

EVALUAR Y MONITOREAR LA CALIDAD DEL AIRE EN EL VALLE DE ABURRÁ

Informe final
PARTÍCULAS, GASES Y METEOROLOGÍA

De abril de 2011 a mayo de 2012

Contrato Interadministrativo N°CD 185 De 2011

Ejecuta



Un proyecto de



Medellín, Julio de 2012

EVALUAR Y MONITOREAR LA CALIDAD DEL AIRE EN EL VALLE DE ABURRÁ

Área Metropolitana de Valle de Aburrá
Carlos Mario Montoya Subdirector

Gloria Amparo Alzate Agudelo, Subdirectora Ambiental

Autor

Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín
Carmen Elena Zapata Sánchez, Coordinadora del Proyecto

Equipo de trabajo

Coordinador operativo, Carlos Mario Sepúlveda López
Ingeniero operativo, Juan Camilo Jaramillo Londoño
Ingeniero operativo, Tulio Andrés Pabón Cárdenas
Ingeniero operativo, Andres Felipe Zapata Muñoz
Ingeniero operativo, José David Hurtado Sánchez
Estudiante de Maestría, Mauricio Ramírez Arias
Estudiante de pregrado, Jaison Galvis López
Estudiante de pregrado Jorge Andrés Barrientos Gil
Asesorías Integrales con Calidad S.A.S (Eliana María Escobar Cataño, Profesional Universitario) Sistema de Calidad
Profesional de apoyo administrativo, Paula Andrea Guerra
Profesional de apoyo administrativo, Carolina Arroyave

Interventoría

Gloria Estela Ramírez Casas
Funcionaria del área Metropolitana, Profesional Universitario
Área Metropolitana del Valle de Aburrá

Medellín, Julio de 2012

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION.....	11
1. ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE.....	13
2. RESULTADOS DE CALIDAD DEL AIRE.....	17
2.1 Resultados de material particulado.....	17
2.1.1 Material Particulado en Suspensión (PST).....	17
2.1.2 Material Particulado Respirable (PM ₁₀).....	19
2.1.3 Material Particulado Inhalable (PM _{2.5}).....	26
2.1.3 Material Particulado inferior a un micrómetro (PM ₁).....	31
2.2. RESULTADOS DE DIÓXIDO DE AZUFRE Y DIÓXIDO DE NITRÓGENO..	34
2.3 RESULTADOS DE MONÓXIDO DE CARBONO.....	38
2.4 RESULTADOS DE OZONO.....	41
2.5 METEOROLOGÍA.....	47
2.5.1 Precipitación.....	49
2.5.2 Vientos - Rosas de vientos.....	54
2.5.3 Temperatura superficial.....	78
2.5.4 Radiación solar.....	84
2.5.5 Humedad relativa.....	87
2.5.6 Presión atmosférica.....	93
2.6 ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE – ICA.....	98
3. MONITOREO PASIVO DE BTX.....	101
4. SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD.....	123
5. MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN DE LAS ESTACIONES.....	135
6. OTRAS ACTIVIDADES REALIZADAS.....	137
7. ANALISIS DE RESULTADOS.....	139
8. CONCLUSIONES.....	157
BIBLIOGRAFÍA.....	163
ANEXO A. DIA SIN CARRO 27 ABRIL 2011.....	165
ANEXO B. DIA SIN CARRO 23 DE ABRIL DE 2012.....	173
ANEXO C. MANTENIMIENTO DE LAS ESTACIONES	183
ANEXO D. ESCALAS DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS.....	223
ANEXO E. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE (ICA) PARA COLOMBIA.....	224
ANEXO F. PROCEDIMIENTO DE MEDICION DE BTX.....	230
ANEXO G. CODIFICACION IDENTIFICACION Y TRAZABILIDAD.....	231
ANEXO H. RUTAS DE ARCHIVOS.....	232
ANEXO I. CONTROL DE EXTINTORES.....	233
ANEXO J. PROCEDIMIENTO DE VALIDACION DE DATOS.....	234
ANEXO K. PROCEDIMIENTO DE MEDICION DE PARTICULAS PM1.....	235
ANEXO L. PROCEDIMIENTO DE MEDICION CON EQUIPO PQ200.....	236

ANEXO M. PROCEDIMIENTO DE MEDICION DE OZONO TELEDYNE API.....	237
ANEXO N. PROCEDIMIENTO DE MEDICION DE SO2 TELEDYNE API.....	238
ANEXO O. MATRIZ DE RIESGOS POR PROCESOS.....	239
ANEXO P. LISTADO MAESTRO DE DOCUMENTOS DE ORIGEN EXTERNO..	240
ANEXO Q. ACCION DE MEJORA 05.....	241
ANEXO R. ACCION DE MEJORA 06.....	242
ANEXO S. TRAMITES ACOMETIDAS ELECTRICAS ESTACIONES.....	243
ANEXO T. SOLICITUDES DE NUEVAS ACOMETIDAS.....	244
ANEXO U. LISTADO DE CALIBRACIONES.....	245
ANEXO V. INFORME DE ACOMPAÑAMIENTO DE C. I. CONHINTEC S.A.....	246
ANEXO W. CORRELACIONES PARTICULAS AMVA.....	247
ANEXO X. PARAFISCALES.....	255

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Distribución por municipio de las estaciones fijas de la Red de Calidad del Aire.....	13
Tabla 2. Distribución de estaciones y equipos abril de 2011 – mayo de 2012.....	15
Tabla 3. Resumen concentraciones promedio diarias PST abril 2011 – mayo 2012, $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en condiciones de referencia (1).....	18
Tabla 4. Resumen concentraciones promedio diarias PM_{10} abril 2011 – mayo 2012, $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en condiciones de referencia (1).....	21
Tabla 5. Resumen concentraciones promedio diarias $\text{PM}_{2.5}$ abril 2011 – mayo 2012, $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en condiciones de referencia (1).....	27
Tabla 6. Resumen concentraciones promedio diarias PM_1 octubre 2011 – mayo 2012, $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en condiciones de referencia (1), Estación Politécnico JIC	32
Tabla 7. Resumen concentraciones promedio diarias SO_2 – NO_2 abril 2011 - mayo 2012, $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en condiciones de referencia (1).....	35
Tabla 8. Resumen concentraciones promedio de monóxido carbono abril 2011 – mayo 2012, en ppm	40
Tabla 9. Resumen concentraciones promedio de ozono abril 2011 – mayo 2012, en ppm	42
Tabla 10. Porcentaje de datos válidos para cada estación, en abril 2011 – mayo 2012.....	47
Tabla 11. Precipitación acumulada mensual para cada estación en abril 2011 – mayo 2012	49
Tabla 12. Días de lluvia, precipitación acumulada máxima diaria y fecha de ocurrencia abril 2011 – mayo 2012.	49
Tabla 13. Velocidades medias vientos diurnos y nocturnos en abril 2011 – mayo 2012	55
Tabla 14. Velocidades máximas, direcciones asociadas y fechas de ocurrencia por mes en abril 2011 – mayo 2012	56
Tabla 15. Temperatura promedio mensual, en $^{\circ}\text{C}$, en abril 2011 – mayo 2012.....	78
Tabla 16. Temperaturas máximas y fechas de ocurrencia en abril 2011 – mayo 2012	80
Tabla 17. Temperaturas mínimas y fechas de ocurrencia en abril 2011 – mayo 2012	81
Tabla 18. Radiación solar promedio mensual, en W/m^2 , en abril 2011 – mayo 2012	85
Tabla 19. Radiación solar máxima horaria, en W/m^2 , por mes en abril 2011 – mayo 2012	86
Tabla 20. Humedad relativa promedio mensual, en %, en abril 2011 – mayo 2012	89
Tabla 21. Humedades relativas máximas, en %, y fechas ocurrencia abril 2011 – mayo 2012	90
Tabla 22. Humedades relativas mínimas, en %, y fechas ocurrencia abril 2011 – mayo 2012	91
Tabla 23. Presión atmosférica promedio mensual, en hPa, en abril 2011 – mayo 2012.....	94
Tabla 24. Presiones atmosféricas máximas, en hPa, y fechas ocurrencia en abril 2011 – mayo 2012	96
Tabla 25. Presiones atmosféricas mínimas, en hPa, y fechas ocurrencia abril 2011 – mayo 2012	97
Tabla 26. Índice de calidad del aire acumulado abril 2011 - mayo 2012, en número de días. 99	
Tabla 27. Análisis de indicadores abril 2011 – mayo 2012.....	130

LISTA DE GRAFICAS

	pág.
Gráfica 1. Concentraciones diarias PST en el valle de Aburrá abril 2011 – mayo 2012	17
Gráfica 2. Concentraciones diarias PM ₁₀ auto en el valle de Aburrá abril 2011 - mayo 2012 .	25
Gráfica 3. Concentraciones diarias PM ₁₀ manual en el valle de Aburrá abril 2011 – mayo 2012	25
Gráfica 4. Concentraciones diarias PM ₁₀ en la estación MED-UNFM abril 2011 – mayo 2012	226
Gráfica 5. Concentraciones diarias PM _{2.5} en el valle de Aburrá abril 2011 – mayo 2012.....	31
Gráfica 6. Concentraciones diarias PM ₁ estación MED-PJIC marzo de 2012	33
Gráfica 7. Concentraciones diarias de NO ₂ en el valle de Aburrá mayo 2011 – mayo 2012...	38
Gráfica 10. Precipitación acumulada en cada estación en abril-diciembre de 2011	51
Gráfica 11. Comportamiento típico velocidad del viento por estación abril – diciembre 2011.	54
Gráfica 12. Rosas de viento de la estación GIR-IECO: (a) Rosa de viento total, (b) Rosa de viento diurna, (c) Rosa de viento nocturna, (d) Rosa de contaminación, PM ₁₀	60
Gráfica 13. Rosas de viento de la estación MED-JABO: (a) Rosa de viento total, (b) Rosa de viento diurna, (c) Rosa de viento nocturna, (d) Rosa de contaminación, PM _{2.5}	62
Gráfica 14. Rosas de viento de la estación MED-BEME: (a) Rosa de viento total, (b) Rosa de viento diurna, (c) Rosa de viento nocturna, (d) Rosa de contaminación, PM _{2.5}	64
Gráfica 15. Rosas de viento de la estación SAB-CAM:(a) Rosa de viento total, (b) Rosa de viento diurna, (c) Rosa de viento nocturna.....	68
Gráfica 16. Rosas de la estación ITA-DITA: (a) Rosa de viento total, (b) Rosa de viento diurna, (c) Rosa de viento nocturna, (d) Rosa de contaminación, PM ₁₀ , (e) Rosa de contaminación, PM _{2.5}	75
Gráfica 17. Temperatura promedio mensual en cada estación en abril – diciembre 2011.....	79
Gráfica 18. Temperatura promedio horaria en cada estación en abril – diciembre de 2011... ..	83
Gráfica 19. Radiación solar promedio horaria en cada estación en abril – diciembre de 2011.	84
Gráfica 20. Radiación solar promedio mensual en cada estación en abril – diciembre 2011.	85
Gráfica 21. Promedio horario de humedad relativa en cada estación en abril - diciembre 2011.	88
Gráfica 22. Promedio mensual de humedad relativa en cada estación y para cada mes en abril – diciembre de 2011.....	89
Gráfica 23. Promedio horario de presión atmosférica en cada estación en abril - diciembre de 2011	93
Gráfica 24. Presión atmosférica promedio mensual en cada estación y para cada mes en abril – diciembre de 2011	95
Gráfica 23. Índice de calidad del aire en el Valle de Aburrá entre abril 2011 – mayo 2012, en porcentaje.....	100
Gráfica 24. Concentración de benceno en las gasolinas de Medellín y el AMVA.....	106
Gráfica 25. Contenido de Aromáticos en las gasolinas de Medellín y el AMVA.....	107
Gráfica 26. Concentraciones promedio de benceno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: 01 Sept/11 – 24 Nov /11.....	109
Gráfica 27. Concentraciones promedio de tolueno por monitor pasivo en el Área	110
Gráfica 28. Concentraciones promedio trimestrales de etilbenceno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: 01 Sept/11 – 24 Nov /11....	111
Gráfica 29. Concentraciones promedio trimestrales de p- xileno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: 01 Sept/11 – 24 Nov /11.....	111

Gráfica 30. Concentraciones promedio trimestrales de m- xileno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: 01 Sept/11 – 24 Nov /11.....	112
Gráfica 31. Concentraciones promedio trimestrales de o - xileno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: 01 Sept/11 – 24 Nov /11.....	112
Gráfica 32. Concentraciones promedio de benceno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: Diciembre/11 – Enero/12.....	113
Gráfica 33. Concentraciones promedio de tolueno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: Diciembre/11 – Enero/12.	113
Gráfica 34. Concentraciones promedio de etilbenceno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: Diciembre/11 – Enero/12.....	114
Gráfica 35. Concentraciones promedio de p- xileno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: Diciembre/11 – Enero/12.....	114
Gráfica 36. Concentraciones promedio de m- xileno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: Diciembre/11 – Enero/12.....	115
Gráfica 37. Concentraciones promedio de o- xileno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: Diciembre/11 – Enero/12.....	115
Gráfica 38. Concentraciones promedio de benceno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: Enero/ 12– Febrero /12.....	116
Gráfica 39. Concentraciones promedio de tolueno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: Enero/ 12 –Febrero /12.....	116
Gráfica 40. Concentraciones promedio de etilbenceno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: Enero/ 12 – Febrero /12.....	117
Gráfica 41. Concentraciones promedio de p- xileno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: Enero/ 12 – Febrero /12.....	117
Gráfica 42. Concentraciones promedio de m- xileno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: Enero/ 12 – Febrero /12.....	118
Gráfica 43. Concentraciones promedio de o- xileno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: Enero/ 12 – Febrero /12.....	118
Gráfica 44. Tendencia concentraciones PM ₁₀ abril 2011 – mayo 2012 norte valle de Aburrá	139
Gráfica 45. Tendencia concentraciones PM ₁₀ abril 2011 – mayo 2012 en Medellín	140
Gráfica 46. Tendencia concentraciones PM ₁₀ abril 2011 – mayo 2012 Sur del Valle de Aburrá	141
Gráfica 47. Tendencia concentraciones PM _{2.5} abril 2011 – mayo 2012 Sur del Valle de Aburrá	142
Gráfica 48. Excedencias de ozono abril 2011 – mayo 2012 en el valle de Aburrá..	143

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Ubicación Geográfica de las Estaciones de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá abril de 2011 – mayo de 2012	14
Figura 2. Alimentación información Red Calidad del Aire AMVA a SISAIRE, en marzo 2012	137
Figura 3. Información de la Red Calidad del Aire AMVA en SISAIRE, abril - diciembre 2011	138
Figura 4. Estaciones para el monitoreo de gases del día sin carro	174
Figura 5. Estaciones para el monitoreo de ruido del día sin carro	175

INTRODUCCION

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá, AMVA, firmó el contrato CD 185 de 2011 con la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín con el objeto de “EVALUAR Y MONITOREAR LA CALIDAD DEL AIRE DEL VALLE DE ABURRÁ”, el cual inició el 07 de abril de 2011.

En el presente informe se muestran los resultados de la monitoría de calidad de aire obtenidos entre el 07 de abril de 2011 y el 06 de mayo de 2012 en el valle de Aburrá. Así mismo, se detallan las diferentes actividades relacionadas con la operación de la red de monitoreo de calidad del aire tales como, las labores de mantenimiento y calibración de los equipos medidores, y la continuidad del sistema de gestión de calidad, que se realizan dentro de la monitoría. El informe de las estaciones de ruido ambiental, en el mismo lapso de tiempo, se presenta en un volumen separado de este informe, parte 2, y la evaluación de calidad del aire con métodos de medición pasivos de BTX se presenta en la parte 3.

Entre abril de 2011 y mayo de 2012 se operaron 17 estaciones, o sitios de medición, distribuidos en los municipios que conforman el valle de Aburrá, excluyendo a Envigado e incluyendo la estación móvil del AMVA, que en el período de tiempo mencionado operó en el barrio Los Colores de Medellín, barrio Belén Las Mercedes de Medellín, y en la Universidad Pontificia Bolivariana. En mayo de 2011 se inició la operación de una estación nueva ubicada en Jardín Botánico. En marzo de 2012 entraron en operación dos estaciones nuevas adquiridas recientemente por el AMVA, las cuales son Museo de Antioquia en el centro de Medellín, e Itagüí Casa de Justicia, ubicada en el barrio Santa María de dicho municipio.

Tanto el 27 de abril de 2011 como el 23 de abril de 2012, los diez (10) municipios que conforman el valle de Aburrá realizaron el Día Social y Ambiental Sin Carro. El propósito fundamental de esta medida, fue generar una conciencia ambiental en el uso racional del automóvil por parte de la ciudadanía del valle de Aburrá. En ambas jornadas la Universidad Nacional realizó tres boletines informativos, los cuales se presentaron al AMVA. Ver anexo A, boletín Día Sin Carro abril de 2011, y anexo B, boletín Día Sin Carro abril de 2012.

Respecto a la información que debe alimentarse al Sistema de Información sobre Calidad del Aire, SISAIRE, en los primeros días de mes se subió a este sistema, la información del mes anterior, tanto de los equipos automáticos como los equipos manuales que se tiene en la Red de Monitoreo de Calidad del Aire del Valle de Aburrá. La información que se subió a este subsistema quedó hasta el 06 de mayo de 2012.

1. ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE

La Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, inició la operación de la red de calidad del aire del valle de Aburrá el 07 de abril de 2011, luego de una interrupción de tres meses, de las labores operativas de la red.

Al reiniciar la operación de la Red de Calidad del Aire, los equipos manuales no presentaron ningún problema en el reinicio de las mediciones. En el caso de los equipos automáticos, muchos de estos presentaron problemas técnicos. El estado en que se encontraron estos equipos se radicó en el AMVA el 12 de abril y adicionalmente se presentó a la Entidad con los primeros informes mensuales, por esta razón no se justifica volver a presentarlo en este informe.

Entre abril de 2011 y mayo de 2012 la red de calidad del aire del valle de Aburrá contó con 17 sitios de medición fijos y uno móvil, los cuales están distribuidos en los diferentes municipios que conforman el valle de Aburrá, ver tabla 1. Estas estaciones tienen 2 medidores de partículas suspendidas totales (PST), 16 equipos medidores de partículas menores de 10 micrómetros (PM_{10}), 6 medidores de partículas menores a 2.5 micrómetros ($PM_{2.5}$), un medidor de partículas menores a un micrómetro (PM_1), 2 medidores automáticos de Monóxido de Carbono (CO), 4 medidores automáticos de Ozono (O_3), 4 medidores automático de óxidos de nitrógeno, un medidor automático de dióxido de azufre y 7 estaciones meteorológicas.

Tabla 1. Distribución por municipio de las estaciones fijas de la Red de Calidad del Aire

Municipio	Número de estaciones
Barbosa	1
Girardota	1
Copacabana	1
Bello	0
Medellín	7 + 1 Estación móvil
Itagüí	4
Sabaneta	1
La Estrella	1
Caldas	1

En la figura 1 se muestra la ubicación geográfica de las estaciones que operaron entre abril de 2011 y mayo de 2012 en la red de calidad del aire del Valle de Aburrá, y en la tabla 2 se observan los diferentes equipos que conforman dicha red de calidad, en cada una de las estaciones o sitios de medición. Se destaca que durante la ejecución de este contrato entraron en operación tres estaciones nuevas, Jardín Botánico de Medellín, Museo de Antioquia en el centro de Medellín e Itagüí Casa de Justicia en el barrio Santa María.

En la figura también se observan los sitios donde operó la estación móvil del AMVA, barrio Los Colores de Medellín, barrio Belén Las Mercedes de Medellín y Universidad Pontificia Bolivariana, portería de la Avenida Bolivariana.

Figura 1. Ubicación Geográfica de las Estaciones de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá abril de 2011 – mayo de 2012

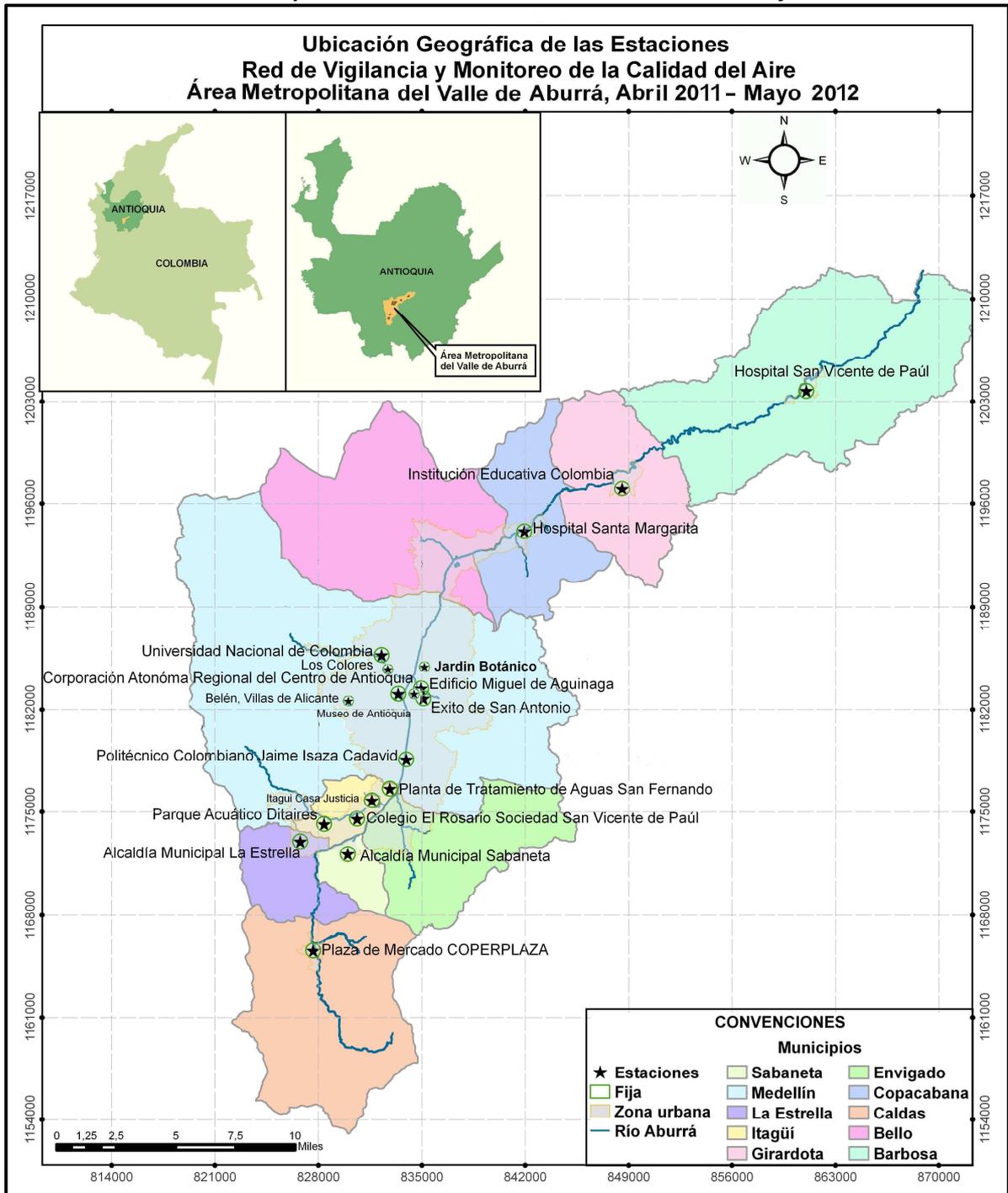


Tabla 2. Distribución de estaciones y equipos abril de 2011 – mayo de 2012

MUNICIPIO	SIGLA DE LA ESTACIÓN	Equipos										
		PST (S)	PM1	PM10 (S)	PM10	PM2.5 (S)	PM2.5	SO2	NO2-NO-NOX	CO	O ₃	MET
BARBOSA	BAR-HSVP											
GIRARDOTA	GIR-IECO											
COPACABANA	COP-HSMA											
MEDELLIN	MED-JABO											
MEDELLÍN	MED-AGUI											
MEDELLÍN	MED-MANT											
MEDELLÍN	MED-EXSA											
MEDELLÍN	MED-UNFM											
MEDELLÍN	MED-CORA											
MEDELLÍN	MED-PJIC											
ITAGÜÍ	ITA-PTAR											
ITAGÜÍ	ITA-CJUS											
ITAGÜÍ	ITA-CRSV											
ITAGÜÍ	ITA-DITA											
ESTRELLA	EST-CAM											
SABANETA	SAB-CAM											
CALDAS	CAL-PMER											
E MÓVIL	N/A											
TOTALES		2	1	10	6	1	5	1	4	2	4	8

Notas:

Donde se tiene PM₁₀ automático y PM₁₀ manual, se reporta a la comunidad los datos del equipo automático.

S: Equipo semi-automático o manual. Los demás son equipos automáticos.

La estación móvil operó hasta el 25 de agosto de 2011 en el barrio Los Colores de Medellín. En el barrio Belén Las Mercedes, Urbanización Villas de Alicante, de Medellín, desde el 25 de agosto de 2011 hasta el 10 de abril de 2012, y en la Universidad Pontificia Bolivariana, UPB, desde esta fecha, donde opera actualmente..

El PM₁₀ de la estación móvil se convirtió a PM_{2.5} el 17 de mayo de 2011.

2. RESULTADOS DE CALIDAD DEL AIRE

2.1 Resultados de material particulado

2.1.1 Material Particulado en Suspensión (PST). En la tabla 3 se presenta un resumen de las concentraciones de material particulado total, o material particulado en suspensión (PST), medidas entre el 07 de abril de 2011 y el 06 de mayo de 2012.

Las concentraciones diarias de PST medidas en las dos estaciones, Girardota Colegio Colombia, GIR-IECO, e Itagüí Colegio el Rosario, ITA-CRSV, entre abril de 2011 y mayo de 2012 son inferiores a la norma diaria definida en la Resolución 610 del MAVDT ($300 \mu\text{g}/\text{m}^3$). La gráfica 1 muestra que la estación Itagüí Colegio el Rosario, ITA-CRSV, tiene mayores concentraciones de PST en todo el período analizado, excepto entre noviembre de 2011 y febrero de 2012, donde fue la estación Girardota Colegio Colombia, GIR-IECO, la que presentó mayores concentraciones, ocasionados por trabajos de construcción que se realizaron en las instalaciones del Colegio Colombia. Los trabajos de construcción en la estación GIR-IECO disminuyeron en marzo, y por ende, disminuyeron las concentraciones de PST. Ver anexo C, Mantenimiento de las estaciones.

Gráfica 1. Concentraciones diarias PST en el valle de Aburrá abril 2011 – mayo 2012

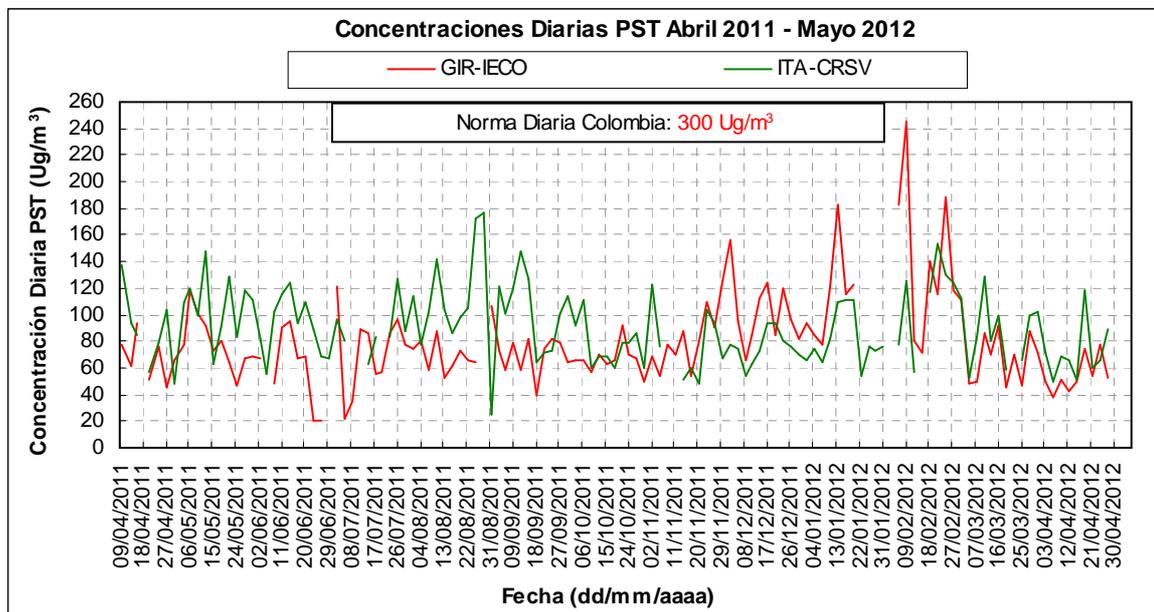


Tabla 3. Resumen concentraciones promedio diarias PST abril 2011 – mayo 2012, $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en condiciones de referencia (1).

	GIRARDOT A	ITAGUI		GIRARDOTA	ITAGUI
	GIR-IECO	ITA-CRSV		GIR-IECO	ITA-CRSV
	Abril de 2011			Diciembre de 2011	
Promedio geométrico	65	81	Promedio geométrico	99	75
Cantidad muestreos diarios	7	7	Cantidad muestreos diarios	10	10
Valor máximo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	93	137	Valor máximo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	156	94
Valor mínimo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	45	48	Valor mínimo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	66	54
Efic recolección datos, %	88	88	Efic recolección datos, %	100	100
	Mayo de 2011			Enero de 2012	
Promedio geométrico	77	105	Promedio geométrico	110	79
Cantidad muestreos diarios	10	10	Cantidad muestreos diarios	7	11
Valor máximo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	118	148	Valor máximo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	183	111
Valor mínimo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	47	62	Valor mínimo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	77	54
Efic recolección datos, %	100	100	Efic recolección datos, %	64	100
	Junio de 2011			Febrero de 2012	
Promedio geométrico	52	88	Promedio geométrico	132	107
Cantidad muestreos diarios	8	10	Cantidad muestreos diarios	8	7
Valor máximo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	95	124	Valor máximo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	246	154
Valor mínimo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	21	55	Valor mínimo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	71	57
Efic recolección datos, %	80	100	Efic recolección datos, %	89	78
	Julio de 2011			Marzo de 2012	
Promedio geométrico	65	86	Promedio geométrico	68	85
Cantidad muestreos diarios	10	7	Cantidad muestreos diarios	11	10
Valor máximo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	121	127	Valor máximo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	111	128
Valor mínimo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	22	62	Valor mínimo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	46	53
Efic recolección datos, %	100	70	Efic recolección datos, %	100	91
	Agosto de 2011			Abril de 2012	
Promedio geométrico	71	99	Promedio geométrico	53	71
Cantidad muestreos diarios	10	11	Cantidad muestreos diarios	9	10
Valor máximo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	106	177	Valor máximo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	77	118
Valor mínimo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	52	25	Valor mínimo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	38	50
Efic recolección datos, %	91	100	Efic recolección datos, %	90	100
	Septiembre de 2011			Mayo de 2011	
Promedio geométrico	67	101	Promedio geométrico		60
Cantidad muestreos diarios	10	10	Cantidad muestreos diarios		2
Valor máximo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	82	147	Valor máximo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$		90
Valor mínimo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	40	65	Valor mínimo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$		40
Efic recolección datos, %	100	100	Efic recolección datos, %	0	100
	Octubre de 2011			Acum Abr 11-May 12	
Promedio geométrico	66	75	Promedio geométrico	74	85
Cantidad muestreos diarios	10	10	Cantidad muestreos diarios	120	123
Valor máximo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	91	110	Valor máximo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	246	177
Valor mínimo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50	59	Valor mínimo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	21	25

Efic recolección datos, %	100	100	Efic recolecc datos, % (2)	91	93
	Noviembre de 2011				
Promedio geométrico	79	74			
Cantidad muestreos diarios	10	8			
Valor máximo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	126	122			
Valor mínimo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	54	49			
Efic recolección datos, %	100	80			

1. Se refiere a 25°C de temperatura ambiente y 760 mmHg de presión atmosférica (Resolución 610 del 24 de marzo de 2010).

2. Esta eficiencia esta calculada entre el 07 de abril 2011 y el 06 de mayo 2012.

Norma diaria Colombiana de PST: $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Norma anual Colombiana de PST: $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

GIR-IECO: Colegio Colombia (Girardota) ITA-CRSV: Colegio El Rosario (Itagüí)

2.1.2 Material Particulado Respirable (PM_{10}). En la tabla 4 se presenta un resumen de las concentraciones de material particulado respirable (PM_{10}) obtenidas entre el 07 de abril de 2011 y el 06 de mayo de 2012.

Entre abril de 2011 y mayo de 2012, las máximas concentraciones promedio de PM_{10} en el período se presentaron en las estaciones ubicadas en la Universidad Nacional (Facultad de Minas), MED-UNFM, la plaza de mercado del municipio de Caldas, CAL-PMER, y en el Parque de San Antonio de Medellín, MED-EXSA, donde se registraron $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. Las estaciones que registraron las menores concentraciones promedio de PM_{10} en el período mencionado fueron Hospital San Vicente de Paúl de Barbosa, BAR-HSV, Itagüí Plata de Tratamiento EPM, ITA-PTAR, y La Estrella, EST-CAM, con promedios en el período de $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. En la estaciones Miguel de Aguinaga, MED-AGUI, Parque San Antonio, MED-EXSA, Universidad Nacional, MED-UNFM, Politécnico JIC, MED-PJIC, y La Estrella, EST CAM, se presentaron 4, 1, 3, 1 y 1, respectivamente, excedencias de la norma diaria colombiana, $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, definida en la Resolución 610 de 2010 del MAVDT. En el caso de la Universidad Nacional y La Estrella, las excedencias se presentaron por trabajos de construcción cercanos a la estación. Entre noviembre de 2011 y febrero de 2012 también se realizaron trabajos de construcción cerca de la estación Girardota Colegio Colombia, GIR-IECO, que aumentaron las concentraciones de partículas, pero no se registraron excedencias diarias.

En las gráficas 2 y 3 se puede observar el comportamiento diario de este contaminante entre abril de 2011 y mayo de 2012. En ellas se observan las excedencias diarias mencionadas.

En la estación Universidad Nacional (Facultad de Minas), MED-UNFM, se registraron muy pocos datos de PM_{10} con el equipo automático, porque este analizador no ha funcionado bien desde su instalación en julio de 2007. Ver tabla 4. Tratando de resolver esta situación, en agosto de 2011 se envió este equipo al proveedor (Sanambiente – Cali) para una revisión detallada. Luego de esta revisión, el equipo tampoco operó bien. Ver anexo C, mantenimiento de las estaciones. Como una medida de contingencia para tener más datos de PM_{10} en esta estación, y para evaluar de mejor manera el impacto de la construcción de la ampliación de la vía al mar, cerca de la Facultad de Minas, que habían iniciado trabajos a mediados de octubre de 2011, la Universidad Nacional decide poner en operación en la estación su equipo PM_{10} manual, adicional al PM_{10} manual propiedad del AMVA que venia operando en la estación. Estos dos equipos se colocaron a operar alternadamente entre lunes y sábado desde el 25 de octubre de 2011. De esta manera, a partir de esta fecha, se tienen entre 22 y 26 datos diarios

por mes. El comportamiento gráfico de estas mediciones se presenta en la gráfica 4, donde es notorio el aumento de las concentraciones de PM_{10} a partir de mediados de enero de 2012.

En la gráfica 4 se observa que desde mediados de enero hasta el 06 de mayo se han presentado 69 excedencias de la norma diaria colombiana, $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que equivalen al 86% de todas las concentraciones tomadas desde mediados de enero. Esto demuestra el gran impacto en la calidad del aire de la zona, que tiene el proceso de construcción de la vía.

Tabla 4. Resumen concentraciones promedio diarias PM₁₀ abril 2011 – mayo 2012, µg/m³, en condiciones de referencia (1).

Municipio Estación	BARBOSA BAR-HSVP	GIRARDOTA GIR-IECO (A)	COPACABANA COP-HSMA	MEDELLIN MED-AGUI	MEDELLIN MED-EXSA (A)	MEDELLIN MED-COLO (A)	MEDELLIN MED-UNFM (A)	MEDELLIN MED-CORA	MEDELLIN MED-PJC (A)	ITAGUI ITA-PTAR	ITAGUI ITA-CRSV (A)	ITAGUI ITA-DITA (A)	SABANETA SAB-CAM	LA ESTRELLA EST-CAM	CALDAS CAL-PMER (A)
Abril de 2011															
Promedio aritmético	31	32	35	35	55	48	79	37	41	43	51	40	43	36	61
Cantidad muestreos diarios	8	15	8	8	19	17	5	3	24	8	19	16	8	8	9
Valor máximo, en µg/m ³	56	49	56	60	75	69	103	41	59	55	72	62	54	50	96
Valor mínimo, en µg/m ³	21	16	24	13	25	22	72	31	11	31	24	14	32	22	46
Efic en recolección de datos, %	100	63	100	100	79	71	21	38	100	100	79	63	100	100	38
Mayo de 2011															
Promedio aritmético	31	40	40	47	58	55	77	50	52	38	57	45	43	35	43
Cantidad muestreos diarios	9	31	10	10	25	11	9	7	30	7	30	31	10	10	3
Valor máximo, en µg/m ³	42	57	56	120	96	92	100	73	77	51	87	78	58	52	46
Valor mínimo, en µg/m ³	18	26	25	12	36	37	47	29	27	27	33	22	25	13	42
Efic en recolección de datos, %	90	100	100	100	81	69	29	70	97	70	97	100	100	100	10
Junio de 2011															
Promedio aritmético	39	35	31	36	51		81	45	55	30	59	46	46	30	74
Cantidad muestreos diarios	10	27	10	10	27		9	10	24	9	23	22	10	10	1
Valor máximo, en µg/m ³	87	52	45	86	80		103	104	89	52	75	69	64	44	74
Valor mínimo, en µg/m ³	10	20	5	13	27		62	25	25	19	35	28	35	20	74
Efic en recolección de datos, %	100	90	100	100	90		30	100	80	90	77	73	100	100	3
Julio 2011															
Promedio aritmético	30	36	32	26	47		75	36	48	30	52	50	46	29	57
Cantidad muestreos diarios	10	31	10	10	31		14	10	22	10	20	31	10	10	22
Valor máximo, en µg/m ³	43	52	51	34	66		107	46	70	40	70	64	66	39	76
Valor mínimo, en µg/m ³	20	24	14	10	28		49	26	23	20	37	34	21	15	37
Efic en recolección de datos, %	100	100	100	100	100		45	100	71	100	65	100	100	100	71

Tabla 4. Cont Resumen concentraciones promedio diarias PM₁₀ abril 2011 – mayo 2012, µg/m³, en condiciones de referencia (1).

Municipio Estación	BARBOSA BAR-HSVP	GIRARDOTA GIR-IECO (A)	COPACABANA COP-HSMA	MEDELLIN MED-AGUI	MEDELLIN MED-EXSA (A)	MEDELLIN MED-COLO (A)	MEDELLIN MED-UNFM (A)	MEDELLIN MED-CORA	MEDELLIN MED-PJC (A)	ITAGUI ITA-PTAR	ITAGUI ITA-CRSV (A)	ITAGUI ITA-DITA (A)	SABANETA SAB-CAM	LA ESTRELLA EST-CAM	CALDAS CAL-PMER (A)
Agosto de 2011															
Promedio aritmético	31	36	33	43	60			46	53	41	60	55	56	37	63
Cantidad muestreos diarios	11	29	11	11	29			11	31	11	21	28	11	11	27
Valor máximo, en µg/m ³	49	51	46	63	89			65	86	77	88	78	81	54	86
Valor mínimo, en µg/m ³	9	21	19	18	36			31	31	25	40	35	40	22	43
Efic en recolección de datos, %	100	94	100	100	94			100	100	100	68	90	100	100	87
Septiembre de 2011															
Promedio aritmético	28	39	38	54	59			44	50	36	59	53	53	38	61
Cantidad muestreos diarios	10	28	9	10	29			10	30	10	11	29	8	10	17
Valor máximo, en µg/m ³	45	50	47	86	75			52	72	50	72	71	69	46	70
Valor mínimo, en µg/m ³	9	26	24	31	39			30	24	18	43	38	32	24	43
Efic en recolección de datos, %	100	93	90	100	97			100	100	100	37	97	80	100	57
Octubre de 2011															
Promedio aritmético	29	34	32	47	59		74	42	49	30	42	45	38	29	48
Cantidad muestreos diarios	10	31	10	10	31		2	10	30	10	16	25	10	10	27
Valor máximo, en µg/m ³	42	46	39	56	87		93	54	84	37	85	65	60	45	73
Valor mínimo, en µg/m ³	19	24	22	33	34		54	31	20	21	22	22	24	19	29
Efic en recolección de datos, %	100	100	100	100	100		6	100	97	100	53	81	100	100	87
Noviembre de 2011															
Promedio aritmético	26	37	34	52	62		65	48	49	33	53	44	42	34	52
Cantidad muestreos diarios	10	30	10	10	30		9	10	30	10	11	28	9	10	19
Valor máximo, en µg/m ³	42	55	50	77	98		86	76	70	44	70	56	67	53	70
Valor mínimo, en µg/m ³	9	25	17	32	36		48	29	24	19	34	29	13	18	36
Efic en recolección de datos, %	100	100	100	100	100		30	100	100	100	37	93	90	100	63

Tabla 4. Cont Resumen concentraciones promedio diarias PM₁₀ abril 2011 – mayo 2012, µg/m³, en condiciones de referencia (1).

Municipio Estación	BARBOSA BAR-HSVP	GIRARDOTA GIR-IECO (A)	COPACABANA COP-HSMA	MEDELLIN MED-AGUI	MEDELLIN MED-EXSA (A)	MEDELLIN MED-COLO (A)	MEDELLIN MED-UNFM (A)	MEDELLIN MED-CORA	MEDELLIN MED-PJC (A)	ITAGUI ITA-PTAR	ITAGUI ITA-CRSV (A)	ITAGUI ITA-DITA (A)	SABANETA SAB-CAM	LA ESTRELLA EST-CAM	CALDAS CAL-PMER (A)
Diciembre de 2011															
Promedio aritmético	33	34	34	50	56			45	46	29		48	52	31	58
Cantidad muestreos diarios	10	31	10	10	31			10	29	9		22	10	7	22
Valor máximo, en µg/m ³	64	42	44	60	77			55	63	40		62	77	43	72
Valor mínimo, en µg/m ³	21	25	24	42	33			37	22	19		39	30	21	42
Efic en recolección de datos, %	100	100	100	100	100			100	94	90		71	100	70	71
Enero de 2012															
Promedio aritmético	38	39	39	46	53			48	44	35		50	50	50	62
Cantidad muestreos diarios	11	27	11	11	31			11	29	11		28	10	11	30
Valor máximo, en µg/m ³	56	48	47	67	71			72	64	51		63	63	117	77
Valor mínimo, en µg/m ³	29	29	30	34	36			31	25	19		34	30	31	46
Efic en recolección de datos, %	100	87	100	100	100			100	94	100		90	91	100	97
Febrero de 2012															
Promedio aritmético	36	53	49	73	64			58	50	37		52	60	48	63
Cantidad muestreos diarios	8	21	9	9	29			8	29	9		25	9	9	23
Valor máximo, en µg/m ³	49	69	66	113	83			87	68	53		64	80	68	82
Valor mínimo, en µg/m ³	21	29	26	24	36			24	27	23		33	41	23	50
Efic en recolección de datos, %	89	72	100	100	100			89	100	100		86	100	100	79
Marzo de 2012															
Promedio aritmético	36	38	46	52	59			47	50	40	50	59	48	40	65
Cantidad muestreos diarios	11	31	10	11	31			11	31	10	6	2	9	11	31
Valor máximo, en µg/m ³	54	58	93	119	106			93	79	63	59	62	63	61	82
Valor mínimo, en µg/m ³	22	23	22	27	35			30	25	23	41	56	35	11	44
Efic en recolección de datos, %	100	100	91	100	100			100	100	91	19	6	82	100	100

Tabla 4. Cont Resumen concentraciones promedio diarias PM₁₀ abril 2011 – mayo 2012, µg/m³, en condiciones de referencia (1).

Municipio Estación	BARBOSA BAR-HSVP	GIRARDOTA GIR-IECO (A)	COPACABANA COP-HSMA	MEDELLIN MED-AGUI	MEDELLIN MED-EXSA (A)	MEDELLIN MED-COLO (A)	MEDELLIN MED-UNFM (A)	MEDELLIN MED-CORA	MEDELLIN MED-PJIC (A)	ITAGUI ITA-PTAR	ITAGUI ITA-CRSV (A)	ITAGUI ITA-DITA (A)	SABANETA SAB-CAM	LA ESTRELLA EST-CAM	CALDAS CAL-PMER (A)
Abril de 2012															
Promedio aritmético	26	30	31	47	52			37	42	32	52	45	38	34	48
Cantidad muestreos diarios	10	30	10	10	30			10	30	10	20	26	9	9	27
Valor máximo, en µg/m ³	36	49	41	91	72			53	66	41	66	77	63	55	68
Valor mínimo, en µg/m ³	19	22	23	16	35			23	21	16	33	27	25	21	34
Efic en recolección de datos, %	100	100	100	100	100			100	100	100	67	87	90	90	90
Mayo de 2012															
Promedio aritmético	24	26	32	45	57			38	57	53	55	48	48	29	46
Cantidad muestreos diarios	2	6	2	2	6			2	6	1	6	1	1	2	3
Valor máximo, en µg/m ³	24	40	38	58	72			49	95	53	67	48	48	38	58
Valor mínimo, en µg/m ³	24	17	26	32	34			28	31	53	39	48	48	20	36
Efic en recolección de datos, %	100	100	100	100	100			100	100	50	100	17	50	100	50
Acumulado abril 2011 – mayo 2012															
Promedio aritmético	32	37	36	47	56	51	75	44	49	35	54	48	47	36	58
Cantidad muestreos diarios	130	368	130	132	379	28	48	123	374	125	183	313	124	128	261
Valor máximo, en µg/m ³	87	69	93	120	106	92	107	93	95	77	88	78	81	117	96
Valor mínimo, en µg/m ³	9	16	5	10	25	22	47	23	11	16	22	14	13	11	29
Efic en recolección de datos, %	99	93	99	100	96	70	12	93	94	95	46	80	94	97	66

1 Se refiere a 25°C de temperatura ambiente y 760 mmHg de presión atmosférica (Resolución 610 del 24 de marzo de 2010)

Norma diaria Colombiana de PM₁₀: 100 µg/m³. Norma anual Colombiana de PM₁₀: 50 µg/m³. A : Analizador automático

BAR-HSVP: Hospital San Vicente de Paúl (Barbosa)

GIR-IECO: Colegio Colombia (Girardota)

COP-HSMA: Hospital Santa Margarita (Copacabana)

MED-AGUI: Edificio Miguel de Aguinaga (Medellín)

MED-EXSA: Parque San Antonio (Medellín)

MED-UNFM: Universidad Nacional, Fac Minas (Medellín)

MED-CORA: Corantioquia (Medellín)

MED-PJIC: Politécnico Colomb JIC (Medellín)

ITA-PTAR: Planta tratamto Aguas Residuales EPM (Itagüí)

ITA-CRSV: Colegio El Rosario (Itagüí)

ITA-DITA: Parque Ditaires (Itagüí)

SAB-CAM: Alcaldía de Sabaneta (Sabaneta)

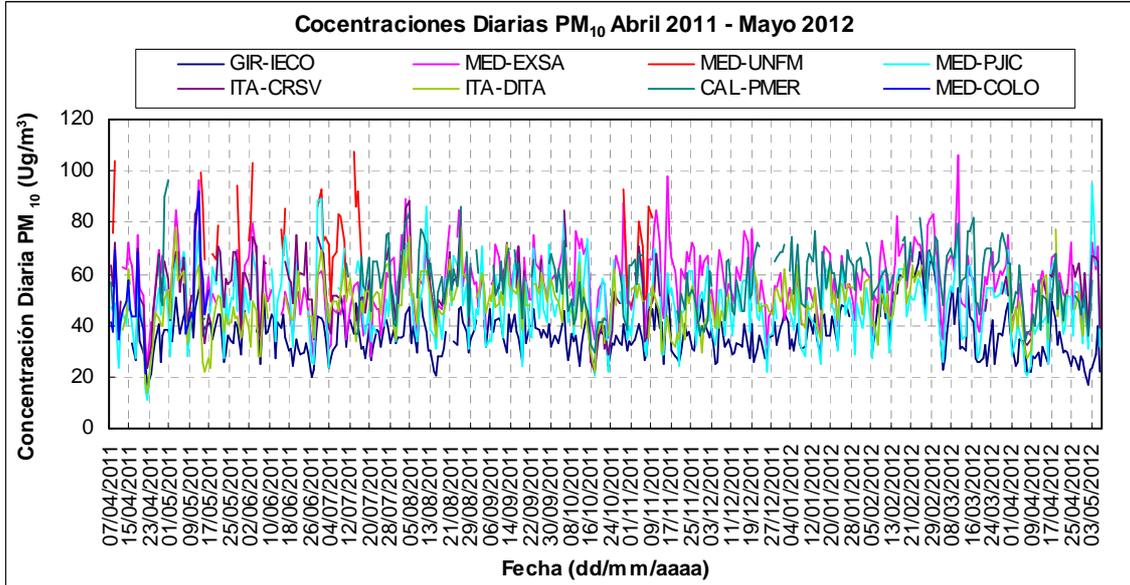
EST-CAM: Alcaldía de La Estrella (La Estrella)

CAL-PMER: Plaza Mercado municip (Caldas)

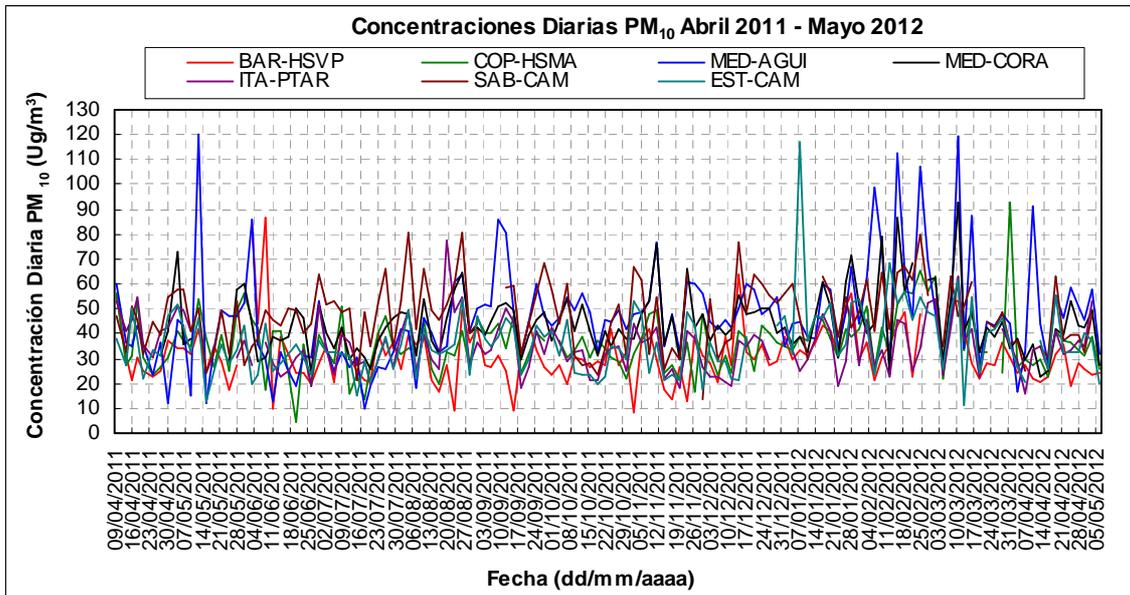
MED-COLO: Barrio Los Colores Medellín, CAI. Móvil AMVA

Los datos reportados en esta tabla en la estación Universidad Nacional, MED-UNFM, son medidos con el equipo automático.

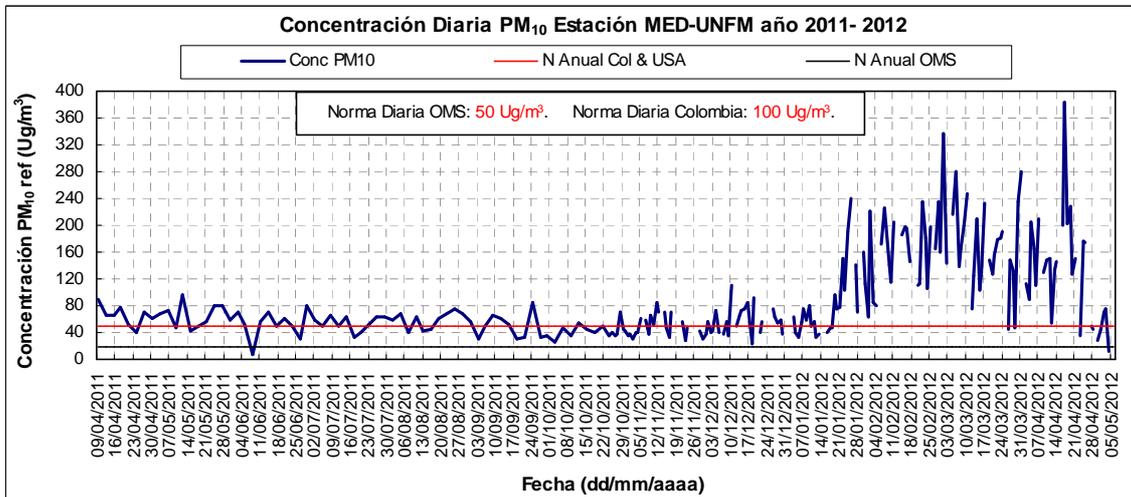
Gráfica 2. Concentraciones diarias PM₁₀ auto en el valle de Aburrá abril 2011 - mayo 2012



Gráfica 3. Concentraciones diarias PM₁₀ manual en el valle de Aburrá abril 2011 – mayo 2012



Gráfica 4. Concentraciones diarias PM₁₀ en la estación MED-UNFM abril 2011 – mayo 2012



2.1.3 Material Particulado Inhalable (PM_{2.5}). En la tabla 5 se presenta un resumen de las concentraciones de material particulado inhalable (PM_{2.5}) entre el 07 de abril de 2011 y el 06 de mayo de 2012.

Entre abril de 2011 y mayo de 2012, la máxima concentración promedio de PM_{2.5} en el período se presentaron en la estación Belén Las Mercedes del municipio de Medellín, Urbanización Villas de Alicante, MED-BEME, medida con la estación móvil, con 32 µg/m³ y Miguel de Aguinaga, MED-AGUI, con 28 µg/m³. La estación Universidad Pontificia Bolivariana, MED-UPB, con la estación móvil del AMVA, registró un promedio aritmético de 39 µg/m³ en 25 días de mediciones. La estación que registró la menor concentración promedio en el período fue la estación del Politécnico JIC, MED-PJIC, con 21 µg/m³. En las estaciones Belén Las Mercedes, Miguel de Aguinaga, UPB, Casa de Justicia y Jardín Botánico se presentaron excedencias de la norma diaria colombiana de 50 µg/m³ definida en la Resolución 610 de 2010 del MAVDT.

Tabla 5. Resumen concentraciones promedio diarias PM_{2.5} abril 2011 – mayo 2012, µg/m³, en condiciones de referencia (1)

Municipio	MEDELLIN	MEDELLIN	MEDELLIN	MEDELLIN	ITAGUI	ITAGUI	MEDELLIN	MEDELLIN	MEDELLIN
Estación	MED-JABO	MED-AGUI	MED-UNFM	MED-PJIC	ITA-CJUS	ITA-DITA	MED-BEME	MED-COLO	MED-UPB
Abril de 2011									
Promedio aritmético		30	25	21		22			
Cantidad de muestreos		20	8	14		20			
Valor máximo, en µg/m ³		44	45	45		34			
Valor mínimo, en µg/m ³		12	6	6		7			
Conc diarias may a 50 µg/m ³		0	0	0		0			
Conc diarias may a 50 µg/m ³ (%)		0	0	0		0			
Efic recolec de datos diarios, %		83	100	58		83			
Mayo de 2011									
Promedio aritmético	21	29	26	26		24		26	
Cantidad de muestreos	26	22	10	29		28		12	
Valor máximo, en µg/m ³	46	56	59	40		42		40	
Valor mínimo, en µg/m ³	13	16	8	14		9		18	
Conc diarias may a 50 µg/m ³	0	2	1	0		0		0	
Conc diarias may a 50 µg/m ³ (%)	0	9	10	0		0		0	
Efic recolec de datos diarios, %	100	71	100	94		90		80	
Junio de 2011									
Promedio aritmético	21	30	29	23		23		23	
Cantidad de muestreos	29	5	9	22		30		15	
Valor máximo, en µg/m ³	37	39	44	41		30		40	
Valor mínimo, en µg/m ³	12	25	3	9		13		13	
Conc diarias may a 50 µg/m ³	0	0	0	0		0		0	
Conc diarias may a 50 µg/m ³ (%)	0	0	0	0		0		0	
Efic recolec de datos diarios, %	97	17	90	73		100		50	
Julio de 2011									
Promedio aritmético	22		24	23		22		19	
Cantidad de muestreos	31		8	27		31		3	
Valor máximo, en µg/m ³	29		39	38		32		21	
Valor mínimo, en µg/m ³	13		9	6		13		17	
Conc diarias may a 50 µg/m ³	0		0	0		0		0	
Conc diarias may a 50 µg/m ³ (%)	0		0	0		0		0	
Efic recolec de datos diarios, %	100		80	87		100		10	

Tabla 5. Cont Resumen concentraciones promedio diarias PM_{2.5} abril 2011 – mayo 2012, µg/m³, en condiciones de referencia (1)

Municipio	MEDELLIN	MEDELLIN	MEDELLIN	MEDELLIN	ITAGUI	ITAGUI	MEDELLIN	MEDELLIN	MEDELLIN
Estación	MED-JABO	MED-AGUI	MED-UNFM	MED-PJIC	ITA-CJUS	ITA-DITA	MED-BEME	MED-COLO	MED-UPB
Agosto de 2011									
Promedio aritmético	25		27	18		26	33	27	
Cantidad de muestreos	31		9	26		31	6	19	
Valor máximo, en µg/m ³	43		36	27		40	41	38	
Valor mínimo, en µg/m ³	14		13	9		14	27	12	
Conc diarias may a 50 µg/m ³	0		0	0		0	0	0	
Conc diarias may 50 µg/m ³ (%)	0		0	0		0	0	0	
Efic recolec de datos diarios, %	100		82	84		100	100	79	
Septiembre de 2011									
Promedio aritmético	23			17		26	34		
Cantidad de muestreos	26			30		29	30		
Valor máximo, en µg/m ³	34			25		38	63		
Valor mínimo, en µg/m ³	17			6		20	25		
Conc diarias may a 50 µg/m ³	0			0		0	1		
Conc diarias may 50 µg/m ³ (%)	0			0		0	3		
Efic recolec de datos diarios, %	87			100		97	100		
Octubre de 2011									
Promedio aritmético	23	32		19		21	28		
Cantidad de muestreos	31	3		25		26	25		
Valor máximo, en µg/m ³	40	48		31		34	49		
Valor mínimo, en µg/m ³	13	22		8		9	16		
Conc diarias may a 50 µg/m ³	0	0		0		0	0		
Conc diarias may 50 µg/m ³ (%)	0	0		0		0	0		
Efic recolec de datos diarios, %	100	10		84		84	81		
Noviembre de 2011									
Promedio aritmético	26	29		20		21	33		
Cantidad de muestreos	30	30		30		30	30		
Valor máximo, en µg/m ³	45	47		35		32	46		
Valor mínimo, en µg/m ³	15	17		8		14	19		
Conc diarias may a 50 µg/m ³	0	0		0		0	0		
Conc diarias may 50 µg/m ³ (%)	0	0		0		0	0		
Efic recolec de datos diarios, %	100	100		100		100	100		

Tabla 5. Cont Resumen concentraciones promedio diarias PM2.5 abril 2011 – mayo 2012, $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en condiciones de referencia

Municipio	MEDELLIN	MEDELLIN	MEDELLIN	MEDELLIN	ITAGUI	ITAGUI	MEDELLIN	MEDELLIN	MEDELLIN
Estación	MED-JABO	MED-AGUI	MED-UNFM	MED-PJIC	ITA-CJUS	ITA-DITA	MED-BEME	MED-COLO	MED-UPB
Diciembre de 2011									
Promedio aritmético	24	26		19		23	32		
Cantidad de muestreos	31	31		31		27	29		
Valor máximo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	40	40		30		27	46		
Valor mínimo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	14	17		7		17	22		
Conc diarias may a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0		0		0	0		
Conc diarias may $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (%)	0	0		0		0	0		
Efic recolec de datos diarios, %	100	100		100		87	94		
Enero de 2012									
Promedio aritmético	21	24		18		25	29		
Cantidad de muestreos	31	27		30		30	28		
Valor máximo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	30	35		33		30	53		
Valor mínimo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	16	17		10		19	18		
Conc diarias may a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0		0		0	1		
Conc diarias may $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (%)	0	0		0		0	4		
Efic recolec de datos diarios, %	100	87		97		97	90		
Febrero de 2012									
Promedio aritmético	27	32		27		28	39		
Cantidad de muestreos	29	8		29		23	25		
Valor máximo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	38	46		37		45	52		
Valor mínimo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	14	19		12		18	19		
Conc diarias may a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	0	0		0		0	2		
Conc diarias may $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (%)	0	0		0		0	8		
Efic recolec de datos diarios, %	100	28		100		79	86		
Marzo de 2012									
Promedio aritmético	27	30		27	34		34		
Cantidad de muestreos	31	29		31	23		31		
Valor máximo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	55	63		48	62		69		
Valor mínimo, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	17	17		11	19		20		
Conc diarias may a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	1	1		0	1		1		
Conc diarias may $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (%)	3	3		0	4		3		
Efic recolec de datos diarios, %	100	94		100	74		100		

Tabla 5. Cont Resumen concentraciones promedio diarias PM_{2.5} abril 2011 – mayo 2012, µg/m³, en condiciones de referencia (1)

Municipio	MEDELLIN	MEDELLIN	MEDELLIN	MEDELLIN	ITAGUI	ITAGUI	MEDELLIN	MEDELLIN	MEDELLIN
Estación	MED-JABO	MED-AGUI	MED-UNFM	MED-PJIC	ITA-CJUS	ITA-DITA	MED-BEME	MED-COLO	MED-UPB
Abril de 2012									
Promedio aritmético	23	24		19	19	31	24		39
Cantidad de muestreos	30	30		30	20	14	9		19
Valor máximo, en µg/m ³	32	33		37	32	47	31		54
Valor mínimo, en µg/m ³	13	14		10	9	22	21		23
Conc diarias may a 50 µg/m ³	0	0		0	0	0	0		2
Conc diarias may 50 µg/m ³ (%)	0	0		0	0	0	0		11
Efic recolec de datos diarios, %	100	100		100	67	47	100		95
Mayo de 2012									
Promedio aritmético	24	28		24					37
Cantidad de muestreos	6	6		6					6
Valor máximo, en µg/m ³	34	36		36					56
Valor mínimo, en µg/m ³	15	20		18					12
Conc diarias may a 50 µg/m ³	0	0		0					2
Conc diarias may 50 µg/m ³ (%)	0	0		0					33
Efic recolec de datos diarios, %	100	100		100					100
Acumulado abril 2011 – mayo 2012									
Promedio aritmético	24	28	26	21	27	24	32	25	39
Cantidad de muestreos	362	211	44	361	43	319	213	49	25
Valor máximo, en µg/m ³	55	63	59	48	62	47	69	40	54
Valor mínimo, en µg/m ³	12	12	3	6	9	7	16	12	12
Conc diarias may a 50 µg/m ³	1	3	1	0	1	0	5	0	2
Conc diarias may 50 µg/m ³ (%)	0.3	1.4	2.3	0	2.3	0	2.3	0	11
Efic recolec de datos diarios, %	99	53	33	91	64	81	86	49	96
Norma diaria Colombiana	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Norma anual Colombiana	25	25	25	25	25	25	25	25	25

1 Se refiere a 25°C de temperatura ambiente y 760 mmHg de presión atmosférica (Resolución 610 del 2010)

MED-JABO: Medellín, Jardín Botánico

MED-UNFM: Universidad Nacional, Fac Minas (Medellín)

ITA-CJUS: Casa de Justicia (Itagüí)

MED-BEME: Medellín, Barrio Belén Las Mercedes, Urb Villas de Alicante (estación móvil)

MED-UPB: Medellín, Universidad Pontificia Bolivariana, UPB (estación móvil)

MED-AGUI: Edificio Miguel de Aguinaga (Medellín)

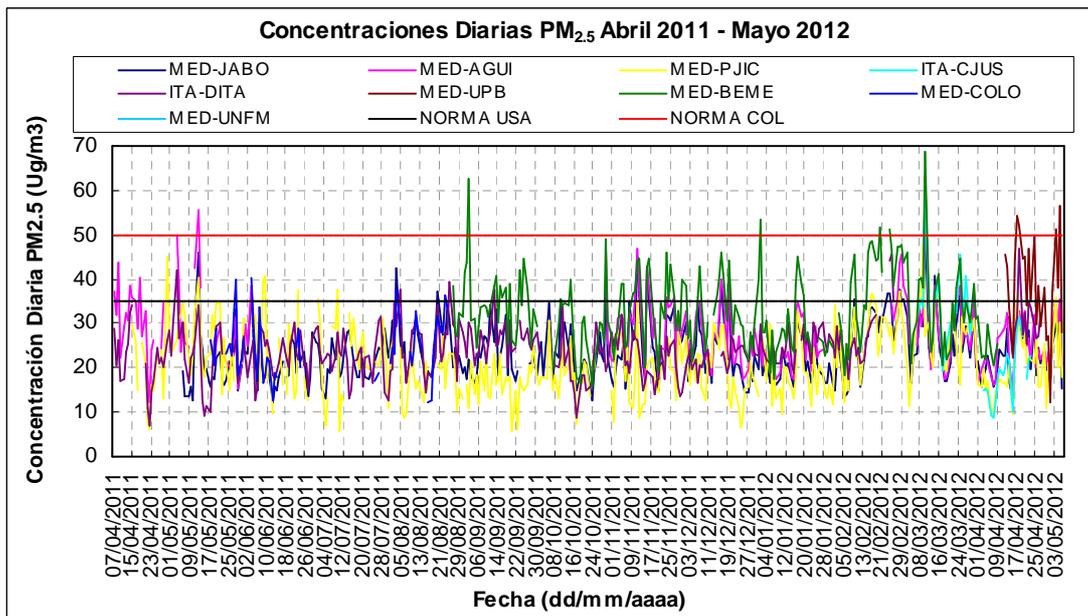
MED-PJIC: Politécnico JIC (Medellín)

ITA-DITA: Parque Ditaires (Itagüí)

MED-COLO: Medellín, Barrio Los Colores (estación móvil)

El comportamiento diario de estas partículas entre abril de 2011 y mayo de 2012 se observa en detalle en la gráfica 5, mientras que el comportamiento horario se observa en la gráfica 6. En ambas gráficas se muestra que las estaciones Belén Las Mercedes, MED-BEME, y Universidad Pontificia Bolivariana, MED-UPB, presentan las mayores concentraciones de $PM_{2.5}$. Por el contrario, la estación Politécnico, MED-PJIC, registra las menores concentraciones diarias.

Gráfica 5. Concentraciones diarias $PM_{2.5}$ en el valle de Aburrá abril 2011 – mayo 2012



2.1.3 Material Particulado inferior a un micrómetro (PM_1). En la tabla 6 se presenta un resumen de las concentraciones diarias de PM_1 encontradas con este equipo entre octubre de 2011 y mayo de 2012 en la estación Politécnico JIC.

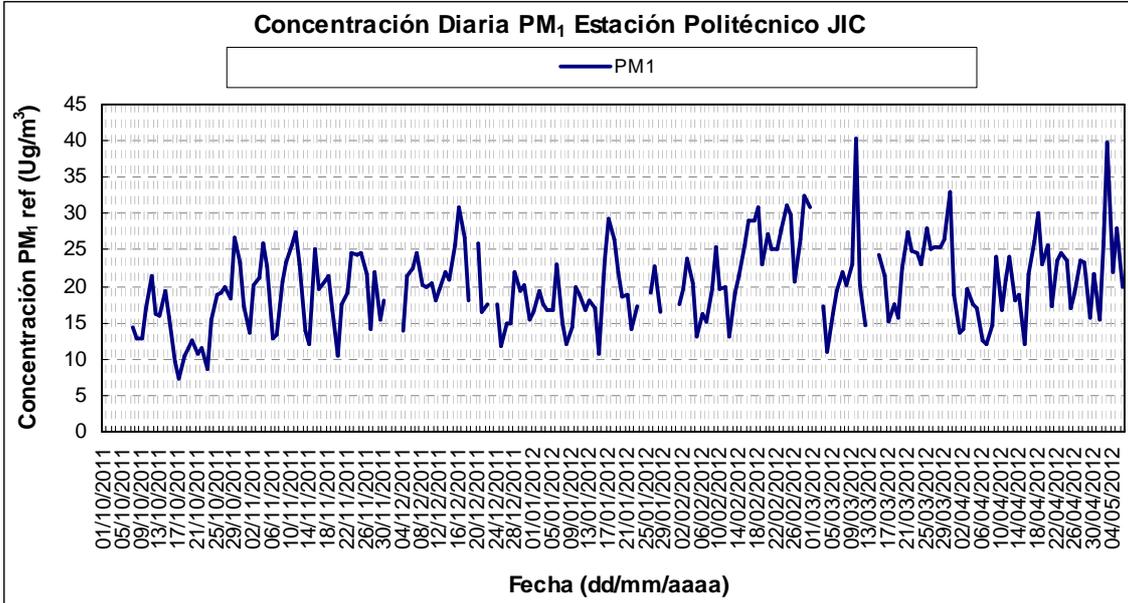
Es importante aclarar que en abril y mayo de 2011 se operó este equipo pero no fue posible recuperar o extraer los datos del equipo por problemas técnicos en el analizador. En los primeros días de junio se envió este equipo a Sanambiente - Cali para una revisión detallada. Luego de reemplazarle varias partes electrónicas se resolvió el problema y lo regresaron a las oficinas del Laboratorio Calaire de la UNAL en los primeros días de octubre. Por estos mismos días se instaló el equipo en la estación Politécnico, MED-PJIC. Por esta razón en la tabla 6 se presentan datos a partir de octubre de 2011.

Tabla 6. Resumen concentraciones promedio diarias PM₁, octubre 2011 – mayo 2012, µg/m³, en condiciones de referencia (1), Estación Politécnico JIC

	MEDELLIN MED-PJIC		MEDELLIN MED-PJIC
		Octubre de 2011	
Promedio aritmético	15		
Cantidad muestreos diarios	25		
Valor máximo, en µg/m ³	27		
Valor mínimo, en µg/m ³	7		
Efic recolección datos, %	81		
		Noviembre de 2011	
Promedio aritmético	20		
Cantidad muestreos diarios	30		
Valor máximo, en µg/m ³	28		
Valor mínimo, en µg/m ³	11		
Efic recolección datos, %	100		
		Diciembre de 2011	
Promedio aritmético	20		
Cantidad muestreos diarios	26		
Valor máximo, en µg/m ³	31		
Valor mínimo, en µg/m ³	12		
Efic recolección datos, %	84		
		Enero de 2012	
Promedio aritmético	18		
Cantidad muestreos diarios	26		
Valor máximo, en µg/m ³	29		
Valor mínimo, en µg/m ³	11		
Efic recolección datos, %	84		
		Acum 2011 - 2012	
Promedio aritmético	20		
Cantidad muestreos diarios	199		
Valor máximo, en µg/m ³	40		
Valor mínimo, en µg/m ³	7		
Efic recolec datos, %,.	93		
		Febrero de 2012	
Promedio aritmético	23		
Cantidad muestreos diarios	29		
Valor máximo, en µg/m ³	29		
Valor mínimo, en µg/m ³	11		
Efic recolección datos, %	100		
		Marzo de 2012	
Promedio aritmético	22		
Cantidad muestreos diarios	27		
Valor máximo, en µg/m ³	40		
Valor mínimo, en µg/m ³	11		
Efic recolección datos, %	87		
		Abril de 2012	
Promedio aritmético	20		
Cantidad muestreos diarios	30		
Valor máximo, en µg/m ³	30		
Valor mínimo, en µg/m ³	12		
Efic recolección datos, %	100		
		Mayo de 2012	
Promedio aritmético	25		
Cantidad muestreos diarios	6		
Valor máximo, en µg/m ³	40		
Valor mínimo, en µg/m ³	15		
Efic recolección datos, %	100		

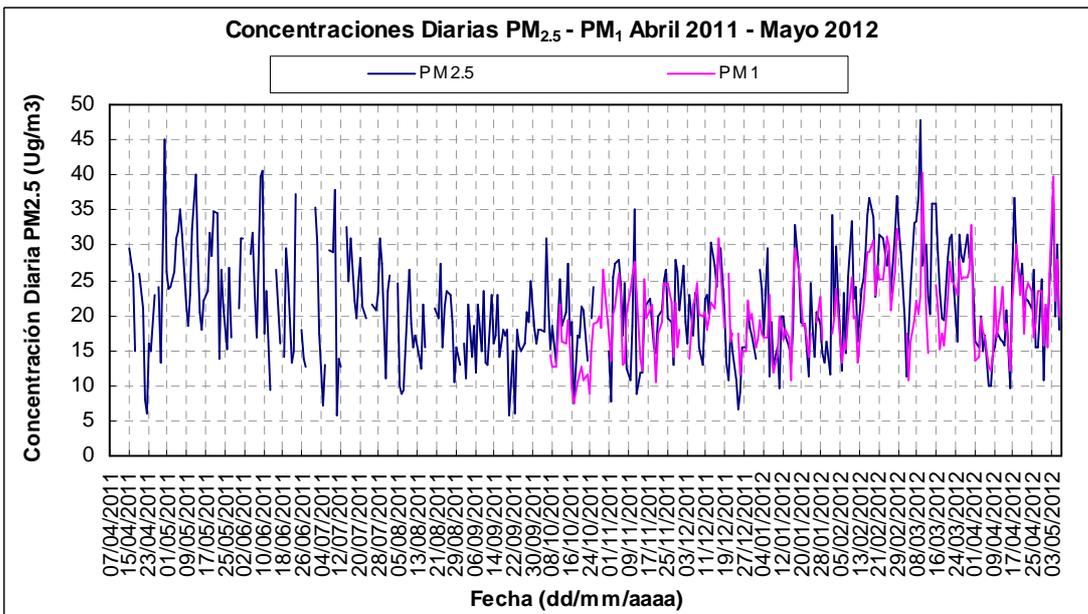
En la gráfica 6 se observa el comportamiento diario de las concentraciones de PM₁ en la estación MED-PJIC, entre octubre de 2011 y Mayo de 2012. En ella se observa que desde mediados de febrero de 2012 hasta finales de marzo de 2012 presentaron las mayores concentraciones de PM₁ en el período analizado.

