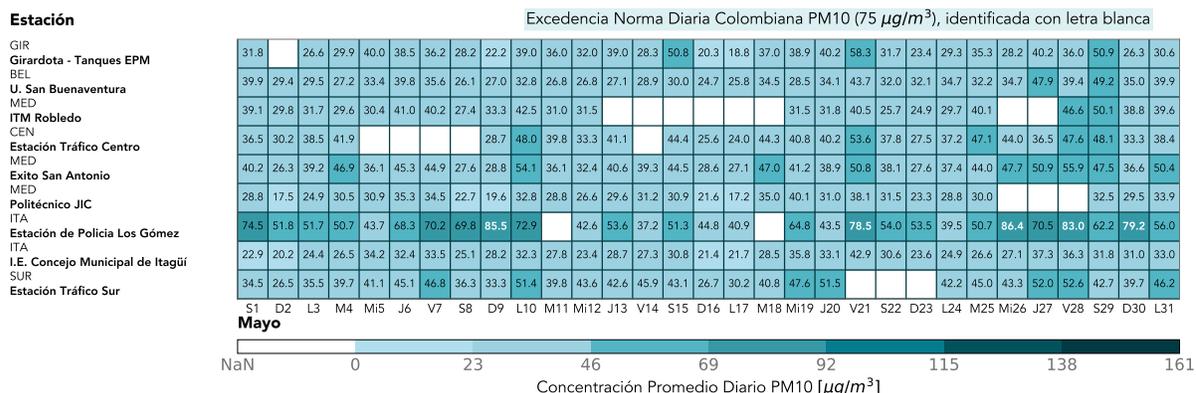


**Figura 5.2:** Estaciones manuales de monitoreo de PM10.

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

## Concentración Promedio Diaria de PM10

En la Figura 5.3 se presentan las concentraciones promedio diarias de PM10 obtenidas durante el mes de Mayo de 2021 para las distintas estaciones de monitoreo automático. Puede observarse como durante el mes, y para las diferentes estaciones, se presentaron 5 excedencias (representadas con letra blanca dentro de la gráfica) a la norma diaria colombiana (definida como  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la Resolución 2254 del 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) en la estación ITA-POGO.



**Figura 5.3:** Concentración Diaria de PM10 para las estaciones automáticas. **Nota:** 1. En la gráfica NaN corresponde a datos faltantes.

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

El resumen de las concentraciones de PM10 obtenidas durante el mes de Mayo en las estaciones automáticas y manuales se reporta en las Tablas 5.1 y 5.2. Se incluyen los valores máximos y mínimos diarios, y la concentración promedio mensual.

	GIR-EPM	BEL-USBV	MED-ITMR	CEN-TRAF	MED-EXSA	MED-PJIC	ITA-POGO	ITA-CONC	SUR-TRAF
CMD	30	31	23	26	31	28	29	31	28
MAX	58.3	49.2	50.1	53.6	55.9	40.1	86.4	42.9	52.6
MEDIA	34.1	33.2	NP	38.8	40.4	29.2	59.7	29.1	41.6
MIN	18.8	24.7	24.9	24.0	26.3	17.2	37.2	20.2	26.5
NEND	0	0	0	0	0	0	5	0	0

**Tabla 5.1:** Estadísticos de PM10 para las estaciones automáticas, Mayo 2021

**Nota:** 1. CMD: Cantidad de Muestras Diarias; NEND: Número de excedencias a la norma diaria; NP: No se presentan resultados debido a que no se obtuvo el 75% de los datos válidos requeridos; MAX: Concentración promedio diaria máxima obtenida durante el mes; MIN: Concentración promedio diaria mínima obtenida durante el mes; MEDIA : Concentración promedio diaria. 2. Las estaciones sombreadas son equipos semiautomáticos o manuales, los demás son automáticos. 3. En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

	BAR- H SVP(M)	COP- H SMA(M)	MED- C ORA(M)	MED- M IRA(M)	MED- P JIC(M)	ITA- PT AR(M)	ITA- PO GO(M)	EST- M AGO(M)	SUR- T RAF(M)	CAL- J OAR(M)
CMD	10	10	11	10	11	11	11	11	11	11
MAX	30.5	33.4	33.2	24.5	37.8	29.3	63.6	36.0	46.5	31.6
MEDIA	14.8	18.8	23.1	18.1	26.2	20.1	46.1	27.5	31.0	21.8
MIN	5.1	7.8	10.9	12.4	16.8	7.9	32.2	16.4	19.0	6.6
NEND	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

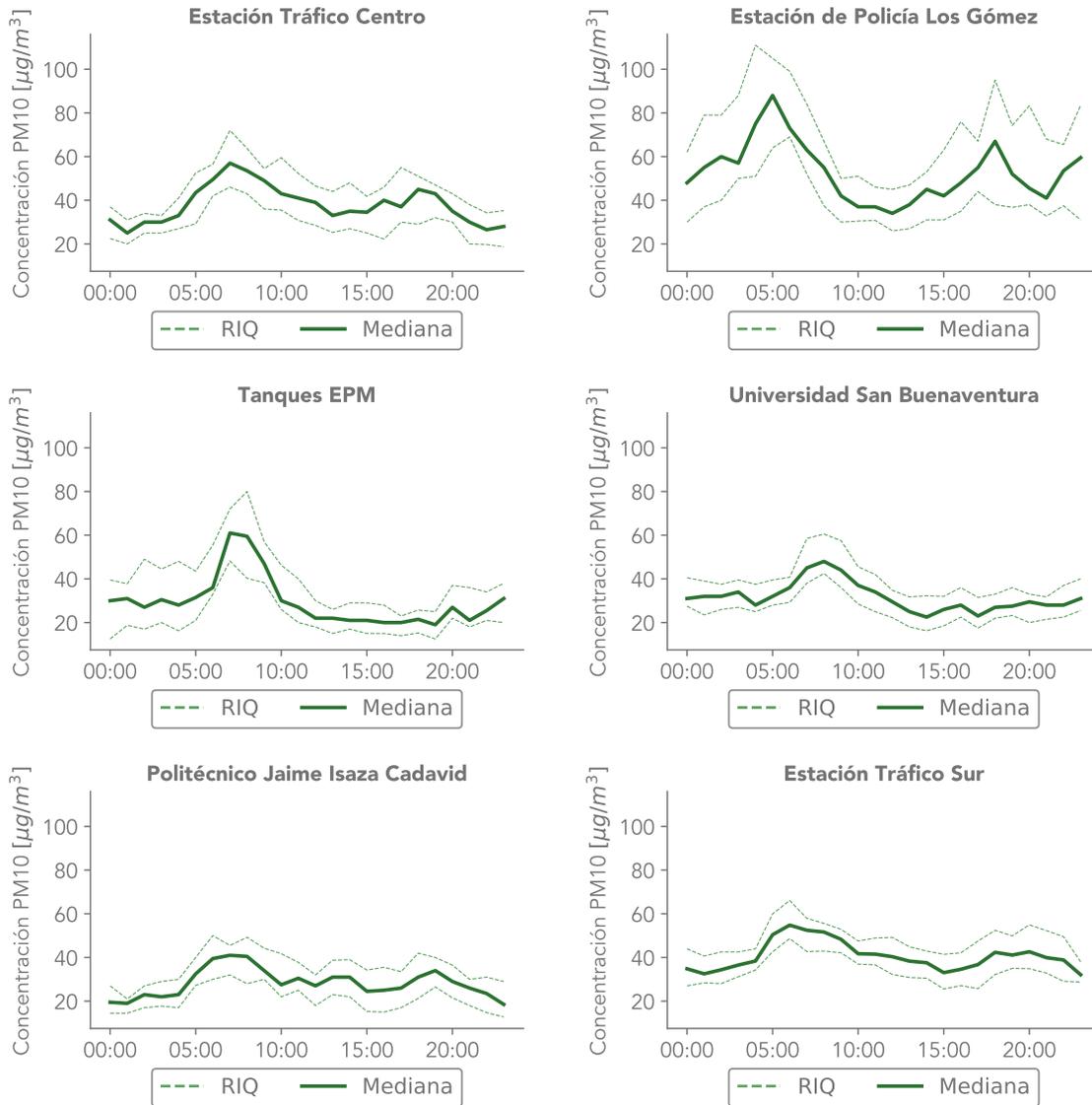
**Tabla 5.2:** Estadísticos de PM10 para las estaciones manuales, Mayo 2021

**Nota:** 1. CMD: Cantidad de Muestras Diarias; NEND: Número de excedencias a la norma diaria; NP: No se presentan resultados debido a que no se obtuvo el 75% de los datos válidos requeridos; MAX: Concentración promedio diaria máxima obtenida durante el mes; MIN: Concentración promedio diaria mínima obtenida durante el mes; MEDIA : Concentración promedio diaria. 2. Las estaciones sombreadas son equipos semiautomáticos o manuales, los demás son automáticos. 3. En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

Al considerar las estaciones automáticas ubicadas en el municipio de Medellín, la estación MED-EXSA, ubicada en el Éxito de San Antonio, fue la estación con mayor concentración promedio durante el mes, igual a  $40.4 /m^3$ . Por otra parte, la estación ITA-POGO en el municipio de Itagüí, fue la estación ubicada por fuera de Medellín con la concentración promedio mensual más alta, igual a  $59.7 /m^3$ .

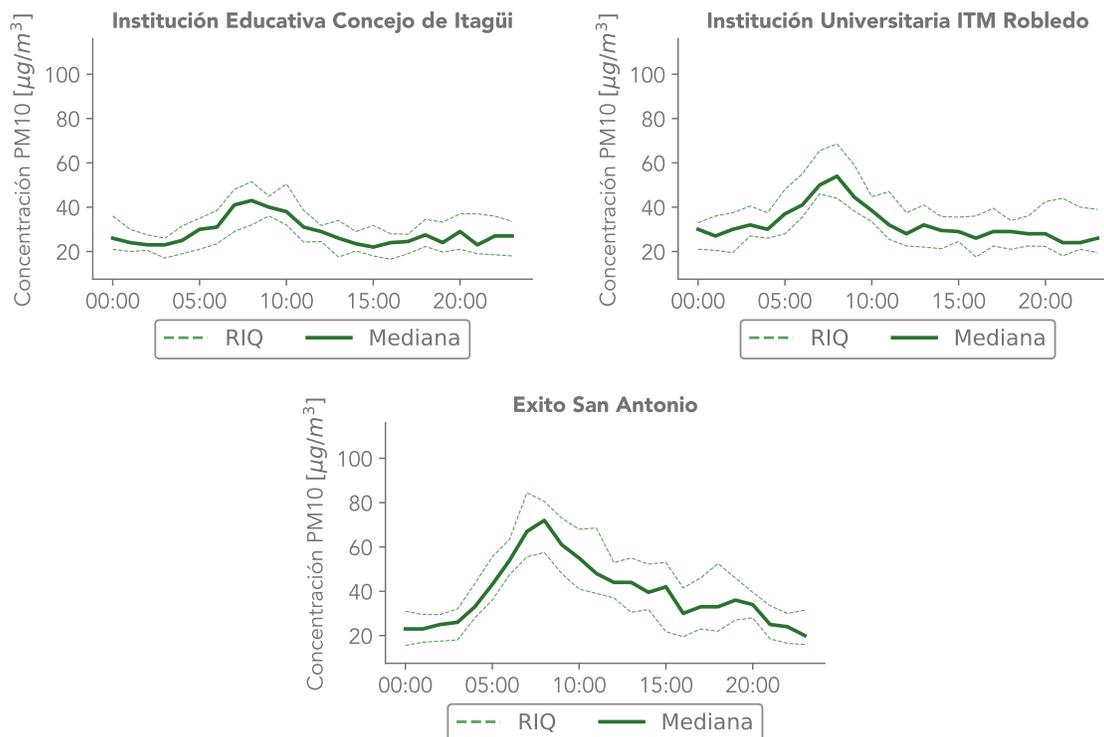
## Ciclo Diurno de la Concentración de PM10

La Figura 5.4 presenta el ciclo diurno de la concentración de PM10 para las diferentes estaciones de monitoreo automáticas. Para el caso del PM10 el patrón en el ciclo diurno de la concentración no es tan marcado como para el PM2.5, sin embargo se conserva para todas las estaciones el pico máximo de concentración en las primeras horas de la mañana. Esto podría relacionarse, al igual que para el PM2.5, a las características meteorológicas de la región y a las dinámicas de emisión de contaminantes propias del área metropolitana. Igualmente las concentraciones de PM10 pueden verse afectadas por procesos meteorológicos de alcance global, por ejemplo el transporte de arenas desde el Sahara por las ondas del este.



**Figura 5.4:** Ciclo diario de PM10 para las estaciones automáticas

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.



**Figura 5.4:** Continuación

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

## Índice de Calidad del Aire (ICA) para PM10

La Figura 5.5 muestra la variación del índice de calidad de aire asociado a PM10 para las diferentes estaciones automáticas durante el mes de Mayo del 2021. Según los resultados, la mayoría de estaciones presentaron valores de ICA equivalentes a la clasificación buena. En ninguna de las estaciones se alcanzaron valores de ICA correspondientes a las categorías de calidad de aire dañina para la salud de grupos sensibles o dañina para la salud.

La variación del índice de calidad del aire para las estaciones manuales de PM10 se muestra en la Figura 5.6. Cabe recordar que dado el método de medición de estos equipos, la frecuencia de monitoreo es, en términos generales, cada 3 días. En la Figura, los cuadros grises corresponden a días en los que se invalidaron los datos o que por razones técnicas no se realizaron muestreos.

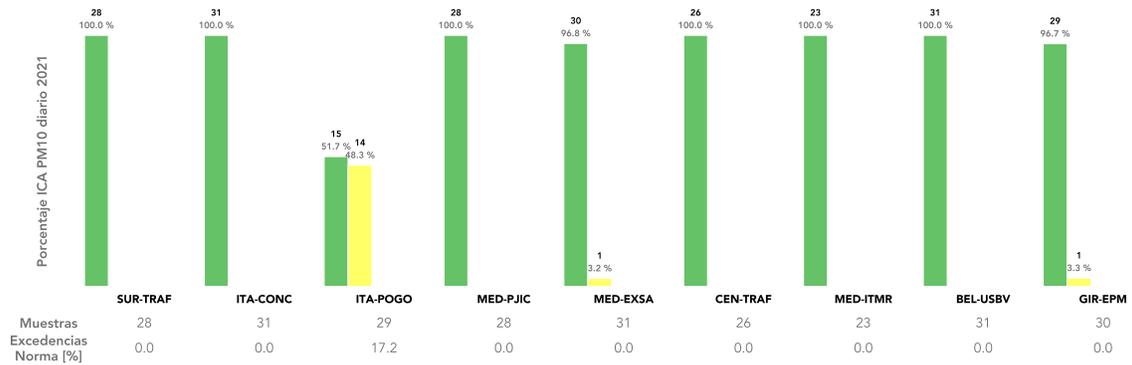
PM10	Mayo																															
	S1	D2	L3	M4	Mi5	J6	V7	S8	D9	L10	M11	Mi12	J13	V14	S15	D16	L17	M18	Mi19	J20	V21	S22	D23	L24	M25	Mi26	J27	V28	S29	D30	L31	
<b>Estaciones</b>																																
Girardota	32		27	30	40	39	36	28	22	39	36	32	39	28	51	20	19	37	39	40	58	32	23	29	35	28	40	36	51	26	31	
Girardota - Tanques EPM	40	29	30	27	33	40	36	26	27	33	27	27	29	30	25	26	34	29	34	44	32	32	35	32	35	48	39	49	35	40		
Bello	39	30	32	30	30	41	40	27	33	42	31	32							32	32	40	26	25	30	40			47	50	39	40	
U. San Buenaventura	36	30	39	42					29	48	40	33	41		44	26	24	44	41	40	54	38	28	37	47	44	36	48	48	33	38	
Medellín	40	26	39	47	36	45	45	28	29	54	36	32	41	39	44	29	37	47	41	39	51	38	28	37	44	48	51	56	48	37	50	
Medellín - Centro	29	17	25	31	31	35	34	23	20	33	29	27	30	31	31	22	17	35	40	31	38	32	23	29	30				32	30	34	
Estación Tráfico Centro	74	52	52	51	44	68	70	70	86	73		43	54	37	51	45	41		65	44	79	54	54	39	51	86	70	83	62	79	56	
Medellín - Centro	23	20	24	26	34	32	34	25	28	32	28	23	29	27	31	21	22	28	36	33	43	31	24	25	27	27	37	36	32	31	33	
Exito San Antonio	34	26	36	40	41	45	47	36	33	51	40	44	43	46	43	27	30	41	48	52					42	45	43	52	53	43	40	46
Medellín																																
Politécnico JIC																																
Itagüí																																
Estación de Policía Los Gómez																																
Itagüí																																
I.E. Concejo Municipal de Itagüí																																
Sabaneta																																
Estación Tráfico Sur																																

**Figura 5.5:** Índice de Calidad del Aire para las estaciones automáticas de PM10.  
**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

PM10M	Mayo										
	S1	M4	J6	D9	Mi12	D16	Mi19	S22	M25	J27	L31
<b>Estaciones</b>											
Barbosa	20		18	10	5	22	14	30	7	15	6
H. San Vicente de Paul	21		17	8	19	18	10	20	22	33	20
Copacabana	27	17	33	24	21	23	21	11	24	32	21
H. Santa Margarita	22	12	21	14	18	14	21	15	18	25	
Medellín	27	27	37	18	22	17	38	27	34	35	18
Corantioquia	27	28	29	12	15	8	26	17	20	22	15
Medellín	50	45	64	63	32	34	40	37	34	56	52
Tanques Miraflores	17	25	33	19	30	16	32	35	36	34	26
Medellín	19	29	40	21	32	19	35	30	36	47	33
Politécnico JIC	16	24	32	12	21	7	27	20	29	30	22
Itagüí											
PTAR San Fernando											
Estación de Policía Los Gómez											
Itagüí											
La Estrella											
I.E. Santa María Goretti											
Sabaneta											
Estación Tráfico Sur											
Caldas											
E U Joaquín Aristizabal											

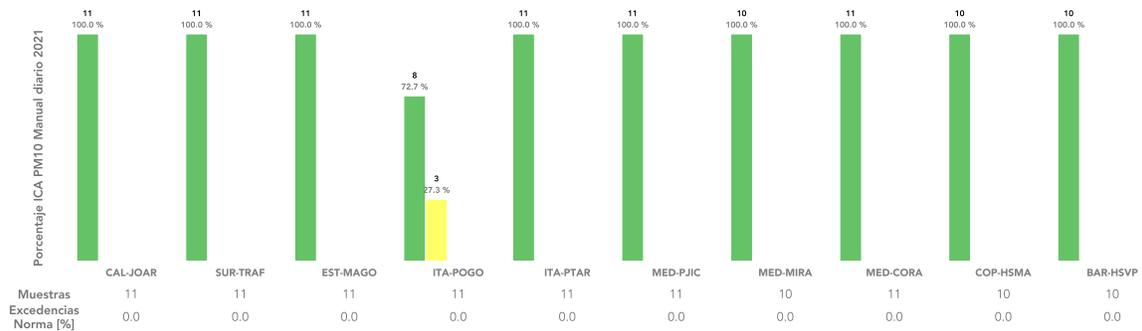
**Figura 5.6:** Índice de Calidad del Aire para las estaciones manuales de PM10.  
**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

En la Figura 5.7 y 5.8, puede observarse un resumen de la información presentada en el gráfico anterior. Se muestra el porcentaje de días que cada estación obtuvo para cada clasificación. La estación ITA-POGO es la única que presenta excedencias a la norma diaria, con un porcentaje de excedencias igual a 17.24%.



**Figura 5.7:** Porcentaje de días en las distintas clasificaciones del ICA para las estaciones automáticas de PM10.

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.



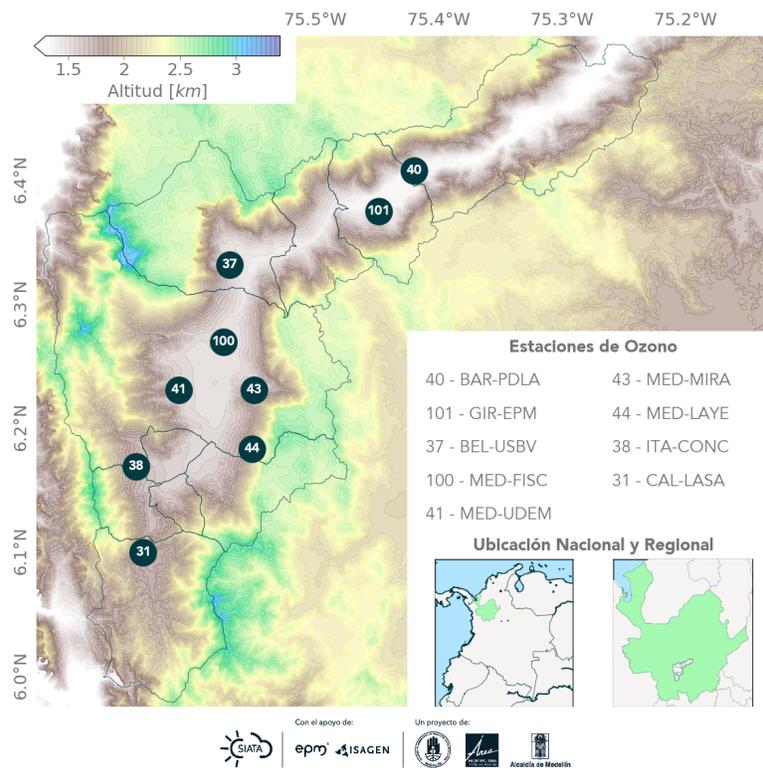
**Figura 5.8:** Porcentaje de días en las distintas clasificaciones del ICA para las estaciones manuales de PM10.

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

## 6 Ozono ( $O_3$ )

El ozono troposférico es un contaminante secundario de la atmósfera (originados en el aire por la interacción de uno o más contaminantes, o condiciones naturales de la atmósfera) que presenta una importancia significativa en la Calidad del Aire del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, esto debido a las condiciones topográficas, meteorológicas y al alto flujo vehicular característico de la zona, que favorecen su producción y concentración en la superficie.

La red de calidad del aire cuenta con 9 estaciones de monitoreo automático de Ozono, ubicadas en 6 de los 10 municipios del área metropolitana del Valle de Aburrá. La Figura 6.1 presenta el mapa con la ubicación geográfica de las diferentes estaciones automáticas de Ozono.



