



UNIVERSIDAD
EAFIT[®]
Abierta al mundo

Informe Mensual de Calidad del Aire Septiembre de 2020

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 Mejia, Directora de la Red.



Fecha de emisión:
14 de octubre del 2020

Código:
F-GAA-RA-75
Versión:
5

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



Contenido

| | |
|--|-----------|
| 1. Introducción | 1 |
| 2. Descripción de la red | 2 |
| 3. Generalidades de los Contaminantes | 8 |
| Índice de Calidad del Aire (ICA) | 9 |
| 4. Material Particulado menor a 2.5 μm (PM2.5) | 11 |
| 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 |
| 5. Material Particulado menor a 10 μm (PM10) | 21 |
| Concentración Promedio Diaria de PM10 | 22 |
| Ciclo Diurno de la Concentración de PM10 | 23 |
| Índice de Calidad del Aire (ICA) para PM10 | 24 |
| 6. Ozono (O_3) | 26 |
| Concentraciones octohorarias de Ozono | 26 |
| Ciclo Diurno de la Concentración de Ozono | 27 |
| Índice de Calidad del Aire (ICA) para concentraciones horarias y octohorarias de ozono | 29 |

| | |
|---|-----------|
| 7. Óxidos de Nitrógeno (NO_x) | 31 |
| Ciclo Diurno de la Concentración de NO _x | 32 |
| Concentración Promedio Diaria de NO ₂ | 33 |
| Ciclo Diurno de la Concentración de NO ₂ | 34 |
| Índice de Calidad del Aire (ICA) para las concentraciones horarias de NO ₂ | 35 |
| Ciclo Diurno de la Concentración de NO | 36 |
| 8. Monóxido de Carbono (CO) | 38 |
| Concentraciones Horarias y Octohorarias de CO. | 38 |
| Ciclo Diurno de la Concentración de CO | 39 |
| Índice de Calidad del Aire (ICA) para concentraciones octohorarias de CO | 40 |
| 9. Dióxido de Azufre (SO₂) | 41 |
| Concentración Promedio Diaria de SO ₂ | 41 |
| Ciclo Diurno de la Concentración de SO ₂ | 42 |
| Índice de Calidad del Aire (ICA) para las concentraciones horarias de SO ₂ | 43 |
| 10. Meteorología | 44 |
| Ciclo Diurno de la Radiación Solar, Temperatura y Humedad Relativa | 45 |
| Precipitación | 47 |
| Vientos | 50 |
| 11. Anexos | 54 |
| Anexo 1. Métodos de medición | 54 |
| Anexo 2. Identificación de muestras en los equipos manuales | 56 |

| | |
|--|----|
| Anexo 3. Condiciones ambientales de muestreo | 57 |
| Anexo 4. Series de las concentraciones de los contaminantes criterio | 61 |

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. Nota: En la gráfica NaN corresponde a datos faltantes. | 13 |
| 4.4. Ciclo diurno de PM2.5 para las estaciones automáticas | 15 |
| 4.4. Continuación | 16 |
| 4.4. Continuación | 17 |
| 4.5. Índice de Calidad del Aire para las estaciones automáticas de PM2.5 | 18 |
| 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. | 19 |
| 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. | 19 |
| 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 | 20 |
| 5.1. Estaciones automáticas de monitoreo de PM10 | 21 |
| 5.2. Concentración Diaria de PM10 para las estaciones automáticas. Nota: En la gráfica NaN corresponde a datos faltantes. | 22 |
| 5.3. Ciclo diurno de PM10 para las estaciones automáticas | 23 |
| 5.3. Continuación | 24 |
| 5.4. Índice de Calidad del Aire para las estaciones automáticas de PM10 | 25 |
| 5.5. Porcentaje de días en las distintas clasificaciones del ICA para las estaciones automáticas de PM10 | 25 |
| 6.1. Estaciones automáticas de monitoreo de Ozono | 26 |
| 6.2. Ciclo diurno de Ozono para las estaciones automáticas. | 28 |
| 6.2. Continuación | 29 |
| 6.3. Porcentaje de las distintas categorías del ICA para las concentraciones horarias de Ozono | 30 |
| 6.4. Variación porcentual de las distintas categorías del ICA para las concentraciones octohorarias de Ozono | 30 |

| | |
|--|----|
| 7.1. Estaciones automáticas de monitoreo de NO_x | 31 |
| 7.2. Ciclo diurno de NO_x para las estaciones automáticas. | 32 |
| 7.2. Continuación | 33 |
| 7.3. Concentraciones de NO_2 para las estaciones automáticas. Nota: En la gráfica NaN corresponde a datos faltantes. | 33 |
| 7.4. Ciclo diurno de NO_2 para las estaciones automáticas. | 34 |
| 7.4. Continuación | 35 |
| 7.5. Porcentaje de las distintas clasificaciones del ICA para las concentraciones horarias de NO_2 | 36 |
| 7.6. Ciclo diurno de NO para las estaciones automáticas. | 36 |
| 7.6. Continuación | 37 |
| 8.1. Estaciones automáticas de monitoreo de CO. | 38 |
| 8.2. Ciclo Diurno de CO para la estación MED-PJIC. | 39 |
| 8.3. Variación porcentual de las categorías de calidad de aire para las concentraciones horarias de Co en las estaciones de monitoreo. | 40 |
| 9.1. Estación automática de monitoreo de SO_2 | 41 |
| 9.2. Concentración Diaria de SO_2 para la estación automática. Nota: En la gráfica NaN corresponde a datos faltantes. | 42 |
| 9.3. Ciclo diurno de la concentración de SO_2 para la estación automática. | 43 |
| 9.4. Porcentaje de días en las distintas categorías del ICA para la estación de SO_2 | 43 |
| 10.1. Estaciones automáticas de monitoreo de Meteorología | 44 |
| 10.2. Radiación Solar, Temperatura y Humedad Relativa para las distintas estaciones | 46 |
| 10.2. Continuación | 47 |
| 10.3. Precipitación horaria y acumulada para las distintas estaciones | 48 |
| 10.3. Continuación | 49 |
| 10.4. Rosas de Viento diurnas para las distintas estaciones | 51 |
| 10.5. Rosas de Viento nocturnas para las distintas estaciones | 52 |
| 10.6. Rosas de Viento totales para las distintas estaciones. | 53 |
| 11.1. Condiciones de humedad y temperatura al interior del shelter | 58 |
| 11.1. Continuación | 59 |
| 11.1. Continuación | 60 |

| | |
|--|----|
| 11.1. Continuación | 61 |
| 11.2. Series de las concentraciones de PM25 | 62 |
| 11.2. Continuación | 63 |
| 11.2. Continuación | 64 |
| 11.2. Continuación | 65 |
| 11.3. Series de las concentraciones de PM10 | 66 |
| 11.3. Continuación | 67 |
| 11.4. Series de las concentraciones de NO | 68 |
| 11.4. Continuación | 69 |
| 11.5. Series de las concentraciones de NO2 | 70 |
| 11.5. Continuación | 71 |
| 11.6. Series de las concentraciones de NOx | 72 |
| 11.6. Continuación | 73 |
| 11.7. Series de las concentraciones de Ozono | 74 |
| 11.7. Continuación | 75 |
| 11.8. Series de las concentraciones de CO | 75 |
| 11.9. Series de las concentraciones de SO2 | 76 |

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 Septiembre de 2020 para las estaciones del municipio de Medellín | 13 |
| 4.2. Estadísticos de las concentraciones de PM2.5 durante el mes de Septiembre de 2020 para los municipios del área metropolitana del Valle de Aburrá diferentes a Medellín. | 14 |
| 5.1. Estadísticos de PM10 para las estaciones automáticas, Septiembre 2020 | 22 |
| 6.1. Estadísticos Septiembre 2020 Ozono | 27 |
| 7.1. Estadísticos Septiembre 2020 NO ₂ | 34 |
| 8.1. Resumen estadístico de las concentraciones de CO, Septiembre 2020 | 39 |
| 9.1. Estadísticos Septiembre 2020 SO ₂ | 42 |
| 10.1. Porcentaje de datos válidos Meteorología | 45 |
| 10.2. Estadísticos Precipitación | 50 |
| 11.1. Métodos y rangos de operación para los equipos pertenecientes a la REDMCA | 54 |
| 11.1. Métodos y rangos de operación para los equipos pertenecientes a la REDMCA | 55 |
| 11.1. Métodos y rangos de operación para los equipos pertenecientes a la REDMCA | 56 |
| 11.2. Identificación de filtros de las estaciones manuales de PM2.5 | 57 |

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.

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 de 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 el SIATA se constituye como operador de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (REDMCA), encargándose de la operación permanente de la red y la activación de protocolos de contingencia en caso de falla del sistema. De igual forma, debe apoyar 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 nuestra 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, tanto para contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas, durante el mes de Septiembre de 2020. Igualmente se presenta el cálculo del Índice de Calidad del Aire (ICA) asociado a cada uno de los contaminantes criterio monitoreados dentro del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. En la sección de Anexos se adjuntan los métodos y rangos de operación de los equipos de la red de medición (Anexo 1), la variación de las condiciones ambientales al interior de las estaciones en las que se realiza seguimiento de estas variables (Anexo 2) y el comportamiento de las series horarias para los diferentes contaminantes monitoreados durante el mes (Anexo 3).

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 ₂ | NOX | CO | O ₃ | Met. | Ruido Ambiental |
| BARBOSA | BAR-HSVP | | | x | | | | | | | | | |
| | BAR-TORR | | | | | | x | | | | | | |
| | BAR-PDLA | | | | | | | | | | x | x | |
| GIRARDOTA | GIR-IECO | | | | x | | | | | | | x | |
| | GIR-BOTJ | | | | | | | | | | | | |
| | GIR-SOSN | | | | | | 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 |
| | MED-EXSA | | | | x | | | | | | | | |
| | MED-ITMR | | | | x | | | | x | | | | |
| | MED-UDEM | | | | | | | | | | x | x | |
| | MED-CORA | | | x | | | | | | | | | |
| | MED-ZOOL | | | | | | | | | | | | |
| | MED-PJIC | | | x | x | x | | | x | x | | x | |
| | MED-PJIR | | | | | | | | | | | | |
| | MED-LAYE | | | | | | | | | | x | x | |
| | MED-SCRI | | | | | | | x | | | | | |
| | MED-SIAT | | | | | | | | | | | | |
| | MED-TESO | | | | | | | x | | | | | |
| | MED-VILL | | | | | | | x | | | | | |
| | ITAGÜÍ | ITA-PTAR | | | x | | | | | | | | |
| ITA-CJUS | | | | | | | x | | x | | | x | |
| ITA-POGO | | x | | x | x | | | | | | | | |
| ITA-CONC | | | | | x | | | | | | x | x | |
| ITA-RESU | | | | | | | x | | | | | | |
| ITA-SAMA | | | | | | | | | | | | | |
| ENVIGADO | ITA-ACUA | | | | | | | | | | | | |
| ESTRELLA | ENV-HOSP | | | | | | x | | | | | | |
| | EST-MAGO | | | x | | | | | | | | | |
| SABANETA | EST-HOSP | | | | | | x | | | | | | |
| | SUR-TRAF | | | x | x | | | | x | | | x | |
| | SAB-SEMS | | | | | | | | | | | | |
| CALDAS | SAB-RAME | | | | | | x | | | | | x | |
| | CAL-JOAR | | | x | | | | | | | | | |
| | CAL-LASA | | | x | | | | | | | | | |
| TOTALES | 45 | 2 | 1 | 10 | 9 | 2 | 23 | 1 | 7 | 2 | 9 | 16 | 8 |

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 Septiembre de 2020 la red estuvo compuesta por 32 equipos automáticos para el monitoreo de material particulado: 22 para PM2.5 y 9 para PM10; 10 equipos manuales con resolución temporal diaria para la medición de PM10, y 2 para la medición de PM2.5, representados en color azul en la tabla dado que no tienen comunicación en tiempo real.

Adicional a los equipos mencionados en el párrafo anterior, considerados oficiales, en la estación

ubicada en la unidad residencial Reservas del Sur del municipio de Itagüí, estación ITA-RESU, operó un equipo automático tipo Aeroqual, el cual se utiliza como equipo de campaña para evaluar la influencia de la zona industrial cercana a la unidad residencial.

Por otra parte, la red de monitoreo contó con 19 equipos para el seguimiento a las concentraciones de contaminantes gaseosos: 9 analizadores de ozono, 7 analizadores de NO_x (NO, NO₂ y NO_x), un analizador de SO₂ y dos analizadores de CO; 2 equipos monitores de Black Carbon; y 16 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.

Cabe agregar que durante el mes de Septiembre estuvo suspendida la operación de los equipos manuales de PM10 dado que el proveedor del proceso de gravimetría para los filtros de PM10, reportó que no le era posible prestar el servicio pues tenían inconvenientes con la fecha de la resolución de acreditación del IDEAM. A partir de esta situación fue necesario buscar un proveedor diferente con resolución de acreditación vigente.

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 |
|------------------|---|
| Urbana | Área totalmente urbanizada. Un área edificada no estará mezclada con áreas no urbanizadas, con la excepción de los parques urbanos |
| Suburbana | 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.) |
| Rural | 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 |
|-------------------------|---|
| De Tráfico | Estaciones ubicadas de manera que el nivel de contaminante medido está determinando principalmente por emisiones del tráfico cercano. |
| Punto Crítico | Estaciones ubicadas a nivel de suelo de apoyo a estudios epidemiológicos. |
| Industrial | Estaciones ubicadas de manera que el nivel de contaminación medido este influenciado significativamente por las emisiones cercanas de fuentes industriales. |
| Entorno de Fondo | 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 | Institución Educativa Colombia | GIR-IECO | Girardota | |
| | Hospital La Estrella | EST-HOSP | La Estrella | |
| | Barbosa Torre Social | BAR-TORR | Barbosa | |
| | Copacabana Ciudadela de la Vida | COP-CVID | Copacabana | |
| | Institución Educativa Ciro Mencia | MED-ARAN | Medellín | |
| | Parque 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 | |
| | 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 | |
| Suburbana Industrial | SOS Aburrá Norte | GIR-SOSN | Girardota | |

Tabla 2.4: Clasificación de las estaciones.

El Anexo 1 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.

Informe Mensual de Calidad del Aire Septiembre de 2020

| ESTACIÓN | DIRECCIÓN | LATITUD | LONGITUD |
|-------------------|----------------------------------|-----------|-------------|
| Barbosa | | | |
| 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 |
| Girardota | | | |
| GIR-IECO | Calle 5a # 14a - 62 | 6.37852 | -75.44398 |
| GIR-SOSN | Carrera 19 # 1064 | 6.37904 | -75.45091 |
| Copacabana | | | |
| COP-CVID | Carrera 46b # 47a - 39 | 6.34536 | -75.50475 |
| COP-HSMA | Carrera 45 # 52 - 26 | 6.35272 | -75.50822 |
| Bello | | | |
| 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 |
| Medellín | | | |
| 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 |

| ESTACIÓN | DIRECCIÓN | LATITUD | LONGITUD |
|--------------------|---------------------------|-----------|-------------|
| MED-UDEM | Carrera 87 # 30 - 65 | 6.23018 | -75.60996 |
| MED-FISC | Carrera 64c # 67 - 300 | 6.2687888 | -75.5737076 |
| MED-VILL | Calle 66c # 39 - 93 | 6.26172 | -75.55164 |
| Envigado | | | |
| ENV-HOSP | Diagonal 33 # 34c Sur 31 | 6.16849 | -75.58197 |
| Itagüí | | | |
| ITA-CJUS | Carrera 52 # 74 - 67 | 6.18567 | -75.59721 |
| ITA-CONC | Carrera 64 # 25 - 01 | 6.1685 | -75.64436 |
| ITA-POGO | Vereda Los Gómez | 6.189723 | -75.610588 |
| ITA-PTAR | Calle 85 # 42 - 381 | 6.19364 | -75.59158 |
| La Estrella | | | |
| EST-HOSP | Calle 83a Sur # 6045 | 6.15553 | -75.64417 |
| EST-MAGO | Calle 83b sur # 52 - 10 | 6.16092 | -75.645 |
| Sabaneta | | | |
| SUR-TRAF | Calle 77sur # 49 | 6.15231 | -75.62749 |
| SAB-RAME | Carrera 45 # 77c sur 4 | 6.15678 | -75.62137 |
| Caldas | | | |
| CAL-JOAR | Carrera 51 # 127 Sur - 41 | 6.09308 | -75.63777 |
| CAL-LASA | 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).

Cabe recordar que durante el mes de Septiembre estuvo suspendida la operación de los equipos manuales de PM10 dado que el proveedor del proceso de gravimetría para los filtros de PM10, reportó que no le era posible prestar el servicio pues tenían inconvenientes con la fecha de la resolución de acreditación del IDEAM. A partir de esta situación fue necesario buscar un proveedor diferente con resolución de acreditación vigente.

Según los resultados mostrados, para todas las estaciones se obtuvieron porcentajes de datos válidos superiores al 75 %.

Tabla 3.1: Porcentaje de datos válidos para los contaminantes

| Estaciones | PM2.5 | PM10 | NO | NO ₂ | NO _x | O ₃ | CO | SO ₂ | PM2.5(s) |
|------------|-------|------|------|-----------------|-----------------|----------------|------|-----------------|----------|
| BAR-PDLA | | | | | | 100.0 | | | |
| GIR-SOSN | 99.2 | | 99.7 | 99.7 | 99.7 | 99.4 | 94.2 | 82.9 | |
| GIR-IECO | | 95.6 | | | | | | | |
| COP-CVID | 98.5 | | | | | | | | |
| BEL-FEVE | 95.6 | | | | | | | | |
| BEL-JEGA | | | | | | | | | 100.0 |
| BEL-USBV | | 98.5 | | | | 99.6 | | | |
| MED-ARAN | 99.4 | | | | | | | | |
| MED-SCRI | 96.0 | | | | | | | | |
| MED-ITMR | | 99.3 | 99.4 | 99.4 | 99.4 | | | | |
| MED-FISC | 99.3 | | 99.6 | 99.6 | 99.6 | 99.9 | | | |
| MED-VILL | 97.6 | | | | | | | | |
| CEN-TRAF | 96.9 | 96.9 | 98.2 | 98.2 | 98.2 | | | | |
| MED-EXSA | | 98.8 | | | | | | | |
| MED-BEME | 97.2 | | | | | | | | |
| MED-SELE | 96.4 | | | | | | | | |
| MED-UDEM | | | | | | 98.8 | | | |
| MED-MIRA | | | | | | 99.6 | | | |
| MED-ALTA | 99.3 | | | | | | | | |

Tabla 3.1: Porcentaje de datos válidos para los contaminantes

| Estaciones | PM2.5 | PM10 | NO | NO ₂ | NO _x | O ₃ | CO | SO ₂ | PM2.5(s) |
|------------|-------|------|------|-----------------|-----------------|----------------|------|-----------------|----------|
| MED-PJIC | | 95.1 | 97.5 | 97.5 | 97.5 | | 97.8 | | 90.0 |
| MED-TESO | 98.2 | | | | | | | | |
| ITA-POGO | | 99.3 | | | | | | | |
| ITA-CJUS | 99.3 | | 99.4 | 99.4 | 99.4 | | | | |
| MED-LAYE | 94.4 | | | | | 85.0 | | | |
| ENV-HOSP | 99.4 | | | | | | | | |
| EST-HOSP | 99.7 | | | | | | | | |
| SUR-TRAF | 99.0 | 95.6 | 97.1 | 97.1 | 97.1 | | | | |
| SAB-RAME | 98.3 | | | | | | | | |
| CAL-LASA | 99.2 | | | | | 99.9 | | | |
| CAL-JOAR | 98.8 | | | | | | | | |

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 Septiembre 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 NO_x son reportados en *ppm*, al no tener factor de conversión a las unidades $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En el Anexo 2 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 dañina 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 ₃ 8h µg/m ³ | O ₃ 1h µg/m ³ | PM10 24h µg/m ³ | PM2.5 24h µg/m ³ | CO 8h µg/m ³ | SO ₂ 24h µg/m ³ | NO ₂ 1h µg/m ³ |
|---------|----------|---------------------------------------|--|--|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------|--|---|
| 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

Finalmente, en el municipio de Itagüí se realiza una campaña de monitoreo de PM_{2.5} en la unidad residencial Reservas del Sur (estación ITA-RESU). Los resultados de esta campaña no se incluyen en el presente informe.

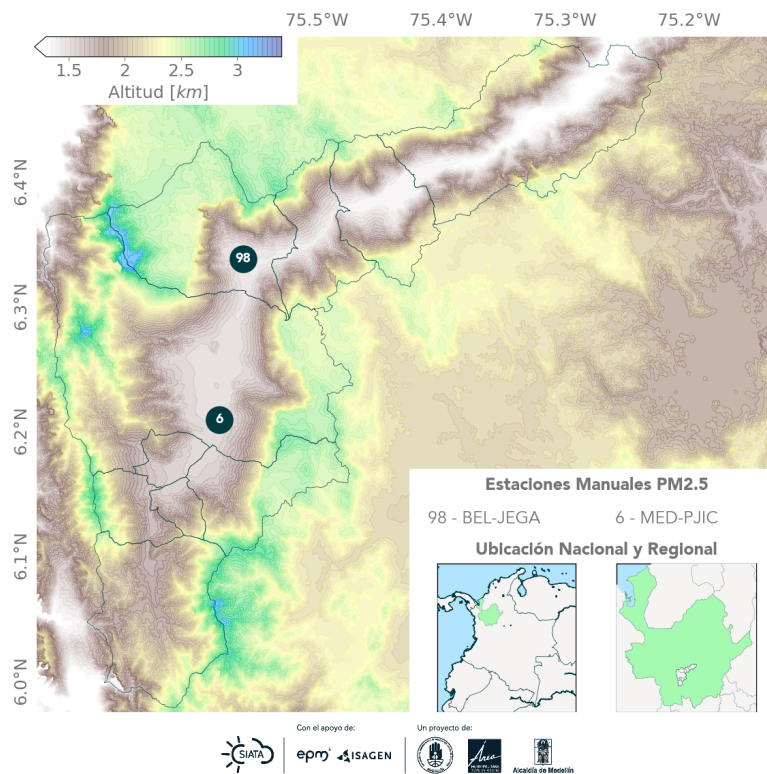


Figura 4.2: Estaciones manuales de monitoreo de PM_{2.5}

Concentración Promedio Diaria de PM_{2.5}

En la Figura 4.3 se presenta la concentración diaria de PM_{2.5} obtenida durante el mes de Septiembre de 2020 en las distintas estaciones de monitoreo automático. Según los resultados mostrados, se presentaron un total de 4 excedencias (representadas con letra blanca en la Figura) a la norma diaria colombiana (Definida como $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la Resolución 2254 del 2017). Estas excedencias se registraron en las estaciones MED-FISC, CEN-TRAF, ITA-CJUS y SUR-TRAF.

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 Septiembre de 2020

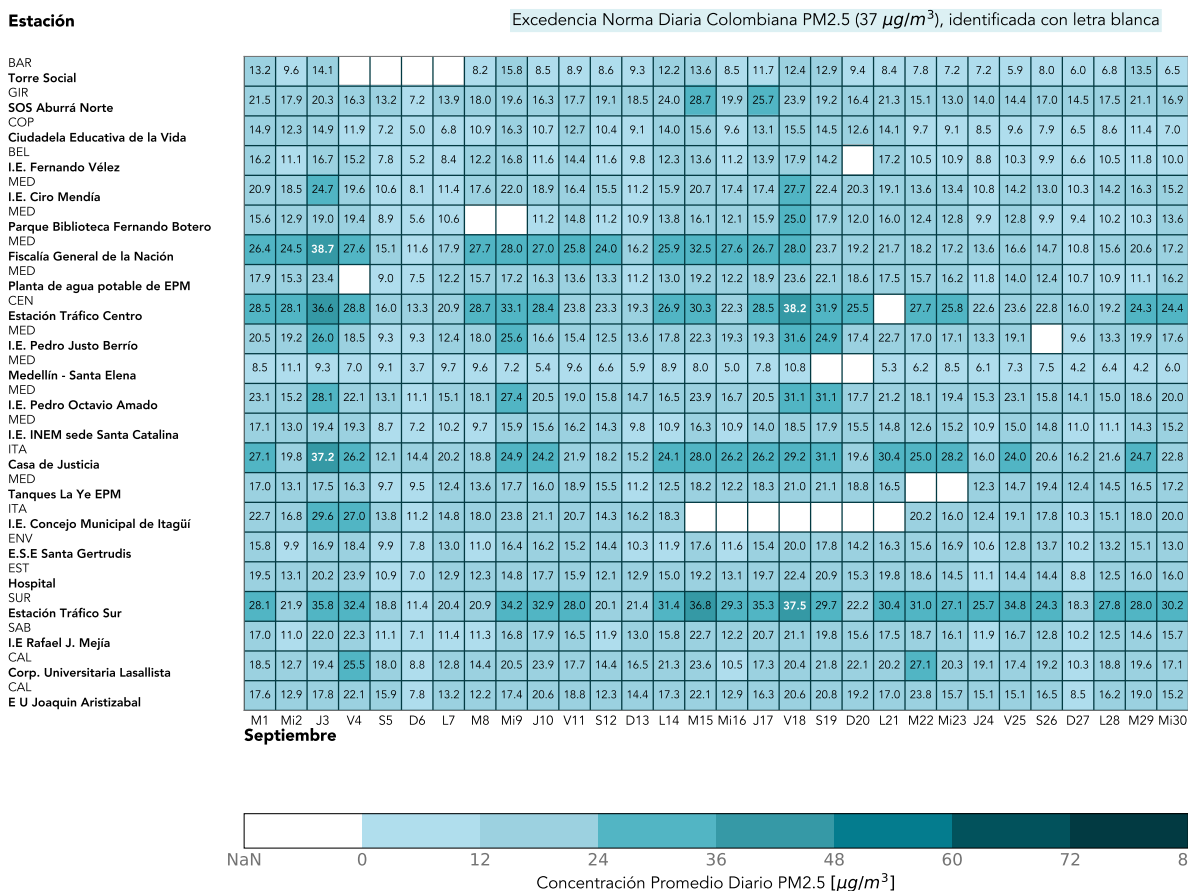


Figura 4.3: Concentración diaria de PM2.5 para las estaciones automáticas. Nota: En la gráfica NaN corresponde a datos faltantes.