Gráfica 6. Concentraciones diarias PM₁ estación MED-PJIC octubre 2011 - mayo 2012



Es importante mencionar que en esta estación se tiene medidor de PM_{2.5}. Al comparar las concentraciones diarias de estos dos contaminantes, PM_{2.5} y PM₁, se encuentra que la mayoría de las partículas PM_{2.5} son PM₁. (una relación PM₁/PM_{2.5} del 99%), aunque se debe tener presente que los dos métodos de medición son diferentes (mientras el PM_{2.5} es un método de referencia, el PM₁ es un método equivalente). Ver gráfica 7.

Gráfica 7. Concentraciones diarias PM_{2.5} y PM₁ estación MED-PJIC abril 2011 - mayo 2012



2.2. RESULTADOS DE DIÓXIDO DE AZUFRE Y DIÓXIDO DE NITRÓGENO

En la tabla 7 se presenta un resumen de las concentraciones diarias de dióxido de azufre-SO₂, entre abril de 2011 y agosto de 2011. En la misma tabla se presenta un resumen de los datos de dióxido de nitrógeno-NO₂, entre abril de 2011 y febrero de 2012 medidas con la estación móvil, ubicada en el CAI (Centro de Atención Inmediata) del barrio Los Colores de Medellín del 07 de abril al 25 de agosto, y en el barrio Belén Las Mercedes (urbanización Villas de Alicante), del 26 de agosto 2011 al 09 de abril 2012. No se presentan los datos de NO₂ y SO₂ medidos con la estación móvil en la Universidad Pontificia Bolivariana, UPB, instalada a partir del 10 de abril de 2012, porque estos analizadores tienen problemas técnicos de operación.

Adicionalmente, en la tabla 7 se presentan los resultados de NO₂ registrados en el Jardín Botánico con la estación MED-JABO, desde el 12 de mayo 2011 hasta el 06 de mayo 2012, y los resultados de las estaciones Museo de Antioquia e Itagüí Casa de Justicia, que iniciaron operaciones en marzo de 2012.

En todo el tiempo de muestreo en el barrio Los Colores de Medellín, las concentraciones diarias de dióxidos de azufre variaron entre 8 µg/m³ y 28 µg/m³, con un promedio en el período de 16 µg/m³. Estas concentraciones son inferiores al límite máximo permisible para 24 horas, establecido en la norma nacional, en 250 µg/m³ (Resolución 610 de 2010). En este mismo sitio, las concentraciones diarias de óxidos de nitrógeno variaron entre 34 µg/m³ y 55 µg/m³, con un promedio en el período de 45 µg/m³. Estas concentraciones son inferiores al límite máximo permisible para 24 horas, establecido en la norma nacional, en 150 µg/m³ (Resolución 610 de 2010).

En el barrio Belén Las Mercedes de Medellín, en todo el tiempo de muestreo las concentraciones diarias de óxidos de nitrógeno variaron entre 7 µg/m³ y 47 µg/m³, con un promedio en el período de 18 µg/m³, siendo inferiores al límite máximo permisible para 24 horas, establecido en la norma nacional, en 150 µg/m³ (Resolución 610 de 2010).

En el Jardín Botánico de Medellín, las concentraciones diarias de óxidos de nitrógeno entre mayo de 2011 y mayo de 2012, variaron entre 2 µg/m³ y 68 µg/m³, con un promedio de 23 µg/m³. Estas concentraciones son inferiores al límite máximo permisible para 24 horas, establecido en la norma nacional, en 150 µg/m³ (Resolución 610 de 2010).

En el Museo de Antioquia, las concentraciones diarias de óxidos de nitrógeno entre marzo y mayo de 2012, variaron entre 19 µg/m³ y 107 µg/m³, con un promedio de 40 µg/m³. Estas concentraciones son inferiores al límite máximo permisible para 24 horas, establecido en la norma nacional, en 150 µg/m³ (Resolución 610 de 2010).

En Itagüí Casa de Justicia, las concentraciones diarias de óxidos de nitrógeno entre marzo y mayo de 2012, variaron entre 20 µg/m³ y 25 µg/m³, con un promedio de 23 µg/m³. Estas concentraciones son inferiores al límite máximo permisible para 24 horas, establecido en la norma nacional, en 150 µg/m³ (Resolución 610 de 2010).

Tabla 7. Resumen concentraciones promedio diarias SO₂ – NO₂ abril 2011 - mayo 2012, µg/m³, en condiciones de referencia (1)

Municipio	MEDELLIN	MEDELLIN	MEDELLIN	MEDELLIN	ITAGUI
Estación	MED-BEME	MED-COLO	MED-JABO	MED-MANT	ITA-CJUS
	NO ₂	SO ₂	NO ₂	NO ₂	NO ₂
Abril de 2011					
Promedio aritmético		14			
Cantidad de muestreos		24			
Valor máximo, en µg/m ³		20			
Valor mínimo, en µg/m ³		9			
Efic en recolec de datos diarios, %		100			
Mayo de 2011					
Promedio aritmético		16		32	
Cantidad de muestreos		27		20	
Valor máximo, en µg/m ³		16		68	
Valor mínimo, en µg/m ³		8		16	
Efic en recolec de datos diarios, %		87		79	
Junio de 2011					
Promedio aritmético		19		27	
Cantidad de muestreos		22		30	
Valor máximo, en µg/m ³		28		43	
Valor mínimo, en µg/m ³		13		14	
Efic en recolec de datos diarios, %		73		100	
Julio de 2011					
Promedio aritmético		14	36	21	
Cantidad de muestreos		9	3	31	
Valor máximo, en µg/m ³		26	37	44	
Valor mínimo, en µg/m ³		10	34	10	
Efic en recolec de datos diarios, %		29	10	100	
Agosto de 2011					
Promedio aritmético	39	13	48	27	
Cantidad de muestreos	6	11	12	31	
Valor máximo, en µg/m ³	44	16	55	46	
Valor mínimo, en µg/m ³	23	12	37	7	
Efic en recolec de datos diarios, %	100	35	39	100	
Septiembre de 2011					
Promedio aritmético	30			27	
Cantidad de muestreos	23			26	
Valor máximo, en µg/m ³	47			49	
Valor mínimo, en µg/m ³	21			11	
Efic en recolec de datos diarios, %	77			87	

Tabla 7. Cont Resumen concentraciones promedio diarias SO₂ – NO₂ abril 2011 - mayo 2012, µg/m³, en condiciones de referencia (1)

Municipio	MEDELLIN	MEDELLIN	MEDELLIN	MEDELLIN	ITAGUI
Estación	MED-BEME	MED-COLO	MED-JABO	MED-MANT	ITA-CJUS
	NO ₂	SO ₂	NO ₂	NO ₂	NO ₂
Octubre de 2011					
Promedio aritmético	22			27	
Cantidad de muestreos	27			31	
Valor máximo, en µg/m ³	36			54	
Valor mínimo, en µg/m ³	12			10	
Efic en recolec de datos diarios, %	87			100	
Noviembre de 2011					
Promedio aritmético	11			25	
Cantidad de muestreos	14			30	
Valor máximo, en µg/m ³	15			38	
Valor mínimo, en µg/m ³	8			13	
Efic en recolec de datos diarios, %	47			100	
Diciembre de 2011					
Promedio aritmético	11			16	
Cantidad de muestreos	31			31	
Valor máximo, en µg/m ³	15			31	
Valor mínimo, en µg/m ³	7			2	
Efic en recolec de datos diarios, %	100			100	
Enero de 2012					
Promedio aritmético	12			17	
Cantidad de muestreos	30			31	
Valor máximo, en µg/m ³	18			35	
Valor mínimo, en µg/m ³	7			10	
Efic en recolec de datos diarios, %	97			100	
Febrero de 2012					
Promedio aritmético	14			17	
Cantidad de muestreos	12			26	
Valor máximo, en µg/m ³	18			33	
Valor mínimo, en µg/m ³	10			6	
Efic en recolec de datos diarios, %	41			90	
Marzo de 2012					
Promedio aritmético				19	50
Cantidad de muestreos				31	28
Valor máximo, en µg/m ³				48	107
Valor mínimo, en µg/m ³				5	27
Efic en recolec de datos diarios, %				100	90

Tabla 7. Cont Resumen concentraciones promedio diarias SO₂ – NO₂ abril 2011 - mayo 2012, µg/m³, en condiciones de referencia (1)

Municipio	MEDELLIN	MEDELLIN	MEDELLIN	MEDELLIN	ITAGUI	
Estación	MED-BEME	MED-COLO	MED-JABO	MED-MANT	ITA-CJUS	
	NO ₂	SO ₂	NO ₂	NO ₂	NO ₂	
Abril de 2012						
Promedio aritmético			25	27	23	
Cantidad de muestreos			30	20	8	
Valor máximo, en µg/m ³			47	37	25	
Valor mínimo, en µg/m ³			2	19	20	
Efic en recolec de datos diarios, %			100	67	27	
Mayo de 2012						
Promedio aritmético			37	32		
Cantidad de muestreos			6	5		
Valor máximo, en µg/m ³			50	43		
Valor mínimo, en µg/m ³			14	20		
Efic en recolec de datos diarios, %			100	83		
Acumulado abril 2011 – mayo 2012						
Promedio aritmético	18	16	45	23	40	23
Cantidad de muestreos	143	93	15	354	53	8
Valor máximo, en µg/m ³	47	28	55	68	107	25
Valor mínimo, en µg/m ³	7	8	34	2	19	20
Efic en recolec de datos diarios, %	63	66	11	96	79	12
Norma diaria Colombiana	150	250	150	150	150	150
Norma anual Colombiana	100	80	100	100	100	100

MED-JABO: Medellín, Jardín Botánico, inicio operación el 05 de mayo de 2011

MED-COLO: Medellín, Barrio Los Colores (estación móvil), del 07 abril al 24 agosto 2011

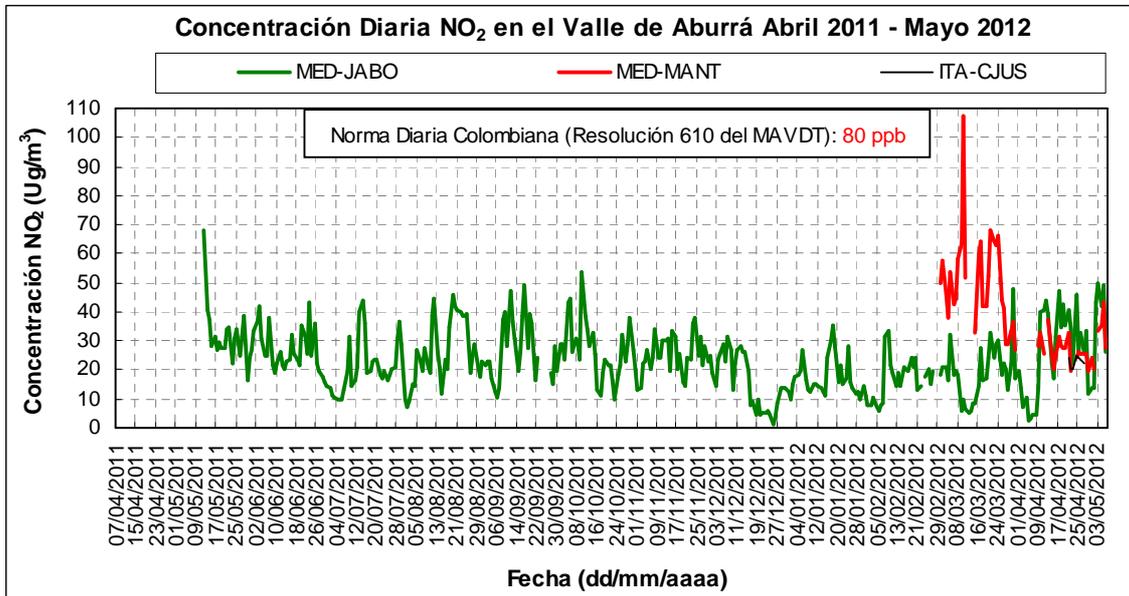
MED-BEME: Medellín, Barrio Belén Las Mercedes (estación móvil), del 26 agosto 2011 al 09 abril 2012

MED-MANT: Medellín, Museo de Antioquia, inició operaciones el 01 de marzo de 2012

ITA-CJUS: Itagüí, Barrio Santa María, inició operaciones el 01 de marzo de 2012

En la gráfica 8 se observa el comportamiento diario de las concentraciones de NO₂ entre mayo de 2011 y mayo de 2012 en el valle de Aburrá. En ella se observa que la estación Museo de Antioquia presenta las mayores concentraciones, por presentar una mayor influencia de fuentes móviles, donde se destaca la concentración máxima registrada el 10 de marzo de 2012.

Gráfica 8. Concentraciones diarias de NO₂ en el valle de Aburrá mayo 2011 – mayo 2012



Con respecto a las concentraciones horarias de NO₂ se debe resaltar que el 10 de marzo de 2012 en la estación Museo de Antioquia se superó en tres ocasiones la norma horaria de 106 ppb, definida en la resolución 610 de 2010. Estas excedencias se presentaron entre las 17:00 y las 19:00 horas.

2.3 RESULTADOS DE MONÓXIDO DE CARBONO

En la tabla 8 se muestra un resumen de las concentraciones de monóxido de carbono entre abril de 2011 y mayo de 2012 en el barrio Belén Las Mercedes, Urbanización Villas de Alicante, Universidad Pontificia Bolivariana y en Itagüí Ditaires.

Es importante mencionar que el equipo de monóxido de carbono, CO, que tuvo la Red de Calidad del Aire en el Edificio Miguel de Aguinaga de Medellín, no operó en abril y mayo de 2011 por los trabajos de construcción y remodelación que se realizaron en este edificio. Finalizando el mes de mayo se trasladó el equipo para las oficinas del laboratorio Calaire de la Universidad Nacional, para revisarlo, realizarle mantenimiento y dejarlo en operación para evitar daños en el equipo, mientras se reubica en la estación del Museo de Antioquia, según el rediseño de la Red de Calidad. Estos datos no se reportan en este informe porque el laboratorio Calaire no es una estación que esté fundamentada o justificada en el rediseño de la Red de Calidad del Aire.

En la estación Ditaires no se tienen datos de CO entre julio y octubre porque se presentaron problemas con unos módulos electrónicos del equipo porque fue muy difícil conseguir estos en el mercado. Estos se adquirieron los primeros días de noviembre. Ver anexo C, mantenimiento de las estaciones y equipos.

Entre abril de 2011 y mayo de 2012, las máximas concentraciones de CO se presentaron en la estación Ditaíres, aunque estas disminuyeron en abril de 2012. En Belén Las Mercedes se registraron las mayores concentraciones de CO en octubre, noviembre y diciembre de 2011. En 25 días de operación de la estación móvil en la UPB se han registrado altas concentraciones de CO. Estas concentraciones son inferiores a las normas colombianas definidas en la Resolución 610 del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (35 ppm norma horaria y 8.8 ppm norma octohoraria).

Tabla 8. Resumen concentraciones promedio de monóxido carbono abril 2011 – mayo 2012, en ppm

	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May
Estación MED-COLO														
Valor máximo 1 hora	3,49	3,20	2,90	1,80	4,20									
Valor máximo 8 hora	1,71	2,33	2,01	1,36	3,70									
Valor mínimo 1 hora	0,00	0,10	0,20	0,00	0,00									
Valor mínimo 8 hora	0,05	0,18	0,33	0,10	0,00									
Cantidad Datos 1 hora	478	639	515	214	504									
Cantidad Datos 8 horas	347	472	371	168	369									
NVSN1H	0	0	0	0	0									
NVSN8H	0	0	0	0	0									
Efic recolecc datos horarios, %	83	86	71	29	87									
Estación MED-BEME														
Valor máximo 1 hora					3,20	2,90	7,70	6,50	9,20		2,12	3,13	1,20	
Valor máximo 8 hora					2,66	2,33	4,56	5,86	6,79		1,66	0,97	1,20	
Valor mínimo 1 hora					0,20	0,00	0,00	0,20	4,60		0,26	0,21	0,30	
Valor mínimo 8 hora					0,38	0,20	0,18	0,34	4,91		0,29	0,44	0,36	
Cantidad Datos 1 hora					155	706	743	718	443		324	595	224	
Cantidad Datos 8 horas					113	505	527	510	317		234	427	161	
NVSN1H					0	0	0	0	0		0	0	0	
NVSN8H					0	0	0	0	0		0	0	0	
Efic recolecc datos horarios, %					100	98	100	100	60		47	80	100	
Estación MED-UPB														
Valor máximo 1 hora														6,70
Valor máximo 8 hora														6,04
Valor mínimo 1 hora														0,00
Valor mínimo 8 hora														0,09
Cantidad Datos 1 hora														481
Cantidad Datos 8 horas														349
NVSN1H														0
NVSN8H														0
Efic recolecc datos horarios, %														97
Estación ITA-DITA														
Valor máximo 1 hora	5,20	6,50	7,10					6,50	8,30	7,30	7,00	6,00	1,50	
Valor máximo 8 hora	5,20	5,30	5,50					6,28	5,91	6,09	6,26	1,44	1,09	
Valor mínimo 1 hora	1,90	3,80	3,70					2,15	1,70	1,90	2,60	0,70	0,00	
Valor mínimo 8 hora	2,88	3,96	3,90					2,64	2,49	2,59	3,14	0,84	0,00	
Cantidad Datos 1 hora	503	743	693					544	663	735	690	69	656	
Cantidad Datos 8 horas	363	527	500					401	474	526	493	55	477	
NVSN1H	0	0	0					0	0	0	0	0	0	
NVSN8H	0	0	0					0	0	0	0	0	0	
Efic recolecc datos horarios, %	87	100	96					76	89	99	99	9	91	

MED-COLO: Medellín, Barrio Los Colores (estación móvil), del 07 abril al 24 agosto 2011

MED-BEME: Medellín, Barrio Belén Las Mercedes (estación móvil), del 26 agosto 2011 al 09 abril 2012

MED-UPB: Medellín, UPB (estación móvil), del 11 abril 2012 al 06 mayo 2012

ITA-DITA: Parque Ditaires (Itagüí)

NVSN1H: Número de Veces que Supera la Norma Horaria Colombiana [35 ppm]

NVSN8H: Número de Veces que Supera la Norma Octohoraria Colombiana [8,8ppm]

2.4 RESULTADOS DE OZONO

En la tabla 9 se muestra un resumen de las concentraciones de ozono entre abril de 2011 y mayo de 2012 en los sitios donde se monitoreó este contaminante, tres de ellos ubicados en el municipio de Medellín y dos en Itagüí, al sur del valle de Aburrá.

Los resultados de las concentraciones de ozono entre abril de 2011 y mayo de 2012, muestran que en las estaciones Ditaires, en el municipio de Itagüí, y Jardín Botánico de Medellín, se presentaron más excedencias de la norma horaria y octohoraria de ozono que en las demás estaciones. En Ditaires se presentaron 117 episodios horarios y 239 episodios octohorarios. Enero y febrero de 2012 fueron los meses con más excedencias. En Jardín Botánico se presentaron 45 episodios horarios y 122 episodios octohorarios de ozono. Agosto y septiembre de 2011 y febrero de 2012 fueron los meses con más excedencias en Jardín Botánico. En la estación Planta de tratamiento de EPM, ITA-PTAR, en Belén Las Mercedes, con la estación móvil, y en la UPB, con la estación móvil, no se presentaron excedencias.

Tabla 9. Resumen concentraciones promedio de ozono abril 2011 – mayo 2012, en ppm

Municipio	Medellín	Medellín	Medellín	Itagüí	Itagüí
Estación	MED-JABO	MED-COLO	MED-BEME	ITA-PTAR	ITA-DITA
Abril de 2011					
Valor máximo 1hora		0,089		0,055	
Valor máximo 8hora		0,044		0,038	
Valor mínimo 1hora		0,004		0,000	
Valor mínimo 8hora		0,004		0,000	
Cantidad Datos 1 hora		545		507	
Cantidad Datos 8 horas		407		396	
NVSN1H (Excedencias horarias)		4		0	
NVSN8H (Excedencias octohorarias)		4		0	
NVSN1H [%]		0,73		0,00	
NVSN8H [%]		0,98		0,00	
Efic en recolecc de datos horarios, %		95		88	
Mayo de 2011					
Valor máximo 1hora	0,049	0,063		0,060	0,081
Valor máximo 8hora	0,029	0,038		0,040	0,041
Valor mínimo 1hora	0,001	0,006		0,000	0,000
Valor mínimo 8hora	0,001	0,006		0,000	0,000
Cantidad Datos 1 hora	386	611		744	696
Cantidad Datos 8 horas	287	472		527	524
NVSN1H (Excedencias horarias)	0	1		0	7
NVSN8H (Excedencias octohorarias)	0	0		0	1
NVSN1H [%]	0,00	0,16		0,00	1,01
NVSN8H [%]	0,00	0,00		0,00	0,19
Efic en recolecc de datos horarios, %	67	82		100	94
Junio de 2011					
Valor máximo 1hora	0,065	0,075		0,054	0,075
Valor máximo 8hora	0,031	0,040		0,028	0,050
Valor mínimo 1hora	0,001	0,005		0,000	0,000
Valor mínimo 8hora	0,002	0,006		0,000	0,000
Cantidad Datos 1 hora	707	538		720	656
Cantidad Datos 8 horas	504	408		510	504
NVSN1H (Excedencias horarias)	1	1		0	7
NVSN8H (Excedencias octohorarias)	0	0		0	7
NVSN1H [%]	0,14	0,19		0,00	1,07
NVSN8H [%]	0,00	0,00		0,00	1,39
Efic en recolecc de datos horarios, %	100	75		100	92

Tabla 9. Cont Resumen concentraciones promedio de ozono abril 2011 – mayo 2012, en ppm

Municipio	Medellín	Medellín	Medellín	Itagüí	Itagüí
Estación	MED-JABO	MED-COLO	MED-BEME	ITA-PTAR	ITA-DITA
Julio de 2011					
Valor máximo 1 hora	0,081	0,044			0,058
Valor máximo 8 hora	0,048	0,030			0,036
Valor mínimo 1 hora	0,002	0,005			0,000
Valor mínimo 8 hora	0,002	0,006			0,000
Cantidad Datos 1 hora	743	220			619
Cantidad Datos 8 horas	527	168			487
NVSN1H (Excedencias horarias)	2	0			0
NVSN8H (Excedencias octohorarias)	5	0			0
NVSN1H [%]	0,27	0,00			0,00
NVSN8H [%]	0,95	0,00			0,00
Efic en recolecc de datos horarios, %	100	30			83
Agosto de 2011					
Valor máximo 1 hora	0,104	0,082	0,040		0,060
Valor máximo 8 hora	0,047	0,043	0,019		0,039
Valor mínimo 1 hora	0,003	0,005	0,006		0,001
Valor mínimo 8 hora	0,003	0,006	0,007		0,002
Cantidad Datos 1 hora	742	491	148		709
Cantidad Datos 8 horas	527	375	113		527
NVSN1H (Excedencias horarias)	9	3	0		0
NVSN8H (Excedencias octohorarias)	17	4	0		0
NVSN1H [%]	1,21	0,61	0,00		0,00
NVSN8H [%]	3,23	1,07	0,00		0,00
Efic en recolecc de datos horarios, %	100	84	95		95
Septiembre de 2011					
Valor máximo 1 hora	0,093		0,052		0,068
Valor máximo 8 hora	0,052		0,037		0,046
Valor mínimo 1 hora	0,004		0,005		0,002
Valor mínimo 8 hora	0,004		0,006		0,002
Cantidad Datos 1 hora	643		465		680
Cantidad Datos 8 horas	461		361		509
NVSN1H (Excedencias horarias)	11		0		7
NVSN8H (Excedencias octohorarias)	18		0		5
NVSN1H [%]	1,71		0,00		1,03
NVSN8H [%]	3,90		0,00		0,98
Efic en recolecc de datos horarios, %	89		65		94

Tabla 9. Cont Resumen concentraciones promedio de ozono abril 2011 – mayo 2012, en ppm

Municipio	Medellín	Medellín	Medellín	Itagüí	Itagüí
Estación	MED-JABO	MED-COLO	MED-BEME	ITA-PTAR	ITA-DITA
Octubre de 2011					
Valor máximo 1 hora	0,080		0,047		0,061
Valor máximo 8 hora	0,053		0,033		0,043
Valor mínimo 1 hora	0,003		0,006		0,002
Valor mínimo 8 hora	0,003		0,010		0,002
Cantidad Datos 1 hora	743		582		689
Cantidad Datos 8 horas	527		436		527
NVSN1H (Excedencias horarias)	6		0		0
NVSN8H (Excedencias octohorarias)	12		0		3
NVSN1H [%]	0,81		0,00		0,00
NVSN8H [%]	2,28		0,00		0,57
Efic en recolecc de datos horarios, %	100		78		93
Noviembre de 2011					
Valor máximo 1 hora	0,071		0,042		0,074
Valor máximo 8 hora	0,033		0,025		0,054
Valor mínimo 1 hora	0,003		0,006		0,003
Valor mínimo 8 hora	0,003		0,006		0,003
Cantidad Datos 1 hora	719		594		524
Cantidad Datos 8 horas	510		447		446
NVSN1H (Excedencias horarias)	1		0		2
NVSN8H (Excedencias octohorarias)	0		0		14
NVSN1H [%]	0,14		0,00		0,38
NVSN8H [%]	0,00		0,00		3,14
Efic en recolecc de datos horarios, %	100		83		73
Diciembre de 2011					
Valor máximo 1 hora	0,047		0,047		0,066
Valor máximo 8 hora	0,029		0,028		0,046
Valor mínimo 1 hora	0,002		0,005		0,003
Valor mínimo 8 hora	0,003		0,006		0,003
Cantidad Datos 1 hora	744		713		627
Cantidad Datos 8 horas	527		527		474
NVSN1H (Excedencias horarias)	0		0		1
NVSN8H (Excedencias octohorarias)	0		0		4
NVSN1H [%]	0,00		0,00		0,16
NVSN8H [%]	0,00		0,00		0,84
Efic en recolecc de datos horarios, %	100		96		84

Tabla 9. Cont Resumen concentraciones promedio de ozono abril 2011 – mayo 2012, en ppm

Municipio	Medellín	Medellín	Medellín	Itagüí	Itagüí
Estación	MED-JABO	MED-COLO	MED-BEME	ITA-PTAR	ITA-DITA
Enero de 2012					
Valor máximo 1hora	0,054		0,046		0,055
Valor máximo 8hora	0,035		0,023		0,003
Valor mínimo 1hora	0,003		0,005		0,003
Valor mínimo 8hora	0,003		0,006		698
Cantidad Datos 1 hora	744		655		525
Cantidad Datos 8 horas	527		489		19
NVSN1H (Excedencias horarias)	0		0		43
NVSN8H (Excedencias octohorarias)	0		0		2,72
NVSN1H [%]	0,00		0,00		8,19
NVSN8H [%]	0,00		0,00		0,055
Efic en recolecc de datos horarios, %	100		88		94
Febrero de 2012					
Valor máximo 1hora	0,088		0,041		0,096
Valor máximo 8hora	0,053		0,028		0,084
Valor mínimo 1hora	0,003		0,006		0,003
Valor mínimo 8hora	0,003		0,006		0,003
Cantidad Datos 1 hora	696		633		660
Cantidad Datos 8 horas	493		477		492
NVSN1H (Excedencias horarias)	5		0		55
NVSN8H (Excedencias octohorarias)	54		0		131
NVSN1H [%]	0,72		0,00		8,33
NVSN8H [%]	10,95		0,00		26,63
Efic en recolecc de datos horarios, %	100		91		95
Marzo de 2012					
Valor máximo 1hora	0,078		0,037		0,096
Valor máximo 8hora	0,046		0,022		0,089
Valor mínimo 1hora	0,005		0,006		0,003
Valor mínimo 8hora	0,007		0,007		0,005
Cantidad Datos 1 hora	739		713		66
Cantidad Datos 8 horas	527		527		55
NVSN1H (Excedencias horarias)	6		0		5
NVSN8H (Excedencias octohorarias)	12		0		11
NVSN1H [%]	0,81		0,00		7,58
NVSN8H [%]	2,28		0,00		20,00
Efic en recolecc de datos horarios, %	99		96		9

Tabla 9. Cont Resumen concentraciones promedio de ozono abril 2011 – mayo 2012, en ppm

Municipio	Medellín	Medellín	Medellín	Medellín	Itagüí	Itagüí
Estación	MED-JABO	MED-COLO	MED-BEME	MED-UPB	ITA-PTAR	ITA-DITA
Abril de 2012						
Valor máximo 1 hora	0,071		0,031	0,038	0,037	0,078
Valor máximo 8 hora	0,044		0,023	0,022	0,019	0,050
Valor mínimo 1 hora	0,007		0,006	0,009	0,000	0,003
Valor mínimo 8 hora	0,008		0,007	0,009	0,000	0,003
Cantidad Datos 1 hora	711		215	423	348	642
Cantidad Datos 8 horas	510		161	328	258	484
NVSN1H (Excedencias horarias)	4		0	0	0	14
NVSN8H (Exced octohorarias)	4		0	0	0	20
NVSN1H [%]	0,56		0,00	0,00	0,00	2,18
NVSN8H [%]	0,78		0,00	0,00	0,00	4,13
Efic en recolecc datos horarios, %	99		96	85	48	89
Mayo de 2012						
Valor máximo 1 hora	0,042			0,026		0,093
Valor máximo 8 hora	0,030			0,016		0,093
Valor mínimo 1 hora	0,000			0,009		0,003
Valor mínimo 8 hora	0,007			0,009		0,005
Cantidad Datos 1 hora	144			138		58
Cantidad Datos 8 horas	102			102		47
NVSN1H (Excedencias horarias)	0			0		2
NVSN8H (Exced octohorarias)	0			0		6
NVSN1H [%]	0,00			0,00		3,45
NVSN8H [%]	0,00			0,00		12,77
Efic en recolecc datos horarios, %	100			96		97

MED-JABO Jardín Botánico de Medellín

MED-UPB: Medellín, UPB (estación móvil), a partir del 11 abril de 2012

MED-COLO: Medellín, Barrio Los Colores (estación móvil), del 07 abril al 24 agosto 2011

MED-BEME: Medellín, Barrio Belén Las Mercedes (estación móvil), del 26 agosto al 09 abril 2012

ITA-PTAR: Planta EPM San Fernando (Itagüí) **ITA-DITA:** Parque Ditaires (Itagüí)

NVSN1H: Número de Veces que Supera la Norma Horaria Colombiana [0,061 ppm]

NVSN8H: Número de Veces que Supera la Norma Octohoraria Colombiana [0,041ppm]

2.5 METEOROLOGÍA

Durante el período 07 abril/2011 – 06 mayo/2012 se operaron las estaciones meteorológicas de Girardota Colegio Colombia (GIR-IECO), Jardín Botánico de Medellín (MED-JABO), Barrio Los Colores de Medellín (MED-COLO), Barrio Belén – Las Mercedes de Medellín (MED-BEME), Museo de Antioquia de Medellín (MED-MANT), Politécnico Jaime Isaza Cadavid de Medellín (MED-PJIC), Alcaldía de Sabaneta (SAB-CAM), Casa de Justicia de Itagüí (ITA-CJUS) y Parque Ditaíres de Itagüí (ITA-DITA).

Para cada estación, se registraron datos correspondientes a las variables: velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad relativa, precipitación, radiación solar y presión atmosférica. En la tabla 10 se reporta el porcentaje de datos válidos para cada estación y cada variable, calculado como la relación entre el número de datos válidos y el número de datos totales registrados.

Cabe aclarar que el porcentaje de datos válidos se calculó con base en la longitud de los registros, esto es, las estaciones para las cuales se tienen datos desde abril de 2011, se calcula el porcentaje de datos teniendo en cuenta estos últimos. Para las estaciones MED-JABO e ITA-DITA que comenzaron a reportar datos en mayo de 2011, el porcentaje de datos se calcula teniendo en cuenta los registros desde el mes de mayo. Para las estaciones MED-MANT, MED-PJIC e ITA-DITA, se toma como período a partir de este último mes y para la estación MED-UPB a partir del 10 de abril.

Tabla 10. Porcentaje de datos válidos para cada estación, en abril 2011 – mayo 2012

Estación	Porcentaje de Datos Válidos (%)					
	Vel. Viento	Temperatura	H Relativa	Precipitación	R Solar	Presión Atmosférica
GIR-IECO	89.4	52.2	15.4	91.1	89.8	67.8
MED-JABO	91.8	77.7	35.3	92.1	92.7	21.8
MED-COLO		90.4	90.4	90.3	90.4	90.4
MED-BEME	60.6	95.8	95.0		95.1	95.8
MED-UPB	77.3	84.1	79.4		82.0	83.8
MED-MANT	83.3	83.3	83.3	NA	83.3	83.3
MED-PJIC	76.8	76.8	70.1	10.1		76.7
SAB-CAM	89.4	89.4	89.4	73.5		89.4
ITA-CJUS	81.4	81.4	81.4	NA	78.7	
ITA-DITA	95.3	96.5	95.6	96.5	95.8	96.5

GIR-IECO: Estación Girardota – Colegio Colombia, **MED-JABO:** Estación Jardín Botánico de Medellín, **MED-COLO:** Estación Barrio Los Colores – Medellín, **MED-BEME:** Estación Barrio Belén Las Mercedes – Medellín, **MED-UPB:** Estación Universidad Pontificia Bolivariana – Medellín, **MED-MANT:** Estación Museo de Antioquia – Medellín, **MED-PJIC:** Estación Politécnico Jaime Isaza Cadavid – Medellín, **SAB-CAM:** Estación Alcaldía de Sabaneta, **ITA-CJUS:** Estación Casa de Justicia – Itagüí e **ITA-DITA:** Estación Parque Ditaíres de Itagüí.

En el caso de las estaciones GIR-IECO e ITA-DITA que se han mandado a calibrar, el tiempo que han estado apagadas estas estaciones se “descuenta” en el cálculo del porcentaje de datos válidos.

El bajo porcentaje de datos de la estación GIR-IECO en cuanto a la variable humedad relativa, obedece a problemas que se tuvieron con el sensor, pero que ya están solucionados (ver anexo C, mantenimiento de las estaciones). Como se ha comentado en otros informes, los sensores de humedad relativa y temperatura están acoplados y al desmontarlos, obviamente se alteran los resultados de la temperatura, específicamente el porcentaje de datos válidos. Se empezaron a obtener datos coherentes de humedad relativa en esta estación desde el mes de enero de 2012.

En el caso de la estación MED-JABO, se obtuvieron datos de humedad relativa coherentes físicamente solo entre mayo de 2011 y los primeros días de julio del año 2011 y entre noviembre de 2011 y enero de 2012, el resto de meses se obtuvieron datos erróneos. La última acción al respecto fue enviar el sensor de humedad de esta estación nuevamente a SANAMBIENTE en Cali (ver anexo C, mantenimiento de las estaciones). En relación con los datos de presión atmosférica en esta estación, después de varias revisiones del sensor (in situ y en las instalaciones de SANAMBIENTE en Cali), se obtuvieron datos coherentes físicamente solo a partir del mes de febrero de este año.

Dado que el propósito de la estación MED-COLO era medir el impacto en la calidad del aire de la construcción del intercambio vial de la 80 (sobre la quebrada La Igüaná), esto obligó a ubicar dicha estación en un sitio en el que los datos de viento no son válidos desde el punto de vista de la meteorología, razón por la cual no se tienen en cuenta los datos de viento de esta estación para la elaboración de este informe.

Por cuestiones técnicas (ver anexo C, mantenimiento de las estaciones), en las estaciones MED-BEME y MED-UPB (estación móvil ubicada en sitios diferentes), no se obtuvieron datos de precipitación para el período abril/2011 - mayo/2012, y solo hasta mediados de noviembre de 2011 se empezaron a obtener datos de velocidad y dirección del viento, esto explica el porqué del porcentaje de datos válidos en relación a esta variable específicamente en la estación MED-BEME.

En la estación MED-PJIC, se obtuvieron datos de precipitación coherentes solo a partir de mayo de 2012. Por otra parte, en esta misma estación no se están obteniendo datos coherentes de radiación solar, por eso no se reportan en este informe.

En cuanto a los datos de radiación solar de Sabaneta, aunque se reportaron en varios informes, estos datos difieren fuertemente del promedio histórico de radiación solar para el Valle de Aburrá reportado por la UPME (Unidad de Planeación Minero-energética en el Atlas de radiación de Colombia), incluso en los últimos meses se han obtenido datos carentes de sentido físico e incluso estadístico. Con base en lo anterior, se tomó la decisión de no reportar estos datos.

Finalmente, los datos de presión atmosférica de la estación ITA-CJUS no tienen coherencia física (aumentan con el paso del tiempo) y no se reportan en este informe.

2.5.1 Precipitación

En la tabla 11 se presenta la precipitación acumulada mensual en las estaciones GIR-IECO, MED-JABO, MED-COLO, SAB-CAM e ITA-DITA en cada mes del período abril/2011 – mayo/2012. Los días de lluvia, la precipitación acumulada máxima diaria y la fecha en la que ocurrió dicho acumulado se presentan en la tabla 12.

No se reportan los datos de las estaciones MED-BEME, MED-UPB y MED-PJIC, pues son datos que no tienen consistencia física ni estadística. Por otra parte, no se presentan resultados de las estaciones MED-MANT e ITA-CJUS, pues como se explicó al principio de este capítulo, dichas estaciones no miden precipitación.

Tabla 11. Precipitación acumulada mensual para cada estación en abril 2011 – mayo 2012

Mes	Estación					
	GIR-IECO	MED-JABO	MED-COLO	MED-PJIC	SAB-CAM	ITA-DITA
Abr. – 2011	399.5		72.9		329.8	
May. – 2011	133.0	268.0	71.8		277.6	32.1
Jun. – 2011	225.5	274.0	119.5		302.2	70.3
Jul. – 2011	150.0	160.9	91.0		155.6	39.4
Ago. – 2011	159.5	141.2	94.0		155.6	48.7
Sep. – 2011	116.0	148.8			243.6	60.8
Oct. – 2011	218.5	214.2			287.8	83.6
Nov. – 2011	197.5	182.7				49.0
Dic. – 2011	151.5	176.8			174.4	40.5
Ene. – 2012	59.0	72.4			125.6	33.9
Feb. – 2012	23.5	20.2				9.4
Mar. – 2012	91.0	81.2				
Abr. – 2012		262.4			297.2	29.4
May. – 2012		125.2		111.1	231.4	19.9

GIR-IECO: Estación Girardota – Colegio Colombia, **MED-JABO:** Estación Jardín Botánico de Medellín, **MED-COLO:** Estación Barrio Los Colores – Medellín, **SAB-CAM:** Estación Alcaldía de Sabaneta e **ITA-DITA:** Estación Parque Ditaíres de Itagüí.

Tabla 12. Días de lluvia, precipitación acumulada máxima diaria y fecha de ocurrencia abril 2011 – mayo 2012.

Estación	Variable	Mes													
		Abr. 2011	May. 2011	Jun. 2011	Jul. 2011	Ago. 2011	Sep. 2011	Oct. 2011	Nov. 2011	Dic. 2011	Ene. 2012	Feb. 2012	Mar. 2012	Abr. 2012	May. 2012
GIR-IECO	D. lluvia	23	20	22	18	17	20	23	25	18	11	5	15		
	P.a.m.d.	64.5	21.5	41.0	21.0	36.5	23.5	34.0	22.5	38.0	14.5	11.0	20.5		
	F.p.a.m.d.	22	24	1	18	23	18	7	23	20	18	4	9		

MED-JABO	D. lluvia		19	18	17	18	17	27	26	21	12	4	21	28	6
	P.a.m.d.		44.0	78.0	37.0	32.1	24.7	30.3	27.2	54.0	29.5	18.9	13.8	28.6	47.4
	F.p.a.m.d.		13	1	12	2	10	16	18	12	16	29	23	30	6
MED-COLO	D. lluvia	4	5	8	7	7									
	P.a.m.d.	53.8	19.4	23.0	25.0	25.7									
	F.p.a.m.d.	29	24	5	12	19									
MED-PJIC															6
															43.0
															6
SAB-CAM	D. lluvia	24	21	23	19	18	23	28		23	19			27	6
	P.a.m.d.	47.0	45,8	65.0	33.0	30.8	50.8	32.6		27.0	39.6			40.6	81.6
	F.p.a.m.d.	20	13	18	12	12	24	9		4	17			8	6
ITA-DITA	D. lluvia		7	18	18	22	21	25	27	19	15	10		16	3
	P.a.m.d.		15.5	13.0	7.2	8.16	16.0	10.6	9.66	8.4	8.4	2.6		5.6	10.0
	F.p.a.m.d.		24	22	12	1	24	9	18	7	23	16		28	1

GIR-IECO: Estación Girardota – Colegio Colombia, **MED-JABO:** Estación Jardín Botánico de Medellín, **MED-COLO:** Estación Barrio Los Colores – Medellín, **SAB-CAM:** Estación Alcaldía de Sabaneta e **ITA-DITA:** Estación Parque Ditaires de Itagüí.

D. lluvia: Número de días que llovió en el mes respectivo. **P.a.m.d.:** Precipitación acumulada máxima diaria del mes. **F.p.a.m.d.:** Fecha para la que se obtuvo la precipitación acumulada máxima diaria.

Con respecto a los datos de precipitación reportados en las tablas anteriores, en principio son datos representativos los correspondientes a las estaciones GIR-IECO, MED-JABO, MED-PJIC y SAB-CAM, los datos de las estaciones MED-COLO e ITA-DITA, aunque se reportan, son datos que no solo difieren bastante con respecto a los acumulados de las demás estaciones sino que también están muy por debajo del promedio cuando se comparan por ejemplo con los acumulados mensuales reportados por el Sistema de Alerta Temprana del Valle de Aburrá (SIATA, www.siata.gov.co), respecto a estos problemas actualmente está pendiente el arreglo del pluviómetro de la estación móvil (estación correspondiente a lo que en este informe se reporta como estaciones MED-COLO, MED-BEME y MED-UPB). A partir de este punto solo se tendrán en cuenta los resultados de las estaciones GIR-IECO, MED-JABO y SAB-CAM.

Ahora bien, durante los meses de registro del año 2011, la precipitación acumulada máxima diaria en la estación GIR-IECO, igual a 64.5 mm de lluvia, se obtuvo el 22 de abril. En la estación MED-JABO el acumulado máximo diario, igual a 78.0 mm, se obtuvo el 01 de junio. En la estación SAB-CAM el 18 de junio se obtuvo el máximo acumulado diario con un valor de 64,6 mm. Ya teniendo en cuenta los meses de registro del año 2012, los acumulados máximos en las estaciones GIR-IECO, MED-JABO, MED-PJIC y SAB-CAM, iguales a 20.5 mm, 47.4 mm, 43.0 mm y 81.6 mm respectivamente, se obtuvieron los días 09 de marzo en la estación GIR-IECO y en el resto de estaciones el 06 de mayo.

Según la escala de precipitación diaria de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, RMCAB, presentada en la tabla D1 del anexo D, los acumulados máximos diarios

obtenidos en la estación GIR-IECO corresponden a precipitaciones muy fuertes para el acumulado máximo diaria del mes de abril de 2011, precipitaciones fuertes para todos los acumulados desde los meses de mayo a diciembre de 2011 y precipitaciones moderadas para los acumulados de los meses de enero a marzo de 2012.

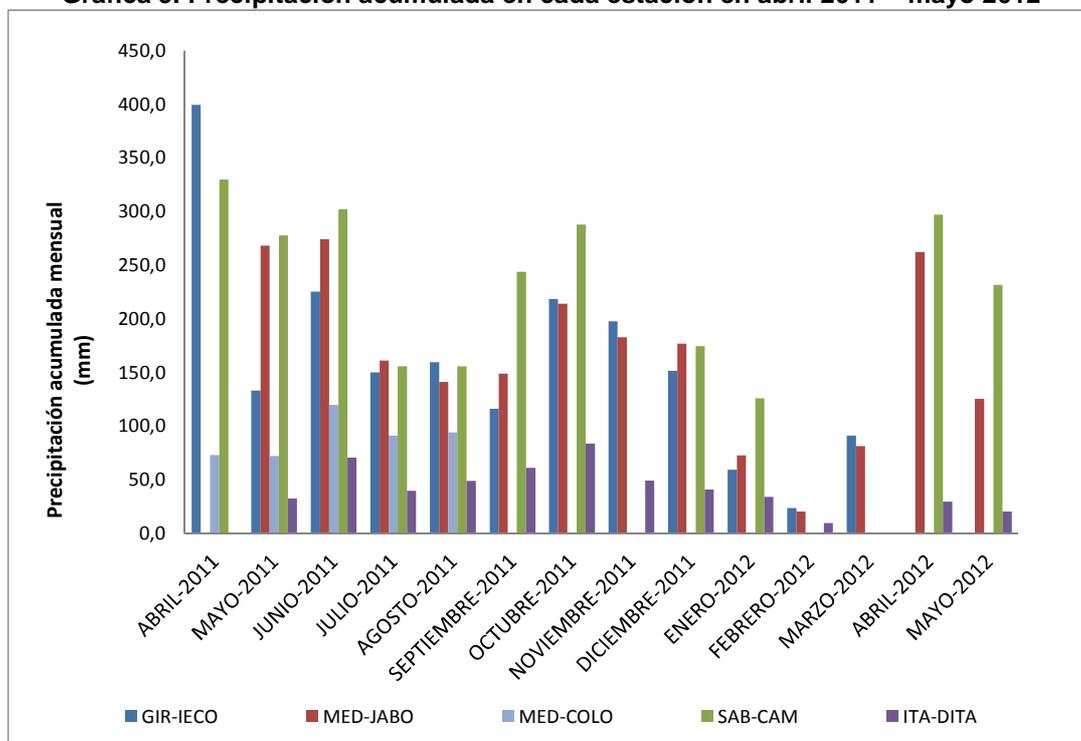
En el caso de la estación MED-JABO, los acumulados máximos obtenidos en los meses de mayo de 2011, período julio – 2011 a enero – 2012 y abril y mayo de 2012 corresponden a precipitaciones fuertes, el acumulado máximo del mes de junio de 2011 corresponde a precipitaciones muy fuertes y los acumulados de febrero y marzo de 2012 corresponden a precipitaciones moderadas.

El acumulado máximo obtenido para l mes de mayo de 2012 en la estación MED-PJIC, igual a 43.0 mm, corresponde a precipitaciones fuertes.

Para la estación SAB-CAM, el acumulado máximo del mes de mayo de 2012 corresponde a precipitaciones intensas, el acumulado del mes de junio de 2011 corresponde a precipitaciones muy fuertes. El resto de meses se obtuvieron acumulados máximos diarios correspondientes a precipitaciones fuertes.

En la gráfica 9 se muestra la precipitación acumulada mensual por estación para el período abril/2011 – mayo/2012. En esta gráfica puede verse que en el período de registro correspondiente al año 2011 se presenta una bimodalidad coherente esto con las dos temporadas de lluvias que se sabe ocurren en el país.

Gráfica 9. Precipitación acumulada en cada estación en abril 2011 – mayo 2012



Las precipitaciones acumuladas durante el mes de abril de 2011 en las estaciones GIR-IECO y SAB-CAM, iguales a 399.5 y 329.8 mm respectivamente, corresponden a lluvias intensas según la escala de precipitación mensual de la RMCAB.

En las estaciones SAB-CAM y MED-JABO, las precipitaciones acumuladas durante el mes de mayo de 2011 con valores de 271.4 y 268.0 mm respectivamente, se consideran lluvias muy fuertes. El acumulado de la estación GIR-IECO, igual a 133.0 mm, se considera lluvia fuerte.

Durante el mes de junio de 2011, las precipitaciones acumuladas registradas corresponden a lluvias intensas en la estación SAB-CAM y lluvias muy fuertes en las estaciones GIR-IECO y MED-JABO. En el mismo orden en el que se enunciaron las estaciones, los valores de las precipitaciones acumuladas son 302.2, 225.5 y 245.8, mm respectivamente.

La precipitación acumulada en el mes de julio de 2011 en las estaciones GIR-IECO, MED-JABO y SAB-CAM, igual a 150.0, 160.9 y 156.2 mm respectivamente, corresponden a precipitaciones fuertes.

Las lluvias registradas en el mes de agosto de 2011 en las estaciones GIR-IECO, MED-JABO y SAB-CAM, iguales a 159.5, 141.2 y 155.6 mm respectivamente, corresponden a precipitaciones fuertes.

Las precipitaciones acumuladas en el mes de septiembre de 2011 en las estaciones GIR-IECO y MED-JABO, iguales a 116.0 y 148.8mm respectivamente, corresponden a lluvias fuertes. La precipitación acumulada en la estación SAB-CAM, igual a 243.6 mm corresponde a lluvias muy fuertes.

Durante el mes de octubre de 2011, en la estación SAB-CAM se obtuvo una precipitación acumulada igual a 287.8 mm y correspondiente a lluvias intensas. Los acumulados obtenidos en las estaciones GIR-IECO y MED-JABO, 218.5 y 214.2 mm respectivamente, corresponden a lluvias muy fuertes.

En las estaciones GIR-IECO y MED-JABO, se obtuvieron en el mes de noviembre de 2011 precipitaciones acumuladas correspondientes a lluvias fuertes, dichos valores fueron 197.5 y 182.7 mm respectivamente. Para la estación SAB-CAM no se obtuvieron datos durante este mes.

Las precipitaciones acumuladas en el mes de diciembre de 2011 en las estaciones MED-JABO, GIR-IECO y SAB-CAM, iguales a 214.2, 151.5 y 174.4 respectivamente, corresponden a lluvias muy fuertes en el caso de la estación MED-JABO y lluvias fuertes en las estaciones GIR-IECO y SAB-CAM.

Durante el mes de enero de 2012, en la estación SAB-CAM se obtuvo una precipitación acumulada igual a 125.6 mm y correspondiente a lluvias fuertes. Los acumulados

obtenidos en las estaciones GIR-IECO y MED-JABO, 59.0 y 72.4 mm respectivamente, corresponden a lluvias moderadas.

En las estaciones GIR-IECO y MED-JABO, se obtuvieron en el mes de febrero de 2012 precipitaciones acumuladas correspondientes a lluvias ligeras, dichos valores fueron 23.5 y 20.2 mm respectivamente. Para la estación SAB-CAM no se obtuvieron datos durante este mes. Cabe agregar que el acumulado de la estación MED-JABO corresponde a aproximadamente a 15 días, pues durante este mes se presentaron problemas con el datalogger de la estación (ver anexo C, mantenimiento de las estaciones).

Las precipitaciones acumuladas en el mes de marzo de 2012 en las estaciones GIR-IECO y MED-JABO, iguales a 91.0 y 81.2 mm respectivamente, corresponden a lluvias fuertes. Para la estación SAB-CAM no se obtuvieron datos durante este mes.

Durante el mes de abril de 2012 se obtuvieron precipitaciones muy fuertes en las estaciones MED-JABO y SAB-CAM con acumulados igual a 262.4 y 297.2 mm respectivamente. Durante este mes no se obtuvieron datos para la estación GIR-IECO pues se mandó a SANAMBIENTE en la ciudad de Cali para efectos de calibración.

Finalmente, con respecto a las precipitaciones registradas durante los 6 primeros días del mes de mayo, en las estaciones MED-JABO y MED-PJIC se obtuvieron acumulados equivalentes a precipitaciones fuertes, y en la estación SAB-CAM se obtuvo un acumulado equivalente a precipitaciones muy fuertes. En su orden, los acumulados fueron 125.2 mm, 111.1 mm y 231.4 mm.

Las anteriores clasificaciones tienen como base la escala de precipitación mensual de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, RMCAB, presentada en la tabla D1 del anexo D

Cabe agregar que para el período abril – diciembre de 2011, se obtuvo una precipitación acumulada igual a 1751.0 mm en la estación GIR-IECO, 1566.6 mm en la estación MED-JABO y 1926.6 mm en la estación SAB-CAM, siendo esta última claramente la estación con mayor acumulado.

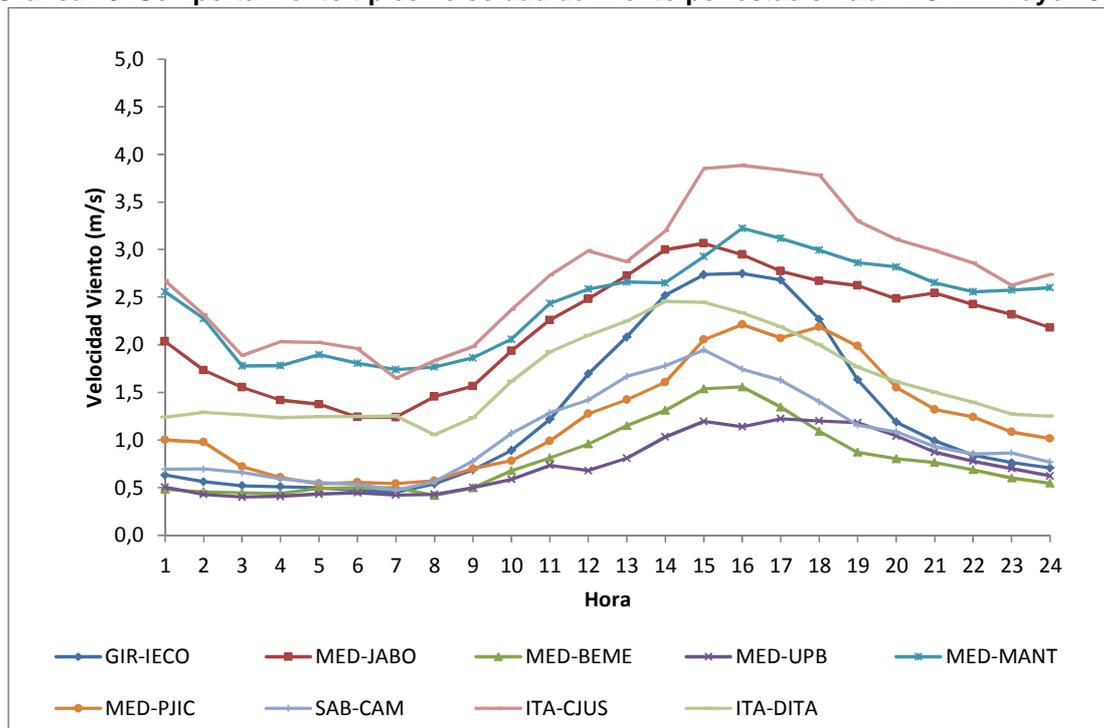
En el período 01 enero – 06 mayo de 2012 en la estación GIR-IECO se obtuvo un acumulado de 173.5 mm, en la estación MED-JABO 561.4 mm, 111.1 mm en la estación MED-PJIC y en la estación SAB-CAM 654.2 mm. El acumulado de la estación GIR-IECO no tienen en cuenta el mes de abril, ni los días de registro de mayo, ya que como se ha dicho esta estación está en calibración. El acumulado de la estación SAB-CAM no tiene en cuenta los meses febrero y marzo, meses en los que no se obtuvo información de precipitación en esta estación.

En cuanto a los meses en los que más días llovió, el mes más lluvioso en la estación GIR-IECO fue noviembre de 2011 con 25 días de lluvia, en la estación MED-JABO fue abril con 28 días de lluvia y en la estación SAB-CAM fue octubre de 2011 con 28 días en los que llovió.

2.5.2 Vientos - Rosas de vientos

El comportamiento horario típico de la velocidad del viento durante el período abril/2011 - mayo/2012 para todas las estaciones, exceptuando la estación MED-COLO, dadas las razones presentadas al inicio de este capítulo, se muestra en la gráfica 10. En general, los vientos disminuyen entre la 01:00 y las 07:00 (en algunas estaciones hasta las 08:00) hora a partir de la cual se incrementan las velocidades promedio hasta alcanzar los valores máximos entre las 13:00 y las 17:00. De las 17:00 en adelante las intensidades de viento disminuyen hasta alcanzar valores similares a los del inicio del día.

Gráfica 10. Comportamiento típico velocidad del viento por estación abril 2011 – mayo 2012



Las estaciones ITA-CJUS, MED-MANT y MED-JABO son las estaciones que registran las velocidades promedio horarias más altas, alcanzando valores de entre 3.0 y 4.0 m/s, vientos denominados leves según la escala de Beaufort presentada en la tabla D2 del anexo D.

En la estación GIR-IECO, los vientos fueron en promedio de calma entre la 01:00 y las 08:00, desde las 08:00 y hasta las 12:00 y a partir de las 19:00 los vientos fueron de ventolina, entre las 12:00 y las 19:00 fueron vientos suaves.

Para la estación MED-JABO, los vientos entre las 02:00 y las 09:00 son vientos de ventolina, el resto del día son vientos suaves.

Entre la 01:00 y las 08:00, los vientos promedios en las estaciones MED-BEME, MED-UPB y SAB-CAM son vientos de calma, de las 08:00 en adelante, los vientos aumentan su intensidad a vientos de ventolina, manteniéndose así el resto del día. Entre las 14:00 y las 16:00, la estación SAB-CAM presenta vientos suaves.

En el caso de la estación MED-MANT, la intensidad de los vientos todo el día corresponde a vientos suaves.

Desde la 01:00 y hasta pasadas las 14:00, y de las 20:00 en adelante, en la estación MED-PJIC los vientos promedio son vientos de ventolina, entre las 14:00 y las 20:00 los vientos son suaves.

En la estación ITA-CJUS los vientos promedios son suaves desde la 01:00 y hasta las 14:00, entre las 14:00 y hasta cerca de las 20:00 son vientos leves, de las 20:00 en adelante vuelven a ser vientos suaves.

Finalmente, en la estación ITA-DITA, los vientos promedios horarios fueron de ventolina hasta pasadas las 10:00, a partir de esta hora y hasta pasadas las 19:00 los vientos promedios horarios fueron vientos suaves, y de las 19:00 en adelante los vientos volvieron a ser de ventolina.

Cabe agregar por una parte que los ciclos horarios calculados y mostrados en la gráfica 10 no tienen necesariamente el mismo período de tiempo (diferentes meses de registro). Por otra parte, el comportamiento de las velocidades de viento promedio horarias descrito anteriormente para cada estación corresponde a las condiciones de velocidad de viento en un “día promedio” en el período abril/2011 – mayo/2012, esto es, dichos promedios tienen sentido estadísticamente, mas no implican que todos los días tuvieron el mismo comportamiento.

En la tabla 13 se presenta un resumen con las velocidades medias de los vientos diurnos y nocturnos en cada estación para el período abril/2011 – mayo/2012. En esta tabla se observa que los vientos diurnos son más intensos que los vientos nocturnos, lo cual es coherente físicamente.

Tabla 13. Velocidades medias vientos diurnos y nocturnos en abril 2011 – mayo 2012

Estación*	Var	Mes													
		Abr. 2011	May. 2011	Jun. 2011	Jul. 2011	Ago. 2011	Sep. 2011	Oct. 2011	Nov. 2011	Dic. 2011	Ene. 2012	Feb. 2012	Mar. 2012	Abr. 2012	May. 2012
GIR-IECO	V. D.	1.6	1.8	1.5	1.7	1.8	1.8	1.7	1.5	1.5	1.9	2.3	1.5		
	V. N.	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.8	0.7	0.6	0.7	0.8	1.0	0.8		
MED-JABO	V. D.		2.5	2.3	2.7	2.3	2.2	2.1	1.8	2.3	2.9	2.8	2.7	2.0	1.5
	V. N.		2.0	2.1	2.4	2.2	2.1	1.5	1.3	1.9	2.4	2.8	2.1	1.7	1.2
MED-BEME	V. D.								1.1	1.0	1.0	1.0	0.9	0.8	
	V. N.								0.6	0.5	0.5	0.6	0.7	0.5	
MED-UPB	V. D.													0.9	0.5

	V. N.													0.7	0.5
MED-MANT	V. D.												2.7	2.4	2.0
	V. N.												2.7	2.1	1.5
MED-PJIC	V. D.												1.3	1.4	1.3
	V. N.												0.8	1.2	0.8
SAB-CAM	V. D.	1.2	1.4	1.3	1.6	1.5	1.3	1.3	1.2	1.3	1.4	1.4	1.1	1.1	1.0
	V. N.	0.7	0.8	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.9	0.9	0.8	0.6	0.3
ITA-CJUS	V. D.												3.1	2.9	2.4
	V. N.												2.8	2.4	1.6
ITA-DITA	V. D.		1.9	1.8	2.1	2.0	1.9	1.8	1.8	1.8	2.0	1.9		1.9	1.6
	V. N.		1.3	1.4	1.4	1.5	1.3	1.2	1.2	1.3	1.5	1.5		1.2	1.0

GIR-IECO: Estación Girardota – Colegio Colombia, **MED-JABO:** Estación Jardín Botánico de Medellín, **MED-BEME:** Estación Barrio Belén Las Mercedes – Medellín, **MED-MANT:** Estación Museo de Antioquia – Medellín, **MED-PJIC:** Estación Politécnico Jaime Isaza Cadavid – Medellín, **SAB-CAM:** Estación Alcaldía de Sabaneta, **ITA-CJUS:** Estación Casa de Justicia – Itagüí e **ITA-DITA:** Estación Parque Ditaíres de Itagüí.
Vientos diurnos, **V. N.:** Vientos nocturnos.

Las velocidades de viento máximas y las direcciones asociadas a estas velocidades, además de la fecha de ocurrencia se presentan en la tabla 14.

Tabla 14. Velocidades máximas, direcciones asociadas y fechas de ocurrencia por mes en abril 2011 – mayo 2012

Estación	Variable	Mes													
		Abr. 2011	May. 2011	Jun. 2011	Jul. 2011	Ago. 2011	Sep. 2011	Oct. 2011	Nov. 2011	Dic. 2011	Ene. 2012	Feb. 2012	Mar. 2012	Abr. 2012	May. 2012
GIR-IECO	V. Máx. (m/s)	5.5	6.0	5.0	5.0	5.6	5.7	4.9	5.1	4.7	5.0	5.5	5.5		
	Dir.	WSW	W	WSW	WSW	W	W	WSW	WNW	W	W	WSW	SW		
	Día vel. m.	21 27	07	19	09	18	02	22	02	20	1	13	27		
	Hora vel. m.	17:00 16:00	12:00	16:00	16:00	16:00	15:00	15:00	15:00	15:00	15:00	16:00	14:00	17:00	
MED-JABO	V. Máx. (m/s)		7.4	6.2	7.3	6.8	7.3	7.4	6.4	6.5	7.3	8.1	7.2	6.0	6.5
	Dir.		NNW N	N	N	N	N	NNW	N	NNW	NNW	NNW	NW	N	NNE
	Día vel. m.		10 19	30 13	18	25	03	23	18	25	3	14	9	3	3
	Hora vel. m.		20:00 16:00	11:00 10:00	15:00	15:00	12:00	16:00	15:00	13:00	15:00	16:00	18:00	17:00	14:00
MED-BEME	V. Máx. (m/s)								3.2	3.9	3.2	3.1	3.7	2.6	
	Dir.								W	E	SW	SW	E	E	
	Día vel. m.								27	21	5	27	31	2	
	Hora vel. m.								14:00	15:00	15:00	18:00	15:00	17:00	
MED-UPB														3.7	1
														N	N
														29	1
														19:00	22:00

MED-MANT													6.2	6.1	5.5
													NNE	S	NNE
													3	26	3
													22:00	18:00	14:00
MED-PJIC													6,1	5,4	3.9
													NNW	N	N
													26	16	6
													15:00	16:00	18:00
SAB-CAM	V. Máx. (m/s)	5.1	5.9	5.7	4.8	7.2	6.2	5.1	3.6	5.3	6.7	4.0	4.6	5.0	2.6
	Dir.	ESE	SW	NE	NE ENE	NE	SSW	NE ESE	SSW	NE	SSW	ENE	E	NNE	E
	Día vel. m.	08	14	11	08 25	10	10	31 15	06	21	23	22	24	25	1
	Hora vel. m.	18:00	14:00	15:00	13:00 14:00	15:00	23:00	14:00 12:00	16:00	15:00	16:00	16:00	18:00	23:00	14:00
ITA-CJUS													11.0	10.2	6.0
													NNW	NNW	SW
													7	19	2
													18:00	17:00	13:00
ITA-DITA	V. Máx. (m/s)		5.3	5.0	5.2	5.4	5.2	6.2	5.2	4.9	5.3	4.4		5.1	2.7
	Dir.		NW	ESE	ESE	ESE	SE	NNE	SSE	ESE	WNW	NNW		NA	ENE
	Día vel. m.		16	11	25	10	01	24	14	21	23	17		26	2.0
	Hora vel. m.		18:00	14:00	15:00	14:00	12:00	16:00	14:00	16:00	18:00	17:00		15:00	11:00

GIR-IECO: Estación Girardota – Colegio Colombia, **MED-JABO:** Estación Jardín Botánico de Medellín, **MED-BEME:** Estación Barrio Belén Las Mercedes – Medellín, **MED-MANT:** Estación Museo de Antioquia – Medellín, **MED-PJIC:** Estación Politécnico Jaime Isaza Cadavid – Medellín, **SAB-CAM:** Estación Alcaldía de Sabaneta, **ITA-CJUS:** Estación Casa de Justicia – Itagüí e **ITA-DITA:** Estación Parque Ditaires de Itagüí.

V. Máx (m/s): Máxima velocidad del viento registrada en el mes respectivo. **Dir:** Dirección del viento asociada a la velocidad máxima. **Día vel. m.:** Día en que se registró la velocidad máxima. **Hora vel. m.:** Hora en la que se registró la velocidad máxima del mes respectivo.

Las velocidades máximas obtenidas en la estación GIR-IECO para los meses de registro, oscilan entre vientos leves y moderados siendo la máxima registrada igual 6.0 m/s, considerada como viento moderado según la escala de vientos de Beaufort, se registró el sábado 07 de mayo de 2011 a las 12:00 con un flujo del oeste (W).

En el caso de la estación MED-JABO, las velocidades máximas oscilan entre vientos moderados y vientos regulares. La máxima velocidad de viento horaria igual a 8.1 (m/s), viento regular según la escala de Beaufort, se registró el 14 de febrero de 2012 a las 16:00 con flujo del nornoroeste (NNW).

Para la estación MED-BEME, las máximas velocidades varían entre vientos suaves y vientos leves. La máxima velocidad de viento registrada en esta estación, igual a 3.9 m/s, considerada como viento leve, se registró el 21 de diciembre de 2011 a las 15:00 con flujo del este (E).

En la estación MED-UPB, la velocidad máxima, igual a 3.7 m/s y flujo del norte (N), considerado viento leve, se obtuvo el 29 de abril de 2012 a las 19:00.

Las máximas velocidades registradas en las estaciones MED-MANT y MED-PJIC corresponden a vientos moderados. El 03 de marzo de 2012 se obtuvo la máxima velocidad en la estación MED-MANT, igual a 6.2 m/s con flujo del noreste (NNE) y el 26 de marzo se obtuvo la máxima de la estación MED-PJIC, igual a 6.1 m/s y flujo del noroeste (NNW).

En la estación SAB-CAM, las velocidades máximas registradas desde abril de 2011 hasta abril de 2012 oscilan entre vientos leves y moderados, siendo la máxima velocidad de registrada igual a 7.2 (m/s), viento moderado, y obtenida el 10 de agosto de 2012 a las 15:00 con flujo del noreste (NE).

Para la estación ITA-CJUS, los vientos máximos registrados corresponden a vientos muy fuertes en los dos meses de registro que se llevan de esta estación. La máxima velocidad de viento horaria igual a 11,0 m/s, viento muy fuerte, se registró el 07 de marzo de 2012 a las 18:00, con un flujo del noroeste (NNW).

Finalmente, los vientos máximos registrados en la estación ITA-DITA oscilan entre vientos leves y moderados. La máxima velocidad de viento horaria se registró el 24 de octubre de 2011 a las 16:00 con una intensidad de 6.2 (m/s), viento moderado, y flujo del noreste (NNE).

Las rosas de vientos de las estaciones se presentan en las gráficas 11 a 19. Se incluyen las rosas de vientos diurnas, nocturnas y totales, además de las rosas de contaminación (material particulado) para las estaciones con registros de contaminación horarios. Según los resultados, del total de datos registrados para cada estación en el período abril/2011 – mayo/2012 se clasifican como vientos de calma, según la escala de Beaufort, el 9.6 % en la estación GIR-IECO, el 3.4 % en la estación MED-JABO, en la estación MED-BEME el 16.4 %, en la estación MED-UPB el 27.5 %, en la estación MED-MANT el 0.7 %, en la estación MED-PJIC el 14.1 %, en la estación SAB-CAM el 11.7 %, en la estación ITA-CJUS el 1.1 %, y en la estación ITA-DITA el 0,2 %.

Para el período abril/2011 – mayo/2012, en la estación GIR-IECO los vientos fueron predominantemente del suroeste (SW), tanto para la rosa de vientos total, la diurna y la nocturna. En el caso de la rosa de PM_{10} las direcciones dominantes, que podrían interpretarse como las direcciones de transporte, fueron el oeste-suroeste (WSW) y el suroeste (SW).

Las rosas de vientos total, diurna y nocturna en la estación MED-JABO tienen como dirección dominante el norte (N), dirección también dominante en la rosa de $PM_{2.5}$.

La rosa de vientos total de la estación MED-BEME tiene como dirección dominante el este-noreste (NNE), dirección dominante también en la rosa de vientos diurna, y en menor proporción el noreste (NE) y el oeste-noroeste (NNW). Cuando se considera la rosa de vientos nocturna se obtienen como direcciones dominantes el oeste-noroeste (WNW) y el

oeste (W). En esta estación, la rosa de $PM_{2.5}$ tiene como dirección dominante el este-noreste (ENE).

En la estación MED-UPB, la rosa de vientos total, tiene como dirección dominante el nornoroeste (NNW). Cuando se consideran las rosas de vientos diurna y nocturna se obtienen como direcciones dominantes el nornoroeste (NNW) y el norte (N). La rosa de $PM_{2.5}$ tiene como dirección dominante el nornoroeste (NNW).

Las rosas de vientos total, diurna y nocturna de la estación MED-MANT arrojan como dirección dominante el noreste (NE).

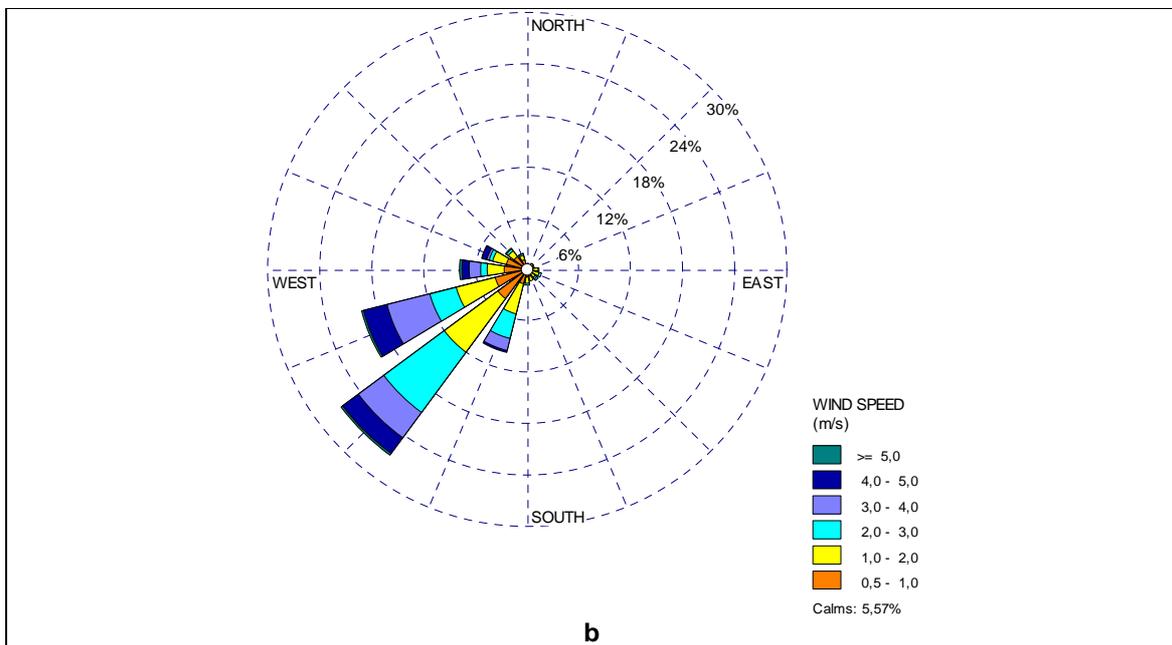
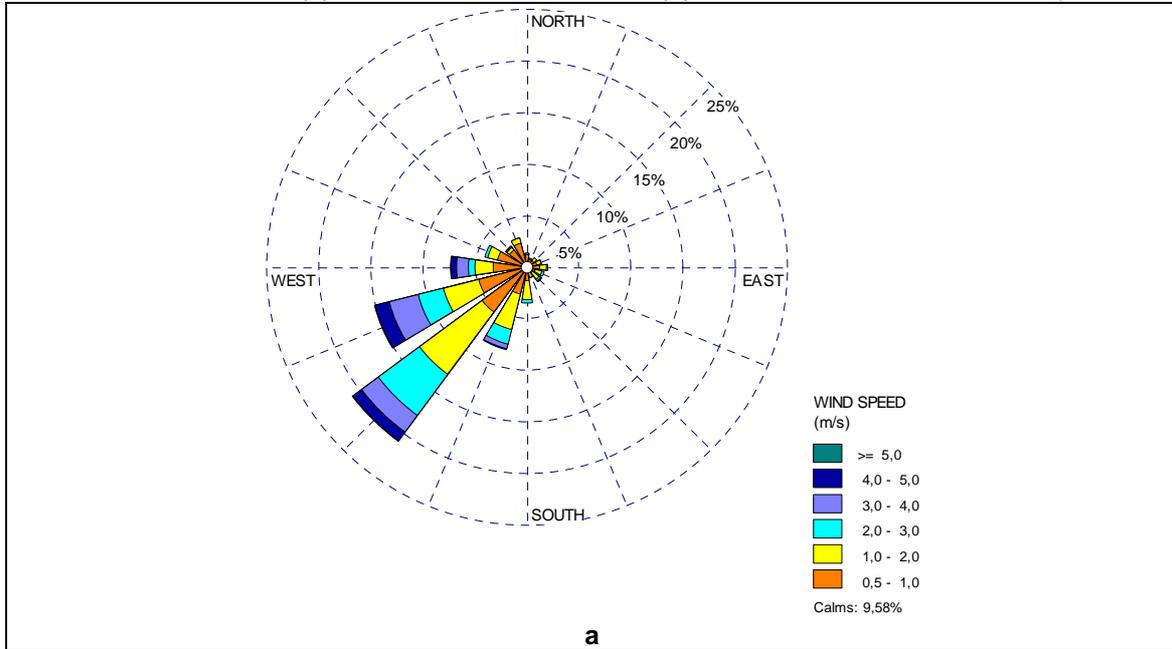
En el caso de la estación MED-PJIC, las rosas de vientos total y nocturna tienen como dirección dominante el norte (N), la rosa de vientos diurna tiene como direcciones dominantes el nornoroeste (NNW) y el norte (N) y en menor medida el sureste (SE). Cuando se consideran las rosas de contaminación se obtienen como direcciones dominantes, que se podrían interpretar como direcciones de transporte, el noreste (NE) en el caso de la rosa de PM_{10} y el nornoroeste (NNW), el norte (N) y el sureste (SE) para la rosa de PM_1 .