**Figura 6.1:** Estaciones automáticas de monitoreo de Ozono.

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

### Concentraciones octohorarias de Ozono

En la Tabla 6.1 se presentan los valores máximos octohorarios (VM8H) de las concentraciones de ozono obtenidas durante el mes de Mayo de 2021 para las distintas estaciones que monitorean esta variable. Adicionalmente, se presentan el número de excedencias a la norma octohoraria (NEN8H). Puede

observarse como durante el mes, y para las diferentes estaciones, se presentaron un total de 10 excedencias a la norma octohoraria colombiana, definida como  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la Resolución 2254 del 2017 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017). La estación ITA-CONC presentó la mayor cantidad con 7 excedencias. En esta misma estación se obtuvo la concentración octohoraria más alta durante el mes de Mayo de 2021, igual a  $125.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

	BAR-PDLA	GIR-EPM	BEL-USBV	MED-FISC	MED-UDEM	MED-MIRA	MED-LAYE	ITA-CONC	CAL-LASA
MEDIA	23.0	20.6	18.4	23.0	16.1	23.0	24.1	23.1	23.8
VM8H	54.8	58.1	78.6	97.5	58.6	105.7	82.3	125.4	81.7
NEN8H	0	0	0	0	0	3	0	7	0

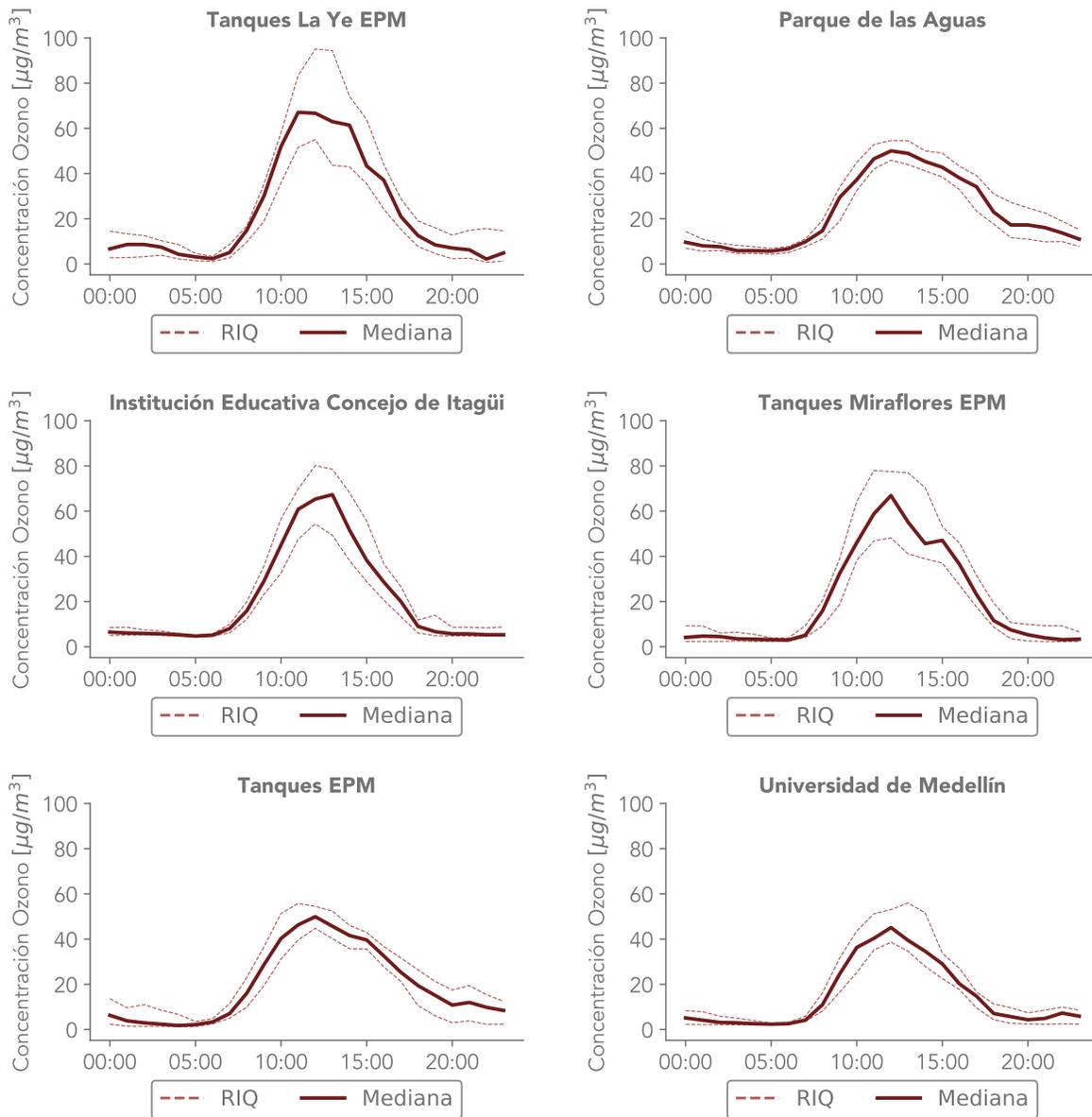
**Tabla 6.1:** Estadísticos Mayo 2021 Ozono

**Nota:** 1. MEDIA: Valor promedio para el mes, VM8H: Valor máximo octohorario, NEN8H: número de excedencias del nivel máximo permisible octohorario. 2. En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

## Ciclo Diurno de la Concentración de Ozono

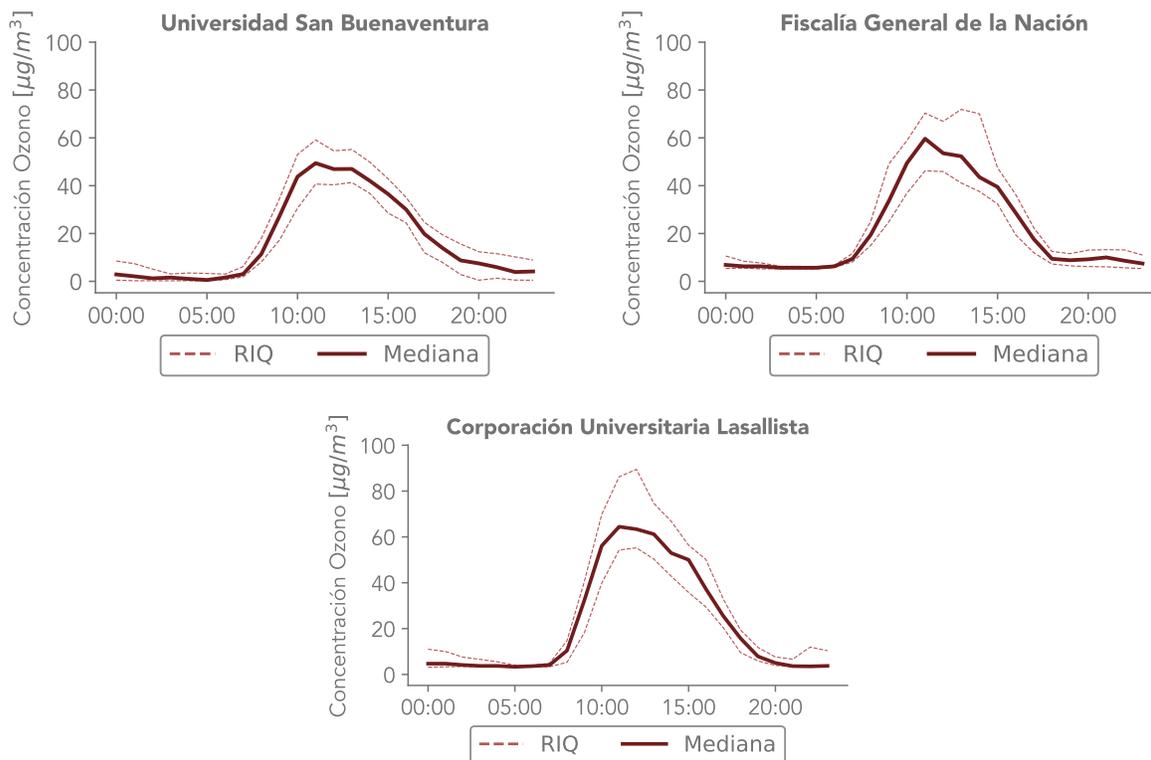
La Figura 6.2 presenta el ciclo diurno de la concentración de Ozono para las diferentes estaciones de monitoreo automático. Puede observarse como existe un comportamiento similar en cada una de las gráficas, las cuales presentan un ciclo unimodal para la concentración de ozono a lo largo del día, presentando su pico máximo cerca del medio día.

Este comportamiento unimodal tan marcado en las concentraciones de ozono es explicado principalmente por el ciclo diurno de la radiación solar. Para la formación de ozono a nivel troposférico se necesitan básicamente dos condiciones: la presencia de óxidos de nitrógeno o compuestos orgánicos volátiles dentro de la atmósfera y la presencia de luz solar. A medida que la luz solar incide sobre la atmósfera las moléculas de  $\text{NO}_2$  son disociadas mediante fotólisis en NO y una molécula de oxígeno atómico, esta última reacciona con las moléculas de oxígeno ( $\text{O}_2$ ) presentes en la atmósfera para formar Ozono a nivel troposférico. Es por tal motivo que a medida que se incrementa la radiación en la superficie, aumenta la concentración de ozono y a medida que la radiación disminuye también lo hace la concentración de ozono. Todo esto puede comprobarse en la Figura 6.2.



**Figura 6.2:** Ciclo diario de Ozono para las estaciones automáticas.

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

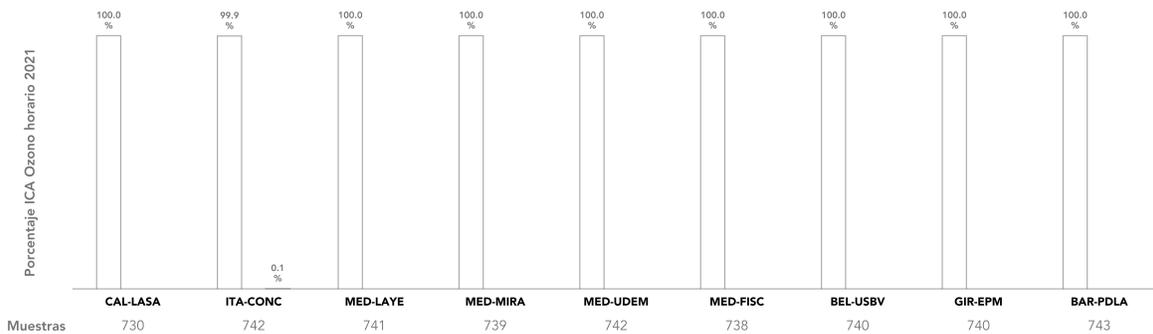


**Figura 6.2:** Continuación

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

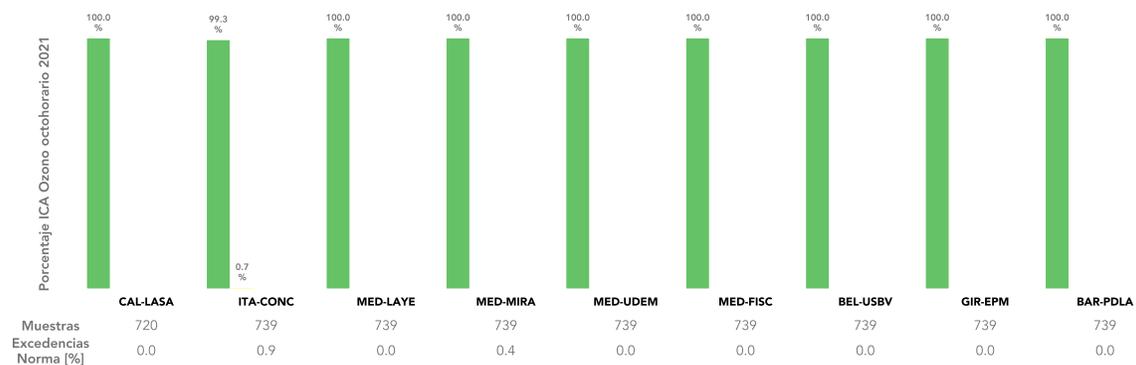
## Índice de Calidad del Aire (ICA) para concentraciones horarias y octohorarias de ozono

En la Figura 6.3 se muestra el porcentaje del ICA para las concentraciones horarias en las diferentes estaciones durante el mes de Mayo del 2021. Según los resultados mostrados, las concentraciones horarias de ozono obtenidas durante el mes fueron inferiores al punto de corte definido para el cálculo de ICA asociado a Ozono, igual a  $245 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . En la Tabla 3.2 se reportan los puntos de corte para el índice de calidad de aire asociado a las concentraciones horarias de Ozono.



**Figura 6.3:** Porcentaje de las distintas categorías del ICA para las concentraciones horarias de Ozono.  
**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

La Figura 6.4 muestra el porcentaje del ICA para el ozono octohorario en las diferentes estaciones durante el mes de Mayo del 2021. Puede observarse como la mayoría de estaciones presentaron valores de ICA correspondientes a la clasificación buena. En cuanto al porcentaje de excedencia de la norma octohoraria, la estación ITA-CONC presentó el mayor porcentaje de excedencias igual a 0.95 %.



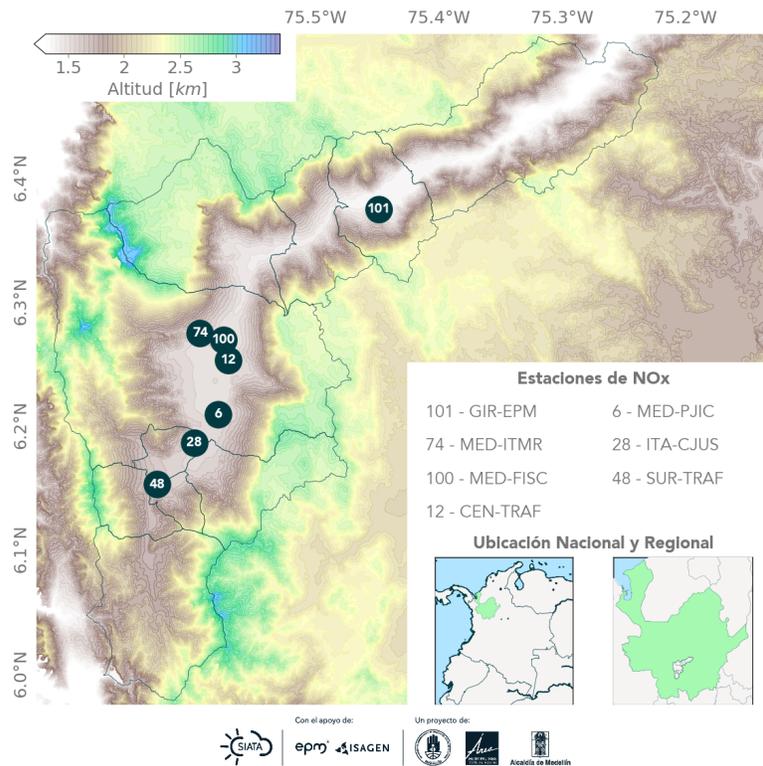
**Figura 6.4:** Variación porcentual de las distintas categorías del ICA para las concentraciones octohorarias de Ozono.

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

## 7 Óxidos de Nitrógeno ( $\text{NO}_x$ )

La suma entre el Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) y el Monóxido de Nitrógeno ( $\text{NO}$ ) se conoce como los Óxidos de Nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ). Ambas moléculas forman juntas una familia química. El  $\text{NO}$  es el óxido de nitrógeno que más se forma durante los procesos de combustión mientras que el  $\text{NO}_2$  es emitido en pequeñas cantidades. El  $\text{NO}_2$  también se forma dentro de la atmósfera por los procesos de oxidación del  $\text{NO}$ , pudiendo alcanzar concentraciones considerables en áreas altamente contaminadas.

La red de calidad del aire cuenta con 7 estaciones de monitoreo automático de  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NO}_2$  y  $\text{NO}$  ubicadas en 4 de los 10 municipios del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. La Figura 7.1 presenta el mapa con la ubicación geográfica de las diferentes estaciones.



**Figura 7.1:** Estaciones automáticas de monitoreo de  $\text{NO}_x$ .

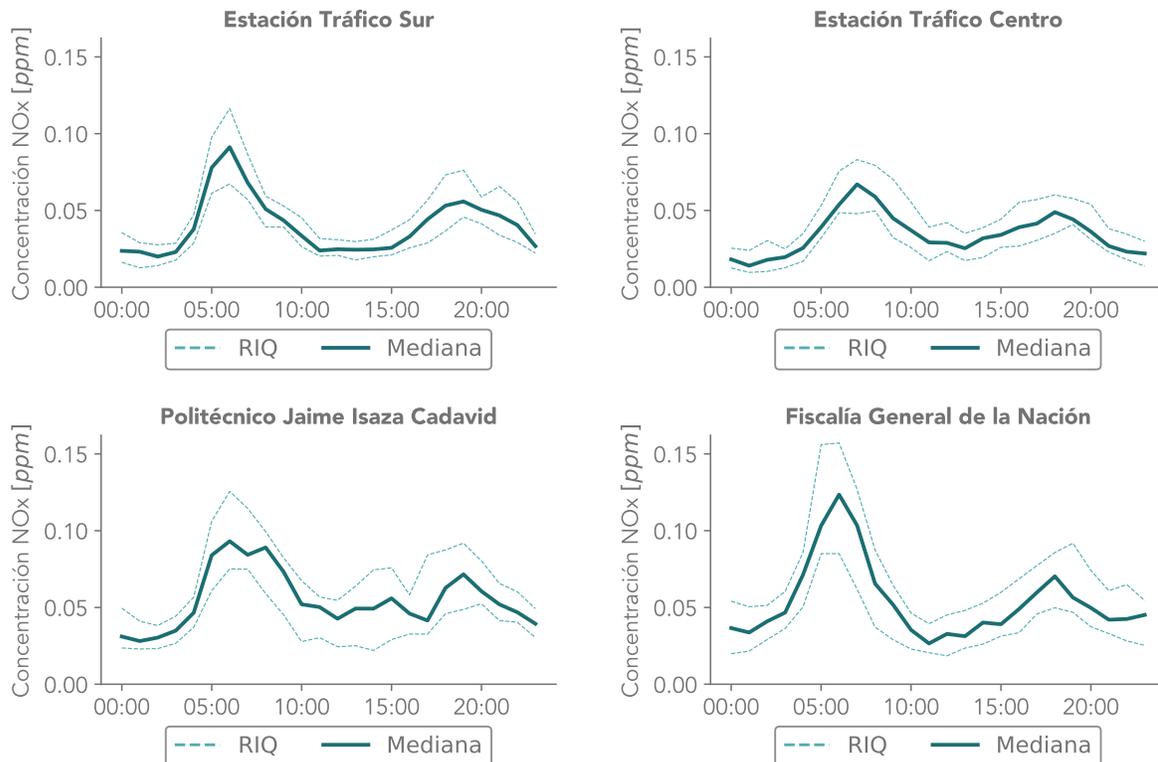
**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

El dióxido de nitrógeno es de especial interés dado su papel esencial en la formación de ozono troposférico, además de representar un riesgo para la población pudiendo afectar las funciones respiratorias mediante la irritación del tracto respiratorio.

## Ciclo Diurno de la Concentración de NO<sub>x</sub>

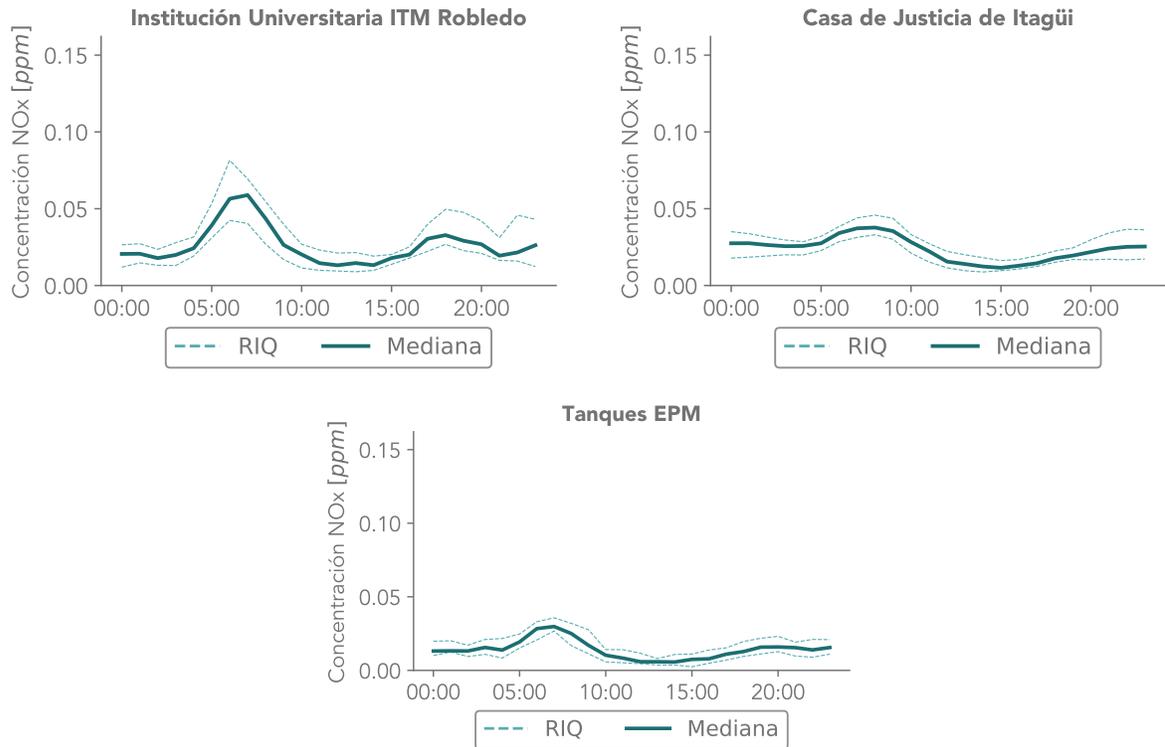
La Figura 7.2 presenta el ciclo diurno de la concentración de NO<sub>x</sub> para las diferentes estaciones de monitoreo automático. Puede observarse como existe un comportamiento similar en cada una de las gráficas, las cuales presentan un ciclo bimodal para la concentración de NO<sub>x</sub> a lo largo del día, con un período de mayores concentraciones entre las 06:00 y las 10:00 y uno un poco menos pronunciado entre las 19:00 y las 23:00.

Para comprender el comportamiento diurno de los NO<sub>x</sub>, es necesario mencionar algunas características importantes en la química de estos contaminantes. En primer lugar durante el día el NO<sub>2</sub> y el NO se interconvierten mediante el ciclo fotoquímico de los NO<sub>x</sub>, sin embargo durante la noche el NO<sub>2</sub> no puede dividirse por fotólisis, y por tanto la química de la familia NO<sub>x</sub> resulta ser muy diferente, el NO reacciona con el O<sub>3</sub> para formar NO<sub>2</sub>, y este último a su vez reacciona con O<sub>3</sub> para formar NO<sub>3</sub>, es por tal motivo que se espera que las concentraciones de ambos contaminantes sean mucho menores en la noche que en el día, y que a su vez la concentración del NO sea menor que la del NO<sub>2</sub>. Otro aspecto importante para el entendimiento del ciclo diurno es el papel de la meteorología. Como ya se ha mencionado anteriormente la estabilidad juega un papel muy importante en la mezcla y dispersión de contaminantes, por tal motivo es de esperarse que en las horas de la tarde se presenten las mínimas concentraciones de NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> y NO.