En la estación MED-FISC se obtuvo la concentración promedio diaria más alta durante el mes de Septiembre de 2020, igual a $38.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Por otra parte, en la estación MED-SELE se registró la menor concentración promedio diaria, igual a $3.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La Tabla 4.2 presenta los valores medios, mínimos y máximos en la concentración de PM2.5 para cada una de las estaciones, se incluye además los resultados para las estaciones manuales o semiautomáticas, durante el mes de Septiembre.

| | MED-ARAN | MED-VILL | MED-SCRI | MED-FISC | CEN-TRAF | MED-BEME | MED-ALTA | MED-PJIC(M) | MED-TESO | MED-LAYE | MED-SELE |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------|----------|----------|----------|
| CMD | 30 | 29 | 28 | 30 | 29 | 29 | 30 | 9 | 30 | 28 | 28 |
| MAX | 27.7 | 23.6 | 25.0 | 38.7 | 38.2 | 31.6 | 31.1 | 27.1 | 19.4 | 21.1 | 11.1 |
| MEDIA | 16.6 | 15.1 | 13.2 | 22.0 | 25.5 | 17.9 | 19.4 | 15.8 | 13.8 | 15.5 | 7.3 |
| MIN | 8.1 | 7.5 | 5.6 | 10.8 | 13.3 | 9.3 | 11.1 | 4.1 | 7.2 | 9.5 | 3.7 |
| NEND | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabla 4.1: Estadísticos de las concentraciones de PM2.5 durante el mes de Septiembre de 2020 para las estaciones del municipio de Medellín

| | BAR-TORR | GIR-SOSN | COP-CVID | BEL-FEVE | BEL-JEGA(M) | ITA-CJUS | ENV-HOSP | ITA-CONC | SUR-TRAF | EST-HOSP | CAL-LASA | CAL-JOAR | SAB-RAME |
|-------|----------|----------|----------|----------|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| CMD | 26 | 30 | 30 | 29 | 10 | 30 | 30 | 23 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| MAX | 15.8 | 28.7 | 16.3 | 17.9 | 26.9 | 37.2 | 20.0 | 29.6 | 37.5 | 23.9 | 27.1 | 23.8 | 22.7 |
| MEDIA | 9.8 | 18.1 | 11.0 | 11.9 | 12.7 | 23.1 | 14.0 | 18.1 | 27.5 | 15.5 | 18.3 | 16.5 | 15.5 |
| MIN | 5.9 | 7.2 | 5.0 | 5.2 | 3.8 | 12.1 | 7.8 | 10.3 | 11.4 | 7.0 | 8.8 | 7.8 | 7.1 |
| NEND | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabla 4.2: Estadísticos de las concentraciones de PM_{2.5} durante el mes de Septiembre de 2020 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. 2. Las estaciones sombreadas son equipos semiautomáticos o manuales, los demás son automáticos.

Ciclo Diurno de la Concentración de PM_{2.5}

La Figura 4.4 presenta el ciclo diurno de la concentración de PM_{2.5} 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; a esa condición se le llama 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 PM_{2.5} 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 PM_{2.5} 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 μm .

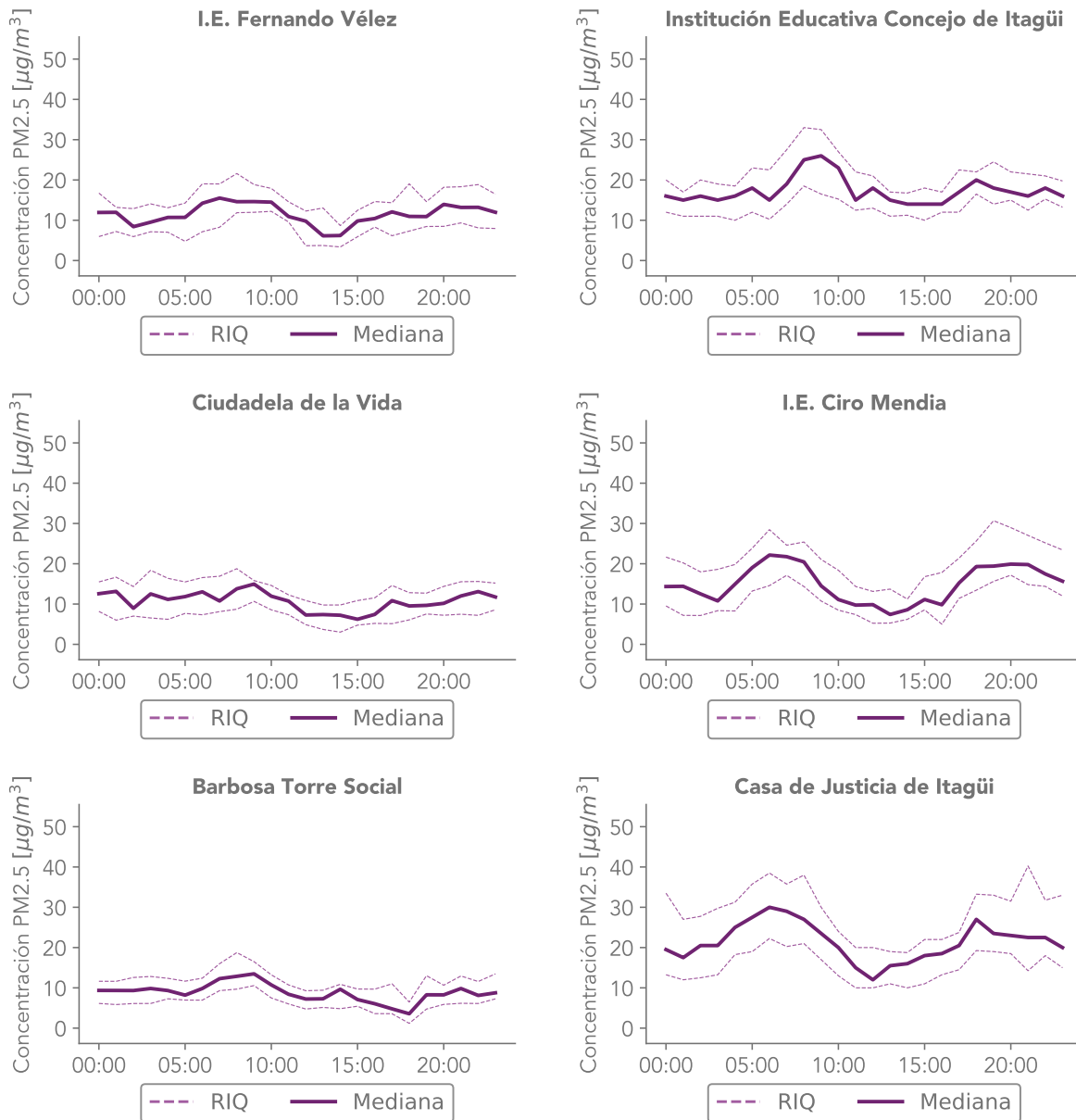


Figura 4.4: Ciclo diario de PM2.5 para las estaciones automáticas
 Nota: En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

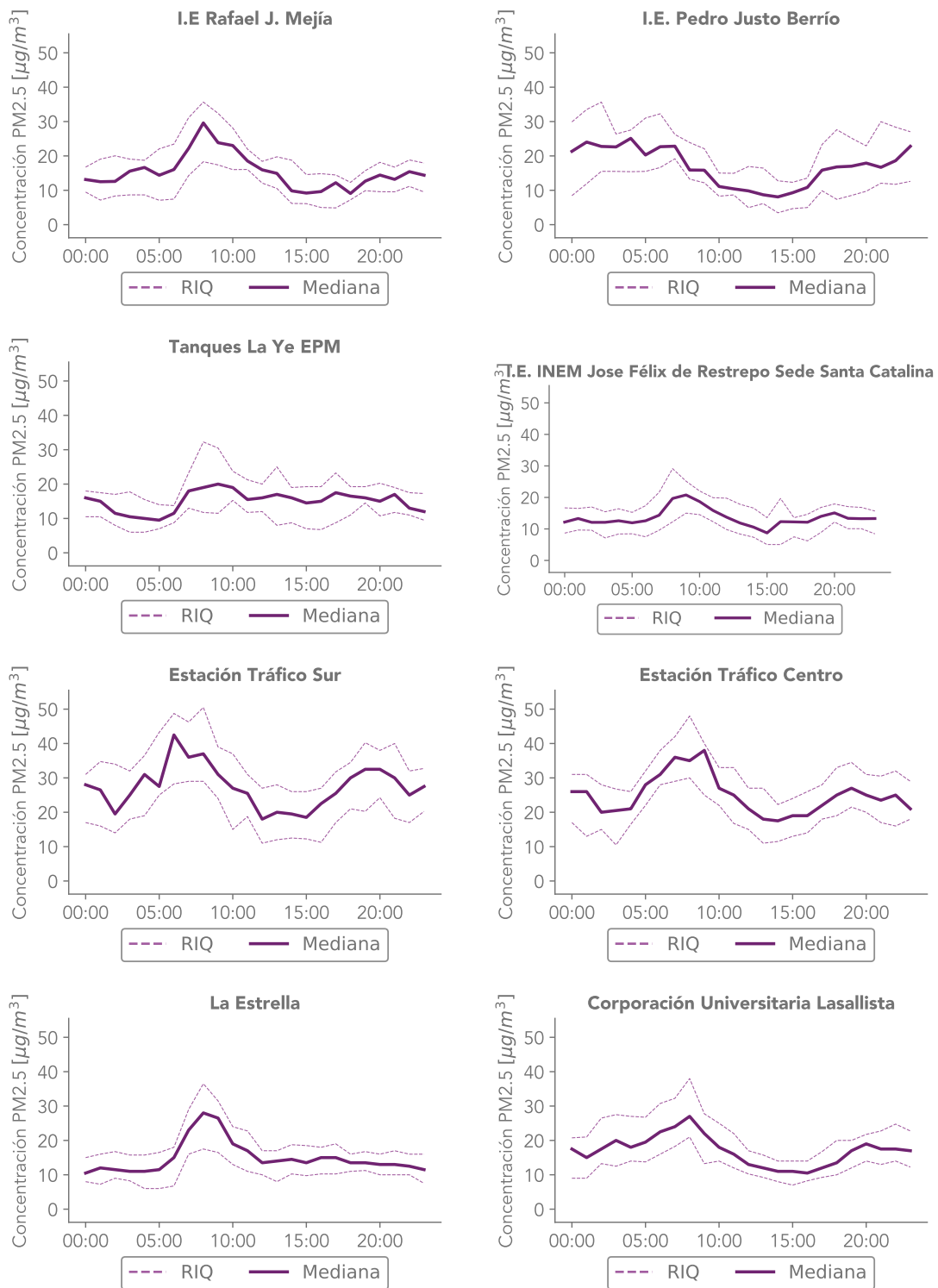


Figura 4.4: Continuación

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.

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 Septiembre del 2020. Puede observarse como la mayoría de estaciones presentaron valores de ICA equivalentes a la clasificación moderada. Las estaciones CEN-TRAF y MED-FISC presentaron calidad de aire dañina a la salud de grupos sensibles de acuerdo a sus valores de ICA.

| PM2.5 | Septiembre | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|-----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|--|
| | M1 | Mi2 | J3 | V4 | S5 | D6 | L7 | M8 | Mi9 | J10 | V11 | S12 | D13 | L14 | M15 | Mi16 | J17 | V18 | S19 | D20 | L21 | M22 | Mi23 | J24 | V25 | S26 | D27 | L28 | M29 | Mi30 | |
| Estaciones | DE REPRESENTACIÓN POBLACIONAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Barbosa | 13 | 10 | 14 | | | | | 8 | 16 | 8 | 9 | 9 | 9 | 12 | 14 | 18 | 12 | 12 | 13 | 9 | 8 | 8 | 7 | 7 | 6 | 8 | 6 | 7 | 14 | 7 | |
| Torre Social | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Girardota | 21 | 18 | 20 | 16 | 13 | 7 | 14 | 18 | 20 | 16 | 18 | 19 | 19 | 24 | 29 | 20 | 26 | 24 | 19 | 16 | 21 | 15 | 13 | 14 | 14 | 17 | 14 | 17 | 21 | 17 | |
| SOS Aburrá Norte | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Copacabana | 15 | 12 | 15 | 12 | 7 | 5 | 7 | 11 | 16 | 11 | 13 | 10 | 9 | 14 | 16 | 10 | 13 | 16 | 15 | 13 | 14 | 10 | 9 | 9 | 10 | 8 | 6 | 9 | 11 | 7 | |
| Ciudadela Educativa de la Vida | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bello | 16 | 11 | 17 | 15 | 8 | 5 | 8 | 12 | 17 | 12 | 14 | 12 | 10 | 12 | 14 | 11 | 14 | 18 | 14 | | 17 | 11 | 11 | 9 | 10 | 10 | 7 | 10 | 12 | 10 | |
| I.E. Fernando Vélez | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Medellín - Aranjuez | 21 | 18 | 25 | 20 | 11 | 8 | 11 | 18 | 22 | 19 | 16 | 15 | 11 | 16 | 21 | 17 | 17 | 28 | 22 | 20 | 19 | 14 | 13 | 11 | 14 | 13 | 10 | 14 | 16 | 15 | |
| I.E. Ciro Mendía | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Medellín - San Cristobal | 16 | 13 | 19 | 19 | 9 | 6 | 11 | | | 11 | 15 | 11 | 11 | 14 | 16 | 12 | 16 | 25 | 18 | 12 | 16 | 12 | 13 | 10 | 13 | 10 | 9 | 10 | 10 | 14 | |
| Parque Biblioteca Fernando Botero | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Medellín - Villahermosa | 18 | 15 | 23 | 21 | 9 | 7 | 12 | 16 | 17 | 16 | 14 | 13 | 11 | 13 | 19 | 12 | 19 | 24 | 22 | 19 | 18 | 16 | 16 | 12 | 14 | 12 | 11 | 11 | 11 | 16 | |
| Planta de agua potable de EPM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Medellín - Belén | 21 | 19 | 26 | 18 | 9 | 9 | 12 | 18 | 26 | 17 | 15 | 13 | 14 | 18 | 22 | 19 | 19 | 32 | 25 | 17 | 23 | 17 | 17 | 13 | 19 | | 10 | 13 | 20 | 18 | |
| I.E. Pedro Justo Berrio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Medellín - Santa Elena | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Medellín - Santa Elena | 8 | 11 | 9 | 7 | 9 | 4 | 10 | 10 | 7 | 5 | 10 | 7 | 6 | 9 | 8 | 5 | 8 | 11 | 7 | | 5 | 6 | 9 | 6 | 7 | 8 | 4 | 6 | 4 | 6 | |
| Medellín - Altavista | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I.E. Pedro Octavio Amado | 23 | 15 | 28 | 22 | 13 | 11 | 15 | 18 | 27 | 20 | 19 | 16 | 15 | 17 | 24 | 17 | 20 | 31 | 31 | 18 | 21 | 18 | 19 | 15 | 23 | 16 | 14 | 15 | 19 | 20 | |
| Medellín - El Poblado | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I.E. INEM sede Santa Catalina | 17 | 13 | 19 | 19 | 9 | 7 | 10 | 10 | 16 | 16 | 16 | 14 | 10 | 11 | 16 | 11 | 14 | 18 | 18 | 15 | 15 | 13 | 15 | 11 | 15 | 15 | 11 | 11 | 14 | 15 | |
| Itagüí | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Casa de Justicia | 27 | 20 | 37 | 26 | 12 | 14 | 20 | 19 | 25 | 24 | 22 | 18 | 15 | 24 | 28 | 26 | 26 | 29 | 31 | 20 | 30 | 25 | 28 | 16 | 24 | 21 | 16 | 22 | 25 | 23 | |
| Medellín - El Poblado | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tanques La Ye EPM | 17 | 13 | 18 | 16 | 10 | 10 | 12 | 14 | 18 | 16 | 19 | 16 | 11 | 12 | 18 | 12 | 18 | 21 | 21 | 19 | 16 | | | | | | | | | | |
| Itagüí | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I.E. Concejo Municipal de Itagüí | 23 | 17 | 30 | 27 | 14 | 11 | 15 | 18 | 24 | 21 | 21 | 14 | 16 | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Envigado | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E.S.E Santa Gertrudis | 16 | 10 | 17 | 18 | 10 | 8 | 13 | 11 | 16 | 16 | 15 | 14 | 10 | 12 | 18 | 12 | 15 | 20 | 18 | 14 | 16 | 16 | 17 | 11 | 13 | 14 | 10 | 13 | 15 | 13 | |
| La Estrella | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hospital | 19 | 13 | 20 | 24 | 11 | 7 | 13 | 12 | 15 | 18 | 16 | 12 | 13 | 15 | 19 | 13 | 20 | 22 | 21 | 15 | 20 | 19 | 15 | 11 | 14 | 14 | 9 | 13 | 16 | 16 | |
| Sabaneta | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I.E Rafael J. Mejía | 17 | 11 | 22 | 22 | 11 | 7 | 11 | 11 | 17 | 18 | 17 | 12 | 13 | 16 | 23 | 12 | 21 | 21 | 20 | 16 | 18 | 19 | 16 | 12 | 17 | 13 | 10 | 12 | 15 | 16 | |
| Caldas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Corp. Universitaria Lasallista | 18 | 13 | 19 | 26 | 18 | 9 | 13 | 14 | 20 | 24 | 18 | 14 | 16 | 21 | 24 | 10 | 17 | 20 | 22 | 22 | 20 | 27 | 20 | 19 | 17 | 19 | 10 | 19 | 20 | 17 | |
| Caldas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E U Joaquín Aristizabal | 18 | 13 | 18 | 22 | 16 | 8 | 13 | 12 | 17 | 21 | 19 | 12 | 14 | 17 | 22 | 13 | 16 | 21 | 21 | 19 | 17 | 24 | 16 | 15 | 15 | 16 | 8 | 16 | 19 | 15 | |
| NO POECA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Medellín | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fiscalía General de la Nación | 26 | 24 | 39 | 28 | 15 | 12 | 18 | 28 | 28 | 27 | 26 | 24 | 16 | 26 | 32 | 28 | 27 | 28 | 24 | 19 | 22 | 18 | 17 | 14 | 17 | 15 | 11 | 16 | 21 | 17 | |
| Medellín - Centro | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estación Tráfico Centro | 29 | 28 | 37 | 29 | 16 | 13 | 21 | 29 | 33 | 28 | 24 | 23 | 19 | 27 | 30 | 22 | 28 | 38 | 32 | 26 | | 28 | 26 | 23 | 24 | 23 | 16 | 19 | 24 | 24 | |
| Sabaneta | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estación Tráfico Sur | 28 | 22 | 36 | 32 | 19 | 11 | 20 | 21 | 34 | 33 | 28 | 20 | 21 | 31 | 37 | 29 | 35 | 37 | 30 | 22 | 30 | 31 | 27 | 26 | 35 | 24 | 18 | 28 | 28 | 30 | |

Figura 4.5: Índice de Calidad del Aire para las estaciones automáticas de PM2.5

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 | Septiembre | | | | | | | | | |
|----------------------------|------------|----|----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| | M1 | V4 | M8 | J10 | D13 | Mi16 | S19 | M22 | V25 | M29 |
| Estaciones | | | | | | | | | | |
| Bello | 15 | 14 | 17 | 15 | 4 | 27 | 12 | 5 | 4 | 14 |
| I. E. Jorge Eliécer Gaitán | 22 | 22 | 19 | 27 | 11 | 4 | 11 | 9 | 17 | |
| Medellín | | | | | | | | | | |
| Politécnico JIC | | | | | | | | | | |

Figura 4.6: Índice de Calidad del Aire para las estaciones manuales de PM2.5

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. La estación CEN-TRAF presentó, para el total de sus muestras, el mayor porcentaje de excedencias a la norma igual a 3.45 %. Así mismo, la estación ITA-CONC fue las estación con menor número de muestras diarias durante el mes.

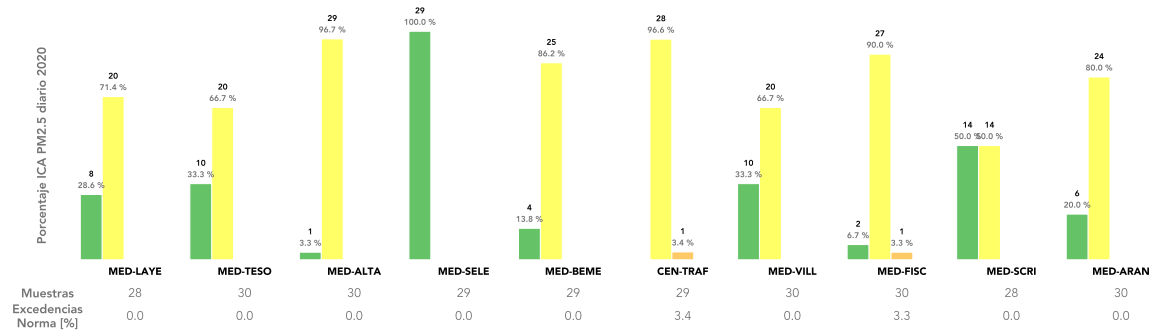


Figura 4.7: Porcentaje de días en las distintas clasificaciones del ICA para las estaciones de PM2.5 del municipio de Medellín.

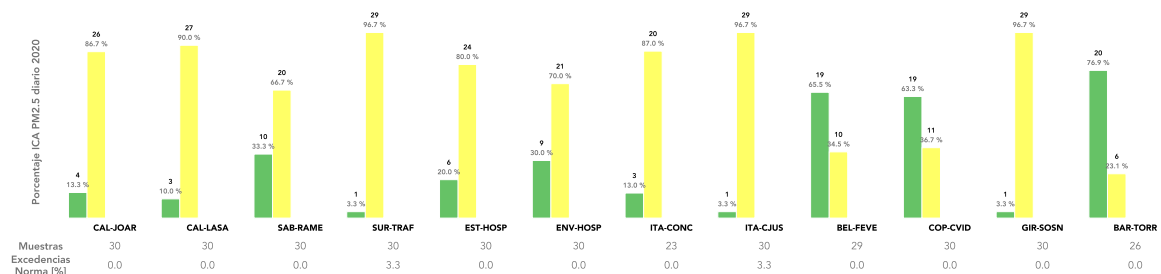


Figura 4.8: Porcentaje de días en las distintas clasificaciones del ICA para las estaciones de PM2.5 de los municipios del área metropolitana del Valle de Aburrá, excepto Medellín.

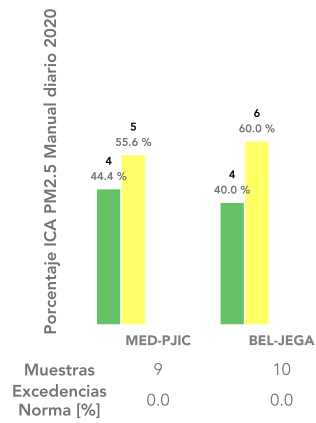


Figura 4.9: Porcentaje de días en las distintas clasificaciones del ICA para las estaciones manuales de PM2.5 de los municipios del área metropolitana del Valle de Aburrá

5 Material Particulado menor a 10 μm (PM10)

El Material Particulado menor a 10 μm (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, las emisiones de PM10 están asociadas principalmente a las fuentes fijas, siendo el sector textil y de confecciones, los sectores con mayor aporte (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2015).

La red de calidad del aire cuenta con 9 estaciones de monitoreo automático 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.

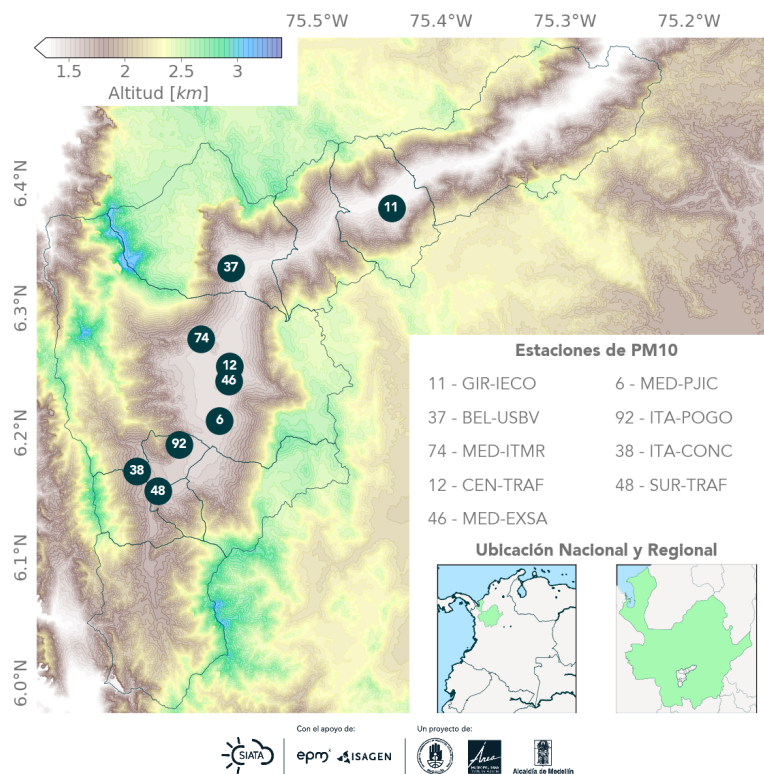


Figura 5.1: Estaciones automáticas de monitoreo de PM10

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 operación de estos equipos estuvo suspendida dado que el proveedor del proceso de gravimetría para los filtros de PM10, reportó que no le era posible

prestar el servicio pues tenían inconvenientes con la fecha de la resolución de acreditación del IDEAM. A partir de esta situación fue necesario buscar un proveedor diferente con resolución de acreditación vigente.