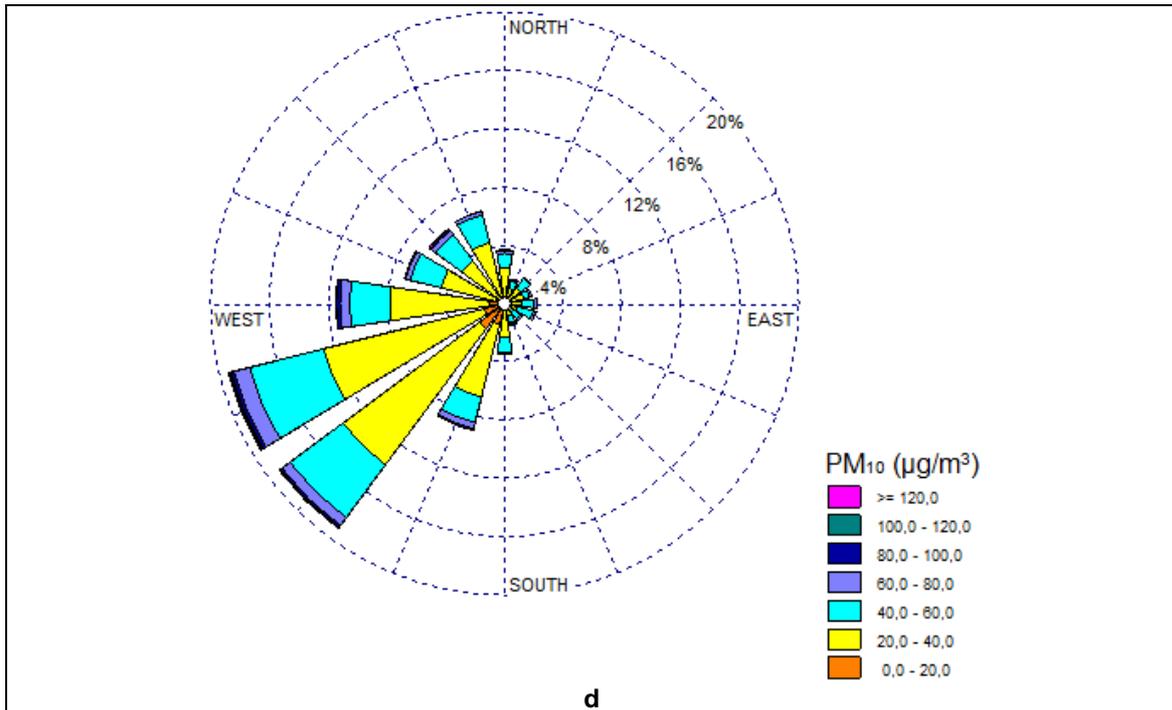
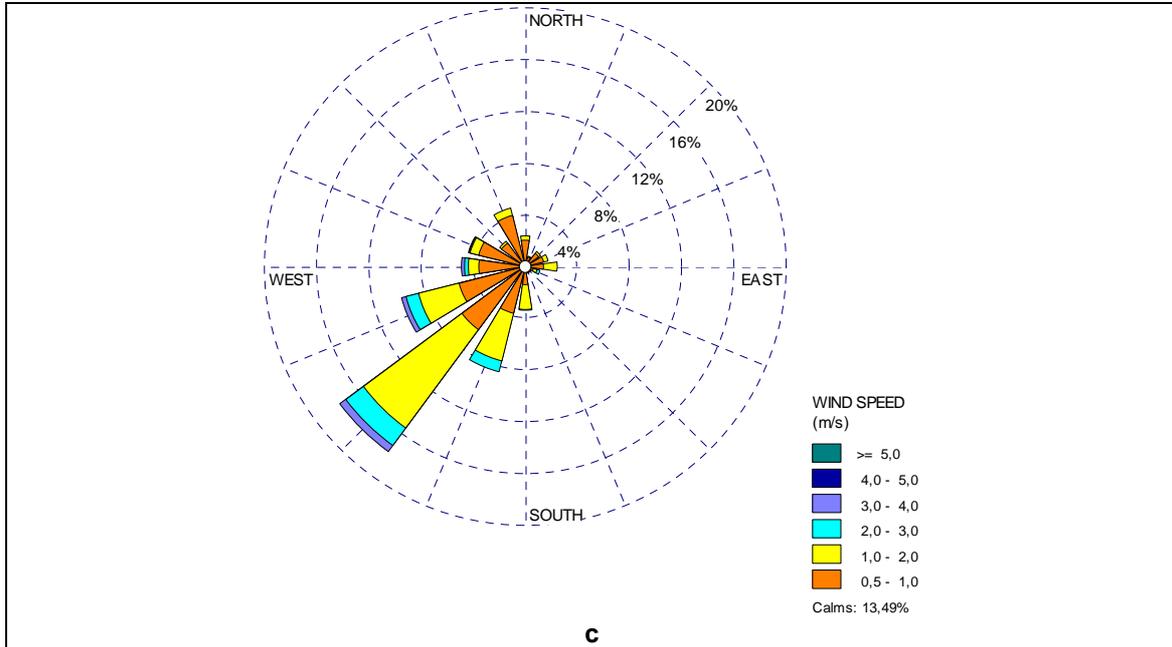
Las rosas de vientos total, diurna y nocturna de la estación SAB-CAM arrojan como dirección dominante el sursuroeste (SSW). En el caso de la rosa de vientos diurna, el sur (S) es una dirección dominante secundaria.

Para la estación ITA-CJUS, el norte (N) y en menor medida el nornoroeste (NNW) corresponden a las direcciones dominantes de las rosas de vientos total, diurna y nocturna. Estas direcciones también son las direcciones dominantes de la rosa de $PM_{2.5}$ de esta estación.

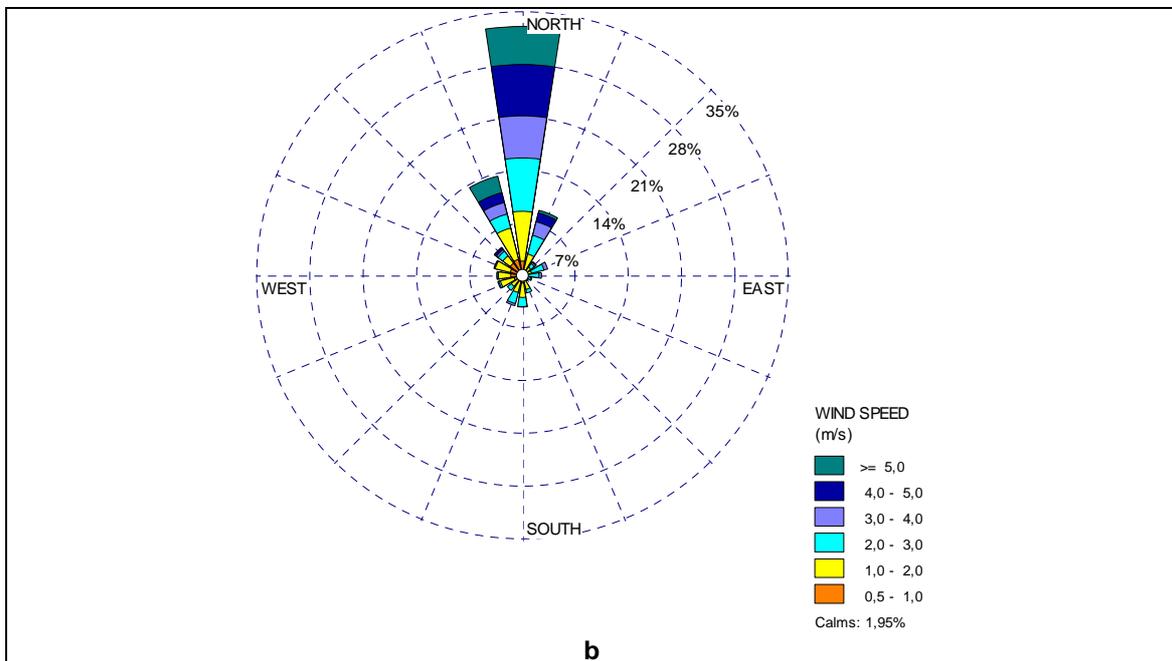
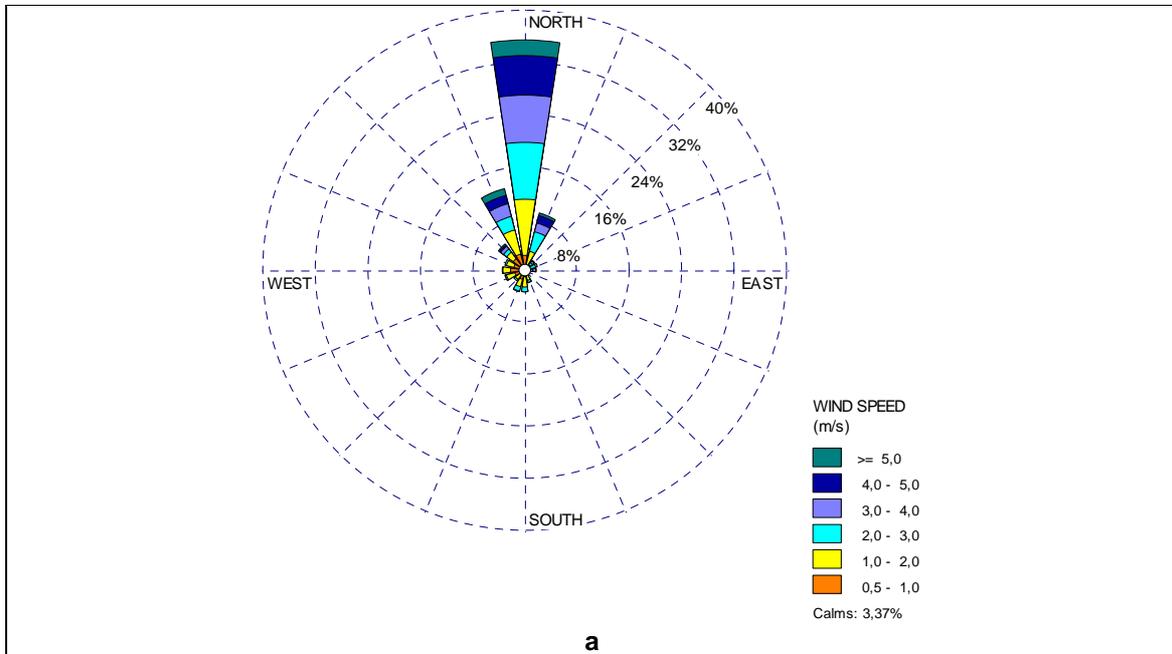
Finalmente, en la estación ITA-DITA, la rosa de vientos total tiene como dirección dominante el oeste-noroeste (WNW), dirección que coincide con la dirección dominante de las rosas de contaminación de PM_{10} y $PM_{2.5}$. Cuando se considera la rosa diurna surge como dirección dominante el sur-sureste (SSE). La rosa de vientos nocturna tiene como direcciones dominantes el oeste (W) y el oeste-noroeste (WNW).

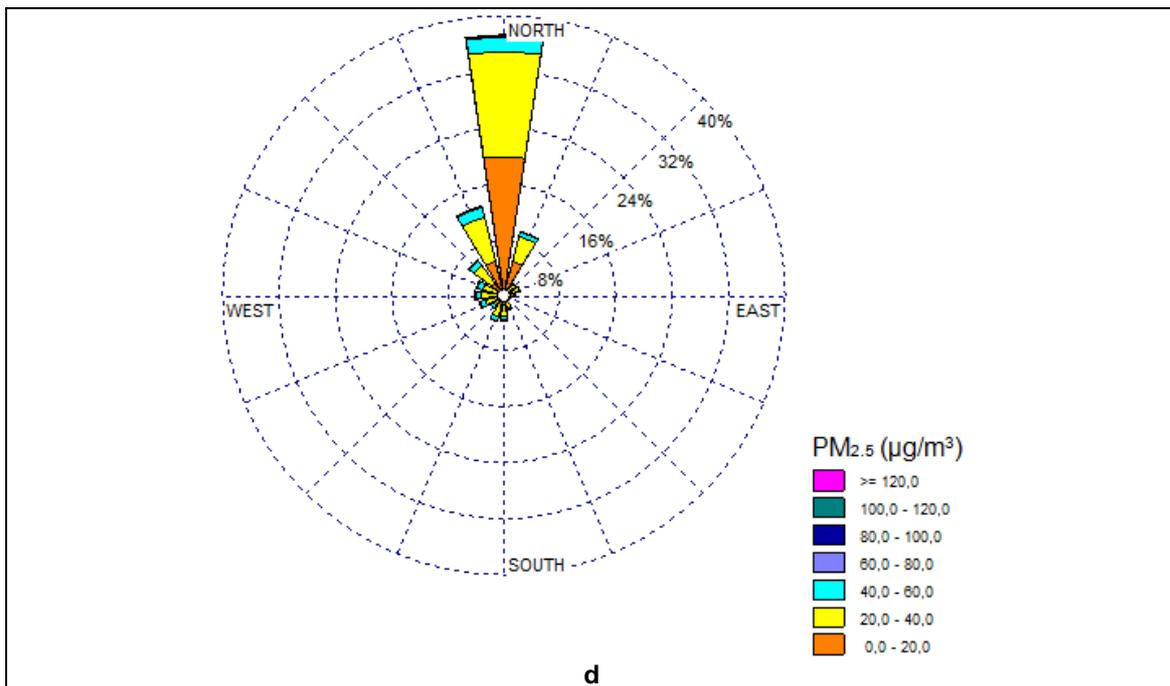
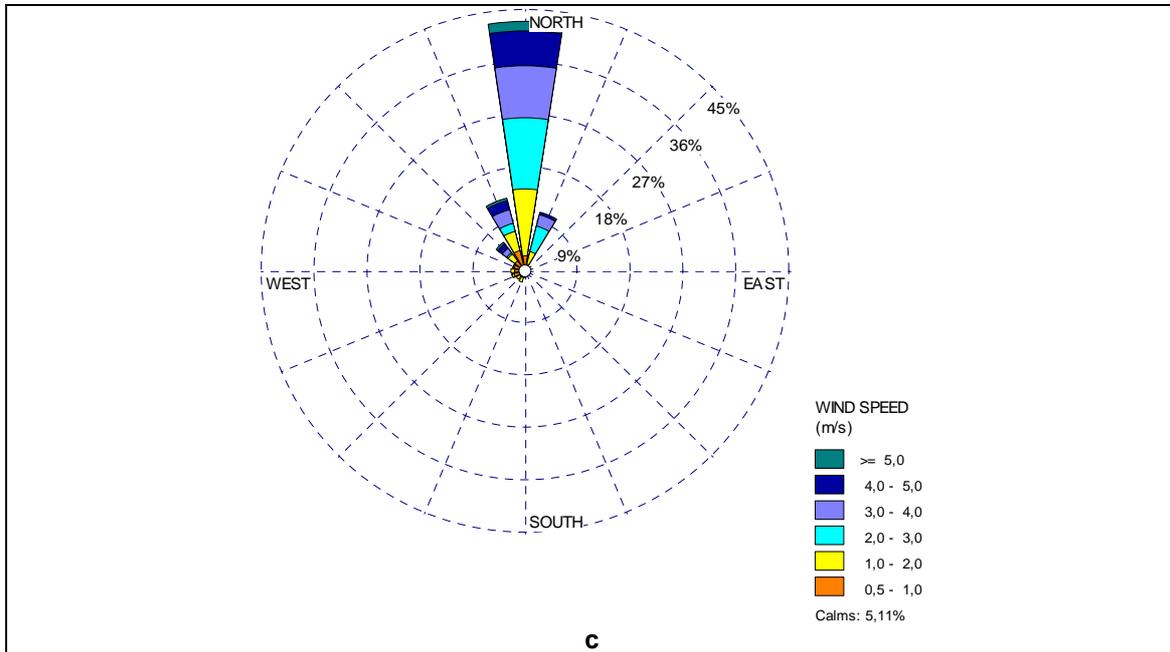
Gráfica 11. Rosas de viento de la estación GIR-IECO: (a) Rosa de viento total, (b) Rosa de viento diurna, (c) Rosa de viento nocturna, (d) Rosa de contaminación, PM₁₀.



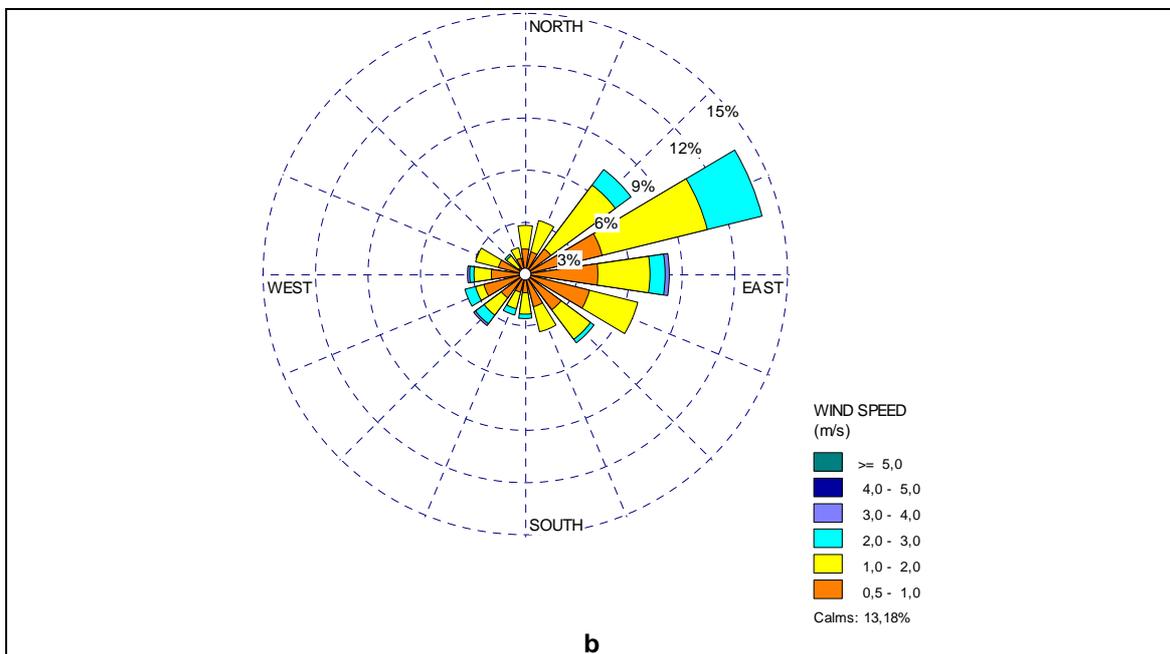
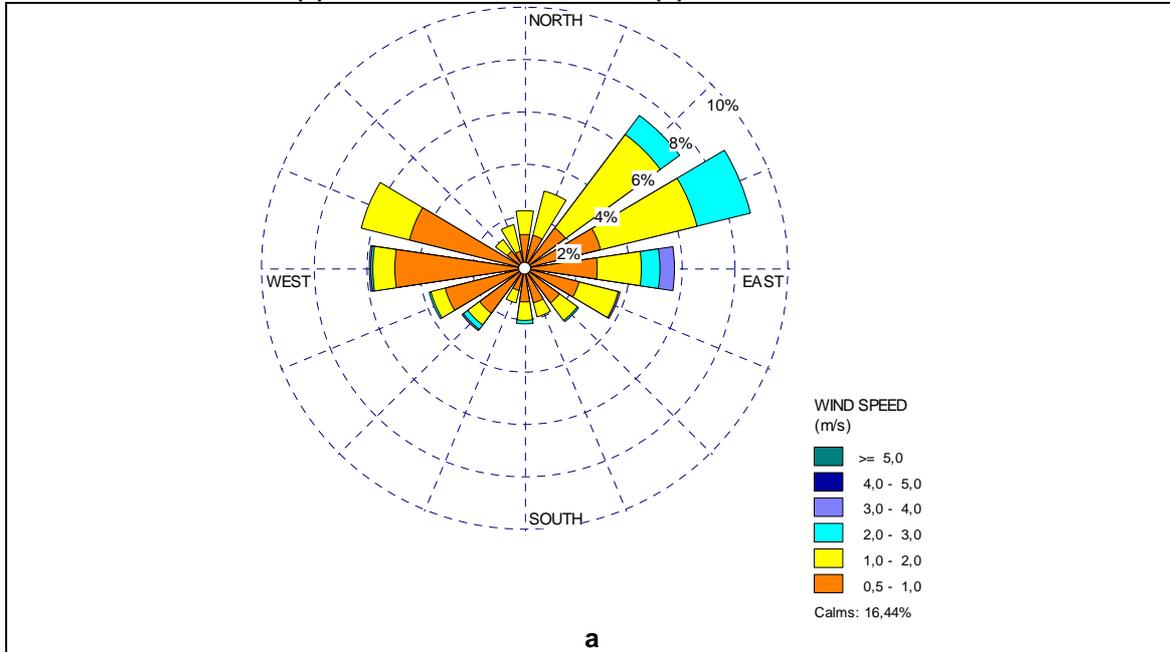


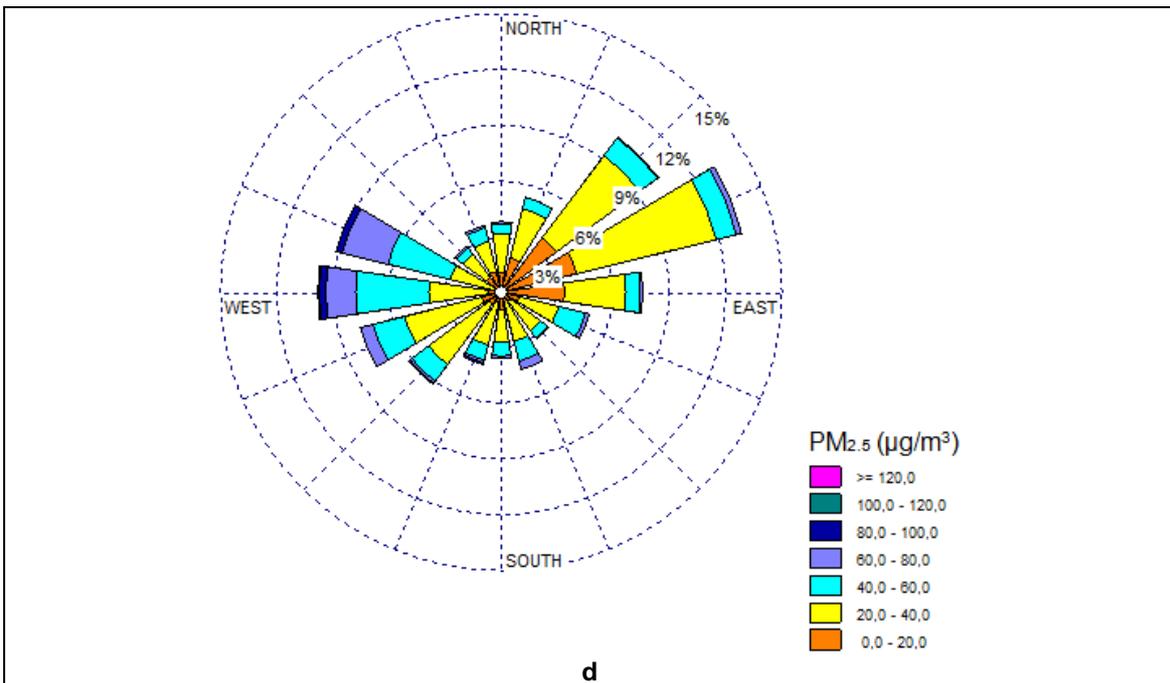
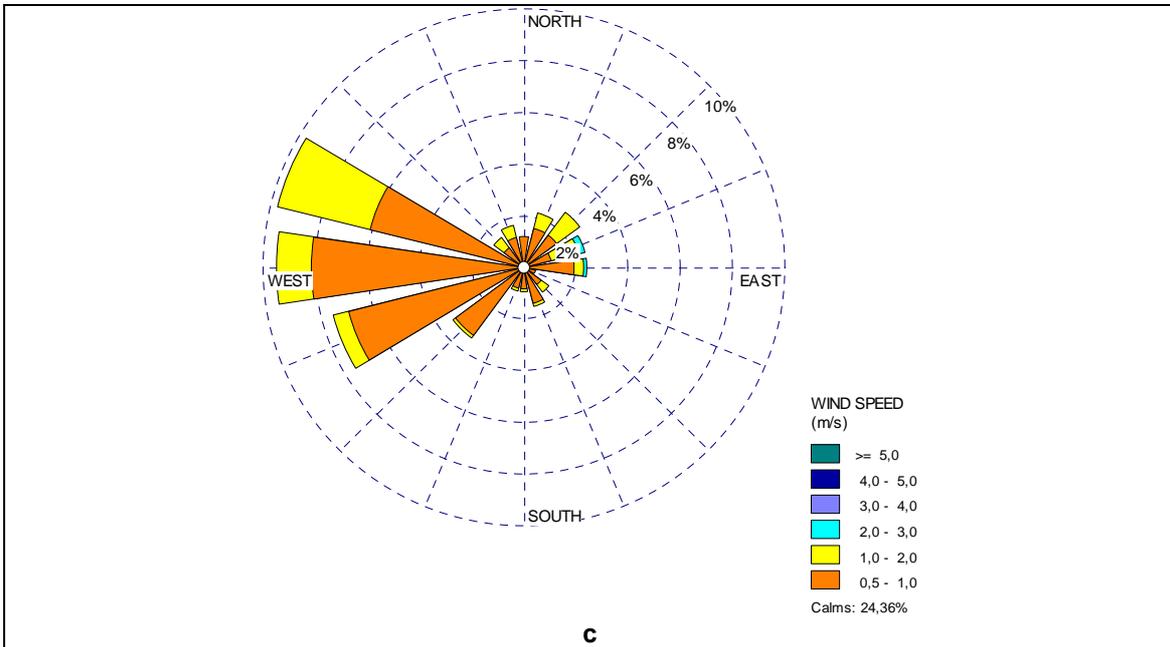
Gráfica 12. Rosas de viento de la estación MED-JABO: (a) Rosa de viento total, (b) Rosa de viento diurna, (c) Rosa de viento nocturna, (d) Rosa de contaminación, PM_{2.5}.



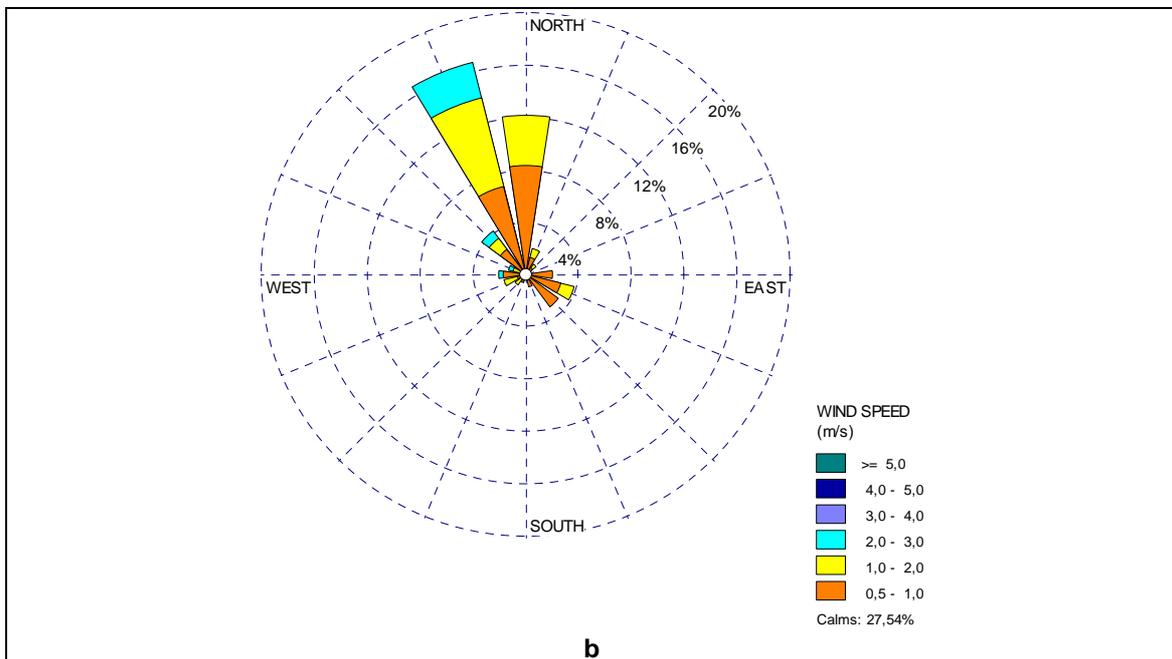
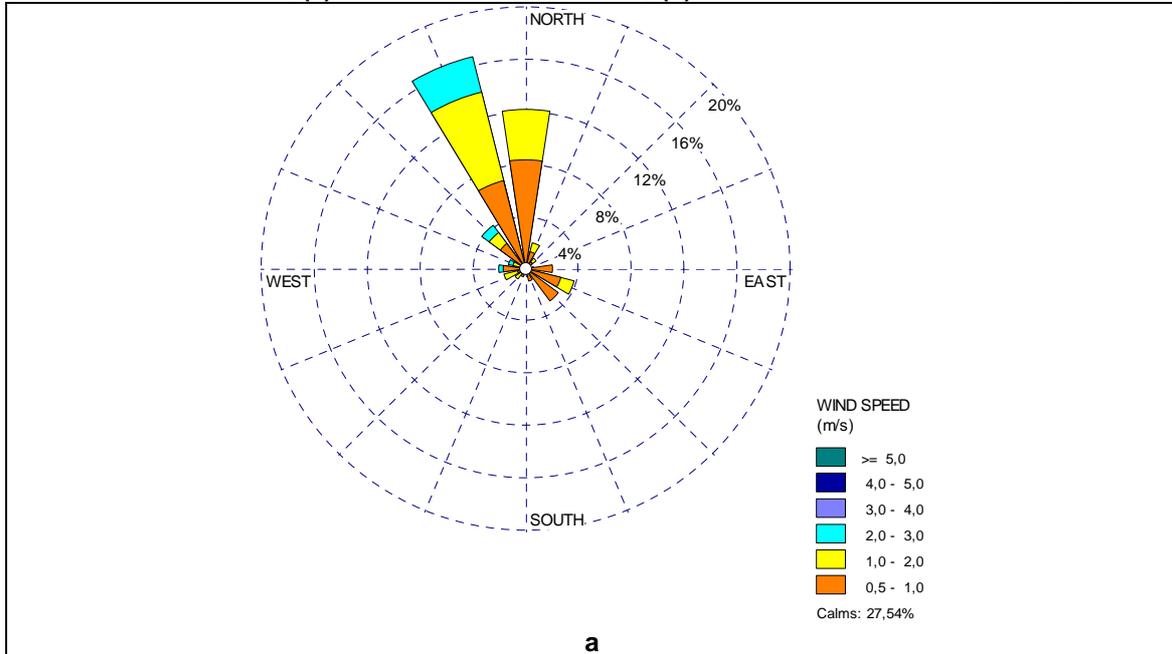


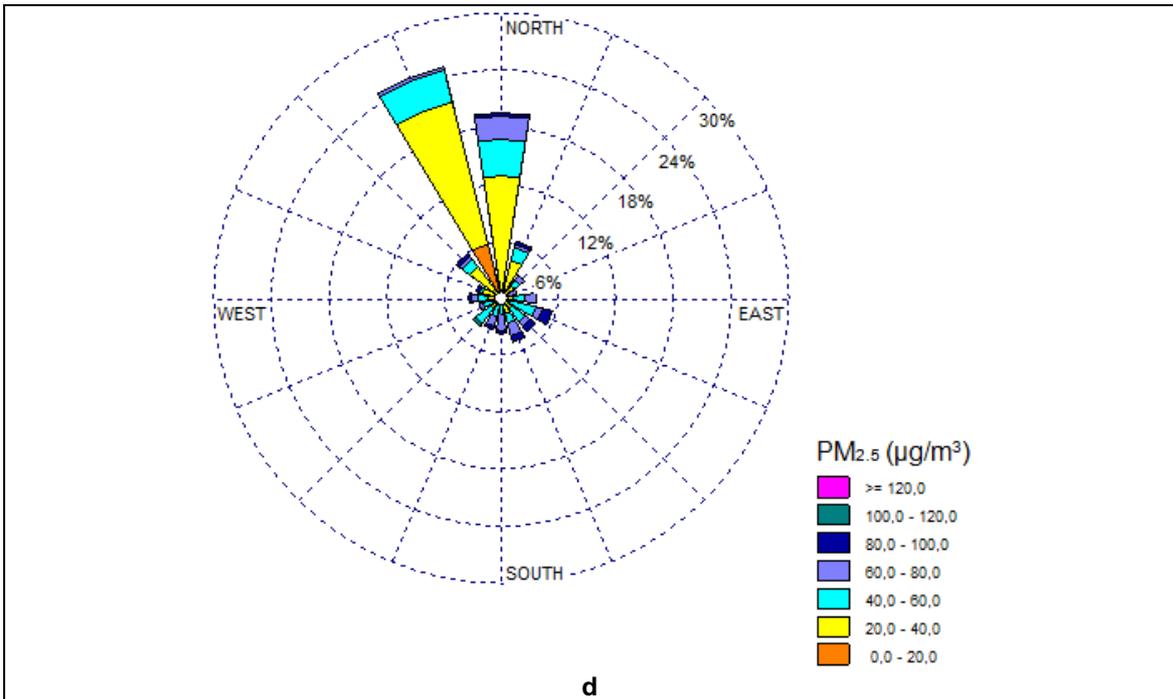
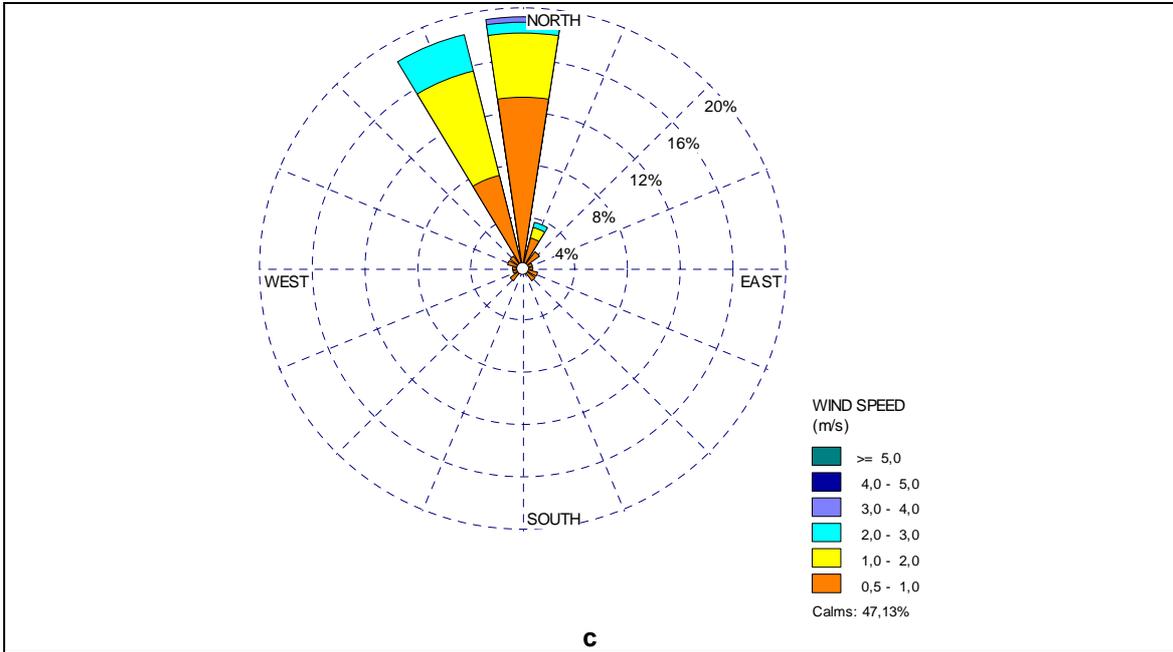
Gráfica 13. Rosas de viento de la estación MED-BEME: (a) Rosa de viento total, (b) Rosa de viento diurna, (c) Rosa de viento nocturna, (d) Rosa de contaminación, PM_{2.5}.



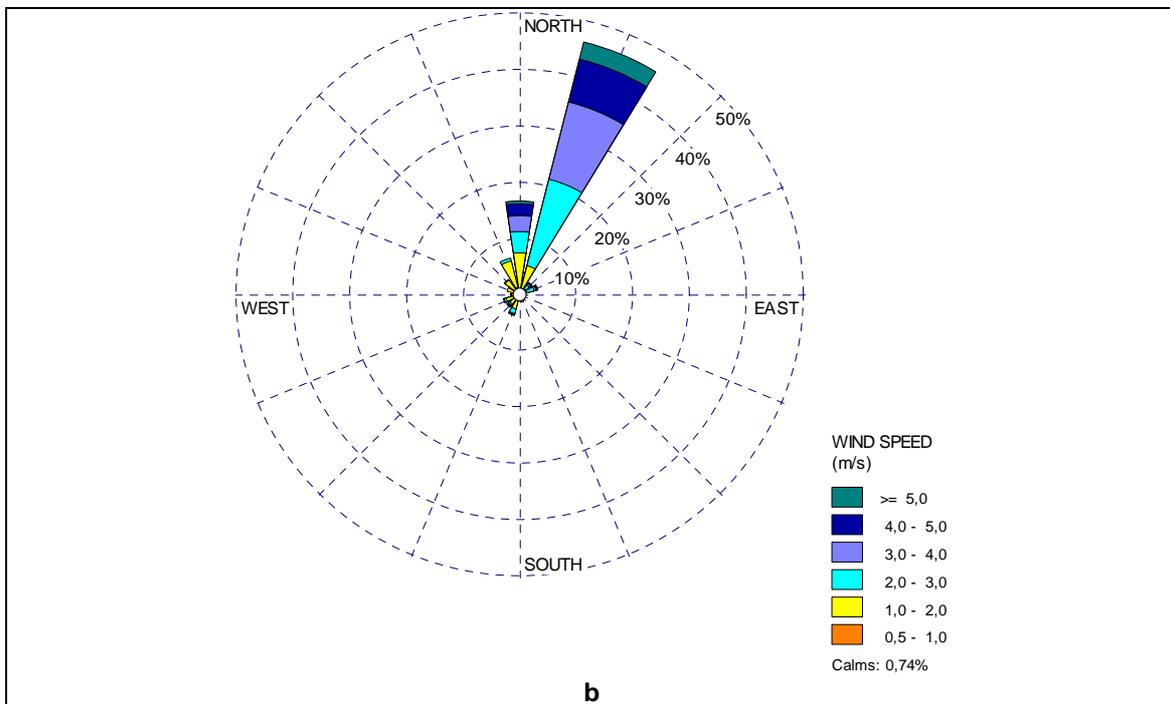
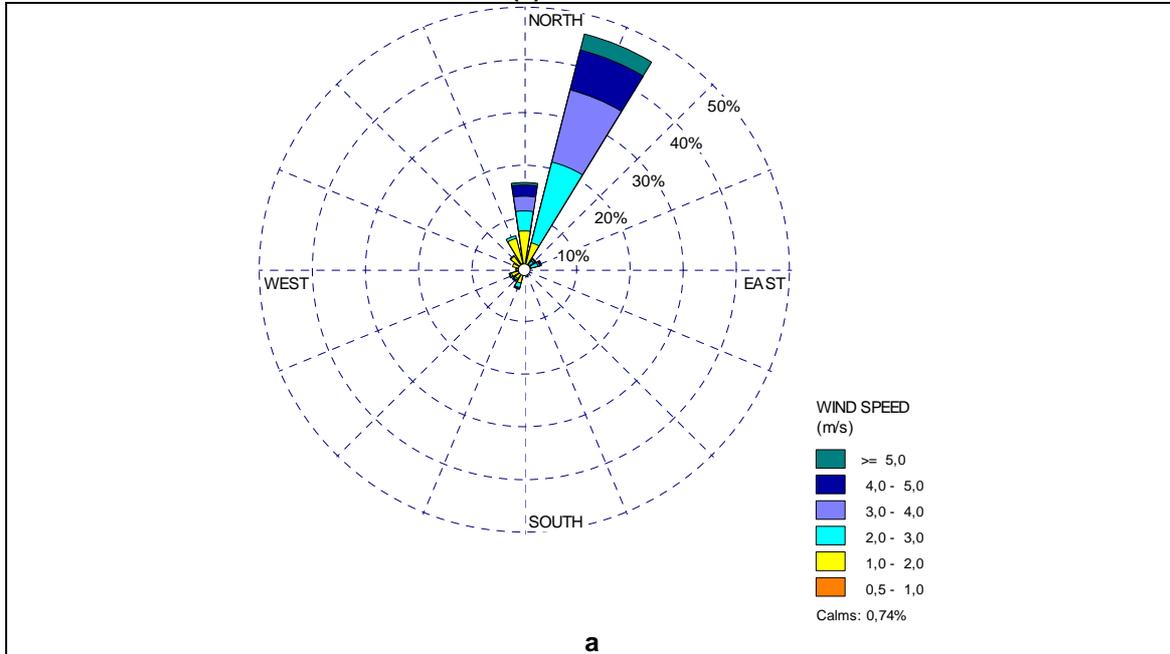


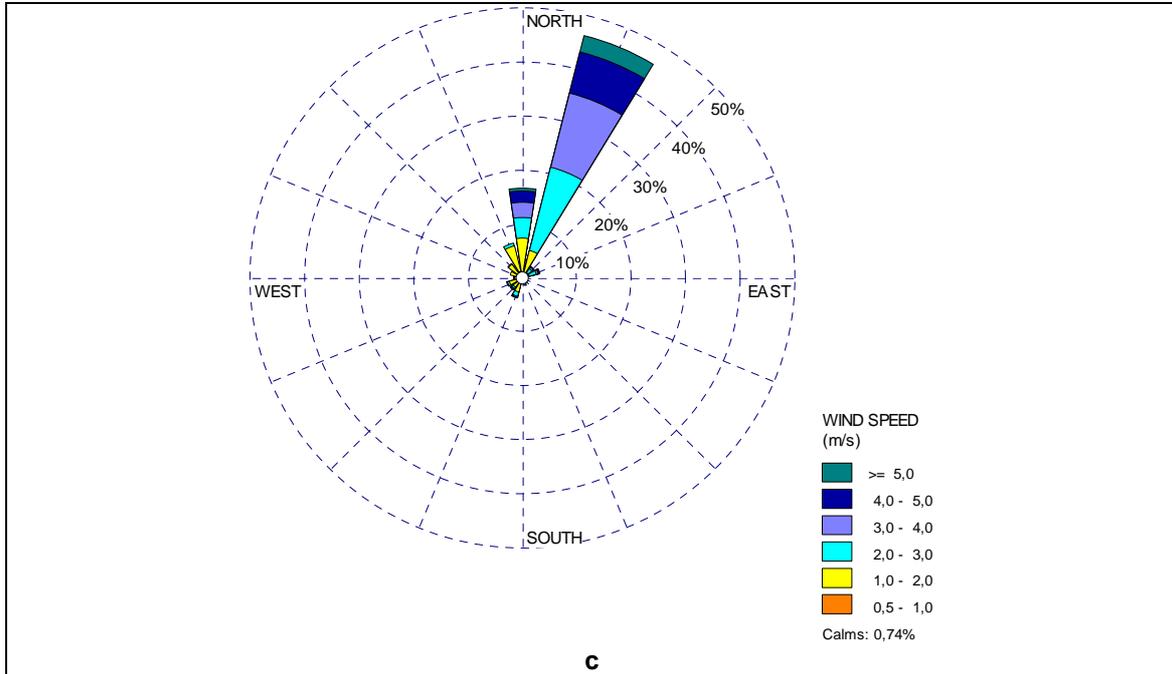
Gráfica 14. Rosas de viento de la estación MED-UPB:(a) Rosa de viento total, (b) Rosa de viento diurna, (c) Rosa de viento nocturna, (d) Rosa de contaminación, PM_{2,5}



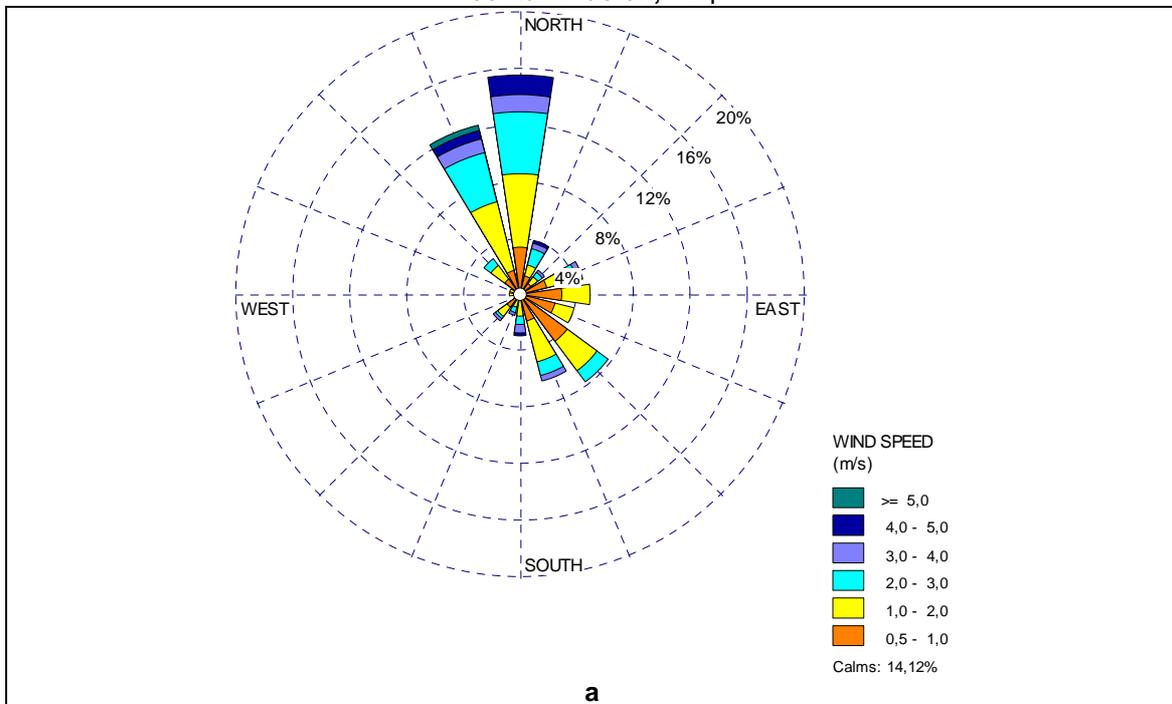


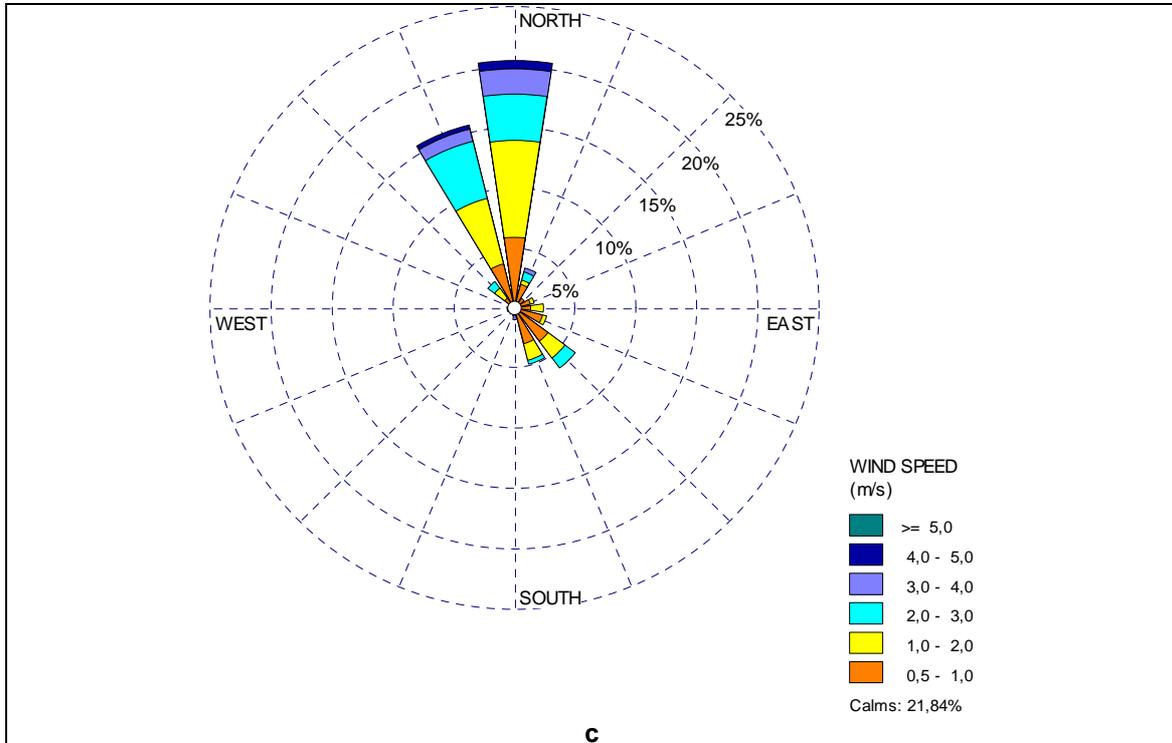
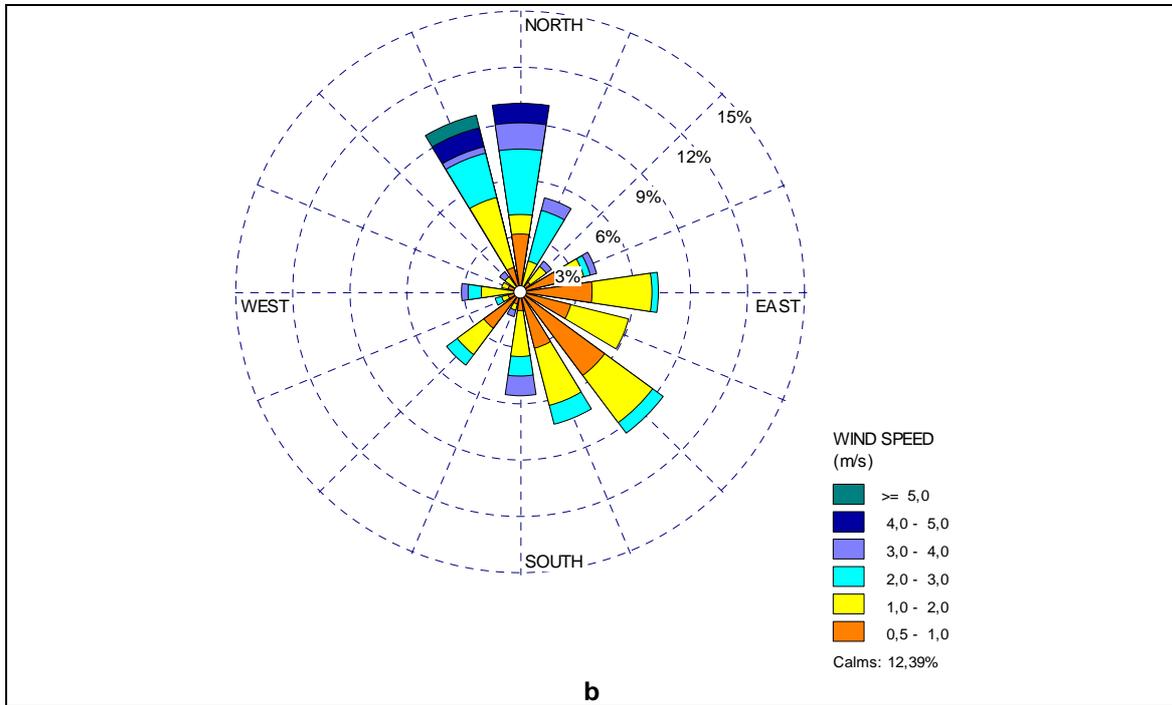
Gráfica 15. Rosas de viento de la estación MED-MANT:(a) Rosa de viento total, (b) Rosa de viento diurna, (c) Rosa de viento nocturna.

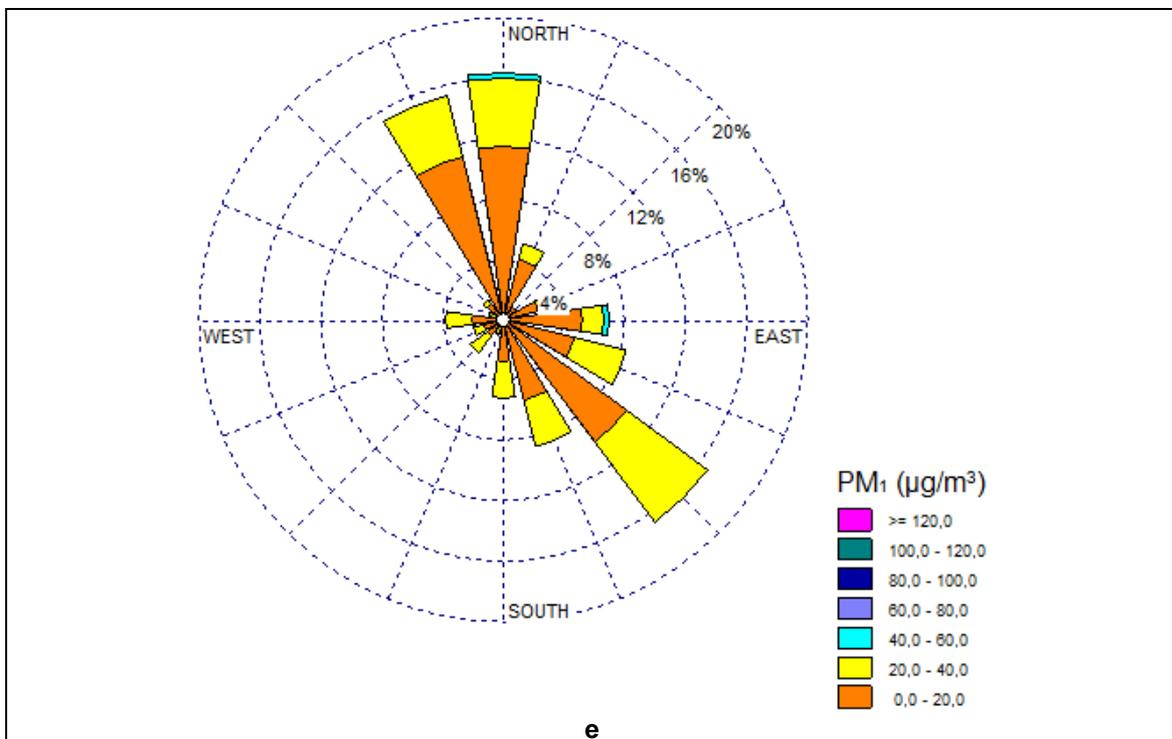
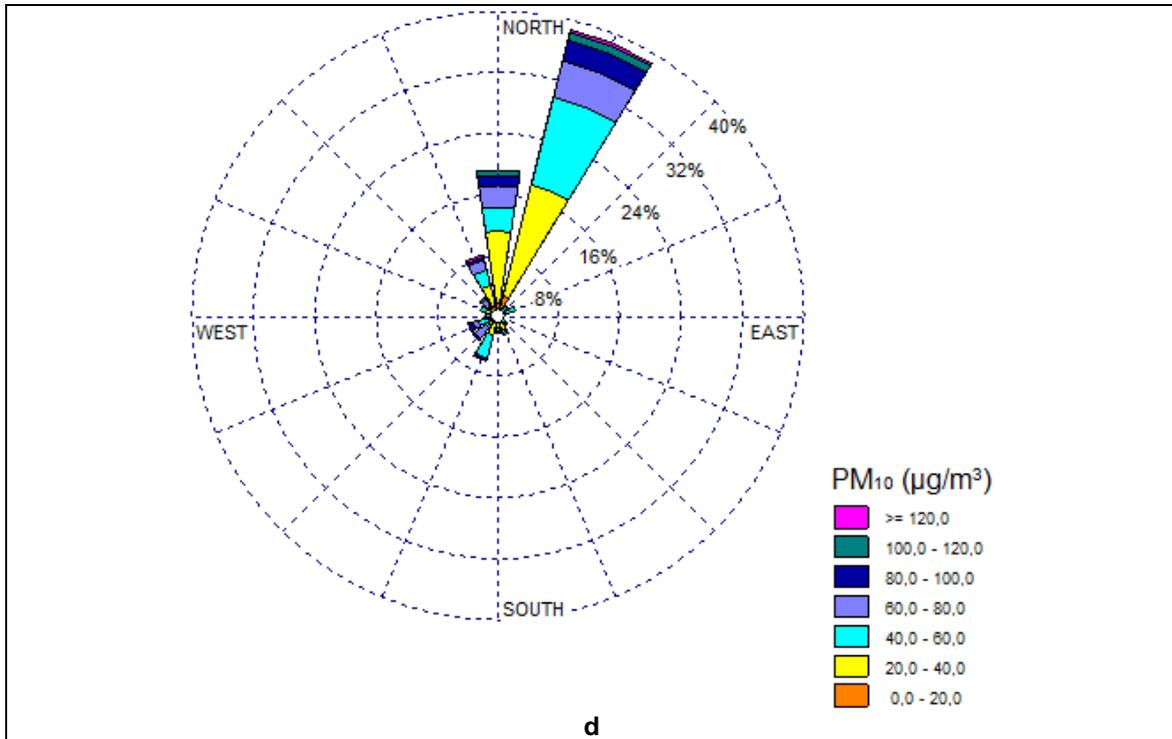




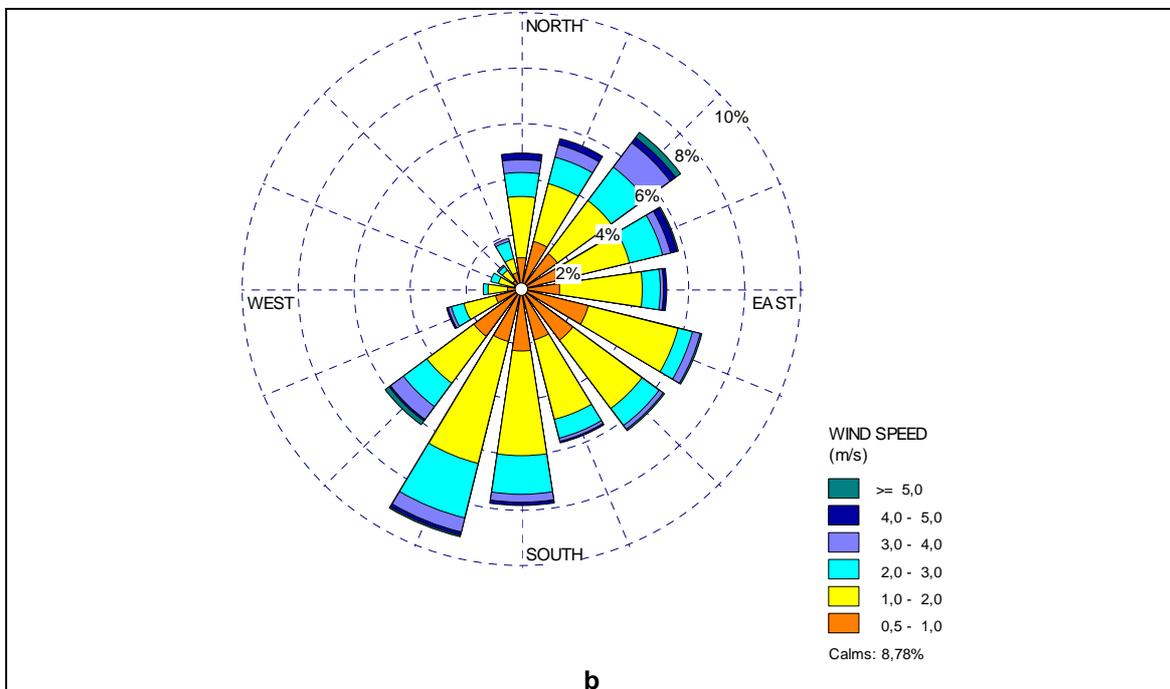
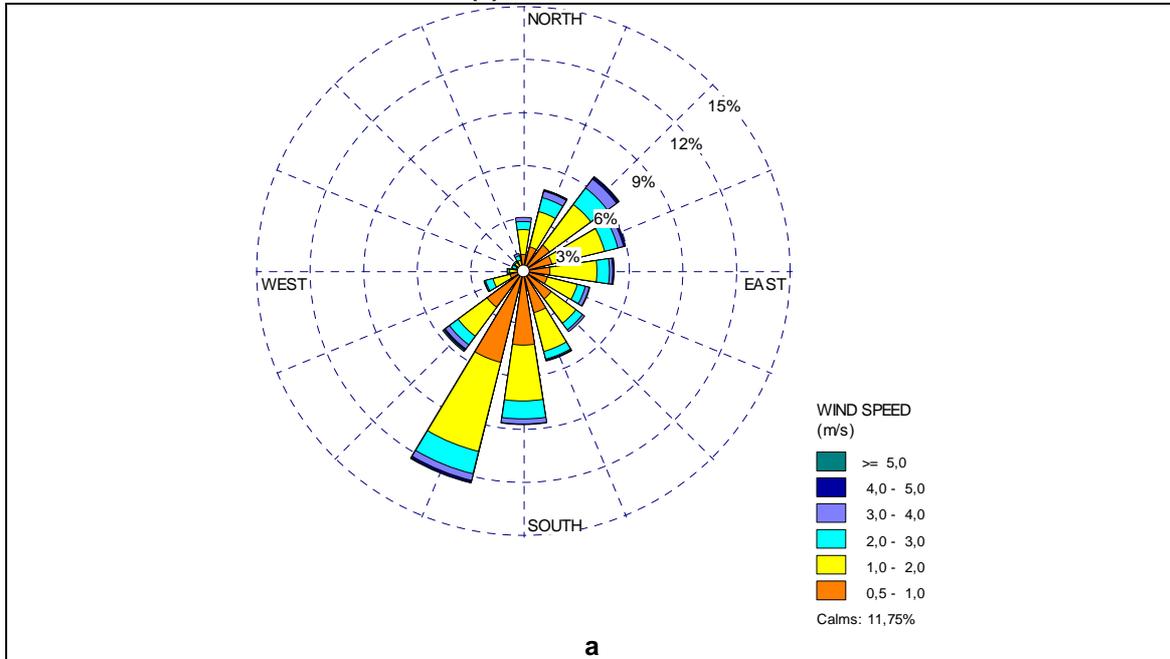
Gráfica 16. Rosas de la estación MED-PJIC: (a) Rosa de viento total, (b) Rosa de viento diurna, (c) Rosa de viento nocturna, (d) Rosa de contaminación, PM₁₀, (e) Rosa de contaminación, PM₁.

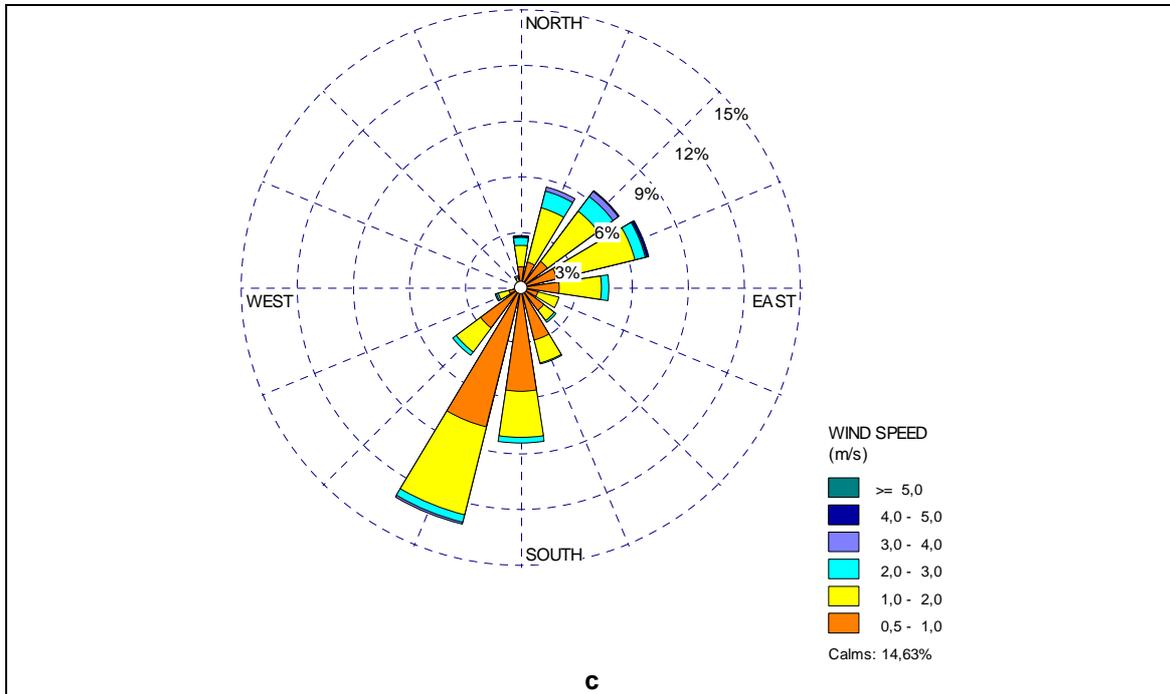




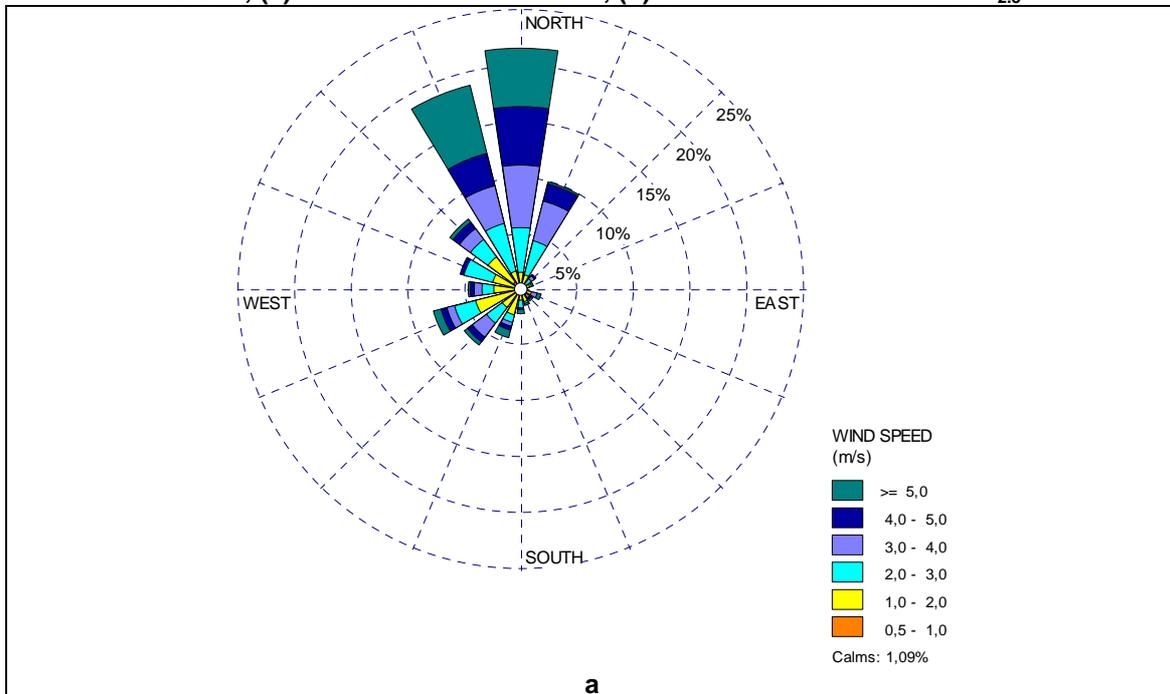


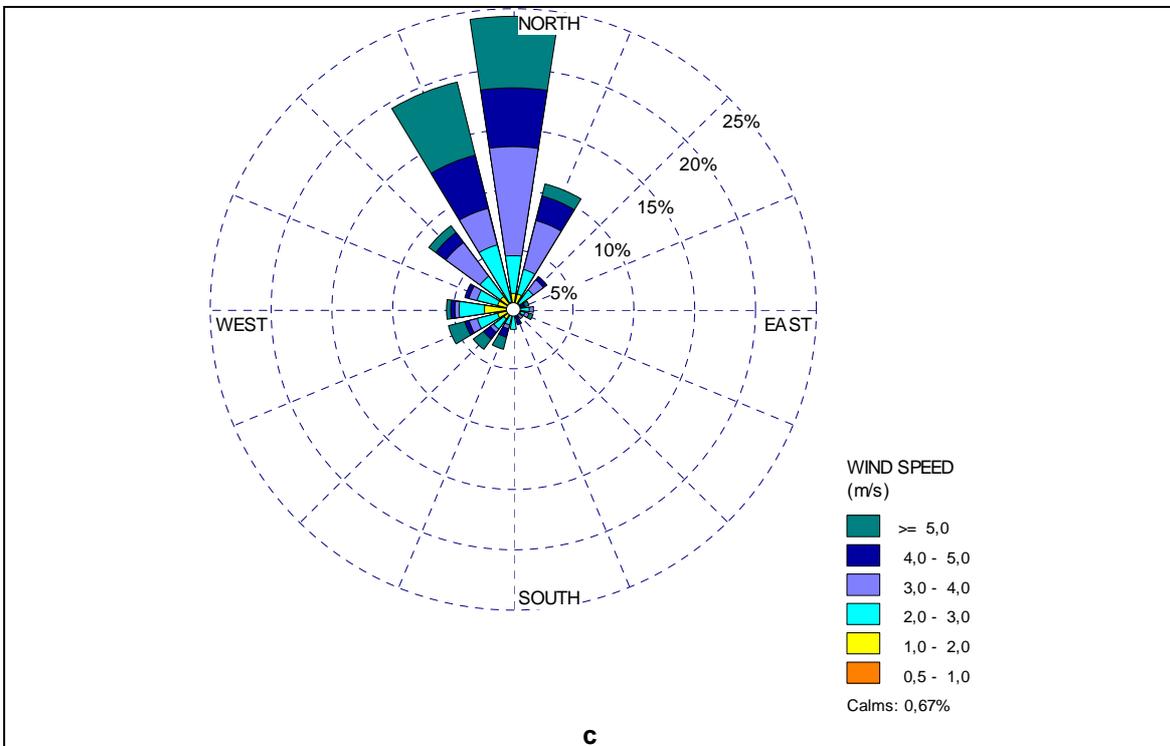
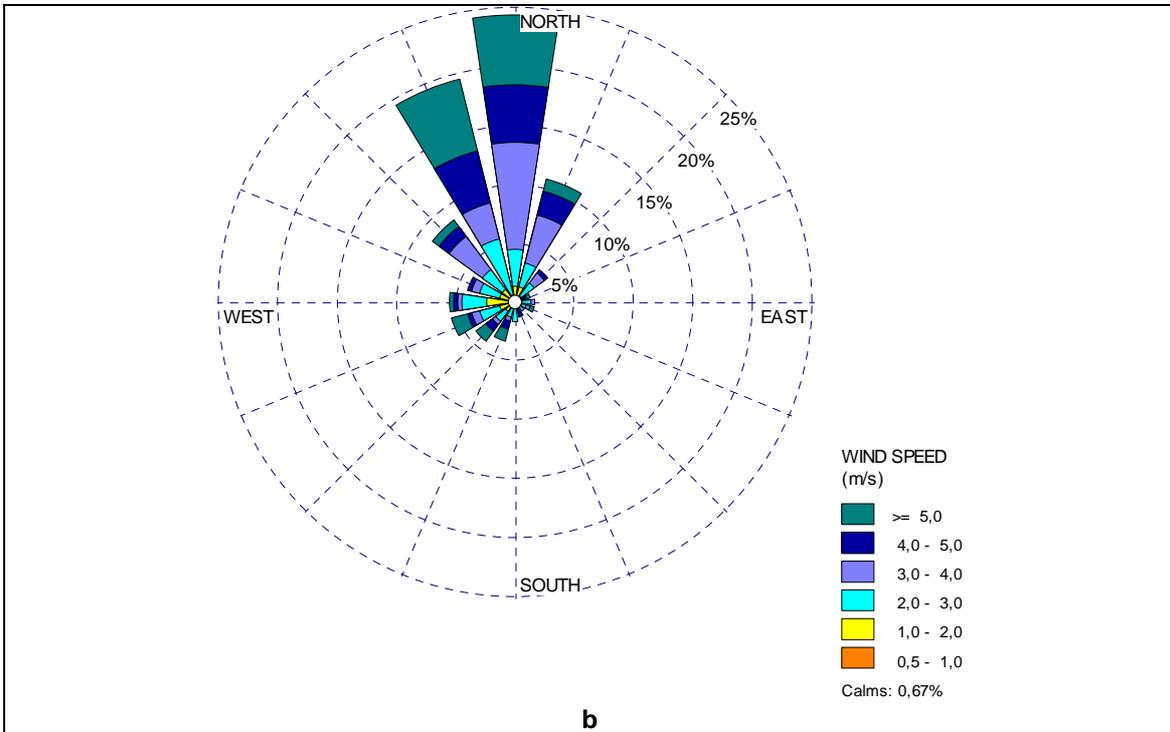
Gráfica 17. Rosas de la estación SAB-CAM: (a) Rosa de viento total, (b) Rosa de viento diurna, (c) Rosa de viento nocturna.