**Figura 7.2:** Ciclo diurno de NO<sub>x</sub> para las estaciones automáticas.

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

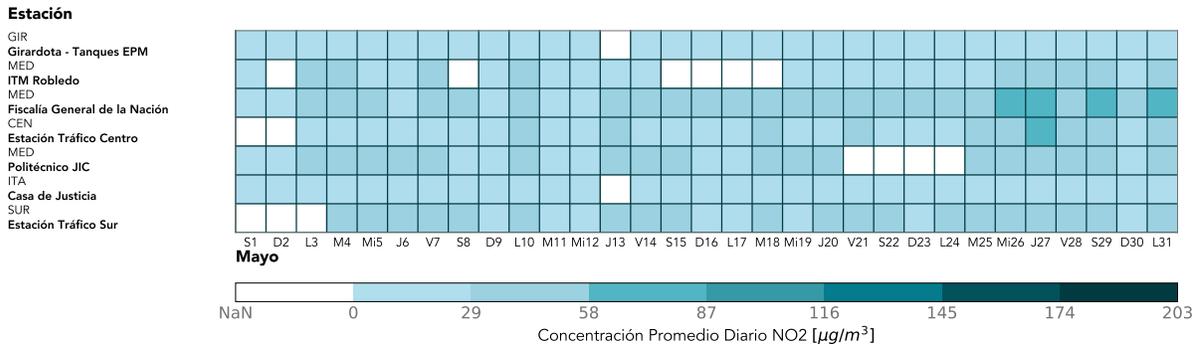


**Figura 7.2:** Continuación

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

## Concentración Promedio Diaria de NO<sub>2</sub>

En la Figura 7.3 se presenta la concentración promedio diaria de NO<sub>2</sub> obtenida durante el mes de Mayo de 2021 para las distintas estaciones de monitoreo automático.



**Figura 7.3:** Concentraciones de NO<sub>2</sub> para las estaciones automáticas. **Nota:** En la gráfica NaN corresponde a datos faltantes.

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

La estación MED-FISC presentó la concentración horaria más alta durante el mes de Mayo de 2021, igual a  $161.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . En esta misma estación se obtuvo la mayor concentración promedio de  $\text{NO}_2$  durante el mes, igual a  $40.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; la estación SUR-TRAF fue la estación ubicada por fuera del municipio de Medellín con mayor concentración promedio de  $\text{NO}_2$ , igual a  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

En la Tabla 7.1 se presentan la concentración promedio, los valores máximos horarios (VM1H) y el número de excedencias a la Norma Horaria (NEN1H) para las concentraciones de  $\text{NO}_2$  en cada una de las estaciones. Puede observarse como durante el mes, y para las diferentes estaciones, no se presentaron excedencias a la norma horaria.

	GIR-EPM	MED-ITMR	MED-FISC	CEN-TRAF	MED-PJIC	ITA-CJUS	SUR-TRAF
MEDIA	15.9	26.9	40.6	28.7	31.1	7.9	30.0
VM1H	50.6	92.3	161.2	141.2	108.6	46.7	107.4
NEN1H	0	0	0	0	0	0	0

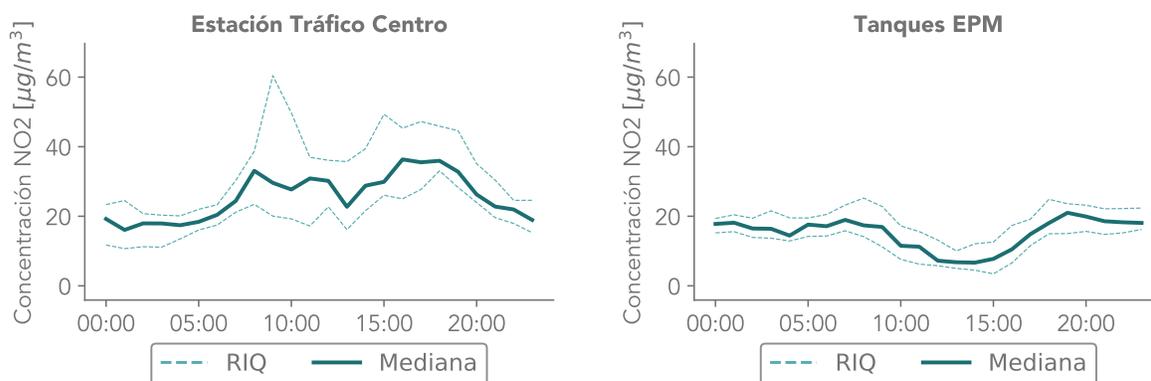
**Tabla 7.1:** Estadísticos Mayo 2021  $\text{NO}_2$

**Nota:** 1. MEDIA: Valor promedio para el mes, VM1H: Valor máximo horario, NEN1H: número de excedencias del nivel máximo permisible horario definido para  $\text{NO}_2$ . 2. En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

## Ciclo Diurno de la Concentración de $\text{NO}_2$

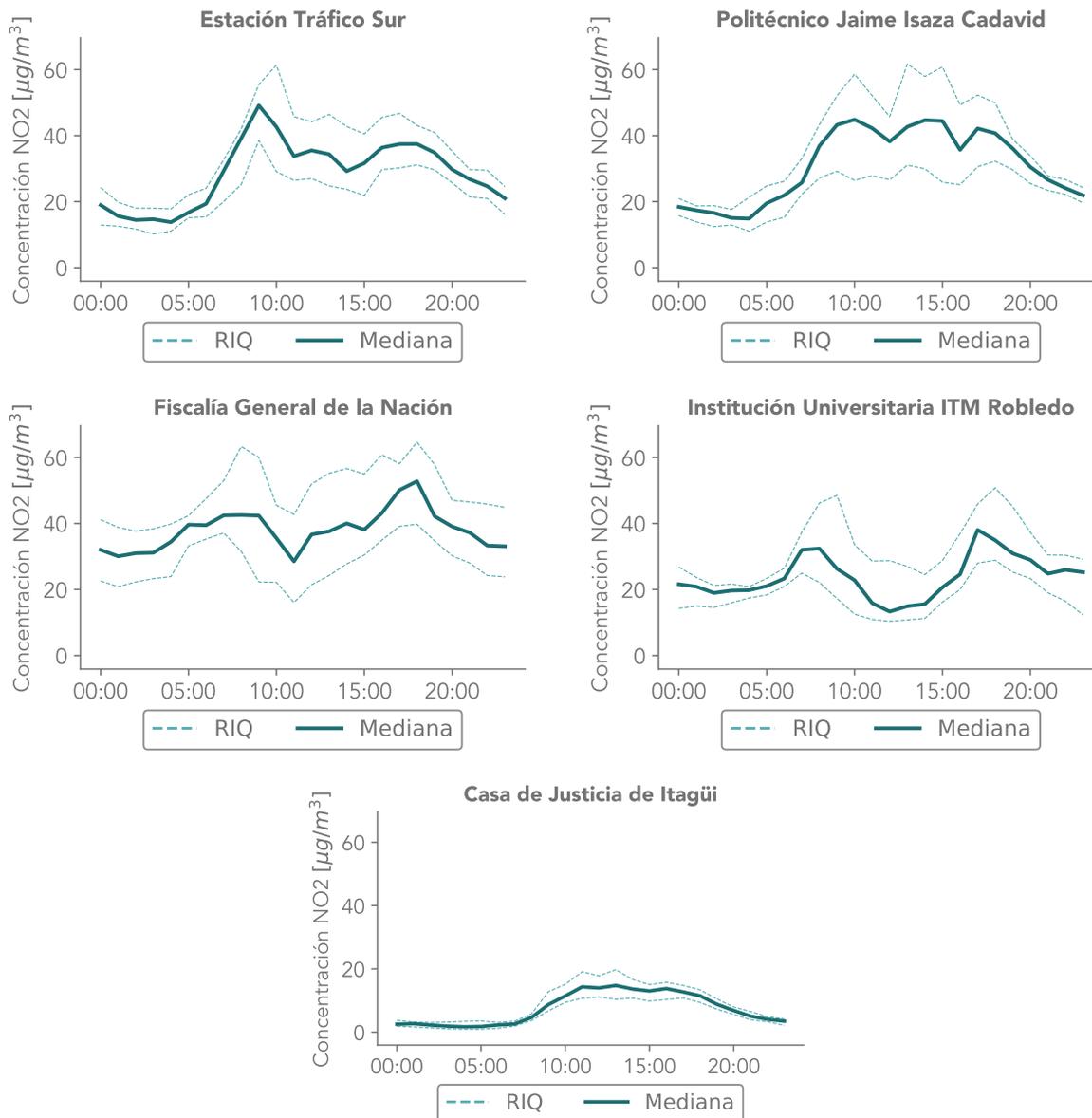
La Figura 7.4 presenta el ciclo diurno de la concentración de  $\text{NO}_2$  para las diferentes estaciones de monitoreo automático. Puede observarse que algunas de las estaciones presentan un comportamiento bimodal para la concentración de  $\text{NO}_2$  a lo largo del día, con un período de mayores concentraciones entre las 06:00 y las 10:00 y uno un poco menos pronunciado entre las 19:00 y las 23:00.

Para entender el comportamiento del ciclo diurno de este contaminante se remite a la explicación del ciclo diurno de los  $\text{NO}_x$  descrito en la sección anterior.



**Figura 7.4:** Ciclo diurno de  $\text{NO}_2$  para las estaciones automáticas.

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

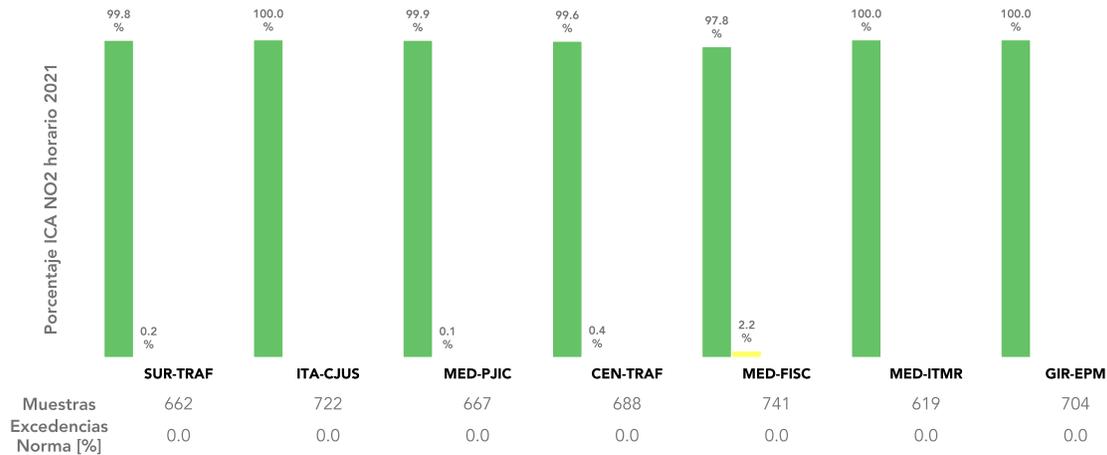


**Figura 7.4:** Continuación

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

## Índice de Calidad del Aire (ICA) para las concentraciones horarias de NO<sub>2</sub>.

La Figura 7.5 muestra la variación porcentual de las categorías de ICA para las concentraciones horarias de NO<sub>2</sub> en las diferentes estaciones durante el mes Mayo de 2021. Puede observarse como la mayoría de estaciones presentaron valores de ICA equivalentes a la clasificación buena. La estación MED-ITMR obtuvo la menor cantidad de muestras horarias en el mes con un total de 619.

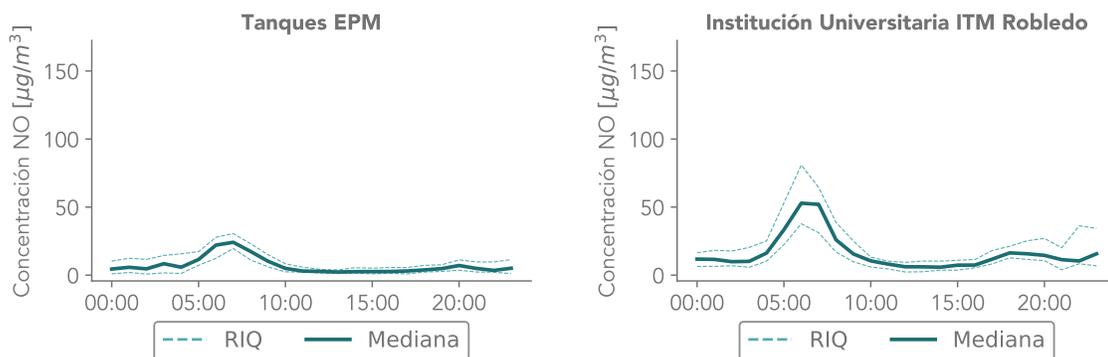


**Figura 7.5:** Porcentaje de las distintas clasificaciones del ICA para las concentraciones horarias de NO<sub>2</sub>  
**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

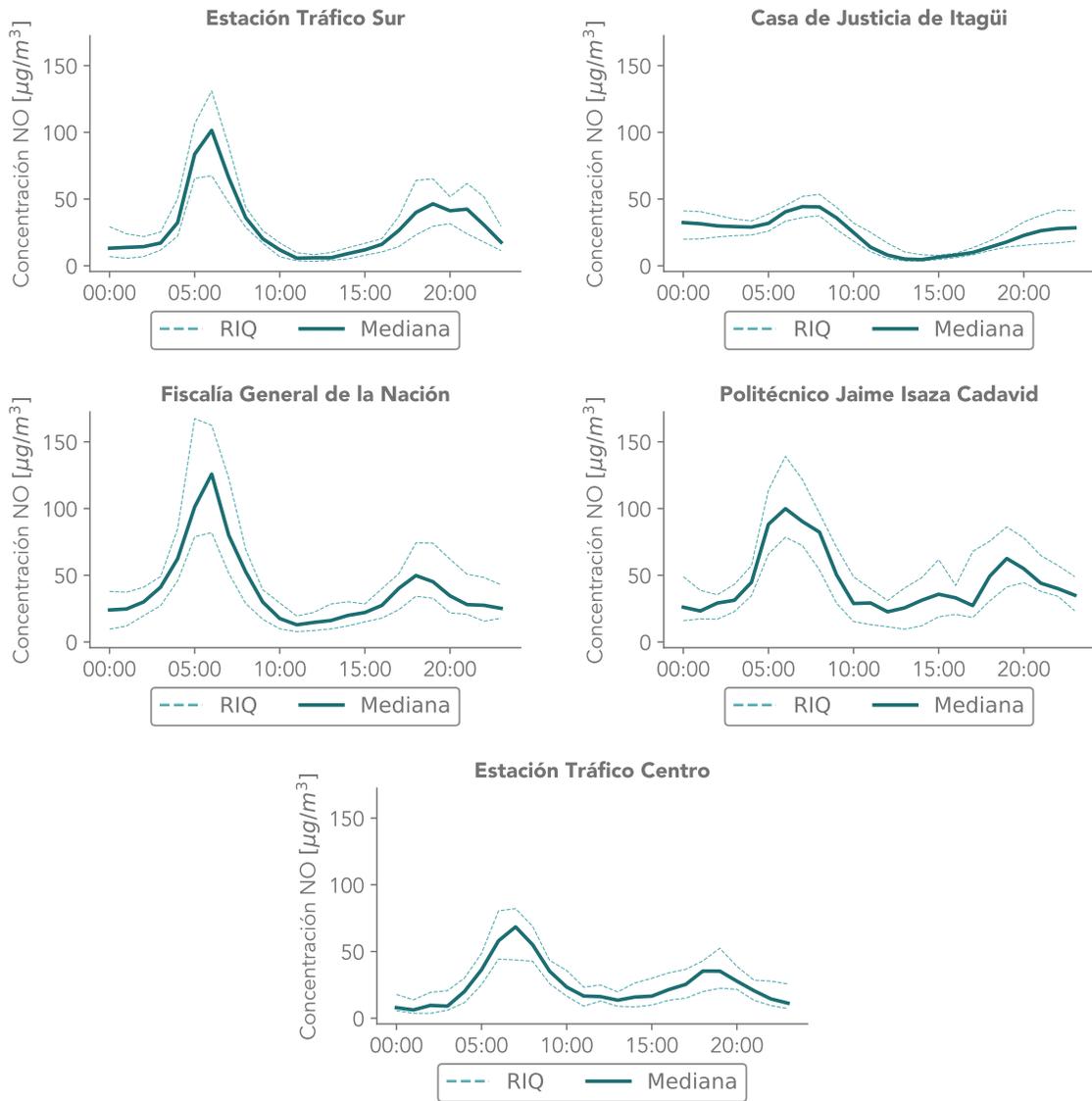
## Ciclo Diurno de la Concentración de NO

La Figura 7.6 presenta el ciclo diurno de la concentración de NO para las diferentes estaciones de monitoreo automático. Puede observarse como no existe un comportamiento similar en cada una de las gráficas, presentándose tanto comportamientos unimodales como bimodales en las distintas estaciones.

Para entender el comportamiento del ciclo diurno de este contaminante se remite a la explicación del ciclo diurno de los NO<sub>x</sub>. A partir de la Figura 7.6 es posible observar para algunas estaciones la disminución significativa de las concentraciones de NO durante las horas de la noche, tal y como se expuso anteriormente. Este tipo de comportamiento podría relacionarse con la interacción con otras dinámicas atmosféricas.



**Figura 7.6:** Ciclo diurno de NO para las estaciones automáticas.  
**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.



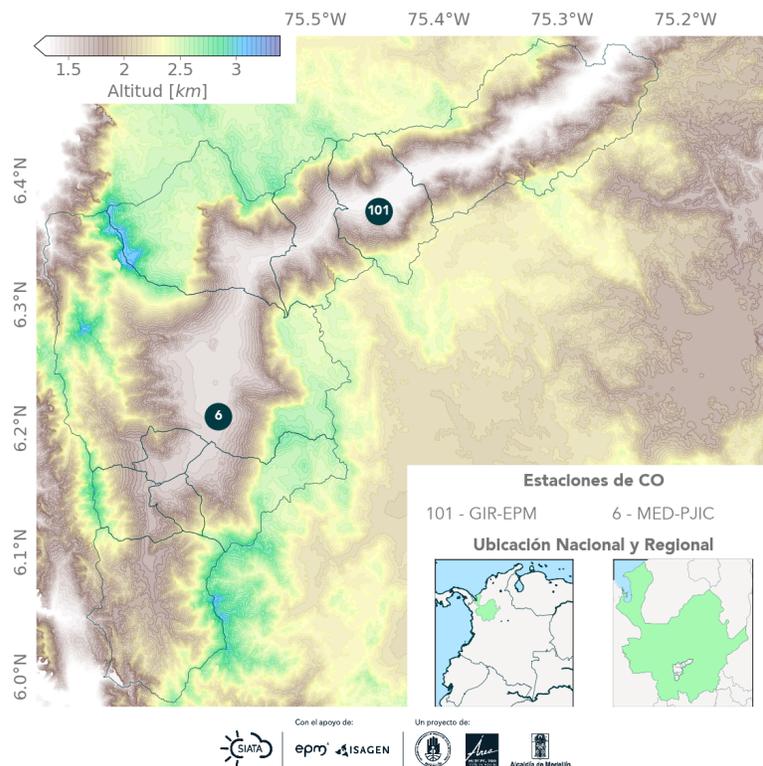
**Figura 7.6:** Continuación

Nota: En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

## 8 Monóxido de Carbono (CO)

El monóxido de Carbono (CO) es un contaminante criterio monitoreado por la Red de Calidad del Aire del Valle de Aburrá. Sus principales fuentes emisoras provienen de la quema de combustible fósil como la gasolina o el petróleo, así como la combustión de madera (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2018). La exposición a este contaminante puede reducir el transporte de oxígeno en el cuerpo, representando así un alto riesgo para la población.

La Red de Calidad del Aire cuenta con 2 estaciones de monitoreo automático de CO, ubicadas en 2 de los 10 municipios del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. La Figura 8.1 presenta el mapa con la ubicación geográfica de las diferentes estaciones automáticas de CO.



**Figura 8.1:** Estaciones automáticas de monitoreo de CO.

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

### Concentraciones Horarias y Octohorarias de CO.

En la Tabla 8.1 se presentan los valores máximos horarios (VM1H) y octohorarios (VM8H) de las concentraciones de monóxido de carbono obtenidas durante el mes de Mayo de 2021 para las distintas estaciones de monitoreo. Adicionalmente se presentan el número de excedencias a las normas horaria

(NEN1H) y octohoraria (NEN8H). Puede observarse como durante el mes y para las diferentes estaciones no se presentaron excedencias a la norma octohoraria colombiana (Definida como  $5000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la Resolución 2254 del 2017). La estación MED-PJIC obtuvo la concentración octohoraria más alta durante el mes de Mayo de 2021 igual a  $3351.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . En esta misma estación se obtuvo la concentración horaria más alta igual a  $4454.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . En cuanto a la norma horaria colombiana (Definida como  $35000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la Resolución 2254 del 2017), no se presentaron excedencias al nivel máximo permisible.

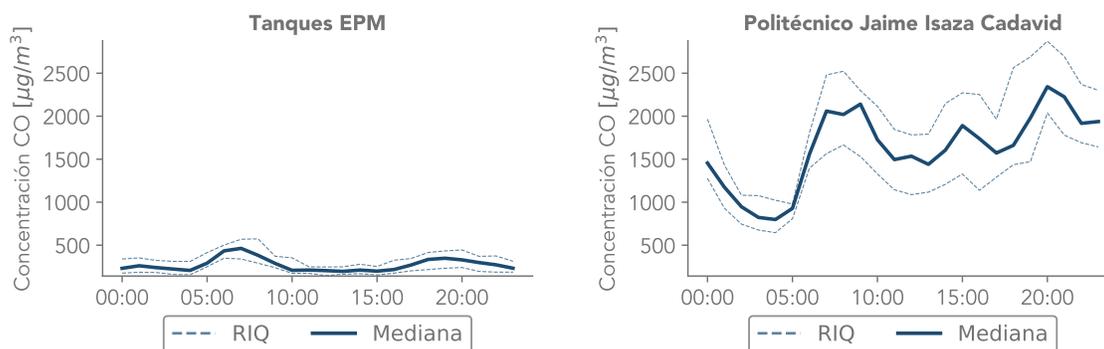
	GIR-EPM	MED-PJIC
MEDIA	315.8	1688.7
VM1H	3054.9	4454.7
NEN1H	0	0
VM8H	1192.4	3351.7
NEN8H	0	0

**Tabla 8.1:** Resumen estadístico de las concentraciones de CO, Mayo 2021

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

## Ciclo Diurno de la Concentración de CO

La Figura 8.2 presenta el ciclo diurno de la concentración de CO para las diferentes estaciones de monitoreo automático. Puede observarse un comportamiento bimodal condicionado principalmente por el ciclo diurno del tráfico y la inestabilización de la atmósfera.