Concentración Promedio Diaria de PM10

En la Figura 5.2 se presentan las concentraciones promedio diarias de PM10 obtenidas durante el mes de Septiembre de 2020 para las distintas estaciones de monitoreo automático. Puede observarse como durante el mes, y para las diferentes estaciones, se presentaron en total 2 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.

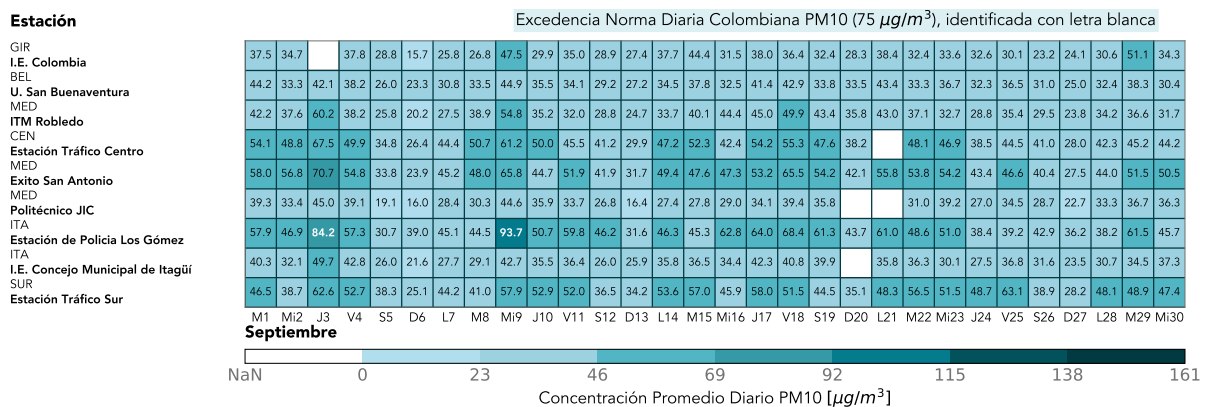


Figura 5.2: Concentración Diaria de PM10 para las estaciones automáticas. Nota: En la gráfica NaN corresponde a datos faltantes.

El resumen de las concentraciones de PM10 obtenidas durante el mes de Septiembre en las estaciones automáticas se reporta en la Tabla 5.1. Se incluyen los valores máximos y mínimos diarios, y la concentración promedio mensual. Las concentraciones promedio diarias máxima y mínima, iguales a $93.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $15.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, se presentaron en las estaciones ITA-POGO y GIR-IECO.

| | GIR-IECO | BEL-USBV | MED-ITMR | CEN-TRAF | MED-EXSA | MED-PJIC | ITA-POGO | ITA-CONC | SUR-TRAF |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| CMD | 29 | 30 | 30 | 29 | 30 | 28 | 30 | 29 | 30 |
| MAX | 51.1 | 44.9 | 60.2 | 67.5 | 70.7 | 45.0 | 93.7 | 49.7 | 63.1 |
| MEDIA | 32.9 | 34.6 | 36.4 | 45.5 | 48.5 | 31.8 | 51.4 | 34.1 | 46.9 |
| MIN | 15.7 | 23.3 | 20.2 | 26.4 | 23.9 | 16.0 | 30.7 | 21.6 | 25.1 |
| NEND | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 |

Tabla 5.1: Estadísticos de PM10 para las estaciones automáticas, Septiembre 2020

Ciclo Diurno de la Concentración de PM10

La Figura 5.3 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 movilidad 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.

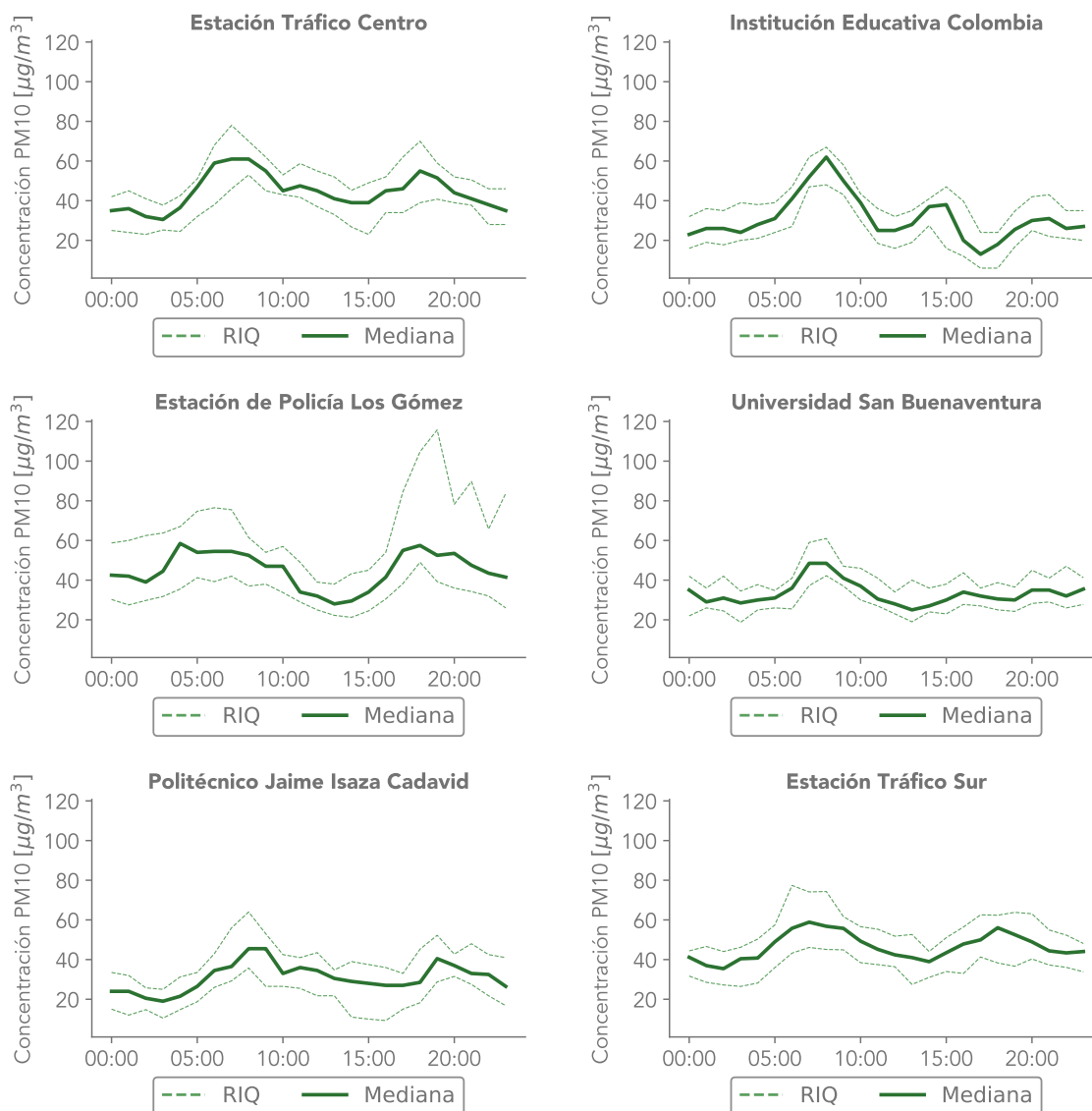


Figura 5.3: Ciclo diurno de PM10 para las estaciones automáticas
 Nota: En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

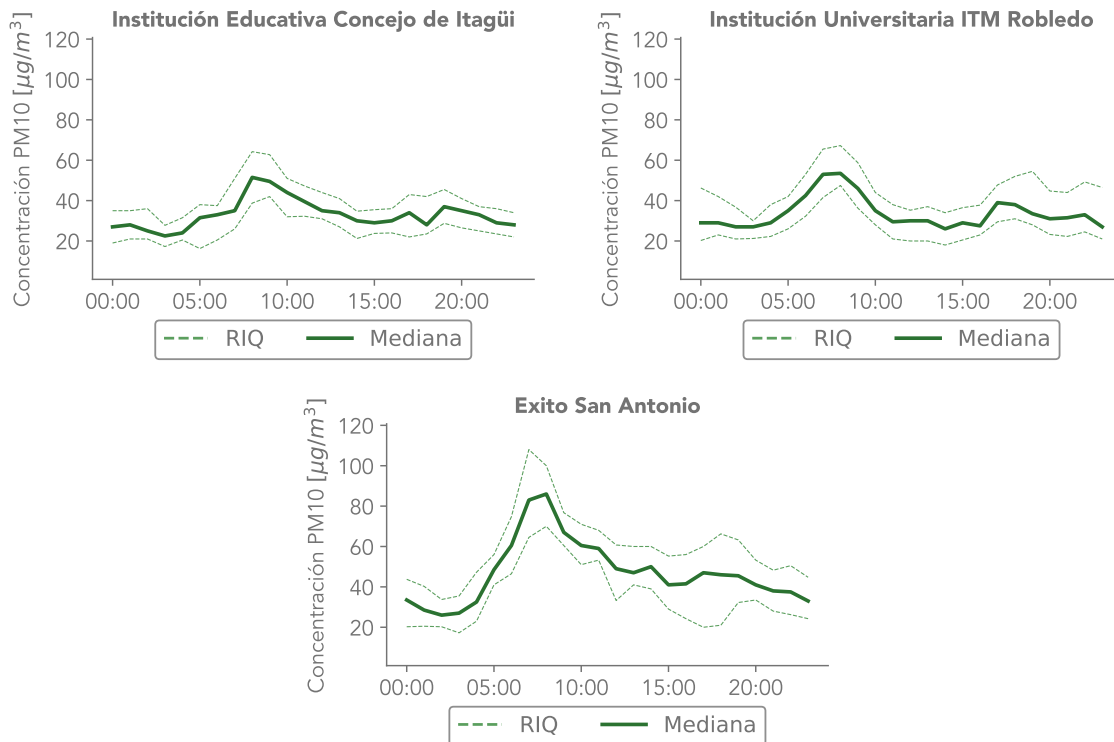


Figura 5.3: Continuación

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 5.4 muestra la variación del índice de calidad de aire asociado a PM10 para las diferentes estaciones automáticas durante el mes de Septiembre del 2020. 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 ó dañina para la salud.

| PM10 | Septiembre | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|------------|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|----|
| | M1 | M2 | J3 | V4 | S5 | D6 | L7 | M8 | Mi9 | J10 | V11 | S12 | D13 | L14 | M15 | Mi16 | J17 | V18 | S19 | D20 | L21 | M22 | Mi23 | J24 | V25 | S26 | D27 | L28 | M29 | Mi30 | |
| Estaciones | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Girardota | 38 | 35 | | 38 | 29 | 16 | 26 | 27 | 48 | 30 | 35 | 29 | 27 | 38 | 44 | 31 | 38 | 36 | 32 | 28 | 38 | 32 | 34 | 33 | 30 | 23 | 24 | 31 | 51 | 34 | |
| I.E. Colombia | 44 | 33 | 42 | 38 | 26 | 23 | 31 | 34 | 45 | 36 | 34 | 29 | 27 | 34 | 38 | 32 | 41 | 43 | 34 | 34 | 43 | 33 | 37 | 32 | 36 | 31 | 25 | 32 | 38 | 30 | |
| Bello | 42 | 38 | 60 | 38 | 26 | 20 | 27 | 39 | 55 | 35 | 32 | 29 | 25 | 34 | 40 | 44 | 45 | 50 | 43 | 36 | 43 | 37 | 33 | 29 | 35 | 30 | 24 | 34 | 37 | 32 | |
| U. San Buenaventura | 54 | 49 | 68 | 50 | 35 | 26 | 44 | 51 | 61 | 50 | 46 | 41 | 30 | 47 | 52 | 42 | 54 | 55 | 48 | 38 | | 48 | 47 | 39 | 44 | 41 | 28 | 42 | 45 | 44 | |
| Medellin | 58 | 57 | 71 | 55 | 34 | 24 | 45 | 48 | 66 | 45 | 52 | 42 | 32 | 49 | 48 | 47 | 53 | 65 | 54 | 42 | 56 | 54 | 54 | 43 | 47 | 40 | 28 | 44 | 52 | 50 | |
| ITM Robledo | 39 | 33 | 45 | 39 | 19 | 16 | 28 | 30 | 45 | 36 | 34 | 27 | 16 | 27 | 28 | 29 | 34 | 39 | 36 | | | 31 | 39 | 27 | 34 | 29 | 23 | 33 | 37 | 36 | |
| Medellin - Centro | 58 | 47 | 84 | 57 | 31 | 39 | 45 | 44 | 94 | 51 | 60 | 46 | 32 | 46 | 45 | 63 | 64 | 68 | 61 | 44 | 61 | 49 | 51 | 38 | 39 | 43 | 36 | 38 | 61 | 46 | |
| Estación Tráfico Centro | 40 | 32 | 50 | 43 | 26 | 22 | 28 | 29 | 43 | 35 | 36 | 26 | 26 | 36 | 37 | 34 | 42 | 41 | 40 | | | 36 | 36 | 30 | 27 | 37 | 32 | 24 | 31 | 35 | 37 |
| Medellin - Centro | 47 | 39 | 63 | 53 | 38 | 25 | 44 | 41 | 58 | 53 | 52 | 36 | 34 | 54 | 57 | 46 | 58 | 52 | 44 | 35 | 48 | 57 | 51 | 49 | 63 | 39 | 28 | 48 | 49 | 47 | |
| Exito San Antonio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Medellin | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Politécnico JIC | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Itagüí | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estación de Policía Los Gómez | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Itagüí | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I.E. Concejo Municipal de Itagüí | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sabaneta | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estación Tráfico Sur | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura 5.4: Índice de Calidad del Aire para las estaciones automáticas de PM10

En la Figura 5.5 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 6.67%. Se puede observar igualmente como la estación MED-PJIC corresponde a la estación automática con menor número de muestras diarias durante el mes.

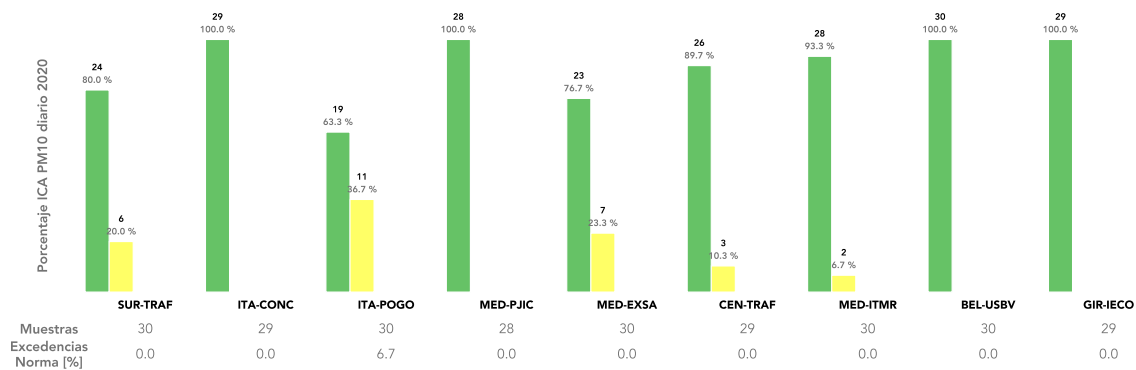


Figura 5.5: Porcentaje de días en las distintas clasificaciones del ICA para las estaciones automáticas de PM10

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.

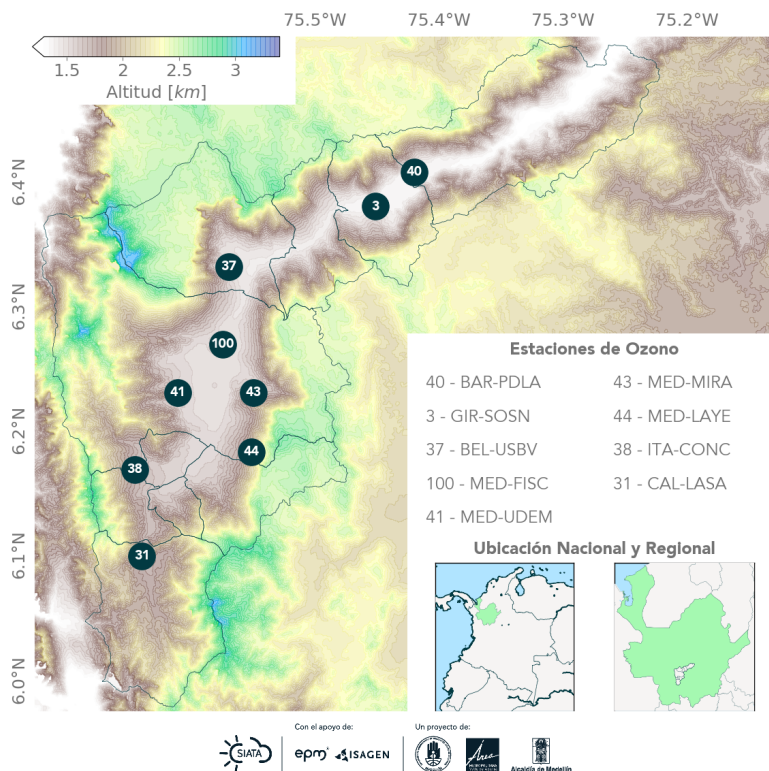


Figura 6.1: Estaciones automáticas de monitoreo de Ozono

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 Septiembre de 2020 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 6 excedencias. La estación ITA-CONC obtuvo la concentración octohoraria más alta durante el mes de Septiembre de 2020, igual a $117.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

| | BAR-PDLA | GIR-SOSN | BEL-USBV | MED-FISC | MED-UDEM | MED-MIRA | MED-LAYE | ITA-CONC | CAL-LASA |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| MEDIA | 25.0 | 20.3 | 22.0 | 25.5 | 29.1 | 29.1 | 27.5 | 34.7 | 27.8 |
| VM8H | 63.7 | 68.6 | 85.5 | 92.3 | 111.6 | 90.7 | 85.5 | 117.9 | 91.8 |
| NEN8H | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 6 | 0 |

Tabla 6.1: Estadísticos Septiembre 2020 Ozono

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 NO_2 son disociadas mediante fotólisis en NO y una molécula de oxígeno atómico, esta última reacciona con las moléculas de oxígeno (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.

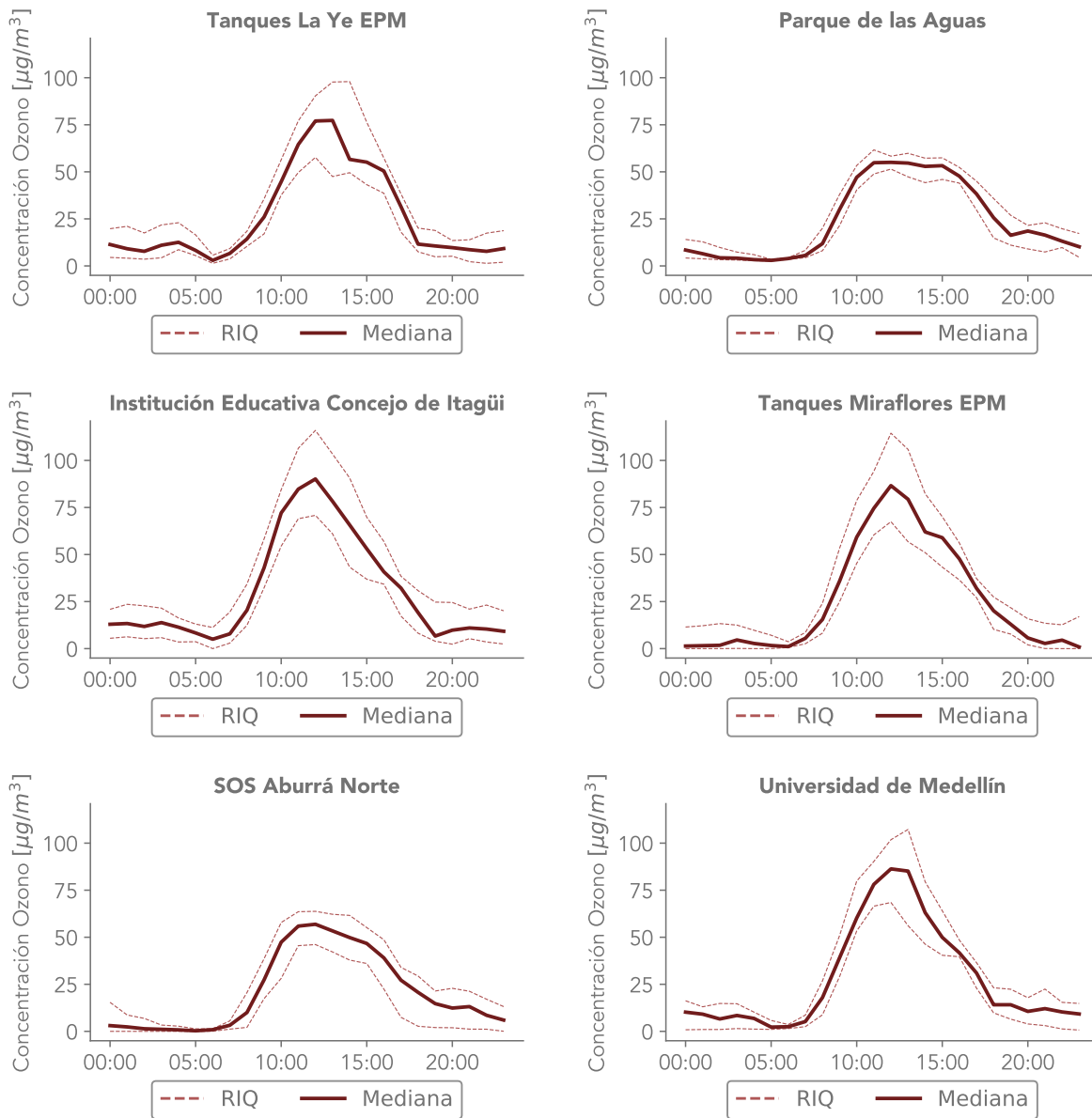


Figura 6.2: Ciclo diario de Ozono para las estaciones automáticas.

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

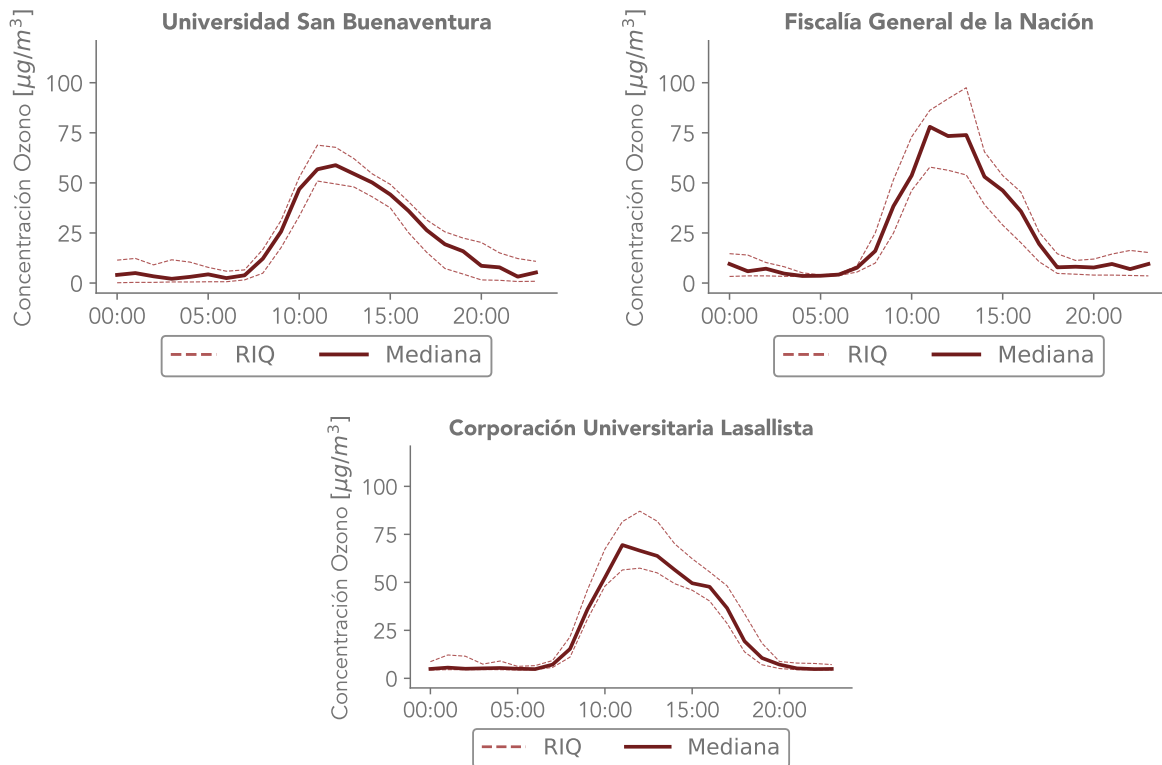


Figura 6.2: Continuación

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 Septiembre del 2020. 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.