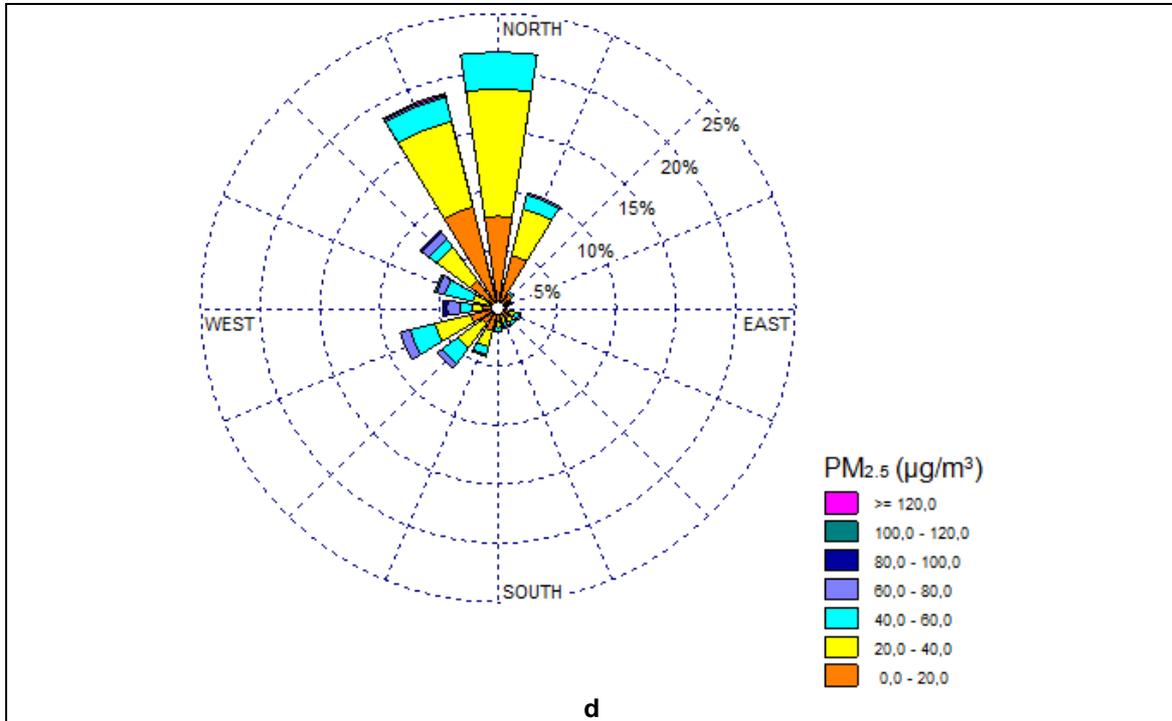




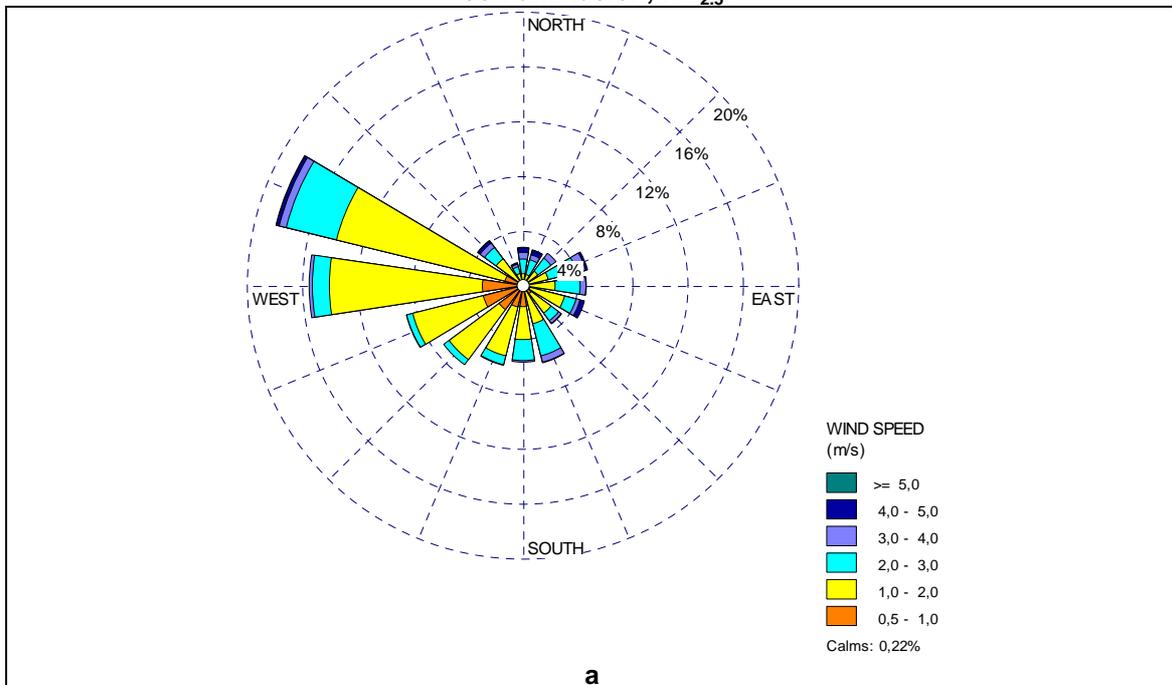
Gráfica 18. Rosas de la estación ITA-CJUS: (a) Rosa de viento total, (b) Rosa de viento diurna, (c) Rosa de viento nocturna, (d) Rosa de contaminación PM_{2.5}.

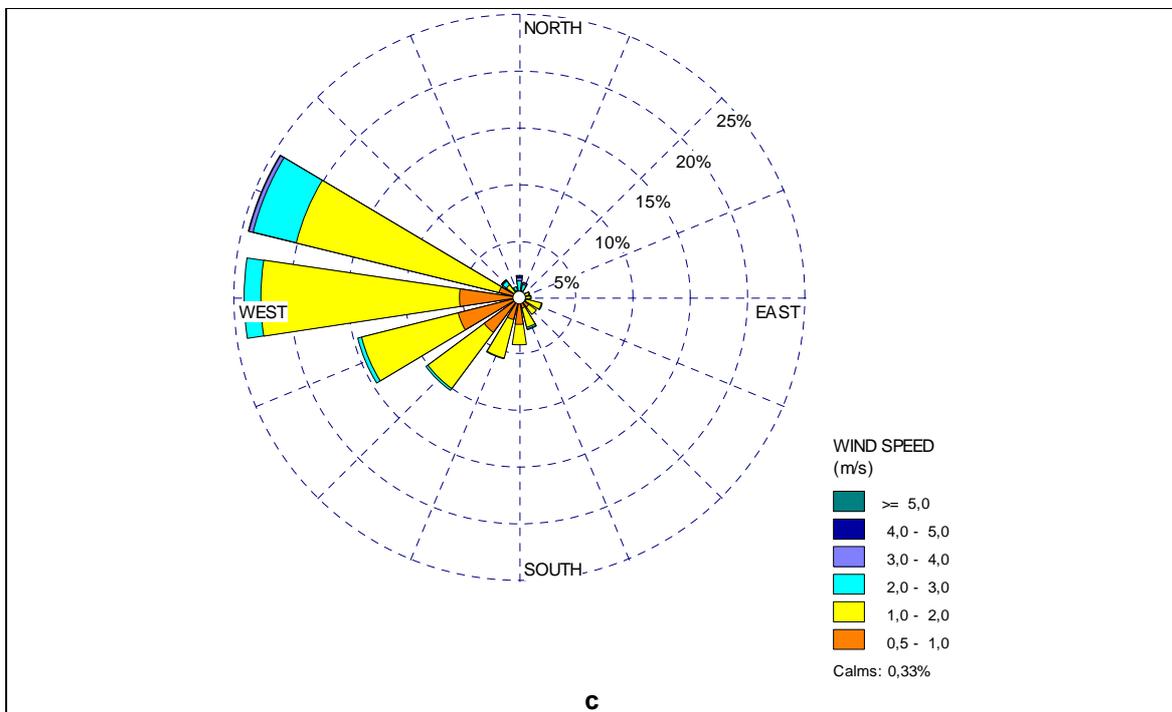
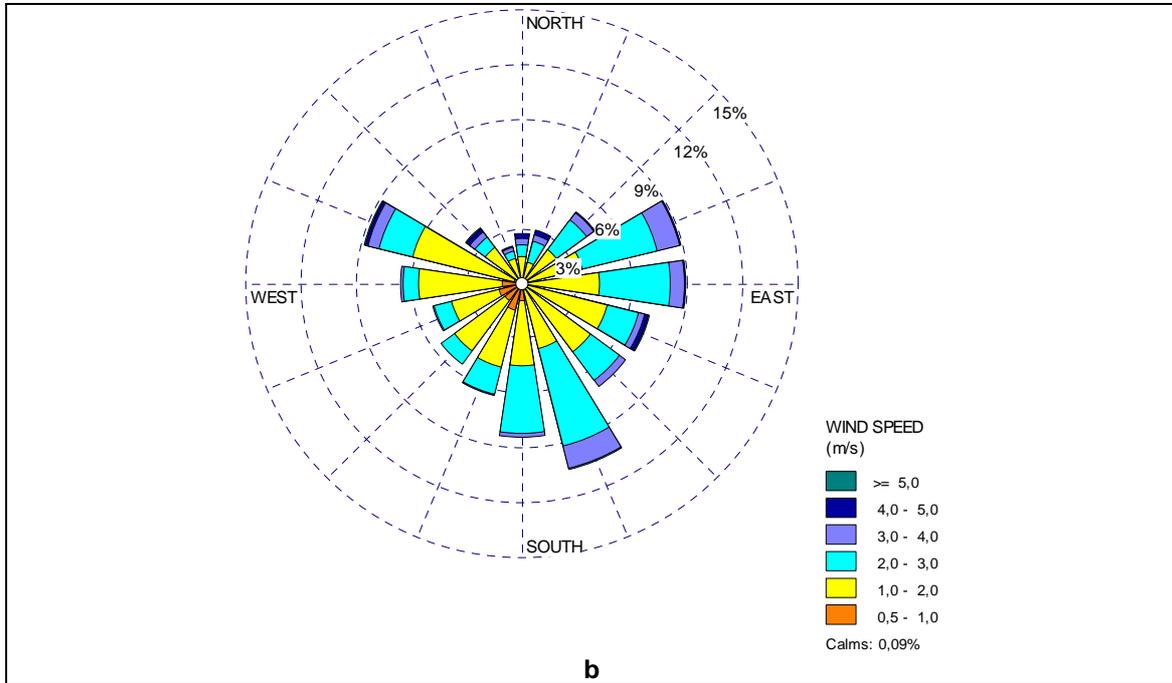


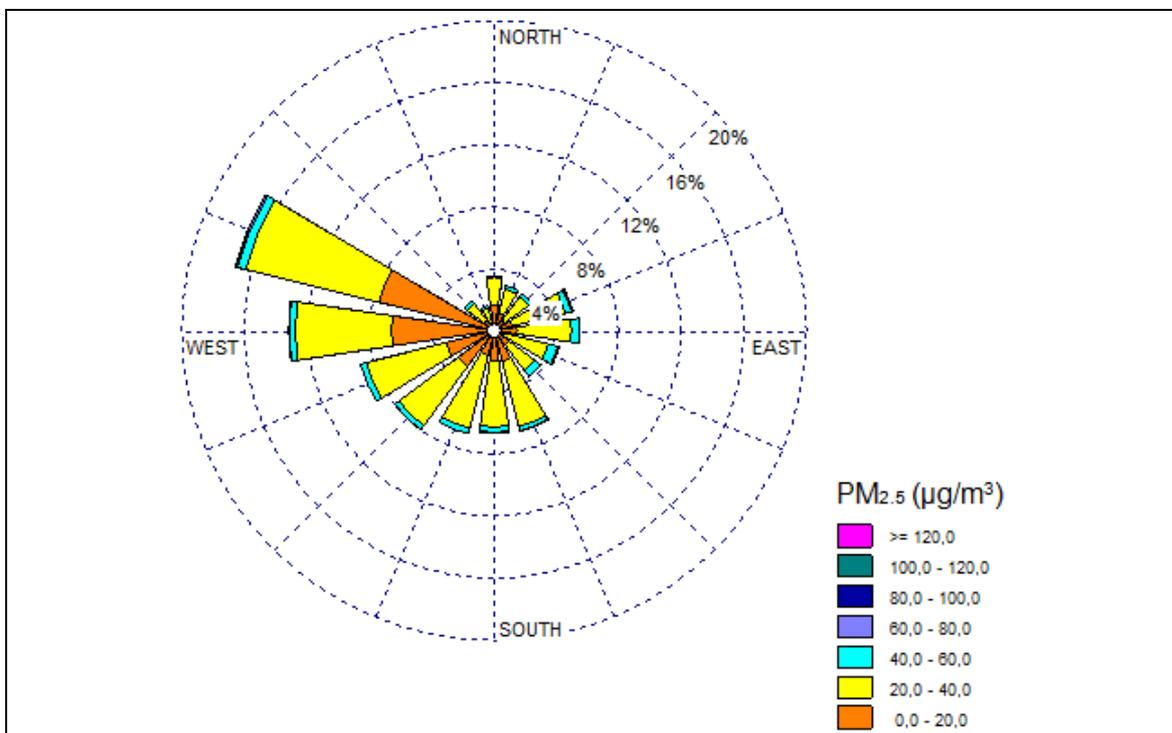
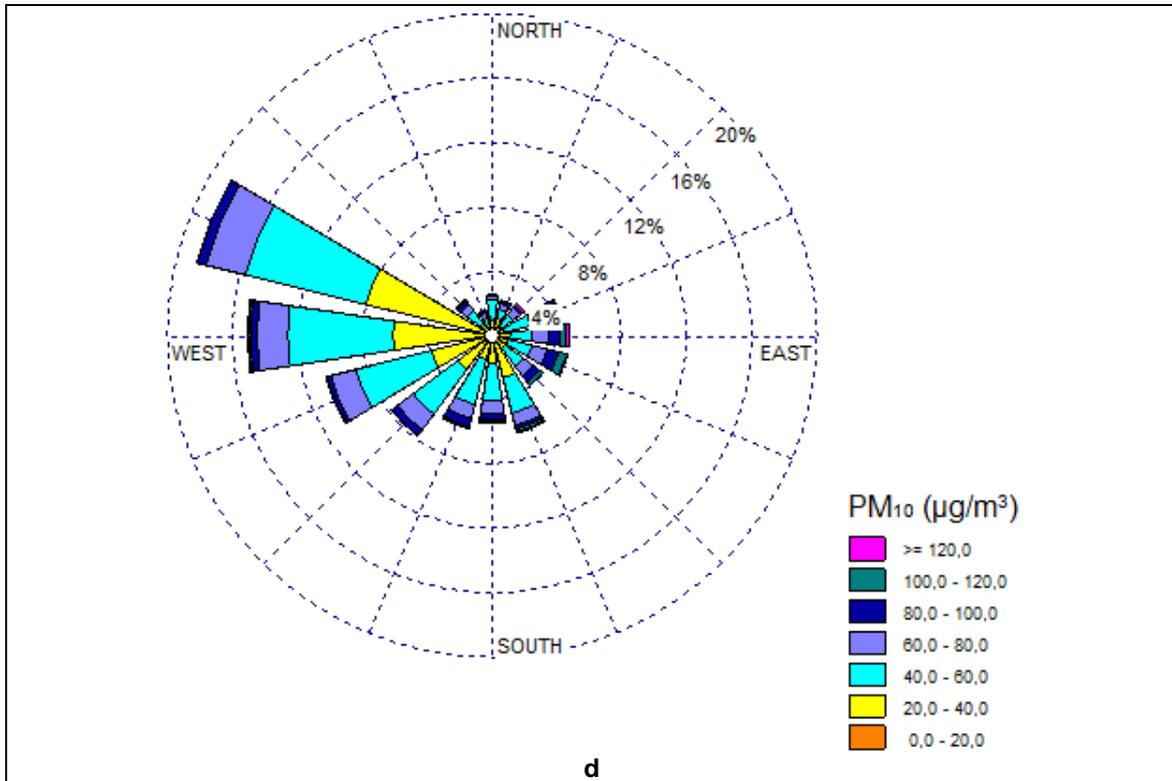




Gráfica 19. Rosas de la estación ITA-DITA: (a) Rosa de viento total, (b) Rosa de viento diurna, (c) Rosa de viento nocturna, (d) Rosa de contaminación, PM_{10} , (e) Rosa de contaminación, $PM_{2.5}$.







e

2.5.3 Temperatura superficial

Las temperaturas promedio para cada mes del período 07 abril/2011 – 06 mayo/2012, además de la temperatura promedio correspondiente a los meses de registro del año 2011 y los meses de registro del año 2012 se presentan en la tabla 15. Los promedios de la estación MED-BEME para los meses de agosto de 2011 y abril de 2012 corresponden a promedios de tan solo algo más de seis días para el caso de agosto de 2011 y 10 días en abril de 2012, que fue el tiempo que esta estación funcionó durante este mes. Por otra parte, se reitera que los promedios de mayo de 2012 corresponden a los primeros seis días del mes.

En la gráfica 20 se muestra la variación de la temperatura promedio mensual para cada estación. Se puede observar en esta gráfica, que para las estaciones con registros en el año 2011 existe un pico en la temperatura promedio entre los meses de julio y agosto. Cuando se considera todo el período abril/2011 – mayo/2012, aparentemente hay un segundo pico en el mes de febrero. Las menores temperaturas promedio se obtuvieron para el mes de noviembre.

En la tabla 16 se presentan las temperaturas máximas y las fechas de ocurrencia en cada estación para cada mes, las temperaturas mínimas y la fecha en la que se registraron se presentan en la tabla 17.

Tabla 15. Temperatura promedio mensual, en °C, en abril 2011 – mayo 2012

Estación	Mes														Temp. Promedio	
	Abr. 2011	May. 2011	Jun. 2011	Jul. 2011	Ago. 2011	Sep. 2011	Oct. 2011	Nov. 2011	Dic. 2011	Ene. 2012	Feb. 2012	Mar. 2012	Abr. 2012	May. 2012	2011	2012
GIR-IECO	20.5	21.8			22.2			20.7	21.2	21.3	21.8	21.3			21.2	21.5
MED-JABO		21.9	22.1	22.3	22.3	22.0	20.6	20.6	21.0	21.3	22.3	21.6			21.6	21.7
MED-COLO	20.3	21.9	22.3	22.4	21.9										21.8	
MED-BEME					22.5	21.6	20.4	20.4	20.9	21.4	22.0	21.5	20.5		21.2	21.4
MED-UPB													21.5	19.8		20.7
MED-MANT												21.9	21.3	21.0		21.4
MED-PJIC												22.0	21.2	20.4		21.2
SAB-CAM	19.6	21.2	21.5	21.5	21.5	21.2	20.3	20.1	20.9	21.2	21.9	21.9	21.9	20.7	20.9	21.5
ITA-CJUS												21.1	20.4	19.8		20.4
ITA-DITA		20.1	20.7	20.8	20.5	20.4	19.4	19.4	20.0	20.2	20.6		19.9	18.6	20.2	19.8
Promedio	20.1	21.4	21.6	21.7	21.8	21.3	20.7	20.3	20.8	21,1	21.7	21.6	21.0	20.1		

GIR-IECO: Estación Girardota – Colegio Colombia, **MED-JABO:** Estación Jardín Botánico de Medellín, **MED-COLO:** Estación Barrio Los Colores – Medellín, **MED-BEME:** Estación Barrio Belén Las Mercedes – Medellín, **MED-MANT:** Estación Museo de Antioquia – Medellín, **MED-PJIC:** Estación Politécnico Jaime Isaza Cadavid – Medellín, **SAB-CAM:** Estación Alcaldía de Sabaneta, **ITA-CJUS:** Estación Casa de Justicia – Itagüí e **ITA-DITA:** Estación Parque Ditaires de Itagüí.

Gráfica 20. Temperatura promedio mensual en abril 2011 – mayo 2012

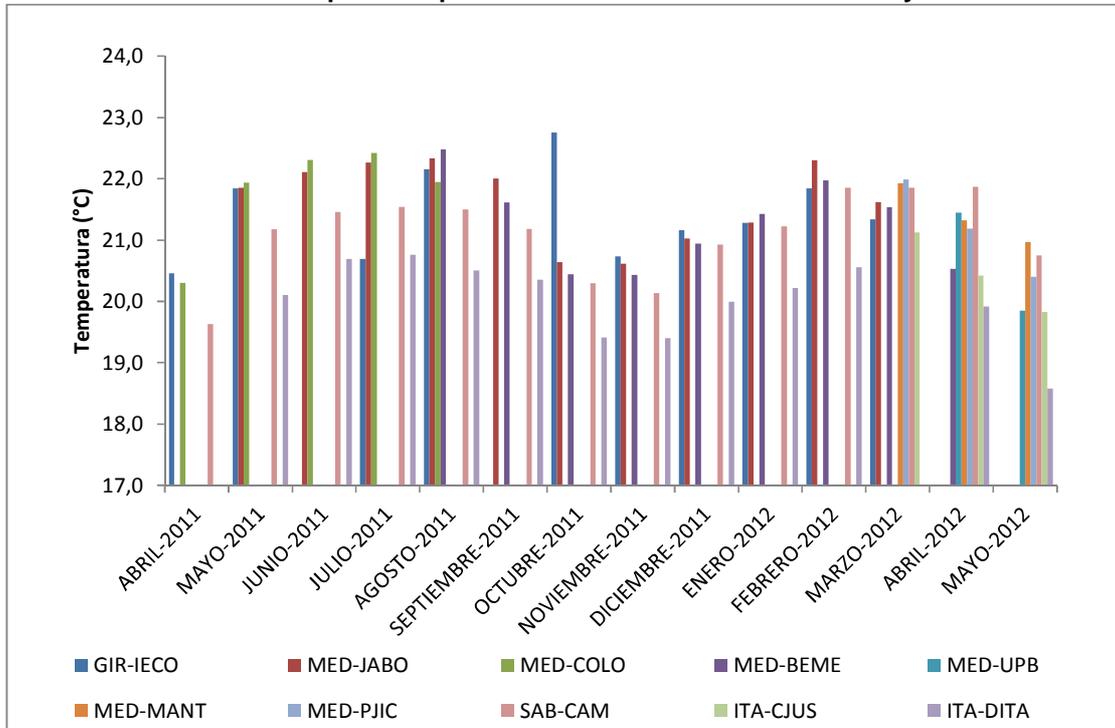


Tabla 16. Temperaturas máximas y fechas de ocurrencia en abril 2011 – mayo 2012

Estación	Variable	Mes													
		Abr. 2011	May. 2011	Jun. 2011	Jul. 2011	Ago. 2011	Sep. 2011	Oct. 2011	Nov. 2011	Dic. 2011	Ene. 2012	Feb. 2012	Mar. 2012	Abr. 2012	May. 2012
GIR-IECO	T. Máx. (°C)	29.1	28.2			30.4			28.6	29.3	28.6	29.0	30.3		
	D. T. Máx.	26	6			10			27	22	1	11	2		
	H. T. Máx.	13:00	15:00			16:00			14:00	15:00	14:00	14:00	14:00		
MED-JABO	T. Máx. (°C)		30.8	31.7	31.6	31.9	32.1	29.6	29.6	30.5	30.0	30.4	30.8		
	D. T. Máx.		30	12	23	30	2	7	5	22	14	27	2		
	H. T. Máx.		16:00	14:00	14:00	13:00	14:00	13:00	13:00	15:00	14:00	15:00	13:00		
MED-COLO	T. Máx. (°C)	30.5	30.4	31.2	30.6	31.7									
	D. T. Máx.	26	21	12	23	18									
	H. T. Máx.	14:00	13:00	14:00	14:00	13:00									
MED-BEME	T. Máx. (°C)					30.6	30.7	29.4	30.1	29.7	30.6	30.4	31.4	30.5	
	D. T. Máx.					30	13	9	5	22	1	14	31	3	
	H. T. Máx.					14:00	14:00	14:00	14:00	14:00	15:00	15:00	14:00	15:00	
MED-UPB	T. Máx. (°C)													31.2	28.2
	D. T. Máx.													25	6
	H. T. Máx.													15:00	13:00
MED-MANT	T. Máx. (°C)												31.2	30.0	29.3
	D. T. Máx.												31	25	3
	H. T. Máx.												14:00	15:00	14:00
MED-PJIC	T. Máx. (°C)												31.3	30.2	27.6
	D. T. Máx.												12	3	3
	H. T. Máx.												15:00	16:00	13:00
SAB-CAM	T. Máx. (°C)	28.6	29.3	29.7	29.3	30.3	30.0	28.8	27.5	29.3	30.2	29.7	30.4	31.1	30.0
	D. T. Máx.	29	7	12	20	30	14	7	3	22	1	24	31	25	3
	H. T. Máx.	15:00	16:00	15:00	15:00	15:00	16:00	15:00	14:00	13:00	15:00	14:00	15:00	13:00	13:00
ITA-CJUS	T. Máx. (°C)												29.4	28.9	28.0
	D. T. Máx.												13	25	3
	H. T. Máx.												15:00	15:00	14:00
ITA-DITA	T. Máx. (°C)		28.8	29.7	28.7	29.4	29.0	28.1	27.7	28.5	29.0	28.48		28.5	27.2
	D. T. Máx.		30	12	25	6	13	27	5	22	1	4		25	3
	H. T. Máx.		16:00	13:00	15:00	14:00	14:00	16:00	14:00	14:00	15	14:00		14:00	13:00

GIR-IECO: Estación Girardota – Colegio Colombia, **MED-JABO:** Estación Jardín Botánico de Medellín, **MED-COLO:** Estación Barrio Los Colores – Medellín, **MED-BEME:** Estación Barrio Belén Las Mercedes – Medellín, **MED-MANT:** Estación Museo de Antioquia – Medellín, **MED-PJIC:** Estación Politécnico Jaime Isaza Cadavid – Medellín, **SAB-CAM:** Estación Alcaldía de Sabaneta, **ITA-CJUS:** Estación Casa de Justicia – Itagüí e **ITA-DITA:** Estación Parque Ditaire de Itagüí.

T. Máx (°C): Temperatura máxima registrada en el mes respectivo. **D. T. Máx.:** Día en que se registró la temperatura máxima. **H. T. Máx.:** Hora en la que se registró la temperatura máxima del mes respectivo.

Tabla 17. Temperaturas mínimas y fechas de ocurrencia en abril 2011 – mayo 2012

Estación	Variable	Mes													
		Abr. 2011	May. 2011	Jun. 2011	Jul. 2011	Ago. 2011	Sep. 2011	Oct. 2011	Nov. 2011	Dic. 2011	Ene. 2012	Feb. 2012	Mar. 2012	Abr. 2012	May. 2012
GIR-IECO	T. Máx. (°C)	16.4	17.8			15.8				15.8	16.8	14.2	13.6	9.2	
	D. T. Máx.	12	4			1				21	12	25	20	28	
	H. T. Máx.	23:00	6:00			6:00				6:00	7:00	7:00	7:00	12:00	
MED-JABO	T. Máx. (°C)		16.6	15.9	16.3	16.1	16.2	15.9	15.9	16.5	15.6	14.3	16.9		
	D. T. Máx.		15	28	1	20	11	20	21	12	19	19	4		
	H. T. Máx.		5:00	6:00	5:00	5:00	5:00	6:00	5:00	7:00	7:00	7:00	7:00		
MED-COLO	T. Máx. (°C)	15.5	15.7	15.5	16.1	15.5									
	D. T. Máx.	11	15	28	1	20									
	H. T. Máx.	7:00	6:00	6:00	5:00	5:00									
MED-BEME	T. Máx. (°C)					16.9	15.3	15.2	15.4	16.0	15.0	14.4	15.6	16.0	
	D. T. Máx.					28	11	17	21	8	19	20	27	6	
	H. T. Máx.					6:00	2:00	6:00	6:00	6:00	5:00	7:00	7:00	4:00	
MED-UPB	T. Máx. (°C)													16.4	15.1
	D. T. Máx.													13	1
	H. T. Máx.													4:00	06:00
MED-MANT	T. Máx. (°C)												16.6	17.0	16.5
	D. T. Máx.												17	13	6
	H. T. Máx.												9:00	3:00	5:00
MED-PJIC	T. Máx. (°C)												16.3	16.1	16.6
	D. T. Máx.												27	13	2
	H. T. Máx.												6:00	7:00	6:00
SAB-CAM	T. Máx. (°C)	15.6	16.1	15.7	15.7	16.0	15.5	15.5	15.7	16.8	15.5	14.7	16.8	17.3	16.2
	D. T. Máx.	11	25	28	1	20	11	15	19	8	19	20	27	7	6
	H. T. Máx.	7:00	6:00	7:00	6:00	7:00	3:00	6:00	4:00	5:00	5:00	6:00	6:00	3:00	5:00
ITA-CJUS	T. Máx. (°C)												16.1	16.2	16.2
	D. T. Máx.												27	13	2
	H. T. Máx.												6:00	5:00	06:00
ITA-DITA	T. Máx. (°C)		15.2	14.5	14.9	14.2	14.6	14.4	14.4	15.4	14.2	12.64		15.11	15.2
	D. T. Máx.		25	28	1	1	11	21	21	8	19	19		21	2
	H. T. Máx.		6:00	6:00	5:00	7:00	2:00	5:00	6:00	7:00	5:00	7:00		6:00	6:00

GIR-IECO: Estación Girardota – Colegio Colombia, **MED-JABO:** Estación Jardín Botánico de Medellín, **MED-COLO:** Estación Barrio Los Colores – Medellín, **MED-BEME:** Estación Barrio Belén Las Mercedes – Medellín, **MED-MANT:** Estación Museo de Antioquia – Medellín, **MED-PJIC:** Estación Politécnico Jaime Isaza Cadavid – Medellín, **SAB-CAM:** Estación Alcaldía de Sabaneta, **ITA-CJUS:** Estación Casa de Justicia – Itagüí e **ITA-DITA:** Estación Parque Ditaires de Itagüí.

T. Máx (°C): Temperatura máxima registrada en el mes respectivo. **D. T. Máx.:** Día en que se registró la temperatura máxima. **H. T. Máx.:** Hora en la que se registró la temperatura máxima del mes respectivo.

Las temperaturas máximas registradas durante el período abril/2011 – mayo/2012 en la estación GIR-IECO, oscilaron entre 26.9 °C y 30.4 °C, esta última se obtuvo el 10 de agosto de 2011 a las 16:00. Las temperaturas mínimas para esta misma estación oscilaron entre 13.6 °C, registrada el 20 de febrero de 2012 a las 07:00, y 17.8 °C.

En el caso de la estación MED-JABO, las temperaturas máximas oscilaron entre 29.6 °C y 32.1 °C, temperatura registrada el 02 de agosto de 2011 a las 14:00, mientras que las temperaturas mínimas oscilaron entre 14.3 °C, registrada el 19 de febrero de 2012 a las 07:00, y 16.9 °C.

Para la estación MED-COLO, las temperaturas máximas oscilaron entre 30.4 °C y 31.7 °C, valor registrado el 18 de agosto de 2011 a las 13:00. Las temperaturas mínimas oscilaron entre 15.5 °C, registrada el 11 de abril de 2011 a las 07:00, el 28 de junio de 2011 a las 06:00 y el 20 de agosto de 2011 a las 05:0, 16.1 °C.

Las temperaturas máximas registradas en la estación MED-BEME, oscilaron entre 29.4 °C y 30.7 °C, esta última se obtuvo el 13 de septiembre de 2011 a las 14:00. En esta misma estación, las temperaturas mínimas oscilaron entre 14.4 °C, registrada el 20 de febrero de 2012 a las 07:00, y 16.9 °C.

En la estación MED-UPB, las máximas temperaturas oscilaron entre 28.2 °C (máxima obtenida para los días de registro del mes de mayo) y 31.2 °C, registrada el 25 de abril de 2012 a las 15:00. Las temperatura mínimas oscilaron entre 15.1 °C, registrada el 01 de mayo de 2012 a las 06:00 y 16.4 °C.

Para la estación MED-MANT, las temperaturas máximas oscilaron entre 29.3 °C y 31.2 °C, este último valor se registró el 31 de marzo de 2012 a las 14:00, mientras que las temperaturas mínimas oscilaron entre 16.5 °C, registrada el 06 de mayo de 2012 a las 05:00, y 17.0 °C.

En la estación MED-PJIC, las temperaturas máximas oscilaron entre 30.2 °C y 31.3 °C, este último valor se registró el 12 de marzo de 2012 a las 15:00, mientras que las temperaturas mínimas oscilaron entre 16.1 °C, registrada el 13 de abril de 2012 a las 07:00, y 16.6 °C.

Las temperaturas máximas registradas en la estación SAB-CAM oscilaron entre 27.5 °C y 31.1 °C, registrada el 25 de abril de 2012 a las 13:00. Las temperaturas mínimas oscilaron entre 14.7 °C, registrada el 20 de febrero de 2012 a las 06:00, y 16.8 °C.

En la estación ITA-CJUS, las temperaturas máximas oscilaron entre 28.9 °C y 29.4 °C, este último valor se registró el 13 de marzo de 2012 a las 15:00, mientras que las temperaturas mínimas oscilaron entre 16.1 °C, registrada el 27 de marzo de 2012 a las 06:00, y 16.2 °C

Finalmente, las temperaturas máximas registradas en la estación ITA-DITA oscilaron entre 27.2 °C y 29.7 °C, registrada el 12 de mayo de 2011 a las 13:00, por su parte, las temperaturas mínimas oscilaron entre 12.6, registrada el 19 de febrero a las 07:00, y 15.4 °C.

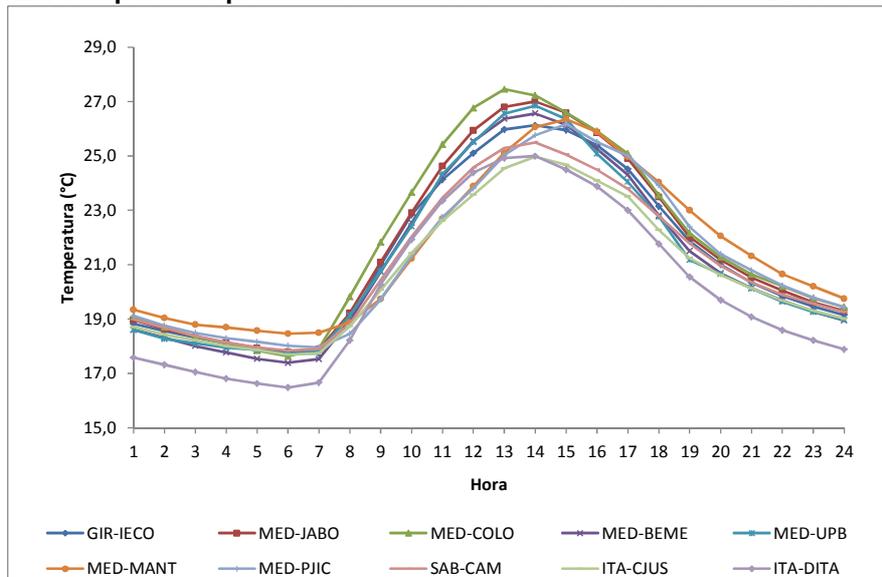
Cabe destacar que para las estaciones con registros desde el año 2011, las temperaturas mínimas se obtuvieron los días 19 y 20 de febrero de 2012.

La gráfica 21 muestra el comportamiento promedio horario de la temperatura para un “día promedio” en cada estación durante el período abril/2011 – mayo/2012. En esta se observa que en general en todas las estaciones la temperatura promedio horaria desciende desde las 01:00 hasta las 06:00, hora a partir de la cual, la temperatura aumenta significativamente hasta alcanzar los valores máximos entre las 12:00 y las 15:00, exceptuando las estaciones MED-MANT y MED-PJIC en las que las máximas temperaturas promedio horarias se alcanzan entre las 14:00 y las 17:00. A partir de las 15:00 (o de las 17:00 según sea el caso), la temperatura disminuye hasta alcanzar valores similares a los del inicio del día.

La temperatura promedio horaria menor corresponde a la de la estación ITA-DITA, aunque entre las 08:00 y las 13:00 las menores temperaturas promedio horarias se obtuvieron en las estaciones MED-MANT, MED-PJIC e ITA-CJUS.

Se debe recordar que el comportamiento de las temperaturas promedio horarias descrito anteriormente, corresponde a condiciones de temperatura en un “día promedio” del período abril/2011 – mayo/2012, esto es, dichos promedios tienen sentido estadísticamente, mas no implican que todos los días tuvieron el mismo comportamiento. Además, los ciclos horarios calculados y mostrados en la gráfica 21 no tienen necesariamente el mismo período de tiempo (diferentes meses de registro).

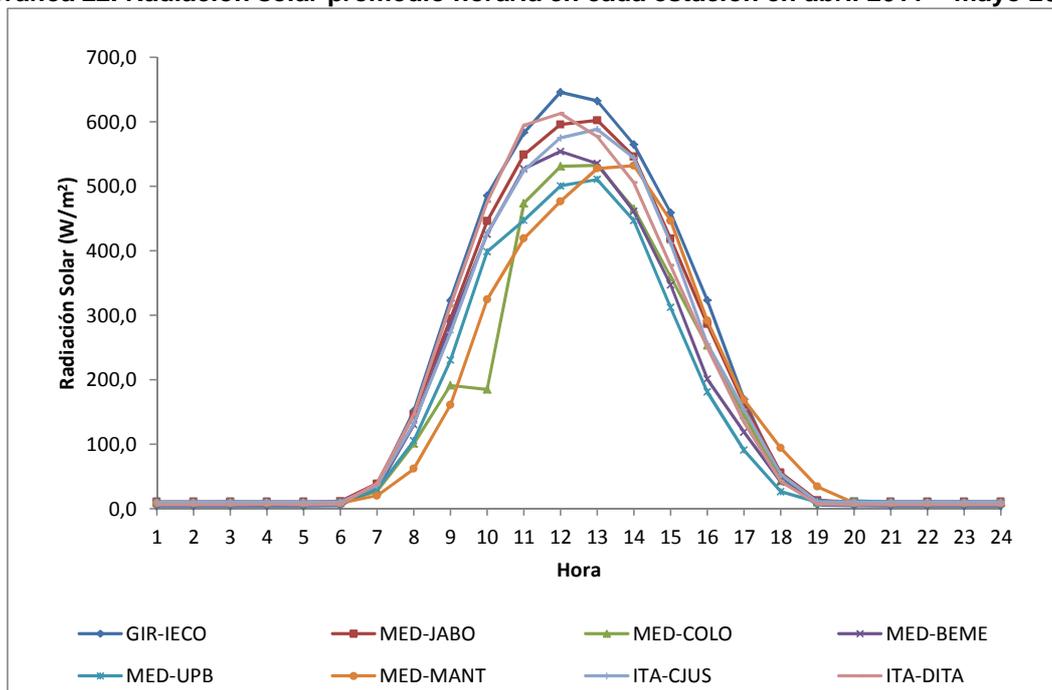
Gráfica 21. Temperatura promedio horaria en cada estación en abril 2011 – mayo 2012



2.5.4 Radiación solar

La gráfica 22 muestra la radiación solar promedio horaria durante el período 07 abril/2011 – 06 mayo/2012 en las estaciones de la red de monitoreo. No se reportan los datos de las estaciones MED-PJIC y SAB-CAM dadas las razones presentadas al inicio de este capítulo.

Gráfica 22. Radiación solar promedio horaria en cada estación en abril 2011 – mayo 2012



Para la estación MED-UPB se obtuvieron datos de radiación coherentes solo en el mes de abril de 2012.

En general, los valores máximos de radiación se presentan entre las 11:00 y las 14:00, y los promedios horarios máximos varían entre 510.5 W/m^2 y 645.8 W/m^2 .

El ciclo de radiación solar promedio horaria mostrado en la gráfica 22, corresponde a condiciones de radiación solar en un “día promedio” del período abril/2011 – mayo/2012, esto es, dichos promedios tienen sentido estadísticamente, mas no implican que todos los días tuvieron el mismo comportamiento. Además, dichos ciclos no tienen necesariamente el mismo período de tiempo (diferentes meses de registro).

En la tabla 18 se presenta la radiación promedio mensual en cada estación para cada mes del período abril/2011 – mayo/2012, y en la gráfica 23 se muestra la variación de

esta. Los promedios de la estación MED-BEME para los meses de agosto de 2011 y abril de 2012 corresponden a promedios de tan solo algo más de seis días para el caso de agosto de 2011 y 10 días en abril de 2012, que fue el tiempo que esta estación funcionó durante este mes.

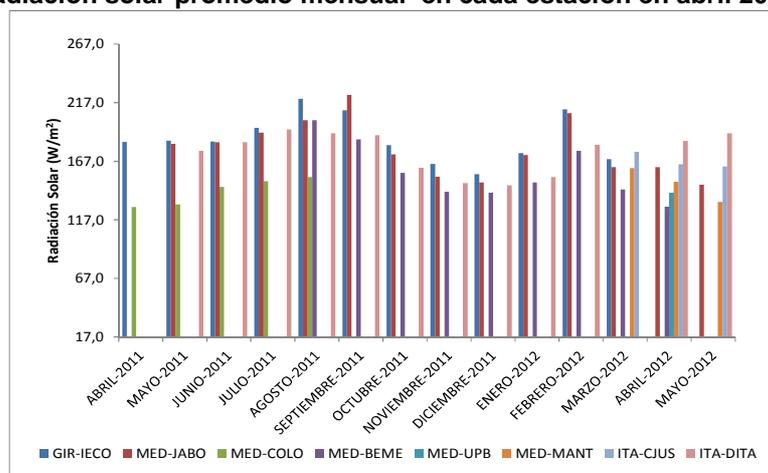
Tabla 18. Radiación solar promedio mensual, en W/m^2 , en abril 2011 – mayo 2012

Estación	Mes													Promedio		
	Abr. 2011	May. 2011	Jun. 2011	Jul. 2011	Ago. 2011	Sep. 2011	Oct. 2011	Nov. 2011	Dic. 2011	Ene. 2012	Feb. 2012	Mar. 2012	Abr. 2012	May. 2012	2011	2012
GIR-IECO	183.6	184.5	183.8	195.4	220.4	210.4	180.8	164.9	156.0	174.0	211.2	168.9			186.6	184,7
MED-JABO		181.8	183.3	191.4	202.0	223.6	172.8	153.9	149.0	172.5	208.1	161.9	161.9	147.0	182.2	170,3
MED-COLO	128.1	130.2	145.3	150.1	153.6										141.4	
MED-BEME					202.0	185.7	157.1	141.0	140.3	148.9	175.8	142.8	128.2		165.2	148,9
MED-UPB													139.6			139,6
MED-MANT												161.1	149.5	132.4		147,7
ITA-CJUS												175.1	164.3	162.6		167,3
ITA-DITA		176.0	183.2	194.2	190.9	189.3	161.5	148.4	146.6	153.7	181.0		184.3	190.9	173.8	177,5

GIR-IECO: Estación Girardota – Colegio Colombia, **MED-JABO:** Estación Jardín Botánico de Medellín, **MED-COLO:** Estación Barrio Los Colores – Medellín, **MED-BEME:** Estación Barrio Belén Las Mercedes – Medellín, **MED-MANT:** Estación Museo de Antioquia – Medellín, **MED-PJIC:** Estación Politécnico Jaime Isaza Cadavid – Medellín, **SAB-CAM:** Estación Alcaldía de Sabaneta, **ITA-CJUS:** Estación Casa de Justicia – Itagüí e **ITA-DITA:** Estación Parque Ditaires de Itagüí.

De la gráfica 23 se tiene que en general hasta febrero de 2012, las estaciones GIR-IECO y MED-JABO presentaron los mayores valores de radiación solar promedio mensual, en el mes de marzo son las estaciones GIR-IECO e ITA-CJUS las de mayor promedio, y para el mes de abril, las estaciones MED-JABO e ITA-CJUS son las que presentan mayor radiación solar promedio. Para las estaciones con registro en el mes de mayo de 2012, la estación ITA-DITA reportó el mayor promedio, aunque es necesario recordad que dicho promedio corresponde solo a tres días.

Gráfica 23. Radiación solar promedio mensual en cada estación en abril 2011 – mayo 2012



Se puede observar en esta gráfica, que para las estaciones con registros en el año 2011 existe un pico en la radiación promedio en el mes de agosto. Cuando se considera todo el período abril/2011 – mayo/2012, aparentemente hay un segundo pico en el mes de febrero.

En la tabla 19 se presenta la radiación solar máxima en cada estación y para cada mes, además de la fecha de ocurrencia. Los valores de radiación solar máximos registrados en la estación GIR-IECO, oscilaron entre 907.3 W/m² y 1092.7 W/m², esta última se obtuvo el 22 de abril de 2011 a las 12:00.

Tabla 19. Radiación solar máxima horaria, en W/m², por mes en abril 2011 – mayo 2012

Estación	Variable	Mes													
		Abr. 2011	May. 2011	Jun. 2011	Jul. 2011	Ago. 2011	Sep. 2011	Oct. 2011	Nov. 2011	Dic. 2011	Ene. 2012	Feb. 2012	Mar. 2012	Abr. 2012	May. 2012
GIR-IECO	R. S. Máx.	1092.7	1036.1	907.3	977.5	969.2	981.6	992.2	946.6	928.7	1001.6	938.2	1036.1		
	D. R.S. Máx.	22	17	12	31	23	17	6	19	17	6	26	18		
	H. R.S. Máx.	12:00	13:00	12:00	13:00	13:00	13:00	12:00	12:00	12:00	15:00	12:00	13:00		
MED-JABO	R. S. Máx.		928.9	852.7	906.2	958.9	1000.0	990.9	867.5	882.0	850.6	922.7	921.4	977.9	883.8
	D. R.S. Máx.		22	12	23	23	19	5	27	9	17	24	18	3	6
	H. R.S. Máx.		14:00	13:00	14:00	13:00	13:00	14:00	12:00	13:00	13:00	14:00	14:00	13:00	13:00
MED-COLO	R. S. Máx.	781.7	767.3	759.3	748.5	795.4									
	D. R.S. Máx.	17	19	20	16	10									
	H. R.S. Máx.	12:00	13:00	13:00	13:00	13:00									
MED-BEME	R. S. Máx.					909.2	890.8	876.5	775.8	796.2	710.3	808.5	863.0	925.2	
	D. R.S. Máx.					30	2	19	29	14	1	19	18	9	
	H. R.S. Máx.					13:00	12:00	12:00	13:00	12:00	12:00	13:00	14:00	13:00	
MED-UPB														747.8	
														27	
														13:00	
MED-MANT													932.4	805.4	737.4
													18	15	6
													14:00	13:00	12:00
ITA-CJUS	R. S. Máx.												995.0	989.0	831.0
	D. R.S. Máx.												18	15	3
	H. R.S. Máx.												12:00	13:00	13:00
ITA-DITA	R. S. Máx.		912.1	913.9	910.8	976.1	968.0	914.1	863.6	894.3	849.2	856.1		1084.0	896.3
	D. R.S. Máx.		26	20	16	10	9	7	26	15	31	18		21	3
	H. R.S. Máx.		12:00	12:00	13:00	13:00	12:00	13:00	13:00	12:00	12:00	13:00		12:00	13:00

GIR-IECO: Estación Girardota – Colegio Colombia, **MED-JABO:** Estación Jardín Botánico de Medellín, **MED-COLO:** Estación Barrio Los Colores – Medellín, **MED-BEME:** Estación Barrio Belén Las Mercedes – Medellín, **MED-MANT:** Estación Museo de Antioquia – Medellín, **ITA-CJUS:** Estación Casa de Justicia – Itagüí e **ITA-DITA:** Estación Parque Ditaíres de Itagüí.

R. S. Máx (W/m²): Radiación solar máxima registrada en el mes respectivo. **D. R.S. Máx.:** Día en que se registró la radiación solar máxima en cada estación. **H. R.S. Máx.:** Hora en la que se registró la radiación solar máxima del mes respectivo.

En el caso de la estación MED-JABO, Los valores de radiación solar máximos oscilaron entre 850.6 W/m^2 y 1000.0 W/m^2 , radiación registrada el 19 de septiembre de 2011 a las 13:00.

Para la estación MED-COLO, los valores de radiación solar máximos oscilaron entre 748.5 W/m^2 y 795.4 W/m^2 , valor registrado el 10 de agosto de 2011 a las 13:00.

Los valores de radiación solar máximos registrados en la estación MED-BEME, oscilaron entre 710.3 W/m^2 y 925.2 W/m^2 , esta última se obtuvo el 09 de abril de 2012 a las 13:00.

En la estación MED-UPB, la máxima radiación solar igual a 747.8 W/m^2 se registró el 27 de abril de 2012 a las 13:00.

Para la estación MED-MANT, los valores de radiación solar máximos oscilaron entre 737.4 W/m^2 y 932.4 W/m^2 , este último valor se registró el 18 de marzo de 2012 a las 14:00

En la estación ITA-CJUS, los valores de radiación solar máximos oscilaron entre 831.0 W/m^2 y 995.0 W/m^2 , este último valor se registró el 18 de marzo de 2012 a las 12:00.

Los valores de radiación solar máximos registrados en la estación ITA-DITA oscilaron entre 849.2 W/m^2 y 976.1 W/m^2 , registrada el 10 de agosto de 2011 a las 13:00.

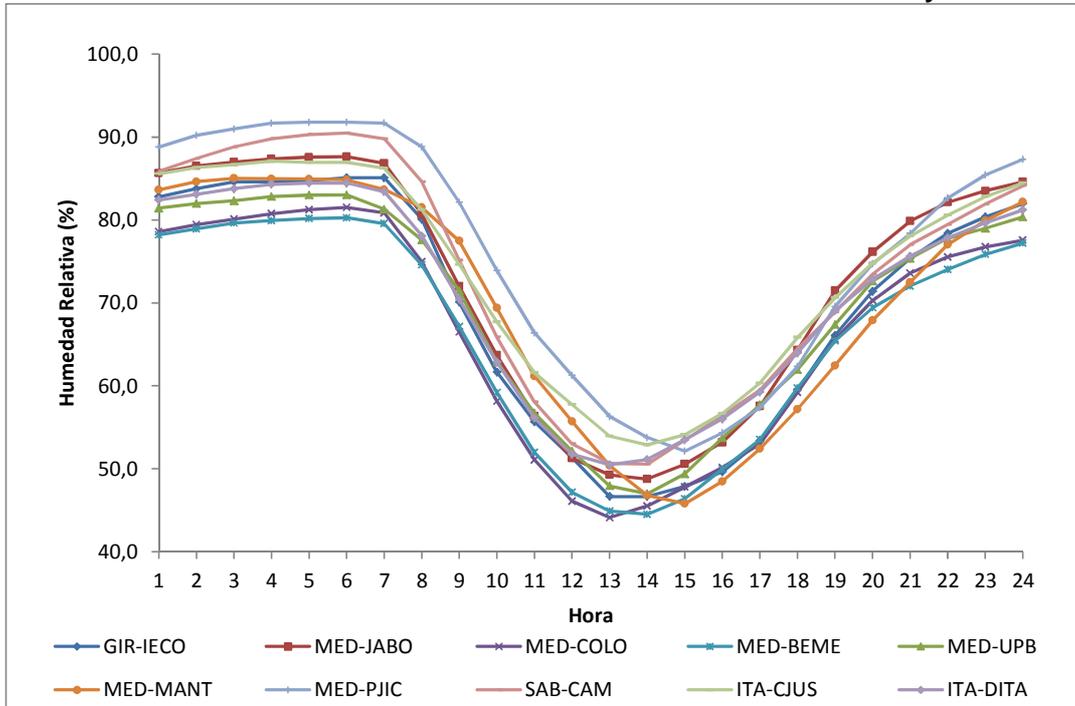
2.5.5 Humedad relativa

En la gráfica 24 se presenta el comportamiento de la humedad relativa promedio horaria durante el período abril/2011 – mayo/2012. De acuerdo a esta gráfica los valores de humedad relativa mínima durante el período abril/2011 – mayo/2012 se presentaron entre las 12:00 y las 17:00, coincidiendo, tal como se espera, con las horas en las que se presentan las máximas temperaturas promedio horarias.

Entre la 01:00 y las 14:00, la estación MED-PJIC presenta los máximos valores de humedad relativa promedio horaria, entre las 14:00 y las 18:00 los valores mayores corresponden a la estaciones SAB-CAM, ITA-CJUS e ITA---DITA, de las 18:00 hasta terminar el día es la estación MED-JABO la que presenta la máxima humedad relativa promedio horaria., entre las 12:00 y las 19:00 las estaciones ITA-DITA, SAB-CAM y MED-JABO presentan valores de humedad relativa promedio horaria similares.

Desde la 01:00 y hasta las 14:00, y después de las 21:00, las estaciones MED-COLO, MED-BEME presentan los menores valores de humedad relativa promedio horaria los mínimos valores de humedad relativa promedio horaria, entre las 14:00 y las 21:00 es la estación MED-MANT la que presenta los menores valores.

Gráfica 24. Promedio horario de humedad relativa en abril 2011 – mayo 2012



El ciclo de humedad relativa promedio horaria calculado para cada estación, corresponde a condiciones de humedad relativa en un “día promedio” del período abril/2011 – mayo/2012, esto es, dichos promedios tienen sentido estadísticamente, mas no implican que todos los días tuvieron el mismo comportamiento. Además, los ciclos horarios calculados y mostrados en la gráfica 24 no tienen necesariamente el mismo período de tiempo (diferentes meses de registro).

En la tabla 20 se reporta la humedad promedio mensual en cada estación para cada mes del período abril/2011 – mayo/2012 y en la gráfica 25 se muestra la variación de esta. Los promedios de la estación MED-BEME para los meses de agosto de 2011 y abril de 2012 deben utilizarse con cuidado, pues corresponden a promedios de tan solo algo más de seis días para el caso de agosto de 2011 y 10 días en abril de 2012, que fue el tiempo que esta estación funcionó durante este mes.

Cabe recordar que los promedios reportados para el mes de mayo de 2012, corresponden al promedio de los datos registrados los primeros seis días del mes.

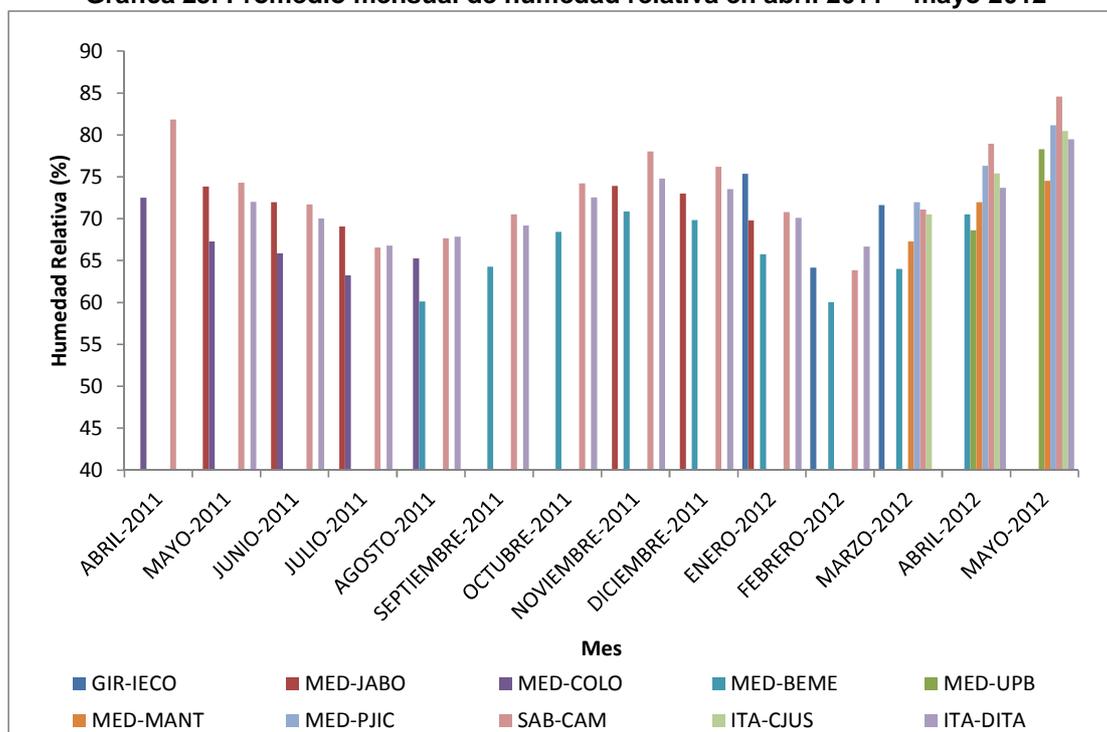
De los resultados presentados en la gráfica 25, cuando se considera todo el período abril/2011 – mayo/2012 es claro que existe un máximo en los valores de humedad relativa en el mes de diciembre, y un mínimo en el mes de agosto. También se nota en esta gráfica que en general las estaciones SAB-CAM e ITA-DITA fueron las que tuvieron mayor humedad relativa promedio mensual.

Tabla 20. Humedad relativa promedio mensual, en %, en abril 2011 – mayo 2012

Estación	Mes														H. R. Promedio	
	Abr. 2011	May. 2011	Jun. 2011	Jul. 2011	Ago. 2011	Sep. 2011	Oct. 2011	Nov. 2011	Dic. 2011	Ene. 2012	Feb. 2012	Mar. 2012	Abr. 2012	May. 2012	2011	2012
GIR-IECO										75.4	64.2	71.6				70.4
MED-JABO		73.8	72.0	69.1				73.9	73.0	69.8					72.4	69.8
MED-COLO	72.5	67.3	65.9	63.2	65.3										66.8	
MED-BEME					60.1	64.3	68.4	70.9	69.8	65.8	60.0	64.0	70.5		66.7	65.1
MED-UPB													68.6	78.3		68.6
MED-MANT												67.3	71.9	74.5		69.6
MED-PJIC												71.9	76.3	81.2		74.1
SAB-CAM	81.8	74.3	71.7	66.6	67.7	70.5	74.2	78.0	76.2	70.8	63.9	71.1	78.9	84.5	73.4	71.2
ITA-CJUS												70.5	75.4	80.5		73.0
ITA-DITA		72.0	70.0	66.8	67.9	69.2	72.5	74.8	73.5	70.1	66.7		73.7	79.5	70.8	70.2

GIR-IECO: Estación Girardota – Colegio Colombia, **MED-JABO:** Estación Jardín Botánico de Medellín, **MED-COLO:** Estación Barrio Los Colores – Medellín, **MED-BEME:** Estación Barrio Belén Las Mercedes – Medellín, **MED-MANT:** Estación Museo de Antioquia – Medellín, **MED-PJIC:** Estación Politécnico Jaime Isaza Cadavid – Medellín, **SAB-CAM:** Estación Alcaldía de Sabaneta, **ITA-CJUS:** Estación Casa de Justicia – Itagüí e **ITA-DITA:** Estación Parque Ditaires de Itagüí.

Gráfica 25. Promedio mensual de humedad relativa en abril 2011 – mayo 2012



Los valores máximos y mínimos horarios de humedad relativa para cada estación y en cada mes se reportan en las tablas 21 y 22, además de la fecha de ocurrencia

Tabla 21. Humedades relativas máximas, en %, y fechas ocurrencia abril 2011 – mayo 2012

Estación	Variable	Mes													
		Abr. 2011	May. 2011	Jun. 2011	Jul. 2011	Ago. 2011	Sep. 2011	Oct. 2011	Nov. 2011	Dic. 2011	Ene. 2012	Feb. 2012	Mar. 2012	Abr. 2012	May. 2012
GIR-IECO	H.R. Máx										92.4	89.7	90.8		
	D. H.R. Máx.										18	2	21		
	H. H.R. Máx.										6:00	6:00	3:00		
MED-JABO	H.R. Máx		95.7	95.5	94.7				90.7	91.1	89.1				
	D. H.R. Máx.		26	2	13				19	12	19				
	H. H.R. Máx.		6:00	3:00	1:00				1:00	5:00	4:00				
MED-COLO	H.R. Máx	87.0	86.7	86.9	87.6	86.8									
	D. H.R. Máx.	20	13	23	13	22									
	H. H.R. Máx.	5:00	23:00	2:00	1:00	7:00									
MED-BEME	H.R. Máx					82.3	86.5	86.2	95.6	86.5	85.1	83.9	85.5	86.1	
	D. H.R. Máx.					29	18	16	20	13	3	29	21	9	
	H. H.R. Máx.					4:00	4:00	22:00	4:00	3:00	6:00	7:00	4:00	24:00	
MED-UPB	H.R. Máx													86.8	91,2
	D. H.R. Máx.													19	4
	H. H.R. Máx.													3:00	24
MED-MANT	H.R. Máx												95.0	96.1	94,9
	D. H.R. Máx.												21	19	3
	H. H.R. Máx.												3:00	1:00	4
MED-PJIC	H.R. Máx												96.7	99.2	99,3
	D. H.R. Máx.												10	12	3
	H. H.R. Máx.												10:00	4:00	6
SAB-CAM	H.R. Máx	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	93.3	100.0	100.0	100,0
	D. H.R. Máx.	VAR	06	VAR	VAR	VAR									
	H. H.R. Máx.	VAR	06	VAR	VAR	VAR									
ITA-CJUS	H.R. Máx												96,0	96,6	96,0
	D. H.R. Máx.												21	23	3
	H. H.R. Máx.												3:00	6:00	4
ITA-DITA	H.R. Máx		91.7	91.4	91.1	90.9	92.2	91.2	91.1	91.2	90.7	89.9		91.4	91,2
	D. H.R. Máx.		22	23	13	22	24	30	18	20	5	3		19:00	3
	H. H.R. Máx.		4:00	3:00	3:00	7:00	18:00	7:00	4:00	7:00	5:00	4:00		3:00	4

GIR-IECO: Estación Girardota – Colegio Colombia, **MED-JABO:** Estación Jardín Botánico de Medellín, **MED-COLO:** Estación Barrio Los Colores – Medellín, **MED-BEME:** Estación Barrio Belén Las Mercedes – Medellín, **MED-MANT:** Estación Museo de Antioquia – Medellín, **MED-PJIC:** Estación Politécnico Jaime Isaza Cadavid – Medellín, **SAB-CAM:** Estación Alcaldía de Sabaneta, **ITA-CJUS:** Estación Casa de Justicia – Itagüí e **ITA-DITA:** Estación Parque Ditaíres de Itagüí.

H. R. Máx: Humedad relativa máxima registrada en el mes respectivo. **Día H. R. Máx.:** Día en que se registró la humedad relativa máxima. **Hora H. R. Máx.:** Hora en la que se registró la humedad relativa máxima del mes respectivo.

Tabla 22. Humedades relativas mínimas, en %, y fechas ocurrencia abril 2011 – mayo 2012

Estación	Variable	Mes													
		Abr. 2011	May. 2011	Jun. 2011	Jul. 2011	Ago. 2011	Sep. 2011	Oct. 2011	Nov. 2011	Dic. 2011	Ene. 2012	Feb. 2012	Mar. 2012	Abr. 2012	May. 2012
GIR-IECO	H.R. Mín										44.1	24.9	29.4		
	D. H.R. Mín.										9	4	2		
	H. H.R. Mín.										13:00	15:00	14:00		
MED-JABO	H.R. Mín		33.6	28.6	30.8					37.0	26.1	29.4			
	D. H.R. Mín.		30	28	22					21	22	14			
	H. H.R. Mín.		16:00	16:00	16:00					14:00	14:00	17:00			
MED-COLO	H.R. Mín	34.2	35.5	27.0	26.5	26.6									
	D. H.R. Mín.	29	21	28	8	8									
	H. H.R. Mín.	14:00	13:00	16:00	14:00	15:00									
MED-BEME	H.R. Mín					22.6	19.9	22.4	34.0	26.5	27.4	20.6	28.9	34.4	
	D. H.R. Mín.					30	5	22	5	22	14	15	4	3	
	H. H.R. Mín.					15:00	13:00	12:00	14:00	14:00	15:00	16:00	16:00	15:00	
MED-UPB	H.R. Mín													30.1	62,1
	D. H.R. Mín.													25	6
	H. H.R. Mín.													15:00	13
MED-MANT	H.R. Mín												25.2	29.4	36,7
	D. H.R. Mín.												13	25	3
	H. H.R. Mín.												17:00	15:00	15
MED-PJIC	H.R. Mín												30.7	34.0	46,0
	D. H.R. Mín.												12	2	6
	H. H.R. Mín.												16:00	16:00	13
SAB-CAM	H.R. Mín	38.23	33.56	28.78	26.32	23.99	19.53	22.18	43.95	25.78	24,5	24,8	31.1	34.4	41,1
	D. H.R. Mín.	29	19	12	8	10	5	21	3	22	1	22	4	25	3
	H. H.R. Mín.	14:00	15:00	15:00	15:00	14:00	14:00	14:00	13:00	14:00	16:00	15:00	15:00	14:00	13
ITA-CJUS	H.R. Mín												31.0	34.6	43,3
	D. H.R. Mín.												13	25	3
	H. H.R. Mín.												17:00	16:00	14
ITA-DITA	H.R. Mín		38.5	31.0	28.6	26.8	25.3	28.2	37.3	26.1	24.7	31.2		35.6	46,4
	D. H.R. Mín.		30	12	25	30	1	21	1	22	1	14		25	3
	H. H.R. Mín.		18:00	15:00	15:00	14:00	14:00	13:00	15:00	16:00	16:00	14:00		15:00	13

GIR-IECO: Estación Girardota – Colegio Colombia, **MED-JABO:** Estación Jardín Botánico de Medellín, **MED-COLO:** Estación Barrio Los Colores – Medellín, **MED-BEME:** Estación Barrio Belén Las Mercedes – Medellín, **MED-MANT:** Estación Museo de Antioquia – Medellín, **MED-PJIC:** Estación Politécnico Jaime Isaza Cadavid – Medellín, **SAB-CAM:** Estación Alcaldía de Sabaneta, **ITA-CJUS:** Estación Casa de Justicia – Itagüí e **ITA-DITA:** Estación Parque Ditaires de Itagüí.

H. R. Mín: Humedad relativa Mínima registrada en el mes respectivo. **Día H. R. Mín.:** Día en que se registró la humedad relativa Mínima. **Hora H. R. Mín.:** Hora en la que se registró la humedad relativa Mínima del mes respectivo.

Las humedades relativas máximas registradas durante el período abril/2011 – mayo/2012 en la estación GIR-IECO, oscilaron entre 89.7 % y 92.4 %, esta última se obtuvo el 18 de enero de 2012 a las 06:00. Las humedades relativas mínimas para esta misma estación oscilaron entre 24.9 %, registrada el 04 de febrero de 2012 a las 15:00, y 44.1 %.

En el caso de la estación MED-JABO, las humedades relativas máximas oscilaron entre 89.1 % y 95.7 %, humedad registrada el 26 de mayo de 2011 a las 06:00, mientras que las humedades relativas mínimas oscilaron entre 26.1 %, registrada el 22 de diciembre de 2011 a las 14:00, y 37.0 %.

Para la estación MED-COLO, las humedades relativas máximas oscilaron entre 86.7 % y 87.6 %, valor registrado el 13 de julio de 2011 a las 13:00. Las humedades relativas mínimas oscilaron entre 26.5 %, registrada el 08 de julio de 2011 a las 14:00, y 35.5 %.

Las humedades relativas máximas registradas en la estación MED-BEME, oscilaron entre 82.3 % y 95.6 %, esta última se obtuvo el 20 de noviembre de 2011 a las 04:00. En esta misma estación, las humedades relativas mínimas oscilaron entre 19.9 %, registrada el 5 de septiembre de 2011 a las 13:00, y 34.4 %.

En la estación MED-UPB, la máxima humedad relativa igual a 86.8 % se registró el 19 de abril de 2012 a las 03:00 y la humedad mínima, igual a 30.1 % se registró el 25 de abril de 2012 a las 15:00.

Para la estación MED-MANT, estación con registros desde marzo de 2012, las humedades relativas máximas oscilaron entre 95.0 % y 96.1 %, este último valor se registró el 19 de abril de 2012 a la 01:00, mientras que las humedades relativas mínimas oscilaron entre 25.2%, registrada el 13 de marzo de 2012 a las 17:00, y 29.4 %.

En la estación MED-PJIC, las humedades relativas máximas oscilaron entre 96.7 % y 99.2 %, este último valor se registró el 12 de abril de 2012 a las 04:00, mientras que las humedades relativas mínimas oscilaron entre 30.7 %, registrada el 12 de marzo de 2012 a las 16:00, y 34.0 %.

Las humedades relativas máximas registradas en la estación SAB-CAM, a excepción del mes de febrero de 2012 en el que la máxima humedad registrada fue de 93.3 %, alcanzaron todos los meses valores de 100.0 %. Las humedades relativas mínimas oscilaron entre 19.5 %, registrada el 05 de septiembre de 2011 a las 14:00, y 44.0 %

En la estación ITA-CJUS, las humedades relativas máximas oscilaron entre 96.0 % y 96.6%, este último valor se registró el 23 de abril de 2012 a las 06:00, mientras que las humedades relativas mínimas oscilaron entre 31.0 %, registrada el 13 de marzo de 2012 a las 17:00, y 34.6 %.

Finalmente, las humedades relativas máximas registradas en la estación ITA-DITA oscilaron entre 89.9 % y 92.2 %, registrada el 24 de septiembre de 2011 a las 18:00, por su parte, las humedades relativas mínimas oscilaron entre 24.7 %, registrada el 01 de enero de 2012 a las 16:00, y 38.5 %.

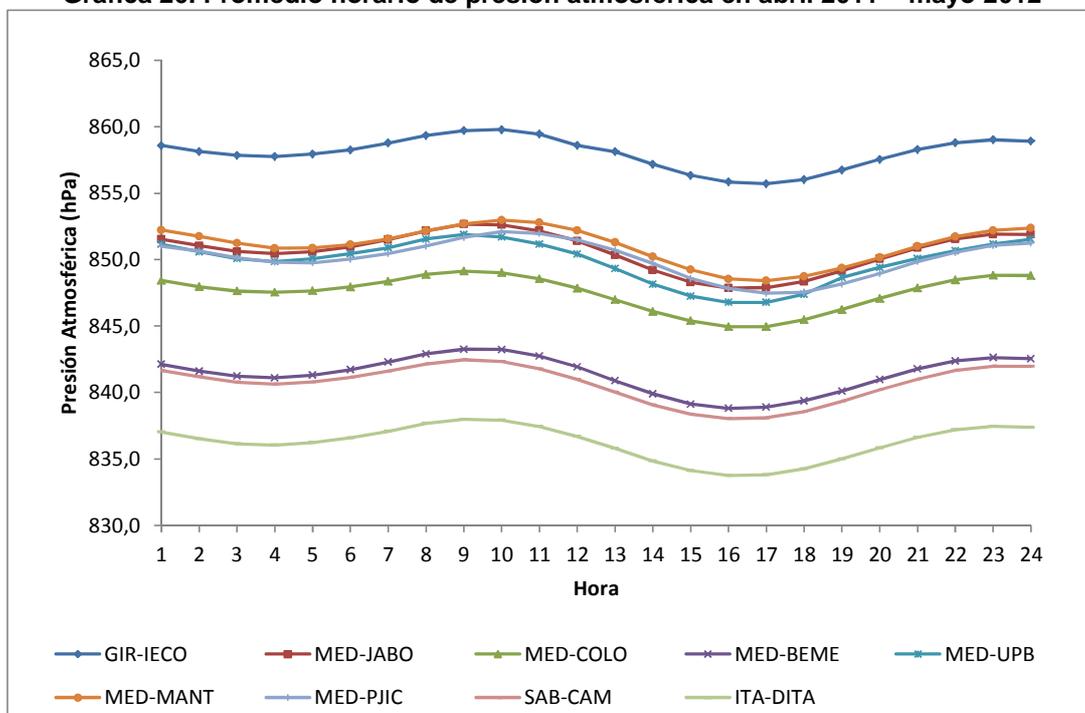
2.5.6 Presión atmosférica

En la gráfica 26 se presenta la presión atmosférica promedio horaria para todas las estaciones exceptuando la estación ITA-CJUS, las razones del por qué no se presentan se reportan al principio de este capítulo.

Según los resultados presentados, existen dos picos y dos valles en el ciclo diario de la presión atmosférica, los valores máximos se presentaron entre las 08:00 y las 11:00 y entre las 23:00 y las 24:00, mientras que los valores mínimos se dan entre las 03:00 y las 05:00, y con más fuerza entre las 15:00 y 18:00.

El comportamiento de la presión atmosférica promedio horaria descrito, corresponde a condiciones de temperatura en un “día promedio” del período abril/2011 – mayo/2012, esto es, dichos promedios tienen sentido estadísticamente, mas no implican que todos los días tuvieron el mismo comportamiento. Además, los ciclos horarios calculados y mostrados en la gráfica 26 no tienen necesariamente el mismo período de tiempo (diferentes meses de registro).

Gráfica 26. Promedio horario de presión atmosférica en abril 2011 – mayo 2012



La presión atmosférica promedio para cada mes del período abril/2010 – mayo/2012 y en cada estación se reporta en la tabla 23, y en la gráfica 27 se muestra la variación de estos promedios. En estos gráficos puede verse que “a largo plazo” la presión permanece relativamente constante en todas las estaciones. Los promedios de la estación MED-BEME para los meses de agosto de 2011 y abril de 2012 corresponden a promedios de tan solo algo más de seis días para el caso de agosto de 2011 y 10 días en abril de 2012, que fue el tiempo que esta estación funcionó durante este mes.

Tabla 23. Presión atmosférica promedio mensual, en hPa, en abril 2011 – mayo 2012

Estación*	Mes														Presión Promedio	
	Abr. 2011	May. 2011	Jun. 2011	Jul. 2011	Ago. 2011	Sep. 2011	Oct. 2011	Nov. 2011	Dic. 2011	Ene. 2012	Feb. 2012	Mar. 2012	Abr. 2012	May. 2012	2011	2012
GIR-IECO		855.8	860.9	859.0	859.3	861.6	859.2	858.9	858.5	858.6	858.0				859.1	858.3
MED-JABO											850.5	850.1	851.0	851.7		850.8
MED-COLO	847.2	846.5	849.3	847.1	847.3										847.5	
MED-BEME					841.4	843.8	841.8	841.3	842.7	841.0	839.8	839.4	840.1		842.2	840.1
MED-UPB													850.0	849.4		849.7
MED-MANT												850.6	851.6	851.6		851.3
MED-PJIC												850.9	849.8	850.0		850.2
SAB-CAM	841.8	841.1	841.3	840.9	841.3	841.7	839.4	841.1	840.4	838.8	840.8	838.4	841.7	839.8	841.0	839.9
ITA-DITA		836.1	837.7	835.5	835.9	838.2	835.9	835.4	834.9	837.1	834.9		836.2	836.2	836.2	836.1

GIR-IECO: Estación Girardota – Colegio Colombia, **MED-JABO:** Estación Jardín Botánico de Medellín, **MED-COLO:** Estación Barrio Los Colores – Medellín, **MED-BEME:** Estación Barrio Belén Las Mercedes – Medellín, **MED-MANT:** Estación Museo de Antioquia – Medellín, **MED-PJIC:** Estación Politécnico Jaime Isaza Cadavid – Medellín, **SAB-CAM:** Estación Alcaldía de Sabaneta e **ITA-DITA:** Estación Parque Ditaíres de Itagüí.