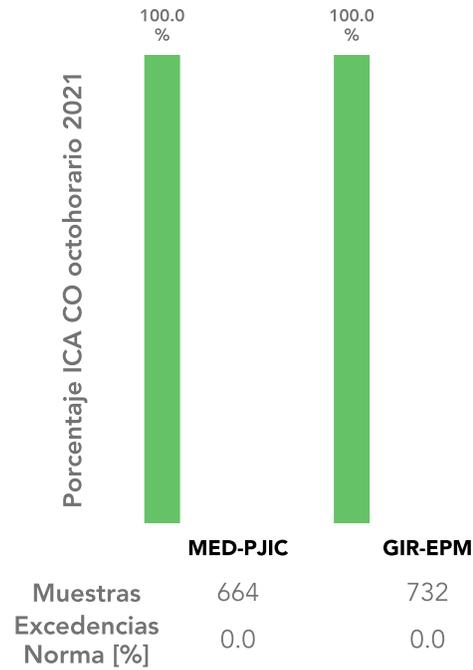


**Figura 8.2:** Ciclo Diurno de CO para las estaciones de la REDMCA.

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

## Índice de Calidad del Aire (ICA) para concentraciones octohorarias de CO

La Figura 8.3 muestra la variación porcentual de las categorías de calidad del aire asociadas a las concentraciones octohorarias en la estación durante el mes de Mayo. Puede observarse como las estaciones presentaron valores de ICA equivalentes a la clasificación buena.



**Figura 8.3:** Variación porcentual de las categorías de calidad de aire para las concentraciones horarias de CO en las estaciones de monitoreo.

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

## 9 Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)

El dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) es uno de los contaminantes criterio medidos por la Red de Calidad del Aire del Valle de Aburrá. Sus fuentes de emisión se atribuyen principalmente a los procesos de combustión del petróleo, el diesel, el carbón y el gas natural, los cuales tienen azufre entre sus componentes. El dióxido de azufre puede afectar las funciones respiratorias aún en bajas concentraciones y es uno de los principales precursores de la lluvia ácida.

La red de calidad del aire cuenta con 2 estaciones de monitoreo automático de SO<sub>2</sub>. La Figura 9.1 presenta el mapa con la ubicación geográfica de estas estaciones.

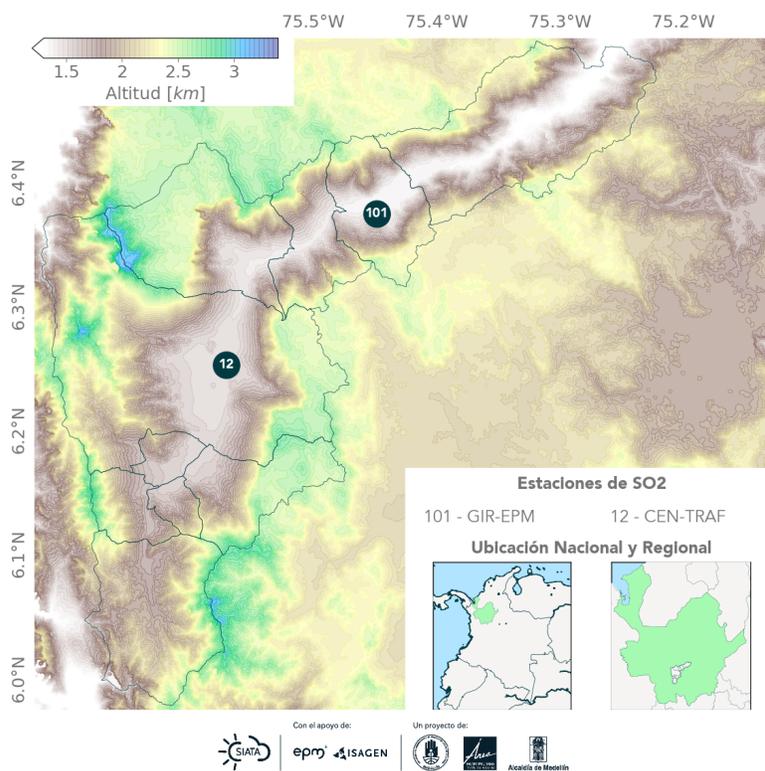


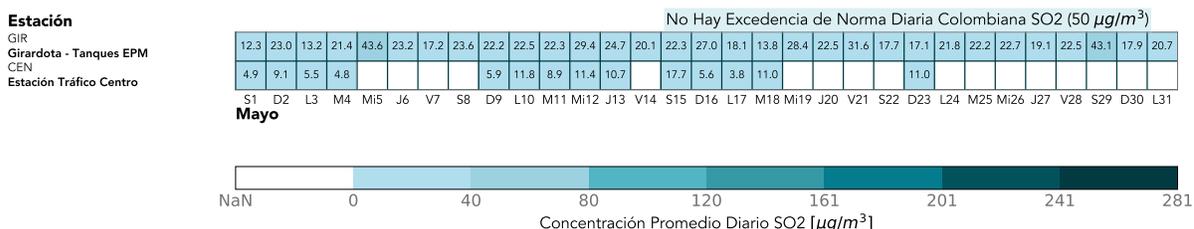
Figura 9.1: Estación automática de monitoreo de SO<sub>2</sub>

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

### Concentración Promedio Diaria de SO<sub>2</sub>

En la Figura 9.2 se presenta la variación de las concentraciones promedio diarias de SO<sub>2</sub> obtenidas durante el mes de Mayo de 2021. Puede observarse como durante el mes no se presentaron excedencias a

la norma diaria colombiana (Definida como  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la Resolución 2254 del 2017). La concentración diaria máxima durante el mes de Mayo de 2021 fue igual a  $43.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , obtenida en la estación GIR-EPM. En esta misma estación, se presentaron un total de 7 excedencias de la norma horaria colombiana, definida como  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la Resolución 2254 del 2017,



**Figura 9.2:** Concentración Diaria de SO<sub>2</sub> para la estación automática. Nota: En la gráfica NaN corresponde a datos faltantes.

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

La Tabla 9.1 presenta los valores medios, mínimos y máximos de la concentración de SO<sub>2</sub> obtenidos durante el mes en las diferentes estaciones de monitoreo.

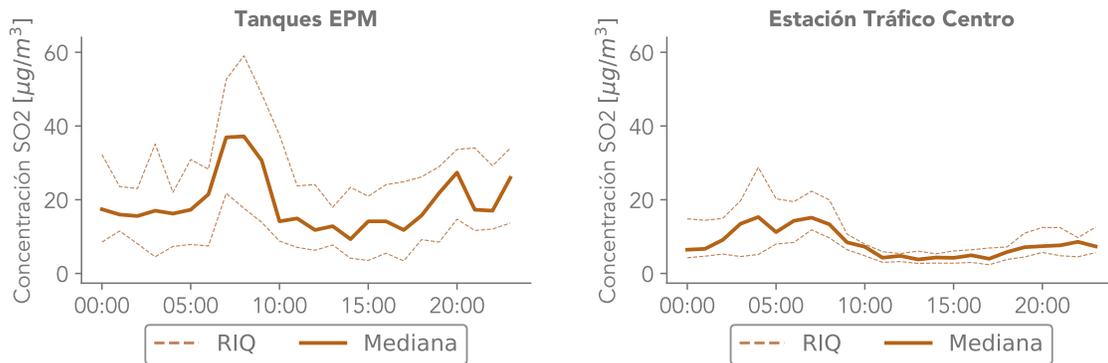
	GIR-EPM	CEN-TRAF
CMD	31	14
MAX	43.6	17.7
MEDIA	22.8	NP
MIN	12.3	3.8
NEND	0	0
VM1H	150.8	67.2
NEN1H	7	0

**Tabla 9.1:** Estadísticos resumen de SO<sub>2</sub>. Mayo de 2021.

**Nota:** 1. CMD: Cantidad de Muestras Diarias; MAX, MIN: Concentraciones máximas y mínimas diarias obtenida durante el mes; NEND: Número de excedencias a la norma diaria; VM1H: Valor máximo horario; NEN1H: Número de excedencias a la norma horaria; NP: No se presenta resultado dado que no se obtuvo el 75 % de los datos válidos requeridos. 2. En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

## Ciclo Diurno de la Concentración de SO<sub>2</sub>

La Figura 9.3 presenta el ciclo diurno de la concentración de SO<sub>2</sub> para las estaciones GIR-EPM y CEN-TRAF. Puede observarse como existe un comportamiento bimodal de las concentraciones de SO<sub>2</sub> a lo largo del día, con un máximo entre las 07:00 y las 09:00. La estación GIR-EPM es la estación con mayores concentraciones promedio horarias.

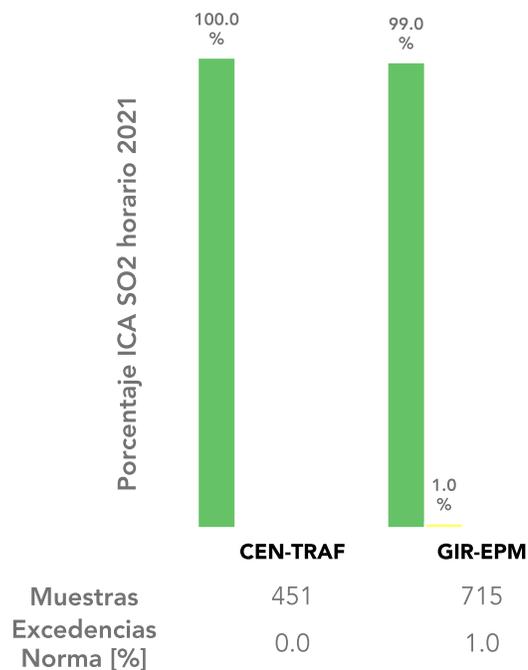


**Figura 9.3:** Ciclo Diurno de SO<sub>2</sub> para las estaciones de la REDMCA.

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

## Índice de Calidad del Aire (ICA) para las concentraciones horarias de SO<sub>2</sub>

La Figura 9.4 muestra la variación porcentual de las categorías de calidad de aire asociadas a las concentraciones horarias de SO<sub>2</sub> durante el mes de Mayo del 2021. Es posible observar que para los registros obtenidos durante el mes se alcanzaron concentraciones categorizadas como buenas y moderadas. Esta última categoría solamente se alcanzó en la estación GIR-EPM



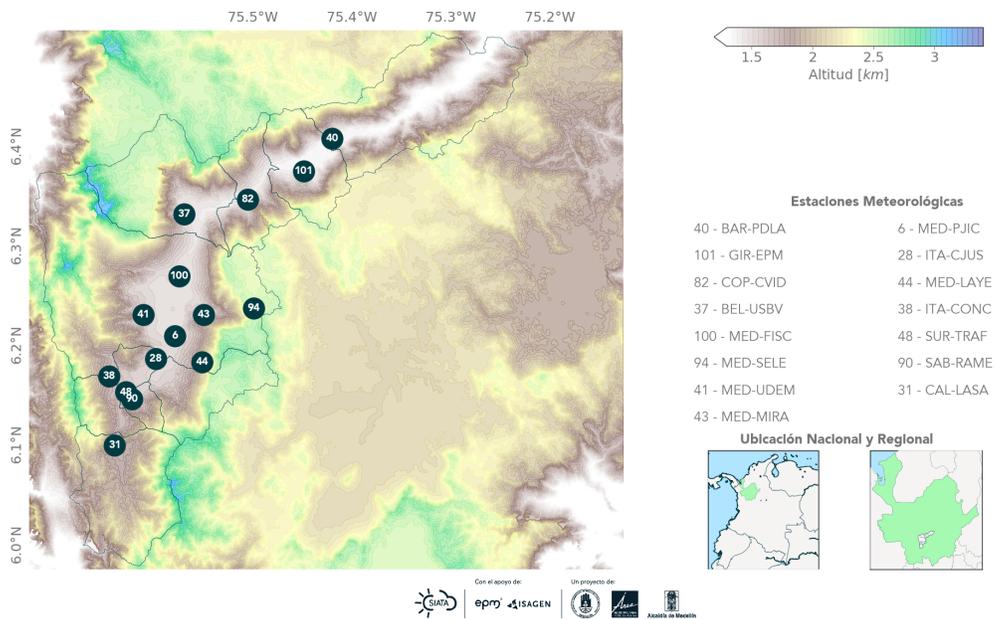
**Figura 9.4:** Porcentaje de días en las distintas categorías del ICA para la estación de SO<sub>2</sub>

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

**Nota:** En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

## 10 Meteorología

El monitoreo de variables meteorológicas es de especial importancia para el entendimiento de la calidad del aire en una región determinada, debido al papel fundamental que representa para el transporte y dispersión de contaminantes. La red de calidad del aire cuenta con 15 estaciones de monitoreo automático de variables meteorológicas, ubicadas en 8 de los 10 municipios del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. La Figura 10.1 presenta el mapa con la ubicación geográfica de las diferentes estaciones automáticas. Por otra parte, en la Tabla 10.1 se muestran los nombres completos de las estaciones con su respectiva sigla.



**Figura 10.1:** Estaciones automáticas de monitoreo de Meteorología.

**Nota:** En la Tabla 10.1 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

Estación	Sigla	Código numérico	Municipio
Estación Tráfico Sur	SUR-TRAF	48	Sabaneta
Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid	MED-PJIC	6	Medellín
Casa de Justicia de Itagüí	ITA-CJUS	28	Itagüí
Fiscalía General de la Nación	MED-FISC	100	Medellín
Copacabana Ciudadadela de la vida	COP-CVID	82	Copacabana
Institución Educativa Rafael J. Mejía	SAB-RAME	90	Sabaneta
Tanques EPM	GIR-EPM	101	Girardota
Universidad de Medellín	MED-UDEM	41	Medellín
Universidad San Buenaventura	BEL-USBV	37	Bello
Tanques Miraflores	MED-MIRA	43	Medellín
Tanques La Ye	MED-LAYE	44	Medellín
Concejo de Itagüí	ITA-CONC	38	Itagüí
Corporación Universitaria Lasallista	CAL-LASA	31	Caldas
Parque de las Aguas	BAR-PDLA	40	Barbosa
Santa Elena	MED-SELE	94	Medellín

**Tabla 10.1:** Estaciones meteorológicas que operaron durante el mes de Mayo de 2021.

La Tabla 10.2 muestra el porcentaje de datos válidos para las variables meteorológicas en cada una de las estaciones de monitoreo. En esta tabla, P es presión atmosférica, PPT es precipitación, T es temperatura del aire, RG es radiación solar global, HR representa humedad relativa, VV es la velocidad del viento, y DV es la dirección del viento. Según los resultados mostrados, los sensores meteorológicos de las estaciones MED-SELE y MED-LAYE, ubicadas en el corregimiento de Santa Elena y en los Tanques La Ye del municipio de Medellín respectivamente, alcanzaron un porcentaje de datos válidos inferior al 75 % para la totalidad de sus sensores. Esta situación estuvo relacionada con problemas en el protocolo de almacenamiento y transmisión de los datos.

Es necesario aclarar que del total las estaciones meteorológicas reportadas en este informe, los sensores ubicados en las estaciones BEL-USBV e ITA-CJUS son marca Met-One y miden radiación incidente, mientras que los demás equipos son marca Thies y Vaisala. Los datos pertenecientes a los sensores Met-One son procesados y validados por el equipo de calidad del aire del SIATA, que a su vez se encarga de la operación de los equipos de monitoreo de calidad de aire y ruido ambiental. En el caso de las estaciones meteorológicas Thies y Vaisala, el mantenimiento, la recepción y la validación de los datos obtenidos está a cargo del área de hidrometeorología del SIATA. Dicho proceso se hace de manera integral con los demás equipos técnicos pertenecientes al proyecto, y se completan transcurridos dos meses a partir del mes de la medición, por esta razón los porcentajes de datos válidos pueden variar si son consultados antes del tiempo de cierre. La calidad de los datos de estas estaciones depende, además de los procesos de validación propios del área de hidrometeorología, de los protocolos de actualización manual de datos adquiridos con el fin de completar las series de tiempo medidas en cada variable con el fin de obtener el mayor número posible de datos catalogados de buena calidad.

**Tabla 10.2:** Porcentaje de datos válidos Meteorología.

Estaciones	P	PPT	T	RG	HR	VV	DV
BAR-PDLA	100.0	100.0	100.0		100.0	100.0	100.0
GIR-EPM	100.0	100.0	100.0		100.0	100.0	100.0
COP-CVID	100.0	100.0	99.9		100.0	100.0	100.0
BEL-USBV	97.3		98.7	100.0	100.0	82.0	100.0
MED-FISC	100.0	100.0	100.0		100.0	100.0	100.0
MED-SELE	65.2	65.2	65.2		65.2	65.2	65.2
MED-UDEM	99.9	99.9	99.9		99.9	99.9	99.9
MED-MIRA	93.1	93.1	93.1		93.1	93.1	93.1
MED-PJIC	99.5	99.5	99.5		99.5	99.5	99.5
ITA-CJUS	96.8		98.8	100.0	99.7	94.2	100.0
MED-LAYE	64.9	64.9	64.9		64.9	64.9	64.9
ITA-CONC	82.3	82.3	82.3		82.3	82.3	82.3
SUR-TRAF	96.2	96.2	96.2		96.2	96.2	96.2
SAB-RAME	100.0	100.0	100.0		100.0	100.0	100.0
CAL-LASA	86.7	86.7	86.7		86.7	86.7	86.7

**Nota:** En la Tabla 10.1 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

## Ciclo Diurno de la Radiación Solar, Temperatura y Humedad Relativa

La Figura 10.2 presenta el ciclo diurno de las variables meteorológicas radiación solar, temperatura y humedad relativa. Es posible observar en esta figura la fuerte relación que existe entre las diferentes variables; la temperatura depende esencialmente de la radiación solar, es por esto que se observa claramente como el máximo de ambas variables se encuentra cerca del medio día.

La variación de la humedad relativa se puede asociar a su vez a la temperatura del aire, dado que a mayor temperatura, mayor evaporación. Se observa por tanto para las diferentes estaciones que a medida que la temperatura incrementa, disminuye la humedad relativa, presentando los valores mínimos cerca del medio día. Las diferencias en el máximo de la radiación solar entre los distintos puntos de monitoreo se deben principalmente a factores como la nubosidad.

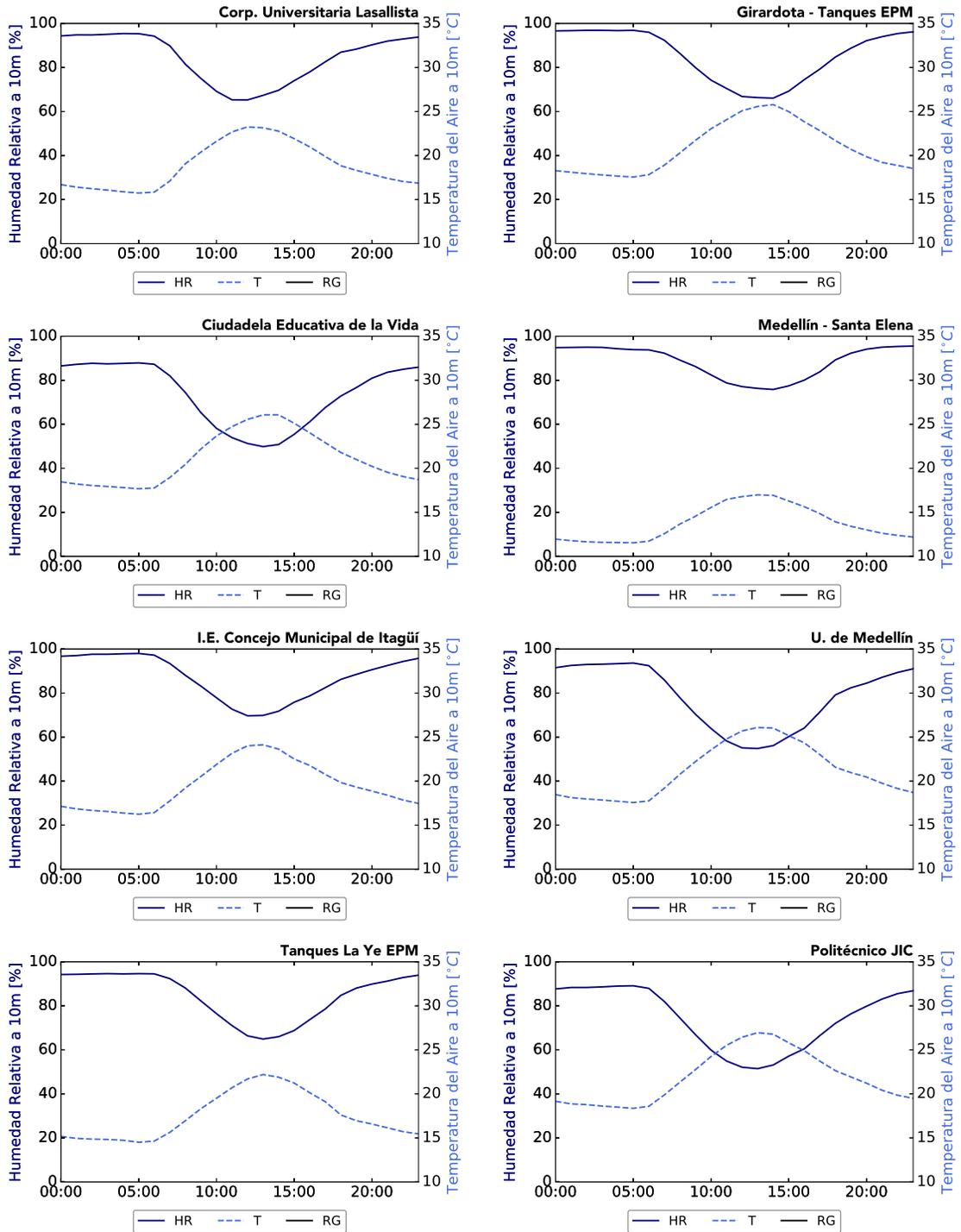


Figura 10.2: Radiación Solar, Temperatura y Humedad Relativa para las distintas estaciones.