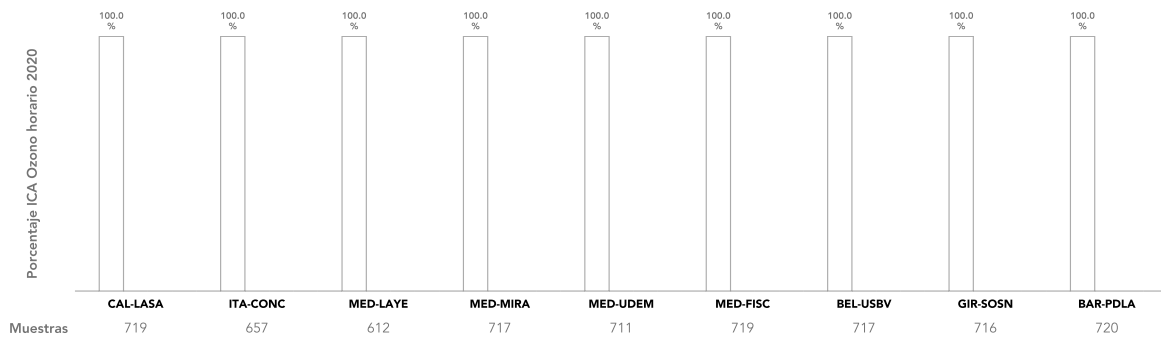


Figura 6.3: Porcentaje de las distintas categorías del ICA para las concentraciones horarias de Ozono

La Figura 6.4 muestra el porcentaje del ICA para el ozono octohorario en las diferentes estaciones durante el mes de Septiembre del 2020. 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 0.93 %.

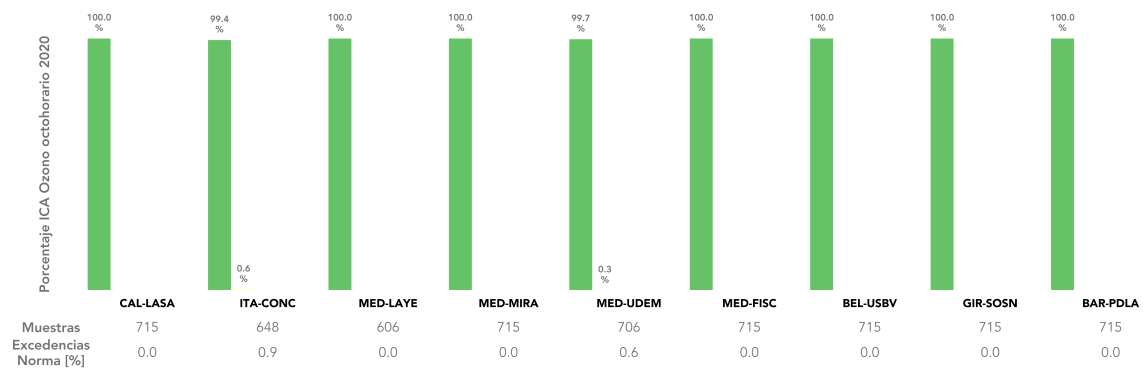


Figura 6.4: Variación porcentual de las distintas categorías del ICA para las concentraciones octohorarias de Ozono

7 Óxidos de Nitrógeno (NO_x)

La suma entre el Dióxido de Nitrógeno (NO_2) y el Monóxido de Nitrógeno (NO) se conoce como los Óxidos de Nitrógeno (NO_x). Ambas moléculas forman juntas una familia química. El NO es el óxido de nitrógeno que más se forma durante los procesos de combustión mientras que el NO_2 es emitido en pequeñas cantidades. El NO_2 también se forma dentro de la atmósfera por los procesos de oxidación del NO , pudiendo alcanzar concentraciones considerables en áreas altamente contaminadas.

La red de calidad del aire cuenta con 7 estaciones de monitoreo automático de NO_x , NO_2 y 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.

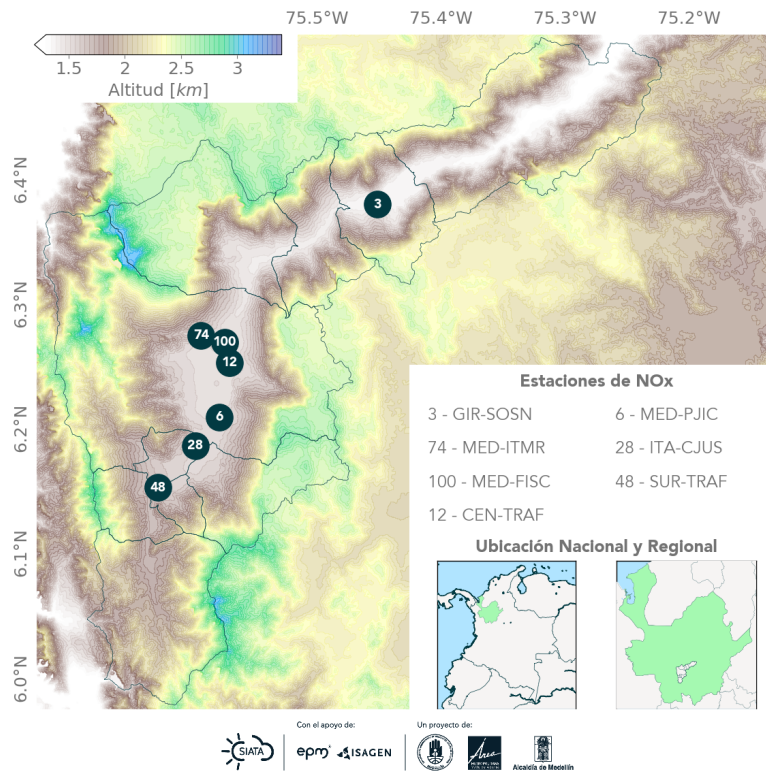


Figura 7.1: Estaciones automáticas de monitoreo de NO_x

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_x

La Figura 7.2 presenta el ciclo diurno de la concentración de NO_x 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_x 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_x, es necesario mencionar algunas características importantes en la química de estos contaminantes. En primer lugar durante el día el NO₂ y el NO se interconvierten mediante el ciclo fotoquímico de los NO_x, sin embargo durante la noche el NO₂ no puede dividirse por fotólisis, y por tanto la química de la familia NO_x resulta ser muy diferente, el NO reacciona con el O₃ para formar NO₂, y este último a su vez reacciona con O₃ para formar NO₃, 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 NO₂. 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_x, NO₂ y NO.

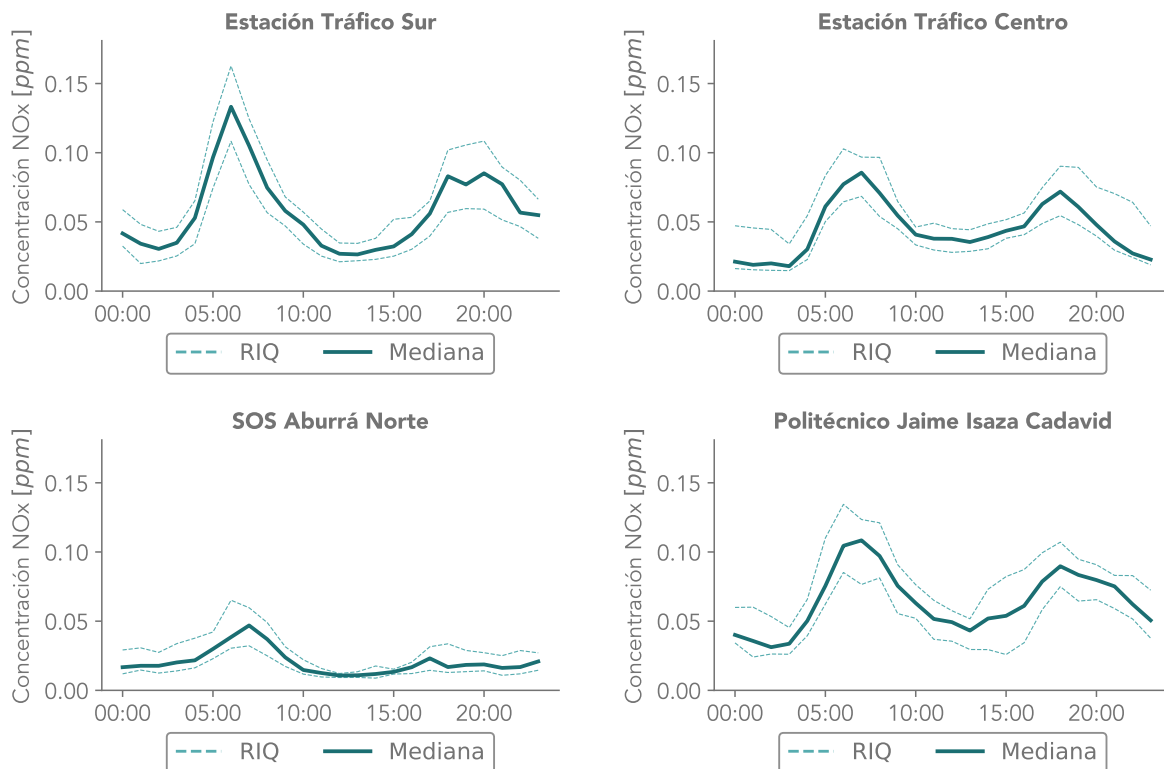


Figura 7.2: Ciclo diurno de NO_x para las estaciones automáticas.

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

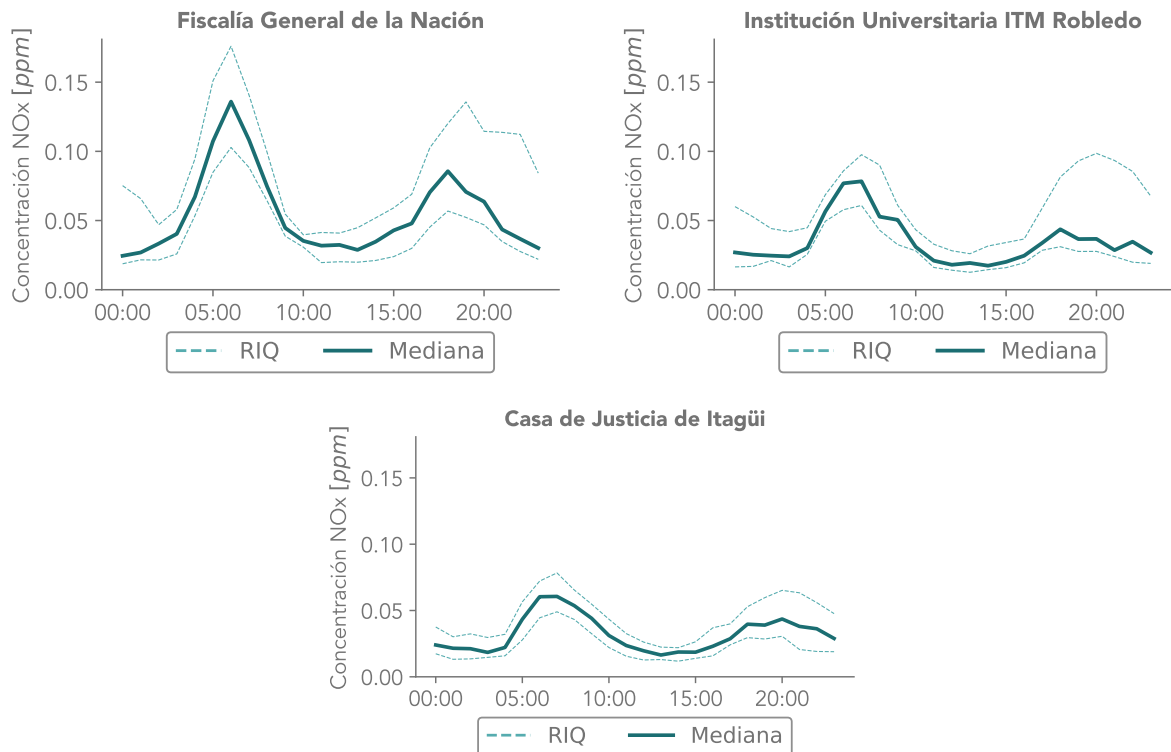


Figura 7.2: Continuación

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

Concentración Promedio Diaria de NO₂

En la Figura 7.3 se presenta la concentración diaria de NO₂ obtenida durante el mes de Septiembre de 2020 para las distintas estaciones de monitoreo automático.

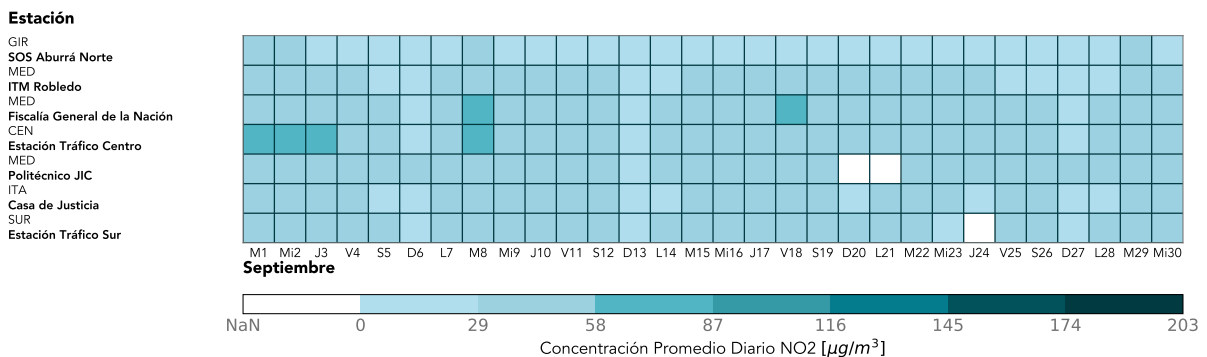


Figura 7.3: Concentraciones de NO₂ para las estaciones automáticas. Nota: En la gráfica NaN corresponde a datos faltantes.

La estación MED-FISC presentó la concentración horaria más alta durante el mes de Septiembre de 2020, igual a $137.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Por otra parte, la mínima concentración horaria, igual a $0.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, se registró en la estación MED-FISC.

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 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-SOSN | MED-ITMR | MED-FISC | CEN-TRAF | MED-PJIC | ITA-CJUS | SUR-TRAF |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| MEDIA | 24.1 | 35.3 | 42.8 | 41.9 | 41.8 | 33.5 | 39.0 |
| VM1H | 89.8 | 103.6 | 137.0 | 119.3 | 131.2 | 92.3 | 107.1 |
| NEN1H | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabla 7.1: Estadísticos Septiembre 2020 NO_2

Ciclo Diurno de la Concentración de NO_2

La Figura 7.4 presenta el ciclo diurno de la concentración de NO_2 para las diferentes estaciones de monitoreo automático. Puede observarse que algunas de las estaciones presentan un comportamiento bimodal para la concentración de 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 NO_x descrito en la sección 7.

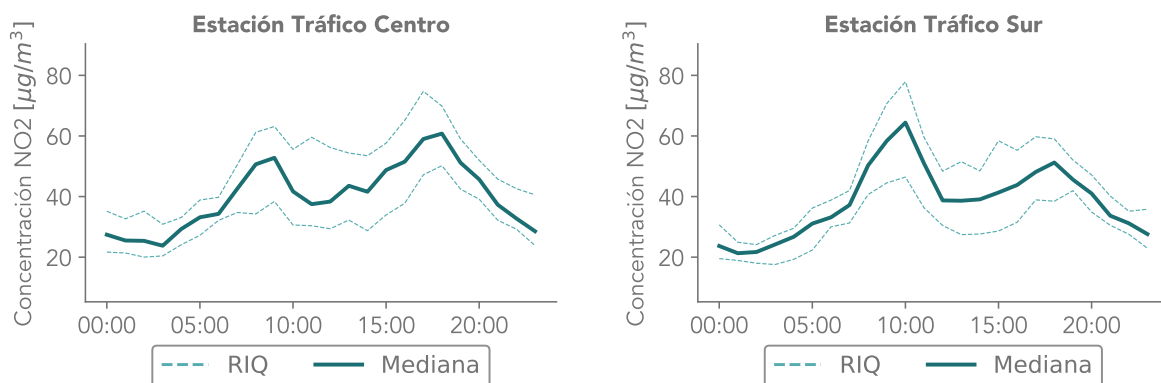


Figura 7.4: Ciclo diurno de NO_2 para las estaciones automáticas.

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

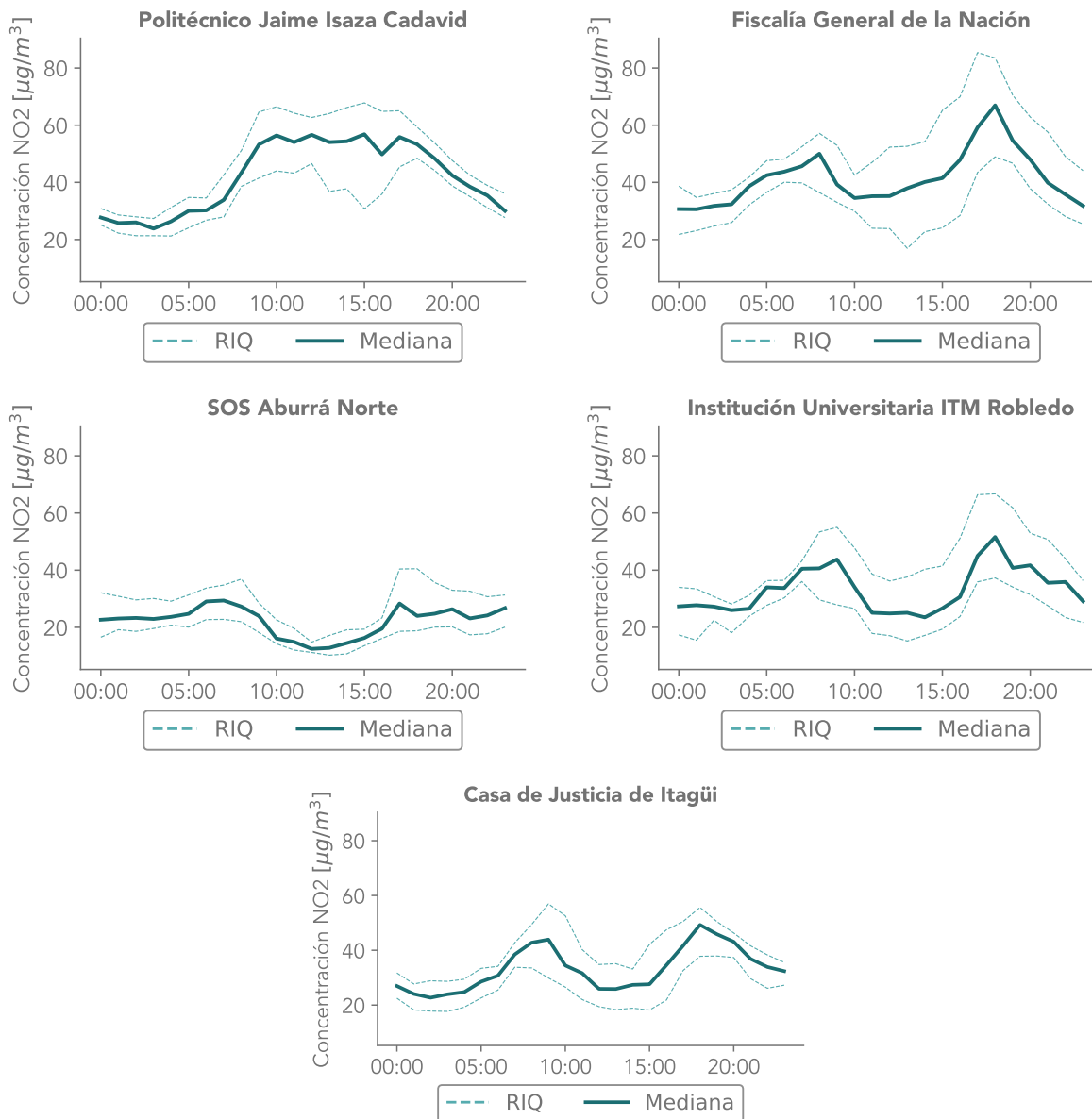


Figura 7.4: Continuación

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 NO₂.

La Figura 7.5 muestra la variación porcentual de las categorías de ICA para las concentraciones horarias de NO₂ en las diferentes estaciones durante el mes Septiembre de 2020. Puede observarse como la mayoría de estaciones presentaron valores de ICA equivalentes a la clasificación buena. Es posible notar que no se presentaron excedencias a la norma horaria en ninguna de las estaciones de monitoreo de NO₂. La estación SUR-TRAF obtuvo la menor cantidad de muestras horarias en el mes con un total de 699.

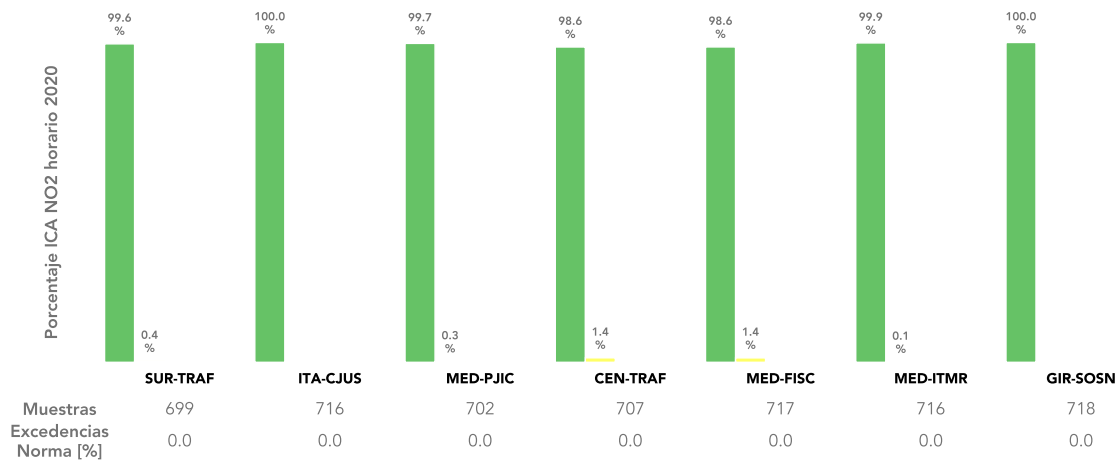


Figura 7.5: Porcentaje de las distintas clasificaciones del ICA para las concentraciones horarias de NO₂

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_x. 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.

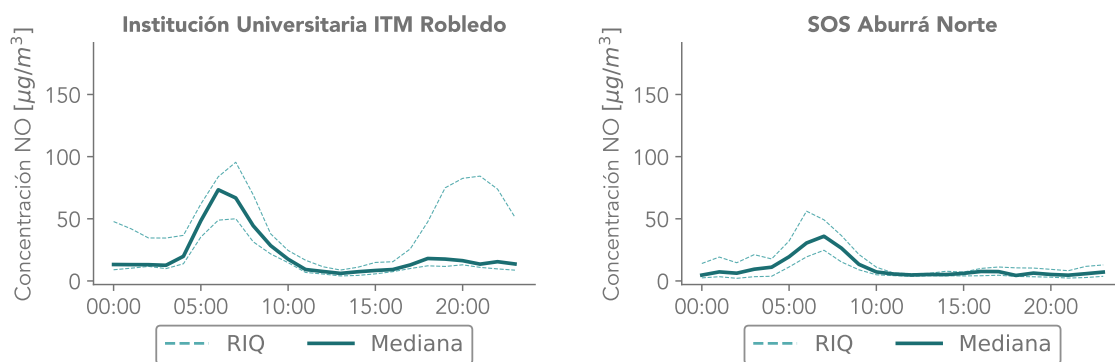


Figura 7.6: Ciclo diurno de NO para las estaciones automáticas.

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

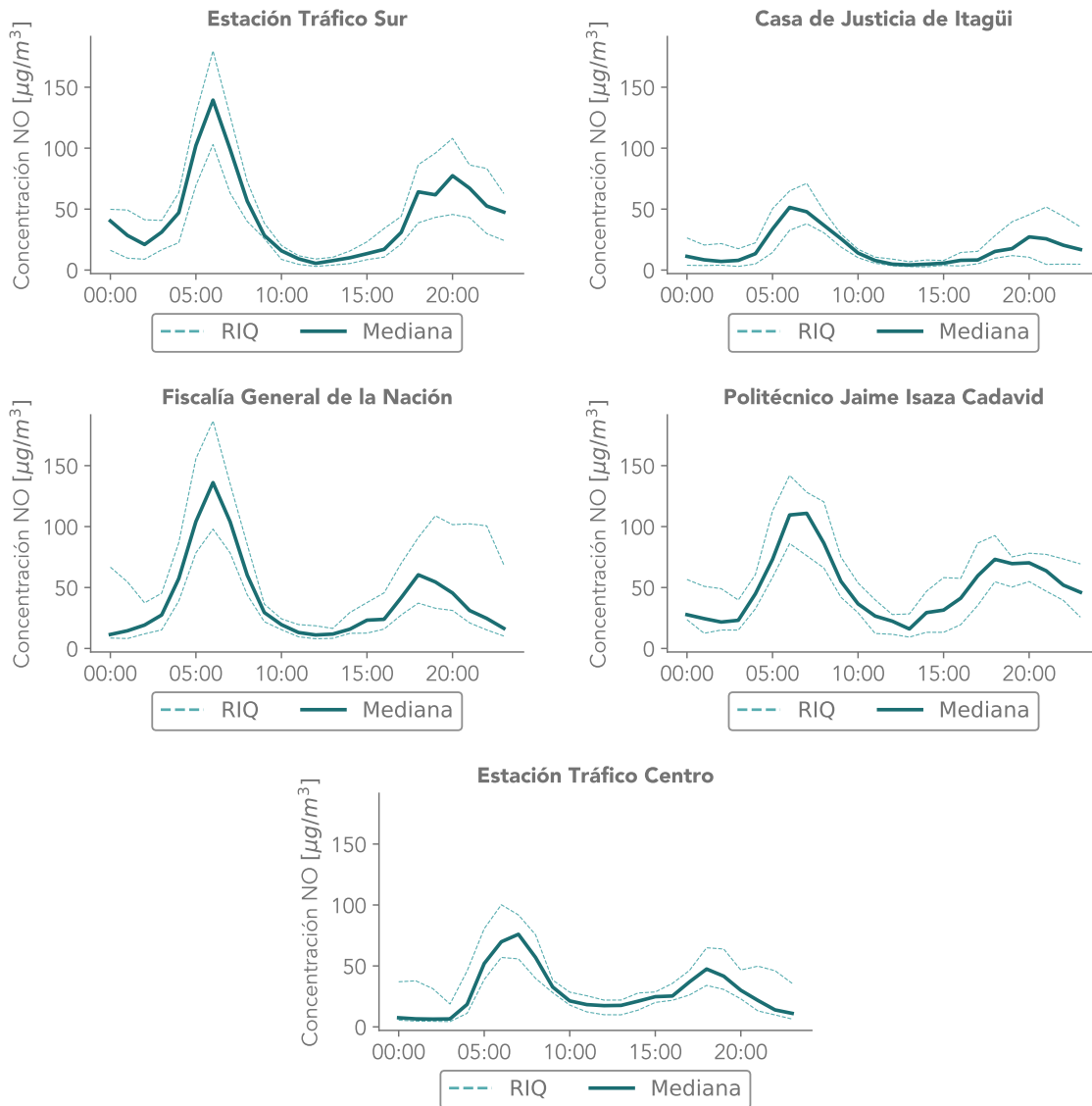


Figura 7.6: Continuación

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, 2015). 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.