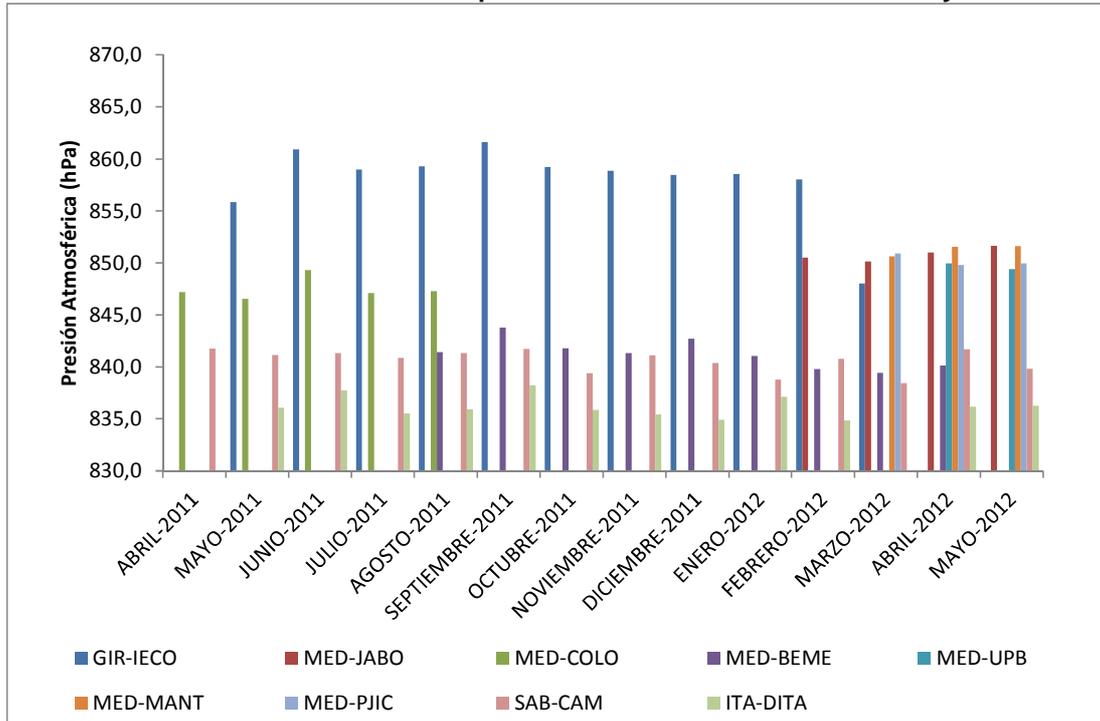
Según los resultados de las gráficas 26 y 27, la estación GIR-IECO presenta los mayores valores de presión atmosférica promedio horaria y presión atmosférica promedio mensual, y la estación ITA-DITA los menores, lo cual es coherente físicamente, pues el valor de la presión atmosférica en un punto cualquiera depende de la altura sobre el nivel del mar y al estar la estación ITA-DITA más elevada implica una menor presión atmosférica.

En las tablas 24 y 25 se registran para cada estación las presiones máximas y mínimas respectivamente ocurridas en el período abril/2011 – mayo/2012, además de las fechas de ocurrencia. El máximo valor horario de presión, igual a 864,2 hPa, se registró el lunes 12 de septiembre de 2011 a las 09:00 en la estación GIR-IECO, mientras que el menor valor, igual a 829,8 hPa, se registró en la estación ITA-DITA el jueves 27 de octubre de 2011 a las 16:00.

Las presiones máximas registradas durante el período abril/2011 – mayo/2012 en la estación GIR-IECO, oscilaron entre 891.2 hPa y 866.2 hPa, esta última se obtuvo el 12 de septiembre de 2012 a las 09:00. Las presiones mínimas para esta misma estación oscilaron entre 848.5 hPa, registrada el 10 de mayo de 2011 a las 16:00, y 857.6 hPa

En el caso de la estación MED-JABO, las presiones máximas oscilaron entre 853.6 hPa y 855.1 hPa, presión registrada el 12 de abril de 2012 a las 10:00, mientras que las presiones mínimas oscilaron entre 845.0 hPa, registrada el 29 de marzo de 2012 a las 16:00, y 848.0 hPa.

Gráfica 27. Presión atmosférica promedio mensual en abril 2011 – mayo 2012



Para la estación MED-COLO, las presiones máximas oscilaron entre 850.4 hPa y 852.9hPa, valor registrado el 07 de junio de 2011 a las 10:00. Las presiones mínimas oscilaron entre 841.3 hPa, registrada el 01 de mayo de 2011 a las 16:00, y 845.2 hPa.

Las presiones máximas registradas en la estación MED-BEME, oscilaron entre 843.9 hPa y 848.1 hPa, esta última se obtuvo el 12 de septiembre de 2011 a las 09:00. En esta misma estación, las presiones mínimas oscilaron entre 834.4 hPa, registrada el 02 de enero de 2012 a las 16:00, y 839.0 hPa.

En la estación MED-UPB, las presiones máximas oscilaron entre 851.8 hPa y 866.7 hPa, registrada el 18 de abril de 2012 a las 24:00. Las presiones mínimas oscilaron entre 843.8 hPa, registrada el 25 de abril de 2012 a las 16:00, y 845.8 hPa.

Para la estación MED-MANT, las presiones máximas oscilaron entre 853.9 hPa y 855.8 hPa, este último se registró el 12 de abril de 2012 a las 22:00, mientras que las presiones mínimas oscilaron entre 845.6 hPa, registrada el 07 de marzo de 2012 a las 17:00, y 847.9 hPa.

En la estación MED-PJIC, las presiones máximas oscilaron entre 852.5 hPa y 854.9 hPa, este último valor se registró el 30 de marzo de 2012 a las 10:00, mientras que las presiones mínimas oscilaron entre 844.4 %, registrada el 02 de abril de 2012 a las 18:00, y 846.5 hPa.

Tabla 24. Presiones atmosféricas máximas, en hPa, y fechas ocurrencia en abril 2011 – mayo 2012

Estación	Variable	Mes													
		Abr. 2011	May. 2011	Jun. 2011	Jul. 2011	Ago. 2011	Sep. 2011	Oct. 2011	Nov. 2011	Dic. 2011	Ene. 2012	Feb. 2012	Mar. 2012	Abr. 2012	May. 2012
GIR-IECO	P. Máx		861.2	863.8	862.3	862.4	866.2	862.1	862.4	861.8	862.5	861.4			
	D. P. Máx.		19	27	12	25	12	12	24	28	15	6			
	H. P. Máx.		09:00	10:00	24:00	24:00	09:00	09:00	09:00	09:00	10:00	11:00			
MED-JABO	P. Máx											853.6	854.7	855.1	854.1
	D. P. Máx.											17	17	12	6
	H. P. Máx.											09:00	10:00	10:00	09:00
MED-COLO	P. Máx	851.3	850.4	852.9	851.0	850.6									
	D. P. Máx.	28	19	7	15	5									
	H. P. Máx.	09:00	10:00	10:00	10:00	06:00									
MED-BEME	P. Máx					844.3	848.1	846.3	846.7	846.4	845.1	843.9	843.9	844.6	
	D. P. Máx.					25	12	20	20	28	3	16	17	7	
	H. P. Máx.					24:00	09:00	09:00	12:00	09:00	23:00	09:00	10:00	10:00	
MED-UPB	P. Máx													866.7	851.8
	D. P. Máx.													18	4
	H. P. Máx.													24:00	24:00
MED-MANT	P. Máx												855.3	855.8	853.9
	D. P. Máx.												17	12	6
	H. P. Máx.												11:00	22:00	09:00
MED-PJIC	P. Máx												854.9	853.9	852.5
	D. P. Máx.												30	12	6
	H. P. Máx.												10:00	12:00	09:00
SAB-CAM	P. Máx	848.4	846.1	845.6	844.8	845.2	846.6	843.7	844.9	843.9	842.7	844.5	842.9	845.8	842.3
	D. P. Máx.	23	22	7	14	22	12	19	22	28	3	17	30	12	6
	H. P. Máx.	09:00	10:00	10:00	22:00	10:00	10:00	24:00	09:00	09:00	23:00	08:00	11:00	10:00	08:00
ITA-DITA	P. Máx		838.9	841.4	839.1	839.1	843.0	840.3	839.0	838.4	841.1	839.		839.9	838.7
	D. P. Máx.		19	7	15	25	12	20	24	28	15	16		14	1
	H. P. Máx.		09:00	10:00	10:00	24:00	09:00	09:00	09:00	09:00	10:00	09:00		10:00	11:00

GIR-IECO: Estación Girardota – Colegio Colombia, **MED-JABO:** Estación Jardín Botánico de Medellín, **MED-COLO:** Estación Barrio Los Colores – Medellín, **MED-BEME:** Estación Barrio Belén Las Mercedes – Medellín, **MED-MANT:** Estación Museo de Antioquia – Medellín, **MED-PJIC:** Estación Politécnico Jaime Isaza Cadavid – Medellín, **SAB-CAM:** Estación Alcaldía de Sabaneta, **ITA-CJUS:** Estación Casa de Justicia – Itagüí e **ITA-DITA:** Estación Parque Ditaires de Itagüí.

P. Máx: Presión atmosférica máxima registrada en el mes respectivo. **D. P. Máx.:** Día en que se registró la presión atmosférica máxima. **H. P. Máx.:** Hora en la que se registró la presión atmosférica máxima del mes respectivo.

Tabla 25. Presiones atmosféricas mínimas, en hPa, y fechas ocurrencia abril 2011 – mayo 2012

Estación	Variable	Mes													
		Abr. 2011	May. 2011	Jun. 2011	Jul. 2011	Ago. 2011	Sep. 2011	Oct. 2011	Nov. 2011	Dic. 2011	Ene. 2012	Feb. 2012	Mar. 2012	Abr. 2012	May. 2012
GIR-IECO	P. Mín.		848.5	857.6	854.9	854.3	856.7	855.2	854.0	854.8	760.1	853.2			
	D. P. Mín.		10	30	26	14	24	7	17	21	5	2			
	H. P. Mín.		16:00	17:00	17:00	17:00	16:00	16:00	11:00	16:00	12:00	16:00			
MED-JABO	P. Mín.											846.4	845.0	845.6	848,0
	D. P. Mín.											23	29	2	3
	H. P. Mín.											17:00	16:00	17:00	16:00
MED-COLO	P. Mín.	841.5	841.3	845.2	842.7	843.0									
	D. P. Mín.	30	1	12	1	14									
	H. P. Mín.	16:00	16:00	16:00	17:00	16:00									
MED-BEME	P. Mín.					837.7	839.0	835.5	837.1	839.0	837.0	834.4	834.6	835.3	
	D. P. Mín.					30	24	27	28	21	12	2	7	2	
	H. P. Mín.					17:00	16:00	16:00	15:00	17:00	17:00	16:00	16:00	17:00	
MED-UPB	P. Mín.													843.8	845,8
	D. P. Mín.													25	3
	H. P. Mín.													16:00	15:00
MED-MANT	P. Mín.												845.6	846.4	847,9
	D. P. Mín.												7	25	3
	H. P. Mín.												17:00	16:00	15:00
MED-PJIC	P. Mín.												845.8	844.4	846,5
	D. P. Mín.												29	2	3
	H. P. Mín.												16:00	18:00	17:00
SAB-CAM	P. Mín.	835.5	835.9	836.3	836.3	836.5	836.3	832.7	837.1	836.0	833.9	836.3	833.0	836.1	836,5
	D. P. Mín.	30	30	12	26	10	24	27	3	22	1	24	7	2	3
	H. P. Mín.	16:00	17:00	18:00	17:00	17:00	17:00	16:00	15:00	16:00	15:00	14:00	16:00	17:00	14:00
ITA-DITA	P. Mín.		831.1	833.5	831.6	831.6	833.5	829.8	831.6	831.2	833.2	829.5		831.2	833,2
	D. P. Mín.		30	12	26	14	30	27	27	21	11	2		25	1
	H. P. Mín.		17:00	17:00	17:00	17:00	16:00	16:00	17:00	17:00	17:00	16:00		16:00	16:00

GIR-IECO: Estación Girardota – Colegio Colombia, **MED-JABO:** Estación Jardín Botánico de Medellín, **MED-COLO:** Estación Barrio Los Colores – Medellín, **MED-BEME:** Estación Barrio Belén Las Mercedes – Medellín, **MED-MANT:** Estación Museo de Antioquia – Medellín, **MED-PJIC:** Estación Politécnico Jaime Isaza Cadavid – Medellín, **SAB-CAM:** Estación Alcaldía de Sabaneta, **ITA-CJUS:** Estación Casa de Justicia – Itagüí e **ITA-DITA:** Estación Parque Ditaires de Itagüí.

P. Mín: Presión atmosférica mínima registrada en el mes respectivo. **D. P. Mín.:** Día en que se registró la presión atmosférica mínima. **H. P. Mín.:** Hora en la que se registró la presión atmosférica mínima del mes respectivo.

Las presiones máximas registradas en la estación SAB-CAM, oscilaron entre 842.3 hPa y 848.4 hPa, valor registrado el 23 de abril de 2011 a las 09:00. Las presiones mínimas oscilaron entre 832.7 hPa, registrada el 27 de octubre de 2011 a las 16:00, y 837.1.

Finalmente, las presiones máximas registradas en la estación ITA-DITA oscilaron entre 838.4 hPa y 843.0, registrada el 12 de septiembre de 2011 a las 09:00, por su parte, las presiones mínimas oscilaron entre 829.5 hPa, registrada el 02 de febrero de 2012 a las 16:00, y 833.5 %.

2.6 ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE - ICA

La tabla 26 y gráfica 28 muestra que las categorías atmosféricas del Índice de Calidad del Aire entre abril de 2011 y mayo de 2012 son “*Buenas*” y “*Moderadas*” en todas las estaciones, excepto en la estaciones donde se monitorea $PM_{2.5}$, las cuales son Jardín Botánico, Miguel de Aguinaga, Universidad Nacional, Belén Las Mercedes (con la estación móvil), Politécnico JIC y Ditaires, donde aparece adicionalmente la categoría “*Dañina a grupos sensibles*”. En la estación Universidad Nacional, MED-UNFM, se registra la calidad del aire “*Dañina a la salud*” por las altas concentraciones de PM_{10} generadas por la construcción de la vía al mar que se está realizando desde octubre de 2011.

Se debe aclarar que la estación Museo de Antioquia no alcanza a registrar ICA con los datos de NO_2 que se está midiendo en la estación.

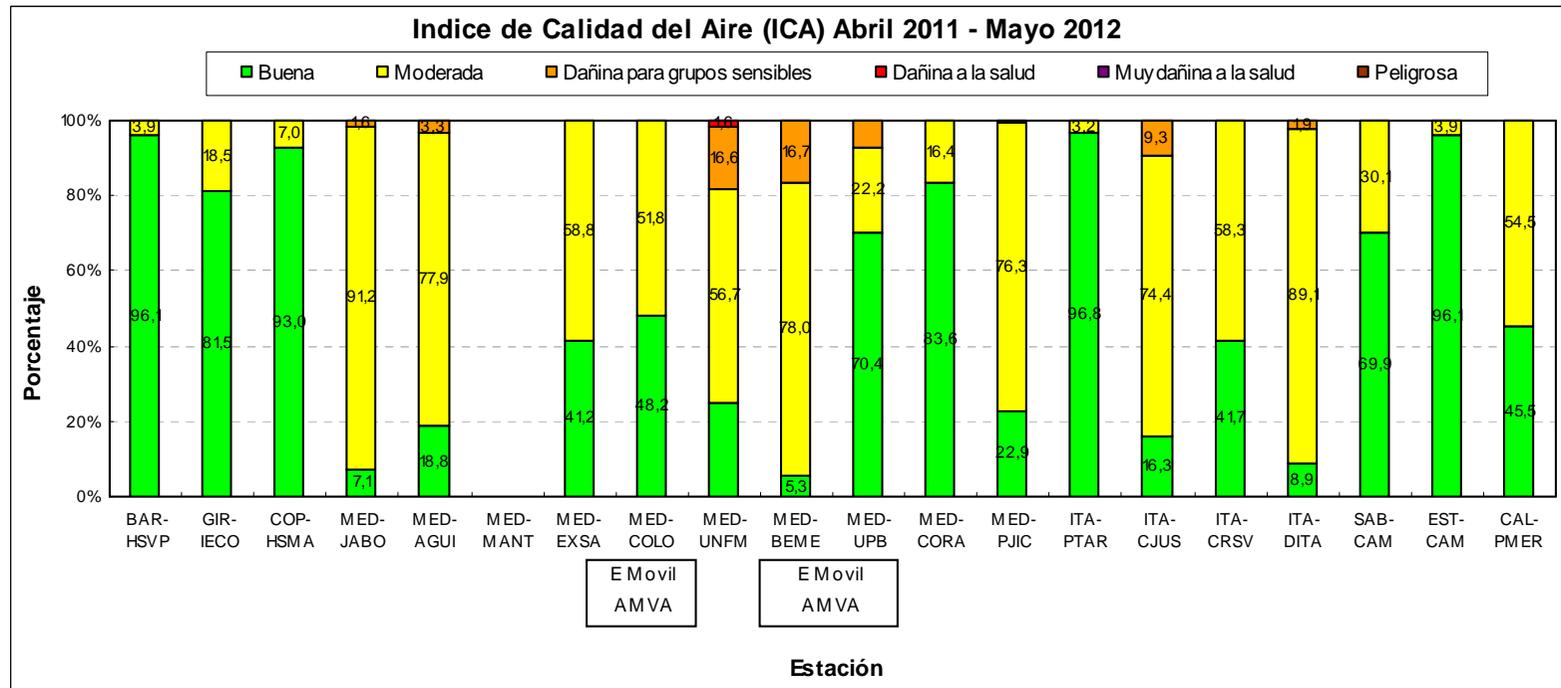
En el anexo E se presenta la fundamentación teórica de este ICA con un documento de cálculo.

Tabla 26. Índice de calidad del aire acumulado abril 2011 - mayo 2012, en número de días

Estación	Calidad atmosférica							Total
	Buena	Moderada	Inadecuada para grupos sensibles	Poco saludable	Muy poco saludable	Peligrosa	Peligrosa	
BAR-HSVP	124 (96.1)	5 (3.9)						129 (100)
GIR-IECO	303 (81.5)	69 (18.5)						372 (100)
COP-HSMA	120 (93.0)	9 (7.0)						129 (100)
MED-JABO	26 (7.2)	332 (91.2)	6 (1.6)					364 (100)
MED-AGUI	51 (18.8)	212 (77.9)	9 (3.3)					272 (100)
MED-MANT								
MED-EXSA	156 (41.2)	223 (58.8)						379 (100)
MED-COLO	53 (48.2)	57 (51.8)						110 (100)
MED-UNFM	62 (25.1)	140 (56.7)	41 (16.6)	4 (1.6)				247 (100)
MED-BEME	12 (5.3)	177 (78.0)	38 (16.7)					227 (100)
MED-UPB	19 (70.4)	6 (22.2)	2 (7.4)					27 (100)
MED-CORA	102 (83.6)	20 (16.4)						122 (100)
MED-PJIC	89 (22.9)	297 (76.3)	3 (0.8)					389 (100)
ITA-PTAR	120 (96.8)	4 (3.2)						124 (100)
ITA-CJUS	7 (16.3)	32 (74.4)	4 (9.3)					43 (100)
ITA-CRSV	103 (41.7)	144 (58.3)						247 (100)
ITA-DITA	32 (8.9)	320 (89.2)	7 (1.9)					359 (100)
SAB-CAM	86 (69.9)	37 (30.1)						123 (100)
EST-CAM	122 (96.1)	5 (3.9)						127 (100)
CAL-PMER	137 (45.5)	164 (54.5)						301 (100)

Nota: El número que está entre paréntesis indica el porcentaje del número de días de la calidad atmosférica.

Gráfica 28. Índice de calidad del aire en el Valle de Aburrá entre abril 2011 – mayo 2012, en porcentaje



3. MONITOREO PASIVO DE BTX

En este capítulo se presenta un resumen del estudio de mediciones de compuestos orgánicos volátiles (BTX) con la técnica de medidores pasivos. Como ya se dijo en este documento, el informe detallado de este estudio se presenta en un volumen separado.

El principal objetivo de este estudio es evaluar y monitorear la calidad del aire en las zonas urbanas del Valle de Aburrá mediante la evaluación con medidores pasivos. Las concentraciones de compuestos orgánicos volátiles (BTX) se evaluaron en las principales vías del Valle. Los medidores se instalaron en 18 sitios del Área Metropolitana, cubriendo los 9 municipios de la jurisdicción.

La medición de gases se realizó mediante los tubos pasivos Passam, los cuales utilizan la propiedad de difusión molecular de los gases. Estos dispositivos contienen en su interior un filtro impregnado con una sustancia absorbente específica para cada gas y la cantidad de contaminante absorbida es proporcional a la concentración en el ambiente. Su exposición en el ambiente se realizó por períodos de 28 días para todos los gases. El análisis de laboratorio se realiza empleando técnicas de cromatografía iónica y espectrofotometría.

Los muestreadores o captadores pasivos son ampliamente utilizados en Europa para el monitoreo de la calidad del aire ambiente. Su uso está reglamentado por la Comunidad Europea a través de la Norma EN 13528 de 2003. La técnica de muestreo difusivo se utiliza para la evaluación preliminar de la calidad del aire ambiente, la identificación de zonas críticas de contaminación, el diseño y optimización de redes de monitoreo, la medición de la calidad del aire en áreas sin riesgo de exceder los valores límites, la determinación de áreas de calidad del aire homogéneas, la evaluación de la contaminación en la vecindad de fuentes puntuales (tráfico, industria), así como para la evaluación de la contaminación en ecosistemas.

En 10 de las 18 estaciones se sobrepasa la Norma Colombiana Anual de Calidad del Aire para benceno y todas las estaciones superan la Guía Anual de la Organización Mundial de la Salud. La situación encontrada en el Área Metropolitana es preocupante si se considera el significado toxicológico que tiene el benceno para el hombre por sus efectos cancerígenos, principalmente de leucemia en trabajadores expuestos. En el caso del presente estudio, la población que vive ó transita por los sitios evaluados, se encuentra en riesgo ya que el benceno puede ser cancerígeno a niveles bajos por largos períodos de exposición (12 a 48 meses).

En el centro del Área Metropolitana se identifica un sector desde la estación del Edificio Miguel de Aguinaga hasta la empresa Navitrans (Autopista Sur), donde se debe hacer un seguimiento de los niveles benceno de acuerdo a las zonas críticas de contaminación identificadas en el estudio.

En concordancia con el estudio realizado, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá debe presentarle al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, como propuesta de nueva norma de calidad del aire, la Norma Europea EN 13528 de 2003 que aprueba el uso de captadores difusivos para la determinación de las concentraciones de gases y vapores en el aire ambiente

PERÍODO SEPTIEMBRE - NOVIEMBRE

Las concentraciones promedio de benceno registradas principalmente en la zona centro del Valle de Aburrá, para el período comprendido entre el 01 septiembre/11 y el 24 noviembre/11 superan la Norma Colombiana Anual de Calidad del Aire de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Las estaciones que superan el valor máximo permisible para benceno en el aire son: Edificio Miguel de Aguinaga, PracoDidacol Av.33, Éxito de San Antonio, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Facultad de Minas y Corantioquia. La Organización Mundial de la Salud no recomienda un valor seguro de exposición para este contaminante, por considerarlo un cancerígeno, por lo tanto en los 15 sitios de monitoreo se está incumpliendo esta guía mundial para la protección de la salud pública. La situación encontrada en el Área Metropolitana es preocupante si se considera el significado toxicológico que tiene el benceno para el hombre por sus efectos cancerígenos, principalmente leucemia en trabajadores expuestos. En el caso del presente estudio, la población que vive ó transita por los sitios evaluados, se encuentra en riesgo, ya que el benceno puede ser cancerígeno a niveles bajos por largos períodos de exposición.

Las concentraciones más altas se registran en las estaciones Éxito de San Antonio, Facultad de Minas y PracoDidacol Av. 33, donde el valor permisible anual es superado en un 78% ($8.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 76% ($8.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y 60% ($8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) respectivamente. Estos niveles están asociados directamente con las emisiones de los vehículos que funcionan a gasolina, como taxis, particulares, camionetas y microbuses que todavía utilizan la gasolina como combustible.

No se reporta problema de contaminación del aire por tolueno, etilbenceno y xilenos en las 18 estaciones de monitoreo distribuidas en el Área Metropolitana. Las concentraciones son inferiores a la Norma Colombiana Semanal para tolueno de $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en el caso del etilbenceno y los xilenos, los valores están por debajo de la Guía Anual de la Organización Mundial de la Salud de $22.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $870 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente.

De los tres tipos de xilenos (o-xileno, m-xileno y p-xileno) en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, se presenta mayor concentración de m-xileno en el aire, pues durante este período de monitoreo el rango de concentración de este contaminante oscilo entre 4 y $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que para las otras dos formas de xileno el límite superior oscila alrededor de $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Las concentraciones de BTX tienen una relación directa con las emisiones de los vehículos que funcionan a gasolina, debido a la adición de compuestos aromáticos con el fin de mejorar el octanaje del combustible, particularmente en Colombia, Ecopetrol aumenta el índice de octano de 60 hasta 94 para el caso de la gasolina extra. En el Área Metropolitana los valores críticos están siendo detectados en vías de importante flujo vehicular, como la Avenida 80 en el cruce con la calle 65, la Avenida 33, la Avenida Oriental y la Autopista Sur.

En comparación con los resultados obtenidos en la campaña realizada en el 2007, se puede concluir que de los Municipio del Área Metropolitana, el Municipio de Medellín sigue presentando las mayores concentraciones de benceno, debido a su alto tráfico vehicular.

Todas las estaciones del Municipio de Medellín superan la Norma Colombiana Anual de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, uno de los casos más preocupantes lo presenta la estación ubicada en la Facultad de Minas, pues en 2007 registro un promedio anual de $7.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que en el 2011 aumento a una concentración de $8.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, lo cual se podría explicar porque el número de

vehículos a gasolina en el 2007, es mucho menor que el número de vehículos en circulación en 2011.

Al comparar la estación ubicada en el Museo de Antioquia del 2007 con la estación del Edificio Miguel de Aguinaga del 2011, se encuentran concentraciones de benceno muy similares, ya que se encuentran en el mismo sector. La estación Museo reportaba una concentración promedio de $5.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que en la actualidad la estación del Edificio Miguel de Aguinaga reporta en promedio una concentración de $5.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Aunque en el 2007 no se tenían estaciones en la Avenida Oriental, en el presente estudio se ubico una estación en el Éxito de San Antonio, encontrándose una concentración de $8.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de benceno en este sector. Esta cifra es muy alta, si consideramos que la Norma Anual Colombiana es de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, superándola en un 78%.

Al comparar la estación ubicada en la Avenida Guayabal del 2007 con la estación del Politécnico Jaime Isaza Cadavid del 2011, se encuentran concentraciones de benceno muy similares, ya que se encuentran en el mismo sector. La estación Avenida Guayabal reportaba una concentración promedio de $6.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que en la actualidad la estación del Politécnico Jaime Isaza Cadavid reporta en promedio una concentración de $5.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En el Municipio de Itagüí las estaciones que se tenían en el 2007 no corresponden con las del 2011, presentando resultados distintos, por lo que no es recomendable hacer una comparación, ya que los datos corresponden a dos lugares diferentes.

El Municipio de Sabaneta presentaba en 2007 una concentración promedio de benceno de $5.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, al comparar con el resultado actual se presenta una reducción a $3.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el estudio de septiembre a noviembre de 2011.

El Municipio de Copacabana presenta en 2007 una concentración promedio de benceno de $2.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, el cual ha tenido un leve incremento a $2.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el estudio de septiembre a noviembre de 2011.

El Municipio de Girardota presenta en 2007 una concentración promedio de benceno de $1.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, el cual ha tenido un leve incremento a $2.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el estudio de septiembre a noviembre de 2011.

El Municipio de La Estrella presenta en 2007 una concentración promedio de benceno de $4.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la cual ha reducido a $3.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el estudio de septiembre a noviembre de 2011.

El Municipio de Barbosa presenta en 2007 una concentración promedio de benceno de $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la cual ha reducido a $1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el estudio de septiembre a noviembre de 2011.

PERÍODO DICIEMBRE – ENERO

Las concentraciones promedio de benceno registradas principalmente en la zona centro del Municipio de Medellín y en algunos sectores del Municipio de Itagüí, para el período comprendido entre el 24 de noviembre/11 y el 17 de enero/12 superan la Norma Colombiana

Anual de Calidad del Aire de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Las estaciones del Municipio de Medellín que superan el valor máximo permisible para benceno en el aire son: Cooperativa John F. Kennedy, Edificio Miguel de Aguinaga, PracoDidacol Av.33, Éxito de San Antonio, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Facultad de Minas y Corantioquia. Las estaciones del Municipio de Itagüí que superan el valor máximo permisible para benceno en el aire son: Navitrans y Colegio Avelino Saldarriaga G. La Organización Mundial de la Salud no recomienda un valor seguro de exposición para éste contaminante, por considerarlo un cancerígeno, por lo tanto en los 15 sitios de monitoreo se está incumpliendo ésta guía mundial para la protección de la salud pública. La situación encontrada en el Área Metropolitana es preocupante si se considera el significado toxicológico que tiene el benceno para el hombre por sus efectos cancerígenos, principalmente leucemia en trabajadores expuestos. En el caso del presente estudio, la población que vive ó transita por los sitios evaluados, se encuentra en riesgo, ya que el benceno puede ser cancerígeno a niveles bajos por largos períodos de exposición (12 a 48 meses).

Las concentraciones más altas se registran en las estaciones Éxito de San Antonio, Colegio Avelino Saldarriaga G y PracoDidacol Av. 33, donde el valor permisible anual es superado en un 65.6% ($7.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 63.9% ($7.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y 57% ($6.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) respectivamente. Estos niveles están asociados directamente con las emisiones de los vehículos que funcionan a gasolina, como taxis, particulares, camionetas y microbuses que todavía utilizan la gasolina como combustible.

No se reporta problema de contaminación del aire por tolueno, etilbenceno y xilenos en las 18 estaciones de monitoreo distribuidas en el Área Metropolitana. Las concentraciones son inferiores a la Norma Colombiana Semanal para tolueno de $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en el caso del etilbenceno y los xilenos, los valores están por debajo de la Guía Anual de la Organización Mundial de la Salud de $22.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $870 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente.

De los tres tipos de xilenos (o-xileno, m-xileno y p-xileno) en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, se presenta mayor concentración de m-xileno en el aire, pues durante este período de monitoreo el rango de concentración de este contaminante oscilo entre 5 y $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que para las otras dos formas de xileno el límite superior oscila alrededor de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Las concentraciones de BTX tienen una relación directa con las emisiones de los vehículos que funcionan a gasolina, debido a la adición de compuestos aromáticos con el fin de mejorar el octanaje del combustible, particularmente en Colombia, se aumenta el índice de octano de 60 hasta 94 para el caso de la gasolina extra. En el Área Metropolitana los valores críticos están siendo detectados en vías de importante flujo vehicular, como la Avenida 80 en el cruce con la calle 65, la Avenida 33, la Avenida Oriental y la Autopista Sur.

En comparación con los resultados obtenidos en la campaña realizada en el 2007, se puede concluir que de los Municipio del Área Metropolitana, los Municipios de Medellín e Itagüí continúan presentando las mayores concentraciones de benceno, debido a su alto tráfico vehicular.

Al comparar la estación ubicada en el Museo de Antioquia del 2007 con la estación del Edificio Miguel de Aguinaga del 2011, se encuentran concentraciones de benceno muy similares, ya que se encuentran en el mismo sector. La estación Museo reportaba una concentración

promedio de $5.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que en la actualidad la estación del Edificio Miguel de Aguinaga reporta en promedio una concentración de $4.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Aunque en el 2007 no se tenían estaciones en la Avenida Oriental, en el presente estudio se ubico una estación en el Éxito de San Antonio, encontrando una concentración de $6.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de benceno en este sector. Esta cifra es muy alta, si consideramos que la Norma Anual Colombiana es de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, superándola en un 58.7%.

Al comparar la estación ubicada en la Avenida Guayabal del 2007 con la estación de la Cooperativa John F. Kennedy del 2011, se encuentran concentraciones de benceno un poco más bajas en el mismo sector. La estación Avenida Guayabal reportaba una concentración promedio de $6.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que en la actualidad la estación de la Cooperativa John F. Kennedy del reporta en promedio una concentración de $5.07 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En el Municipio de Itagüí en el 2007 las estaciones Navitrans y Colegio Avelino Saldarriaga G reportaban concentraciones de $5,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $8,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, al comparar con los resultados actuales se observa una reducción a $5.06 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $5.83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en diciembre 2011. Aunque la reducción ha sido significativa, todavía supera la norma colombiana para benceno.

El Municipio de Sabaneta presentaba en 2007 una concentración promedio de benceno de $5.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, al comparar con el resultado actual se presenta una reducción a $3.37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en diciembre de 2011.

El Municipio de Copacabana presenta en 2007 una concentración promedio de benceno de $2.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$, el cual ha tenido una reducción considerable a $1.47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el estudio de diciembre de 2011.

El Municipio de Girardota presenta en 2007 una concentración promedio de benceno de $1.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, el cual ha tenido una reducción considerable a $1.43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el estudio de diciembre de 2011.

El Municipio de La Estrella presenta en 2007 una concentración promedio de benceno de $4.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la cual ha reducido a $2.86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el estudio de diciembre de 2011.

El Municipio de Barbosa presenta en 2007 una concentración promedio de benceno de $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la cual ha reducido a $1.39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el estudio de diciembre de 2011.

PERÍODO ENERO - FEBRERO

Las concentraciones promedio de benceno registradas principalmente en la zona centro del Municipio de Medellín y en algunos sectores del Municipio de Itagüí, para el período comprendido entre el 17 de enero/12 y el 8 de marzo /12 superan la Norma Colombiana Anual de Calidad del Aire de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Las estaciones que superan el valor máximo permisible para benceno en el aire son: PracoDidacol Av.33, Éxito de San Antonio, Colegio Avelino Saldarriaga G y Navitrans. Las concentraciones más altas se registran en las estaciones Éxito de San Antonio, Colegio Avelino Saldarriaga G y Navitrans, donde el valor permisible anual es superado en un 60% ($8 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 54% ($7.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y 50% ($7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) respectivamente. Estos

niveles están asociados directamente con las emisiones de los vehículos que funcionan a gasolina, como taxis, particulares, camionetas y microbuses que todavía utilizan la gasolina como combustible.

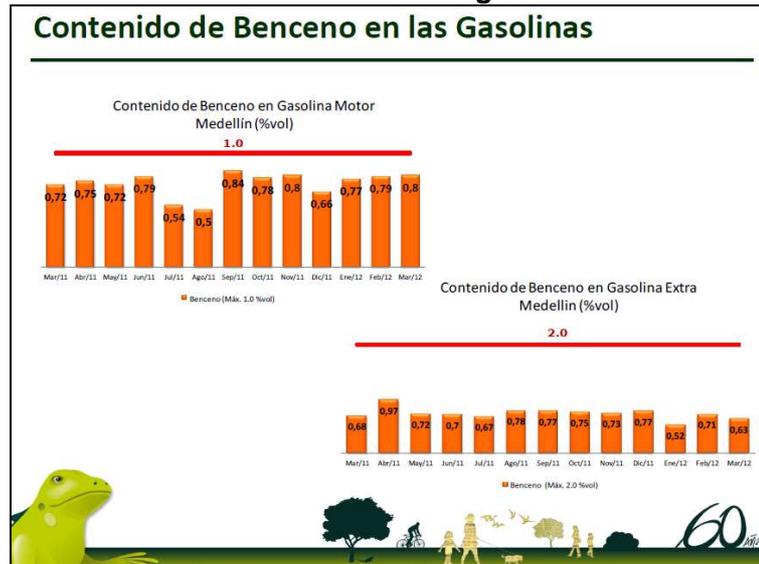
No se reporta problema de contaminación del aire por tolueno, etilbenceno y xilenos en las 18 estaciones de monitoreo distribuidas en el Área Metropolitana. Las concentraciones son inferiores a la Norma Colombiana Semanal para tolueno de $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en el caso del etilbenceno y los xilenos, los valores están por debajo de la Guía Anual de la Organización Mundial de la Salud de $22.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $870 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente.

De los tres tipos de xilenos (o-xileno, m-xileno y p-xileno) en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, se presenta mayor concentración de m-xileno en el aire, pues durante los cinco meses de monitoreo el rango de concentración de este contaminante oscilo entre 4 y $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que para las otras dos formas de xileno el límite superior oscila alrededor de $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Las concentraciones de BTX tienen una relación directa con las emisiones de los vehículos que funcionan a gasolina, debido a la adición de compuestos aromáticos con el fin de mejorar el octanaje del combustible, particularmente en Colombia, se aumenta el índice de octano de 60 hasta 94 para el caso de la gasolina extra. En el Área Metropolitana los valores críticos están siendo detectados en vías de importante flujo vehicular, como la Avenida 80 en el cruce con la calle 65, la Avenida 33, la Avenida Oriental, Calle 39 (Itagüí), Carrera 42 (Itagüí) y la Autopista Sur.

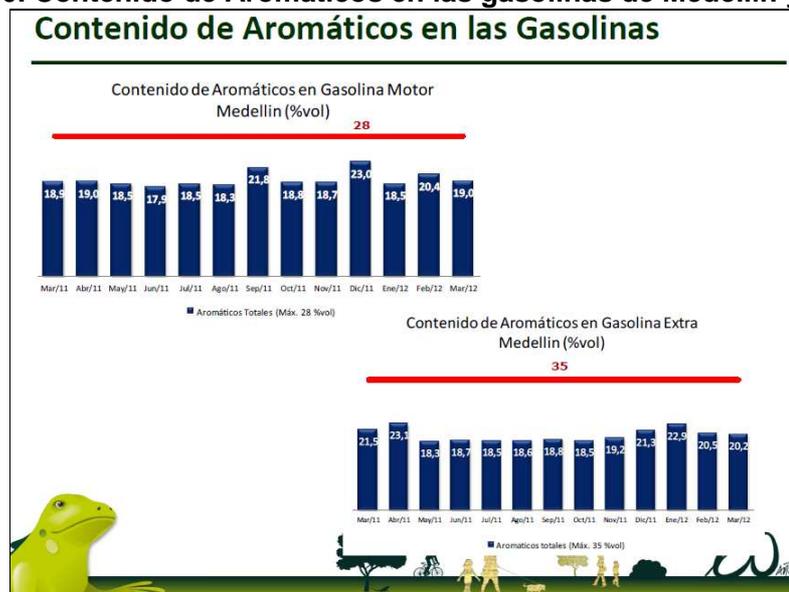
En el informe “Seguimiento al pacto de calidad del aire de Medellín – Calidad de combustibles” elaborado por ECOPEPETROL S.A se presentan gráficos sobre el contenido de benceno y aromáticos en la gasolina hasta el mes de marzo de 2012, que indican que el %en vol. de benceno adicionado a la gasolina de Medellín y el AMVA, es menor al 1% para gasolina corriente y menor al 2% para gasolina extra. Ver gráfica 29.

Gráfica 29. Concentración de benceno en las gasolinas de Medellín y el AMVA.



Del mismo modo, el %en vol. de aromáticos adicionado a la gasolina de Medellín y el AMVA, es menor al 28% para gasolina corriente y menor al 35% para gasolina extra. Ver gráfica 30.

Gráfica 30. Contenido de Aromáticos en las gasolinas de Medellín y el AMVA.



Aunque la reducción de benceno y aromáticos en la producción de combustibles para Medellín y el AMVA genere un impacto positivo frente a las emisiones que se generan en esta área, se sigue excediendo la norma en algunos sectores, debido al alto tráfico vehicular y a la antigüedad de los vehículos de servicio público. Para superar estos obstáculos en la reducción de emisiones, se hace necesario implementar medidas como los convertidores catalíticos, para aumentar la eficiencia y disminuir la concentración de los gases nocivos expulsados por los motores de combustión interna.

En comparación con los resultados obtenidos en la campaña realizada en el 2007, se puede concluir que de los Municipio del Área Metropolitana, los Municipios de Medellín e Itagüí continúan presentando las mayores concentraciones de benceno, debido a su alto tráfico vehicular.

Al comparar la estación ubicada en el Museo de Antioquia del 2007 con la estación del Edificio Miguel de Aguinaga del 2012, se observa que las concentraciones de benceno han disminuido en el sector. La estación Museo reportaba una concentración promedio de $5.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que en la actualidad la estación del Edificio Miguel de Aguinaga reporta en promedio una concentración de $3.93 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Aunque en el 2007 no se tenían estaciones en la Avenida Oriental, en el presente estudio se ubico una estación en el Éxito de San Antonio, encontrando una concentración de $7.32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de benceno en este sector. Esta cifra es muy alta, si consideramos que la Norma Anual Colombiana es de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, superándola en un 64.2%.

Al comparar la estación ubicada en la Avenida Guayabal del 2007 con la estación de la Cooperativa John F. Kennedy del 2012, se encuentran concentraciones de benceno más bajas en el mismo sector. La estación Avenida Guayabal reportaba una concentración promedio de $6.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que en la actualidad la estación de la Cooperativa John F. Kennedy reporta en promedio una concentración de $3.34 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En el Municipio de Itagüí en el 2007 las estaciones Navitrans y Colegio Avelino Saldarriaga G reportaban concentraciones de $5,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $8,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, al comparar con los resultados actuales se observa una reducción a $4.68 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $4.59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en febrero de 2012. Aunque la reducción ha sido significativa, todavía esta en el rango crítico según la norma colombiana para benceno.

El Municipio de Sabaneta presentaba en 2007 una concentración promedio de benceno de $5.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, al comparar con el resultado actual se presenta una reducción a $2.73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en febrero de 2012.

El Municipio de Copacabana presenta en 2007 una concentración promedio de benceno de $2.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$, el cual presenta una reducción a $1.41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el estudio de febrero de 2012.

El Municipio de Girardota presenta en 2007 una concentración promedio de benceno de $1.80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, el cual ha tenido un leve incremento a $1.84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el estudio de febrero de 2012.

El Municipio de La Estrella presenta en 2007 una concentración promedio de benceno de $4.20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la cual ha reducido a $3.36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el estudio de febrero de 2012.

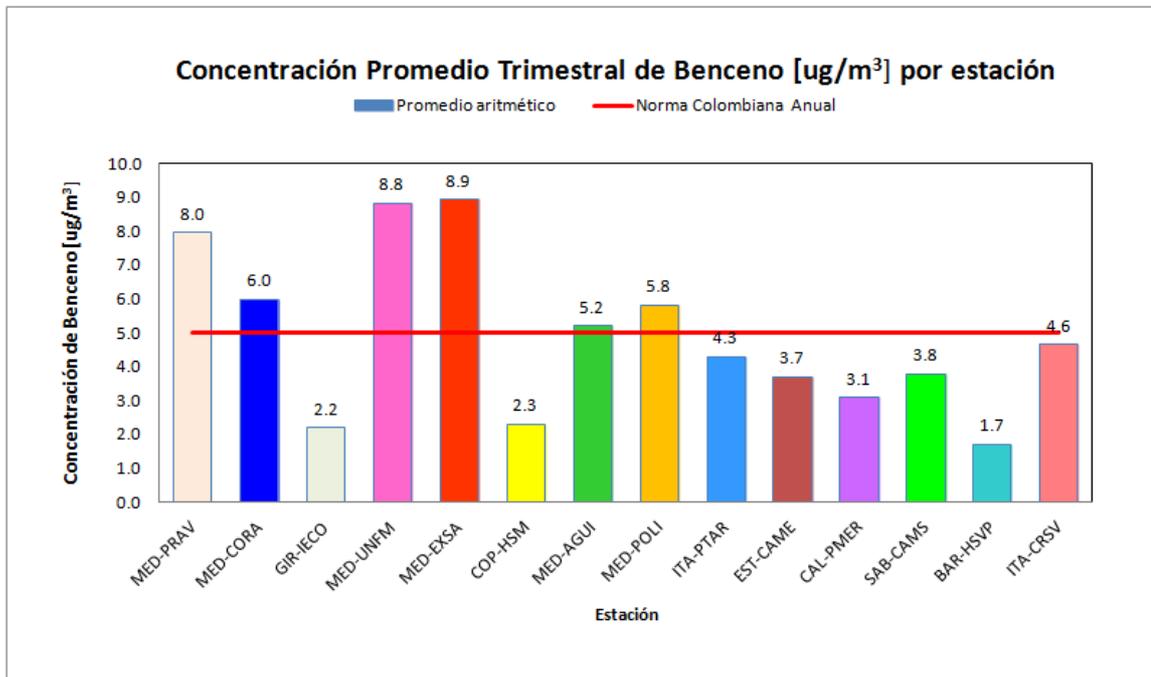
El Municipio de Barbosa presenta en 2007 una concentración promedio de $2.50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ benceno de $\mu\text{g}/\text{m}^3$, la cual ha reducido a $1.45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el estudio de febrero de 2012.

Promedio de la concentración de compuestos orgánicos volátiles.

Promedio trimestral (Septiembre – Noviembre)

Las concentraciones promedio trimestrales de benceno en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá para el período comprendido entre el 01 Sept/11 y el 24 Nov/11, se muestran en la gráfica 31. Los promedios trimestrales de benceno en la zona centro del Valle de Aburrá superan la Norma Colombiana Anual de Calidad del Aire de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Las estaciones que superan el valor máximo permisible para benceno en el aire son: Edificio Miguel de Aguinaga, Facultad de Minas, Éxito de San Antonio, Corantioquia, PracoDidacol – Av. 33, y Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. La Organización Mundial de la Salud no recomienda un valor seguro de exposición para éste contaminante, por considerarlo un cancerígeno, por lo tanto en los 15 sitios de monitoreo se está incumpliendo ésta guía mundial para la protección de la salud pública. La situación encontrada en el Área Metropolitana es preocupante si se considera el significado toxicológico que tiene el benceno para el hombre por sus efectos cancerígenos, principalmente leucemia en trabajadores expuestos. En el caso del presente estudio, la población que vive ó transita por los sitios evaluados, se encuentra en riesgo, ya que el benceno puede ser cancerígeno a niveles bajos por largos períodos de exposición.

Gráfica 31. Concentraciones promedio de benceno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: 01 Sept/11 – 24 Nov /11.



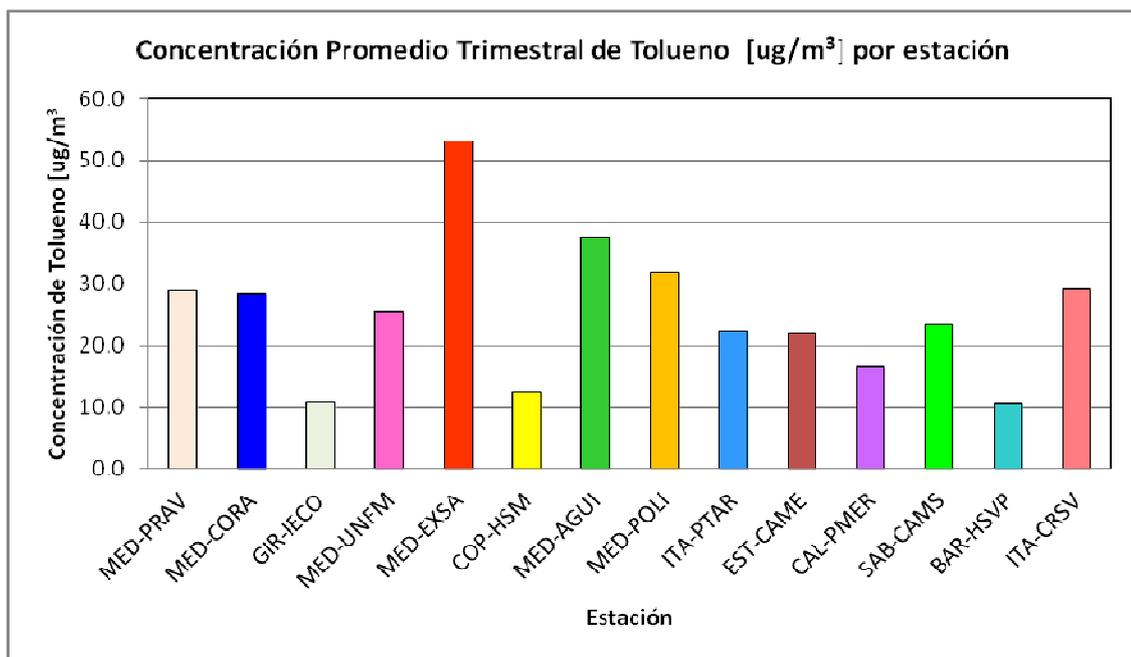
Es importante resaltar que en estudios realizados en ciudad de México, se ha observado que las concentraciones de los contaminantes en el interior de los vehículos que viajan lentamente, con tráfico vehicular intenso, son generalmente más altas que las concentraciones en el aire ambiente. En un estudio de 1998 (Lemire, S. et al; 1998), se evaluó la exposición ambiental a compuestos orgánicos volátiles mediante la determinación de las concentraciones sanguíneas en usuarios de transporte en la Ciudad de México. Las concentraciones promedio de benceno en sangre, etilbenceno, m-/p-xileno y tolueno fueron aproximadamente dos veces más elevadas que en la submuestra de no fumadores de la Tercera Encuesta de Nutrición y Salud (Third National Health and Nutrition Examination Survey) en la población de Estados Unidos de América. Éste estudio reflejó el problema de contaminación en la Ciudad de México, asociado al bajo control de emisiones en los vehículos viejos y las pobres prácticas de mantenimiento, además enfatizó la necesidad de iniciativas regulatorias y alternativas para disminuir el tráfico vehicular intenso en la Ciudad de México.

Las concentraciones más altas de benceno registradas en el presente estudio se presentan en las estaciones Éxito de San Antonio, Facultad de Minas, Praco Didacol - Av. 33, donde el valor permisible anual es superado en un 78% (8.9 µg/m³), 76% (8.8 µg/m³) y 60% (8 µg/m³) respectivamente. Estos niveles están asociados directamente con las emisiones de los vehículos que funcionan a gasolina, como taxis, particulares, camionetas y microbuses que utilizan la gasolina como combustible.

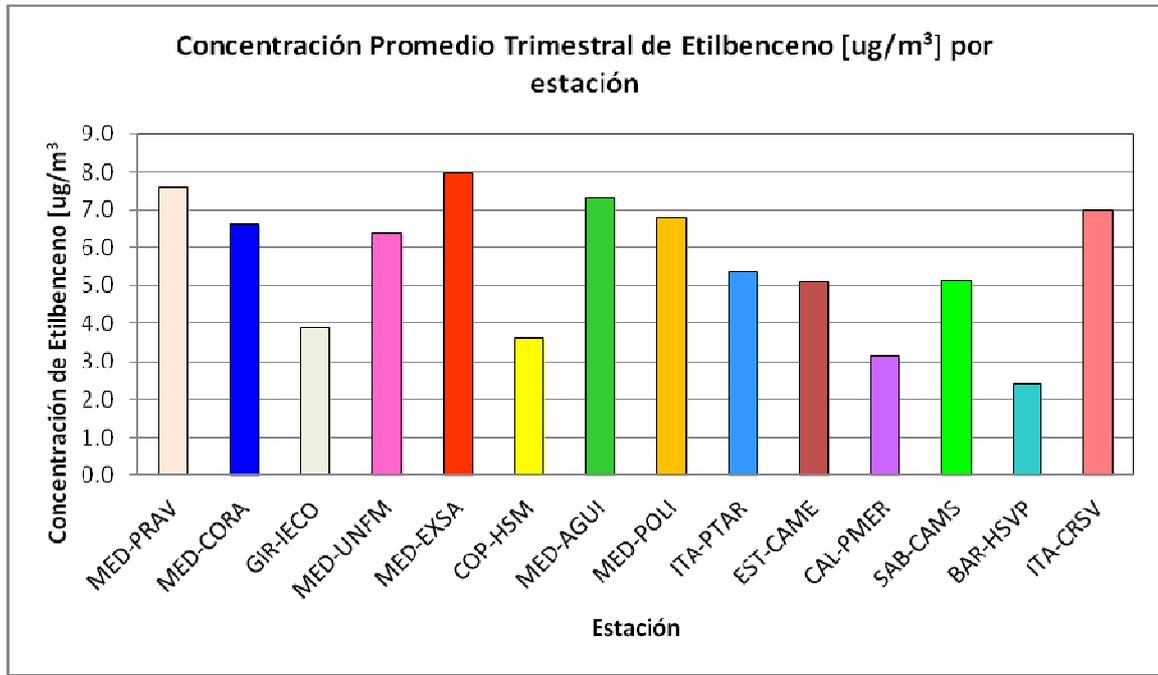
Estudios realizados en Estados Unidos (Wallace, L.; 1990) y en el Reino Unido (UK, Department of the Environment) atribuyen el 82% y el 97% de las emisiones de benceno, respectivamente, a las emisiones vehiculares. Es importante destacar el nivel promedio anual de benceno alcanzado en las estaciones de Itagüí de $4.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la planta de tratamiento de aguas residuales y $4.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el Colegio El Rosario, donde se debe continuar el seguimiento de éste contaminante por su valor cercano a la Norma Colombiana.

No se reporta problema de contaminación del aire por tolueno, etilbenceno y xilenos en las 15 estaciones de monitoreo distribuidas en el Área Metropolitana (ver gráficas 32 a 36, respectivamente). Las concentraciones son inferiores a la Norma Colombiana Semanal para tolueno de $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en el caso del etilbenceno y los xilenos, los valores están por debajo de la Guía Anual de la Organización Mundial de la Salud de $22.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $870 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente.

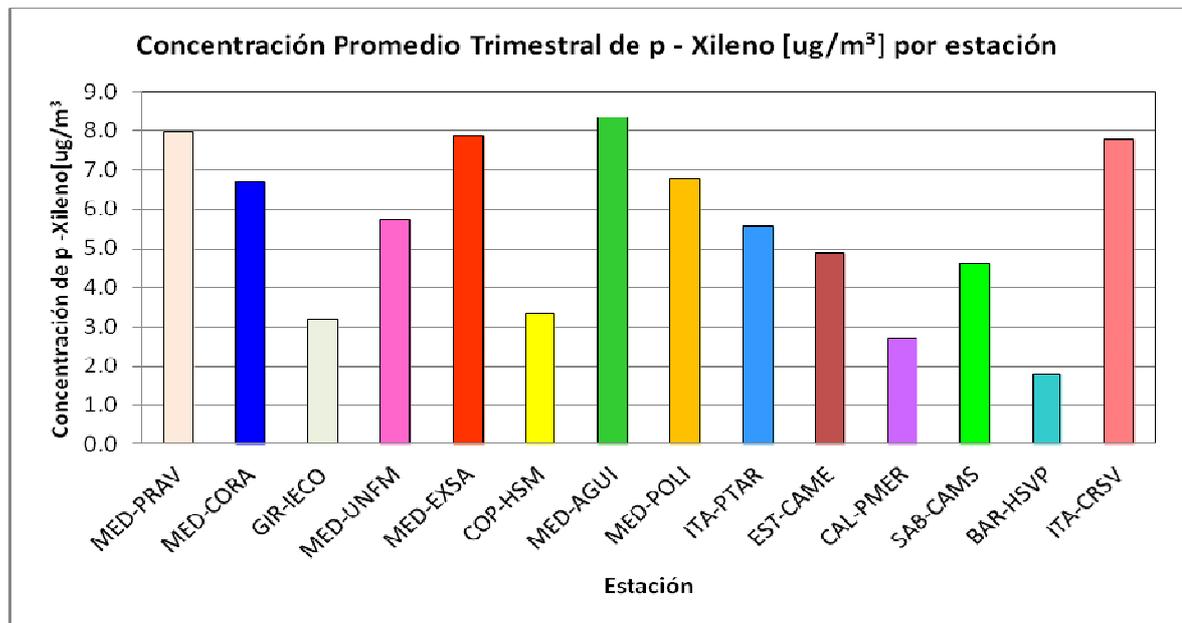
Gráfica 32. Concentraciones promedio de tolueno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: 01 Sept/11 – 24 Nov /11.



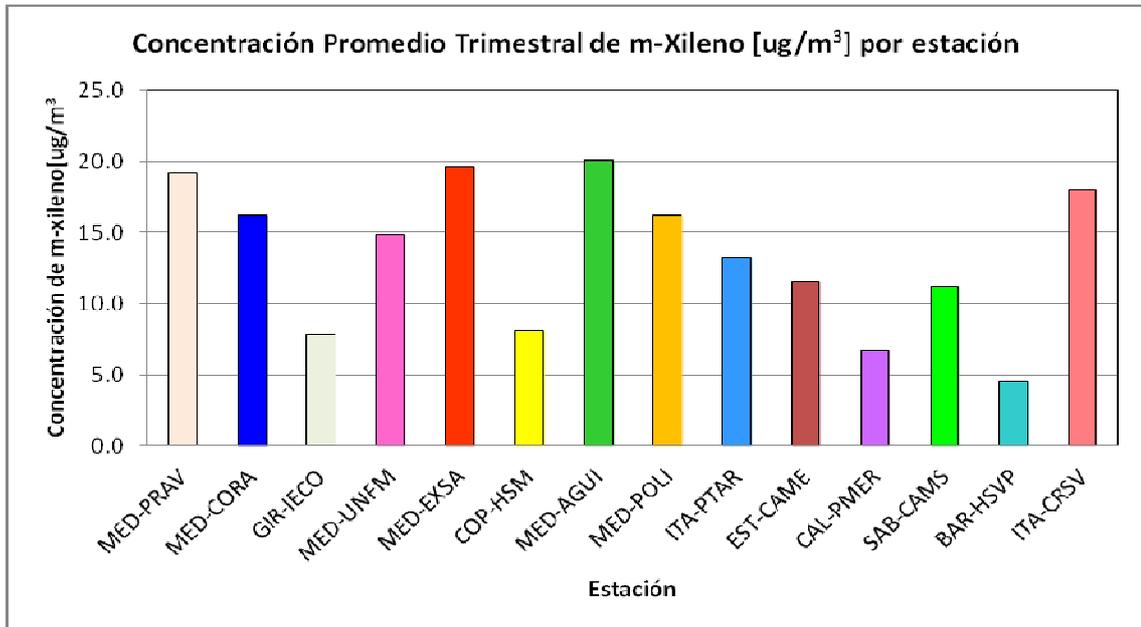
Gráfica 33. Concentraciones promedio trimestrales de etilbenceno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: 01 Sept/11 – 24 Nov /11.



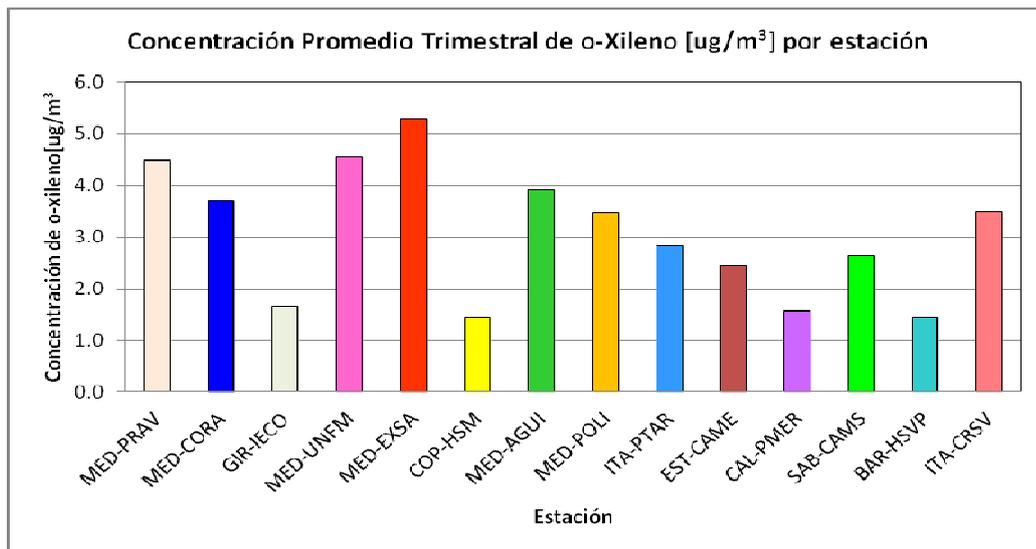
Gráfica 34. Concentraciones promedio trimestrales de p-xileno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: 01 Sept/11 – 24 Nov /11.



Gráfica 35. Concentraciones promedio trimestrales de m- xileno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: 01 Sept/11 – 24 Nov /11.

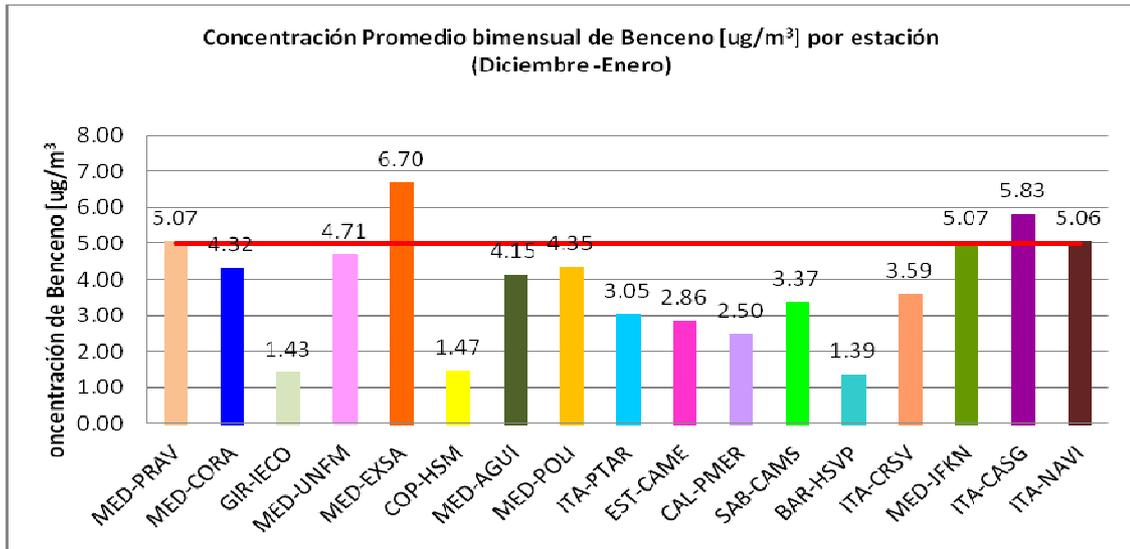


Gráfica 36. Concentraciones promedio trimestrales de o - xileno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: 01 Sept/11 – 24 Nov /11.

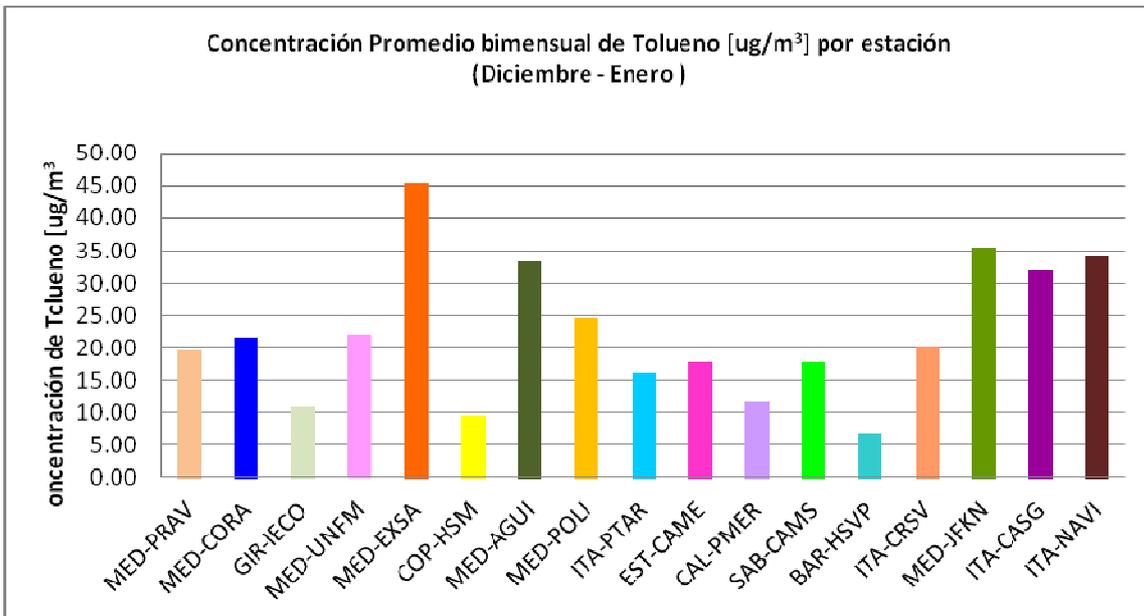


Promedio Bimensual (Diciembre – Enero)

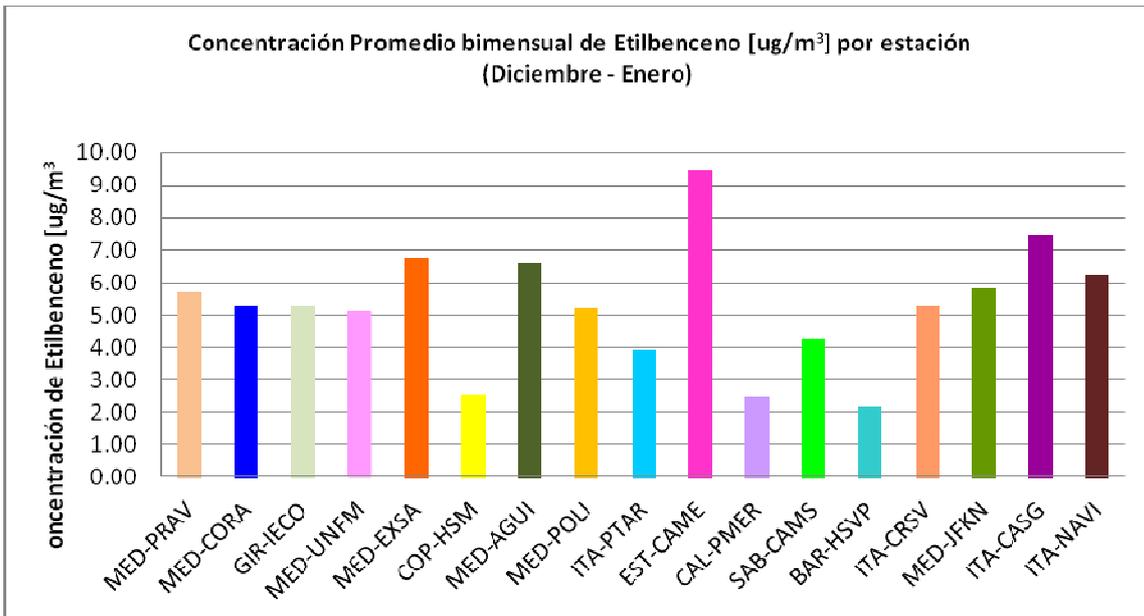
Gráfica 37. Concentraciones promedio de benceno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: Diciembre/11 – Enero/12



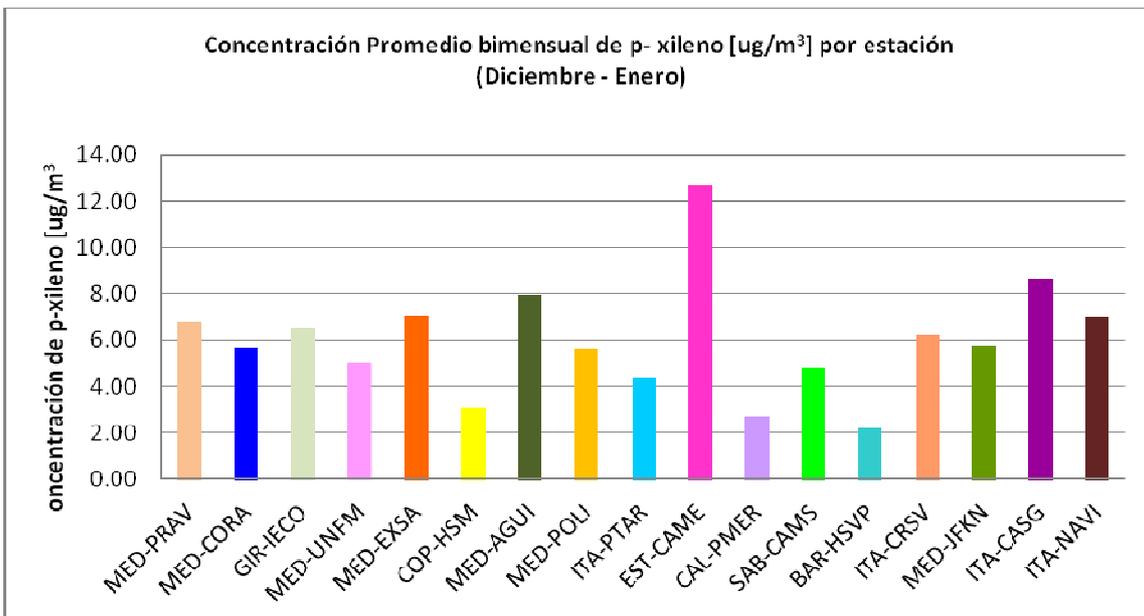
Gráfica 38. Concentraciones promedio de tolueno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: Diciembre/11 – Enero/12.



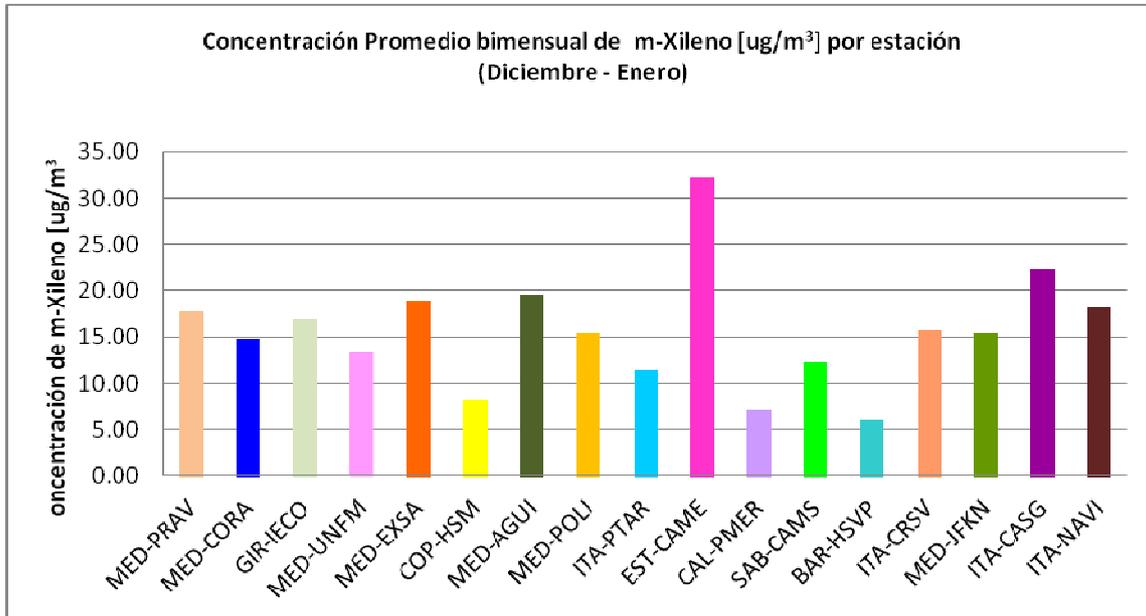
Gráfica 39. Concentraciones promedio de etilbenceno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: Diciembre/11 – Enero/12.



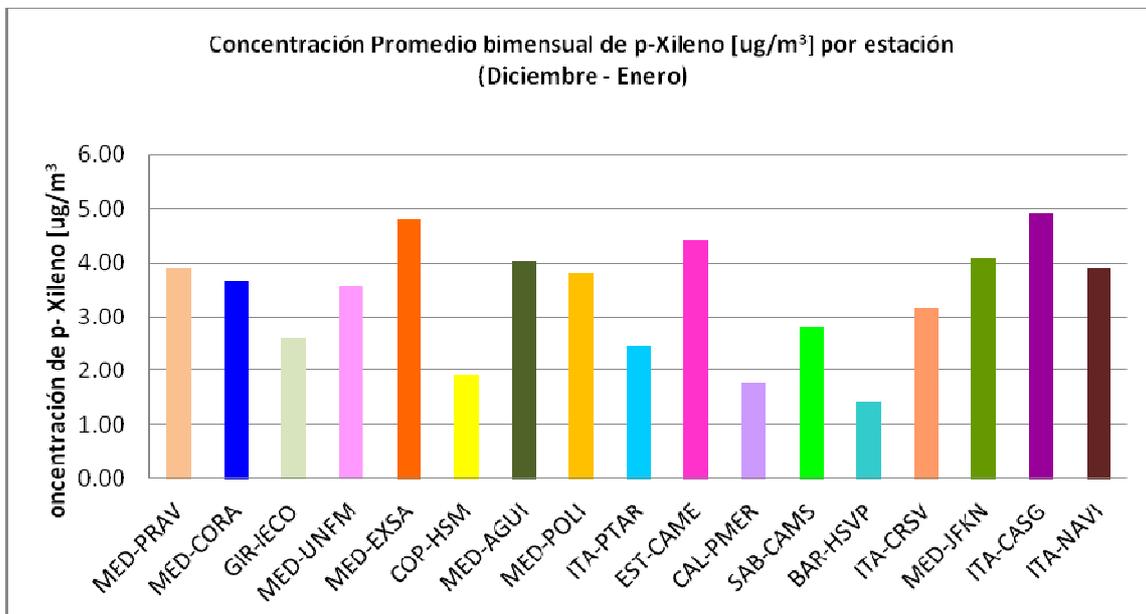
Gráfica 40. Concentraciones promedio de p-xileno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: Diciembre/11 – Enero/12.



Gráfica 41. Concentraciones promedio de m-xileno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: Diciembre/11 – Enero/12.