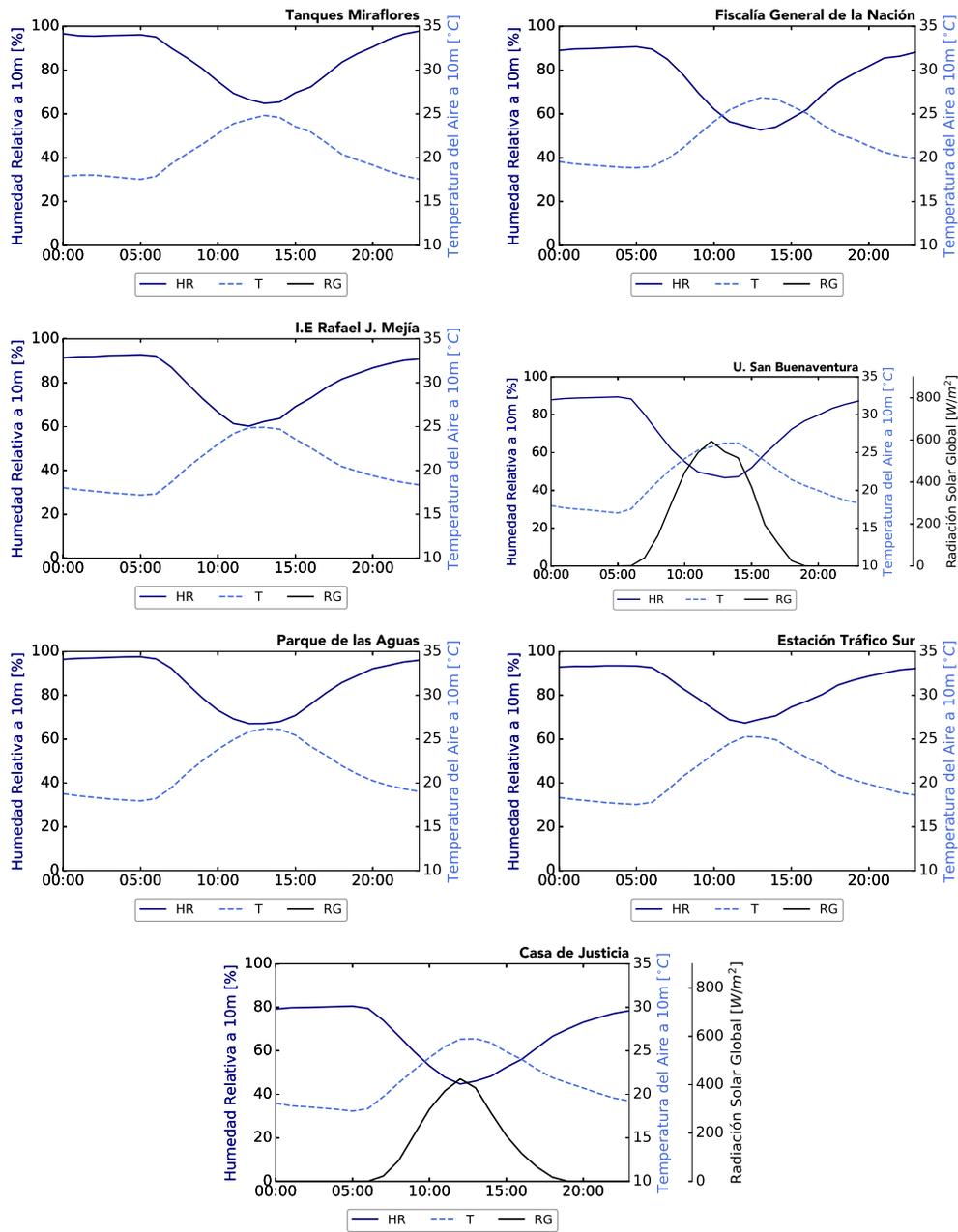
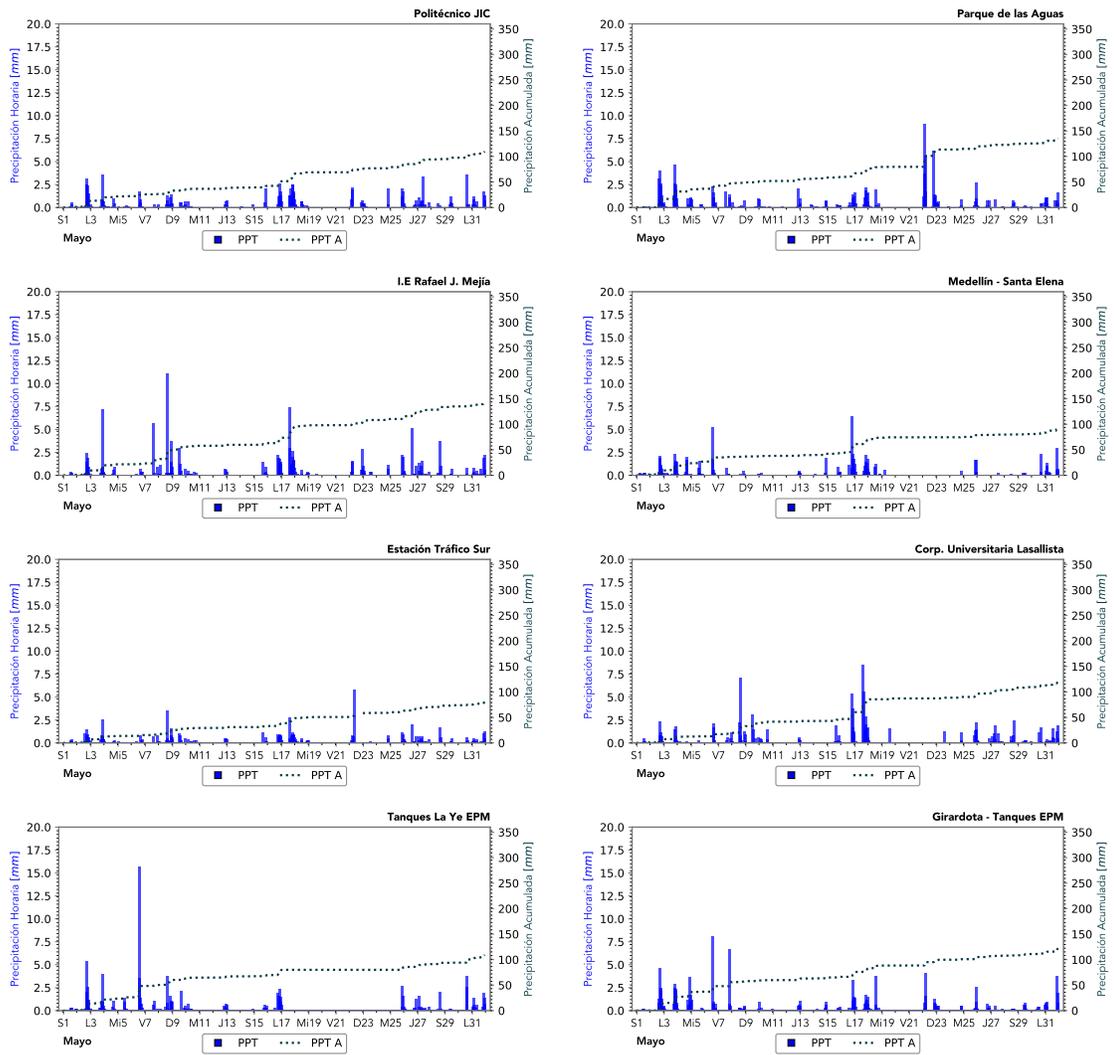


Figura 10.2: Continuación

## Precipitación

La Figura 10.3 presenta la precipitación horaria y acumulada para el mes de Mayo de 2021. Por otra parte, la Tabla 10.3 muestra el máximo acumulado horario, máximo acumulado diario, el acumulado mensual y los días sin precipitación para las distintas estaciones en las que se monitorea esta variable.



**Figura 10.3:** Precipitación horaria y acumulada para las distintas estaciones.

**Nota:** En la Tabla 10.1 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

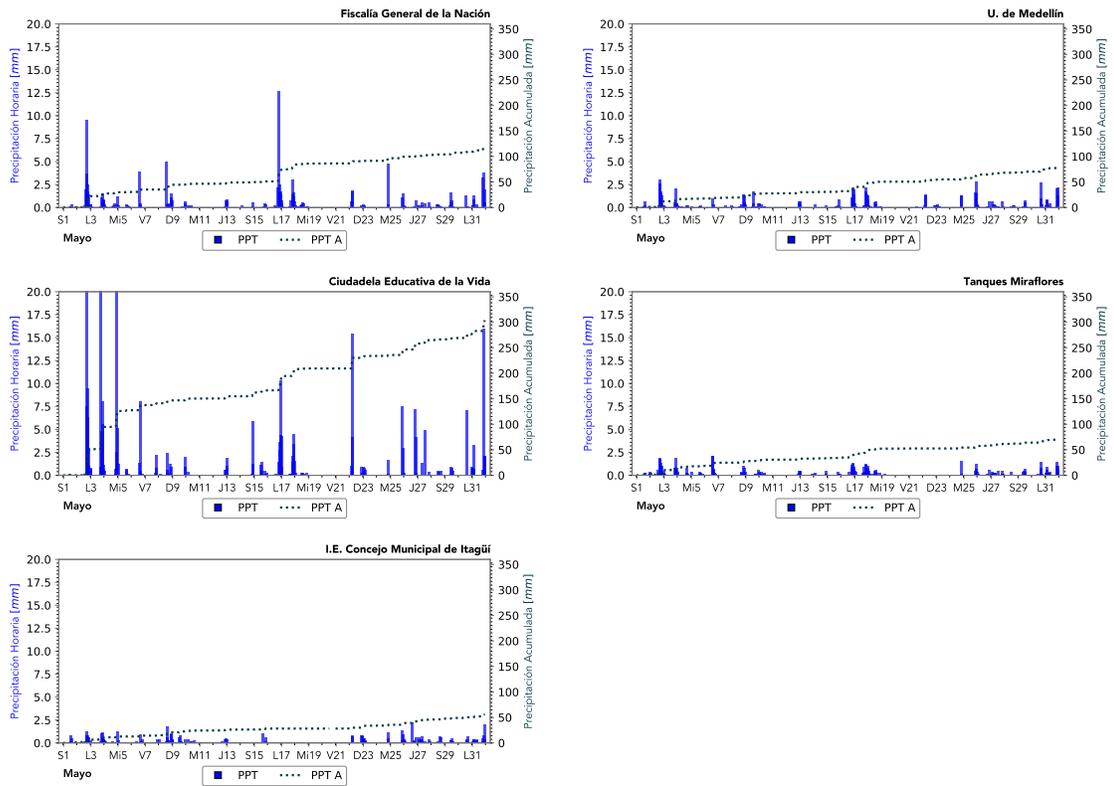


Figura 10.3: Continuación

**Tabla 10.3:** Estadísticos Precipitación

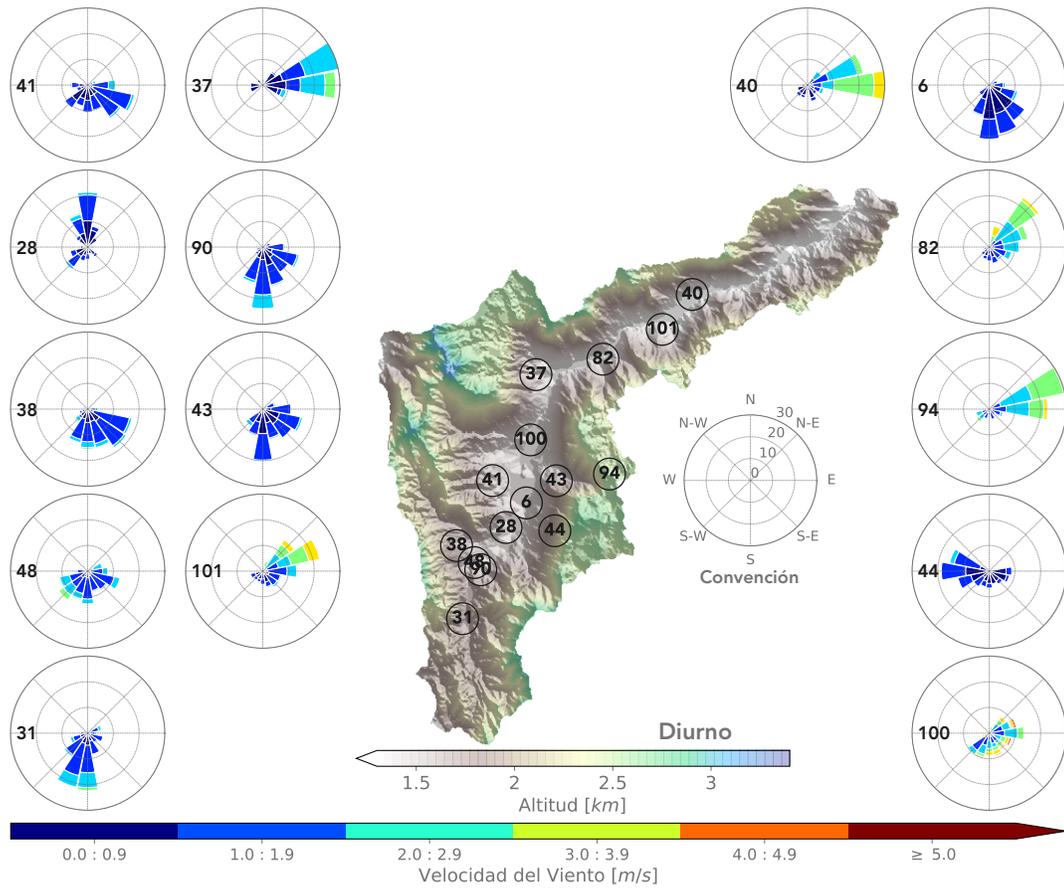
Estación	Acumulado Mensual (mm)	Días Sin Precipitación	Máximo Acumulado Diario (mm)	Máximo Acumulado Horario (mm)
BAR-PDLA	135.2	1.0	31.5	9.1
GIR-EPM	122.2	2.0	13.7	8.0
COP-CVID	303.9	2.0	49.6	21.8
MED-FISC	121.6	3.0	21.2	12.7
MED-SELE	92.3	4.0	13.3	6.4
MED-UDEM	83.0	3.0	10.7	3.0
MED-MIRA	74.0	5.0	8.9	2.1
MED-PJIC	109.4	3.0	16.1	3.6
MED-LAYE	108.8	8.0	22.1	15.6
ITA-CONC	56.0	7.0	5.6	2.2
SUR-TRAF	80.1	3.0	10.2	5.8
SAB-RAME	144.3	3.0	23.0	11.1
CAL-LASA	120.5	3.0	25.3	8.5

**Nota:** En la Tabla 10.1 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

## Vientos

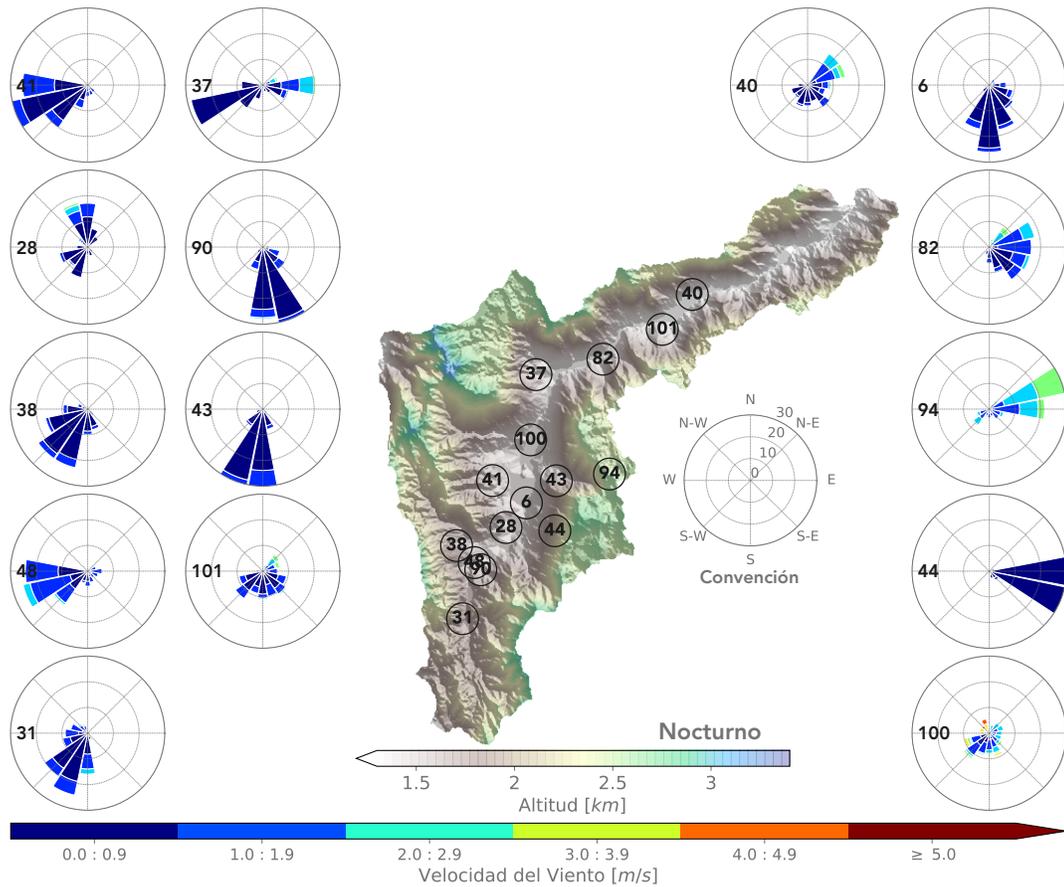
Las Figuras 10.4, 10.5 y 10.6 presentan las rosas de vientos diurnas, nocturnas y totales, respectivamente, para las diferentes estaciones meteorológicas. Estas rosas de viento brindan información acerca de la distribución de las velocidades de los vientos y de la frecuencia con la que estos se presentan con determinada orientación a lo largo del día.

Como puede observarse a partir de las Figuras, la orientación de donde provienen los vientos varía de estación a estación dentro del área metropolitana tanto en horario diurno como nocturno, así mismo sucede con la velocidad de los vientos.



**Figura 10.4:** Rosas de Viento diurnas para las distintas estaciones

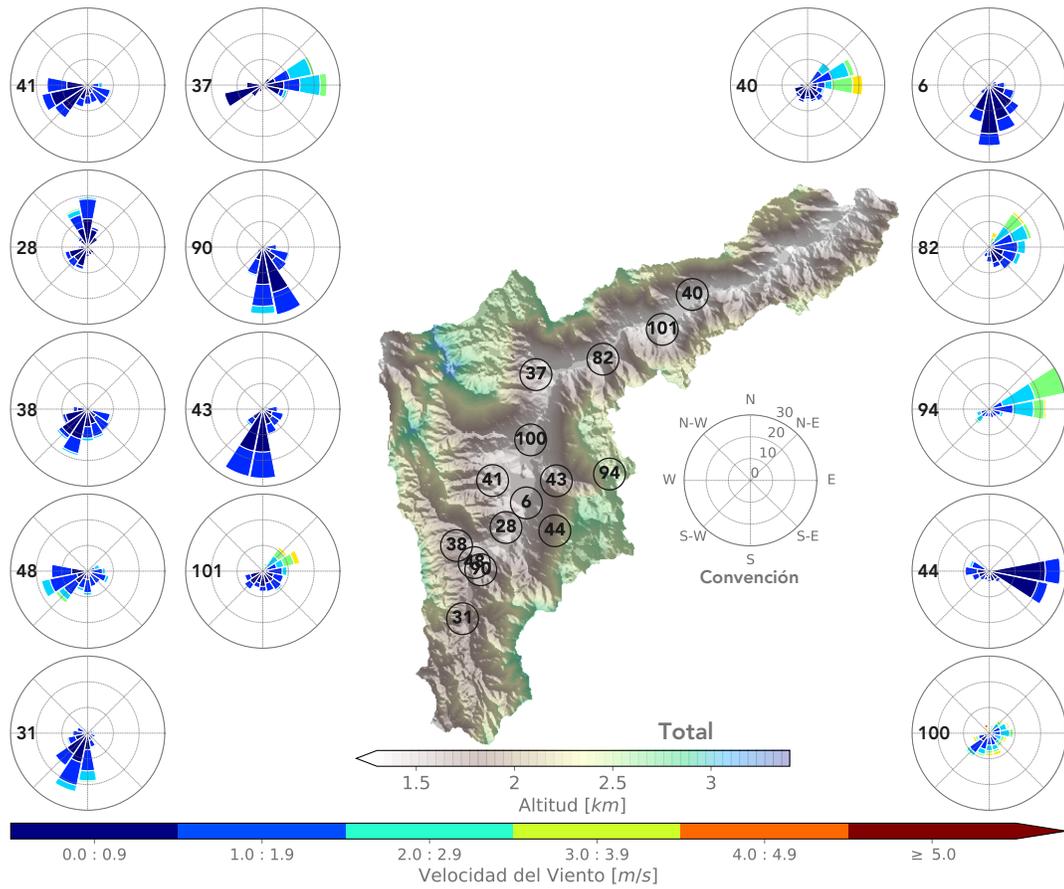
**Nota:** En la Tabla 10.1 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.



**Figura 10.5:** Rosas de Viento nocturnas para las distintas estaciones

**Nota:** En la Tabla 10.1 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

La estación con las velocidades diurnas más altas durante el mes corresponde a la estación MED-FISC, con una velocidad promedio de  $2.59 \text{ m/s}$  y la estación con velocidades diurnas más bajas corresponde a la estación ITA-CJUS con una velocidad promedio de  $0.89 \text{ m/s}$ . En el caso nocturno, la mayor velocidad se registró en la estación MED-SELE con un promedio de  $2.26 \text{ m/s}$ , mientras que la velocidad más baja se presentó en la estación ITA-CJUS con un promedio de  $0.56 \text{ m/s}$ .