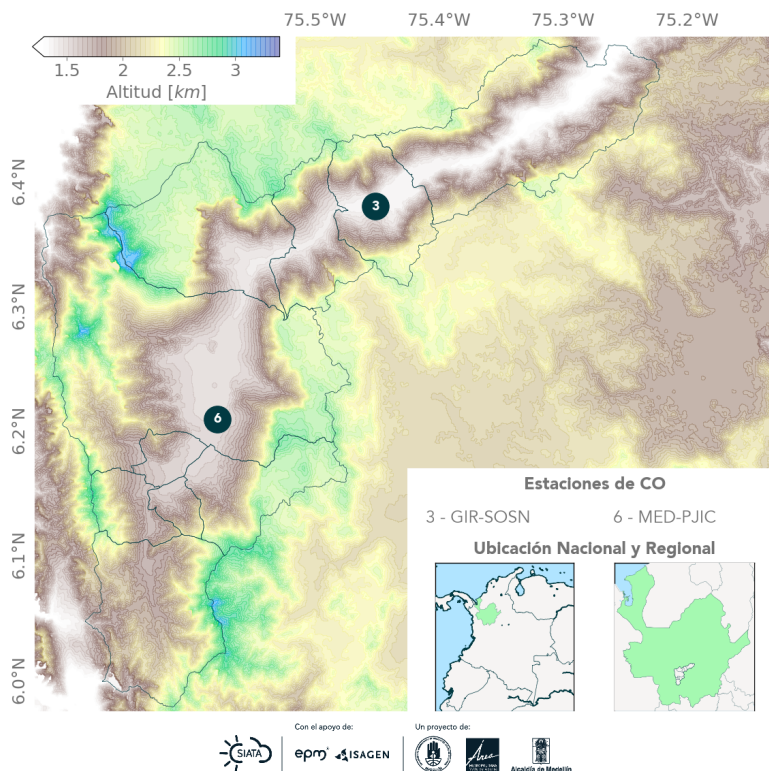


Figura 8.1: Estaciones automáticas de monitoreo de CO.

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 Septiembre de 2020 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 Septiembre de 2020 igual a $3457.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En esta misma estación se obtuvo la concentración horaria más alta igual a $4074.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. 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-SOSN | MED-PJIC |
|-------|----------|----------|
| MEDIA | 454.2 | 1839.8 |
| VM1H | 1504.2 | 4074.6 |
| NEN1H | 0 | 0 |
| VM8H | 1199.6 | 3457.5 |
| NEN8H | 0 | 0 |

Tabla 8.1: Resumen estadístico de las concentraciones de CO, Septiembre 2020

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.

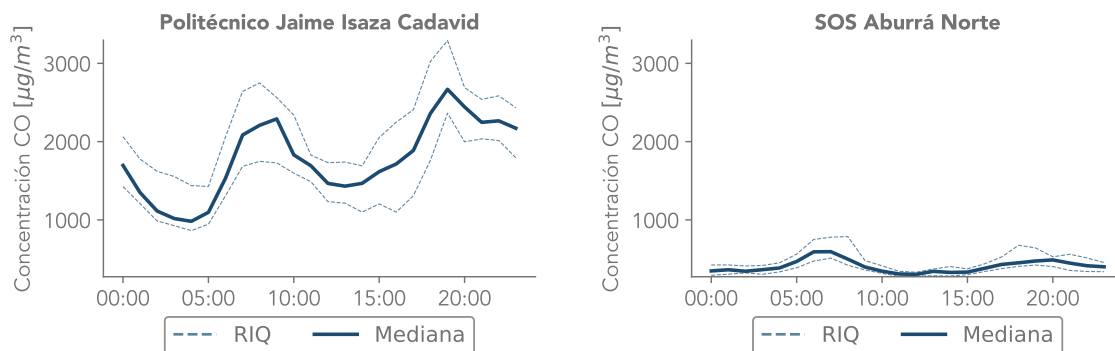


Figura 8.2: Ciclo Diurno de CO para la estación MED-PJIC.

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 Septiembre. Puede observarse como las estaciones presentaron valores de ICA equivalentes a la clasificación buena.

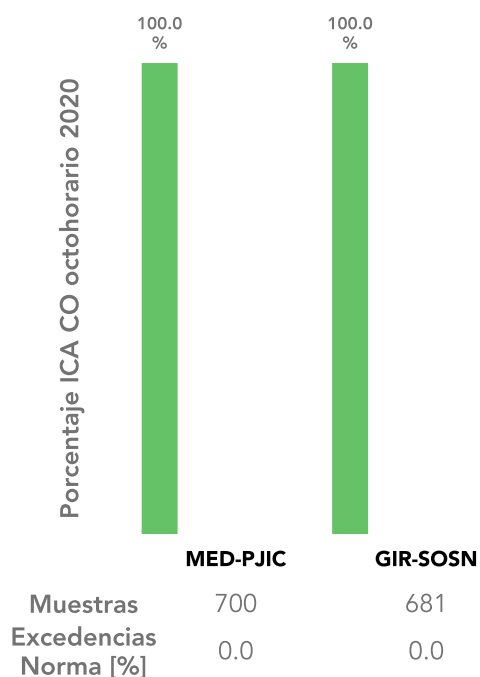


Figura 8.3: Variación porcentual de las categorías de calidad de aire para las concentraciones horarias de Co en las estaciones de monitoreo.

9 Dióxido de Azufre (SO₂)

El dióxido de azufre (SO₂) es uno de los contaminantes criterios 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 1 estación de monitoreo automático de SO₂, ubicada en el municipio de Girardota. La Figura 9.1 presenta el mapa con la ubicación geográfica de la estación automática de SO₂:

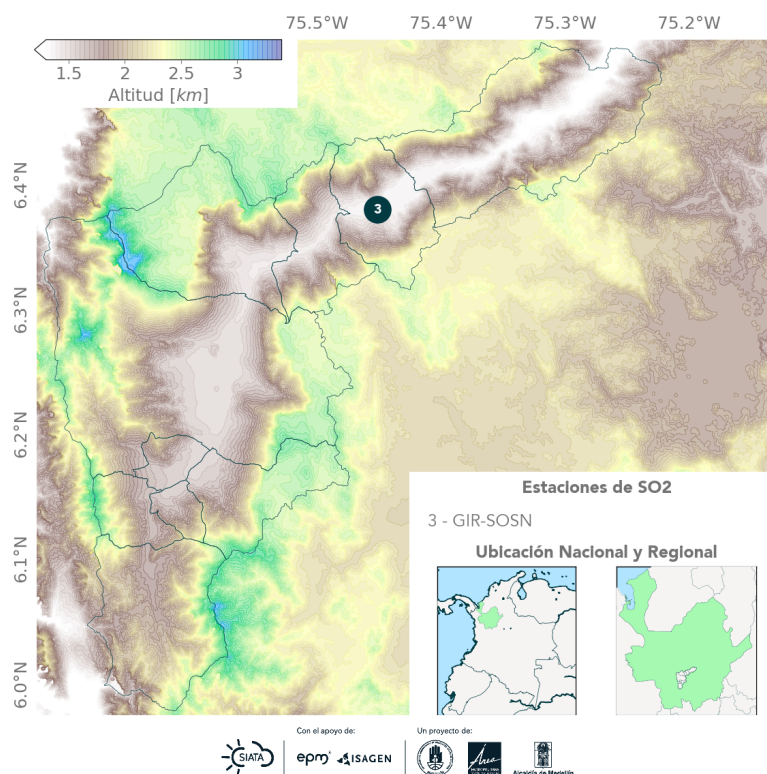


Figura 9.1: Estación automática de monitoreo de SO₂

Concentración Promedio Diaria de SO₂

En la Figura 9.2 se presenta la variación de las concentraciones promedio diarias de SO₂ obtenidas durante el mes de Septiembre de 2020 para la estación GIR-SOSN. 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 Septiembre de 2020 fue igual a 32.5

$\mu g/m^3$. En cuanto a la norma horaria colombiana, definida como $100 \mu g/m^3$ en la Resolución 2254 del 2017, se presentaron un total de 6 excedencias.

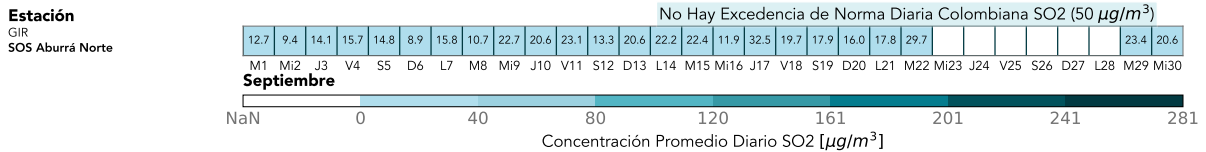


Figura 9.2: Concentración Diaria de SO₂ para la estación automática. Nota: En la gráfica NaN corresponde a datos faltantes.

La Tabla 9.1 presenta los valores medios, mínimos y máximos de la concentración de SO₂ obtenidos en la estación GIR-SOSN.

| | GIR-SOSN |
|-------|----------|
| CMD | 24 |
| MAX | 32.5 |
| MEDIA | 18.2 |
| MIN | 8.9 |
| NEND | 0 |
| VM1H | 132.0 |
| NEN1H | 6 |

Tabla 9.1: Estadísticos Septiembre 2020 SO₂

En la Tabla, 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.

Ciclo Diurno de la Concentración de SO₂

La Figura 9.3 presenta el ciclo diurno de la concentración de SO₂ para la estación GIR-SOSN. Puede observarse como existe un comportamiento unimodal de las concentraciones de SO₂ a lo largo del día, con un máximo cerca de las 09:00 AM.

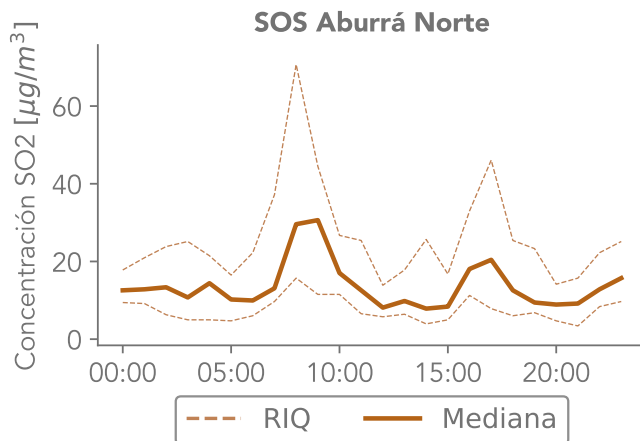


Figura 9.3: Ciclo diario de la concentración de SO₂ para la estación automática.
Nota: En la Tabla 2.4 se relacionan con más detalle los nombres de las estaciones.

Índice de Calidad del Aire (ICA) para las concentraciones horarias de SO₂

La Figura 9.4 muestra la variación porcentual de las categorías de calidad de aire asociadas a las concentraciones horarias de SO₂ en la estación GIR-SOSN durante el mes de Septiembre del 2020. Es posible observar que la mayoría del mes se alcanzaron concentraciones categorizadas como buenas.

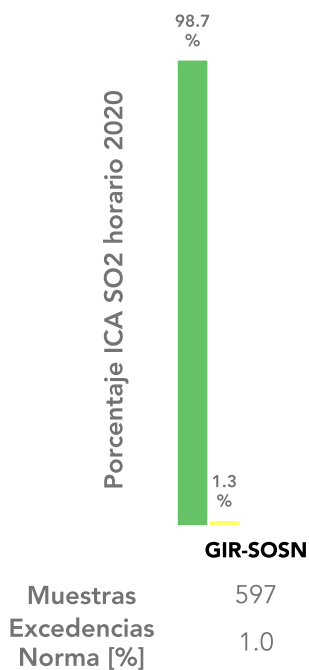


Figura 9.4: Porcentaje de días en las distintas categorías del ICA para la estación de SO₂

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 16 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:

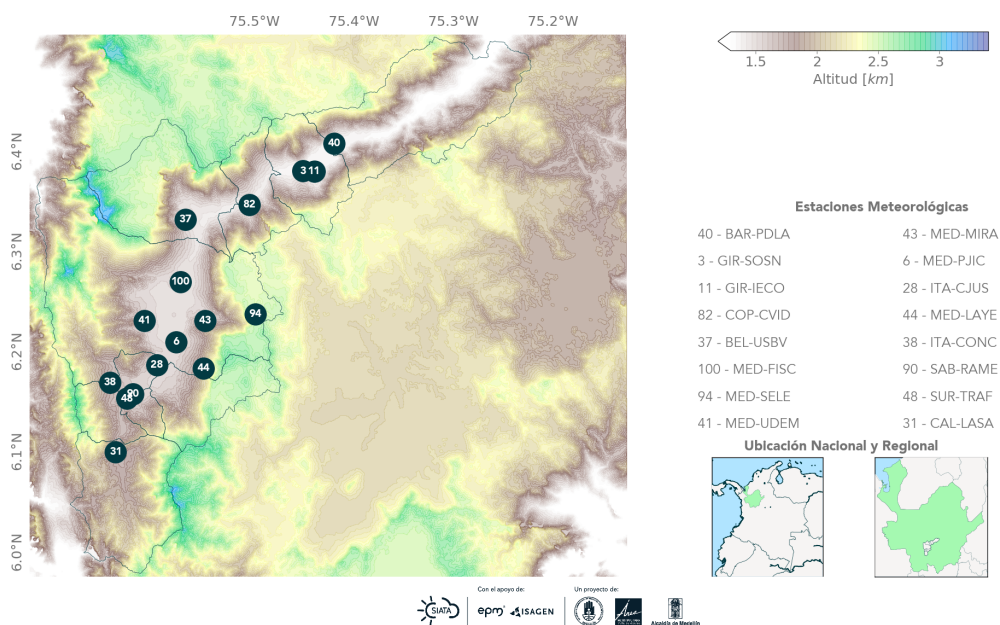


Figura 10.1: Estaciones automáticas de monitoreo de Meteorología

La Tabla 10.1 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, en la estación GIR-IECO se obtuvo un porcentaje de datos inferior al 75%. Esta situación estuvo relacionada con actos de vandalismo que afectaron el correcto funcionamiento de la estación durante el mes así como con inconsistencias en la transmisión y en el almacenamiento de los datos..

Es necesario aclarar que del total las estaciones meteorológicas reportadas en este informe, los sensores ubicados en las estaciones BEL-USBV, MED-FISC 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 10.1: Porcentaje de datos válidos Meteorología

| Estaciones | P | PPT | T | RG | HR | VV | DV |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| BAR-PDLA | 99.7 | 99.7 | 99.7 | | 99.7 | 99.7 | 99.7 |
| GIR-SOSN | 79.9 | 79.9 | 79.9 | | 79.9 | 79.9 | 79.9 |
| GIR-IECO | 100.0 | 100.0 | 100.0 | | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| COP-CVID | 99.7 | 99.7 | 99.7 | | 99.7 | 99.7 | 99.7 |
| BEL-USBV | 97.6 | | 98.2 | 99.7 | 99.7 | 90.3 | 99.7 |
| MED-FISC | 98.6 | 99.9 | 97.9 | 99.9 | 99.9 | 99.9 | 99.9 |
| MED-SELE | 96.1 | 96.1 | 96.1 | | 95.8 | 96.1 | 96.1 |
| MED-UDEM | 100.0 | 100.0 | 100.0 | | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| MED-MIRA | 81.7 | 81.7 | 81.7 | | 81.7 | 81.7 | 81.7 |
| MED-PJIC | 99.2 | 99.3 | 99.3 | | 99.3 | 99.3 | 99.3 |
| ITA-CJUS | 96.2 | | 99.0 | 100.0 | 100.0 | 97.8 | 100.0 |
| MED-LAYE | 95.8 | 95.8 | 95.8 | | 95.8 | 95.8 | 95.8 |
| ITA-CONC | 100.0 | 100.0 | 100.0 | | 99.7 | 100.0 | 100.0 |
| SUR-TRAF | 99.7 | 99.7 | 99.7 | | 99.7 | 99.7 | 99.7 |
| SAB-RAME | 100.0 | 100.0 | 100.0 | | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| CAL-LASA | 80.1 | 80.1 | 80.1 | | 80.0 | 80.1 | 80.1 |

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.

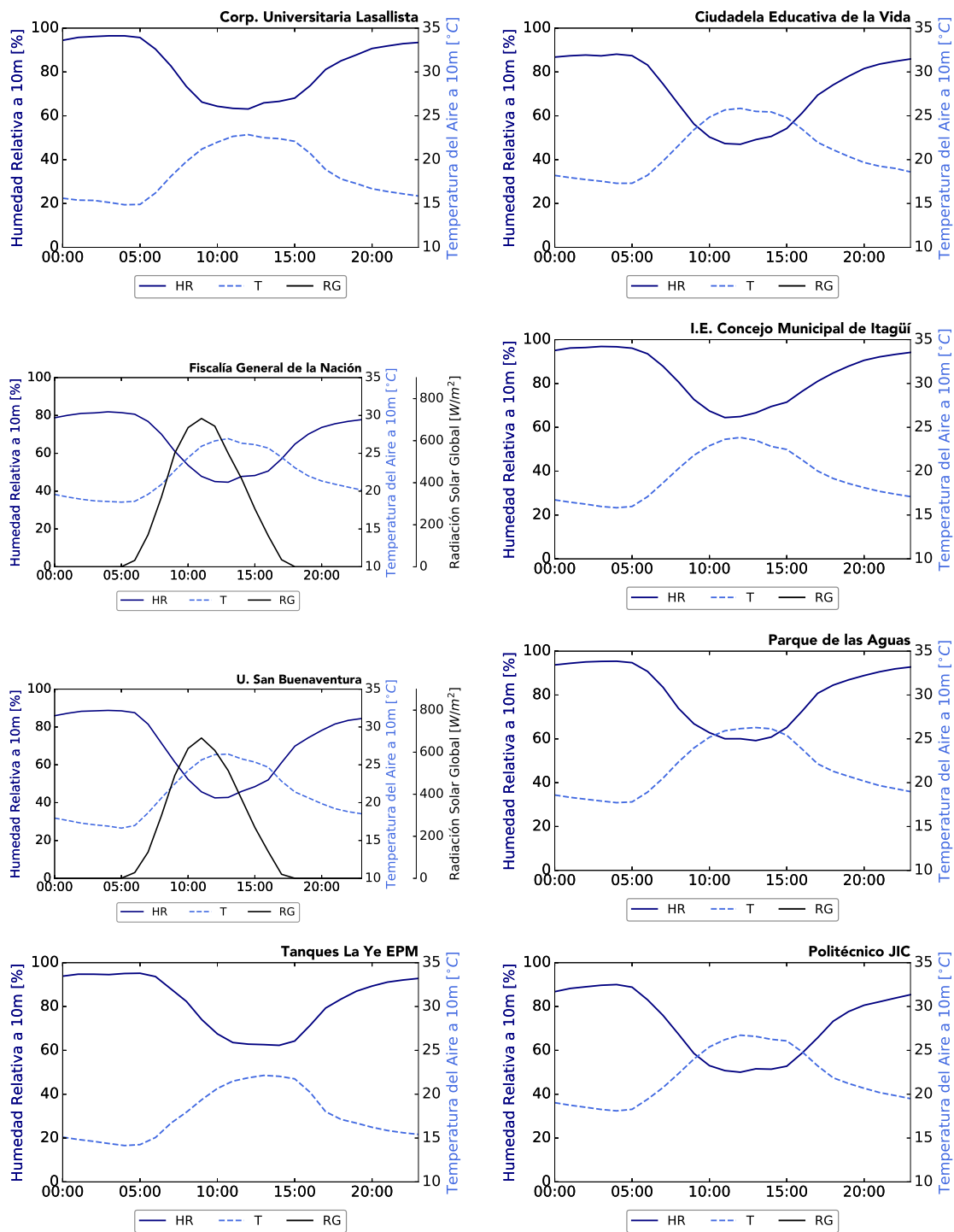


Figura 10.2: Radiación Solar, Temperatura y Humedad Relativa para las distintas estaciones

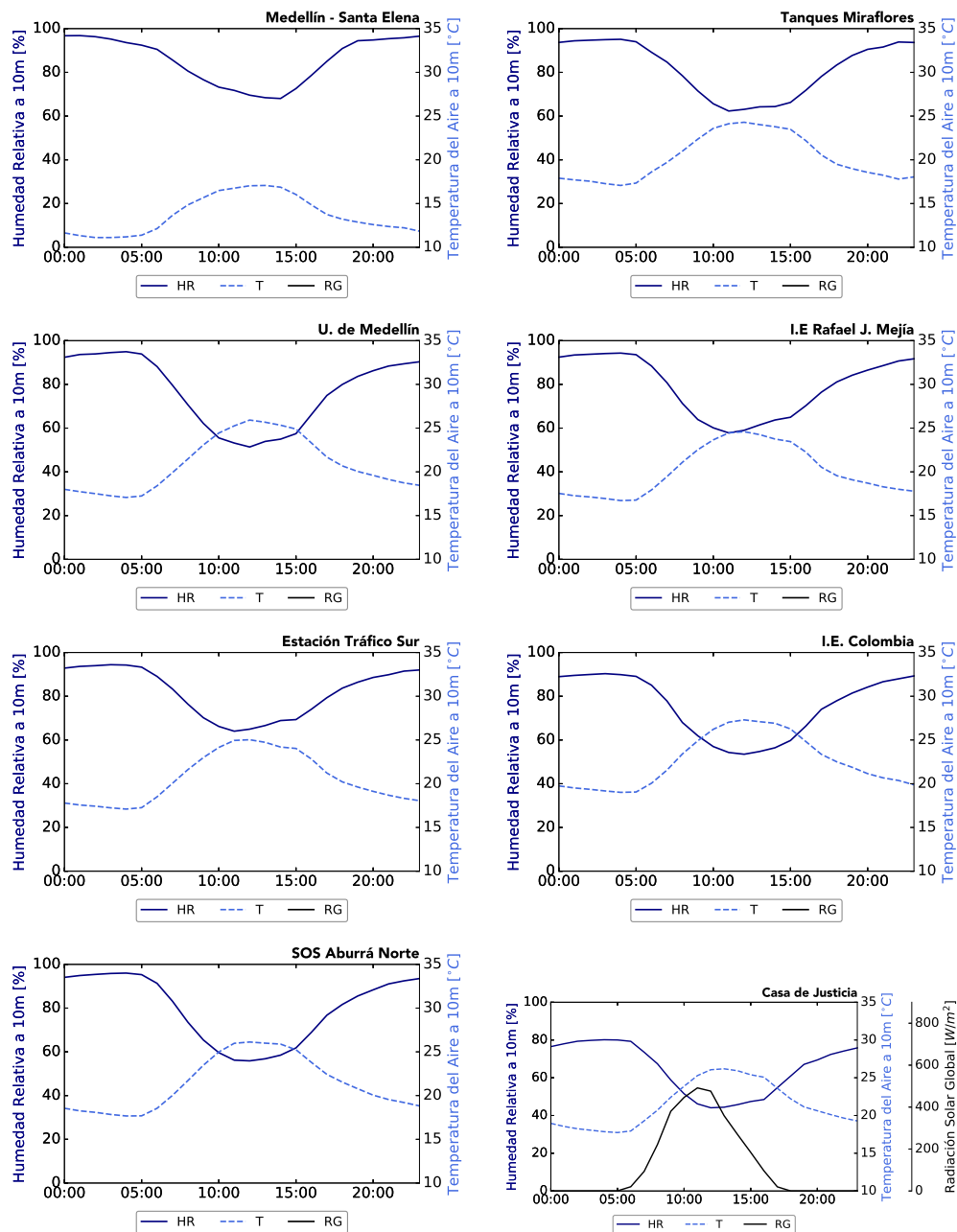


Figura 10.2: Continuación

Precipitación

La Figura 10.3 presenta la precipitación horaria y acumulada para el mes de Septiembre de 2020. Por otra parte, la Tabla 10.2 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.