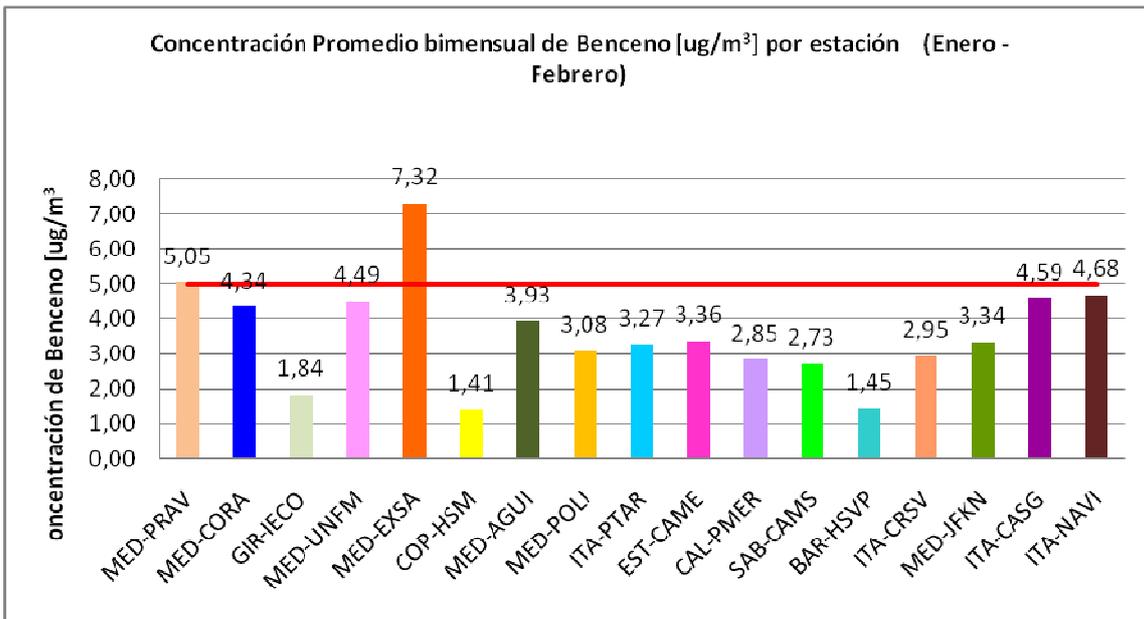


Gráfica 42. Concentraciones promedio de o-xileno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: Diciembre/11 – Enero/12.

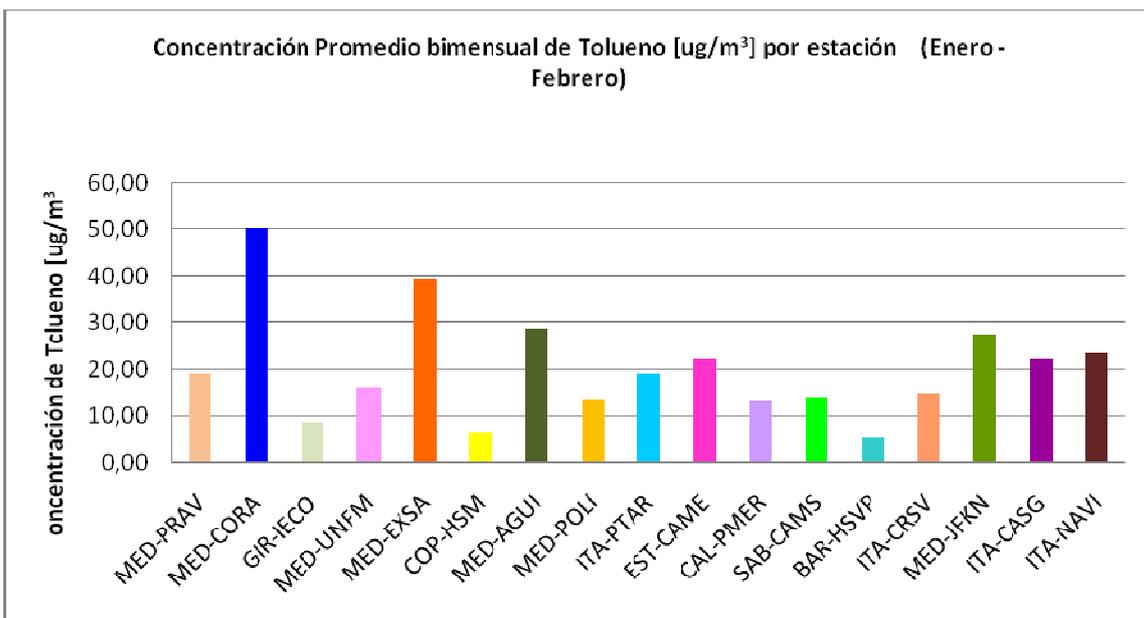


Promedio Bimensual (Enero – Febrero)

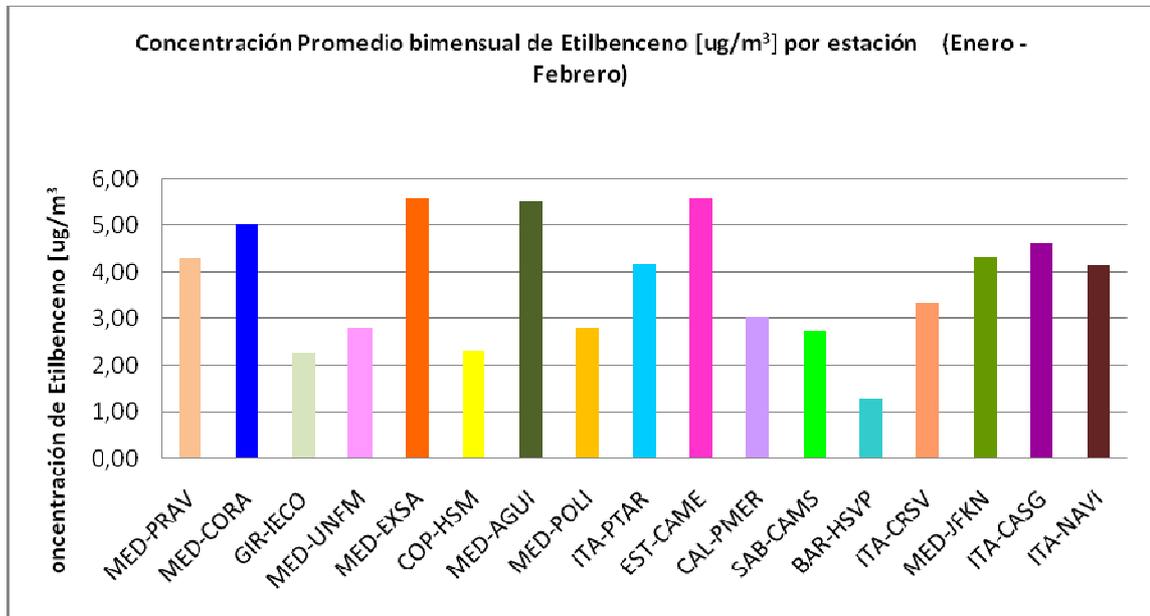
Gráfica 43. Concentraciones promedio de benceno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: Enero/ 12– Febrero /12



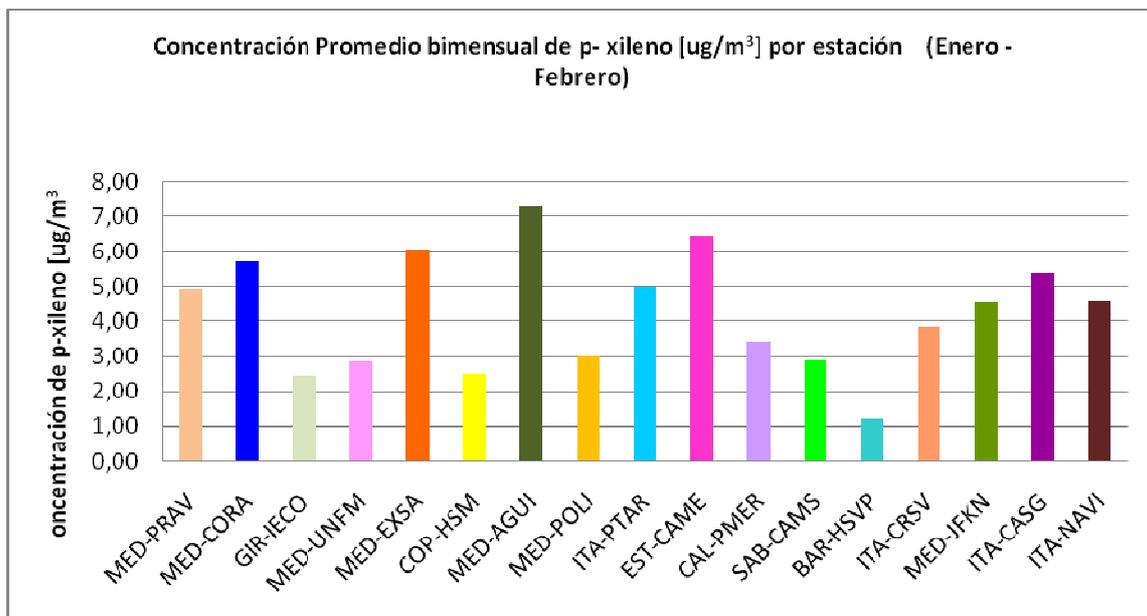
Gráfica 44. Concentraciones promedio de tolueno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: Enero/ 12 –Febrero /12



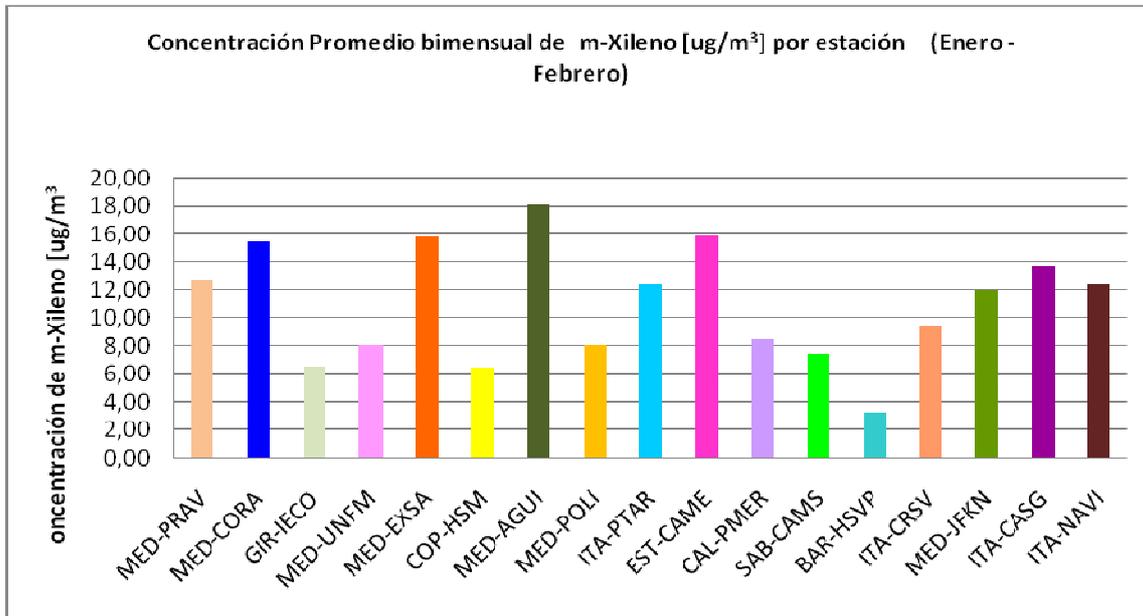
Gráfica 45. Concentraciones promedio de etilbenceno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: Enero/ 12 – Febrero /12



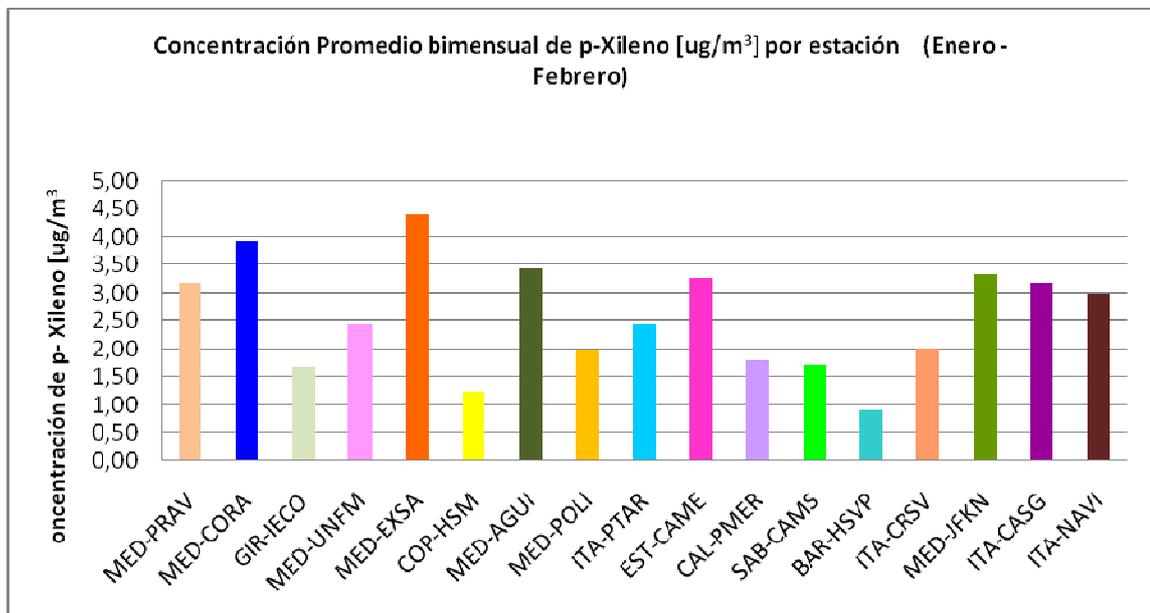
Gráfica 46. Concentraciones promedio de p- xileno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: Enero/ 12 – Febrero /12.



Gráfica 47. Concentraciones promedio de m-xileno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: Enero/ 12 – Febrero /12.

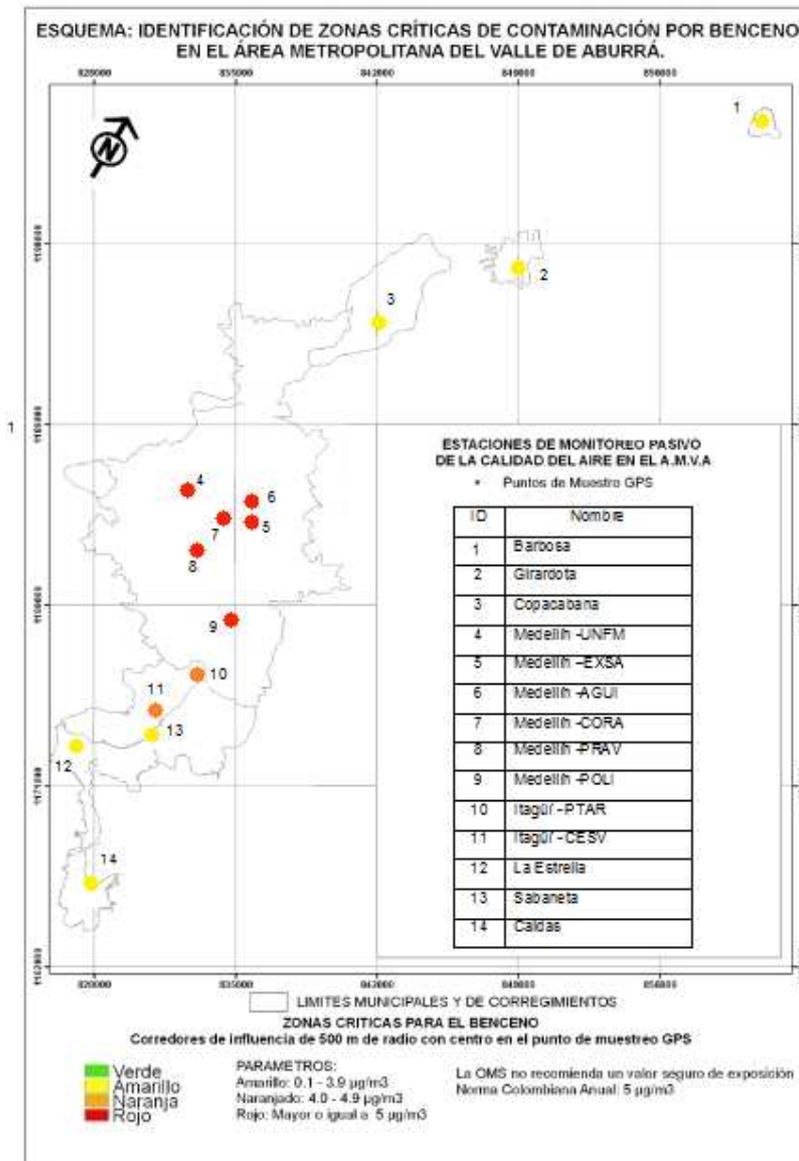


Gráfica 48. Concentraciones promedio de o-xileno por monitor pasivo en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Período de monitoreo: Enero/ 12 – Febrero /12.



De acuerdo con los resultados de calidad del aire obtenido, se identificaron las zonas críticas de contaminación en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, las cuales se muestran en la gráfica 49. Se analizó el benceno ya que se puede comparar directamente con la Norma Colombiana Anual de Calidad del Aire (Resolución 610 del 24 de marzo de 2010, expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de la República de Colombia).

Gráfica 49. Identificación de zonas críticas de contaminación por Benceno en el ÁMVA



En la gráfica 49 se observa el código de colores utilizado el cual obedece al cumplimiento de las diferentes normas con las que son analizados los contaminantes. Se asigna el color rojo cuando

el contaminante sobrepasa la Norma Colombiana de Calidad del Aire y verde cuando no sobrepasa la Norma Colombiana ni la Guía Internacional de la Organización Mundial de la Salud. En dicha gráfica se observa que el municipio de Medellín es la zona del valle que presenta mayores niveles de contaminación por benceno.

De acuerdo con estos resultados, se recomienda implementar las siguientes medidas de control para minimizar los problemas de contaminación por bencenos, las cuales se deberán aplicar especialmente en las zonas más contaminadas:

- El monitoreo pasivo de contaminantes en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, identifica sectores con contaminación crítica y evalúa de manera sencilla, la evolución de los contaminantes durante el monitoreo. Éstos resultados deben ser validados por los métodos activos estándar, en el caso que se tengan valores muy cercanos al límite establecido por la norma. En el centro del Área Metropolitana se identifica un sector desde la estación Éxito de San Antonio hasta la del Politécnico Jaime Isaza Cadavid, donde se debe hacer un seguimiento de benceno de acuerdo a las zonas críticas de contaminación de la Gráfica 49.
- Los resultados del monitoreo pasivo de contaminantes pueden ser utilizados por la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire del Valle de Aburrá para la ubicación de equipos activos manuales y automáticos en sitios estratégicos donde se identificaron valores superiores o cercanos a la norma.
- En el caso de los compuestos orgánicos volátiles (BTX), los resultados del presente estudio permiten evaluar el nivel de contaminación atmosférica al que se encuentran expuestos los habitantes de la ciudad en las diferentes estaciones. Los niveles de benceno obtenidos en el Municipio de Medellín superan la norma Colombiana, lo cual es preocupante desde el punto de vista epidemiológico, pues puede generar problemas severos de salud en la población expuesta. Por ésta razón se debe continuar con el monitoreo en las zonas identificadas como críticas y ampliar la cobertura de medición a otras intersecciones viales con alto flujo vehicular, tales como la Calle San Juan con la Carrera 80, la Calle San Juan con la Avenida Ferrocarril, otros puntos en la Avenida Regional.
- El Área Metropolitana del Valle de Aburrá, en su función de autoridad ambiental, debe empezar a revisar los niveles máximos permisibles de BTX en su jurisdicción, teniendo en cuenta los resultados del presente proyecto y de estudios epidemiológicos. En éste caso se propone la elaboración de una malla de puntos de muestreo más densa en la zona centro del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, desde Bello hasta Caldas, en los cuales los niveles están cercanos a los valores límite ó lo superan.
- Las Autoridades Ambientales deben tomar acciones coercitivas para que ECOPETROL mejore la calidad de los combustibles especialmente reduciendo el contenido de hidrocarburos aromáticos. Ya existe el problema epidemiológico y de afectación de la salud así no se hayan efectuado los estudios.
- ECOPETROL debe incluir en su Plan Decenal la disminución de azufre e hidrocarburos aromáticos como el benceno en los combustibles, para ser implementados en los primeros dos años.

- Al revisar el Inventario de Emisiones de Fuentes Fijas del Área Metropolitana del Valle de Aburrá - 2005, se notó la deficiencia en información que es importante para conocer la calidad de los combustibles. Se propone al Área Metropolitana del Valle de Aburrá que realice una segunda etapa del Inventario en la que se incluya la procedencia de los combustibles.
- En concordancia con el estudio realizado, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá debe presentarle al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, como propuesta de nueva norma de calidad del aire, la Norma Europea EN 13528 de 2003 que aprueba el uso de captadores difusivos para la determinación de las concentraciones de gases y vapores en el aire ambiente. Los métodos pasivos ofrecen ventajas en comparación con los métodos activos manuales y automáticos, por su bajo costo, manejo sencillo y sus aplicaciones para la evaluación de tendencias de contaminación a largo plazo, la determinación de zonas críticas, el diseño y optimización de redes de monitoreo automáticas, entre otras. Los captadores difusivos son ampliamente utilizados en Europa. Por ejemplo, en Francia han sido validados para la determinación de la contaminación por ozono y sus efectos en la salud (Nadine *et al*, 1999); en Alemania se han realizado mediciones de dióxido de nitrógeno en sitios con tráfico vehicular importante (Pfeffer *et al*, 2006).
- El Área Metropolitana del Valle de Aburrá debe realizar mediciones simultáneas con los captadores difusivos y con los equipos automáticos, para poder establecer correlaciones entre ambas metodologías.
- El Área Metropolitana debe trabajar mancomunadamente con las Secretarías de Tránsito y Transporte Municipales en una estrategia de rediseño de rutas de alto tráfico vehicular.
- El Sistema de Transporte Masivo Metroplús debe emplear combustibles limpios dado los resultados del presente estudio que mostraron niveles de benceno superiores a la Norma Colombiana. Así como niveles preocupantes de dióxidos de azufre y nitrógeno, los cuales provienen de los combustibles actuales y que permiten identificar zonas críticas de contaminación.
- El Área Metropolitana y las Secretarías de Tránsito y Transporte Municipales deberán establecer una estrategia para aumentar los factores de ocupación de los vehículos que transitan por vías de alto flujo vehicular y en el caso de los taxis, restringir su movilidad cuando se encuentran sin pasajeros. De la misma manera se sugiere que se diseñen campañas educativas que incentiven el uso de los acopios de taxis y colectivos. Adicionalmente, se recomienda estudiar el pico y placa para las motos ya que ellas consumen gasolina y aumentan la concentración de benceno.
- El Área Metropolitana deberá poner en consideración de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire del Valle de Aburrá los resultados del estudio con el fin de ser asimilado dentro de los procedimientos metodológicos para la recolección de información de calidad del aire.

4. SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

La gestión durante los meses de abril del 2011 hasta abril del 2012 del Sistema de Gestión de la Calidad para la Red de Monitoreo de Calidad del Aire REDMCA se centraron principalmente en la ejecución de las siguientes actividades:

Creación del procedimiento para la determinación de concentración de BTX

Debido a que ingresaba a la red en el 2011 la medición de las concentraciones de Bencenos, Toluenos y Xilenos, se elaboró el procedimiento para la determinación de concentración de BTX (Bencenos, Toluenos y Xilenos) en el aire ambiente, siguiendo el procedimiento definido por el Área Metropolitana Valle de Aburrá para el control de documentos de origen interno, diligenciando la solicitud de creación de documentos en el F-GCM-15 “Creación y Modificación de Documentos”, se ingresó el documento al Listado Maestro de Documentos de Origen Interno F-GCM-02, con la versión y fecha de aprobación, luego de ser elaborado con la colaboración de todo el equipo de trabajo; revisado y aprobado por Carmen Elena Zapata y Carlos Mario Sepúlveda, adicionalmente se realizó la difusión del mismo y se dejó registro en el F-GCM-01 “Difusión y entrega”.

Con la elaboración del procedimiento se realizaron los formatos F-GAA-R56 Validación de campo de datos BTX y F-GAA-R57 Formato para envío de la información BTX para el registro de los datos generados. Ver anexo F: P-GAA-R23 Determinación de la concentración de BTX.

Actualización de inventario de Estaciones.

Se instalaron los medidores de contaminantes pasivos en BAR-HSVP, CAL-PMER, COP-HSMA, GIR-IECO, ITA-CRSV, ITA-PTAR, EST-CAME, MED-AGUI, MED-CORA, MED-EXSA, MED-PJIC, MED-UNFM, MED-PRAV, SAB-CAMS, MED-JFKN, ITA-CASG, ITA-NAV, por este motivo fue necesario actualizar el F-GAA-R19 “Inventario de las Estaciones”, donde se agregó el campo BTX, se asignaron los responsables y se actualizó el formato insertando las Coordenadas Planas (mts).

Con el ingreso de las estaciones de Casa de Justicia ubicada en Itagüí y Museo de Antioquia en Medellín, también se actualizó dicho listado.

Igualmente se actualizaron los F-GAA-R47 Ficha Técnica de la Estación registrando los datos de instalación de los medidores, actualizando datos como la latitud, longitud, altitud, y el tipo de equipos que se tienen instalados en cada estación, el F-GAA-R21 Rutas de Archivos y el F-GAA-R17 Codificación para la identificación y trazabilidad del dato. Ver anexo G : F-GAA-R17 Codificación para la identificación y trazabilidad del dato, y anexo H: F-GAA-R21 Rutas de Archivos.

Creación del Histórico de traslado de la estación móvil.

Para tener la trazabilidad de los sitios donde ha estado ubicada la Estación Móvil desde que fue adquirida y puesta en operación a la fecha se determinó la necesidad de crear en una hoja adicional del F-GAA-R19 Inventario de Estaciones, donde fuera posible registrar desde que fecha se instaló la estación móvil en un determinado sector y en qué fecha se trasladó para otro sector de la ciudad.

Control de Extintores.

Para prevenir riesgos de incendios y daños de los equipos que actualmente se encuentran activos en las estaciones, se adquirieron 20 extintores, por este motivo surgió la necesidad de crear el formato F-GAA-R58 Control de Extintores, para registrar en él, la ubicación de cada uno, el tipo de extintor, la capacidad y lo más importante, las fechas tanto de carga, como de próxima recarga, y de esta manera tener conocimiento de cuantos días faltan para que se venza el contenido y poder recargarlo antes de que esto ocurra.

Se acompañó a los ingenieros operativos en la instalación de los extintores en cada estación, estos se encuentran debidamente identificados y registrados en el F-GAA-R58. Ver anexo I: F-GAA-R58 Control de Extintores.

Elaboración de Procedimientos.

Procedimiento de Validación de Datos:

Para garantizar la consistencia y calidad de las series de los datos de las diferentes variables analizadas en las estaciones de la red, de equipos automáticos y equipos semiautomáticos, y arrojar datos confiables, estandarizando las actividades realizadas en la validación de datos, se documenta este procedimiento contando con la colaboración de todo el equipo de trabajo en especial de los cargos directamente implicados en la ejecución de actividades. El procedimiento comprende actividades de validación en campo y registro de eventos por los profesionales, que serán insumo para la validación posterior realizada por el Profesional Coordinador de Campo, también se describen los tipos de banderas utilizados para invalidar datos y los criterios de validación de acuerdo a cada contaminante. Ver anexo J: P-GAA-R22 Validación y verificación de datos calidad del aire.

Procedimiento (PM₁):

Con el fin de determinar la concentración de partículas menores a 1 micrómetro (PM₁) en la atmósfera en los equipos modelo E-BAM marca Met One Instruments, se documenta el procedimiento de PM₁, este método funciona bajo el principio de operación de Atenuación de los rayos beta; A este procedimiento se le realiza la gestión documental y se comunica y difunde a todo el personal involucrado en el proceso. Ver anexo K: P-GAA-R20 Concentración de partículas menores a 1 micrómetro PM-1

Procedimiento 2.5 para equipo BGI PQ200:

Se realiza trabajo con el personal de la red en definir el procedimiento para la determinación de la concentración de Partículas Menores a 2.5 micrómetros (PM-2.5) en la atmósfera, que funciona bajo el principio de operación de remoción de material particulado de una corriente gaseosa, basándose en el principio de imputación inercial, generado por la fuerza centrífuga; medición continua mediante Muestreador de aire BGI PQ-200 designación RFPS 1298-125.

Se realizó el formato F-GAA-R60 para Muestreo de Partículas Respirables 2.5 (PQ200) en campo, el cual se aplicará a partir de enero ya que el equipo llegó de Bogotá de cambiarle la tarjeta de procesamiento el 30 de diciembre. Ver anexo L: P-GAA-R26 Procedimiento para la determinación de la concentración de partículas menores a 2.5 micrómetros (PM-2.5) en el aire ambiente (medición continua mediante muestreador de aire BGI PQ-200 designación rfps 1298-125).

Procedimiento para la determinación de la concentración de Ozono (O₃):

Para establecer los parámetros en la medición y operación de los analizadores de Ozono, se realizó el procedimiento para la determinación de la concentración de Ozono (O₃) en la atmósfera, mediante la utilización del método de fotometría UV, en los equipos modelo 400E marca Teledyne Advanced Pollution Instrumentation, este procedimiento aplica para la determinación de la concentración de Ozono (O₃) en la atmósfera entre 0-100 ppb y 0-1000 ppb. El principio de medición se basa en la fotometría UV de Ozono en el rango de los 254 nm. Ver anexo M: Procedimiento para la determinación de la concentración de ozono en el aire ambiente. Modelo 400E marca Teledyne API (Medición continua mediante fotometría UV).

Procedimiento para la determinación de la concentración de SO₂

Para determinar la concentración de SO₂ en la atmósfera bajo el principio de fluorescencia UV, en los equipos modelo 100E marca Teledyne Instruments, se validó y actualizó este procedimiento. Este procedimiento aplica para la determinación de la concentración de dióxido de azufre en la atmósfera entre 50 ppb y 10 ppm. Ver anexo N: Procedimiento para la determinación de la concentración de SO₂ en el aire ambiente (medición continua mediante analizador de so₂ modelo 100E)

Actualización de procedimientos

P-GAA-R01 Procedimiento para la determinación de la concentración de partículas suspendidas en la atmósfera por el método de alto volumen.

En este procedimiento se hacía referencia al F-GAA-R32 Numeración de Filtros PST, sin embargo el formato que aplica correctamente para este procedimiento es el F-GAA-R31 Hoja de Cálculo para la concentración de PST.

P-GAA-R02 Procedimiento para la determinación de la concentración de partículas menores a 10 micrómetros en el aire ambiente por el método de alto volumen.

Originalmente se hacía Referencia el formato F-GAA-R35 y este es de otro equipo control de Mantenimiento Equipos Thermo, y el formato que aplica correctamente es el F-GAA-R04 Calibración muestreador de alto volumen equipo másico.

P-GAA-R04 Procedimiento para la determinación de la concentración de dióxido de azufre en la atmósfera (método de pararrosanilina).

En este procedimiento se tenía como formato de referencia el F-GAA-08 Muestreo de SO₂ y NO₂ en aire ambiente, sin embargo se hizo la corrección ya que el nombre correcto es F-GAA-R08 Muestreo de SO₂ y NO₂ en aire ambiente.

P-GAA-R12 Procedimiento para la determinación de la concentración de partículas menores a 10 micrómetros (pm-10) en el aire ambiente. Modelo FH62C14. Marca Thermo Electron Corporation (medición continua mediante atenuación de rayos beta).

En la versión anterior del procedimiento no se hacía mención al formato que se evidencie su calibración por este motivo se asocia el formato F-GAA-R35 Control de Mantenimiento Equipos Thermo.

Elaboración de Matriz de Mapa de Riesgos

La Red de Calidad del Aire contaba con un Manual para la Gestión de Riesgos (M-GAA-R03), la cual no se ajustaba al P-GCM-08 del Área Metropolitana, que describe la metodología a seguir para identificar, analizar, dar tratamiento, monitorear y comunicar los resultados de los riesgos identificados por procesos y que conforman la Matriz de Riesgos, con el fin de posibilitar la toma de decisiones y la identificación de oportunidades que previenen o mitigan efectos asociados con las actividades rutinarias de los procesos para evitar que puedan entorpecer el desarrollo normal de las funciones de la Entidad y le impidan el logro de sus objetivos. Es por esto que se volvió a revisar el manual existente y se documentó la Matriz de Riesgos.

Dentro de la Matriz de Riesgos, se encontraron 4 riesgos a los cuales se les detectó las consecuencias de las fallas (efecto), la severidad de la falla (gravedad), la ocurrencia, el tipo de riesgo, controles actuales para evitar que el riesgo pueda ocurrir, la detección. Con todos estos datos se determinó el número probable del riesgo (NPR) y las causas de la falla potencial.

Con cada uno de los riesgos identificados se documentaron las acciones preventivas y la acción de mitigación y el responsable de ejecutarla. Ver anexo O: F-GCM-16 Matriz de Riesgo por Proceso.

Actualización de los certificados de Calibración

Se actualizó el Listado de las Calibraciones de los equipos, con el fin de tener un control de las fechas de calibración y cuando hay que volver a realizarlas, así mismo se actualizó el listado de certificaciones de gases. Con este archivo con solo abrirlo y dar clic en la fecha de calibración me lleva al certificado escaneado, adicionalmente se ajustó el formato con una columna en la

cual se tiene control de los días que faltan para vencer el certificado de calibración de los equipos.

Actualización del Listado Maestro de Documentos de Origen Externo

Se actualizó el listado maestro de documentos de origen externo, con base a los manuales que se tienen de los equipos, normas, resoluciones, guías, protocolos, decretos, que aplican para la operación de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire.

Este listado relaciona unos hipervínculos el cual te abre el documento citado, también está organizado en forma física en los archivadores de la oficina de tal manera que se agilice la ubicación y localización de los documentos cuando lo requieran, esto se hace más eficiente y organizada la información para los ingenieros operativos. Ver anexo P: Listado Maestro de documentos de origen externo.

Actualización de hojas de vida de balanzas e instrumentos de medición

Se realizó la actualización de las hojas de vida de las balanzas Adventurer, Sartorius, Citizen, y de los instrumentos de medida Conductímetro, pH metro, y desecador.

Presentación del sistema de gestión de calidad

En el mes de agosto se realizó una presentación de todo el sistema de gestión de la calidad, primero al AMVA en la Facultad de Minas, y posteriormente se realizó la misma presentación a todo el convenio REDAIRE, para demostrar cómo se lleva a cabo la toma de datos y así garantizar la trazabilidad de éstos. De la presentación que se le realizó al AMVA, la ingeniera Claudia Liliana Mendoza sugirió que se actualizara toda la documentación que se maneja en el sistema, por tal motivo se actualizó el logo del AMVA en cada uno de los formatos, registros y documentos.

Se realizaron recorridos con los ingenieros operativos, según programación mensual, se visitaron las estaciones y se verificó la aplicación de los procedimientos, actividades de mantenimiento, calibración y toma de datos de los equipos que componen la Red de Aire y determinar que correcciones debían hacerse en los procedimientos (ver actualización de procedimientos). Dentro de estos recorridos también se revisaron los equipos que estaban fuera de servicio y se identificaron con un stiker de “fuera de servicio”.

Documentación de acciones de mejoramiento a las estaciones

Para evidenciar el mejoramiento que se le hicieron a las estaciones, se documentaron las acciones de mejora con la empresa Corte y Doble para el mantenimiento, pintura de estructuras, racks de las estaciones de medición ambiental y además la adecuación de soportes para los extintores; también se documentó la adecuación y mantenimiento de plataformas de módulos individuales donde se encuentran los medidores ambientales. Ver anexo Q

Instructivo y formato para adecuación de estaciones

Documentación del Instructivo para la instalación de las acometidas eléctricas el cual describe las actividades que se deben realizar en el momento que solicitan la acometida en una estación, luego de haber aprobado el punto de ubicación con base en el Protocolo de Calidad del Aire emitido por el IDEAM.

Se está implementando el registro para identificar los tiempos reales de los trámites en la instalación y así poder adecuar los sitios donde serán ubicadas las estaciones, para estos documentos, se documentó una acción preventiva con las respectivas acciones que se van a emprender para mejorar en este aspecto.

Se organizó toda la documentación que tenían los ingenieros operativos de los trámites realizados con las acometidas en las estaciones nuevas y se organizó una carpeta física y otra digital junto con el formato donde se están ingresando los registros generados de realizar las actividades, se diseñó una comunicación escrita para enviar con la solicitud donde dejamos claras las condiciones que se necesitan para la conexión de la acometida.

Este instructivo se ingresa al Listado Maestro de Documentos de Origen Interno, y fue socializado con el personal encargado de realizar las solicitudes para su aplicación y su continuo mejoramiento.

Se está llevando el registro virtual de las solicitudes de acometidas y cada una de las actividades que se llevan a cabo. Ver anexo R

Organización de los registros físicos y digitales del Sistema de Gestión de la Calidad

Con el fin de soportar todas las actividades del Sistema de Gestión de Calidad en las diferentes actividades ejecutadas por los ingenieros operativos, se gestionó la organización de registros.

Estos archivos fueron revisados uno a uno por cada estación verificando el estado de las versiones y organizándolos en una carpeta o un archivo digital según su tipo. En la ejecución de esta actividad se detectaron algunas mejoras que debían realizarse siendo reportadas al personal responsable, de igual forma se verificó la trazabilidad en cada uno de los códigos y versiones de los formatos del sistema, asegurando el registro según aplique de solicitud o modificación documental.

Reuniones Calidad

Se realizaron reuniones de calidad con los ingenieros operativos, donde se acordaron los siguientes puntos:

Se acordó con los ingenieros que luego de realizar recorrido en las estaciones, el registro de los datos en el sistema se debe hacer a más tardar en 8 días, para poder realizar mejoras en el

proceso y tomar correcciones a tiempo que nos garanticen la calidad de los datos y la menor pérdida de los registros y que se cumpla con la meta del indicador.

Se definió la forma de llevar los registros durante el 2012, para garantizar la trazabilidad de los datos, y se analizaron el resultado de los indicadores de las estaciones, se analizaron las causas del no cumplimiento y se definieron acciones para implementar.

También se habló de los datos que debían registrar en los formatos para ser actualizados y se determinaron las especificaciones para el registro de los datos.

Se revisaron las fichas técnicas de las estaciones y se actualizaron con base a los trabajos de mantenimiento que se están realizando en cada uno.

Se determinó que para solucionar algunos problemas presentados en las estaciones se debería tener un buen stock de insumos y materiales para hacer las correcciones en el menor tiempo posible, es por esto que se gestionó con la Auxiliar Administrativa la lista de los insumos para ser comprados.

Actualización del listado de calibración con los certificados actualizados

Con base a los certificados de calibración que han llegado de los equipos que se enviaron a calibrar, se ajustó y actualizó el Listado de las Calibraciones que se tiene para controlar las fechas de vencimiento y evitar a partir de la corrección realizada en el 2011 que se utilicen sin la respectiva verificación.

Se está ejecutando un cronograma para ir desmontando los sensores de las estaciones según sugerencias y comportamientos de las estaciones, para evitar pérdida de datos e incumplimiento con la meta del indicador. Ver anexo S: Listado de Calibraciones.

Actualización de las fichas técnicas de las estaciones.

Con los trabajos realizados con Corte y Doble en cada una de las estaciones de la red, se actualizaron las Fichas Técnicas de la Estación F-GAA-R47, garantizando que se lleve la trazabilidad de los eventos que puedan afectar los datos en las estaciones. Además también poder identificar fecha de montaje y desmontaje de cada uno de los equipos y el histórico de las estaciones.

Actualización de las hojas de vida y perfiles de cargos.

Como un análisis que se le realiza al sistema y a las necesidades de la red, se hizo revisión de las hojas de vida del personal y se actualizaron con base en los certificados de cursos y actividades realizadas durante el 2011. También fue necesario ajustar el manual de perfiles de cargos para dar a conocer las actividades y funciones generales y específicas del personal, con el propósito de alcanzar un alto grado de eficiencia y eficacia en toda la prestación de los

servicios que se han adquirido con la red de monitoreo de calidad el aire. Ver anexo T: Manual de perfiles de cargos

Actualización del listado de Pipetas

Se realiza actualización de los certificados de calibración de las pipetas utilizadas para la calibración de los diferentes analizadores que están ubicados en las estaciones automáticas. Las calibraciones son de Cero, Multipunto y Spam y sirven para garantizar la confiabilidad de los datos obtenidos y los parámetros establecidos en cada una de las estaciones y equipos. Ver anexo U: Lista de Pipetas Calibradas

Análisis de Indicadores

El trabajo realizado con los indicadores consistió en analizar la cantidad de datos obtenidos sobre el total de datos posibles al operar las estaciones durante el periodo de tiempo desde el 07 de abril del 2011 hasta el 06 de mayo de 2012. Mensualmente se hizo seguimiento a cada estación y se levantaron las respectivas acciones correctivas para mejorar en los datos. El resultado que se presenta en la tabla 27 es el consolidado del porcentaje de datos obtenidos, el cual debe ser mayor al 75%. Se revisaron los resultados y en el caso de no cumplir con la meta se anexan los soportes que dan respuesta al no cumplimiento.

Tabla 27. Análisis de indicadores abril 2011 – mayo 2012

EQUIPOS MANUALES PST	INDICADOR	ANÁLISIS DEL INDICADOR
GIR-IECO	89%	La estación cumplió con el indicador del 75% en la entrega de datos, los datos perdidos fueron por problemas de trabajos de obra civil (construcción del 3 piso). Durante todo el periodo. Para este equipo de la estación Girardota se documentó la acción correctiva #67, la cual fue cerrada el 6 de febrero de 2012.
ITA-CRSV	94%	Esta estación durante este periodo de tiempo no presentó mucha variación en la pérdida de datos, los que se presentaron fueron por problemas mecánicos como: cambios de escobillas, cambio de motor y daños en el contador de horas, los cuales fueron corregidos en el menor tiempo posible. Para este equipo de la estación Itagüí, el Colegio el Rosario se documentó la acción correctiva #70, la cual fue cerrada el 10 de marzo de 2012.
EQUIPOS MANUALES PM ₁₀	INDICADOR	ANÁLISIS DEL INDICADOR
BAR-HSVP	99%	
COP-HSMA	99%	
MED-AGUI	100%	
MED-UNFM	90%	
MED-CORA	94%	Perdida de datos en algunas ocasiones debido a desconexión eléctrica por trabajos en el edificio. Para este equipo de la estación Corantioquia se documentó la acción correctiva #48, la cual fue cerrada

		el 13 de junio de 2011.
MED-PJIC	95%	La pérdida de datos se dio debido a fallas eléctricas ocasionadas por trabajos realizados en esta estación.
ITA-PTAR	96%	Pérdida de datos ocasionada por cambios de escobillas y de motor.
SAB-CAM	94%	Pérdida de datos ocasionada por obras eléctricas en la terraza.
EST-CAM	97%	Pérdida de datos ocasionada por obras civiles desconectando la energía
CAL-PMER	96%	Pérdida de datos ocasionada por trabajos en el mejoramiento de la red eléctrica de la estación.
EQUIPOS AUTOMATICOS PM₁₀	INDICADOR	ANALISIS DEL INDICADOR
GIR-IECO	92%	Se presentaron perdidas de datos por desconexión eléctrica para arreglos en el Colegio. Para este equipo de la estación Girardota se documentó la acción correctiva #48, la cual fue cerrada el 12 de mayo de 2011.
MED-EXSA	96%	
MED-UNFM	11%	Daño en la tarjeta electrónica que controla el detector de rayos beta irreparable, por lo cual se debe reemplazar el equipo. El equipo se encuentra en garantía. Se anexan soportes de la estación. Para este equipo de la estación Universidad Nacional, Facultad de Minas se documentó la acción correctiva #65.
MED-PJIC	95%	Se invalidaron algunos datos debido a que los flujos estaban por debajo de límites permisibles, se calibro el equipo, se hicieron verificaciones de flujo y se hizo mantenimiento al sistema neumático, correcciones que fueron efectivas.
ITA-CRSV	42%	No se cumplió con el indicador del 75% de los datos debido a los problemas del equipo con la Mother Board. Para esto se documentó la acción correctiva #66 la cual tiene todas las acciones que se planearon y se implementaron. Ya el repuesto se instaló en la estación y se están haciendo ajustes para que los parámetros estén dentro de los rangos permitidos. La acción correctiva continúa abierta hasta que el equipo opere correctamente. Ver soportes adjuntos.
ITA-DITA	81%	Para este equipo de la estación Ditaires se documentó la acción correctiva #42, la cual fue cerrada el 12 de mayo de 2011.
CAL-PMER	68%	Este equipo ha presentado constantemente perdida de datos debido a que se revienta constantemente la cinta filtro, este problema ha ocurrido durante varios años, se han realizado correcciones, acciones correctivas y se ha notificado a San Ambiente dicho problema. Durante el 2012 el equipo viene operando bien. Ver soportes adjuntos de correos enviados.
EQUIPOS AUTOMATICOS PM_{2.5}	INDICADOR	ANALISIS DEL INDICADOR

MED-AGUI	56%	El equipo presento problema en la Mother Board y el Microprocesador, se intentó resolver el problema con diferentes procedimientos y correcciones que no fueron efectivas, por esto se envió el equipo a garantía con San Ambiente y estuvo aproximadamente 4 meses fuera de operación debido a que el repuesto era importado. Se anexan soportes. Para este equipo de la estación Aguinaga se documentó la acción correctiva #44, la cual fue cerrada el 30 de enero de 2012.
MED-PJIC	92%	Se cumplió con la meta del 75% de los datos en la estación MED-PJIC en concentraciones de PM2.5. Durante el periodo de operación, se hicieron correctivos para mejorar la toma de datos.
ITA-DITA	82%	Se cumplió con la meta del 75% de los datos en la estación ITA-DITA en concentraciones de PM2.5. Durante el periodo de operación, se tuvieron problemas con el Aire Acondicionado. Se hicieron correcciones y el equipo operando bien.
MED-JABO	92%	
ITA-CJUS	64%	Este análisis del 64% en el indicador está comprendido entre marzo y mayo 6 de 2012, que inició la operación del equipo en la Casa de Justicia. El equipo ha presentado alarmas de flujo y de flujo de Ozono, el equipo se encuentra en garantía y se anexan los soportes.
MOVIL	93%	
EQUIPOS AUTOMATICOS PM₁	INDICADOR	ANALISIS DEL INDICADOR
MED-PJIC	53%	Se incumplió con el indicador del 75% debido a que este equipo se sacó de operación en varias oportunidades para la garantía con San Ambiente, presentaba problemas para descargar los datos y problemas de flujo. Se anexan soportes Para este equipo de la estación Politécnico se documentó la acción correctiva #36, la cual fue cerrada el 10 de junio de 2011.
ESTACION EQUIPOS CO	INDICADOR	ANALISIS DEL INDICADOR
CO-ITA-DITA	62%	Se presentó pérdida de datos debido al daño en 2 integrados de la Mother Board, se gestionó cotizaciones con diferentes proveedores pero como el repuesto no era comercial se demoró la compra con la Universidad Nacional. Para este equipo de la estación Ditaires se documentó la acción correctiva #62, la cual fue cerrada el 30 de enero de 2012.
CO Un_Movil	68%	El equipo presentó problemas de concentraciones iguales y no se dejaba calibrar. Se hicieron calibración de las pipetas y se calibro el equipo y se ajustaron parámetros de operación, pero los datos estaban reportando con concentraciones muy altas y los datos se invalidaron, se

		tomaron los correctivos necesarios y el equipo se encuentra operando bien. Para este equipo de la estación Móvil se documentó la acción correctiva #56, la cual fue cerrada el 6 de febrero de 2012.
ESTACION EQUIPOS O₃	INDICADOR	ANALISIS DEL INDICADOR
O ₃ -ITA-DITA	75%	La estación presentó problemas con el aire acondicionado.
O ₃ MED JABO	96%	
O ₃ Un_Móvil	84%	La estación presentó problemas con el aire acondicionado.
EQUIPOS SO₂ Y NO₂	INDICADOR	ANALISIS DEL INDICADOR
UN_MOVIL SO ₂	17%	Los datos de SO ₂ en la unidad móvil se invalidaron, debido a que se dañó el calentador y el lente óptico, acción correctiva #68. Ver soportes adjuntos
UN_MOVIL NO ₂	55%	Problemas con el generador de Ozono, se hicieron pruebas con este repuesto en la estación del Jardín Botánico, el repuesto estaba malo. Se solicitó repuesto a San Ambiente y se está a la espera del repuesto. Se anexan soportes. Para este equipo de la estación Móvil se documentó la acción correctiva #72, la cual no se ha cerrado.
MED-MANT NO ₂	78%	El equipo tiene alarmas de flujo y de flujo de ozono, está en garantía.
ITA-CJUS NO ₂	27%	El equipo tiene alarmas de flujo y de flujo de ozono, el equipo se encuentra en garantía.
MED-JABO NO ₂	90%	

5. MANTENIMIENTO Y CALIBRACIÓN DE LAS ESTACIONES

Entre abril de 2011 y mayo de 2012 se realizaron los recorridos a las estaciones, los cuales estaban programados previamente. En promedio se realizaron 10 recorridos por mes. En estos recorridos se realizaron las labores de operación, mantenimiento y calibración de los diferentes equipos. En estos recorridos se realizaron los acompañamientos en el proceso de toma de muestras en campo por parte de la empresa C. I. Conhintec S. A. empresa acreditada por el IDEAM en el proceso de toma de muestras en campo en calidad del aire. Ver anexo V Informes mensuales de acompañamiento. Entre abril de 2011 y mayo de 2012 fue necesario realizar visitas no programadas a algunas estaciones, con el fin de resolver problemas técnicos en los analizadores, especialmente en el mes de abril de 2011, por el reinicio de operaciones de la Red de Calidad del Aire.

En el anexo C se muestra en detalle cada una de estas labores realizadas en estas visitas a las estaciones.

En el anexo w se presentan las graficas de correlaciones entre partículas en todas las estaciones del Valle de Aburrá.

6. OTRAS ACTIVIDADES REALIZADAS

Durante los primeros cinco días del mes, entre abril de 2011 y mayo de 2012, se subió la información de concentraciones de los equipos manuales medidos en este tiempo en la Red de Calidad del Aire del Valle de Aburrá, al Subsistema de Información Sobre Calidad del Aire, SISAIRE. En la figura 2 y figura 3 se observa el aviso que muestra esta página web, luego de subir los diferentes archivos de datos a dicho subsistema.

Con respecto a los equipos automáticos, que tiene una metodología diferente a los equipos manuales, para subir los datos al subsistema SISAIRE, hasta el 19 de agosto no se había subido la información de estos equipos ya que para estos equipos se reportaban errores en el portal SISAIRE. A partir de esta fecha, 19 de agosto, se detecta que ya se había solucionado este problema por parte del IDEAM, creador de este subsistema, por lo que se alimentó el SISAIRE, con la ayuda del Ingeniero Nestor Waldyd Alvarez, del AMVA. A partir de este 19 de agosto se subió la información a este subsistema de los equipos automáticos que se tienen en la Red de Calidad del Aire del AMVA, hasta abril de 2012.

Figura 2. Alimentación información Red Calidad del Aire AMVA a SISAIRE, en marzo 2012

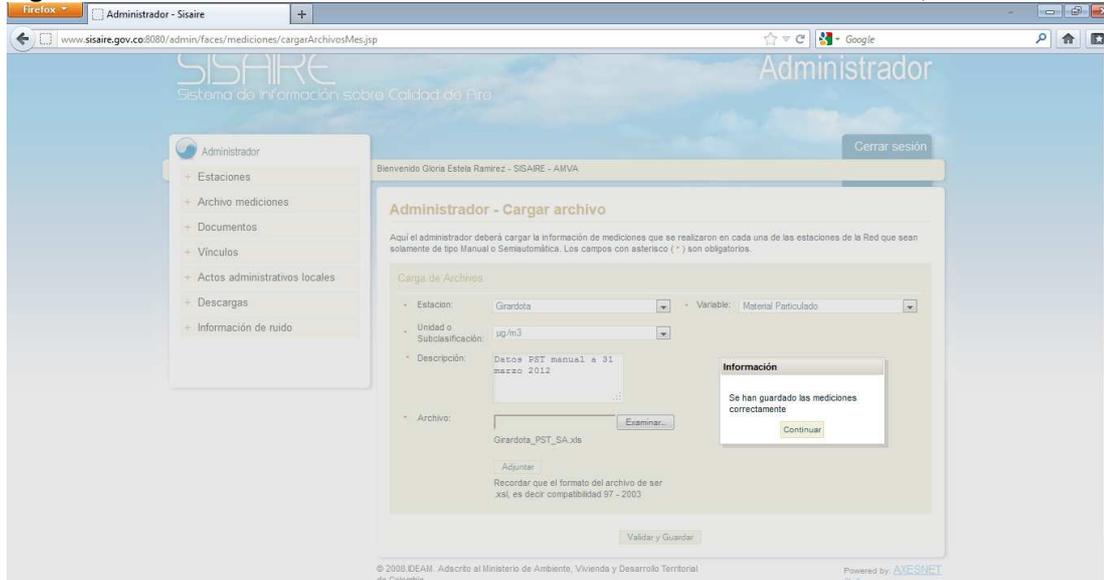
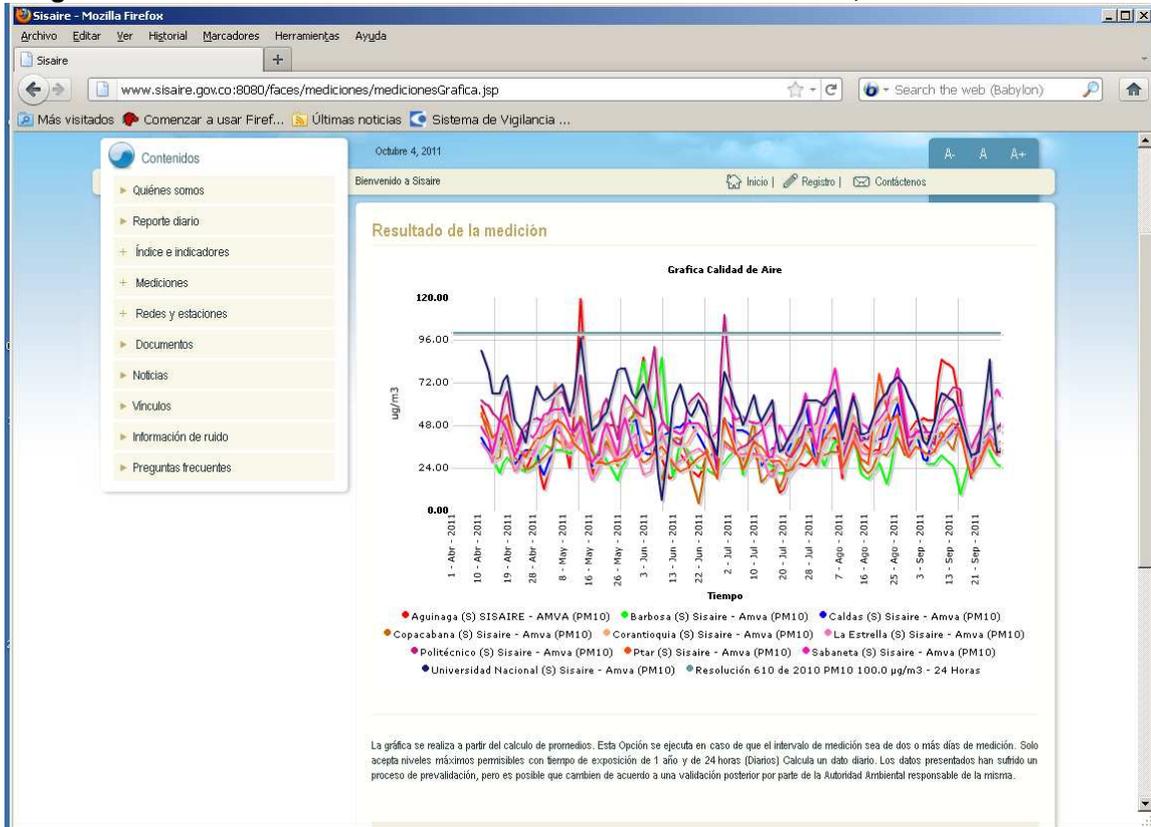


Figura 3. Información de la Red Calidad del Aire AMVA en SISAIRE, abril - diciembre 2011



Entre el 07 de abril de 2011 y el 06 de mayo de 2012 se realizaron 396 reportes diarios de excedencias, que se publicaron en la página web del AMVA, por parte de la Universidad Pontificia Bolivariana, bajo el contrato 399 de 2010.

El 27 de mayo se realizó una presentación de la Red de Calidad del Aire del AMVA a 15 estudiantes de Ingeniería Ambiental de la Universidad Tecnológica del Chocó (Quibdó). La presentación teórica se realizó en el aula M3 – 302 de la Facultad de Minas y la parte práctica se realizó en la estación de monitoreo de la Universidad Nacional, Facultad de Minas, bloque M1. En el informe del junio de 2011 presentado al AMVA se presentó el listado de los estudiantes que asistieron a esta presentación.

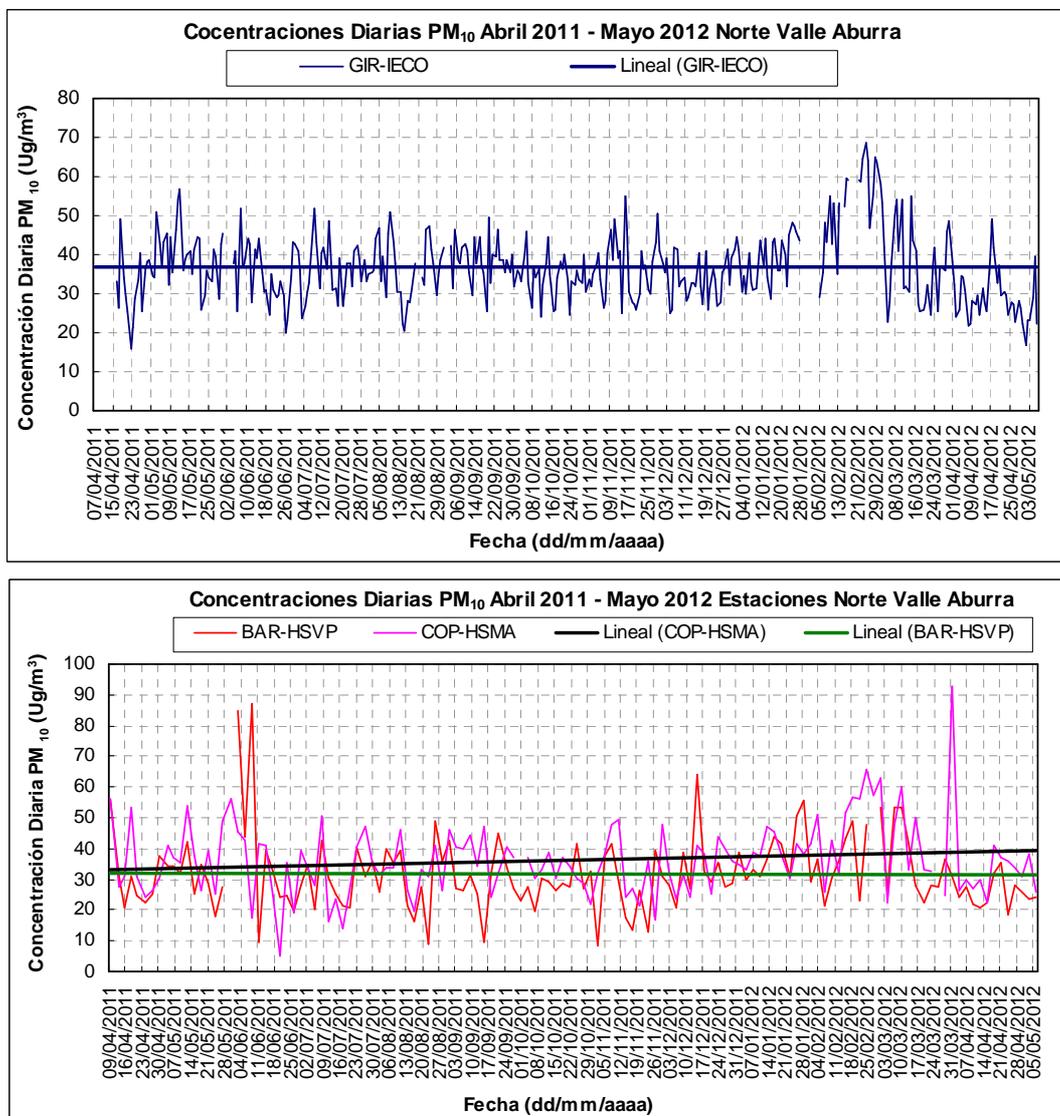
Entre el 07 de abril de 2011 y el 06 de mayo de 2012 se realizaron varias visitas a diferentes sitios del valle de Aburrá con el objetivo de observar sitios para reubicar las estaciones de calidad del aire, siguiendo el diseño y optimización de esta. La Universidad Nacional también ha solicitado varios permisos de instalación de estaciones y ha solicitado a EPM las solicitudes de acometidas eléctricas para los sitios donde se ha aprobado ubicación de estaciones.

7. ANALISIS DE RESULTADOS

El análisis de la información de calidad del aire obtenida entre abril de 2011 y mayo de 2012 se realizará para las partículas PM_{10} y $PM_{2.5}$ y el ozono, que son los contaminantes más importantes en las mediciones de la calidad del aire del valle de Aburrá en los últimos años.

En la gráfica 50 se presenta el comportamiento diario de las concentraciones de PM_{10} entre abril de 2011 y mayo de 2012 en las estaciones del norte del Valle de Aburrá.

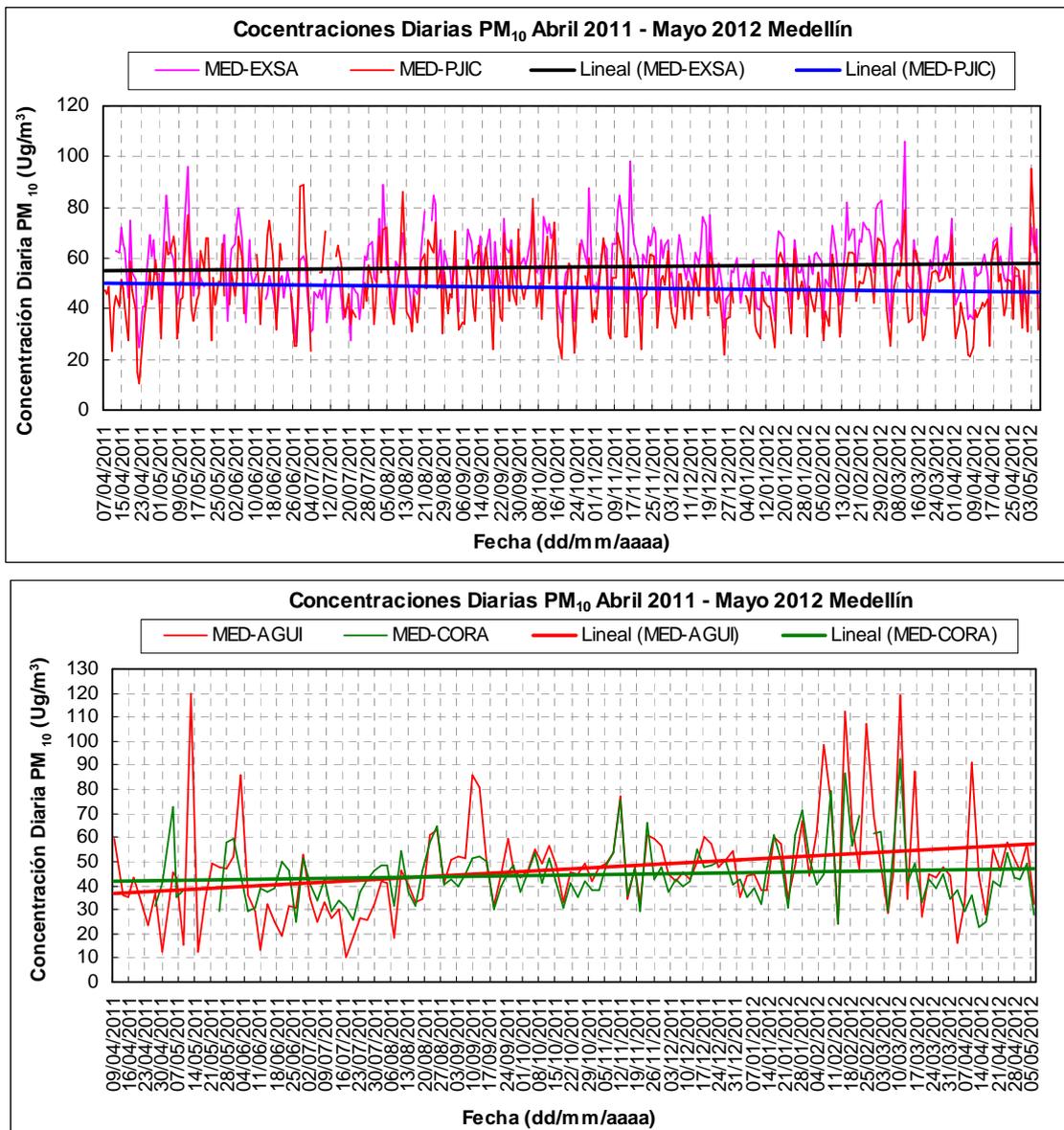
Gráfica 50. Tendencia concentraciones PM_{10} abril 2011 – mayo 2012 norte valle de Aburrá



En la gráfica 51 se observa que en los tres municipios del norte del valle de Aburrá, Barbosa, Girardota y Copacabana se presenta un comportamiento muy constante concentraciones de PM₁₀ en las en el período analizado, así lo indican la línea de tendencia.

En el municipio de Medellín, entre abril de 2011 y mayo de 2012, únicamente hay una tendencia a la disminución de las concentraciones de PM₁₀ en la estación Politécnico JIC, al presentar una pendiente negativa en su línea de tendencia. Las estaciones Miguel de Aguinaga, Éxito san Antonio y Corantioquia tienen una leve tendencia al aumento. Ver gráfica 51.

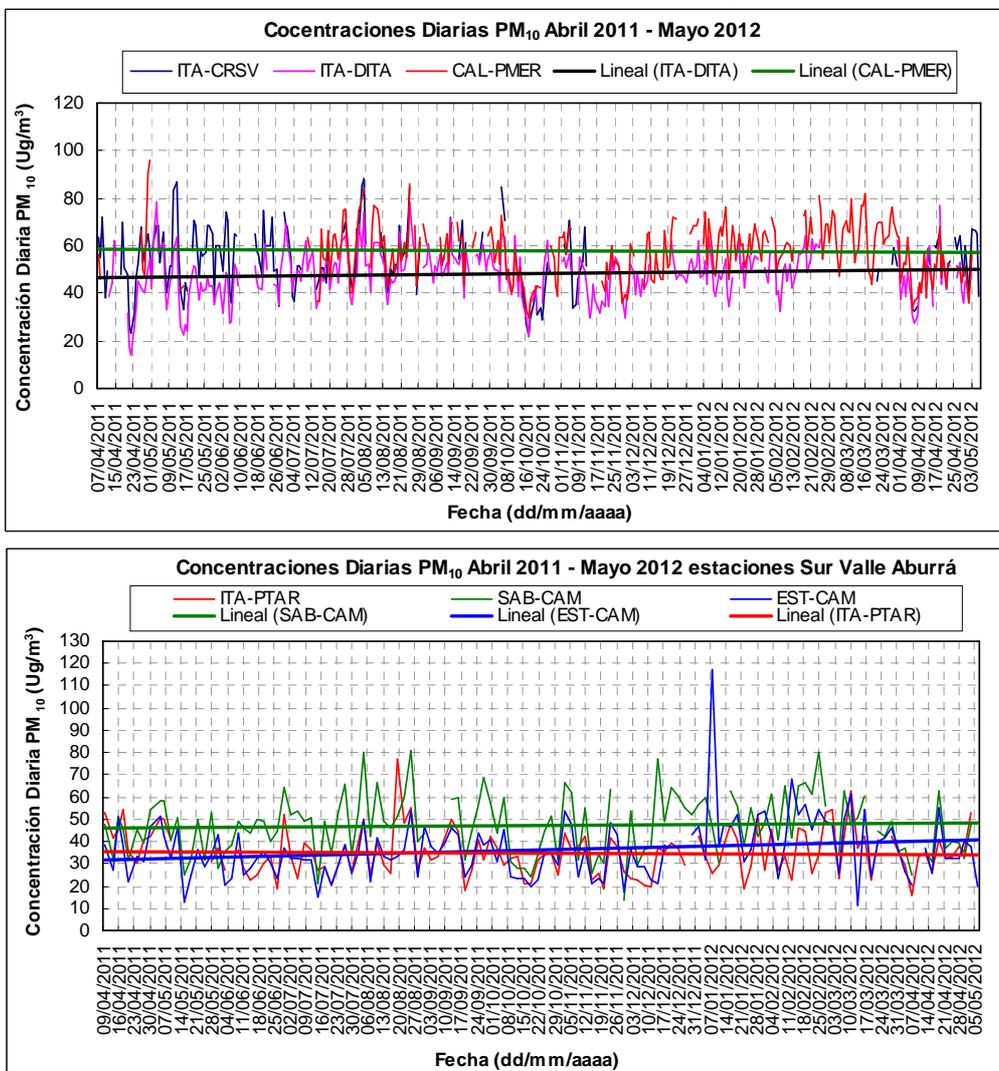
Gráfica 51. Tendencia concentraciones PM₁₀ abril 2011 – mayo 2012 en Medellín



En la estación Universidad Nacional, MED-UNFM, desde mediados de enero se están presentando constantemente excedencias diarias de PM₁₀ ocasionados por los trabajos de construcción de la ampliación de la vía al mar, en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional, trabajos que se iniciaron a mediados de octubre de 2011. Es urgente por parte de la Autoridad Ambiental realizar un seguimiento y control al plan de manejo ambiental de esta obra, ya que estos trabajos han aumentado considerablemente las concentraciones de partículas en la zona.

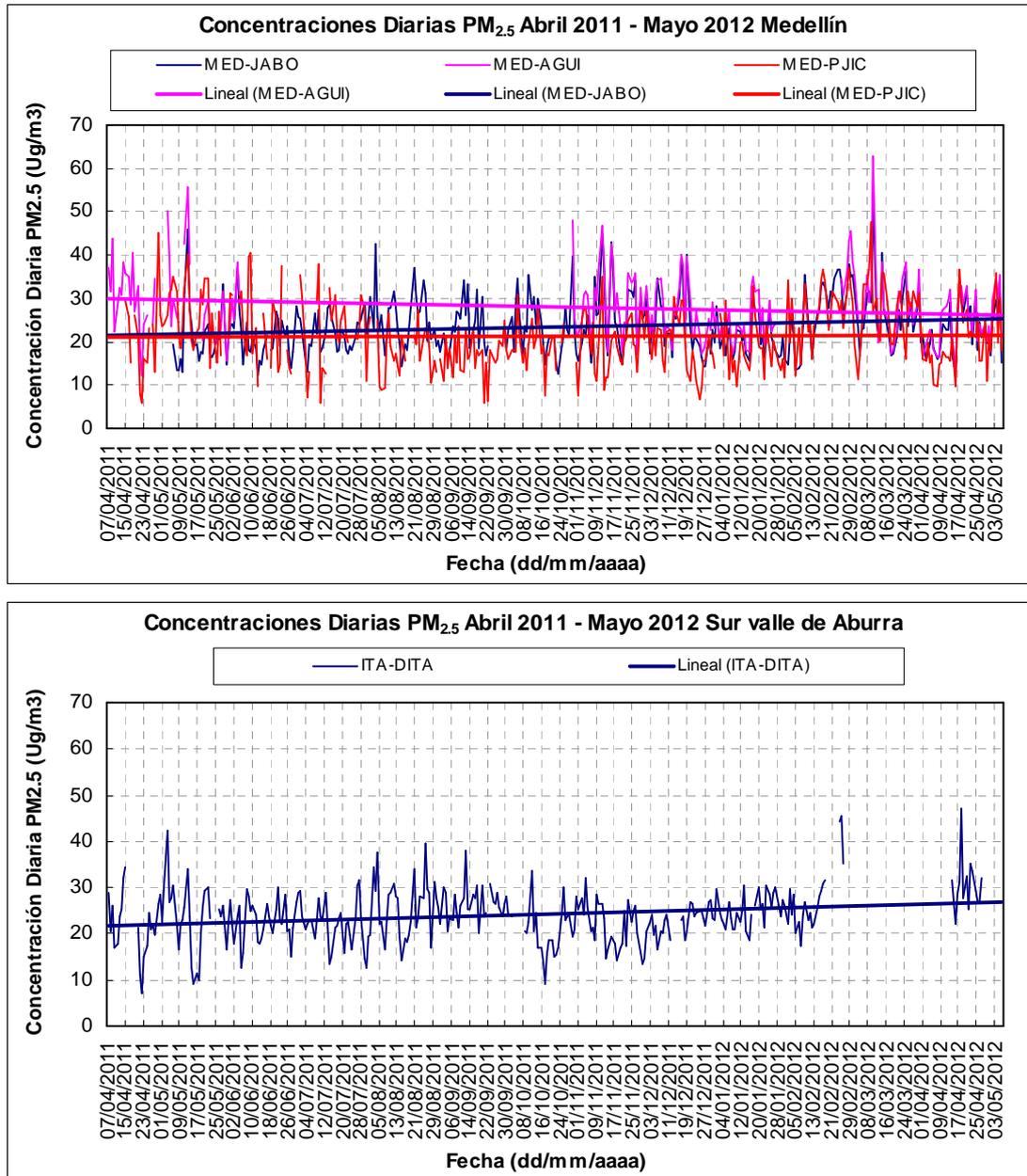
En los municipios del sur del Valle de Aburrá, entre abril de 2011 y mayo de 2012, hay una tendencia que las concentraciones de PM₁₀ permanezcan constantes en todas las estaciones, al tener una pendiente positiva en su línea de tendencia. Ver gráfica 52.