**Figura 10.6:** Rosas de Viento totales para las distintas estaciones.

**Nota:** En la Tabla 10.1 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

## 11 Anexos

Anexo 1. Black Carbon

Anexo 2. BTEX

Anexo 3. Métodos de medición

**Tabla 11.1:** Métodos y rangos de operación para los equipos pertenecientes a la REDMCA

Contaminante	Método/Procedimiento	Estado del Contaminante	Rango de operación del equipo
PM10	Toma de muestras para la determinación de la concentración de partículas menores a 10 $\mu m$ en el aire ambiente, U.S. EPA RFNA 0202-141 E-CFR Título 40, Parte 50, Capítulo I, Subcapítulo C, Apéndice J. Alto Volumen PM10, Procedimiento P-GAA-RA-03.	Particulado	2-750 $\mu g/m^3$
PM10	Determinación directa en campo de la determinación de la concentración de partículas menores a 10 $\mu m$ en el aire ambiente, Método equivalente automático U.S. EPA EQPM-0798-122 Monitor de Partículas BAM-1020. Procedimiento P-GAA-RA-05.	Particulado	0-1000 $\mu g/m^3$
PM2.5	Determinación directa en campo de la concentración de partículas menores a 2.5 $\mu m$ en el aire ambiente, método equivalente automático U.S. EPA EQPM-0308-170 Monitor de Partículas BAM-1020. Procedimiento P-GAA-RA-05.	Particulado	0-1000 $\mu g/m^3$
PM2.5	Determinación directa en campo de la concentración de partículas menores a 2.5 $\mu m$ en el aire ambiente, método equivalente automático U.S. EPA EQPM-0715-266 Monitor de Partículas BAM-1020. Procedimiento P-GAA-RA-05.	Particulado	0-1000 $\mu g/m^3$

**Tabla 11.1:** Métodos y rangos de operación para los equipos pertenecientes a la REDMCA

Contaminante	Método/Procedimiento	Estado del Contaminante	Rango de operación del equipo
PM2.5	Toma de muestras para la determinación de la concentración de partículas menores a 2.5 $\mu m$ en el aire ambiente U.S EPA EQPM-1013-209. Monitor de Partículas BAM1022. Procedimiento P-GAA-RA-17.	Particulado	2-200 $\mu g/m^3$
PM2.5	Toma de muestras para la determinación de la concentración de partículas menores a 2.5 $\mu m$ en el aire ambiente, Método Referencia U.S. EPA RFPS-0498-116, CFR Título 40, parte 50, Capítulo I, Subcapítulo C, Apéndice L. Medición continua mediante muestreados de aire BGI modelo PQ200. Bajo Volumen. Procedimiento P-GAA-RA-10.	Particulado	2-200 $\mu g/m^3$
Ozono	Determinación directa en campo de la concentración de ozono $O_3$ en el aire ambiente, método equivalente U.S. EPA-EQOA-0880-047 CFR Título 40, Capítulo I, Subcapítulo C, Medición continua mediante fotometría UV. Modelo 49C Marca Thermo. Procedimiento P-GAA-RA-07.	Gaseoso	0-50 ppb 0-1000 ppb (0 – 98,15 $\mu g/m^3$ 0-1963,07 $\mu g/m^3$ )
Ozono	Determinación directa en campo de la concentración de ozono $O_3$ en el aire ambiente, método equivalente U.S. EPA-EQOA-0992-087 CFR Título 40, Capítulo I, Subcapítulo C, Parte 50, Apéndice D. Medición continua mediante fotometría UV. Modelo 400E marca Teledyne. Procedimiento P-GAA-RA-12.	Gaseoso	0-100 ppb 0-10000 ppb (0 – 196,31 $\mu g/m^3$ 0- 19630,67 $\mu g/m^3$ )
CO	Determinación directa en campo de la concentración de Monóxido de Carbono CO en el aire ambiente, método de referencia U.S. EPA RFCA-0981-054 CFR Título 40, Capítulo I, Subcapítulo C, Parte 50, Apéndice C. Medición continua espectrometría infrarroja no dispersiva. Modelo 48C Marca Thermo. Procedimiento P-GAA-RA-11.	Gaseoso	0-1 ppm 0-1000 ppm (0 – 1145,60 $\mu g/m^3$ 0 – 1145603,27 $\mu g/m^3$ )

**Tabla 11.1:** Métodos y rangos de operación para los equipos pertenecientes a la REDMCA

Contaminante	Método/Procedimiento	Estado del Contaminante	Rango de operación del equipo
CO	Determinación directa en campo de la concentración de Monóxido de Carbono CO en el aire ambiente, método automático de referencia U.S. EPA-RFCA-1093-093 CFR Título 40, Capítulo I, Subcapítulo C, Parte 50, Apéndice C. Mediante continua mediante fotometría infrarroja no dispersiva. Modelo 300E, marca Teledyne. Procedimiento P-GAA-RA-08.	Gaseoso	0-1 ppm 0-1000 ppm (0 – 1145,60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 0 – 1145603,27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
SO <sub>2</sub>	Determinación de Dióxido de Azufre SO <sub>2</sub> en el aire ambiente, Método automático equivalente EPA-EQSA-0495-100 Título 40, Capítulo I, Subcapítulo C, Parte 50, Apéndice A1, Modelo 100E, marca Teledyne. Procedimiento P-GAA-RA-09.	Gaseoso	0-20 ppb 0-20000 ppb (0- 52,40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 0-52399,18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
NO <sub>x</sub>	Determinación de Óxido de Nitrógeno NO <sub>x</sub> en el aire ambiente, Método automático de Referencia RFNA-1194-099 CFR Título 40, Capítulo I, Subcapítulo C, Parte 50, Apéndice F. Medición continua mediante la aplicación del método de quimiluminiscencia, modelo 200E marca Teledyne. Procedimiento PGAA-RA-13.	Gaseoso	0-50 ppb 0-20000 ppb
PM <sub>1</sub>	Toma de muestras para la determinación de la concentración partículas menores a 1 micra (PM <sub>1</sub> ) en el aire ambiente. Medición continua mediante monitor de partículas E-BAM). Procedimiento P-GAA-RA-02.	Particulado	5 – 65530 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

## Anexo 4. Identificación de muestras en los equipos manuales

En la Tabla 11.2 se relaciona la fecha de muestreo y el número de cada filtro utilizado en las estaciones manuales de PM<sub>10</sub>. Los filtros utilizados en estos equipos son filtros de micro-cuarzo de marca WHATMAN, y la muestra ensayada corresponde a material particulado menor a 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>). La integridad de la muestra se garantiza a través de la trazabilidad de las condiciones físicas del filtro utilizado y las condiciones ambientales durante el proceso de pesaje de acuerdo a las condiciones generales del procedimiento P-GAA-RA-03. En la Tabla 11.3 se relaciona el número, la fecha de muestreo, y la fecha de pesaje de cada filtro utilizado en las estaciones manuales de PM<sub>2.5</sub>. Los filtros utilizados en estos equipos

son filtros de teflón (PTFE 46.2 mm) de marca TISCH SCIENTIFIC, y la muestra ensayada corresponde a material particulado menor a 2.5 micrómetros (PM2.5). La integridad de la muestra se garantiza a través de la trazabilidad de las condiciones físicas del filtro utilizado y las condiciones ambientales durante el proceso de pesaje de acuerdo a las condiciones generales del procedimiento P-GAA-RA-10. El servicio de gravimetría de los filtros de PM10 es prestado por el laboratorio CONHINTEC S.A.S mientras que el pesaje de los filtros de PM2.5 lo realiza Aqualab Consulting S.A.S. Ambos laboratorios están acreditados bajo la norma NTC-ISO/IECO 17025:2005 para la toma de muestras y análisis de calidad de aire. La acreditación de ambos laboratorios da cumplimiento a los requisitos internos relacionados con la selección de proveedores.

**Tabla 11.2:** Identificación de filtros de las estaciones manuales de PM10

Fecha Muestreo	ESTACIÓN									
	BAR-HSVP	COP-HSMA	MED-CORA	MED-MIRA	MED-PJIC	ITA-PTAR	ITA-POGO	EST-MAGO	SUR-TRAF	CAL-JOAR
2021-05-01	A203	A201	A205	A204	101623	101621	101619	101620	101622	101617
2021-05-04	N.D.	N.D.	A217	A215	A211	A209	A207	A210	A212	A208
2021-05-06	A226	A229	A228	A227	A224	A223	A221	A222	A219	A218
2021-05-09	A241	A239	A240	A238	A236	A235	A234	A230	A232	A231
2021-05-12	A247	A249	A250	A251	A246	A245	A243	A216	A244	A214
2021-05-16	A259	A261	A263	A262	A256	A258	A257	A254	A255	A253
2021-05-19	A271	A274	A275	A273	A269	A270	A268	A267	A266	A265
2021-05-22	A285	A286	A287	A283	A278	A277	A279	A280	A281	A282
2021-05-25	A296	A298	A299	A297	A294	A292	A290	A293	A288	A291
2021-05-27	A108	A109	A111	A110	A106	A105	A103	A104	A101	A102
2021-05-31	A120	A121	A122	A123	A114	A116	A113	A115	A117	A118

ND: No Dato.

**Tabla 11.3:** Identificación de filtros de las estaciones manuales de PM2.5

Fecha Muestreo	BEL-JEGA		MED-PJIC	
	Número Filtro	Fecha Pesaje	Número Filtro	Fecha Pesaje
2021-05-01	C9496555	2021-05-21	D9120385	2021-05-21
2021-05-04	C9685390	2021-05-21	D9120383	2021-05-21
2021-05-06	C9685378	2021-05-21	D9120384	2021-05-21
2021-05-09	C9689046	2021-05-21	C9685373	2021-05-21
2021-05-12	C9689048	2021-05-21	C9685374	2021-05-21
2021-05-16	C9689322	2021-06-03	C9685375	2021-06-03
2021-05-19	C9689317	2021-06-03	C9689050	2021-06-03
2021-05-22	C9689314	2021-06-03	C9689049	2021-06-03
2021-05-25	C9689310	2021-06-03	C9689309	2021-06-03
2021-05-27	C9689303	2021-06-03	C9689302	2021-06-03
2021-05-31	C9689312	2021-06-03	C9689316	2021-06-10

ND: No Dato.

## Anexo 5. Condiciones ambientales de muestreo

Las condiciones ambientales al interior del shelter son un factor importante para la correcta operación de los analizadores de gases, por lo que se hace necesario el seguimiento constante de la variabilidad de estas. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América, EPA por sus siglas en inglés, en el Apéndice D del Quality Assurance Handbook, establece como rango válido para la temperatura, en un período de 24 horas, valores entre 20°C y 30°C además de una desviación estándar menor a 2.1 °C. A este requisito para el monitoreo de los gases se le suman las condiciones de medición especificadas para los analizadores, lo cuales permiten el cumplimiento de lo establecido por la EPA, y añaden la necesidad de asegurar condiciones de humedad relativa por debajo del 90 %. Cabe agregar que esta restricción no aplica para los equipos automáticos para el monitoreo de material particulado.

Los analizadores de NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO y ozono están distribuidos en 13 estaciones. En cada una de estas se hace seguimiento de la temperatura y humedad al interior del shelter con el fin de garantizar el correcto desempeño de los diferentes equipos de gases. Los datos son usados para el seguimiento de las condiciones de medición en tiempo real y para la validación de las series de los diferentes contaminantes. En la Figura 11.1 se presentan las series obtenidas para cada una de las estaciones en el mes de Mayo.

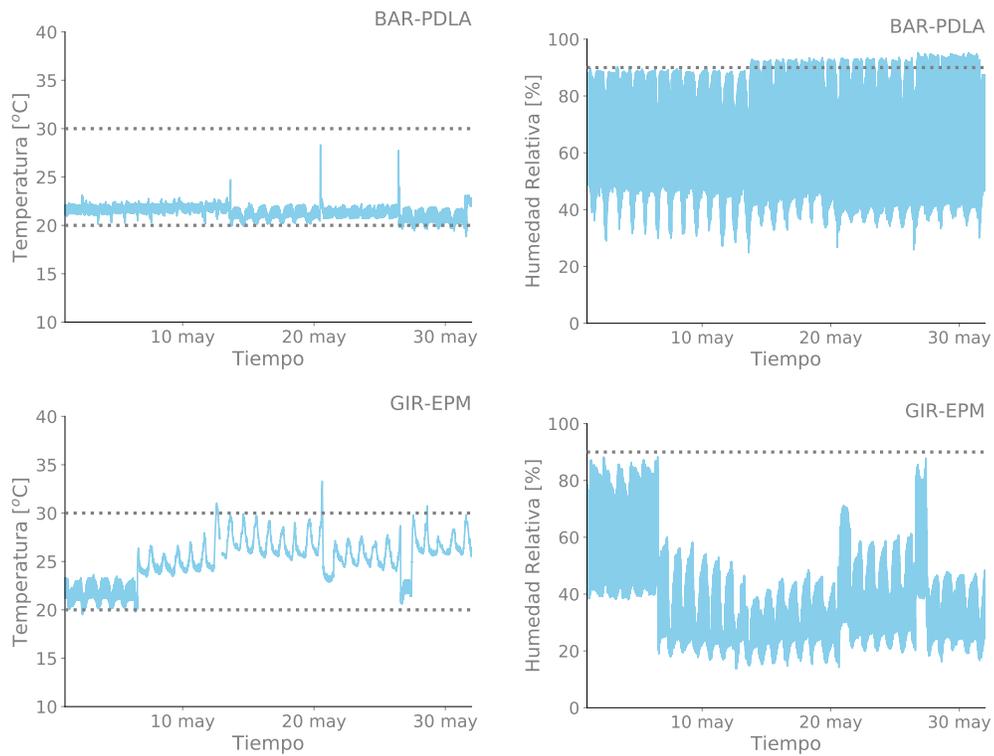


Figura 11.1: Condiciones de humedad y temperatura al interior del shelter

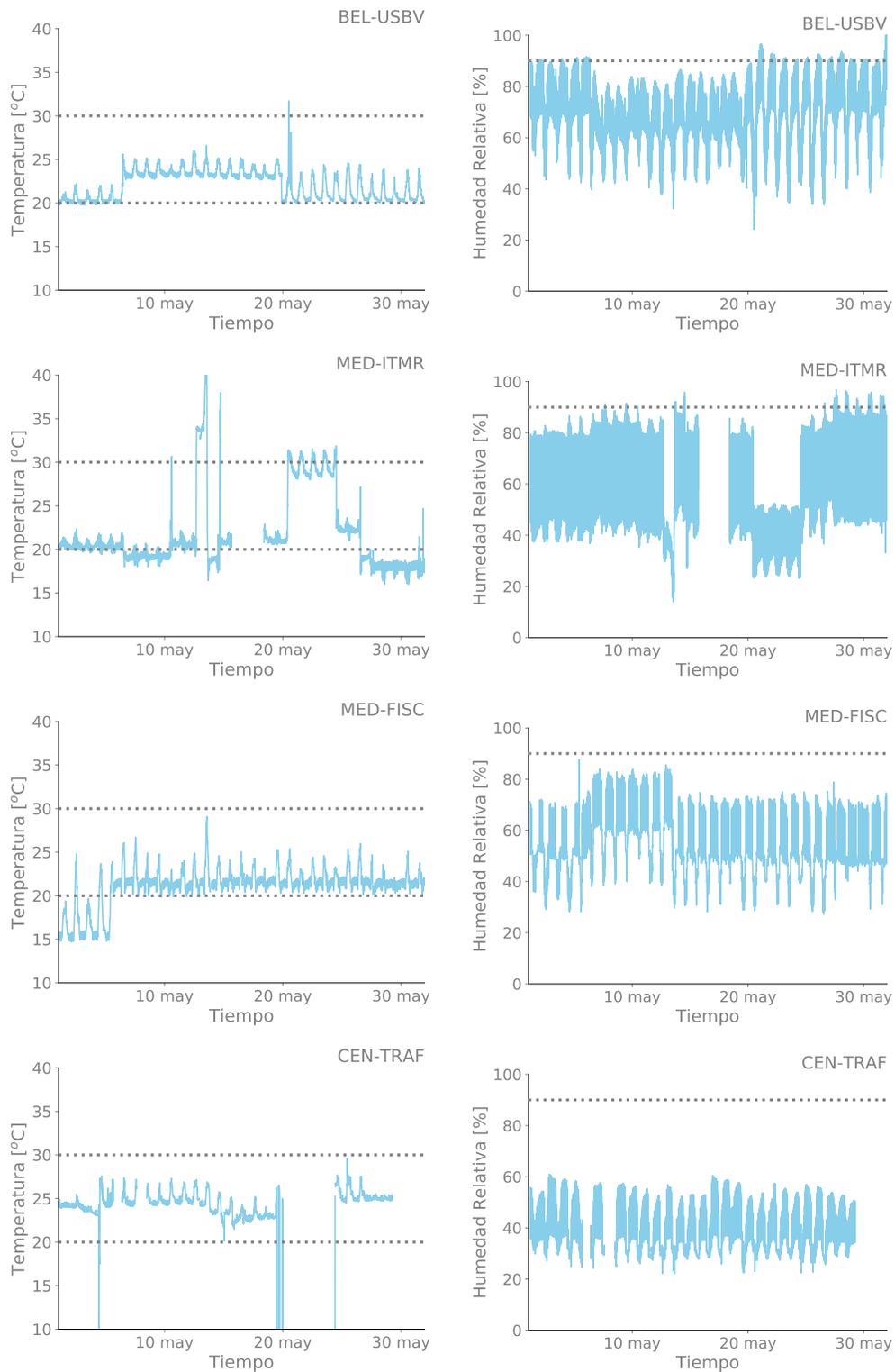


Figura 11.1: Continuación

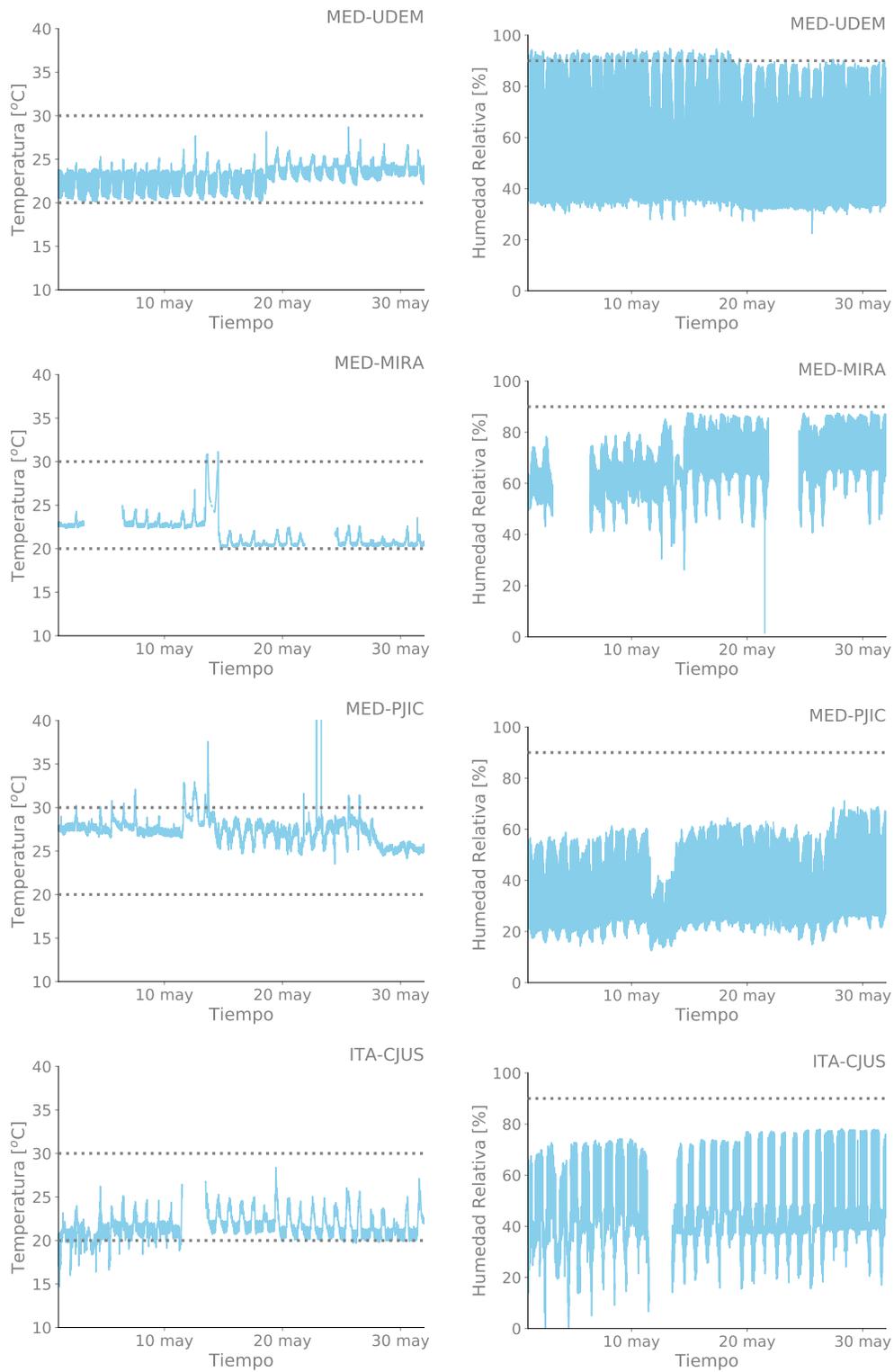


Figura 11.1: Continuación

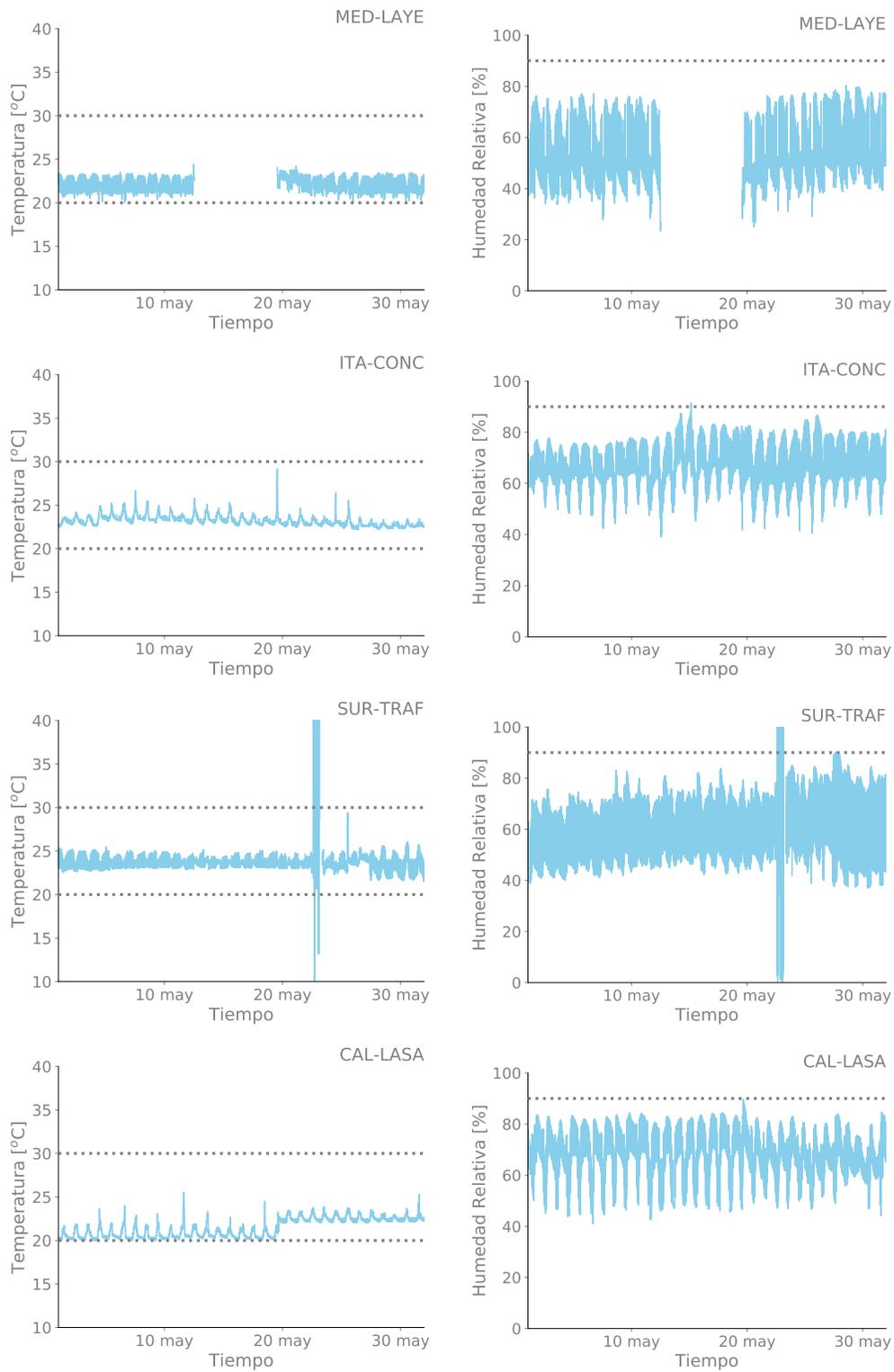


Figura 11.1: Continuación

## Anexo 6. Series de las concentraciones de los contaminantes criterio

De la Figura 11.2 a la 11.9 se presentan las series de las concentraciones horarias de PM2.5, PM10, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, Ozono, CO y SO<sub>2</sub> para las estaciones automáticas en medición de cada contaminante en el mes de Mayo del 2021. La ausencia de datos en las series se asocian a tramas inválidas, datos faltantes o períodos anteriores o posteriores a la instalación de un equipo en una estación determinada.