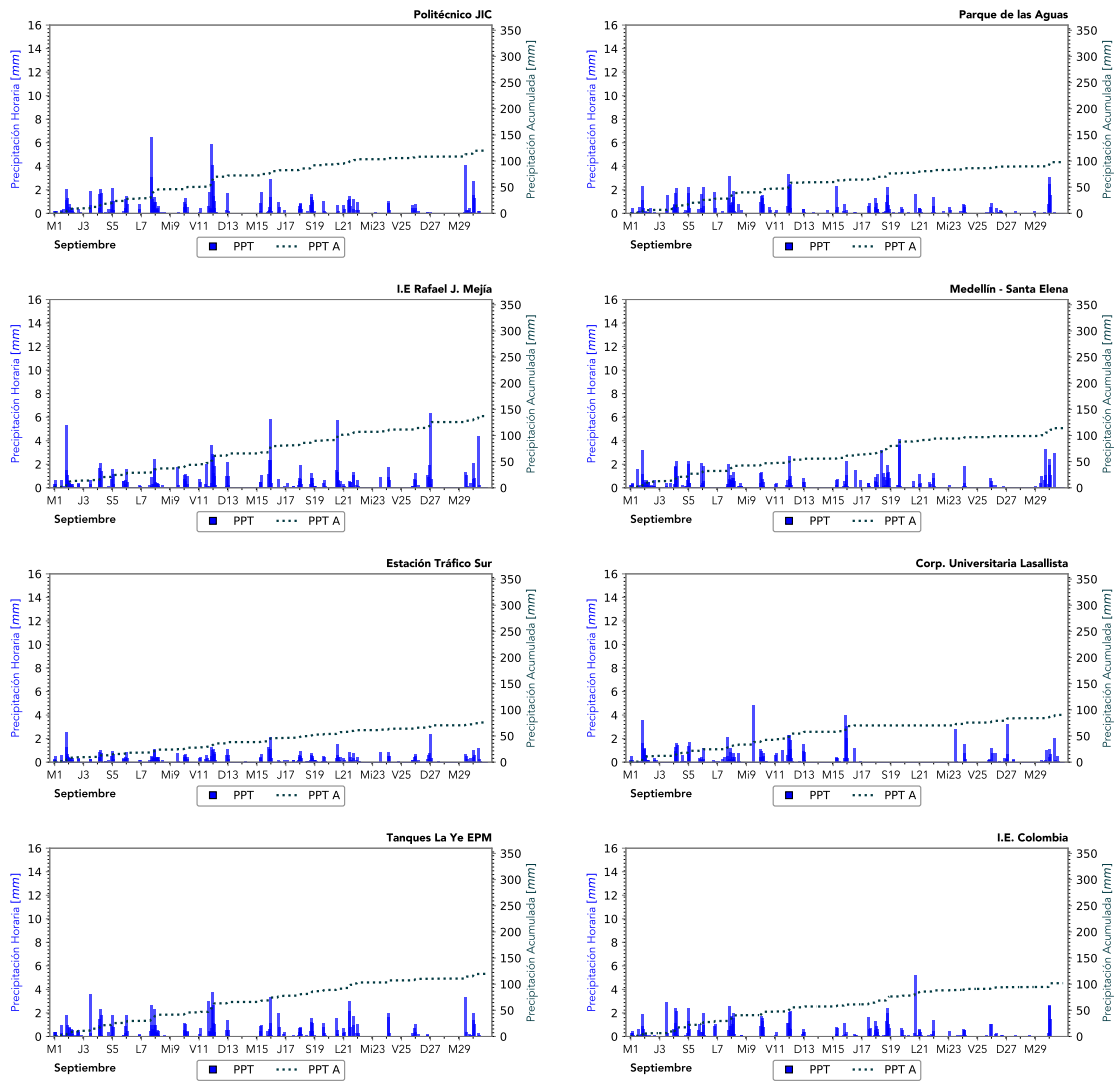


Figura 10.3: Precipitación horaria y acumulada para las distintas estaciones

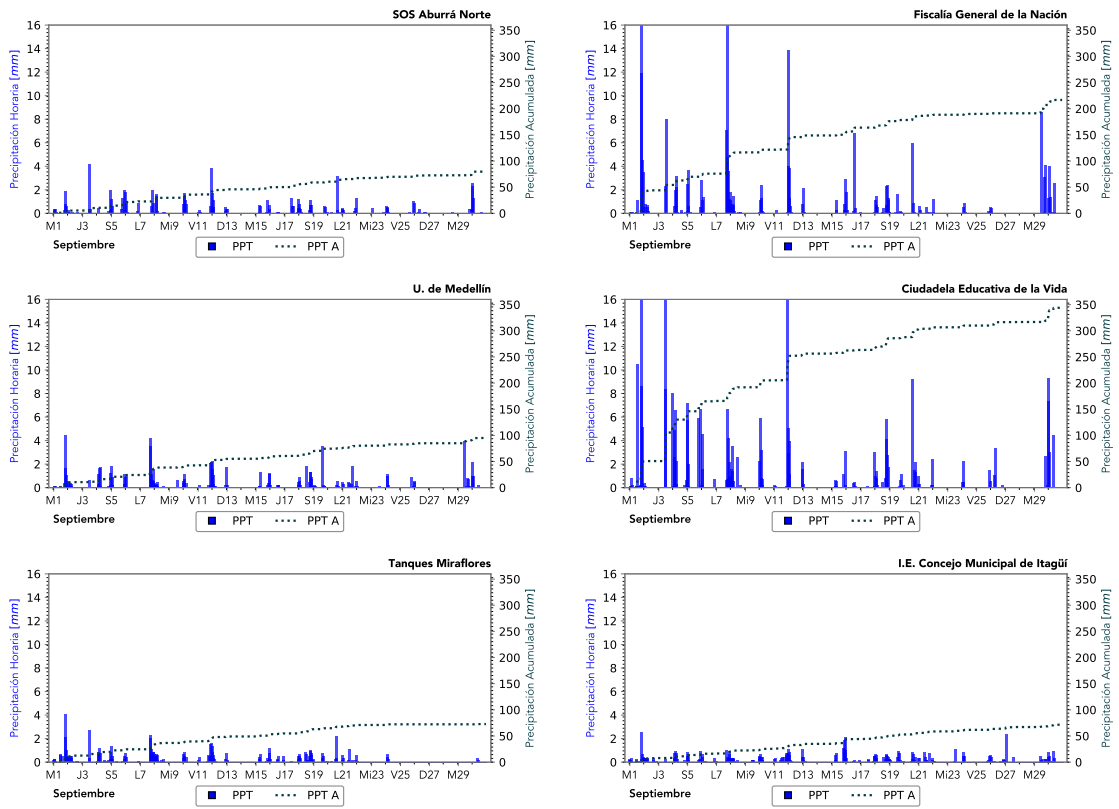


Figura 10.3: Continuación

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

Tabla 10.2: Estadísticos Precipitación

| Estación | Acumulado Mensual (mm) | Días Sin Precipitación | Máximo Acumulado Diario (mm) | Máximo Acumulado Horario (mm) |
|----------|------------------------|------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| BAR-PDLA | 97.9 | 1.0 | 9.5 | 3.3 |
| GIR-SOSN | 79.8 | 0.0 | 7.7 | 4.1 |
| GIR-IECO | 101.9 | 0.0 | 11.2 | 5.3 |
| COP-CVID | 344.0 | 0.0 | 54.6 | 46.1 |
| MED-FISC | 216.8 | 5.0 | 40.9 | 19.7 |
| MED-SELE | 114.1 | 3.0 | 14.4 | 4.1 |
| MED-UDEM | 95.0 | 2.0 | 12.2 | 4.5 |
| MED-MIRA | 72.8 | 5.0 | 9.7 | 4.0 |
| MED-PJIC | 120.0 | 2.0 | 14.0 | 6.5 |
| MED-LAYE | 119.8 | 0.0 | 12.0 | 3.8 |
| ITA-CONC | 71.5 | 2.0 | 7.8 | 2.5 |
| SUR-TRAF | 75.8 | 1.0 | 6.8 | 2.5 |
| SAB-RAME | 137.1 | 2.0 | 11.3 | 6.3 |
| CAL-LASA | 90.3 | 6.0 | 8.6 | 4.8 |

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.

El nombre de cada estación según el número en negrilla presentado en cada una de las rosas, se muestra en la Figura 10.1

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.

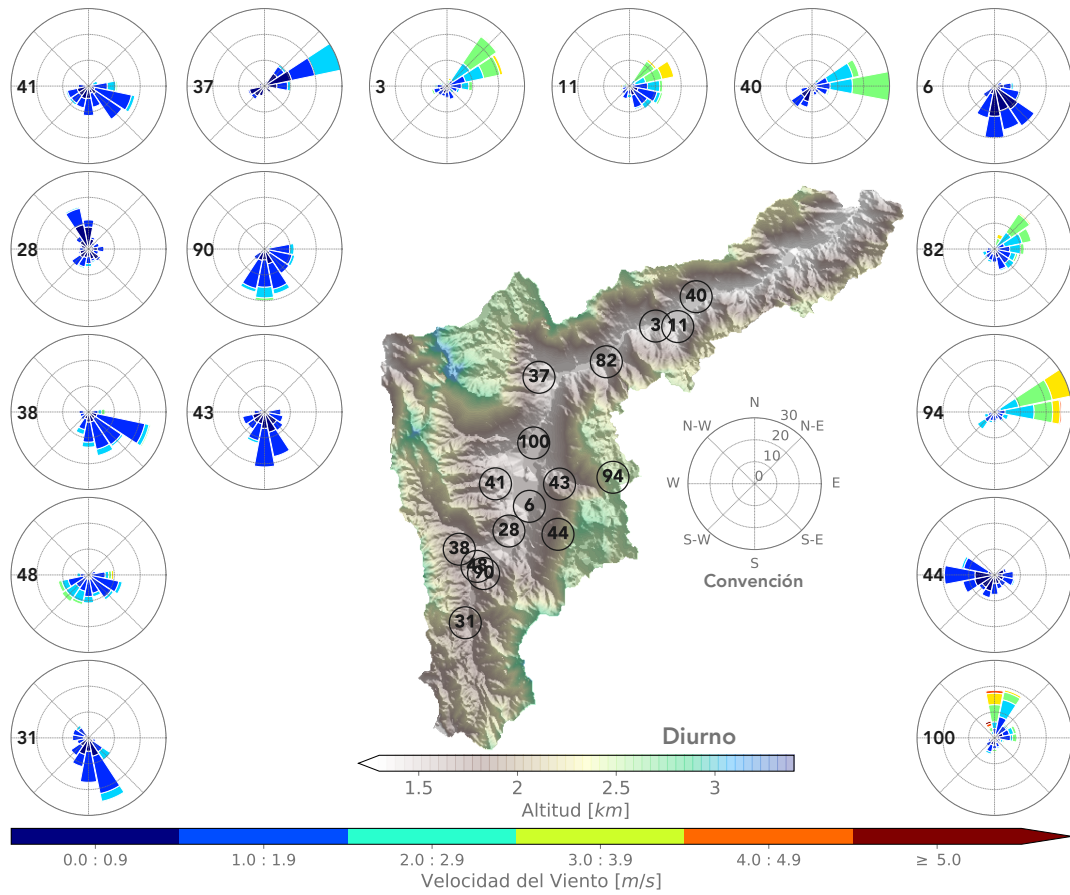


Figura 10.4: Rosas de Viento diurnas para las distintas estaciones

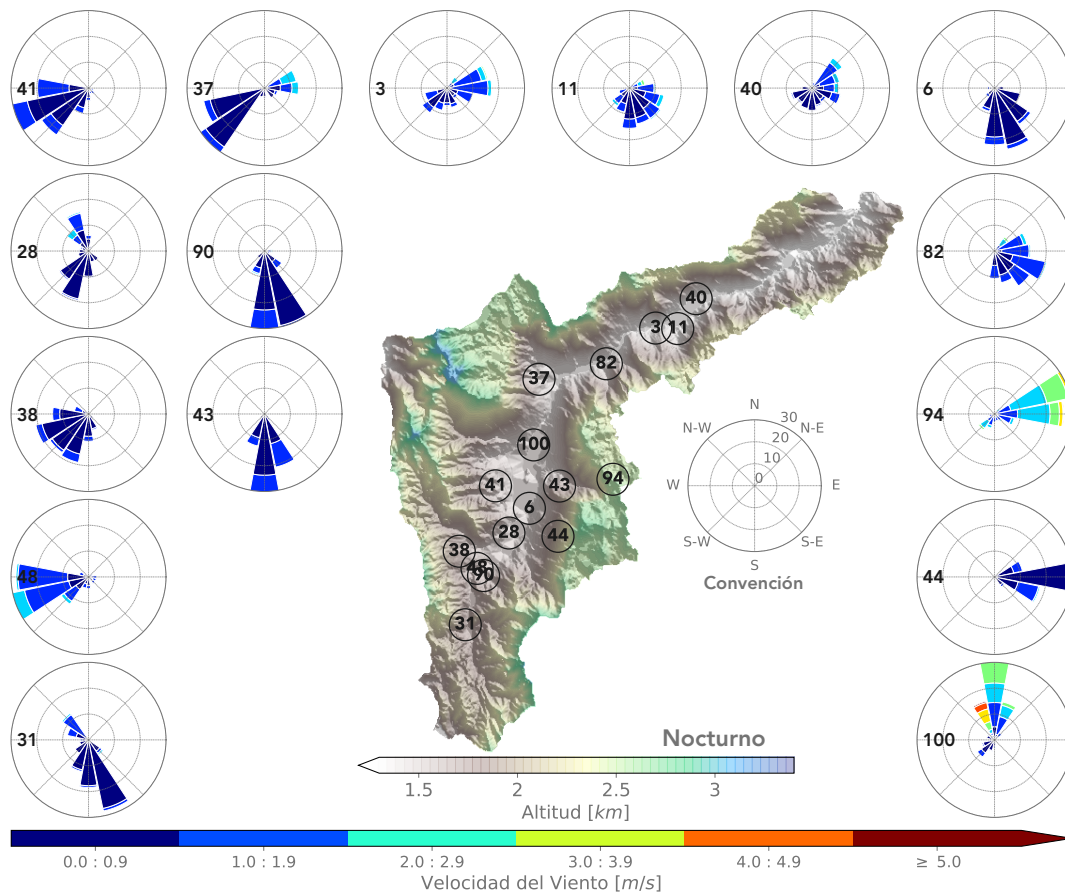


Figura 10.5: Rosas de Viento nocturnas para las distintas estaciones

La estación con las velocidades diurnas más altas durante el mes corresponde a la estación MED-SELE, con una velocidad promedio de 2.79 m/s y la estación con velocidades diurnas más bajas corresponde a la estación ITA-CJUS con una velocidad promedio de 0.86 m/s . En el caso nocturno, la mayor velocidad se registró en la estación MED-SELE con un promedio de 2.35 m/s , mientras que la velocidad más baja se presentó en la estación ITA-CJUS con un promedio de 0.58 m/s .

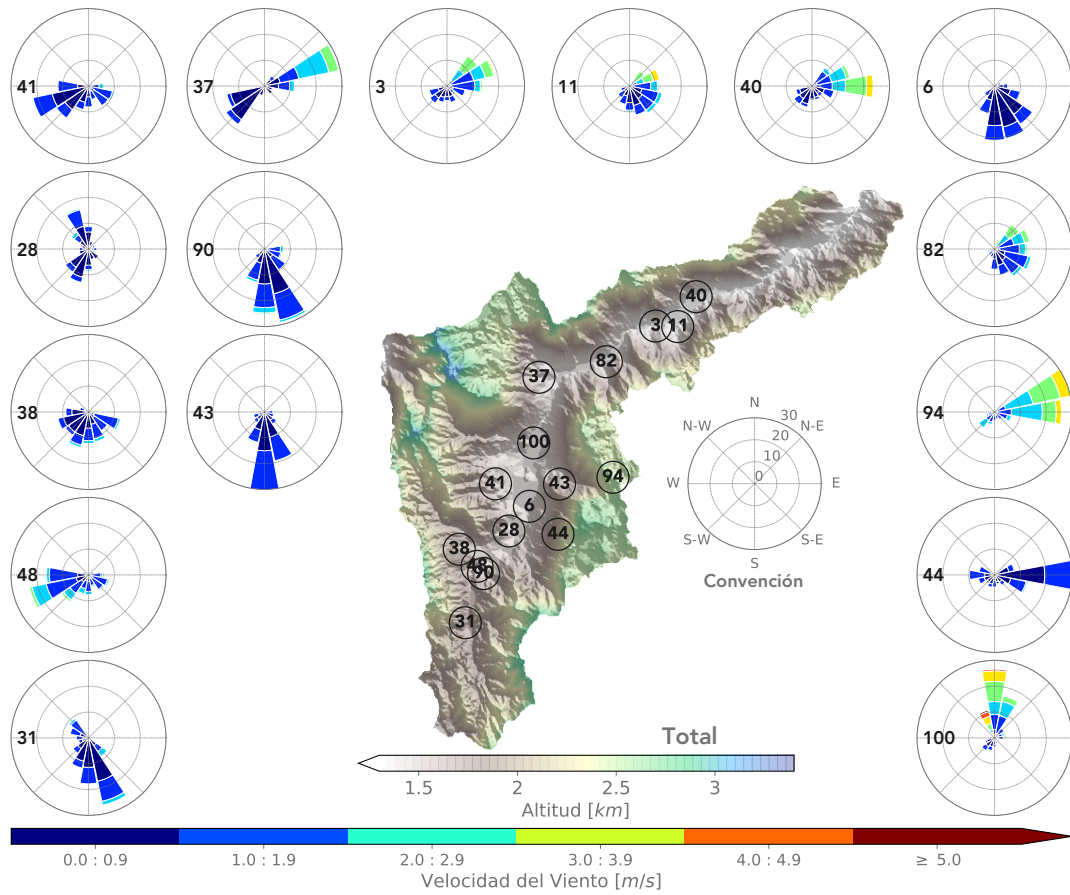


Figura 10.6: Rosas de Viento totales para las distintas estaciones.

11 Anexos

Anexo 1. 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 μm 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 μm 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 μm 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 μm 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 $\mu g/m^3$ |
| PM2.5 | Toma de muestras para la determinación de la concentración de partículas menores a 2.5 μm en el aire ambiente U.S EPA EQPM-1013-209. Monitor de Partículas BAM1022. Procedimiento P-GAA-RA-17. | Particulado | 2-200 $\mu g/m^3$ |

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 μm 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 $\mu g/m^3$) |
| 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 $\mu g/m^3$ 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 |
|-----------------|---|-------------------------|--|
| SO ₂ | Determinación de Dióxido de Azufre SO ₂ 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 _x | Determinación de Óxido de Nitrógeno NO _x 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 |
| PM1 | Toma de muestras para la determinación de la concentración partículas menores a 1 micra (PM1) 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 2. Identificación de muestras en los equipos manuales

2.1. Identificación de muestras de PM2.5

En la Tabla 11.2 se relaciona el número, la fecha de muestreo, y la fecha de pesaje de cada filtro utilizado en las estaciones manuales de PM2.5. 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.

Tabla 11.2: Identificación de filtros de las estaciones manuales de PM2.5

| Fecha Muestreo | BEL-JEGA | | MED-PJIC | |
|----------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| | Número Filtro | Fecha Pesaje | Número Filtro | Fecha Pesaje |
| 2020-09-01 | 9E27095 | 2020-09-11 | 9E27086 | 2020-09-11 |
| 2020-09-04 | 9E27090 | 2020-09-11 | 9E27087 | 2020-09-11 |
| 2020-09-08 | 9E27091 | 2020-09-21 | 9E27089 | 2020-09-21 |
| 2020-09-10 | W93305863 | 2020-09-21 | W93305862 | 2020-09-21 |
| 2020-09-13 | W93305864 | 2020-09-29 | W93305865 | 2020-09-21 |
| 2020-09-16 | D9075128 | 2020-09-29 | W93305866 | 2020-09-29 |
| 2020-09-19 | D9075127 | 2020-10-07 | D9075132 | 2020-09-29 |
| 2020-09-22 | D9075109 | 2020-10-07 | D9075129 | 2020-10-07 |
| 2020-09-25 | D9075110 | 2020-10-07 | 9H15068 | 2020-10-07 |
| 2020-09-29 | 9E17707 | 2020-10-07 | 9H15069 | N.D. |

ND: No Dato.

Anexo 3. 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 NO₂, SO₂, 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 Septiembre.