Gráfica 52. Tendencia concentraciones PM₁₀ abril 2011 – mayo 2012 Sur del Valle de Aburrá



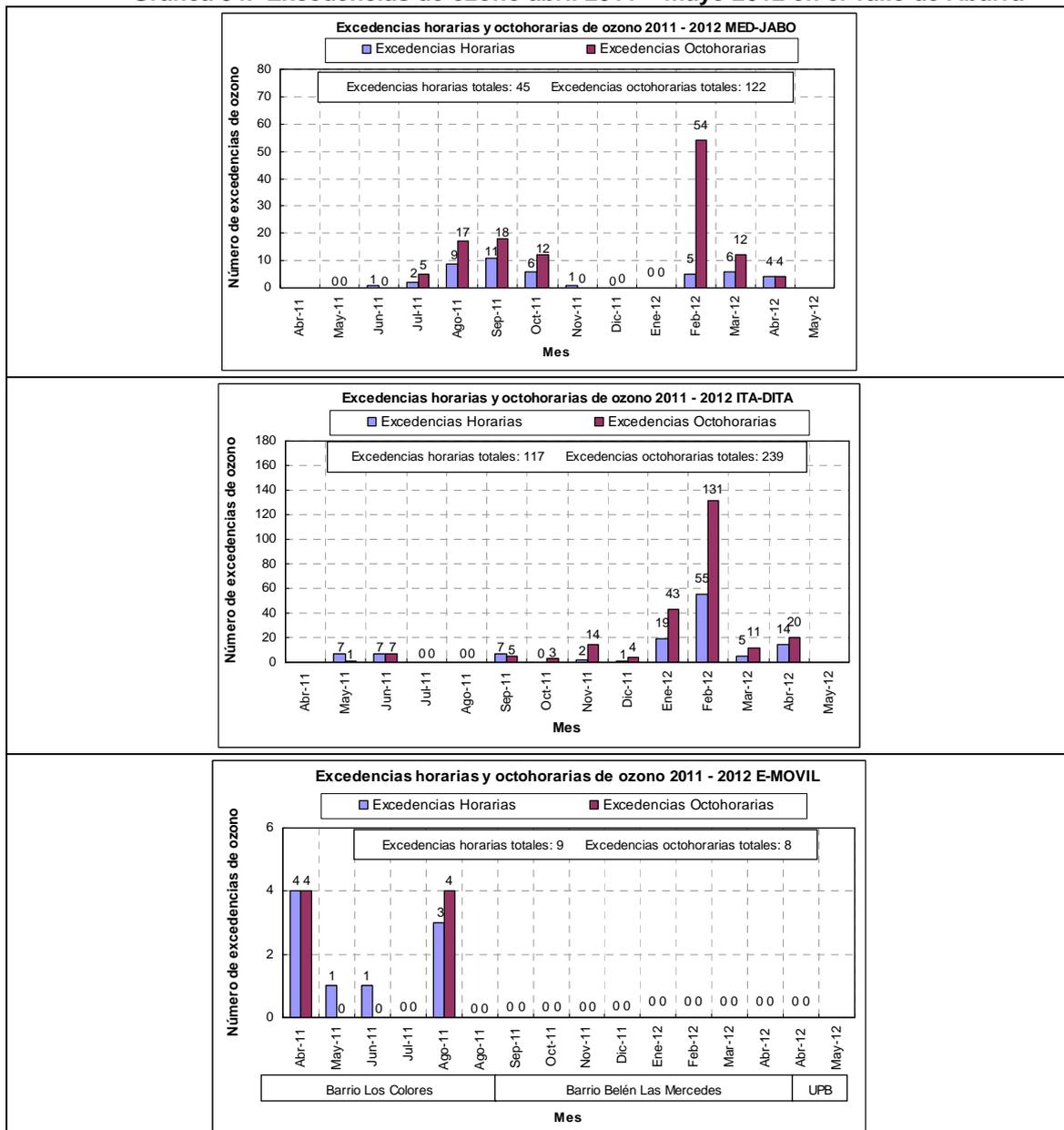
Con respecto a las partículas $PM_{2.5}$, entre abril de 2011 y mayo de 2012, solamente hay una tendencia a la disminución de las concentraciones en la estación Miguel de Aguinaga, mientras que las estaciones Jardín Botánico, Politécnico JIC y Ditaires tienen una leve tendencia al aumento de estas concentraciones. Ver gráfica 53.

Gráfica 53. Tendencia concentraciones $PM_{2.5}$ abril 2011 – mayo 2012 Sur del Valle de Aburrá



Respecto al comportamiento de ozono entre abril de 2011 y mayo de 2012 se presenta una disminución de estas concentraciones, donde se destaca que enero y febrero de 2012 fueron los meses con mayores excedencias en Jardín Botánico y Ditaires. Se destaca que en el barrio Belén Las Mercedes (del 26 agosto 2011 al 09 abril de 2012) y en la Universidad Pontificia Bolivariana (del 11 de abril al 06 de mayo de 2012) no se registraron excedencias horarias ni excedencias octohorarias de ozono. Ver gráfica 54.

Gráfica 54. Excedencias de ozono abril 2011 – mayo 2012 en el valle de Aburrá



Entre abril de 2011 y mayo de 2012, llamó mucho la atención que el 12 de mayo de 2011 y el 10 de marzo de 2012 se presentaron altas concentraciones diarias de partículas en el Valle de Aburrá. El 10 de marzo se presentaron las mayores concentraciones de partículas PM_{10} , $PM_{2.5}$ y NO_2 , a tal punto que se llegaron a registrar excedencias horarias (NO_2 en el centro de Medellín, Museo de Antioquia) y excedencias de las normas diarias Colombianas (PM_{10} y $PM_{2.5}$). En este mismo día se registraron las menores temperaturas ambiente del mes, en todas las estaciones meteorológicas de la Red de Calidad del Aire. Es muy posible que las condiciones meteorológicas presentadas en el valle de Aburrá en este día, hayan influido en las concentraciones de partículas y NO_2 registradas este día.

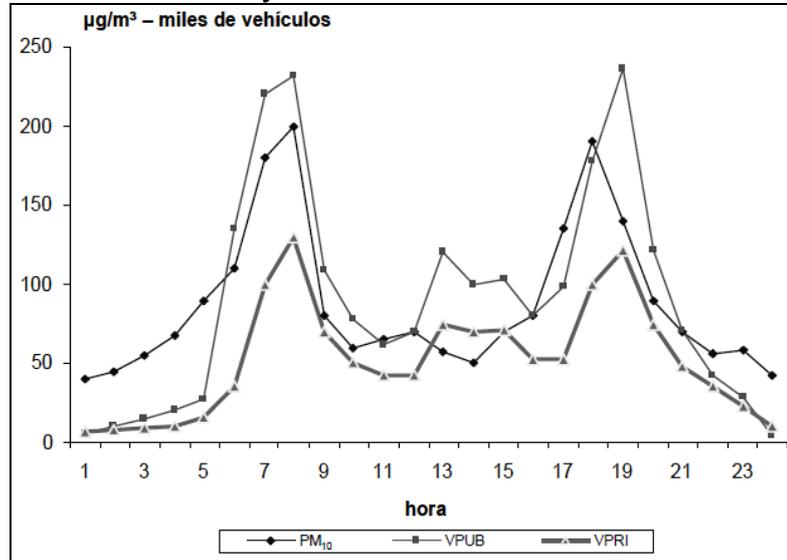
El análisis de la relación meteorología – contaminación (material particulado y ozono) se realizó en las estaciones GIR-IECO, MED-JABO, MED-BEME, MED-UPB, ITA-CJUS e ITA-DITA. Las variables meteorológicas analizadas fueron viento, temperatura y humedad relativa, que son en principio las variables que más influyen en los procesos de transporte y difusión de contaminantes en la atmósfera.

Válgase aclarar que las variables radiación solar y presión atmosférica tienen comportamientos similares a los mostrados para las demás variables.

En las gráficas 56 a 63 en azul se muestra el ciclo diurno de contaminantes (PM_{10} , $PM_{2.5}$ u ozono) y en verde se muestran los ciclos diurnos de las variables meteorológicas (viento, temperatura, humedad relativa y radiación solar).

Según los resultados presentados, en lo concerniente a material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$), los ciclos diurnos son bimodales con un primer máximo en general entre las 07:00 y las 09:00 según la estación respectiva, y un segundo máximo entre las 20:00 y las 23:00. Esta bimodalidad guarda relación por una parte con el ciclo diurno de tránsito vehicular, mostrado en la gráfica 55, y por otra parte, guarda relación con la estabilidad atmosférica que puede tener lugar en las primeras horas de la mañana, cuando la radiación solar aún no calienta la superficie activando el mecanismo de convección que rompe la estabilidad, y hacia el final de la tarde cuando la intensidad de radiación solar disminuye y comienzan a darse las condiciones físicas para el desarrollo de la estabilidad (Ochoa – Jiménez, 2011).

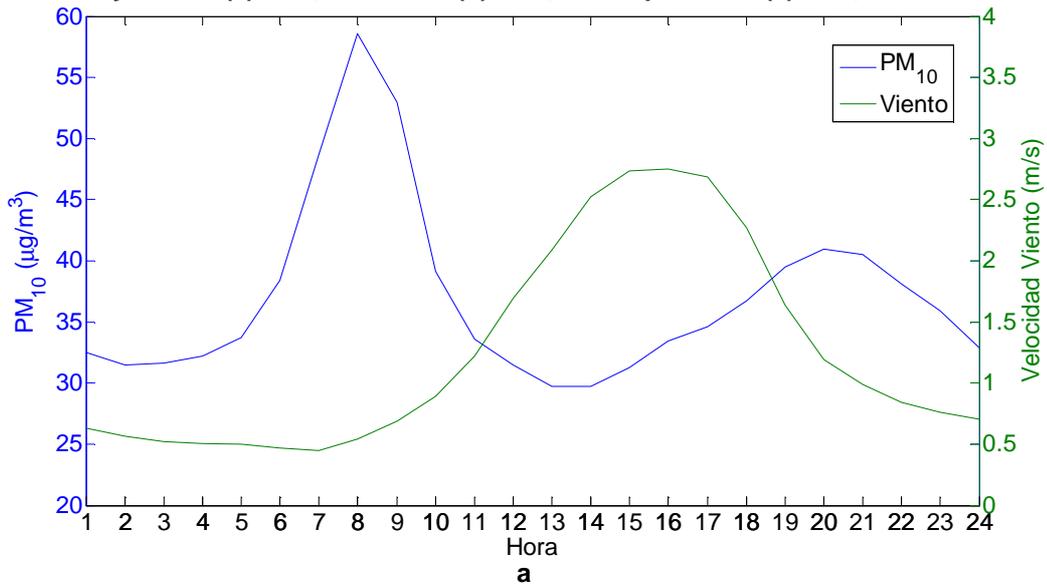
Gráfica 55. Ciclo diario de PM10 y tránsito vehicular. Promedios horarios Medellín AMVA

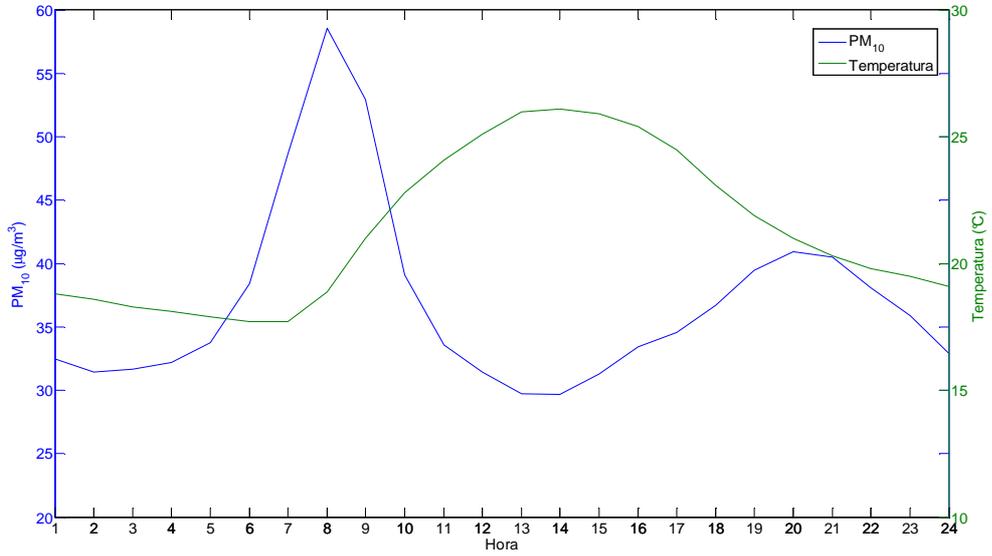


Fuente: Bedoya – Martínez, 2009.

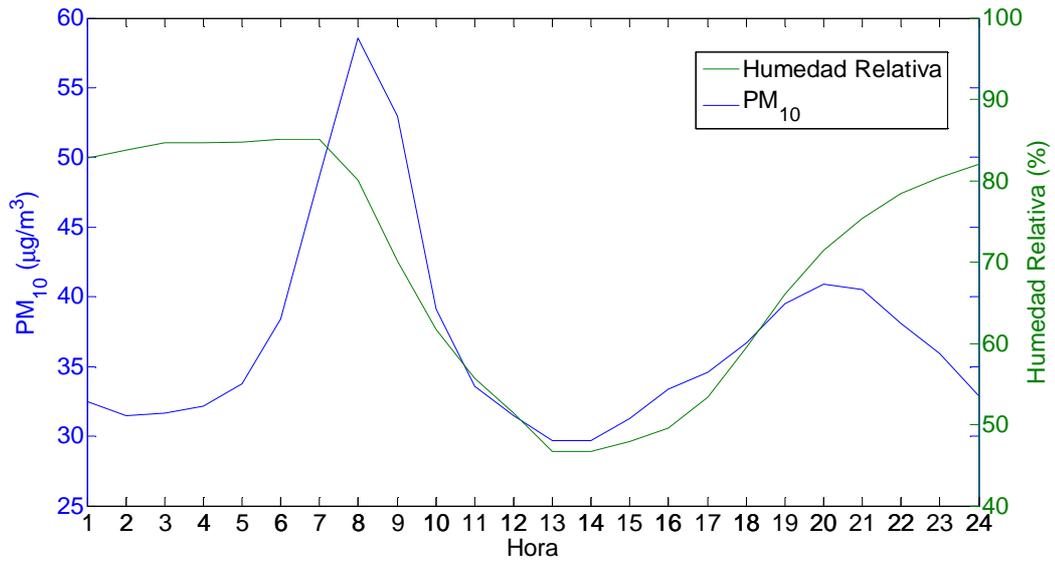
Ahora bien, cuando se comparan ciclos diurnos de material particulado con respecto a las variables meteorológicas, es claro que al avanzar la mañana, cuando la temperatura promedio (y la radiación solar, cuyo comportamiento en todas las estaciones es similar al mostrado en la gráfica 63 para la estación ITA-DITA) aumenta, las concentraciones de material particulado disminuyen, ya que el aumento en la temperatura superficial está asociado a un aumento en la intensidad de los vientos, con lo cual los procesos dispersivos son más eficientes comparados con los de las horas de la noche.

Gráfica 56. Ciclo diurno de PM₁₀ vs variables meteorológicas en la estación GIR-IECO en abril/2011 – mayo/2012: (a) PM₁₀ vs viento, (b) PM₁₀ vs temperatura, (c) PM₁₀ vs humedad relativa



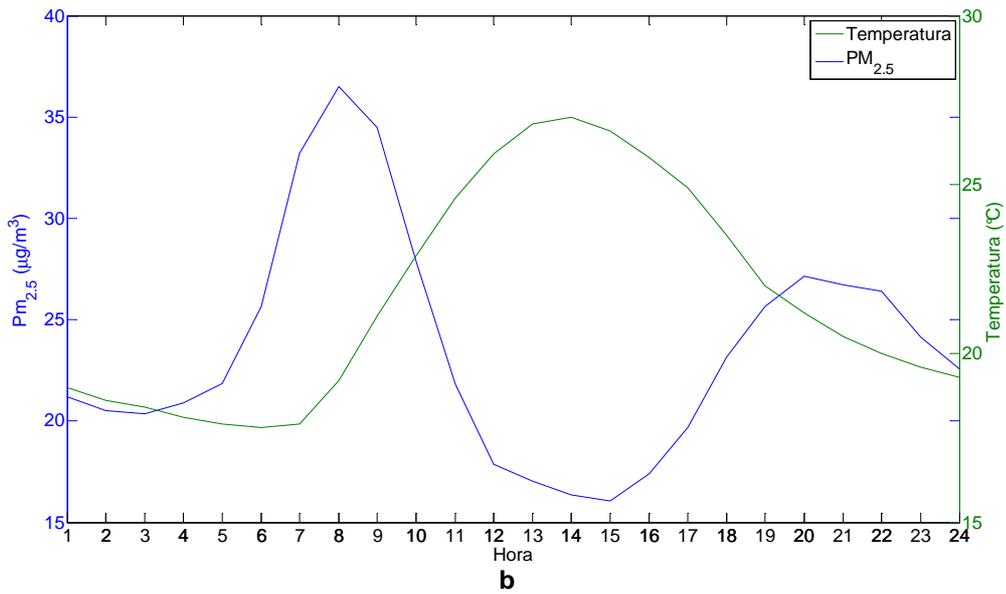
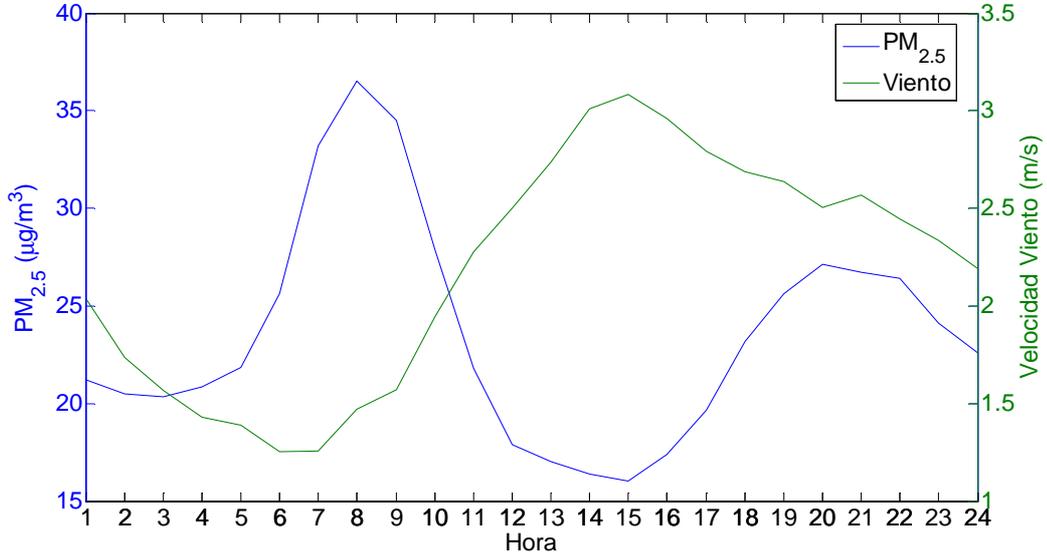


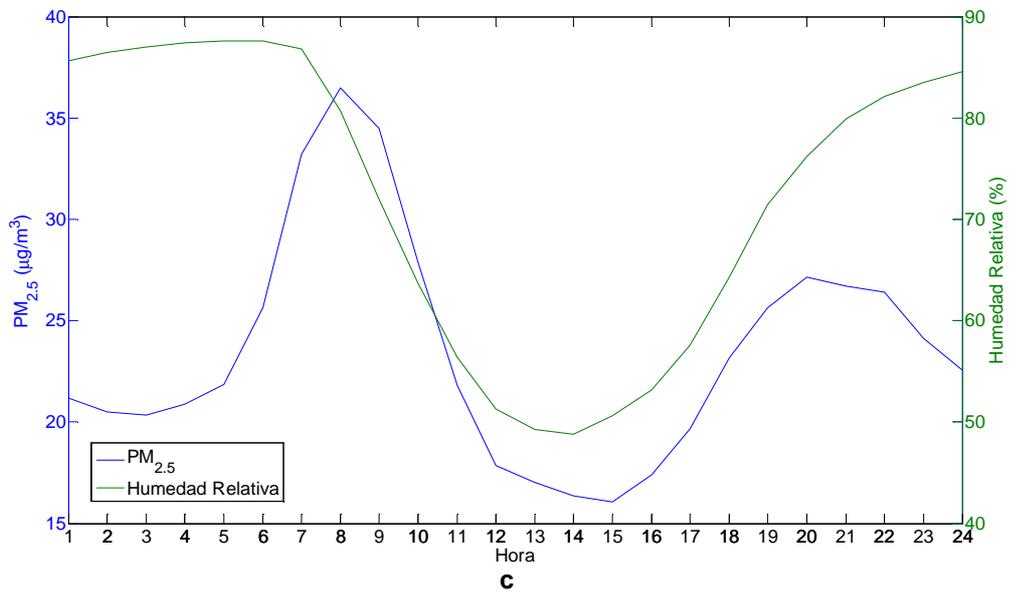
b



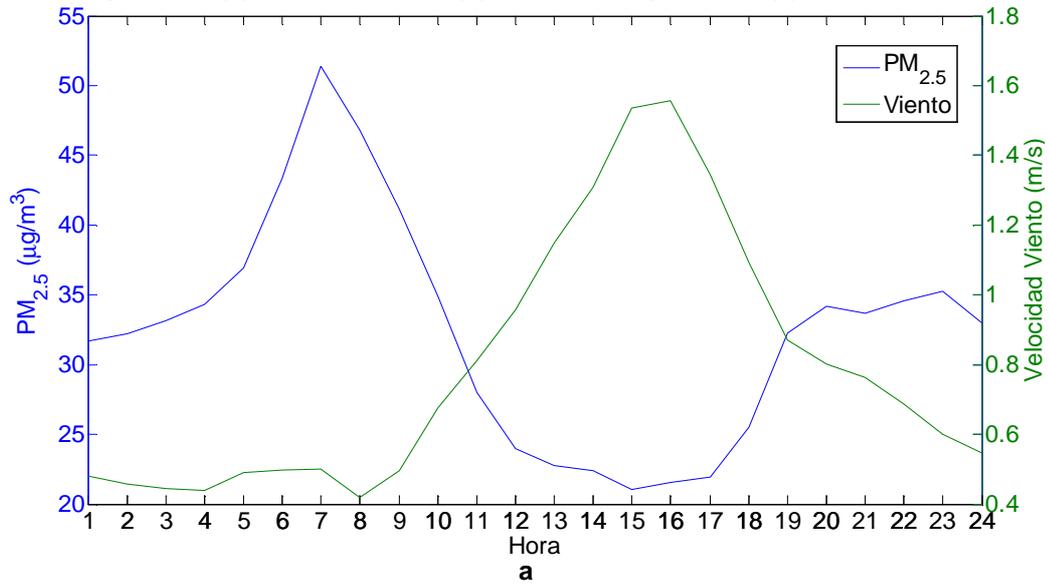
c

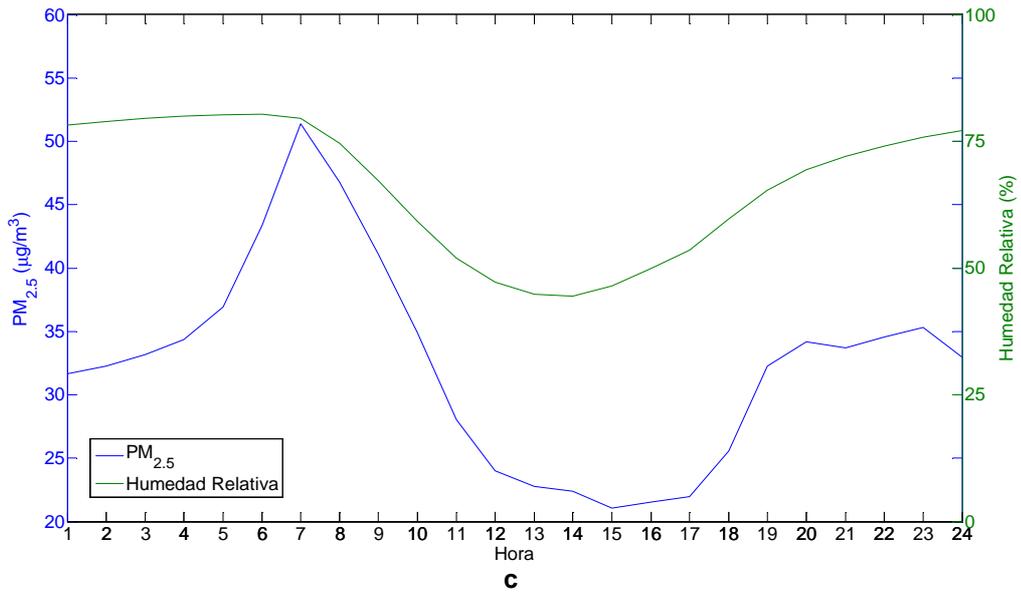
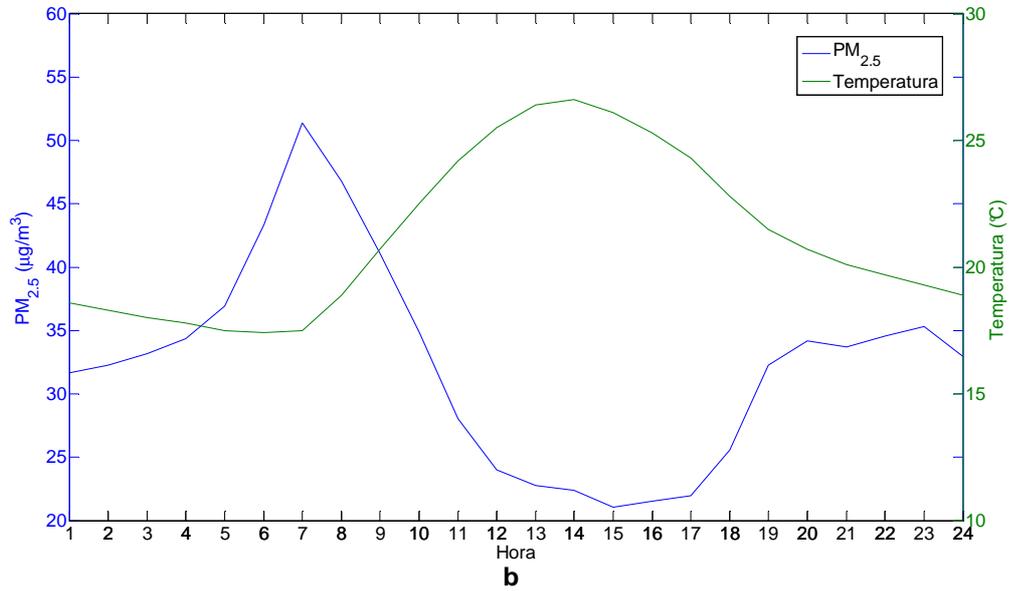
Gráfica 57. Ciclo diario de $PM_{2.5}$ vs variables meteorológicas en la estación MED-JABO en abril/2011 – mayo/2012: (a) $PM_{2.5}$ vs viento, (b) $PM_{2.5}$ vs temperatura, (c) $PM_{2.5}$ vs humedad relativa



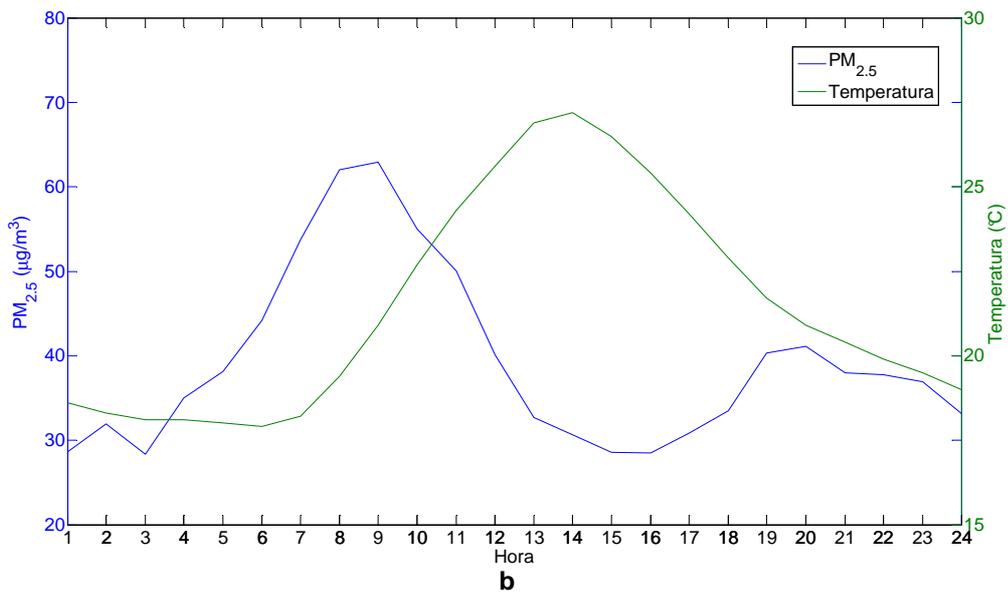
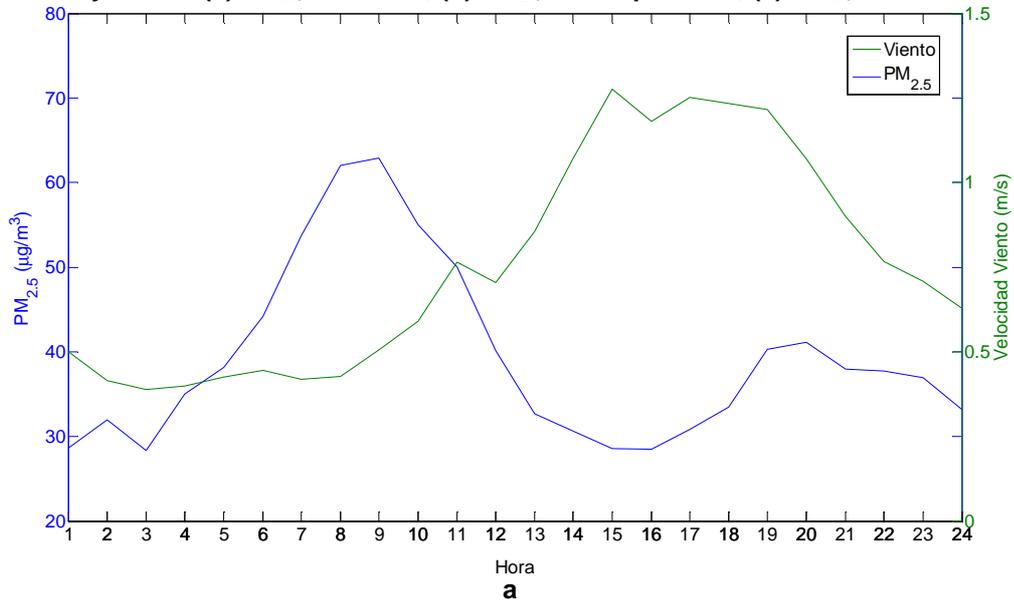


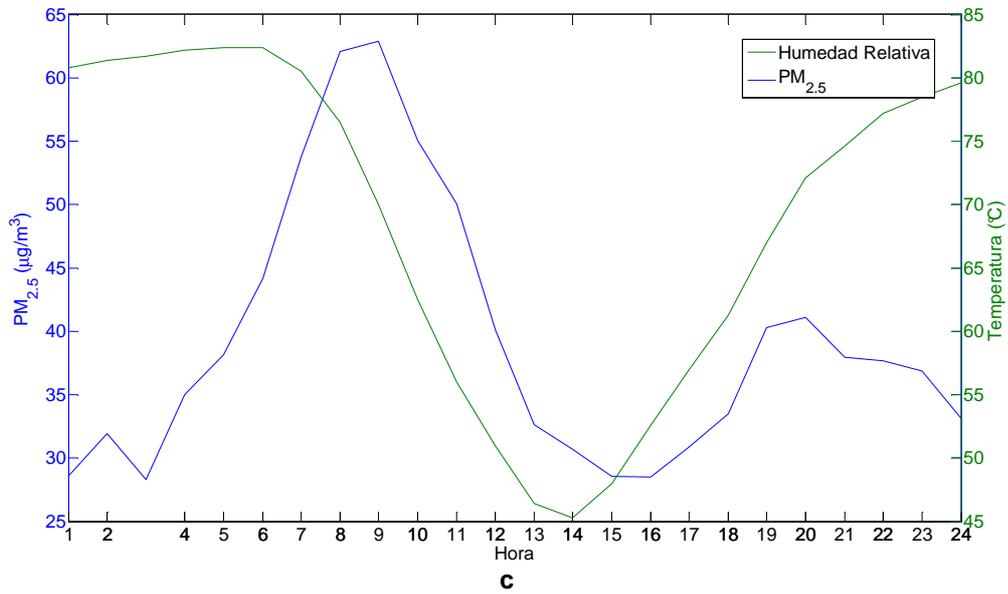
Gráfica 58. Ciclo diario de $PM_{2.5}$ vs variables meteorológicas en la estación MED-BEME en abril/2011 – mayo/2012: (a) $PM_{2.5}$ vs viento, (b) $PM_{2.5}$ vs temperatura, (c) $PM_{2.5}$ vs humedad relativa



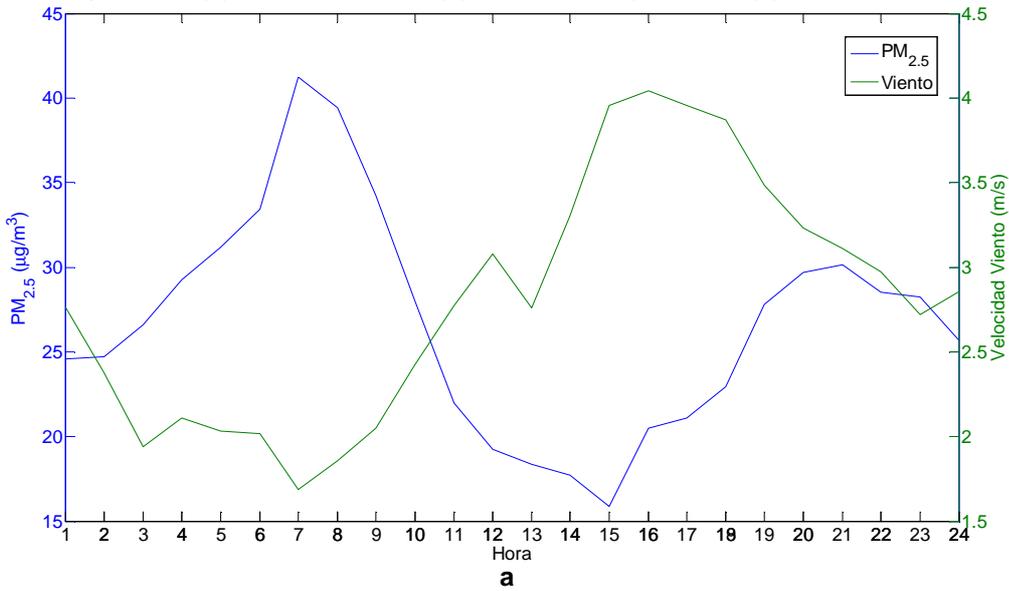


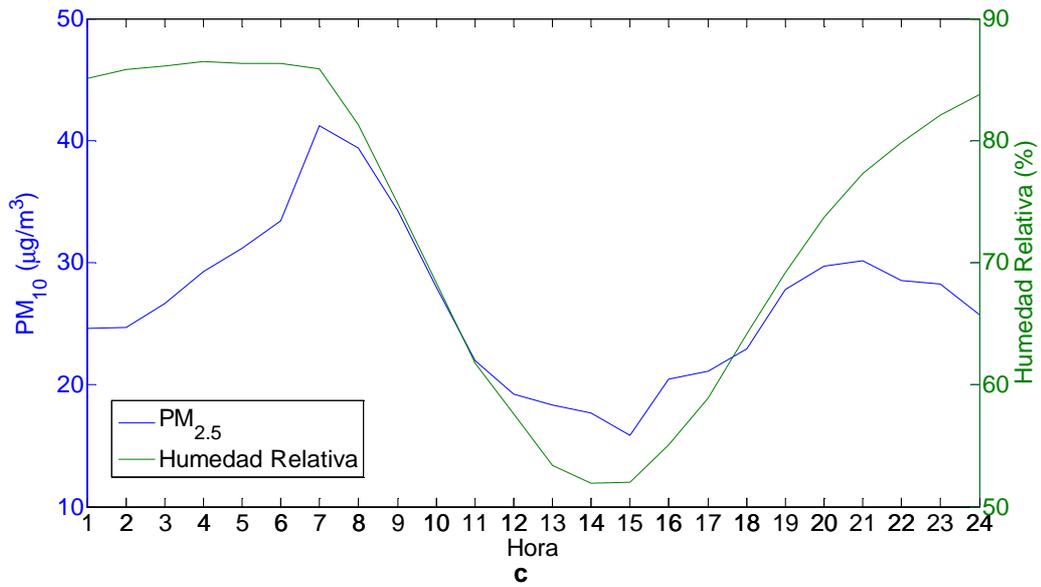
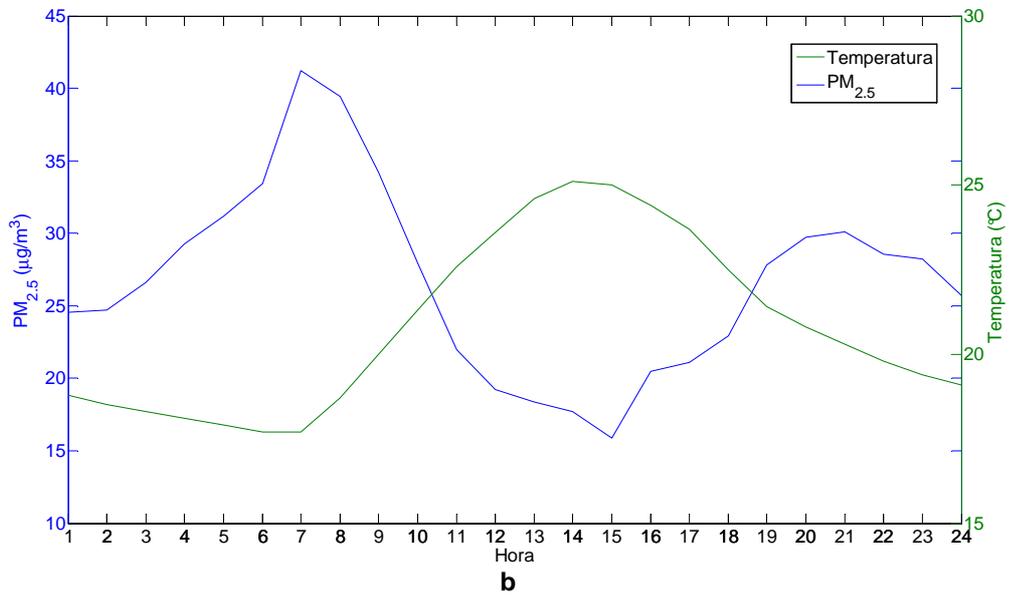
Gráfica 59. Ciclo diario de $PM_{2.5}$ vs variables meteorológicas en la estación MED-UPB en abril/2011 – mayo/2012: (a) $PM_{2.5}$ vs viento, (b) $PM_{2.5}$ vs temperatura, (c) $PM_{2.5}$ vs humedad relativa



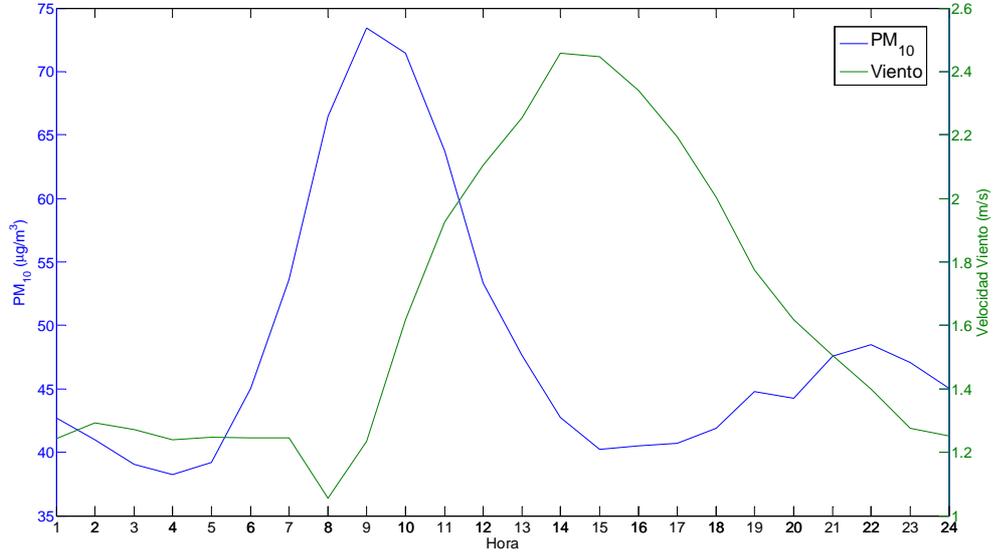


Gráfica 60. Ciclo diario de PM_{2.5} vs variables meteorológicas en la estación ITA-CJUS en abril/2011 – mayo/2012: (a) PM_{2.5} vs viento, (b) PM_{2.5} vs temperatura, (c) PM_{2.5} vs humedad relativa

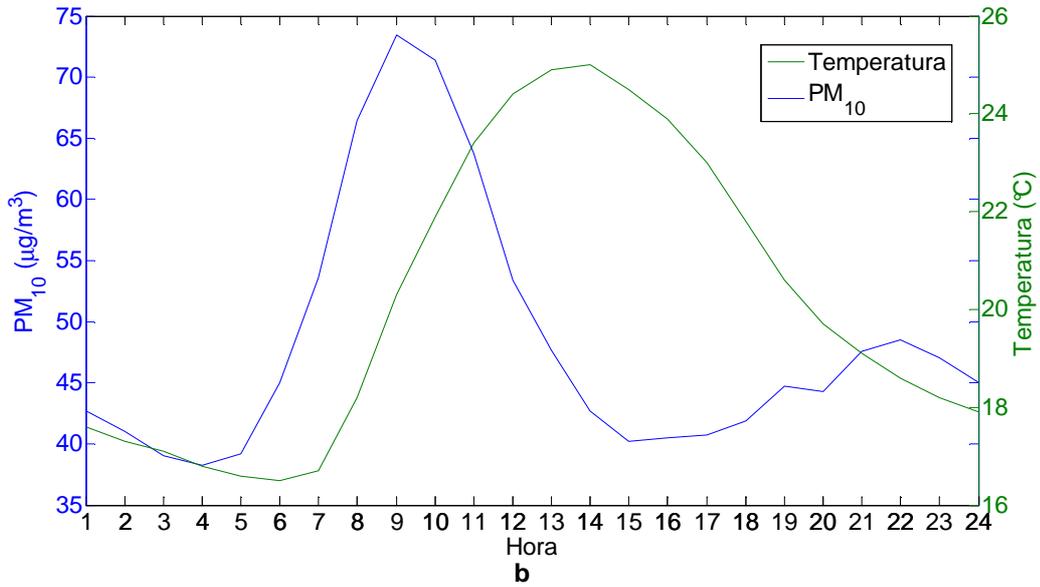




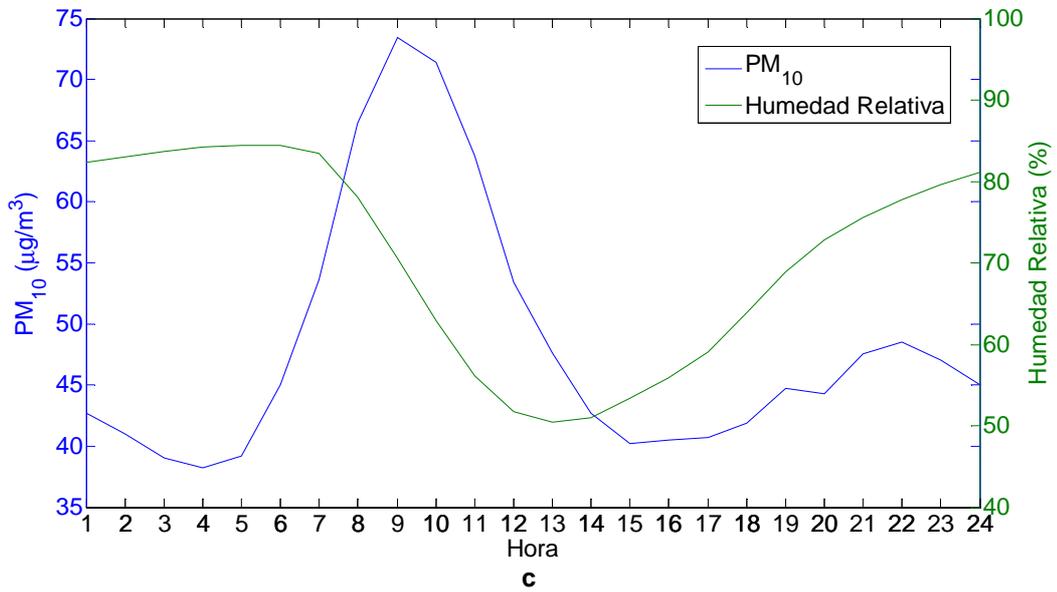
Gráfica 61. Ciclo diario de PM₁₀ vs variables meteorológicas en la estación ITA-DITA en abril/2011 – mayo/2012: (a) PM₁₀ vs viento, (b) PM₁₀ vs temperatura, (c) PM₁₀ vs humedad relativa



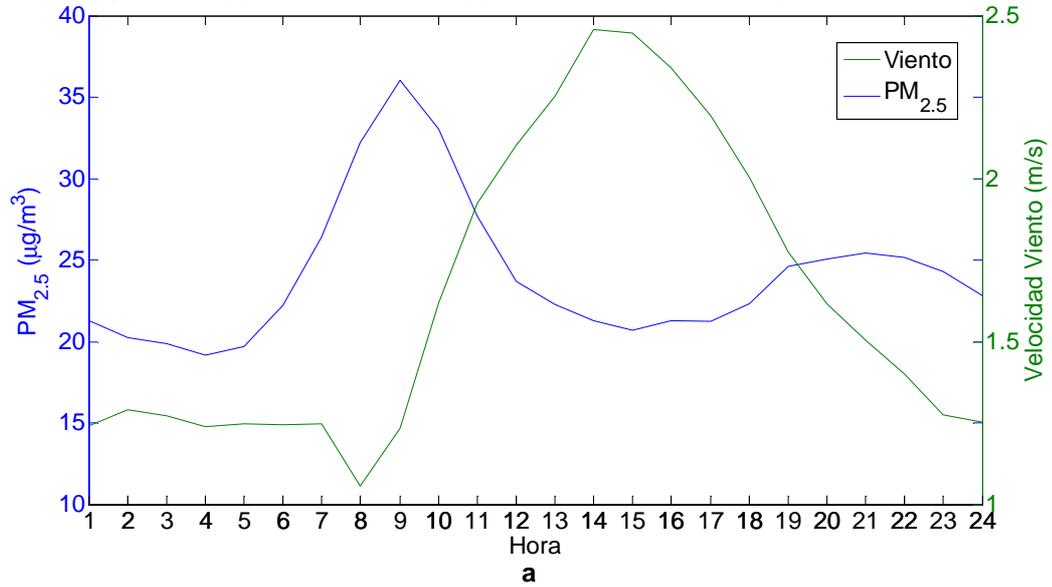
a

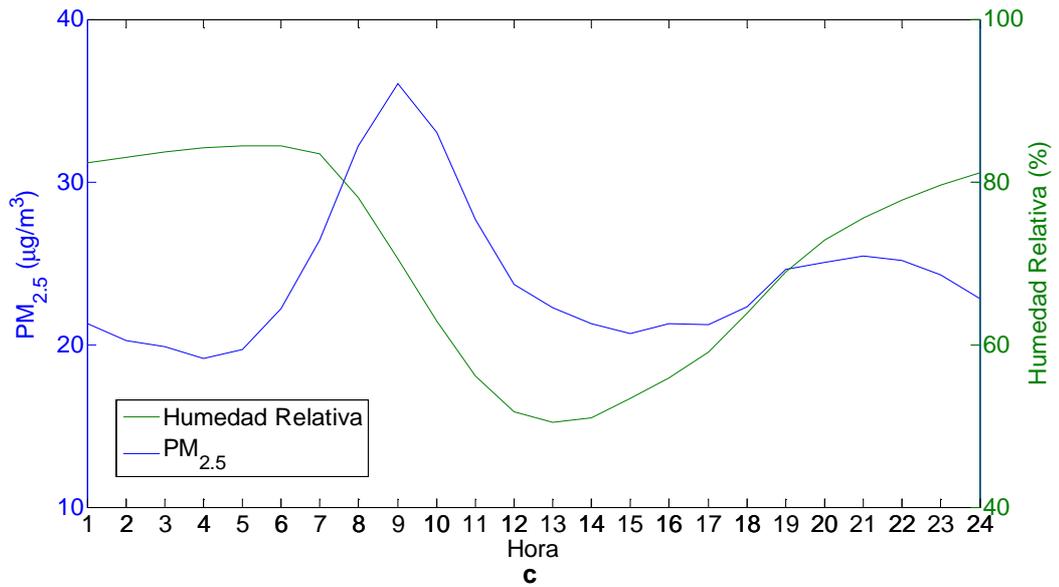
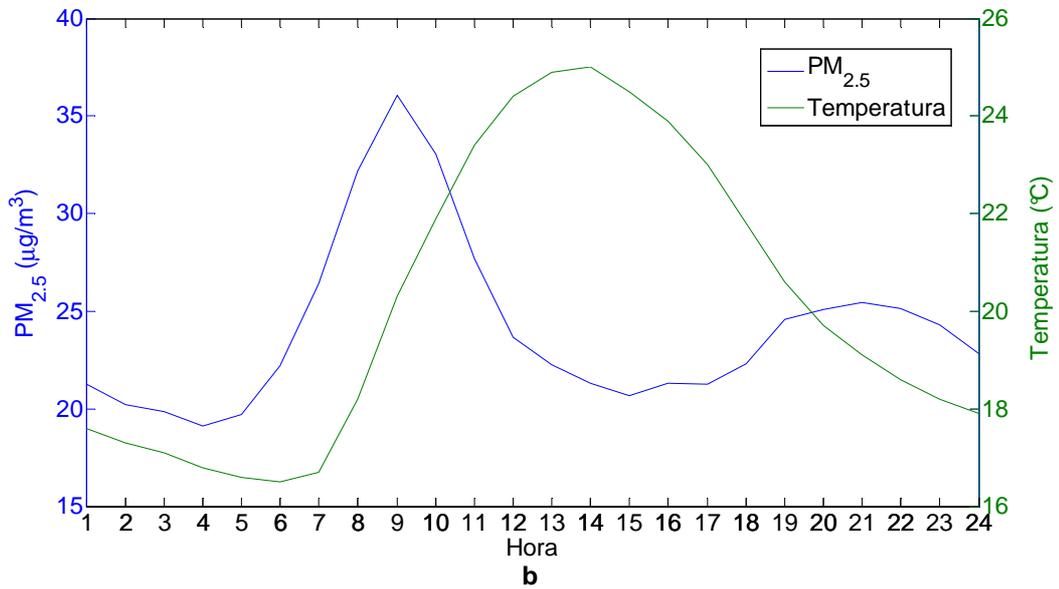


b

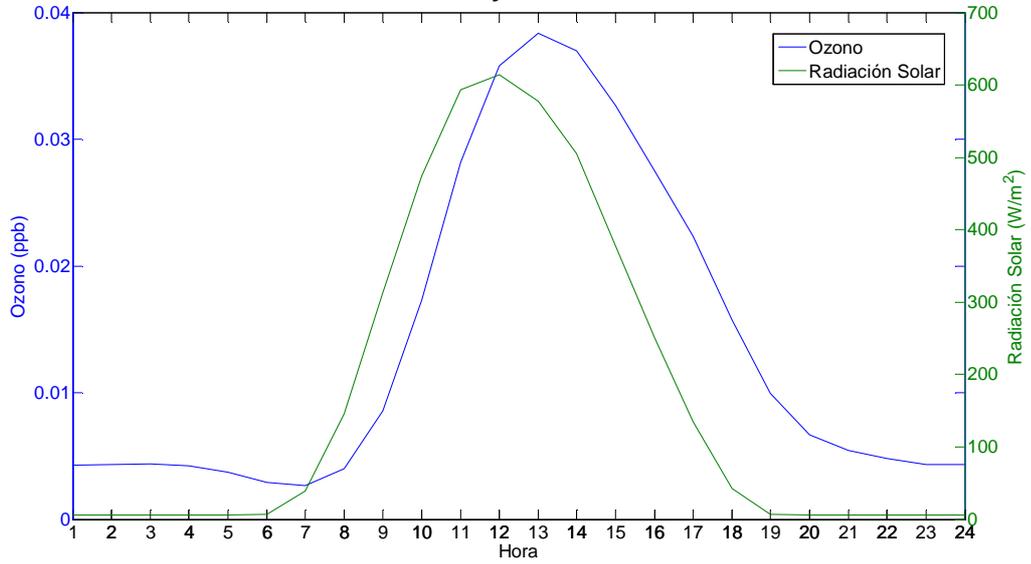


Gráfica 62. Ciclo diario de $PM_{2.5}$ vs variables meteorológicas en la estación ITA-DITA en abril/2011 – mayo/2012: (a) $PM_{2.5}$ vs viento, (b) $PM_{2.5}$ vs temperatura, (c) $PM_{2.5}$ vs humedad relativa





Gráfica 63. Ciclo diario de ozono vs radiación solar en la estación ITA-DITA en abril/2011 – mayo/2012



8. CONCLUSIONES

Las concentraciones de PM_{10} en el Valle de Aburrá, entre abril de 2011 y mayo de 2012 muestran que la única estación que presenta tendencia a la disminución de las concentraciones es Politécnico JIC, MED-PJIC. En las demás estaciones se presentan una tendencia a permanecer constante dichas concentraciones.

Con respecto a las partículas $PM_{2.5}$ en el Valle de Aburrá, entre abril de 2011 y mayo de 2012, solamente hay una tendencia a la disminución de las concentraciones en la estación Miguel de Aguinaga. En las demás estaciones se presenta una leve tendencia al aumento de estas concentraciones.

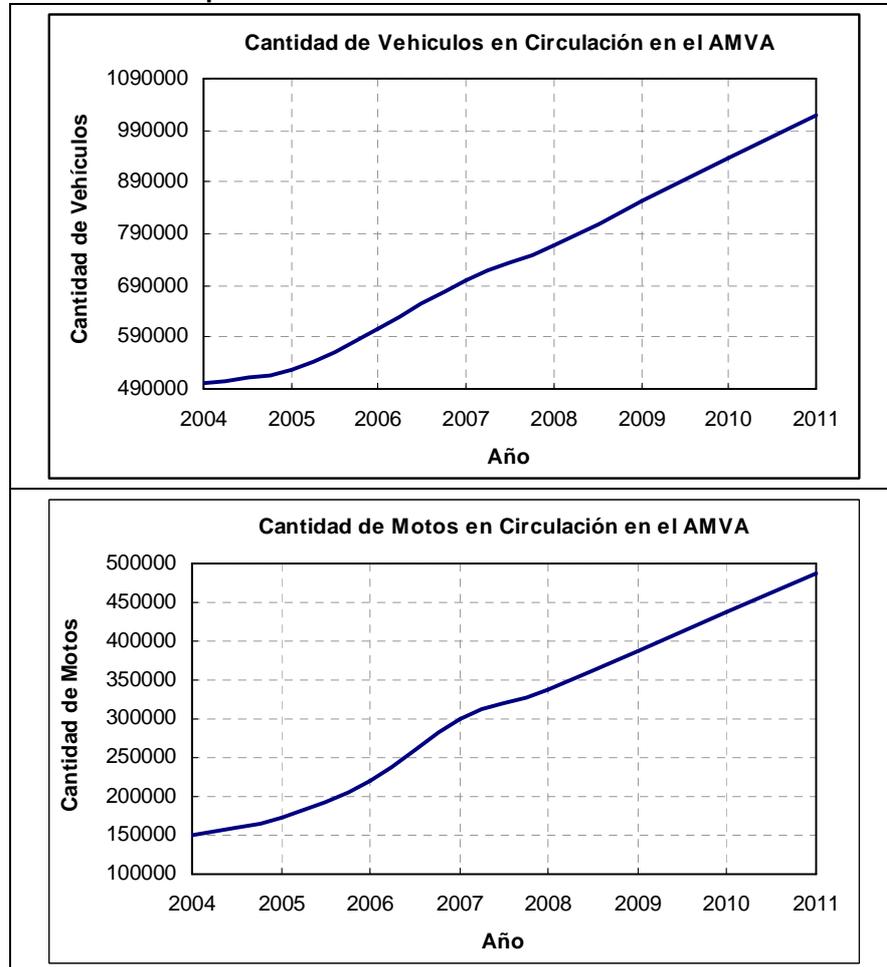
Respecto al comportamiento de ozono, entre abril de 2011 y mayo de 2012 se presenta una disminución de estas concentraciones, siendo enero y febrero de 2012 los meses con mayores excedencias en Jardín Botánico y Ditaires. Se destaca que en el barrio Belén Las Mercedes (del 26 agosto 2011 al 09 abril de 2012) y en la Universidad Pontificia Bolivariana (del 11 de abril al 06 de mayo de 2012), con la estación móvil del AMVA, no se registraron excedencias horarias ni excedencias octohorarias de ozono.

Las mediciones de BTX realizadas con medidores pasivos muestran que en el Valle de Aburrá se presentan altas concentraciones de Bencenos, al igual que el estudio realizado en el año 2007. Es necesario realizar más seguimientos a este contaminante ya que es un compuesto muy cancerígeno. También se deben implementar medidas para disminuir estas concentraciones en la región, las cuales fueron mencionadas al final de capítulo 3.

Las variaciones de las concentraciones de calidad del aire reportadas en este informe, están afectadas por varios factores que influyen en los resultados. Algunos de estos factores son: Las variables meteorológicas (en especial la lluvia, la dirección y velocidad del viento), la movilidad en las principales vías de la ciudad, las cantidades de vehículos que circulan por la ciudad que han aumentado considerablemente en el Valle de Aburrá (ver gráfica 55), los procesos constructivos de grandes obras (Puente de la 4 Sur sobre el río Medellín, Intercambio vial de Éxito Robledo, Ampliación de la vía al mar en la Facultad de Minas, etc) las cuales están cambiando constantemente y que inciden en la contaminación del aire. Establecer o definir cual de estos factores influyen en las disminuciones de las concentraciones requiere de estudios más específicos o detallados.

Los reportes diarios de concentraciones de partículas PM_{10} y $PM_{2.5}$ que se realizan diariamente para el AMVA muestran que los fines de semana, domingos y festivos, se presenta una mejoría de la calidad del aire en la ciudad, lo que indica que hay una gran relación entre las concentraciones de partículas en el aire y los flujos vehiculares que se presentan por las vías de la ciudad.

Gráfica 64. Comportamiento circulación de vehículos en el Valle de Aburrá



Fuente: Secretaría de Transportes y Tránsito de Medellín, Portal Web, mayo de 2012

Con relación a las variables meteorológicas, se pueden mencionar los siguientes aspectos:

Sobre precipitación

Durante el período abril/2011 – mayo/2012 se registraron precipitaciones en las estaciones GIR-IECO, MED-JABO, MED-COLO, MED-PJIC, SAB-CAM e ITA-DITA. Para la estación MED-PJIC se obtuvieron datos apenas desde el mes de mayo de 2012.

De los registros obtenidos, solo se consideraron representativos los datos correspondientes a las estaciones GIR-IECO, MED-JABO y SAB-CAM. Los datos de las estaciones MED-COLO e ITA-DITA, aunque se reportaron, son datos que no solo difieren bastante con respecto a los acumulados de las demás estaciones sino que también están muy por debajo del promedio cuando se comparan por ejemplo con los acumulados mensuales reportados por el Sistema de Alerta Temprana del Valle de Aburrá (SIATA, www.siata.gov.co).

Los meses con mayor precipitación acumulada durante el año 2011 fueron, abril para las estaciones GIR-IECO y SAB-CAM, con acumulados de 399.5 mm y 329.8 mm respectivamente y que corresponden a lluvias intensas según la escala de precipitación mensual de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, RMCAB, y junio en la estación MED-JABO con un acumulado de 274.0 mm, correspondientes a lluvias muy fuertes. Cuando se consideran los meses con registro en el año 2012, en la estación GIR-IECO se obtuvo el acumulado máximo en el mes de marzo, en las estaciones MED-JABO y SAB-CAM se obtuvieron en el mes de abril, dichos acumulados fueron (en el mismo orden que se enunciaron las estaciones), 91.0 mm, lluvias fuertes, 262.4 mm y 297.2 mm, estos últimos datos corresponden a precipitaciones muy fuertes.

Con respecto a los acumulados máximos diarios, durante los meses de registro del año 2011, la precipitación acumulada máxima diaria en la estación GIR-IECO, igual a 64.5 mm de lluvia, se obtuvo el 22 de abril. En la estación MED-JABO el acumulado máximo diario, igual a 78.0 mm, se obtuvo el 01 de junio. En la estación SAB-CAM el 18 de junio se obtuvo el máximo acumulado diario con un valor de 64,6 mm. Ya teniendo en cuenta los meses de registro del año 2012, los acumulados máximos en las estaciones GIR-IECO, MED-JABO y SAB-CAM, iguales a 20.5 mm, 29.5 mm y 40.6 mm respectivamente, se obtuvieron los días 09 de marzo, 16 de enero y 08 de abril.

Los acumulados máximos obtenidos durante el 2011 corresponden todos a precipitaciones muy fuertes. Los acumulados máximos de los meses de registro de 2012 corresponden a precipitaciones moderadas en la estación GIR-IECO, precipitaciones fuertes en la estación MED-JABO y precipitaciones fuertes en la estación SAB-CAM.

Para el período abril – diciembre de 2011, se obtuvo una precipitación acumulada igual a 1751.0 mm en la estación GIR-IECO, 1566.6 mm en la estación MED-JABO y 1926.6 mm en la estación SAB-CAM, siendo esta última claramente la estación con mayor acumulado.

En el período enero-abril de 2012 en la estación GIR-IECO se obtuvo un acumulado de 173.5 mm, en la estación MED-JABO 436.2 mm y en la estación SAB-CAM 422.8 mm. El acumulado de la estación GIR-IECO no tienen en cuenta el mes de abril, ya que como se ha dicho esta estación está en calibración, y el acumulado de la estación SAB-CAM no tiene en cuenta los meses febrero y marzo, meses en los que no se obtuvo información de precipitación en esta estación.

Sobre Vientos

En general, durante el período abril/2011 – mayo/2012 los vientos disminuyeron entre la 01:00 y las 07:00 (en algunas estaciones hasta las 08:00) hora a partir de la cual se incrementaron las

velocidades promedio hasta alcanzar los valores máximos entre las 13:00 y las 17:00. De las 17:00 en adelante las intensidades de viento disminuyen hasta alcanzar valores similares a los del inicio del día. Las estaciones ITA-CJUS, MED-MANT y MED-JABO son las estaciones que registraron las velocidades promedio horarias más altas, alcanzando valores de entre 3.0 y 4.0 m/s, vientos denominados leves según la escala de Beaufort presentada en la tabla D2 del anexo D.

El comportamiento anteriormente enunciado, corresponde a un promedio estadístico y no implica que los vientos se comportaron todos los días de la misma manera.

Las velocidades máximas obtenidas en la estación GIR-IECO y MED-PJIC para los meses de registro, abril/2011 – mayo/2012, oscilaron entre vientos leves y moderados. En la estación MED-JABO, oscilaron entre vientos moderados y vientos regulares. Para la estación MED-BEME, las máximas velocidades variaron entre vientos suaves y vientos leves. En la estación MED-UPB, las máximas velocidades registradas oscilaron entre ventolinillas y vientos leves. Las máximas velocidades registradas en la estación MED-MANT para todos los meses de registro corresponden a vientos moderados. En la estación SAB-CAM, las velocidades máximas registradas oscilaron entre vientos leves y moderados. Para la estación ITA-CJUS, los vientos máximos registrados corresponden a vientos muy fuertes. Finalmente, los vientos máximos registrados en la estación ITA-DITA oscilaron entre vientos leves y moderados.

En cuanto a las direcciones dominantes de las rosas de vientos totales, en la estación GIR-IECO corresponden al suroeste (SW), en la estación MED-JABO predominaron los vientos del norte (N), en la estación MED-BEME el este-noreste (ENE) es la dirección dominante, y en menor proporción el noreste (NE) y el oeste-noroeste (NNW). En la estación MED-UPB, la rosa de vientos total, tiene como dirección dominante el nornoroeste (NNW). En la estación SAB-CAM la dirección dominante es el sursuroeste (SSW) y en la estación ITA-DITA los vientos fueron principalmente del oeste (W) y del oeste-noroeste (WNW).

Cuando se consideran por aparte ciclos diurnos y nocturnos del viento aparecen direcciones dominantes adicionales y/o diferentes, a saber, la rosa de vientos nocturna de la estación MED-BEME tiene como direcciones dominantes el oeste-noroeste (WNW) y el oeste (W), en la estación MED-UPB se obtienen como direcciones dominantes el nornoroeste (NNW) y el norte (N). La rosa de vientos diurna de la estación MED-PJIC tiene como direcciones dominantes el nornoroeste (NNW) y el norte (N) y en menor medida el sureste (SE). En la estación ITA-DITA, la rosa diurna tiene como dirección dominante el sur-sureste (SSE). La rosa de vientos nocturna tiene como direcciones dominantes el oeste (W) y el oeste-noroeste (WNW).

Para las estaciones con registros de contaminación horarios, las direcciones dominantes de las rosas de contaminación, las cuales podrían interpretarse como direcciones de transporte, fueron el oeste-suroeste (WSW) y el suroeste (SW) para el PM_{10} en la estación GIR-IECO, el norte (N) en la estación MED-JABO, el este-noreste (ENE) en la estación MED-BEME. La rosa de $PM_{2.5}$ tiene como dirección dominante el nornoroeste (NNW) en MED-UPB, en la estación MED-PJIC el nor-noreste (NNE) en el caso de la rosa de PM_{10} y el nornoroeste (NNW), el norte (N) y el sureste (SE) para la rosa de PM_1 . Finalmente, en la estación ITA-DITA, la rosa de vientos total tiene como dirección dominante el oeste-noroeste (WNW), dirección que coincide con la dirección dominante de las rosas de contaminación de PM_{10} y $PM_{2.5}$.

Válgase aclarar en este punto, que aunque se reportaron los datos de viento de las estaciones MED-JABO y MED-UPB, dadas las condiciones de localización de estas estaciones (en ambas estaciones el anemómetro está por debajo de la copa de los árboles cercanos, que de hecho son árboles bastantes cercanos a las estaciones), los datos reportados se ven fuertemente alterados y no son representativos mas que de una escala local, inferiores a cincuenta metros a la redonda de la estación.

Sobre Temperatura

Con base en los ciclos diurnos de temperatura calculados para cada estación, en general en la temperatura promedio horaria desciende desde las 01:00 hasta las 06:00, hora a partir de la cual, la temperatura aumenta significativamente hasta alcanzar los valores máximos entre las 12:00 y las 15:00, exceptuando las estaciones MED-MANT y MED-PJIC en las que las máximas temperaturas promedio horarias se alcanzan entre las 14:00 y las 17:00. A partir de las 15:00 (o de las 17:00 según sea el caso), la temperatura disminuye hasta alcanzar valores similares a los del inicio del día.

Según los resultados obtenidos para las estaciones con registros en el año 2011 existe un pico en la temperatura promedio entre los meses de julio y agosto. Cuando se considera todo el período abril/2011 – abril/2012, aparentemente hay un segundo pico en el mes de febrero. Las menores temperaturas promedio se obtuvieron para el mes de noviembre.

Ahora bien, respecto a las temperaturas promedio mensuales máximas, se obtuvieron en la estación GIR-IECO en el mes de agosto de 2011, en los meses de julio y agosto de 2011 y en febrero de 2012 en la estación MED-JABO, en la estación MED-COLO en el mes de julio de 2011. En las estaciones MED-UPB y MED-PJIC, las máximas temperaturas promedio se obtuvieron en el mes de abril de 2012. En la estación MED-MANT el mes de marzo de 2012 fue el mes con mayor temperatura promedio. En la estación SAB-CAM, la temperatura promedio máxima se obtuvo entre febrero y abril de 2012. En la estación ITA-DITA, la máxima temperatura promedio mensual se obtuvo el mes de julio de 2011.

En el caso de la estación MED-BEME, aunque la máxima temperatura promedio reportada corresponde al mes de agosto de 2011, se debe tener en cuenta que esta estación funcionó solo seis días durante este mes, por ende este promedio se descarta y se toma como temperatura promedio máxima la correspondiente al mes de febrero de 2012.

Sobre Radiación Solar

En general, para el período abril/2011 – mayo/2012, los valores máximos de radiación solar se presentaron entre las 11:00 y las 14:00, y los valores máximos de los ciclos diurnos variaron entre 510.5 W/m² y 645.8 W/m².

Para las estaciones con registros desde abril de 2011, se identifica un pico en la radiación promedio en el mes de agosto. Cuando se considera todo el período abril/2011 – abril/2012, aparentemente hay un segundo pico en el mes de febrero.

Sobre Humedad Relativa

De acuerdo a los ciclos diurnos de humedad relativa calculados, los valores de humedad relativa mínima durante el período abril/2011 – mayo/2012 se presentaron entre las 12:00 y las 17:00, coincidiendo, tal como se espera, con las horas en las que se presentan las máximas temperaturas promedio horarias.

Cuando se considera todo el período abril/2011 – mayo/2012 se identifica un máximo en los valores de humedad relativa en el mes de diciembre, y un mínimo en el mes de agosto. En general las estaciones SAB-CAM e ITA-DITA fueron las que tuvieron mayor humedad relativa promedio mensual.

Sobre Presión atmosférica

Según los resultados presentados, existen dos picos y dos valles en el ciclo diurno de la presión atmosférica, los valores máximos se presentaron entre las 08:00 y las 11:00 y entre las 23:00 y las 24:00, mientras que los valores mínimos se dan entre las 03:00 y las 05:00, y con más fuerza entre las 15:00 y 18:00.

Según los resultados obtenidos, la estación GIR-IECO presenta los mayores valores de presión atmosférica promedio horaria y presión atmosférica promedio mensual, y la estación ITA-DITA los menores, lo cual es coherente físicamente. Adicionalmente, en el “largo plazo” la presión permanece constante.

BIBLIOGRAFÍA

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución Número (601) 04 de abril de 2006. Norma de calidad del aire o nivel de inmisión. (abril 2006).

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución Número (610) del 24 de marzo de 2010. Norma de calidad del aire o nivel de inmisión. (marzo 2010).

Toro, Victoria y Marín Andrea. Índice de Calidad del Aire para el Valle de Aburrá. Vol 1. Enero de 2007. En: Producción más limpia. Medellín.

EPA, United States Environmental Protection Agency. 1990. Code of Federal Regulations, CFR. Book 40. Protection of Environment. Parts 50. Appendix A. Washington. www.epa.gov.

IDEAM. "Protocolo para la Vigilancia y Seguimiento de Módulo Aire del Sistema de Información Ambiental". Bogotá, septiembre del 2005.

Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales, Protocolo para la Vigilancia y Seguimiento del Módulo Aire del Sistema de Información Ambiental. 2005

Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales, Análisis e Interpretación de Datos de la Calidad del Aire.. 2005

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. "Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire – Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire". Bogotá. Marzo de 2010.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. "Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire – Manual de Diseño de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire". Bogotá. Marzo de 2010.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. "Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire – Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire". Bogotá. Octubre de 2010.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. "Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire – Manual de Diseño de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire". Bogotá. Octubre de 2010.

Organización Mundial de la Salud. Cluster of Sustainable Development and Healthy Environment. GUÍAS PARA LA CALIDAD DEL AIRE.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de Gestión de la Calidad. Fundamentos y vocabulario. NTC-ISO 9000. Bogotá D.C. El Instituto, 2005. 29 pp.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIÓN. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. NTC-ISO/IEC 17025:2005.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos. NTC-ISO 9001. Bogotá D.C.: El Instituto, 2008. 35 p

ANEXO A. DIA SIN CARRO 27 ABRIL 2011

REPORTE 04

Fecha de elaboración del reporte: 05 de mayo de 2011, 11:00 AM

INTRODUCCION

Medellín vivió el 27 de abril el primer Día Social y Ambiental Sin Carro de carácter obligatorio para los diez municipios del valle de Aburrá, una jornada creada por Acuerdo Municipal, por medio del cual los municipios del valle de Aburrá realizarán hoy, 27 de abril, el Día Social y Ambiental Sin Carro.

El Día sin Carro fue una iniciativa que nació en el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid en el año 2005, y a ella se unieron universidades de todo el país con la intención de crear un Día Sin Carro Universitario en Colombia con un lema similar a la campaña en Medellín: “*Da un paso por tu país*”, que se realizó de manera conjunta el mismo día. A esta iniciativa se aliaron también algunas entidades del sector público y privado. Entre el 2005 y el 2008, esta iniciativa fue de carácter voluntario, pero en el año 2008 el Honorable Consejo de Medellín la establece como de carácter obligatorio.

A diferencia de los dos años anteriores, 2009 y 2010, en la que se celebró esta jornada el 22 de abril, fecha representativa del Día de la Tierra, este año se debió aplazar al 27 de abril, debido a que ese día, 22 de abril, coincidió con el Viernes Santo.

Se estima que con esta medida dejaron de circular ayer en la ciudad cerca de 500.000 vehículos. La jornada del Día Sin Carro fue desde las 7:00 horas hasta las 18:00 horas y de carácter obligatorio, con imposición de multas económicas.

El propósito fundamental de esta medida fue generar una conciencia ambiental en el uso racional del automóvil por parte de la ciudadanía del valle de Aburrá.

METODOLOGIA DE EVALUACION

La evaluación de una medida ambiental como ésta, se realiza por comparación con otro día que no esté afectado por la restricción vehicular y que tenga condiciones similares, tales como calidad del combustible, flujos vehiculares, día de la semana, etc.

Por esta razón, la evaluación del Día Sin Carro se realizó comparando las concentraciones de contaminantes atmosféricos en este Día Sin Carro, entre las 07:00 horas y las 18:00 horas, con la misma franja horaria del miércoles 13 de abril de 2011, de los equipos automáticos que tiene la Red de Calidad del Aire del Valle de Aburrá, los cuales se muestran en detalle en la tabla 1.