## Series de las concentraciones de PM2.5

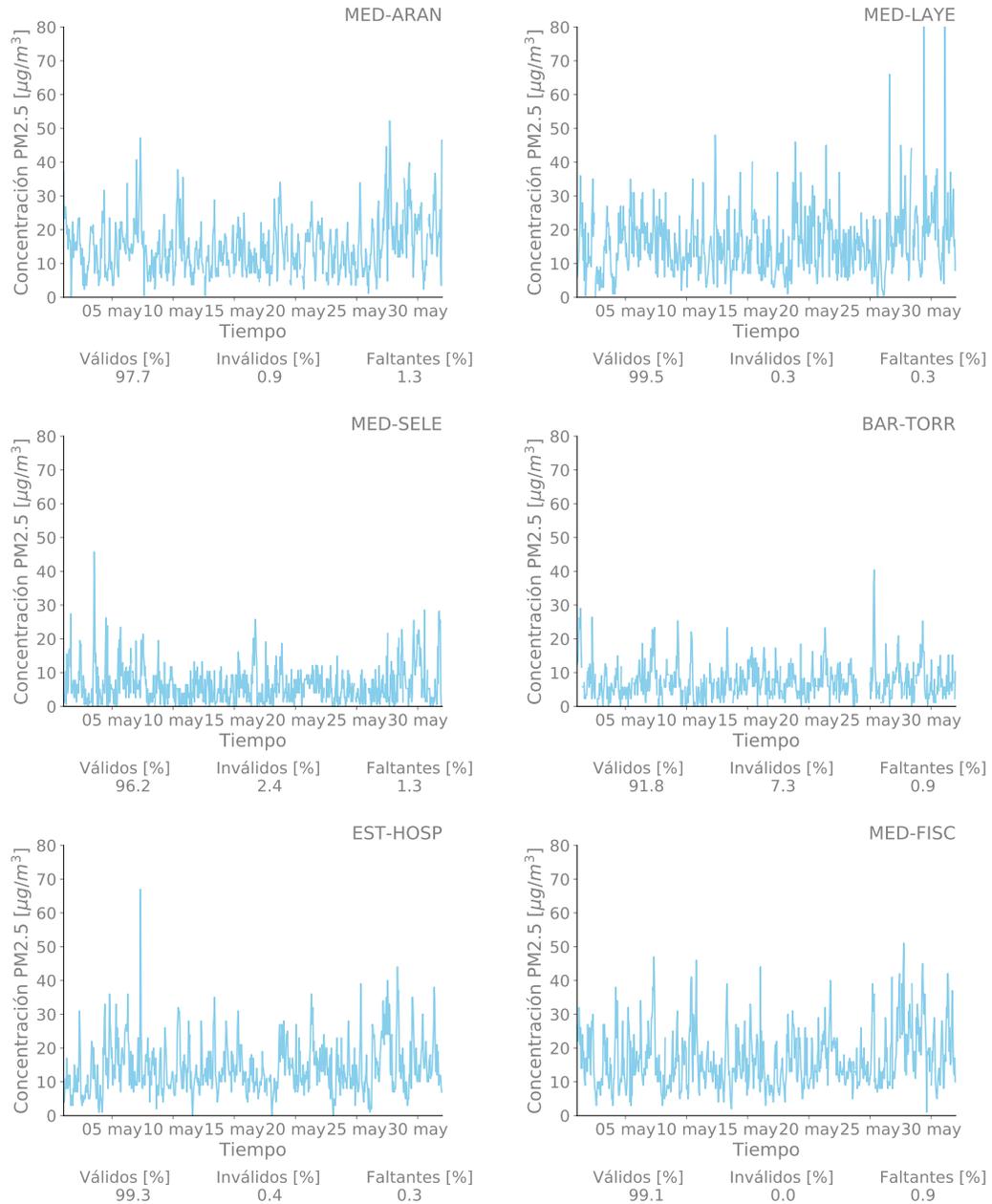


Figura 11.2: Series de las concentraciones de PM25

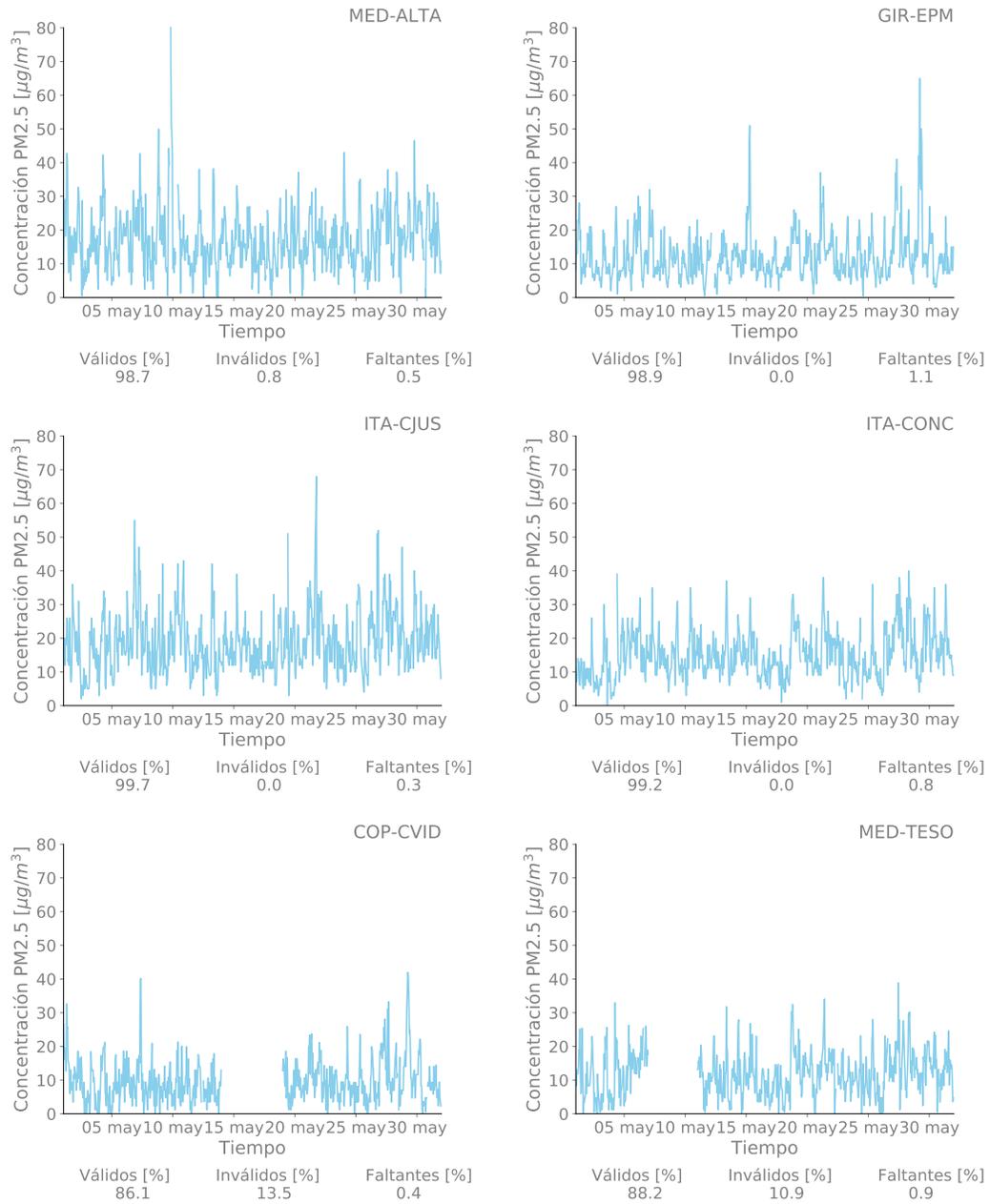


Figura 11.2: Continuación

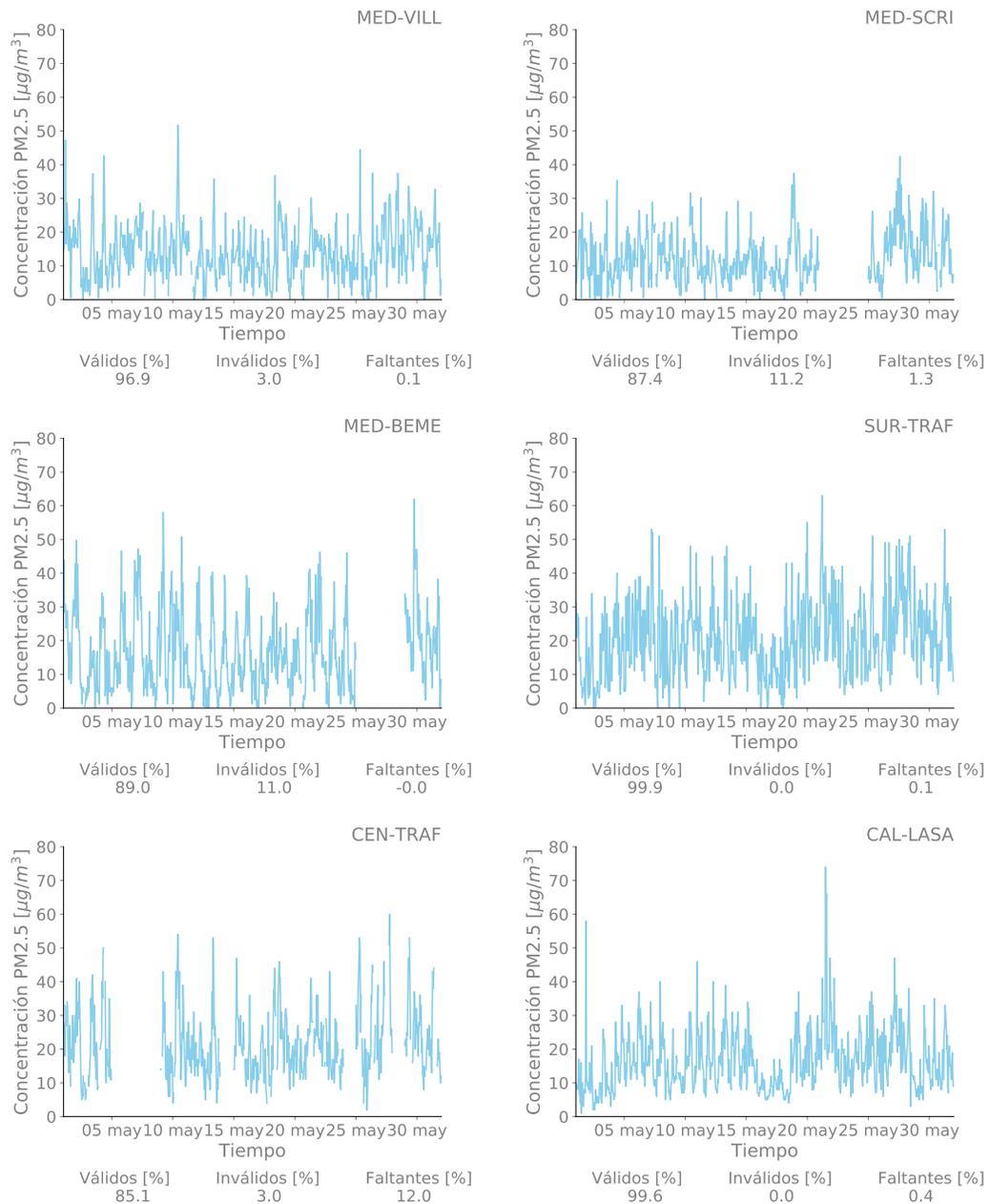


Figura 11.2: Continuación

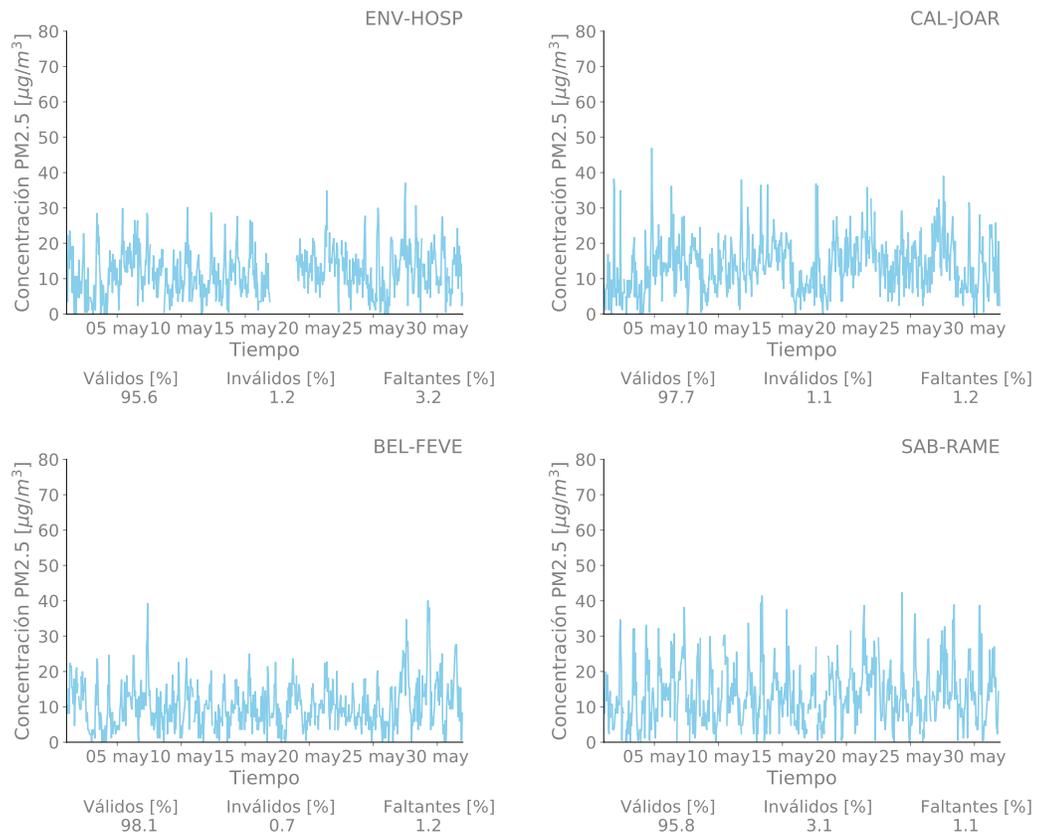


Figura 11.2: Continuación

## Series de las concentraciones de PM10

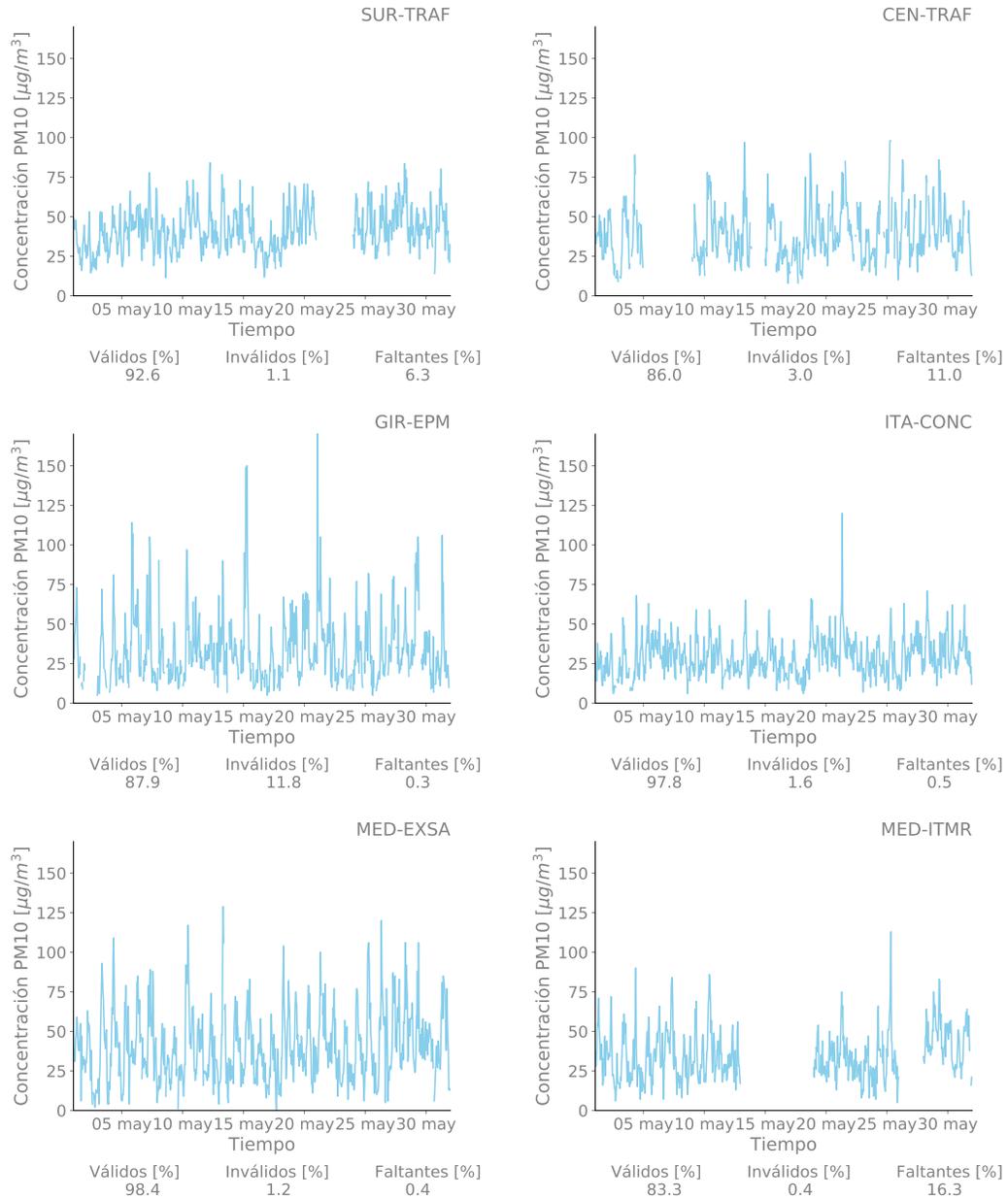


Figura 11.3: Series de las concentraciones de PM10

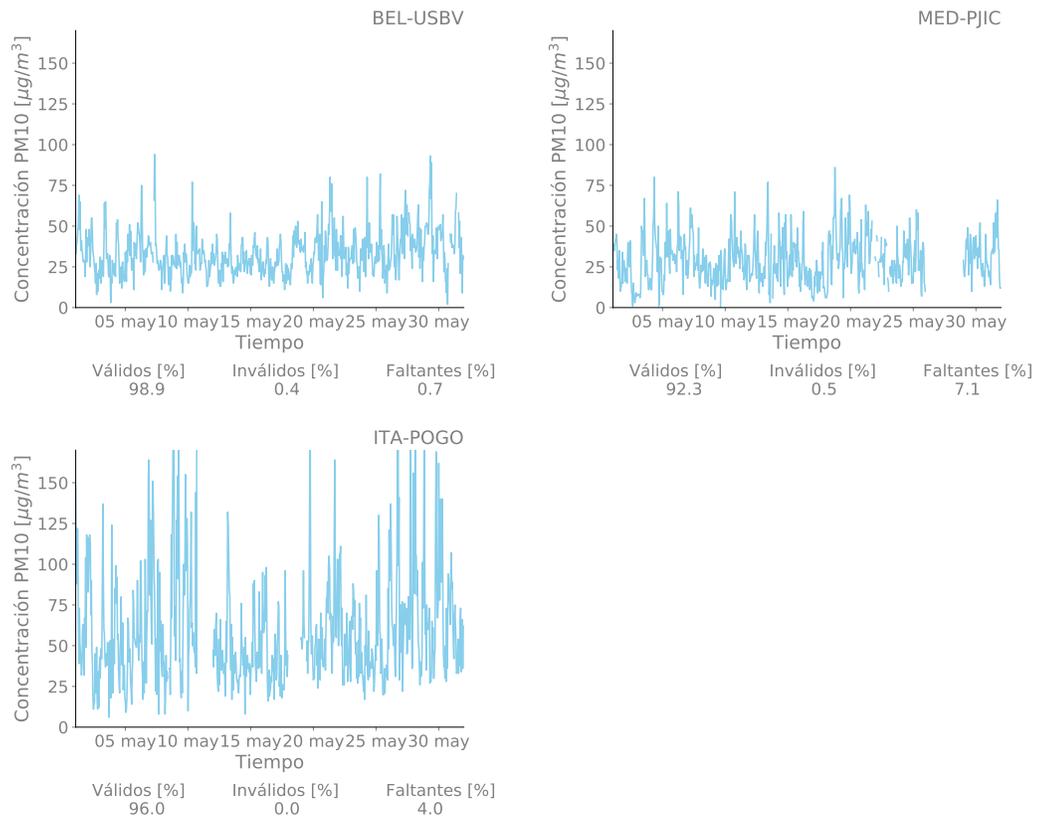


Figura 11.3: Continuación

## Series de las concentraciones de NO

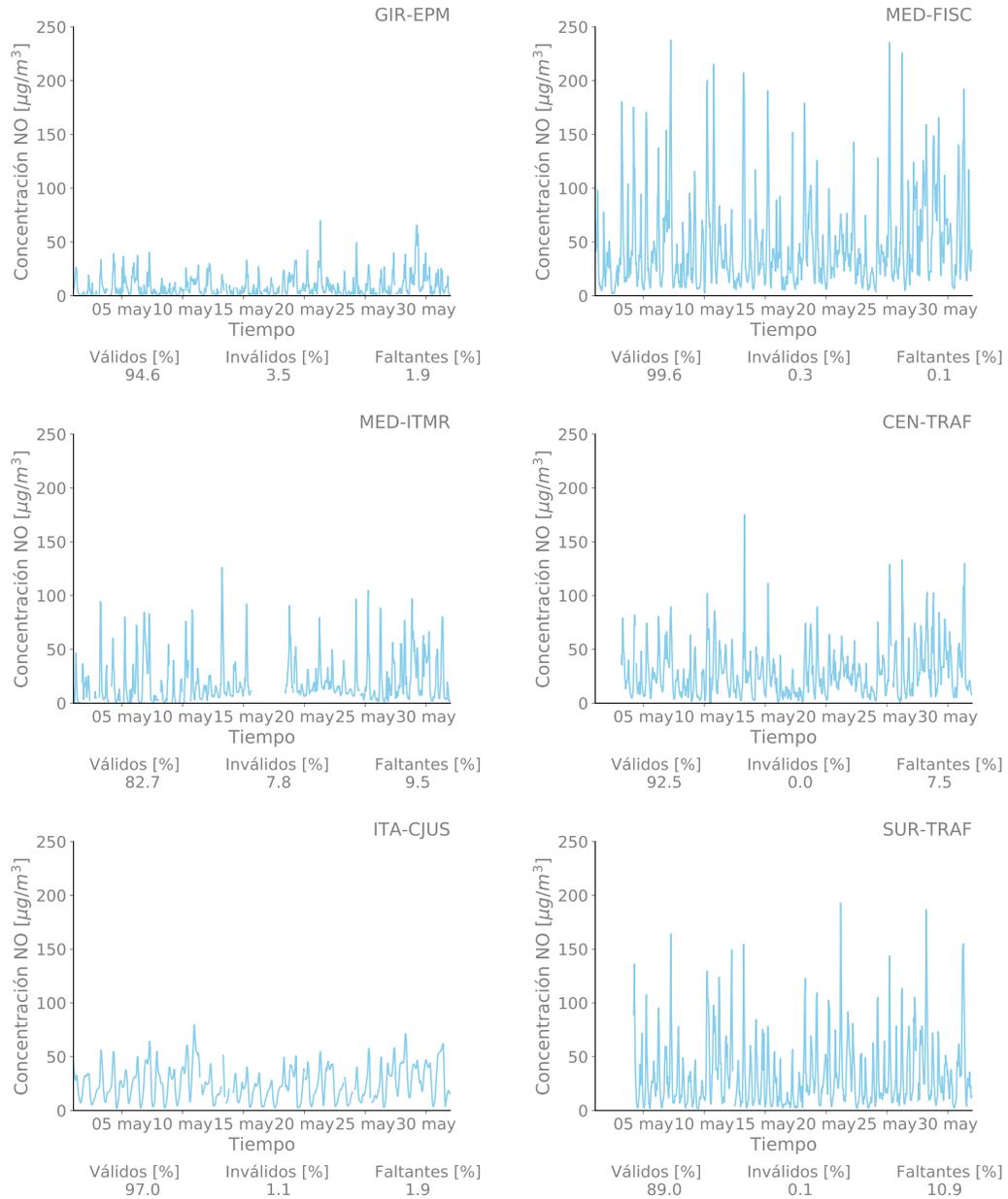
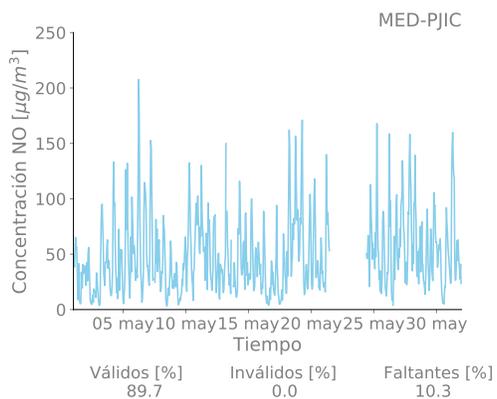


Figura 11.4: Series de las concentraciones de NO



**Figura 11.4:** Continuación

## Series de las concentraciones de NO2

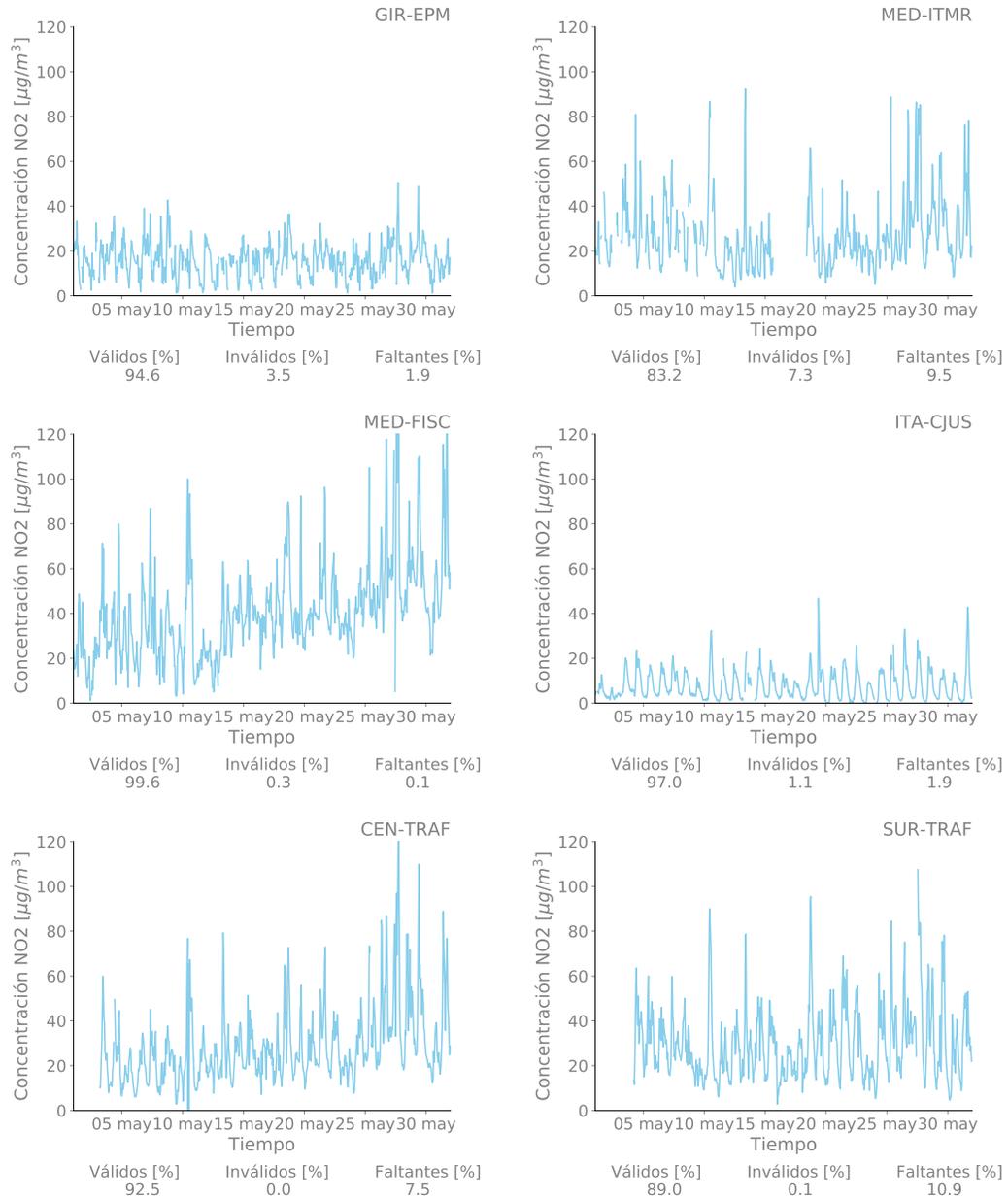


Figura 11.5: Series de las concentraciones de NO2

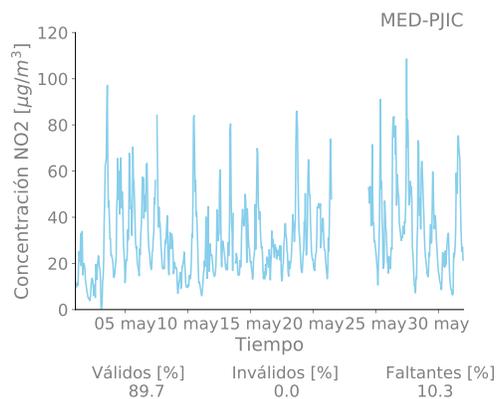


Figura 11.5: Continuación

## Series de las concentraciones de NOx

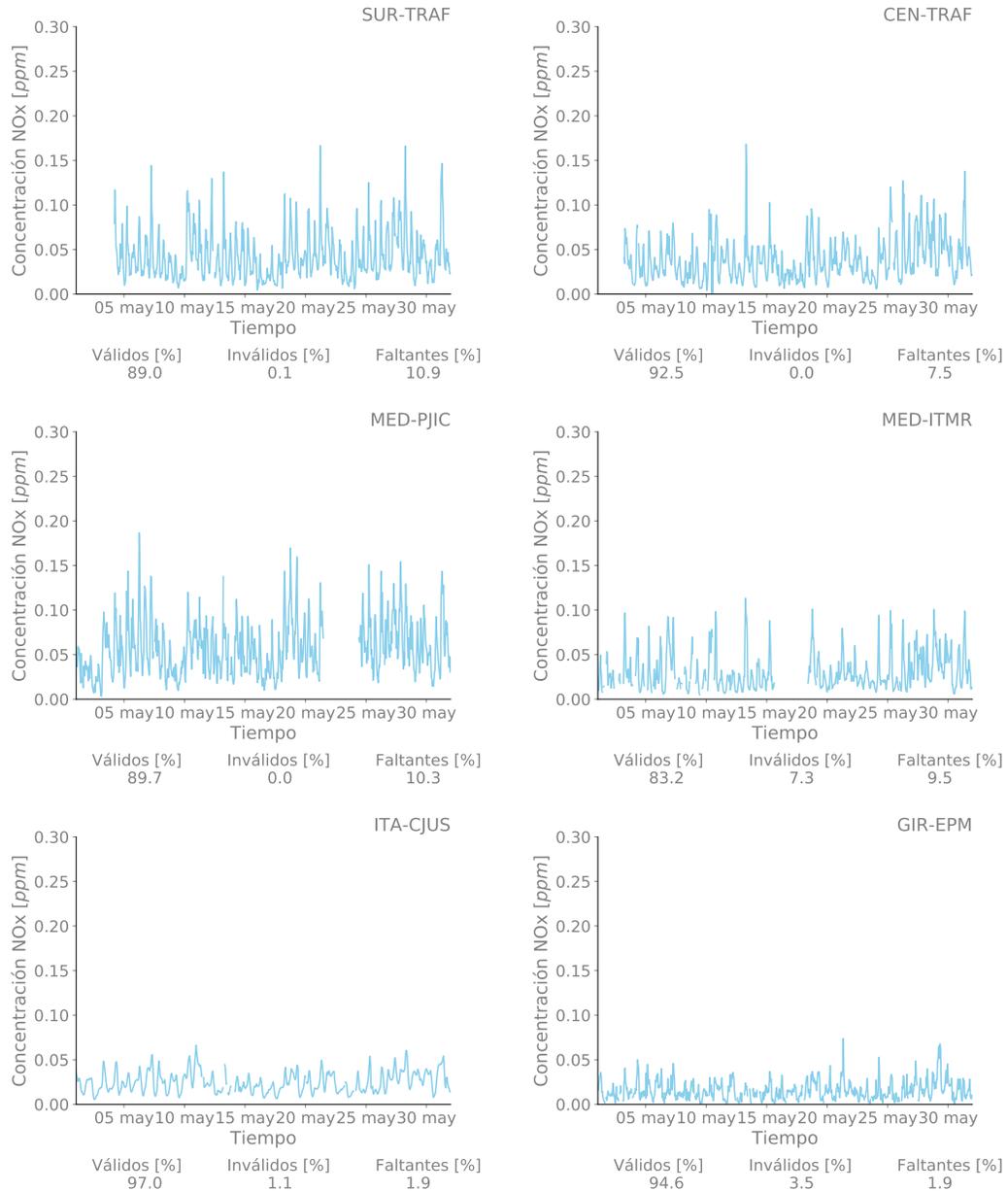
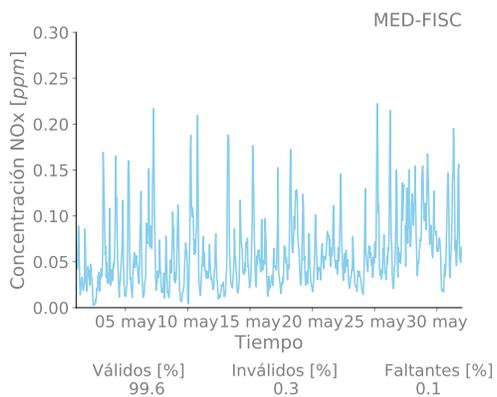


Figura 11.6: Series de las concentraciones de NOx



**Figura 11.6:** Continuación

## Series de las concentraciones de Ozono

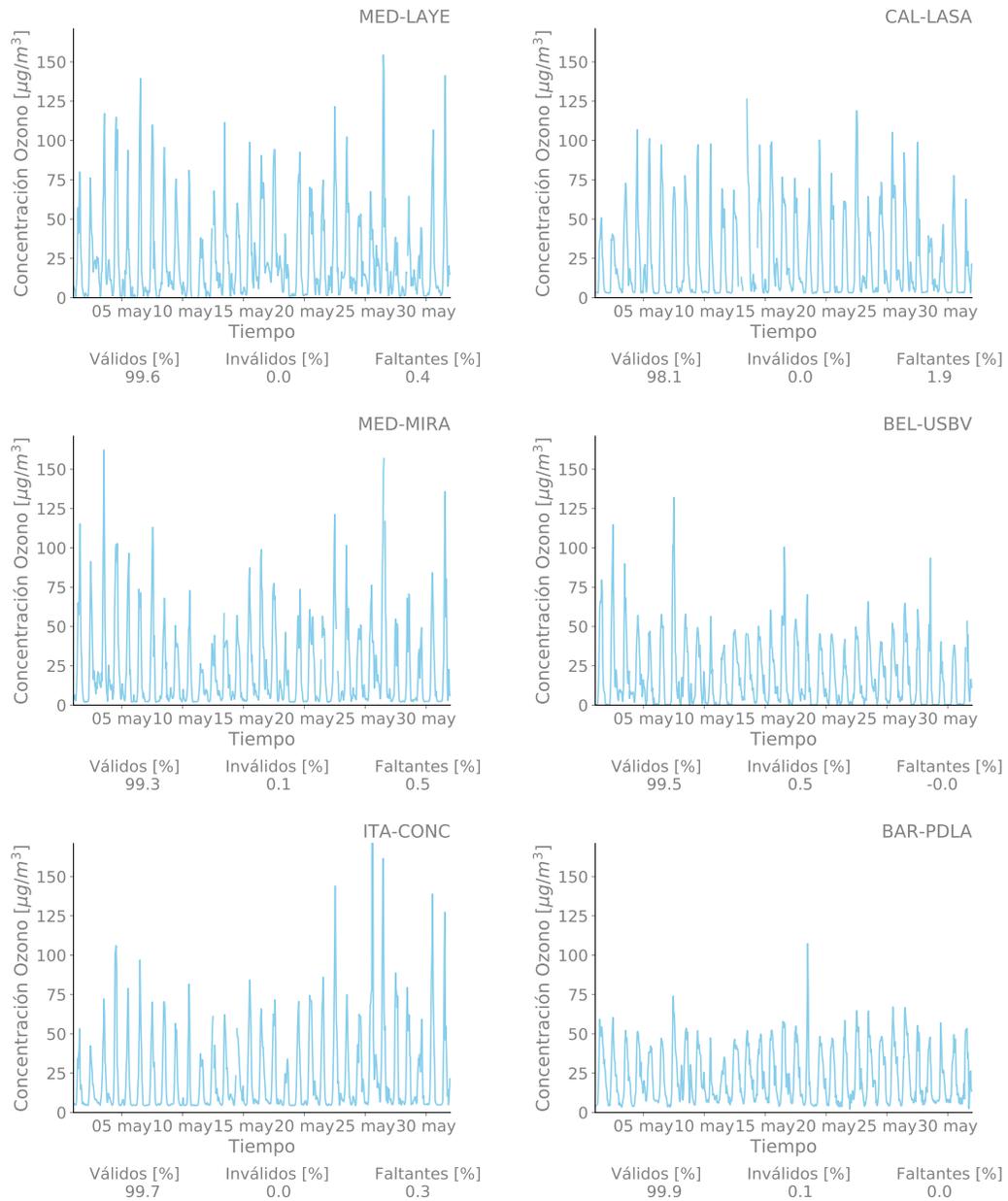