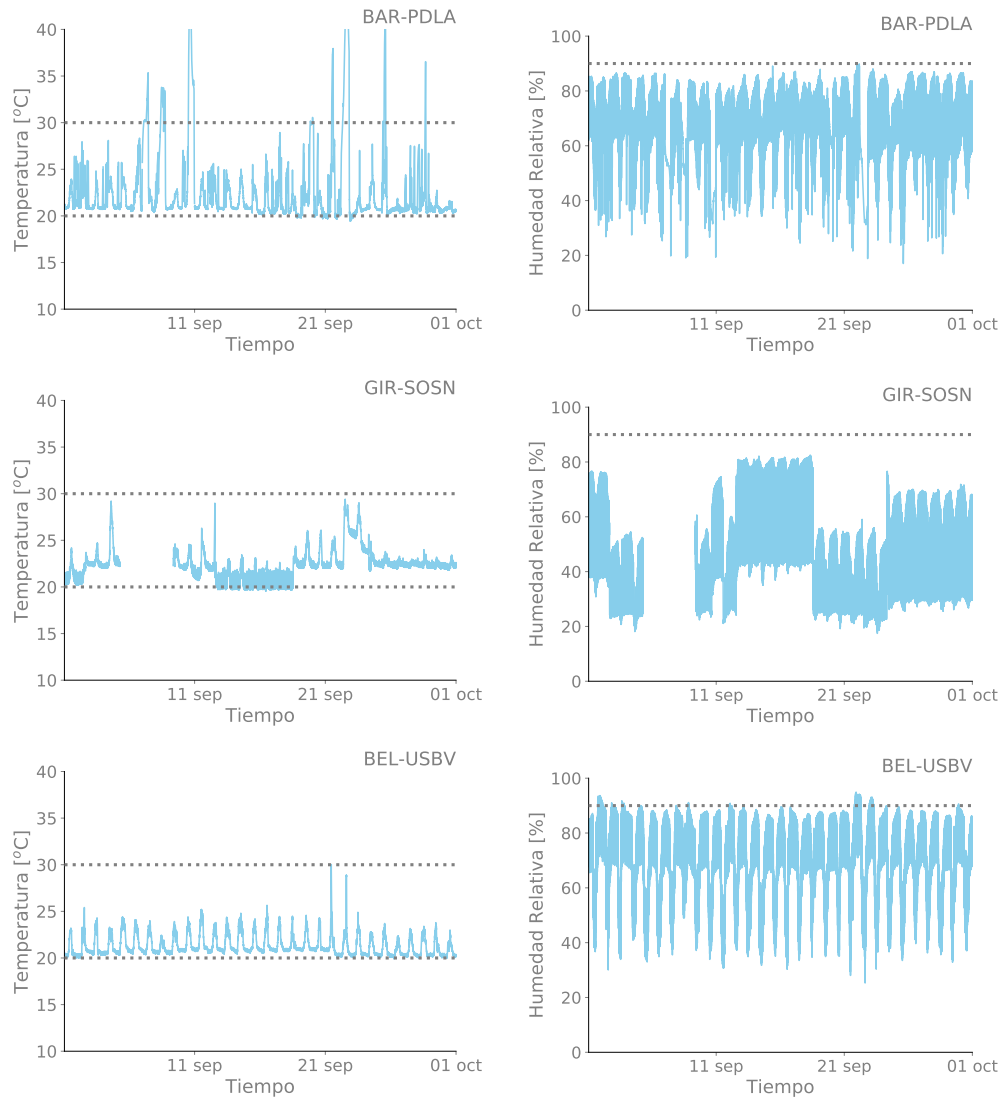


Figura 11.1: Condiciones de humedad y temperatura al interior del shelter

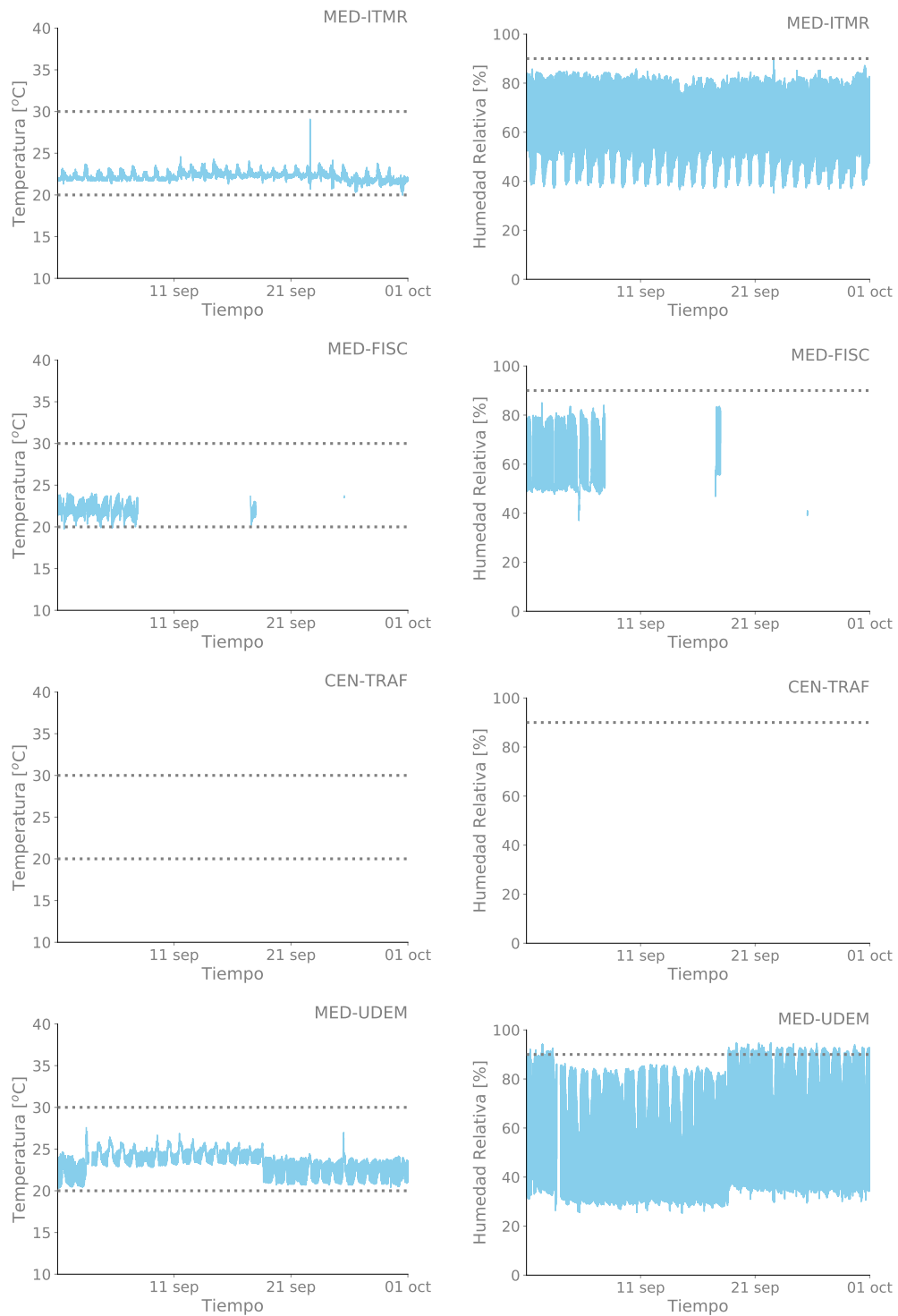


Figura 11.1: Continuación

Informe Mensual de Calidad del Aire Septiembre de 2020

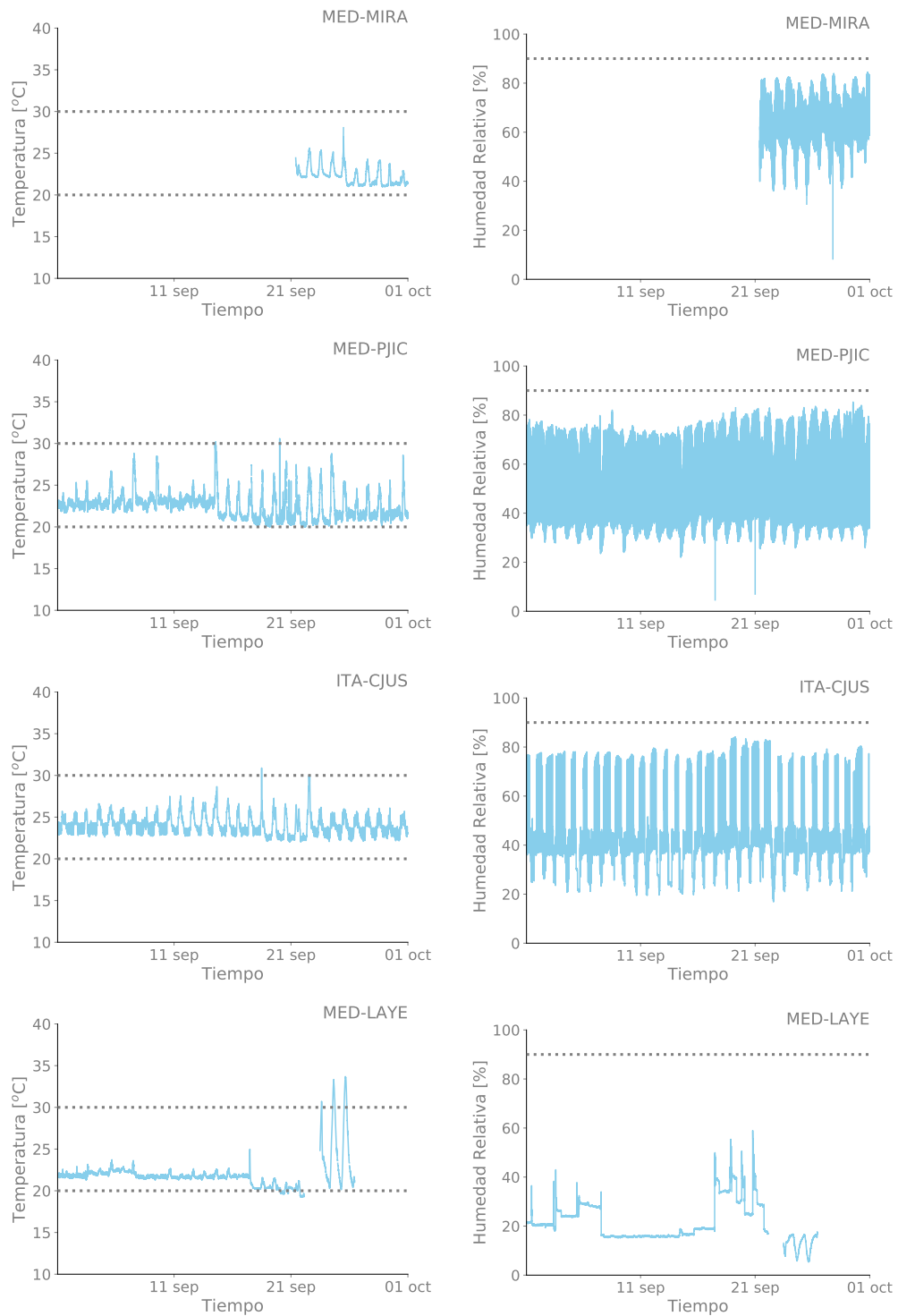


Figura 11.1: Continuación

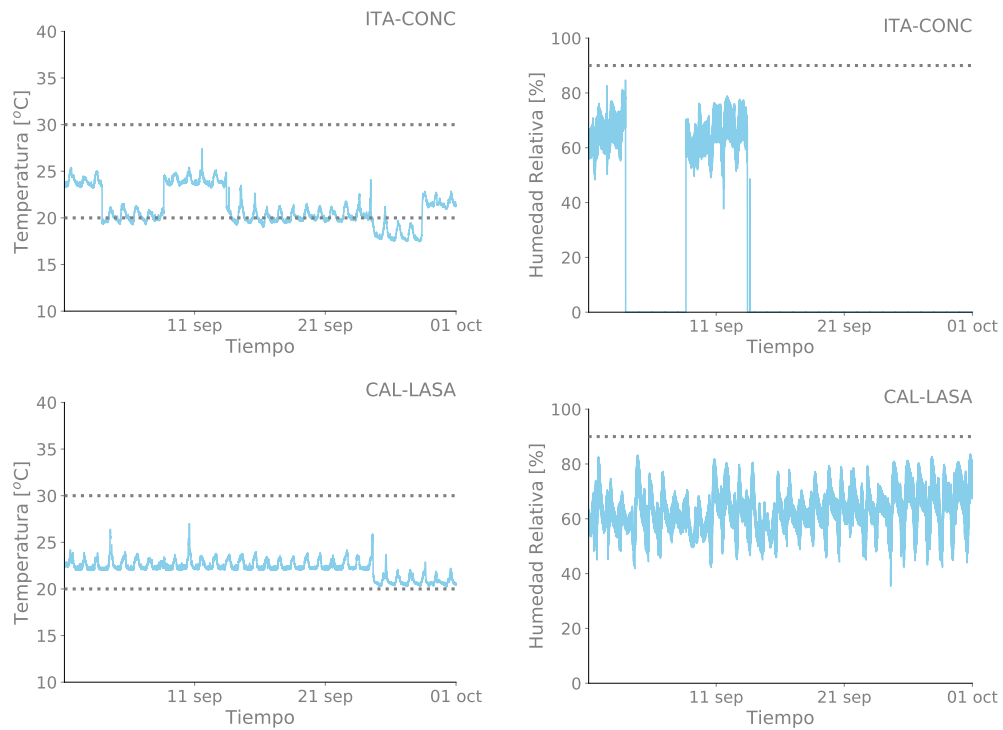


Figura 11.1: Continuación

Anexo 4. 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 PM_{2.5}, PM₁₀, NO, NO₂, NO_x, Ozono, CO y SO₂ para las estaciones automáticas en medición de cada contaminante en el mes de Septiembre del 2020. 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

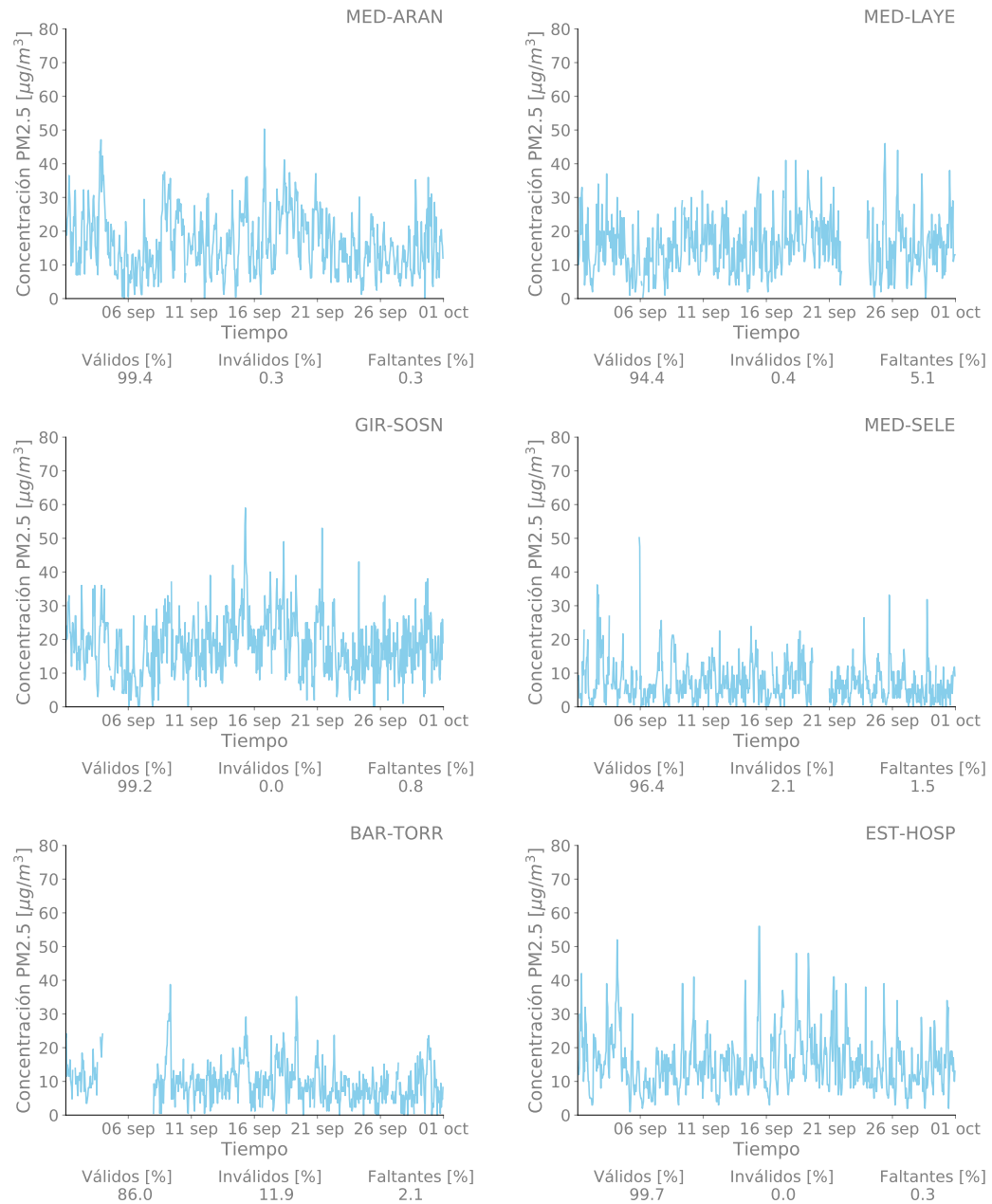


Figura 11.2: Series de las concentraciones de PM25

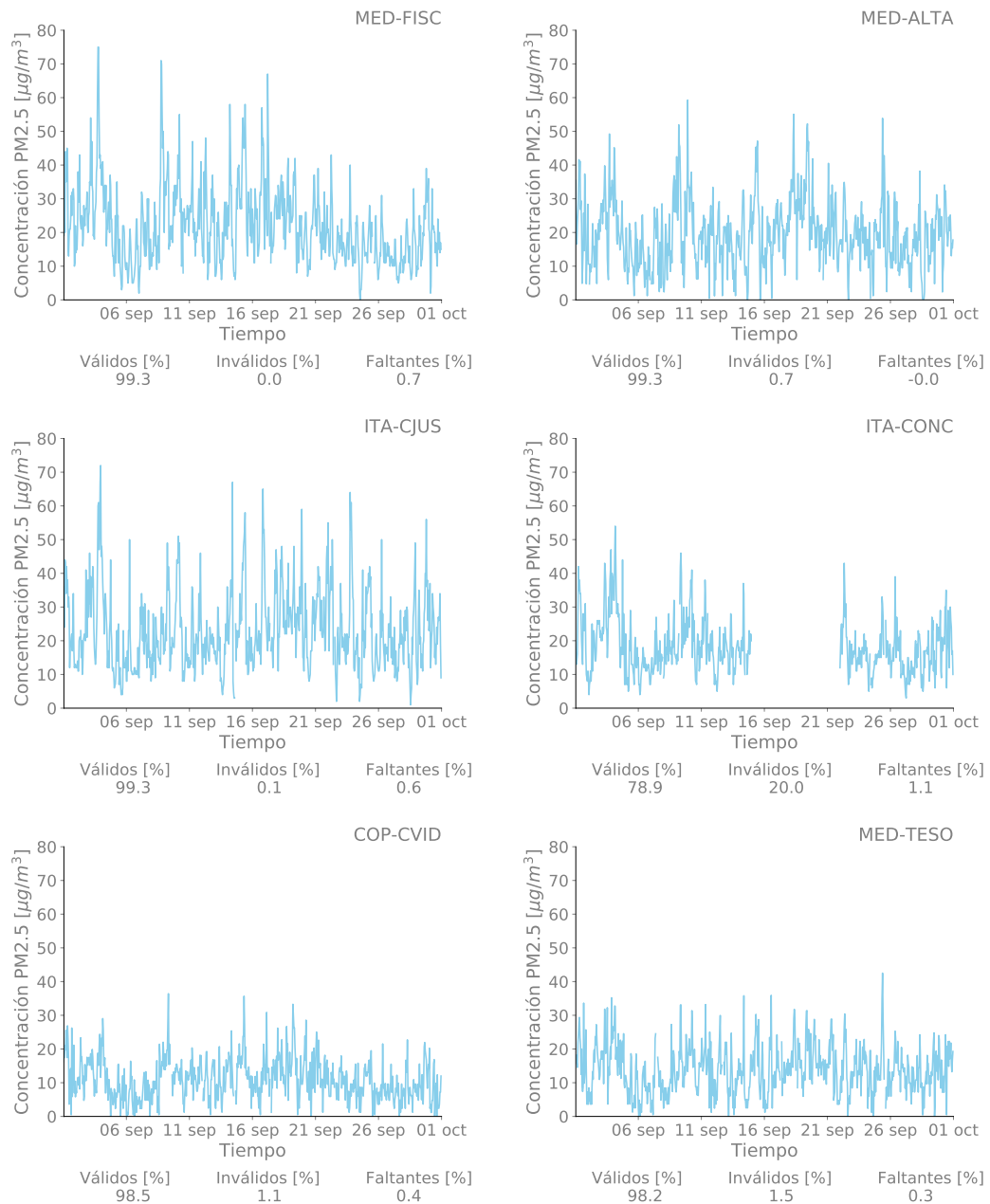


Figura 11.2: Continuación

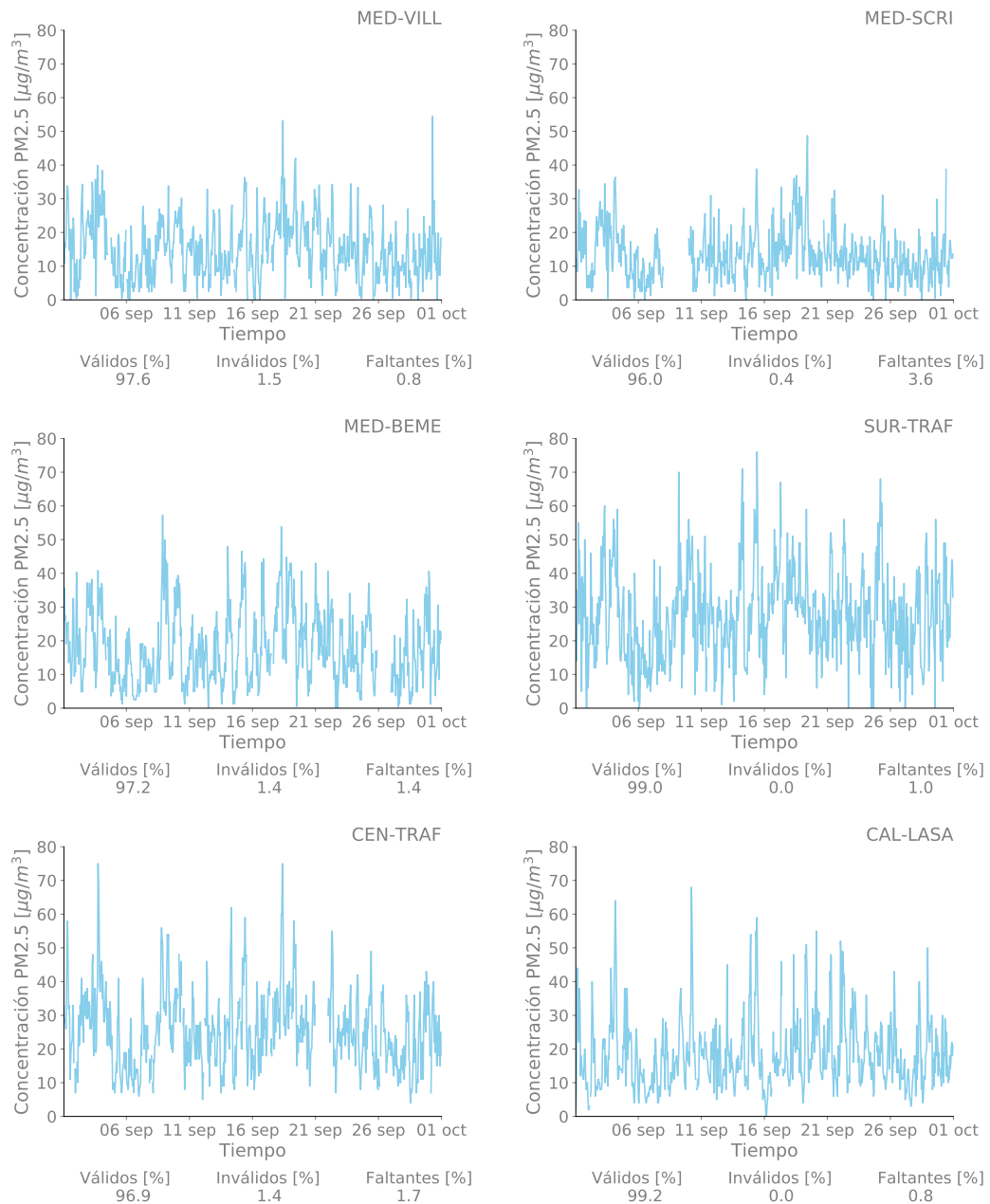


Figura 11.2: Continuación

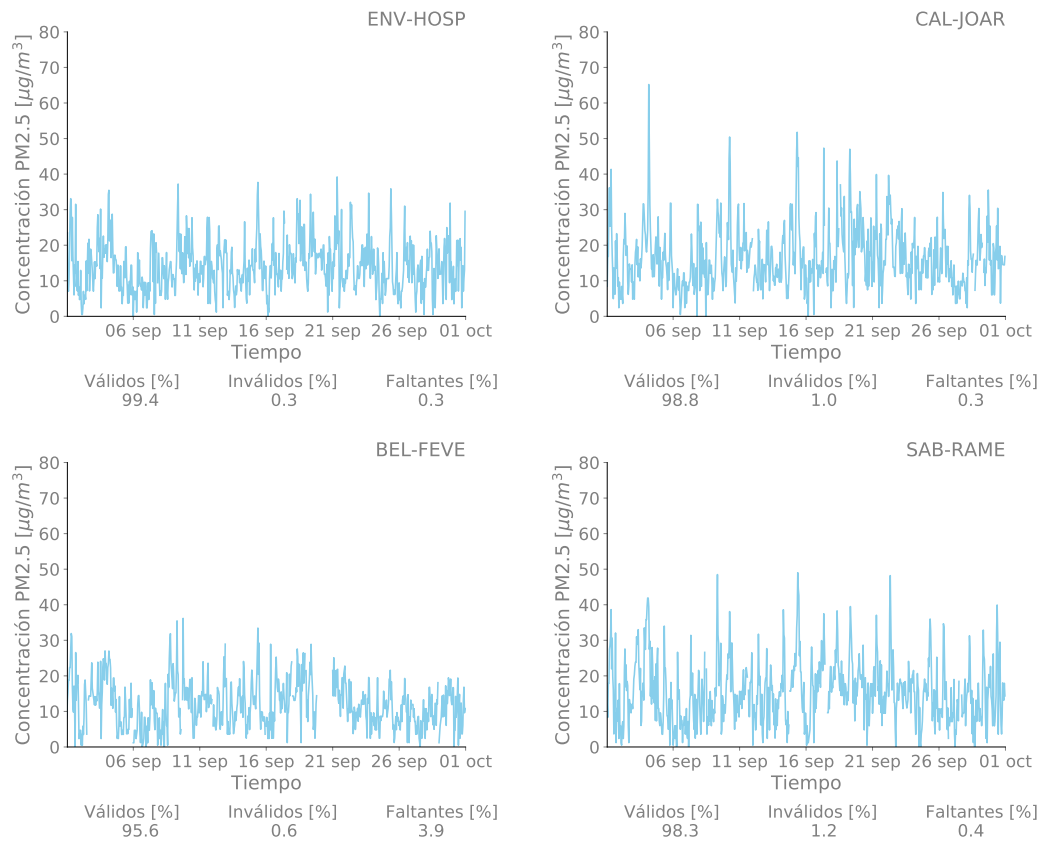


Figura 11.2: Continuación

Series de las concentraciones de PM10

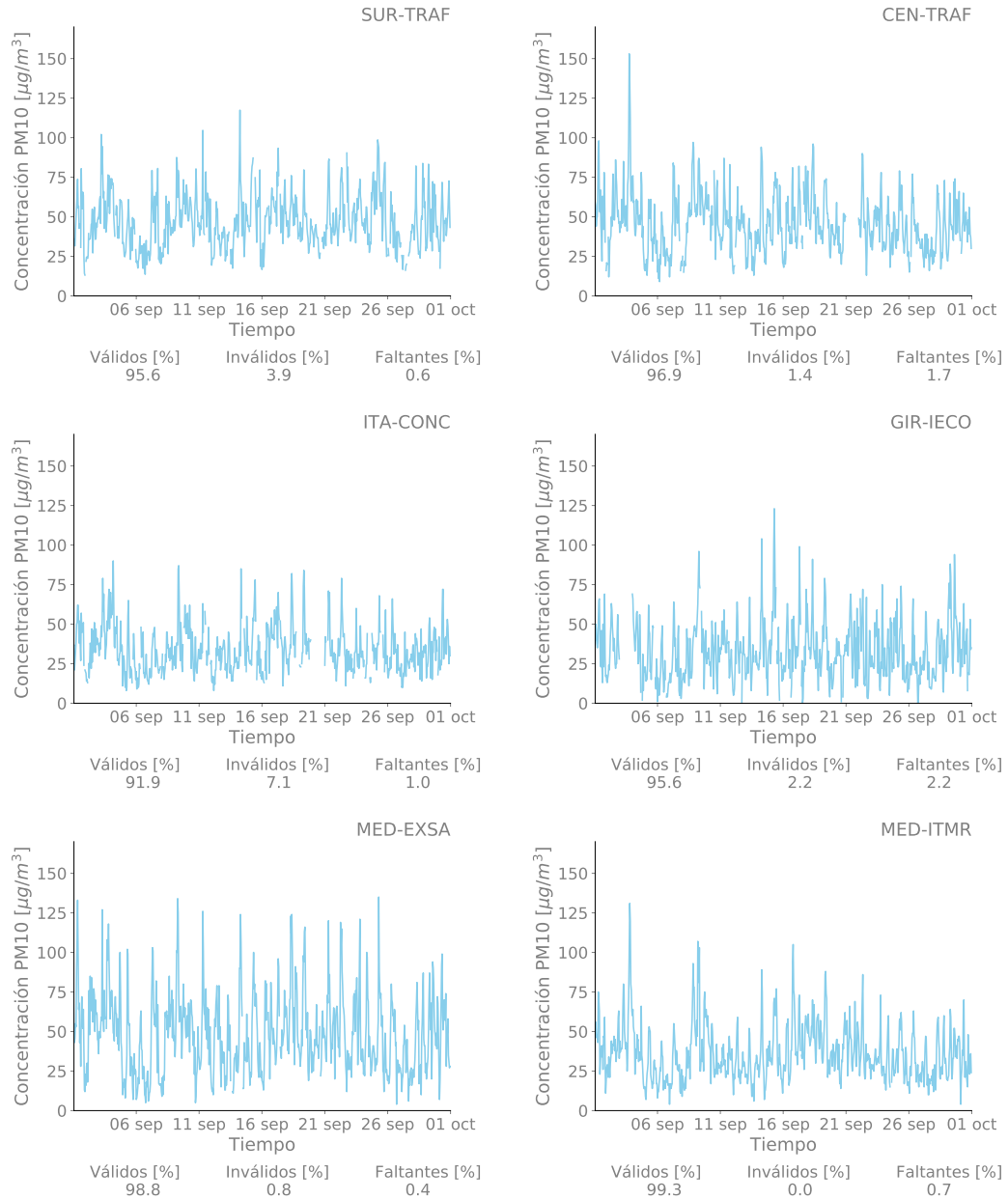


Figura 11.3: Series de las concentraciones de PM10

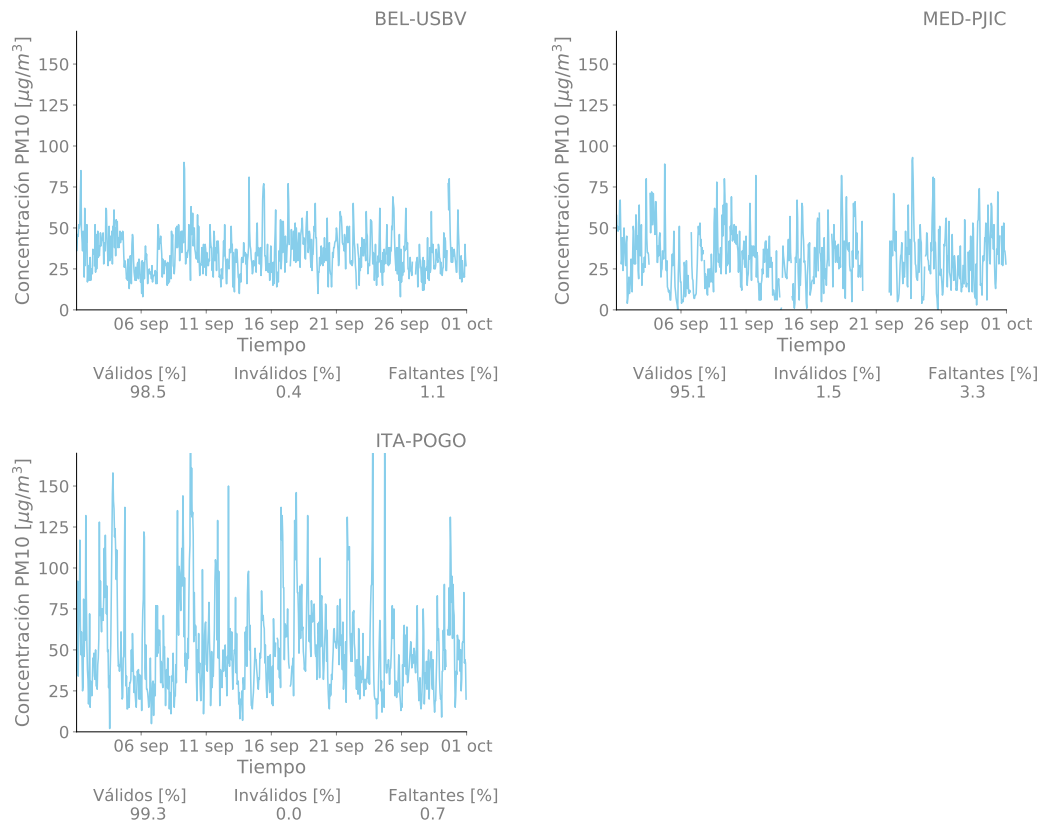


Figura 11.3: Continuación

Series de las concentraciones de NO

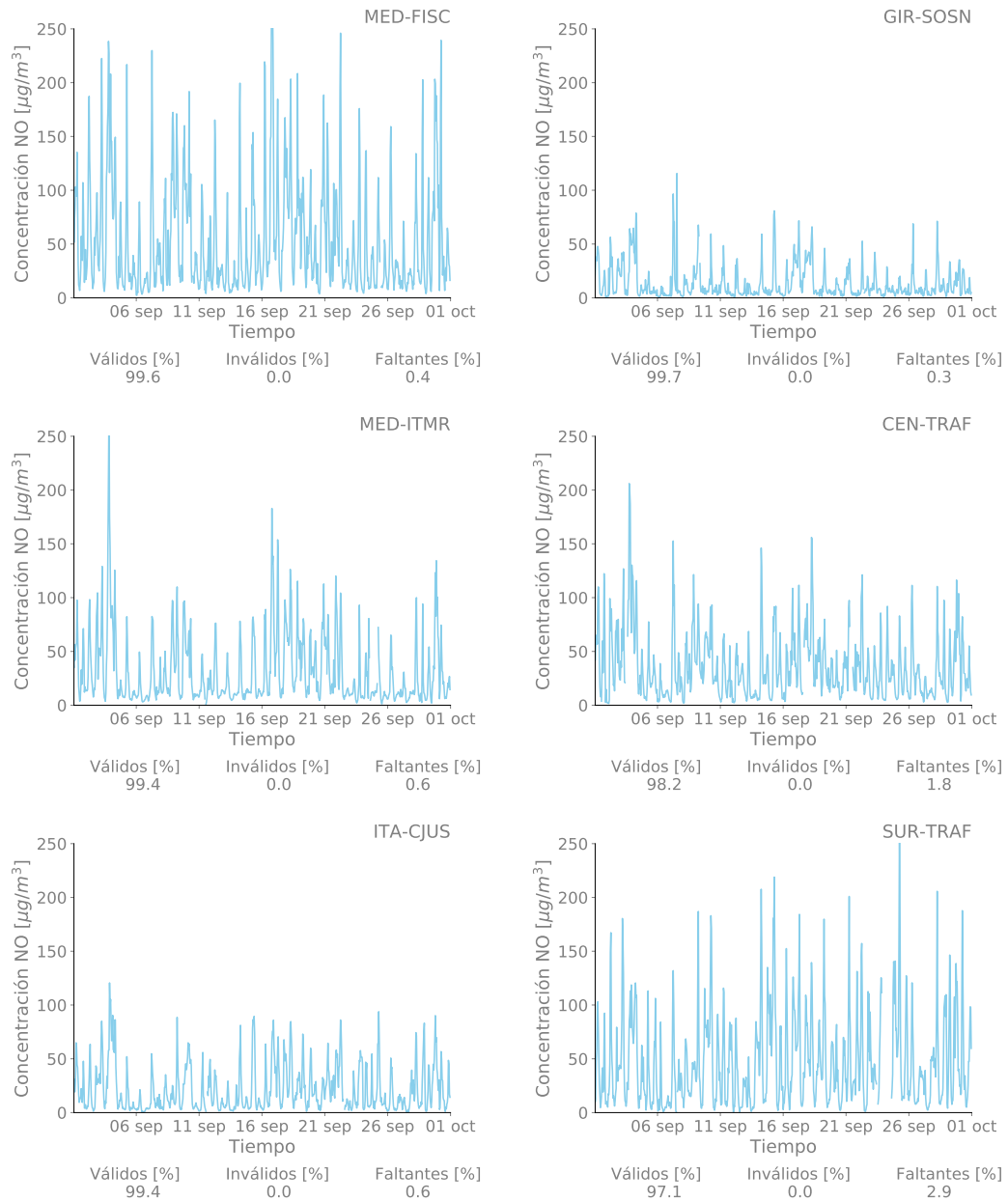


Figura 11.4: Series de las concentraciones de NO

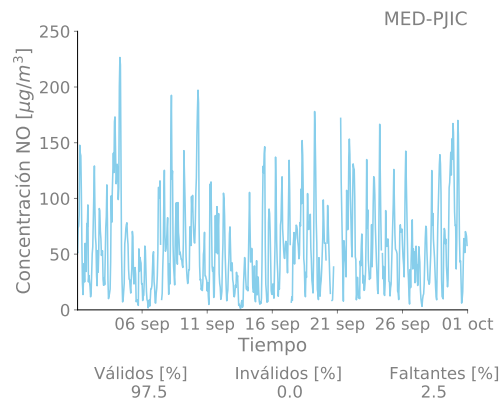


Figura 11.4: Continuación

Series de las concentraciones de NO2

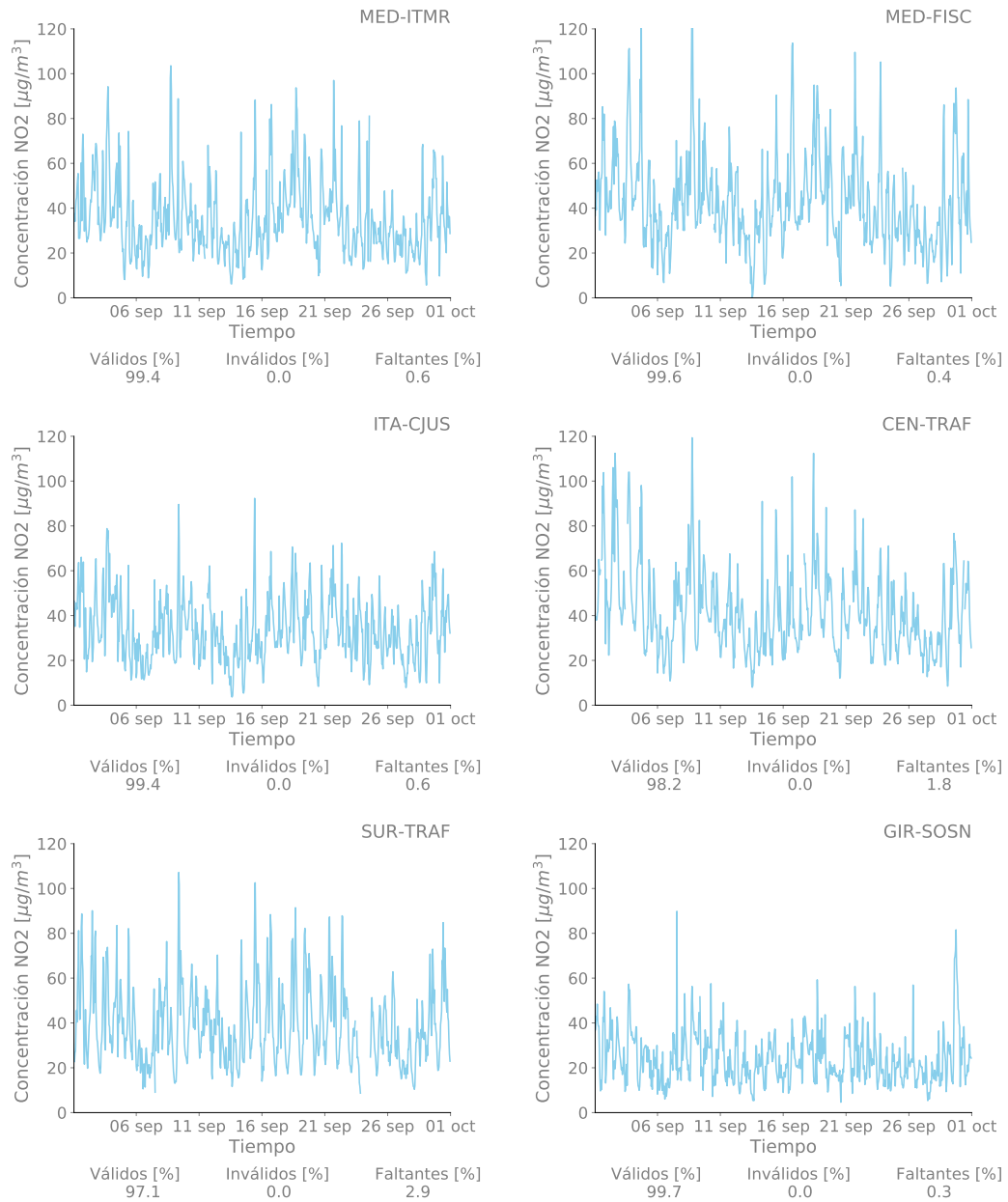


Figura 11.5: Series de las concentraciones de NO2

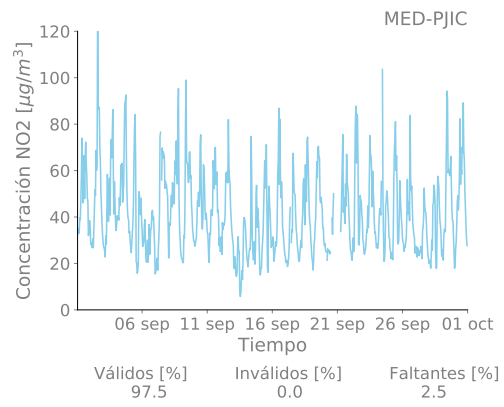


Figura 11.5: Continuación

Series de las concentraciones de NOx

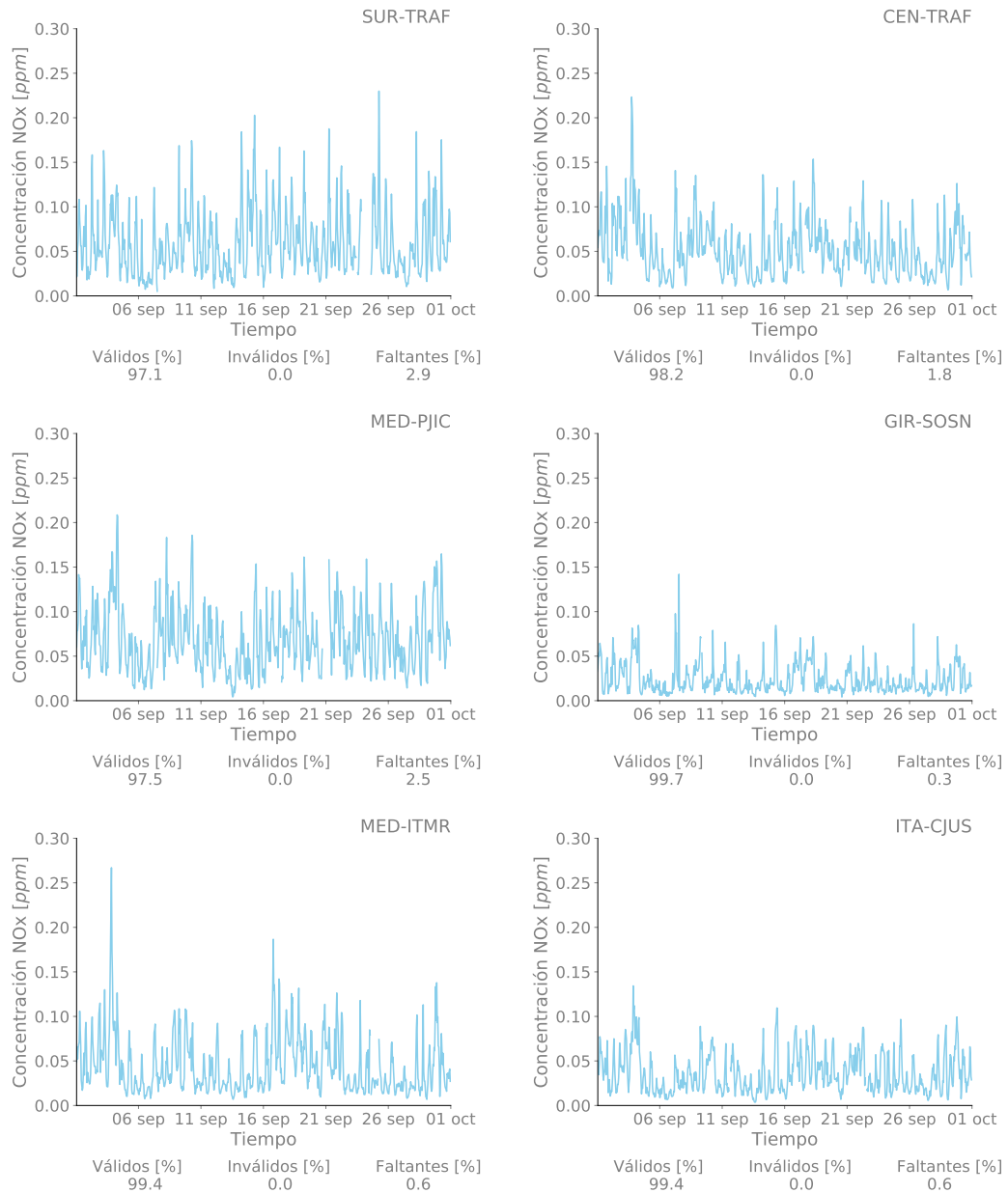


Figura 11.6: Series de las concentraciones de NOx

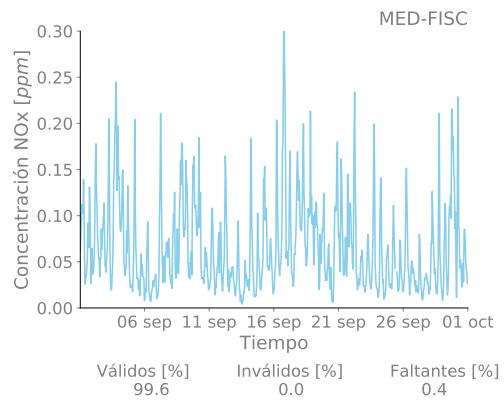


Figura 11.6: Continuación

Series de las concentraciones de Ozono

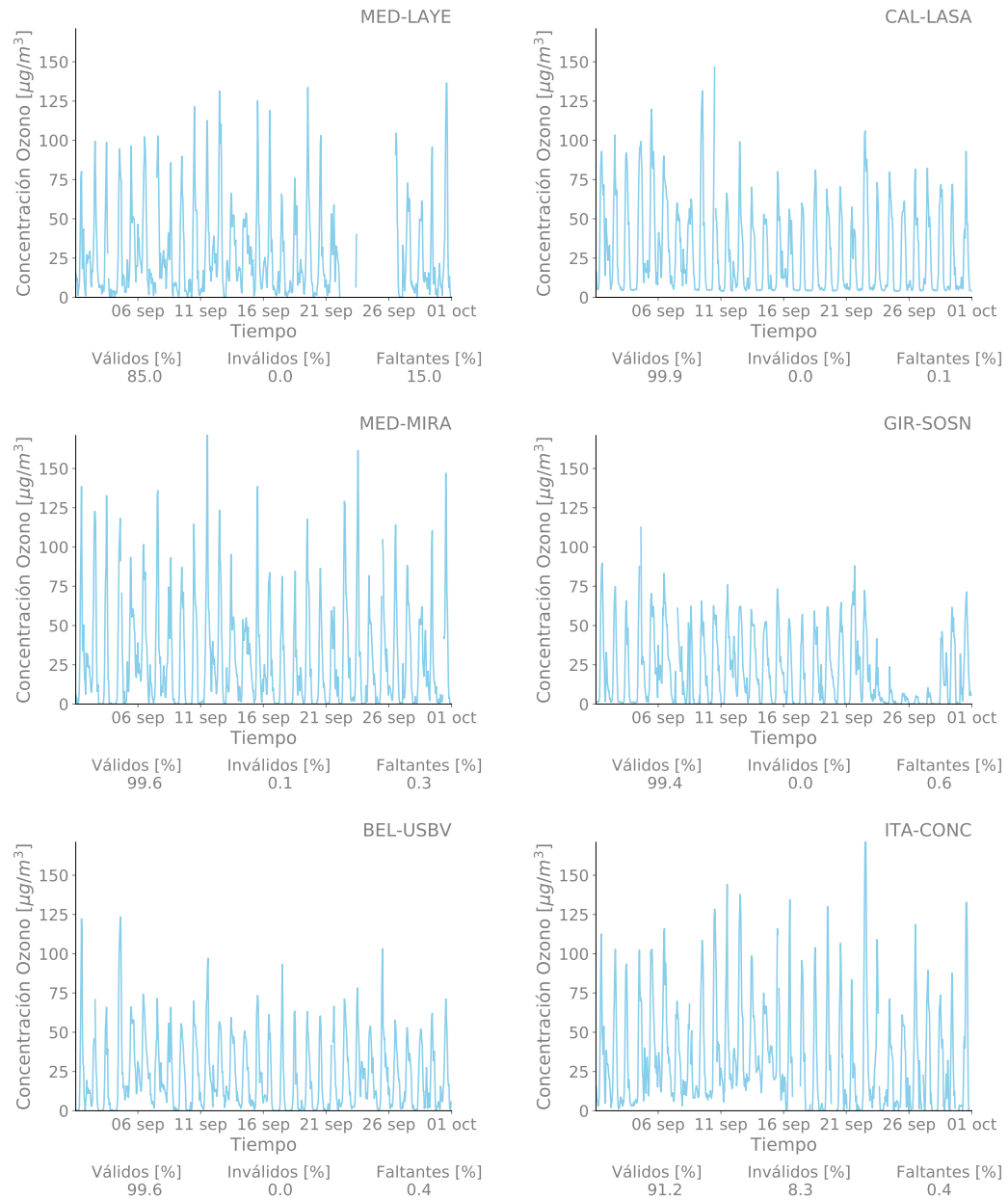


Figura 11.7: Series de las concentraciones de Ozono

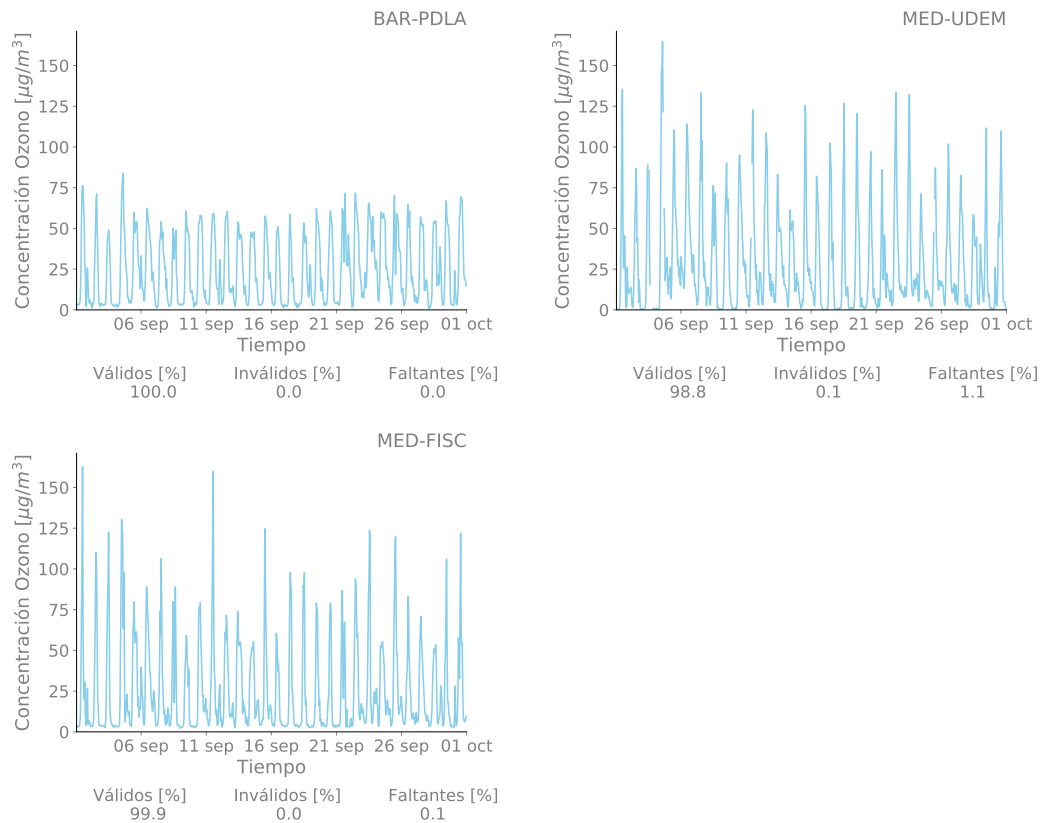


Figura 11.7: Continuación

Series de las concentraciones de CO

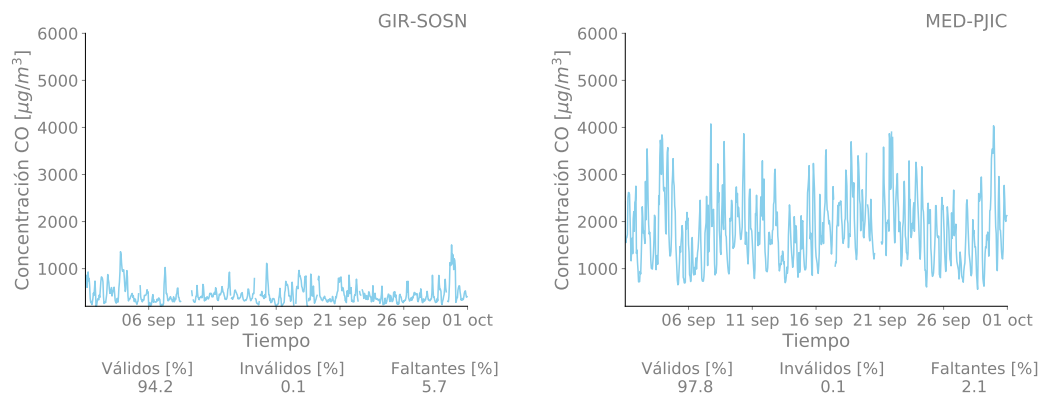


Figura 11.8: Series de las concentraciones de CO

Series de las concentraciones de SO₂

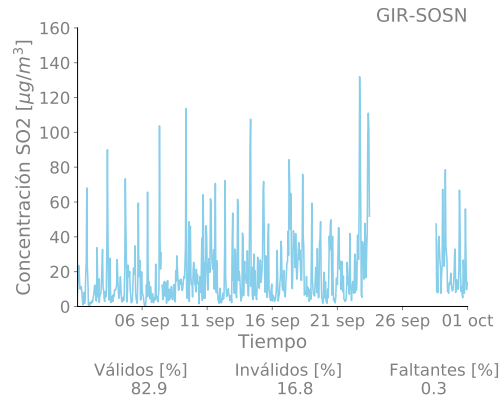


Figura 11.9: Series de las concentraciones de SO₂

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 2015. 2015.

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