Figura 11.7: Series de las concentraciones de Ozono

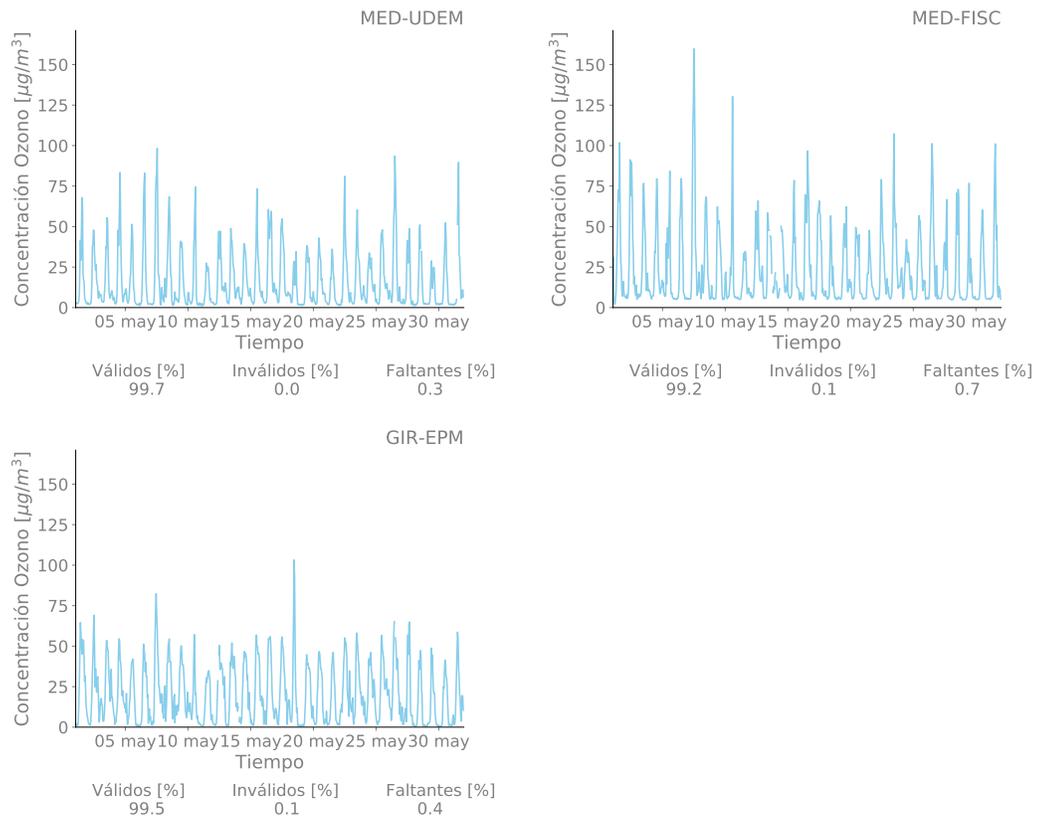


Figura 11.7: Continuación

## Series de las concentraciones de CO

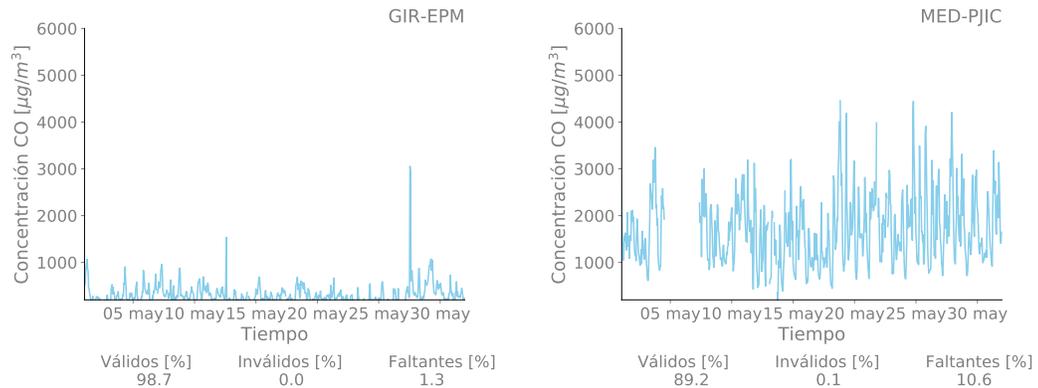


Figura 11.8: Series de las concentraciones de CO

Series de las concentraciones de SO2

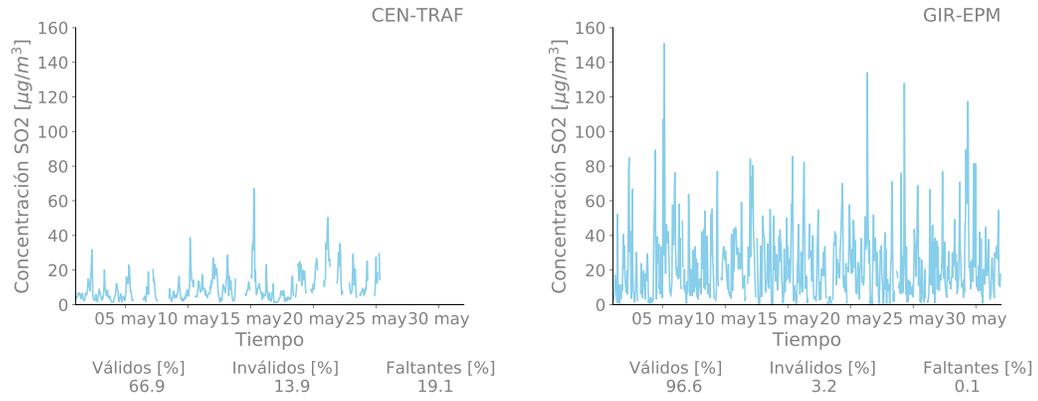


Figura 11.9: Series de las concentraciones de SO2

## Referencias

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Clasificación Estaciones de Monitoreo de Calidad del Aire. (256), 2014.

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Inventario de Emisiones Atmosféricas del Valle de Aburrá, año base 2018. 2018.

Gabriel Jaime and Maya Vasco. Relación entre las partículas finas (pm2.5) y respirables (pm10) en la ciudad de Medellín. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 7(12):23–42, 2008.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire. pages 1–142, 2010.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Relación 2254 del 2017. (Noviembre), 2017.

U.S. Environmental Protection Agency. A Guide to Air Quality and Your Health. (February), 2014.

---

FIN DEL INFORME

---