Tabla 1 Estaciones y Contaminantes a evaluar en el Día Sin Carro

ESTACION	MUNICIPIO	SIGLA ESTACION	CONTAMINANTE EVALUADO
Colegio Colombia (1)	Girardota	GIR-IECO	PM10
Miguel de Aguinaga	Medellín	MED-AGUI	PM2.5
Parque San Antonio	Medellín	MED-EXSA	PM10
PracoDidacol (Avenida 33)	Medellín	MED-PRAV	Ruido
Politécnico Colombiano JIC	Medellín	MED-PJIC	PM10
Parque Ditaires	Itagüí	ITA-DITA	PM10, PM2.5
Colegio El Rosario (1)	Itagüí	ITA-CRSV	PM10
Plaza de mercado (1)	Caldas	CAL-PMER	PM10

1 Estas estaciones se compararon con el 20 de abril, ya que no se contaba con datos del 13 de abril, por problemas técnicos en los equipos.

En el caso de los equipos manuales de PM10 (partículas menores o iguales a 10 micrómetros de diámetro), la evaluación se realizó comparando la concentración diaria de PM10 registrada el 27 de abril con la concentración medida el 13 de abril. Es importante aclarar que estos tipos de equipos reportan solamente un dato o concentración de PM10 promedio diario. En la tabla 2 se ilustran los sitios donde la Red de Calidad del Aire del Valle de Aburrá tiene ubicados estos tipos de equipos.

Tabla 2 Estaciones con PM10 manual a evaluar en el Día Sin Carro

ESTACION	MUNICIPIO	SIGLA ESTACION
Hospital San Vicente de Paúl	Barbosa	BAR-HSVP
Hospital Santa Margarita	Copacabana	COP-HSMA
Miguel de Aguinaga	Medellín	MED-AGUI
Universidad Nacional, Fac Minas	Medellín	MED-UNFM
Corantioquia	Medellín	MED-CORA
Politécnico Colombiano JIC	Medellín	MED-PJIC
Planta San Fernando EPM	Itagüí	ITA-PTAR
Alcaldía Sabaneta	Sabaneta	SAB-CAM
Alcaldía La Estrella	La Estrella	EST-CAM
Plaza de mercado	Caldas	CAL-PMER

RESULTADOS EQUIPOS AUTOMATICOS

Los porcentajes de variación de la concentración de la contaminación en cada una de las horas entre las 07:00 y las 18:00 del 27 de abril de 2011, comparadas con las del 13 de abril de 2011, se presentan en las siguientes tablas.

Se aclara que los porcentajes de variación que son positivos indican que se presentó una disminución de las concentraciones en el Día Sin Carro, con respecto al 13 de abril. De la misma forma, una variación negativa indica que se presenta un aumento de las concentraciones en el Día sin Carro, con respecto al 13 de abril. Las celdas donde no aparecen datos es porque se tuvo que descartar una de las concentraciones, ya sea el 13 de abril o el 27 de abril, y por esta razón no se puede calcular su variación.

PARTICULAS MENORES O IGUALES A 2.5 MICROMETROS (PM2.5), $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Hora	Medellín			Itagüí		
	MED-AGUI (Centro Medellín)			ITA-DITA (Parque Ditaires)		
	13 Abril	27 abril	% Variación	13 Abril	27 abril	% Variación
07:00 - 08:00	58			52	31	40.38
08:00 - 09:00	52			48	21	56.25
09:00 - 10:00	50	75	-50.00	39	24	38.46
10:00 - 11:00	28	41	-46.43	36	22	38.89
11:00 - 12:00	23	29	-26.09	26	29	-11.54
12:00 - 13:00	39	11	71.79	15	37	-146.67
13:00 - 14:00	36	8	77.78	18	32	-77.78
14:00 - 15:00	22	15	31.82	10	12	-20.00
15:00 - 16:00	19	26	-36.84	18	12	33.33
16:00 - 17:00	5	18	-260.00	13	28	-115.38
17:00 - 18:00	3	30	-900.00	21	16	23.81
Promedio			-126.44			-12.75

En cuanto a las concentraciones de PM2.5, en Miguel de Aguinaga se obtuvo un aumento promedio de 126.44%, presentando las mejores disminuciones entre las 12:00 y las 15:00 horas. En el caso de la estación Ditaires, las mejores reducciones de las concentraciones de PM2.5 se registraron entre las 07:00 y las 11:00 horas y en algunas horas de la tarde, pero en el promedio de la franja horaria evaluada se obtuvo un aumento de las concentraciones de 12.75%.

PARTICULAS MENORES O IGUALES A 10 MICROMETROS (PM10), $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Hora	Medellín			Medellín			Itagüí		
	MED-EXSA (Éxito de San Antonio)			MED-PJIC (Politécnico JIC)			ITA-DITA (Parque Ditaires)		
	13 Abril	27 abril	% Variación	13 Abril	27 abril	% Variación	13 Abril	27 abril	% Variación
07:00 - 08:00	60	100	-66.67	63	58	7.94	101	58	42.57
08:00 - 09:00	50	92	-84.00	66	85	-28.79	108	41	62.04
09:00 - 10:00	59	90	-52.54	75	95	-26.67	84	63	25.00
10:00 - 11:00	52	80	-53.85	62	55	11.29	53	52	1.89
11:00 - 12:00	50	76	-52.00	66	49	25.76	44	60	-36.36
12:00 - 13:00	77	41	46.75	27	56	-107.41	23	55	-139.13
13:00 - 14:00	72	38	47.22	27	26	3.70	22	56	-154.55
14:00 - 15:00	61	69	-13.11	33	67	-103.03	27	33	-22.22
15:00 - 16:00	74	75	- 1.35	43	54	- 25.58	37	30	18.92
16:00 - 17:00	70	77	-10.00	34	58	-70.59	28	53	-89.29
17:00 - 18:00	67	112	-67.16	18	70	-288.89	30	39	-30.00
Promedio			- 27.88			- 54.75			- 29.19

En cuanto a las concentraciones PM10 en Éxito de San Antonio únicamente se presentaron disminuciones de las concentraciones entre las 12:00 y las 14:00 horas, y en el acumulado de la franja horaria evaluada se registraron aumentos de las concentraciones en un 27.88%, en promedio. En la estación Politécnico JIC, las disminuciones de las concentraciones de PM10 se presentaron en algunas horas de la mañana y entre las 13:00 y las 14:00 horas, pero en el acumulado se presentó un aumento de 54.75%. En el parque Ditaires se registraron disminuciones en las horas de mañana y entre las 15:00 y las 16:00 horas, pero en el acumulado del día se registró un aumento promedio de las concentraciones de PM10 de 29.19%.

PARTICULAS MENORES O IGUALES A 10 MICROMETROS (PM10), $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Hora	Girardota			Itagüí			Caldas		
	GIR-IECO (Colegio Colombia)			ITA-CRSV (Colegio El Rosario)			CAL-PMER (Plaza de Mercado)		
	20 Abril	27 abril	% Variación	20 Abril	27 abril	% Variación	20 Abril	27 abril	% Variación
07:00 - 08:00	41	42	-2,44	68	85	-25.00	48	55	-14.58
08:00 - 09:00	37	27	27,03	44	75	-70.45	47	106	-125.53
09:00 - 10:00	57	23	59,65	68	71	-4.41	45	66	-46.67
10:00 - 11:00	54	21	61,11	64	49	23.44	48	58	-20.83
11:00 - 12:00	48	19	60,42	96	41	57.29	36	43	-19.44
12:00 - 13:00	32	22	31,25	35	48	-37.14	60	43	28.33
13:00 - 14:00	26	28	-7,69	27	57	-111.11	45	43	4.44
14:00 - 15:00	25	20	20,00	43	57	-32.56	37	45	-21.62
15:00 - 16:00	21	15	28,57	46	46	0.0	37	51	- 37.84
16:00 - 17:00	23	15	34,78	25	44	-76.00	65		
17:00 - 18:00		22		43	62	-44.19	37	69	-86.49
Promedio			31,27			- 29.10			- 34.02

En el municipio de Girardota, Colegio Colombia (GIR-IECO) se presentaron disminuciones de las concentraciones de PM10 en casi toda la franja horaria evaluada, excepto en la primera hora (07:00 a 08:00) y entre las 13:00 y las 14:00 horas, registrando en promedio en toda la franja horaria una disminución de las concentraciones de 31.27%. En el Colegio El Rosario de Itagüí solamente se registraron disminuciones de las concentraciones de PM10 entre las 10:00 y las 12:00 horas, pero en el acumulado de la franja horaria evaluada se tuvo un aumento de las concentraciones de un 29.10%. En la estación Caldas (plaza de mercado) se presentaron disminuciones de las concentraciones de PM10 en algunas horas de la tarde, pero en el acumulado del día, entre las 07:00 y las 18:00 horas, se tuvo un aumento promedio de 34.02%. Es importante aclarar que estas tres estaciones están comparadas con el miércoles 20 de abril de 2011, ya que no se disponen de datos del 13 de abril por problemas técnicos en los equipos.

RUIDO AMBIENTAL, dbA

Hora	Medellín		
	MED-PRAV (Av 33 x Cra 76)		
	13 Abril	27 abril	% Variación
07:00 - 08:00	71,1	68.1	4.2
08:00 - 09:00	72,2	69.9	3.2
09:00 - 10:00	73,8	69.9	5.3
10:00 - 11:00	71,8	69.8	2.7
11:00 - 12:00	71,6	71.4	0.2
12:00 - 13:00	71,1	70.0	1.6
13:00 - 14:00	70,9	70.1	1.2
14:00 - 15:00	72,3	71.2	1.6
15:00 - 16:00	70,8	71.3	- 0.8
16:00 - 17:00	69,1	70.2	- 1.6
17:00 - 18:00	71,0	69.8	1.6
Promedio			1.7

En cuanto a ruido, en la Avenida 33 con Carrera 76 de Medellín hubo una leve disminución en los niveles de ruido de 1.7 db en el promedio de la franja de duración del Día Sin Carro, 07:00 a 18:00 horas,

RESULTADOS EQUIPOS MANUALES DE PM10

Los porcentajes de variación de la concentración diaria de PM10 registrada el 27 de abril, Día Sin Carro, comparadas con la concentración del 13 de abril de 2011, se presentan en la siguiente tabla.

PARTICULAS MENORES O IGUALES A 10 MICROMETROS (PM10), $\mu\text{g}/\text{m}^3$ EQUIPOS MANUALES

Fecha (dd/mm/aaaa)	Barbosa BAR-HSVP	Copacabana COP-HSMA	Aguinaga MED-AGUI	U Nacional MED-UNFM	Corantioquia MED-CORA	Politécnico MED-PJIC	PTAR ITA-PTAR	Sabaneta SAB-CAM	La Estrella EST-CAM	Caldas CAL-PMER
13/04/2011	31	28	36	66	38	56	41	33	27	29
27/04/2011	25	26	37	71	31	52	41	39	31	34
% Variación	17,58	4,84	-1,34	-6,75	17,14	5,95	1,21	-20,67	-14,08	-19,24

Las concentraciones de PM10 disminuyeron en los municipios de Barbosa y Copacabana y los sectores cercanos a Corantioquia y Politécnico JIC (Medellín). En los municipios de la zona sur del valle de Aburrá (Sabaneta, La Estrella y Caldas) se presentaron aumentos de las concentraciones.

Los registros de calidad del aire en la evaluación del Día Sin Carro, el 27 de abril de 2011, indican que los municipios del norte del valle de Aburrá (Barbosa, Girardota y Copacabana) presentaron disminuciones de las concentraciones de PM10. En Medellín y los municipios del sur del valle de Aburrá (Itagüí, Sabaneta, La Estrella y Caldas) se presentaron aumentos de las concentraciones de PM10 y PM2.5.

En la evaluación de estos resultados influyen mucho las condiciones meteorológicas, especialmente las lluvias, dirección del viento, velocidad del viento.

ANEXO B. DIA SIN CARRO 23 DE ABRIL DE 2012

Boletín No. 3 10:30 AM - Martes 24 de abril

INTRODUCCION

El Día sin Carro fue una iniciativa que nació en el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid en el año 2005, y a ella se unieron universidades de todo el país con la intención de crear un Día Sin Carro Universitario en Colombia con un lema similar a la campaña en Medellín: *“Da un paso por tu país”*, que se realizó de manera conjunta el mismo día. A esta iniciativa se aliaron también algunas entidades del sector público y privado. Entre el 2005 y el 2008, esta iniciativa fue de carácter voluntario, pero en el año 2008 el Honorable Consejo de Medellín la establece como de carácter obligatorio.

En los años 2009 y 2010, esta jornada se celebró el 22 de abril, fecha representativa del Día de la Tierra. El año 2011 se debió aplazar al 27 de abril, debido a que ese día, 22 de abril, coincidió con el Viernes Santo.

El propósito fundamental es generar una conciencia ambiental en el uso racional del automóvil por parte de la ciudadanía del valle de Aburrá en la que se promueve el uso del transporte masivo, la bicicleta o la caminata, para disminuir las emisiones contaminantes, dejando los vehículos particulares en casa y utilizando el servicio público colectivo, como taxis y buses y el transporte masivo como Metro y Metroplus.

METODOLOGIA DE EVALUACION

La evaluación de una medida ambiental como ésta, se realiza por comparación con otro día que no esté afectado por la restricción vehicular y que tenga condiciones similares, tales como calidad del combustible, flujos vehiculares, día de la semana, etc.

Por esta razón, la evaluación del Día Sin Carro se realizará comparando las concentraciones de contaminantes atmosféricos en este Día Sin Carro, entre las 06:00 horas y las 19:00 horas, con la misma franja horaria del lunes 16 de abril de 2012.

Para evaluar las disminuciones de los contaminantes atmosféricos este Día Sin Carro, se tendrán en cuenta los equipos automáticos que tiene la Red de Calidad del Aire del Valle de Aburrá, las cuales se muestran en la tabla 1.

Tabla 1 Estaciones y Contaminantes a evaluar en el Día Sin Carro 2012

	ESTACION	MUNICIPIO	SIGLA ESTACION	CONTAMINANTE EVALUADO
Gases y Partículas	Jardín Botánico	Medellín	MED-JABO	O ₃ - NO _x – PM2.5
	Miguel de Aguinaga	Medellín	MED-AGUI	PM2.5
	Museo de Antioquia	Medellín	MED-MANT	NO _x
	MOVIL AMVA - UPB	Medellín	MOVIL-UPB	CO – O ₃ – PM2.5
	Itagüí Casa de Justicia	Itagüí	ITA-CJUS	NO _x – PM2.5
	Ditaires	Itagüí	ITA-CJUS	CO – O ₃
Ruido	Plaza Mayor	Medellín	MED-PLMA	Ruido
	MOVIL AMVA - UPB	Medellín	MOVIL-UPB	Ruido
	Itagüí Centro Administrativo	Itagüí	ITA-CAMI	Ruido

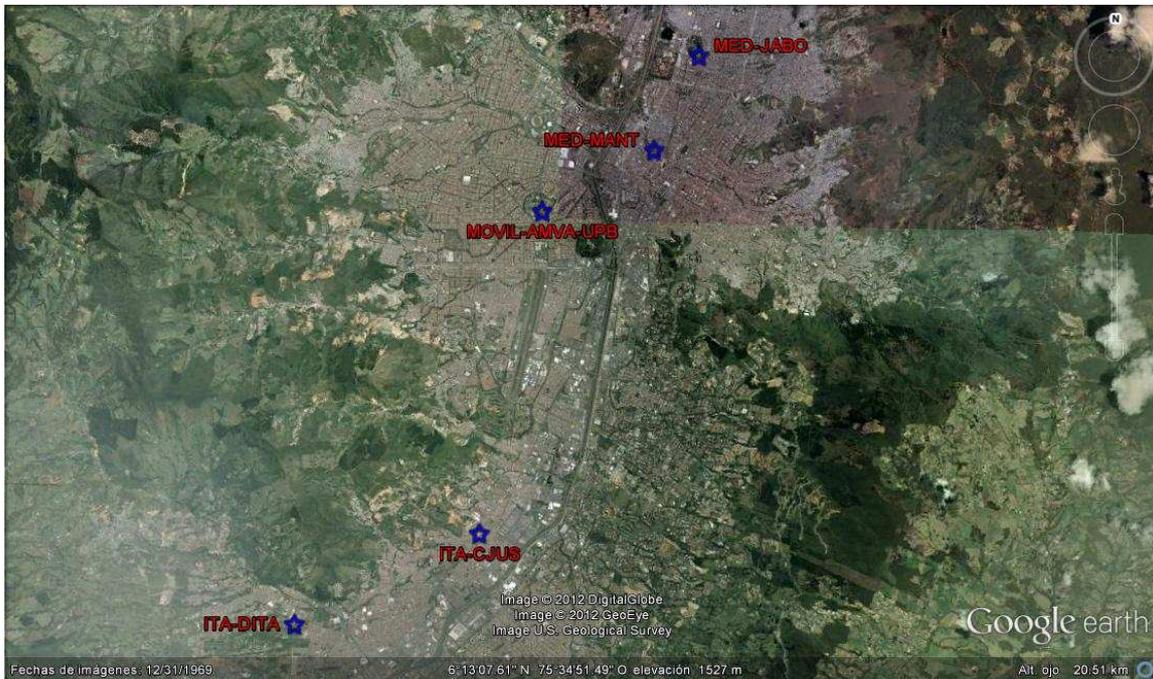


Figura 4. Estaciones para el monitoreo de gases del día sin carro



Figura 5. Estaciones para el monitoreo de ruido del día sin carro

RESULTADOS

Los porcentajes de variación de la concentración de la contaminación en cada una de las horas del 23 de abril de 2012, comparadas con las del 16 de abril de 2012, se presentan en las siguientes tablas.

Se aclara que los porcentajes de variación que son positivos indican que se presentó una disminución de las concentraciones en el Día Sin Carro, con respecto al 16 de abril. De la misma forma, una variación negativa indica que se presenta un aumento de las concentraciones en el Día sin Carro, con respecto al 16 de abril. Las celdas donde no aparecen datos son porque se tuvo que descartar una de las concentraciones, ya sea el 16 de abril o el 23 de abril, y por esta razón no se puede calcular su variación.

MONOXIDO DE CARBONO (CO), ppm

Hora	Medellín			Itagüí		
	MOVIL AMVA (UPB)			ITA-DITA (Parque Ditaires)		
	16 Abril	23 abril	% Variación	16 Abril	23 abril	% Variación
06:00 - 07:00	1,1	0,9	18,18	1,2	1,1	8,33
07:00 - 08:00	1,2	1,3	-8,33	1,1		
08:00 - 09:00	0,9	1,1	-22,22	1,0	1,1	-10,00
09:00 - 10:00	1,0	0,6	40,00	0,7	0,8	-14,29
10:00 - 11:00	1,1	0,9	18,18	0,5	0,6	-20,00
11:00 - 12:00	1,0	0,7	30,00	0,5	0,8	-60,00
12:00 - 13:00	1,2	0,6	50,00	0,6	0,7	-16,67
13:00 - 14:00	1,0	0,5	50,00	0,6	0,5	16,67
14:00 - 15:00	0,8	0,5	37,50	0,7	0,5	28,57
15:00 - 16:00	0,9	0,6	33,33	0,6	0,5	16,67
16:00 - 17:00	1,1	0,7	36,36	0,6	0,6	0,00
17:00 - 18:00	1,2	0,7	41,67	0,8	0,8	0,00
18:00 - 19:00	1,8	0,7	61,11	0,9	0,9	0,00
Promedio			29,68			-4,23

OZONO (O₃), ppb

Hora	Medellín			Medellín			Itagüí		
	MED-JABO (Jardín Botánico)			MOVIL AMVA (UPB)			ITA-DITA (Parque Ditaires)		
	16 Abril	23 abril	% Variación	16 Abril	23 abril	% Variación	16 Abril	23 abril	% Variación
06:00 - 07:00	8	8	0,00	10	10	0,00	3	3	0,00
07:00 - 08:00	10	11	-10,00	10	10	0,00	4	SinDato	
08:00 - 09:00	18	15	16,67	12	10	16,67	12	4	66,67
09:00 - 10:00	28	21	25,00	20	14	30,00	26	22	15,38
10:00 - 11:00	38	24	36,84	19	14	26,32	34	28	17,65
11:00 - 12:00	36	26	27,78	15	17	-13,33	30	37	-23,33
12:00 - 13:00	21	25	-19,05	12	17	-41,67	24	38	-58,33
13:00 - 14:00	23	27	-17,39	14	18	-28,57	27	44	-62,96
14:00 - 15:00	20	25	-25,00	12	20	-66,67	24	42	-75,00
15:00 - 16:00	13	25	-92,31	11	22	-100,00	19	38	-100,00
16:00 - 17:00	13	23	-76,92	10	14	-40,00	19	31	-63,16
17:00 - 18:00	8	10	-25,00	10	12	-20,00	10	18	-80,00
18:00 - 19:00	8	9	-12,50	10	11	-10,00	4	15	-275,00
Promedio			-13,22			-19,02			-53,17

OXIDOS DE NITROGENO (NOx), ppb

Hora	Medellín			Medellín			Itagüí		
	MED-JABO (Jardín Botánico)			MED-MANT (Museo de Antioquia)			ITA-CJUS (Casa de Justicia)		
	16 Abril	23 abril	% Variación	16 Abril	23 abril	% Variación	16 Abril	23 abril	% Variación
06:00 - 07:00	40	38	5,00	44	SinDato		34	49	-44,12
07:00 - 08:00	51	36	29,41	51	SinDato		51	49	3,92
08:00 - 09:00	26	26	0,00	53	SinDato		57	55	3,51
09:00 - 10:00	21	23	-9,52	48	51	-6,25	60	27	55,00
10:00 - 11:00	18	13	27,78	42	43	-2,38	22	33	-50,00
11:00 - 12:00	34	12	64,71	35	36	-2,86	29	38	-31,03
12:00 - 13:00	32	15	53,13	31	38	-22,58	51	16	68,63
13:00 - 14:00	23	11	52,17	32	35	-9,38	40	8	80,00
14:00 - 15:00	29	13	55,17	41	35	14,63	31	6	80,65
15:00 - 16:00	44	11	75,00	53	36	32,08	41	5	87,80
16:00 - 17:00	39	12	69,23	65	40	38,46	28	12	57,14
17:00 - 18:00	69	40	42,03	78	50	35,90	81	39	51,85
18:00 - 19:00	76	36	52,63	87	63	27,59	58	25	56,90
Promedio			39,75			10,52			32,33

RUIDO AMBIENTAL, dB (A)

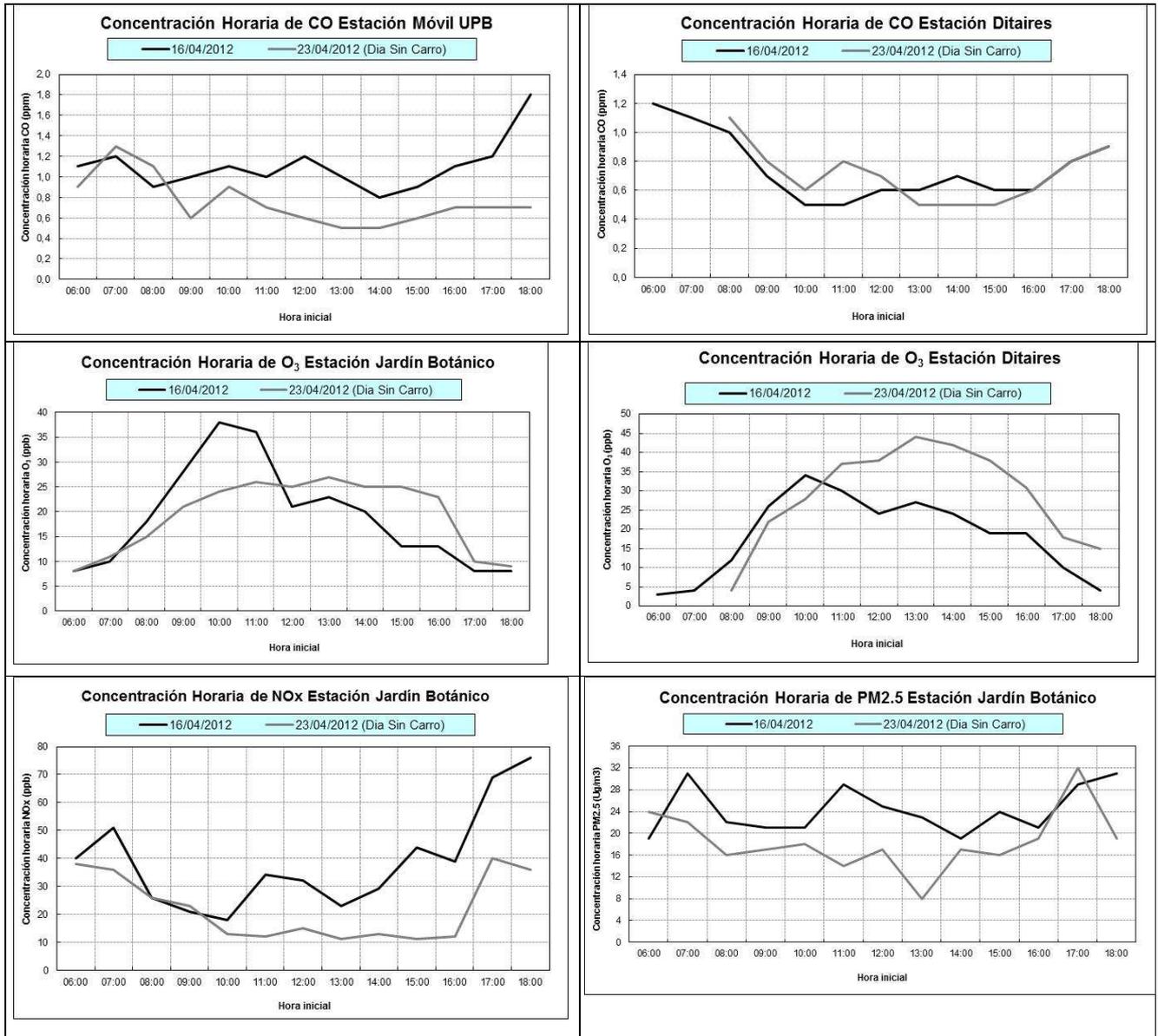
Hora	Medellín			Medellín			Itagüí		
	MED-PLMA (Plaza Mayor)			MOVIL AMVA (UPB)			ITA-CAMI (Centro administrativo)		
	16 Abril	23 abril	% Variación	16 Abril	23 abril	% Variación	16 Abril	23 abril	% Variación
06:00 - 07:00	72,87	74,10	-1,69	66,65	63,90	4,13	75,02	69,00	8,03
07:00 - 08:00	73,24	74,80	-2,12	66,04	66,30	-0,39	64,57	66,90	-3,61
08:00 - 09:00	72,37	70,79	2,18	67,95	68,27	-0,46	64,04	64,83	-1,23
09:00 - 10:00	71,52	70,93	0,83	66,46	66,74	-0,41	64,08	64,08	-0,01
10:00 - 11:00	71,64	70,74	1,26	67,93	65,79	3,15	65,29	64,38	1,38
11:00 - 12:00	71,63	70,67	1,35	66,41	66,51	-0,15	64,68	64,52	0,24
12:00 - 13:00	71,49	71,42	0,09	66,67	66,28	0,58	65,06	64,79	0,42
13:00 - 14:00	71,09	70,79	0,43	67,96	65,41	3,76	65,26	64,01	1,92
14:00 - 15:00	71,30	69,92	1,94	65,85	65,30	0,84	64,81	64,58	0,35
15:00 - 16:00	72,44	71,37	1,47	67,33	64,69	3,93	65,60	64,42	1,80
16:00 - 17:00	72,22	72,12	0,13	66,48	64,97	2,27	66,06	66,08	-0,04
17:00 - 18:00	72,92	73,55	-0,86	67,19	64,59	3,88	65,69	65,82	-0,21
18:00 - 19:00	71,76	71,99	-0,32	66,36	67,48	-1,68	64,97	65,78	-1,23

El 23 de abril hubo presencia de precipitaciones en las horas de la mañana en todas las estaciones de ruido, hasta las 7:00 am, por lo que los datos de Ruido Ambiental de las primeras horas están afectados por las condiciones de humedad y de piso húmedo. La estación ubicada en la Universidad Pontificia Bolivariana presentó flujo de camiones dentro de esta y trabajos en la vía en las primeras horas del 23 de abril.

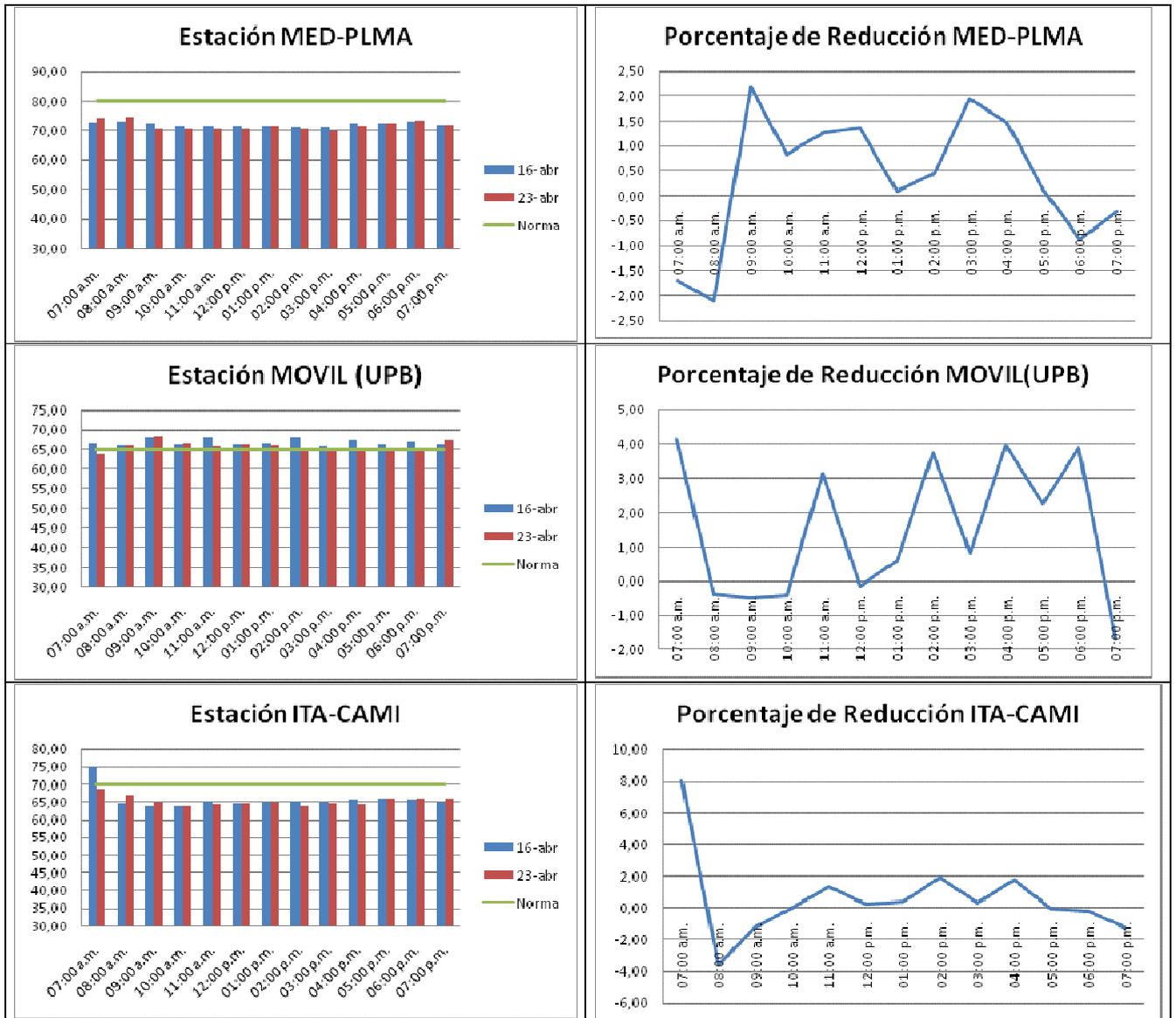
PM2.5 (PM2.5), Ug/m3

Hora	Medellín			Medellín			Medellín			Itagüí		
	MED-JABO (Jardín Botánico)			MED-AGUI (M Aguinaga)			MOVIL AMVA-UPB (UPB)			ITA-CJUS (Casa de Justicia)		
	16 Abril	23 abril	% Variación	16 Abril	23 abril	% Variación	16 Abril	23 abril	% Variación	16 Abril	23 abril	% Variación
06:00 - 07:00	19	24	-26,32	36	29	19,44	52	38	26,92	18	26	-44,44
07:00 - 08:00	31	22	29,03	52	37	28,85	61	54	11,48	23	24	-4,35
08:00 - 09:00	22	16	27,27	53	28	47,17	61	54	11,48	28	32	-14,29
09:00 - 10:00	21	17	19,05	25	63	-152,00	InVld	29		33	17	48,48
10:00 - 11:00	21	18	14,29	22	30	-36,36	InVld	45		11	18	-63,64
11:00 - 12:00	29	14	51,72	22	12	45,45	55	31	43,64	17	28	-64,71
12:00 - 13:00	25	17	32,00	16	14	12,50	42	20	52,38	17	12	29,41
13:00 - 14:00	23	8	65,22	17	8	52,94	InVld	16		19	8	57,89
14:00 - 15:00	19	17	10,53	16	17	-6,25	39	18	53,85	20	5	75,00
15:00 - 16:00	24	16	33,33	7	14	-100,00	27	26	3,70	25	8	68,00
16:00 - 17:00	21	19	9,52	8	18	-125,00	37	28	24,32	19	18	5,26
17:00 - 18:00	29	32	-10,34	36	22	38,89	46	31	32,61	30	29	3,33
18:00 - 19:00	31	19	38,71	43	9	79,07	79	26	67,09	31	37	-19,35
Promedio			22,62			-7,33			32,75			5,89

Graficas del día, Gases y Partículas

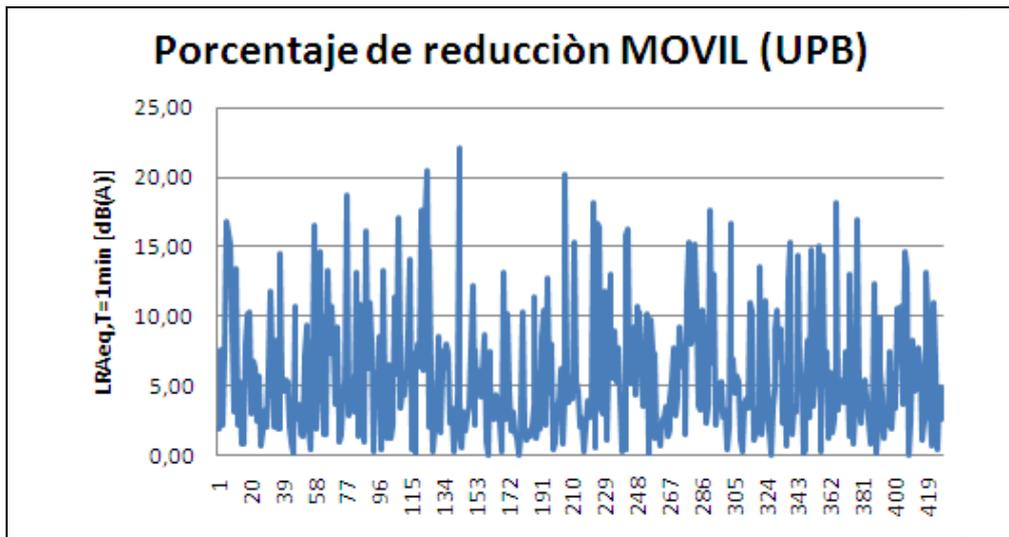


Graficas del día, Ruido

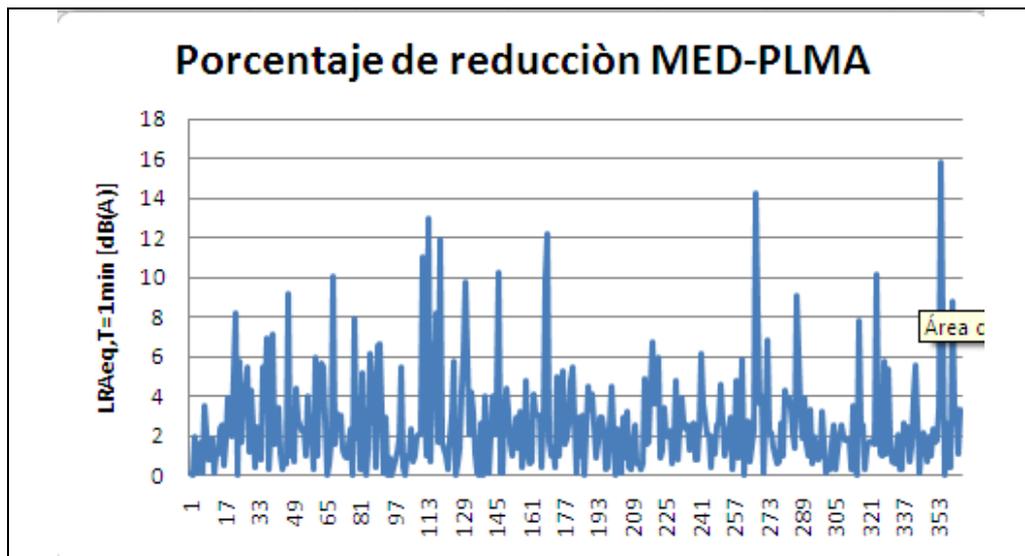


Comparación minuto a minuto entre el día 16 de Abril y el 23 de Abril de Ruido Ambiental.

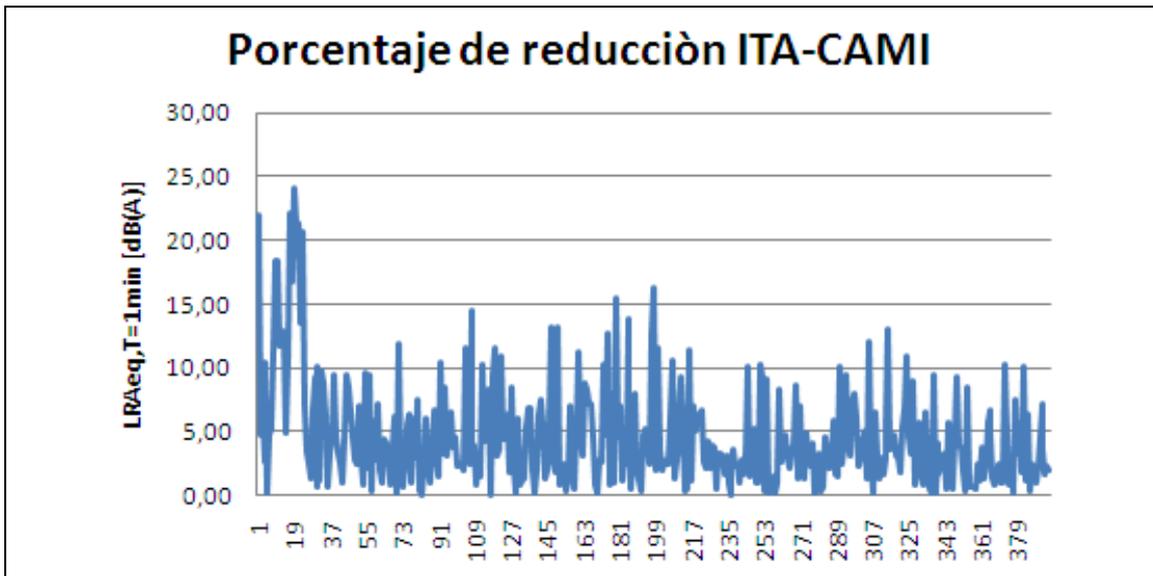
La unidad MOVIL ubicada en la Universidad Pontificia Bolivariana presento 428 datos minútales con reducción de los 660 minutos monitoreados, es decir que un 64 % del tiempo se tuvo tendencia de disminución.



La estación ubicada en plaza mayor presento 364 datos minútales menores de los 660 comparados con el 16 de abril un 55% del tiempo en tendencia a disminución, datos hasta con 15% de reducción.



En el municipio de Itagüí de los 660 minutos monitoreados 395 presentan porcentajes de reducción de hasta un 24%, hay que tener en cuenta que este análisis es comparación minuto a minuto.



ANEXO C. MANTENIMIENTO DE LAS ESTACIONES ABRIL 2011 – ABRIL 2012

ESTACIÓN BARBOSA, BAR-HSVP

PM₁₀ manual. Durante los meses de abril 2011 a abril 2012 se realizaron periódicamente las actividades de mantenimiento general, limpieza de timer y estructura física, semanalmente se revisó el buen funcionamiento del motor y las condiciones de operación del equipo para validación general de los datos. En el mes de abril 2011 se le limpio el cabezote con una aleación de petróleo, y se le quito parte del óxido que tenía el equipo en el cuerpo o kit que sostiene al cabezote. En el mes de Junio 2011 se limpió la plataforma que sostiene el equipo con jabón frotex y cada mes se le hace este tipo de limpieza. En el mes de Diciembre 2011 se pinto la plataforma y se procedió a remover el óxido del equipo, las partes más afectadas fueron pintadas con una pintura anticorrosiva.

Calibración de flujo abril 2011 a abril 2012: 4
Cambio de motor abril 2011 a abril 2012: 0
Cambio de escobillas abril 2011 a abril 2012: 4



Muestreador pasivo BTX. Desde el mes de septiembre del 2011 hasta el mes de mayo 2012, se comenzó y finalizó, con la toma de muestra y contramuestra para la determinación de la concentración de BTX (Benceno, Tolueno y Xileno) en la atmosfera,

mediante la utilización de la técnica de monitoreo pasivo, donde cada 28 días se realiza el cambio de captadores passam con codificación KEM #.

ESTACIÓN BARBOSA PARQUE DE LAS AGUAS, BAR-PDLA.

A principios de Febrero 2012 se instaló la unidad fija o Shelter en las casetas de la parte posterior cerca de la planta de tratamiento de aguas y la subestación del parque, para esta unidad se encontró que existen filtraciones de humedad a través del techo que a futuro puede oxidar las unidades de medición, la empresa SANAMBIENTE, se está haciendo cargo para efectos de la garantía. La unidad no se ha conectado a la energía por falta de la UPS (o banco de baterías necesario para operar), las UPS solo alcanzan a llegar en la semana del 25 de Mayo del 2012.

La estación cuenta con una unidad de medición de Ozono y Meteorología.





Hasta la fecha queda pendiente de que se organicen los detalles que la empresa SANAMBIENTE viene trabajando por efectos de garantía, como lo son la impermeabilización del techo, y la organización de las chapas.





Se sugiere hacer encerramiento con enmallado y concertina, para evitar que los visitantes del parque se suban al techo de la estación y rompan alguno de los sensores. Esta acción se debe tener en cuenta para ser ejecutada en un posterior contrato, por quien opere la red

ESTACIÓN GIRARDOTA, GIR-IECO

A partir del 15 de diciembre 2011, se instaló en la estación un pararrayos para proteger los sensores ubicados en la estación meteorológica de sobrecargas o descargas eléctricas en épocas de tormentas. La instalación cuenta con un DSP (“Digital Signal Processing”) el cual tiene las protecciones que reciben el impacto por choque o descarga.

Durante los meses de noviembre y diciembre 2011, se comenzó con una adecuación del espacio físico del Colegio Colombia, por lo cual se habló con el señor Wilfredo Franco Director de Planeación y Obras Públicas del municipio de Girardota para una adecuación con encerramiento para la estación de calidad de aire, obra que se ejecutó y se entregó a satisfacción a mediados de enero 2012. Actualmente la estación cuenta con todos los aditamentos necesarios para su operación. Queda pendiente anexar un cuerpo de 2.56 m² a la estructura de la plataforma para poder subir los demás equipos

PM₁₀ automático. A principios del mes de abril de 2011 se encontró el equipo con problemas de control de flujo, errores de presión, y fallas en el sistema operativo, por lo que se le hizo cambio al kit bomba, cambio al sensor de flujo con número de parte 80324, y actualización a la configuración del SETUP, con lo cual el equipo respondió bien y quedó operando correctamente. En mayo de 2011 se le hace limpieza general a la plataforma incluyendo el rack del equipo: Se le cambia la cinta o caucho negro que

soporta el cierre del equipo. Se baja la pantalla LCD y se limpia, además se revisan las terminales del datalogger, revisando los voltajes de salida y entrada que este registra en el SETUP. A finales de febrero 2011 se tuvo que reemplazar el controlador de flujo y la bomba de succión, ya que ambos presentaban un desgaste interno que complicaba su reparación e impedían una correcta calibración. Durante los meses de enero, febrero y marzo 2012 el equipo reporto algunas veces falla por energía lo que indica que en la estación, no hubo energía en algunos días. Actualmente el equipo viene trabajando bien a través de calibraciones periódicas de flujo cada mes, semanalmente y de forma periódica se realiza mantenimiento general, limpieza superficial del equipo, de la trampa de partículas, el silenciador de la bomba, la boquilla de muestra, el soporte de la boquilla, el eje de los rodillos, la pantalla anti-insectos del cabezote, y la parte interna del cabezote, se revisa las condiciones de operación del equipo para validación general de los datos. Durante el mes de diciembre se apagó el equipo dos días mientras se pintaba la estructura o plataforma que lo sostiene, también se pinto el rack o cabina de protección y en el mes de enero se le cambiaron las chapas de seguridad.

Calibración de flujo abril 2011 a abril 2012:: 10.
Cambio de cinta abril 2011 a abril 2012:: 5



Estación meteorológica. Quincenalmente se realizó mantenimiento general, limpieza superficial del pluviómetro en la parte interna o trampa contra partículas e insectos. Los datos de humedad relativa, del sensor con referencia 083E, eran dudosos, por esta razón desde el 07 de mayo de 2011 se retiró el sensor para una revisión por parte de Sanambiente, en la ciudad de Cali. Este se puso a operar de nuevo a mediados del 31 de julio 2011, y se dejó operando de nuevo hasta finales de Agosto 2011, ya que se presentaron las mismas inconsistencias de acuerdo con los datos revisados hasta esa

fecha. Se decide entonces instalarlo en la estación ubicada en el Jardín Botánico, donde se evaluarón los datos que este arrojó en esa estación, para descartar cualquier otro factor que este influyendo con estas mediciones. El 24 de junio 2011 se hizo una revisión general del sensor de presión barométrica, y se calibró utilizando un calibrador primario de temperatura y presión (Tetracal). En el mes de julio 2011 se le hizo limpieza a toda la estructura externa de la meteorología, incluyendo anemómetro, veleta y carcasa de sensor de humedad relativa, se limpió el pluviómetro y se verifico la lectura de este último a través de la repetición constante con lecturas de volumen con una probeta Bland Brand eterna de 50 : 1 ml a ± 0.5 ml de precisión. Actualmente la estación opera normalmente. Se presentaron inconsistencias con el sensor de humedad relativa durante el mes de diciembre 2011, y por eso hubo datos inválidos este mes y parte de enero 2012, actualmente este sensor reporta los datos correctamente, y sin ningún inconveniente. En el mes de febrero 2012 se subió el mástil de la meteorología a una nueva columna para quedar acorde a un cuerpo más que se subió la plataforma. A principios de marzo 2012 se retiraron los sensores meteorológicos para ser enviados a Cali a calibración estos aún permanecen en Cali y serán entregados por la empresa proveedora la segunda semana de mayo 2012.



PST manual. Este equipo está a la espera de ser subido a un anexo que se le va hacer a la plataforma donde está el BAM1020. Se realiza periódicamente mantenimiento general, limpieza de timer y estructura física. Semanalmente se revisa buen funcionamiento del motor y las condiciones de operación del equipo para validación general de los datos. El equipo hasta el día de hoy opera correctamente, con algunas caídas de energía, por obras que se realizan en el colegio.

Calibración de flujo abril 2011 a abril 2012: 3
Cambio de motor abril 2011 a abril 2012: 1
Cambio de escobillas abril 2011 a abril 2012: 2

Muestreador pasivo BTX. Se comenzó en el mes de septiembre 2011 y se finalizó en mayo 2012 con la toma de muestra y contramuestra para la determinación de la concentración de BTX (Benceno, Tolueno y Xileno) en la atmósfera, mediante la utilización de la técnica de monitoreo pasivo, donde cada 28 días se realiza el cambio de captadores passam con codificación KEM #.

ESTACIÓN COPACABANA, COP- HSMA

PM₁₀ manual. En el mes de abril 2011 a este equipo se le hizo inicialmente una limpieza con un líquido que es una aleación de petróleo. En el mes de junio 2011 y de forma periódica se limpia la plataforma con agua y jabón Frotex. Periódicamente se realiza mantenimiento general, limpieza de timer y estructura física. Semanalmente se revisa buen funcionamiento del motor y las condiciones de operación del equipo para validación general de los datos. El equipo hasta el día de hoy opera correctamente. En el mes de diciembre 2011 se pintó la plataforma que sostiene el equipo y se retiró el óxido de las partes que estaban más afectadas. A finales del mes de diciembre se pintó toda la estructura que lo soporta y se instaló un extintor dentro de un soporte que se pintó de amarillo.

Calibración de flujo abril 2011 a abril 2012: 4
Cambio de motor abril 2011 a abril 2012: 1
Cambio de escobillas abril 2011 a abril 2012: 3



Muestreador pasivo BTX. Se comenzó en el mes de septiembre 2011 y se finalizó en mayo 2012 con la toma de muestra y contramuestra para la determinación de la concentración de BTX (Benceno, Tolueno y Xileno) en la atmósfera, mediante la

utilización de la técnica de monitoreo pasivo, donde cada 28 días se realiza el cambio de captadores passam con codificación KEM #. Cada 15 días se limpia exteriormente para no intervenir con exposición al sol de este.

ESTACIÓN BELLO, BEL-USBV

A finales de Diciembre 2011 se instaló la unidad móvil en la Universidad San Buenaventura, para la cual se acondiciono un espacio físico consistente en una adecuación de la loza en las cercanías a la cafetería y piscina central de la Universidad, y un espacio que se nos cedió para instalar la acometida eléctrica desde las afueras de la universidad, esta acometida eléctrica sufrió varias modificaciones a través de la legalización que se le ha venido haciendo con EPM, los interventores de la legalización han exigido unos cambios que tienen que ver con los contadores y el calibre del cableado, el Ing Gonzalo Mejia de la empresa Messi Ingenieria, estima entregar todo debidamente legalizado y energizado el sitio para la semana del 14 al 18 de Mayo 2012, ya que solo falta la certificación RETIE debidamente aprobada.



ESTACIÓN BELLO, BEL-SEPM

Este sitio de monitoreo se retiró de la red de calidad del aire, con la nueva reestructuración de la misma, pero a continuación se describe lo sucedido con el equipo que estaba allí.

PM₁₀ automático. Este equipo con serial F9019 estuvo fuera de operación, desde el 31 de enero de 2011, por falta de microprocesador. El equipo y su cabina de protección (rack) se retiraron de las instalaciones de EPM y se trasladaron a la Facultad de Minas de

la UNAL. El BAM 1020 que se había colocado a operar en la estación UNAL, presento una falla en el microprocesador, razón por la cual se retiró del servicio. En agosto del presente año se intentó poner a operar el equipo con otro microprocesador pero el equipo volvió a quemar el mismo, razón por la cual se le traslado la inquietud al proveedor METONE a través de la empresa SANAMBIENTE, con quienes se ha venido ejecutando unos procedimientos de restablecimiento. Estos procedimientos se efectuaron con unos retrasos por la falta del repuesto Microprocesador. Marca Motorola. REF: MC68HC11F1VFN4 del cual se tenía un último insumo, ahora con la adquisición de nuevos repuestos se presentó el mismo inconveniente, y debido a las constantes fallas por microprocesador se le traslado la inquietud de nuevo al proveedor METONE, con el cual se determinaron varios procedimientos que a finales de noviembre se le hicieron. De estas pruebas se determinó que la fuente interna de voltaje presenta oscilaciones que alteran el voltaje pico de 0 a 5 Voltios, por lo cual se solicito en proceso de compra la adquisición de una fuente regulada de voltaje para este equipo, a finales de diciembre se tuvo en stock dicha fuente, pero resulto una falla en el equipo de Itagüí Colegio el Rosario, y se decidió trasladar este repuesto para esta estación, en la actualidad ya se solicito y debería estar llegando este repuesto en el mes de mayo, se espera hacerle las pruebas necesarias para ponerlo a operar en alguna de las nuevas estaciones que ya se adquirieron.



ESTACIÓN JARDIN BOTÁNICO, MED-JABO

Esta estación fue entregada por el AMVA a la Universidad Nacional en la primera semana de mayo del 2011 La conexión eléctrica de la estación estuvo empalmada del sistema eléctrico del Jardín Botánico hasta el 23 de septiembre 2011. Entre el 23 y 26 de septiembre 2011, la Universidad Nacional realizó el cambio para la acometida eléctrica que se solicitó a EPM para esta estación.

PM_{2.5} automático. A este monitor de partículas se le realiza semanalmente mantenimiento general, limpieza superficial del equipo, de la trampa de partículas, el silenciador de la bomba, la boquilla de muestra, el soporte de la boquilla, el eje de los rodillos, la pantalla anti-insectos del cabezote, y la parte interna del cabezote. Se revisan las condiciones de operación del equipo para validación general de los datos. Durante el periodo abril 2011 y abril 2012 opero sin ningún contratiempo.

Calibración de flujo abril 2011 a abril 2012: 10.

Cambio de cinta abril 2011 a abril 2012: 5



Analizador de NO_x. Este monitor no ha presentado problemas de mayor importancia desde que se recibió, el analizador está operando correctamente y sus parámetros están dentro de lo establecido en el manual de operación. Se le ha realizado mantenimiento semanal y se le han cambiado los filtros a la entrada del exhosto de toma de muestra, se le ha revisado y validado los parámetros y las concentraciones reportadas. A veces presenta algunas alarmas de flujo pero estas no son de gravedad en la medición y se solucionan sin ningún inconveniente.

Calibración de cero y span febrero 2012 a abril 2012: 9.



Analizador de O₃. Este monitor no ha presentado problemas de mayor importancia desde que se recibió. El analizador está operando correctamente y sus parámetros están dentro de lo establecido en el manual de operación. Se le ha realizado mantenimiento semanal y se le han cambiado los filtros a la entrada del exhosto de toma de muestra. Se le ha revisado y validado los parámetros y las concentraciones reportadas.

Calibración de cero y spam febrero 2012 a abril 2012: 9.



Estación meteorológica. Aunque los sensores se encuentran funcionando bien, los datos registrados no son representativos más que de unos metros a la redonda de la estación, específicamente los datos de viento. En mayo y junio 2011, los datos de

precipitación generaron dudas debido a los altos valores registrados. Se le informa al personal de Sanambiente sobre esta situación y el 21 de junio 2011 se le cambio la configuración a este sensor, según instrucciones de Sanambiente, y a partir de esta fecha está reportando datos confiables.

En el mes octubre y noviembre 2011 operaron bien todas las variables meteorológicas, excepto la presión barométrica. Este sensor, con serial K14999, estuvo en revisión en Sanambiente Cali, y se instaló de nuevo el 28 de octubre 2011. Los registros horarios desde el 28 de octubre 2011 hasta la fecha actual muestran una disminución paulatina de la presión atmosférica (el mismo problema que presentaba antes de la revisión de Sanambiente Cali), lo que indica un comportamiento anormal de dicho sensor. Actualmente el sensor está operando dentro del rango establecido, con algunas caídas de presión, que son espontaneas. El sensor de humedad relativa se envió a Cali a finales de marzo 2012 y de allí se iba a enviar a estados unidos para ser revisado en MET ONE.

Calibrador dinámico. A finales del mes de febrero 2012 se recibió el calibrador dinámico, por parte de la empresa SANAMBIENTE, se instaló de nuevo en la estación y actualmente opera sin ningún inconveniente, y se han podido efectuar las calibraciones correctamente.

Generador de aire cero. Se recibió a finales del mes de Febrero de 2012, por parte de la empresa SANAMBIENTE, se instaló en el lugar acondicionado por la empresa proveedora y actualmente se vienen realizando las calibraciones exitosamente.

ESTACIÓN VILLAHERMOSA TANQUES ORFELINTO EPM, MED-VHTO.

A principios de febrero 2012 se instaló la unidad fija o Shelter a un costado de la estación meteorológica del IDEAM en los tanques de EPM cerca a la clínica El Rosario, para esta unidad se encontró que había filtración de agua a través del techo en abundante cantidad, para lo cual se habló con la empresa SANAMBIENTE quien impermeabilizo el techo de la estación, queda pendiente la entrega de la legalización de la energía, de la cual ya se recibió la certificación RETIE, y en la semana del 14 al 18 de Mayo 2012 se podría energizar (falta verificación de que esto va ser así por parte de EPM).



También queda pendiente entrega de UPS y la verificación de que la impermeabilización está funcionando.



Analizador de O₃. Este monitor no presenta daños en su parte física exterior, se probó en el Museo de Antioquia por quince (15) días y no reporto ningún inconveniente, se dejó sobre el rack que soporta la estación .

Calibración de cero y spam abril 2011 a abril 2012: 0.



ESTACIÓN MIGUEL DE AGUINAGA, MED-AGUI

PM_{2.5} automático. Este equipo con serial E6387, operó sin mayores dificultades en abril y mayo de 2011. En la semana del 06 al 10 de junio 2011, el equipo se encontró con la

pantalla LCD en fondo negro como si se hubiera quemado el microprocesador interno marca Motorola. Se procedió a cambiarlo pero al reiniciar el equipo este mostro errores en todos los sistemas de entrada correspondientes a las funciones en los menús “TAPE”, “SETUP”, “OPERATE” y “TEST”. Luego de realizarle un “SELFTTEST” se encontró que todo el sistema estaba en modo “FAILED”, y que no respondía a ninguna función u orden a través del teclado. Luego de hacerle varios chequeos en el laboratorio de electrónica de la Universidad Nacional, y debido que no respondió al cambio de tarjeta Motherboard, se decidió enviarlo al proveedor en Cali, el 24 de agosto del 2011, con previa autorización del AMVA. En el mes de octubre se recibió de nuevo este monitor se le realizaron varias pruebas, encontrando resultados satisfactorios. Hasta la fecha opera correctamente. A finales de diciembre 2011 se pintó el rack o cabina de protección del equipo, se instaló un extintor y se le cambió la chapa al rack, por una de seguridad.

Calibración de flujo abril 2011 a abril 2012:: 10
Cambio de cinta abril 2011 a abril 2012:: 4.



PM₁₀ manual. Se encuentra en buen estado físico. Periódicamente se realiza mantenimiento general, limpieza de timer y estructura física. Semanalmente se revisa buen funcionamiento del motor y las condiciones de operación del equipo para validación general de los datos. Durante el periodo abril 2011 y abril 2012 no hubo inconvenientes en su operación

Verificación de flujo abril 2011 a abril 2012:: 3
Cambio de motor abril 2011 a abril 2012:: 1.
Cambio de escobillas abril 2011 a abril 2012:: 2.



Muestreador pasivo BTX. Se comenzó en el mes de septiembre 2011 y se finalizó en mayo de 2012 con la toma de muestra y contramuestra para la determinación de la concentración de BTX (Benceno, Tolueno y Xileno) en la atmósfera, mediante la utilización de la técnica de monitoreo pasivo, donde cada 28 días se realiza el cambio de captadores passam.

ESTACIÓN MUSEO DE ANTIOQUIA, MED-MDA

Esta estación comenzó a operar en los parqueaderos del Museo de Antioquia en Febrero de 2011, donde se cedió una celda al AMVA, a través de un comodato de espacio público. Actualmente se está en el proceso de legalización de la energía, donde EPM a través de la solicitud de punto de conexión pidió que se hiciera un trabajo de intervención subterránea, invalidando el que se había propuesto de forma aérea. En la actualidad contamos con una autorización del museo para que el equipo opere con energía proveniente de las instalaciones del parqueadero.



Analizador de NO_x. Este monitor esta en excelente estado, no ha presentado problemas de mayor importancia desde que se recibió, el analizador está operando correctamente y sus parámetros están dentro de lo establecido en el manual de operación. Se le ha realizado mantenimiento semanal y se le han cambiado los filtros a la entrada del exhosto de toma de muestra, se ha venido calibrado semanal para validar los parámetros y las concentraciones reportadas.

Calibración de cero y span abril 2011 a abril 2012: 3



Estación meteorológica. Se encuentra funcionando bien. Se deja reportando datos en buenas condiciones físicas, con todos sus respectivos sensores meteorológicos.

Calibrador dinámico. . Se recibió en perfecto estado, actualmente opera dentro de los parámetros establecidos por el manual de operación sin ningún tipo de inconveniente.



Generador de aire cero. Este equipo se entregó al AMVA a mediados de febrero por parte de la empresa SANAMBIENTE, y desde que se instaló en el lugar acondicionado por la empresa proveedora nunca ha presentado ningún inconveniente, actualmente se vienen realizando las calibraciones exitosamente.



PARQUE SAN ANTONIO, MED-EXSA

PM₁₀ automático. A este monitor de partículas se le realiza semanalmente mantenimiento general, limpieza superficial del equipo, de la trampa de partículas, el silenciador de la bomba, la boquilla de muestra, el soporte de la boquilla, el eje de los rodillos, la pantalla anti-insectos del cabezote, y la parte interna del cabezote. Se revisan las condiciones de operación del equipo para validación general de los datos. Actualmente viene operando sin ningún contratiempo. En los meses de agosto, noviembre 2011 y enero 2012 se bajó toda la boquilla del monitor para limpiarla y quitarle las impurezas que no le permiten a la boquilla bajar de una forma correcta para efectuar la succión a través de la cinta filtro. Este procedimiento se determinó hacerlo con cierta frecuencia para evitar que el monitor atasque la cinta o saque error de flujo, se pintó el rack o cabina de protección, se le cambio la chapa y se le instalo un extintor en la parte exterior.

Calibración de flujo abril 2011 a abril 2012:: 10.

Cambio de cinta abril 2011 a abril 2012:: 5.



Muestreador pasivo BTX. Se comenzó en el mes de septiembre de 2011 y se finalizó en mayo 2012 con la toma de muestra y contramuestra para la determinación de la concentración de BTX (Benceno, Tolueno y Xileno) en la atmósfera, mediante la utilización de la técnica de monitoreo pasivo, donde cada 28 días se realiza el cambio de captadores passam.



ESTACIÓN UNAL, MED-UNFM

AEROQUAL AQM60: a finales de febrero se instaló en el bloque M8 frente a la avenida 80 el medidor que contiene los siguientes parámetros de medición que incluye Ozono (O₃), Monóxido de Carbono (CO), y material particulado (PM₁₀ y PM_{2.5}), el equipo ha

presentado algunos datos inválidos en la medición de CO y Ozono, ya que presentan datos minutales negativos, pero el resto de variables han sido medidas exitosamente.

Calibración de cero y spam marzo a abril 2012: 2.



Calibrador dinámico. Se encuentra en buen estado en la oficina del bloque M3-222 laboratorio CALAIRE, hasta el momento se ha calibrado el Aeroqual y con este equipo se piensa realizar las calibraciones de los SHELTERS adquiridos por el AMVA

Generador de aire cero. Se encuentra en perfecto estado acoplado al rack o unidad que contiene dos cilindros para calibración hace parte del sistema dinámico de calibración con el que se va efectuar la calibración de los SHELTERS.

Analizador de CO. Este equipo operó en tiempo atrás en Miguel de Aguinaga. Los trabajos de remodelación del edificio no habían permitido ponerlo en operación en el 2011. Por esta razón, en junio 2011 se retiró de Miguel de Aguinaga y se trasladó a la Facultad de Minas de la Universidad Nacional. Se revisaron las mangueras y el embudo trampa de agua manifold. Se calibró y se colocó a operar, para evitar daños en el equipo. En el mes de diciembre 2011 se le cambio un repuesto que consistía en varios circuitos integrados con los cuales se había reparado el monitor de Ditaires, según el rediseño de la Red de Calidad del Aire pasaría a estar en uno de los SHELTERS, se espera ubicarlo en un ambiente controlado para seguridad del equipo.

Calibración de cero y spam abril 2011 a abril 2012:: 1



PM₁₀ automático. Este equipo, con serial F9015, reinició operaciones el 28 de octubre 2011, después de una revisión detallada por parte de Sanambiente Cali. El equipo operó bien hasta el 10 de noviembre 2011, fecha en la cual empezó a reventar la cinta muestreadora. Cuando se realizó el traslado de la estación al parqueadero del Bloque M2, a mediados de noviembre, se le realizó un chequeo de los parámetros del equipo, en el cual se pudo establecer que presenta un error con el conteo en el menú TEST / CALIBRATE. Al oprimir el botón START los conteos "lo" e "l", no se ejecutan y aparecen en la ventana como CERO en ambos ítems. No se ejecuta el conteo de calibración de membrana, por lo cual no se está dando el bombardeo con rayos Beta, por lo que el equipo no está calculando la concentración, a pesar de que realiza el muestreo horario, la concentración la reporta como cero. Después de chequear varios parámetros se estableció que presenta una falla el dispositivo que genera el conteo por desviación de rayos beta y que este dispositivo no es reparable, por lo cual los funcionarios de la empresa proveedora harán una reposición del equipo.

Calibración de flujo abril 2011 a abril 2012: 3.

Cambio de cinta abril 2011 a abril 2012:: 1.



PM₁₀ manual. A partir del mes de Octubre 2011 se inició con muestreos diarios, excepto los domingos, utilizando dos equipos PM₁₀ manuales, seriales 14268 y 14262, a los cuales se les realiza periódicamente mantenimiento general, limpieza de la estructura física. Semanalmente se revisa buen funcionamiento del motor y las condiciones de operación de los equipos para validación general de los datos. Los equipos hasta el día de hoy operan correctamente.

Calibración de flujo Hi-vol serial 14262 abril 2011 a abril 2012: 4

Cambio de motor Hi-vol serial 14262 abril 2011 a abril 2012: 1

Cambio de escobillas Hi-vol serial 14262 abril 2011 a abril 2012: 3

Calibración de flujo Hi-vol serial 14268 abril 2011 a abril 2012: 3

Cambio de motor Hi-vol serial 14268 abril 2011 a abril 2012: 1

Cambio de escobillas Hi-vol serial 14268 abril 2011 a abril 2012:2



Recolector de lluvia ácida y SST en seco. Durante el mes de diciembre 2011 se le reemplazaron en su mayoría todos los repuestos, y se le realizaron pruebas al equipo. Se tuvo que trasladar de lugar debido a las obras de ampliación de la carrera 80 y a las obras de adecuación en la Universidad Nacional, se subió a la terraza del bloque M3, donde en el mes de marzo 2012 se empezó a operar, durante este periodo los datos del equipo no se registraron con el laboratorio debido a que el sensor que inicia el desplazamiento cuando hay lluvia se bloquea, con la constante lluvia, por lo que se ha encontrado situaciones donde hay un registro de evento de lluvia, pero no se almacena esta como es debido, lo que nos ha obligado a trabajar de nuevo con la programación mecánica del recolector. Aun no se cuenta con información válida de este equipo.



Muestreador pasivo BTX. Se comenzó en el mes de septiembre de 2011 y se finalizó en mayo de 2012 con la toma de muestra y contramuestra para la determinación de la concentración de BTX (Benceno, Tolueno y Xileno) en la atmósfera, mediante la

utilización de la técnica de monitoreo pasivo, donde cada 28 días se realiza el cambio de captadores passam.



ESTACIÓN CORANTIOQUIA, MED-CORA

PM₁₀ manual. En el mes de abril de 2011 se presentaron falla de varios de los integrados del timer electrónico original del equipo. Para no perder mediciones, se colocó un timer mecánico. El PM₁₀ se encuentra en buen estado físico. Periódicamente se realiza mantenimiento general, limpieza de cabezote y estructura física. Semanalmente se revisa buen funcionamiento del motor y las condiciones de operación del equipo para validación general de los datos. El equipo hasta el día de hoy opera correctamente, sin ningún inconveniente. Con el rediseño de la red sería necesario hacer entrega del Hi-Vol perteneciente a CORANTIOQUIA, y a cargo de la Ing. Patricia Ossa, e instalar alguno de los Hi-Vol pertenecientes al Area Metropolitana como es el caso del que se encuentra en Miguel Aguinaga que será retirado bajo la nueva reubicación.

Verificación de flujo abril 2011 a abril 2012: 3

Cambio de motor abril 2011 a abril 2012: 1.

Cambio de escobillas abril 2011 a abril 2012: 2.



Muestreador pasivo BTX. Se comenzó en el mes de septiembre de 2011 y se finalizó en mayo de 2012 con la toma de muestra y contramuestra para la determinación de la concentración de BTX (Benceno, Tolueno y Xileno) en la atmósfera, mediante la utilización de la técnica de monitoreo pasivo, donde cada 28 días se realiza el cambio de captadores passam.



ESTACIÓN POLITÉCNICO, MED-PJIC



Se instaló un shelter nuevo en esta estación en el mes de enero de 2012 pero no se encuentra operando, el sistema de comunicación no transmite los datos al sistema central debido a problemas en la línea telefónica que se están solucionando con personal interno de la universidad.

PM₁ automático. Este equipo presento problemas de comunicación y de la tarjeta electrónica. Se envió a las instalaciones de Sanambiente en Cali en la primera semana de junio. El 30 de septiembre, según comunicaciones con el Ingeniero Tiberio Benavides el equipo ya se había arreglado, le estaban realizando pruebas en el laboratorio de Sanambiente en la ciudad de Cali. El 6 de octubre se instala nuevamente en la estación MED-POLI donde se descargaron datos y se verifico el funcionamiento del equipo, revisando muy bien las fallas que había presentado meses atrás. Actualmente opera correctamente. Los datos se extraen del analizador utilizando un computador portátil que se conecta directamente al equipo, debido que en el datalogger no llegan los datos correctamente, este problema se le informo a la empresa Sanambiente para que lo solucionara ya que el Datalogger y la configuración se encuentra en garantía.

Cambio de cinta abril 2011 a abril 2012: 3

Estación meteorológica. Se encuentra operando desde el mes de marzo. La empresa Sanambiente instaló los sensores que se encontraban malos y arreglaron el Dataloger. El sensor de radiación solar reporta datos negativos y el sensor de lluvia reporta datos muy grandes que no son normales. Estos problemas se le informaron a la empresa Sanambiente.

PM₁₀ automático. El equipo se encuentra operando correctamente. Se realiza limpieza al cabezote, al sistema de la boquilla, a todo el sistema neumático y se revisó todo el sistema eléctrico. El equipo ha presentado bajas en el flujo y se ha solucionado con limpieza de la boquilla, al sistema neumático y calibraciones de flujo, también se le cambió la bomba de succión debido a que se encontraba muy desgastada y influía en las caídas de flujo. Se pintó la parte externa del rack y se cambió la chapa por una más segura para evitar posibles actos vandálicos. Los datos se extraen del analizador utilizando un computador portátil que se conecta directamente al equipo debido a que el sistema de adquisición de datos (Dataloger) se encontraba fuera de operación. En el mes de marzo de 2012 Sanambiente reparó el Dataloger pero los datos del PM₁₀ no se podían ver en el Dataloger, aparecía RS232. Este inconveniente se le comunicó al ingeniero Tiberio de Sanambiente y han revisado el por qué del problema pero no han encontrado la solución. Se le han mandado varios correos a Sanambiente informándoles del problema de comunicación pero hasta ahora no han dado una solución definitiva.

Verificación de flujo abril 2011 a abril 2012: 12

Cambio de cinta abril 2011 a abril 2012: 6

PM_{2.5} semiautomático. El equipo durante este periodo operó bien, presentó algunos problemas de flujo, solucionándolos con verificaciones periódicas. También presentó en ocasiones bloqueos del teclado inhabilitando así los muestreos. Mensualmente se le realizaron pruebas de fugas a los cassetes y filtros pasándolos satisfactoriamente. En el mes de diciembre el sistema neumático presentó problemas y hacía que pasaran los filtros sin muestrear, por tal motivo se perdieron algunos datos pero ya se solucionó el inconveniente. Se encuentra operando bien.

Prueba de fugas abril 2011 a abril 2012: 12

Verificación de flujo abril 2011 a abril 2012: 12.

PM₁₀ manual. El equipo opera correctamente. Semanalmente se le realiza mantenimiento general al cabezote y rack en general. Mensualmente se revisa el estado del timer y del manómetro. Se ha realizado cambio de motor y escobillas.

Calibración de flujo abril 2011 a abril 2012: 4

Cambio de motor abril 2011 a abril 2012: 2

Cambio de escobillas abril 2011 a abril 2012: 2

Shelter automatico.

Se instala esta estación con un analizador de NO_x, tiene problemas de filtraciones de agua y de hongos en las puertas. Se encuentra apagada.

Muestreador Pasivo BTX. Desde el mes de septiembre de 2011 se comenzó con la toma de muestra y contramuestra para la determinación de la concentración de BTX (Benceno, Tolueno y Xileno) en la atmosfera, mediante la utilización de la técnica de monitoreo pasivo, donde cada 28 días se realiza el cambio de captadores passam. Actual mente se continua con los muestreos.

ESTACION MEDELLIN UNIVERSIDAD DE MEDELLIN, MED-UDEM



Esta estación se instala en el mes de febrero, tiene problemas de hongos alrededor la puerta, se encuentra apagada

ESTACIÓN ITAGUI PLANTA DE TRATAMIENTO EPM, ITA-PTAR

Cerca de esta estación se han estado construyendo grandes obras civiles como el edificio nuevo en la plaza de mercado la Mayorista y pueden influir al aumento de las concentraciones.



Analizador de O₃. Viene trabajando correctamente. En el mes de abril de 2011 presento algunos datos negativos y estaba reportando los datos en un formato diferente. Se le realizó calibraciones de flujo y mejoró su funcionamiento. Se le ha realizado mantenimiento a la bomba, a la entrada de muestra y verificación de los parámetros. También se cambió la sílica gel y el carbón activado, esto con el fin de mejorar el sistema de calibración del equipo.

Desde el mes de junio de 2011 no se había podido descargar datos por problemas de comunicación entre el software y el PC portátil usado para recuperar la información del equipo. En vista que el distribuidor de estos equipos y la empresa que presta el soporte técnico en Colombia no nos dio solución al problema, escribimos a la casa matriz describiendo el problema que tenemos y a finales de diciembre nos respondieron dándonos una posible solución que no funciono, en el mes de enero nos enviaron un software diferente al que teníamos y funciono la descarga.

El equipo presento en el mes de febrero y marzo de 2012 alarmas de flujo y de AGC intensity pero se solucionaron.

Calibración de zero-Span abril 2011 a abril 2012: 12

PM₁₀ manual: El equipo opera correctamente. Semanalmente se le realiza mantenimiento general al cabezote y rack en general. Mensualmente se revisa el estado del timer y del manómetro. Se ha realizado cambio de motor y escobillas.

Calibraciones de flujo abril 2011 a abril 2012: 3

Cambio de motor abril 2011 a abril 2012: 2

Cambio de escobillas abril 2011 a abril 2012: 1

Muestreador Pasivo BTX. Desde el mes de septiembre de 2011 se comenzó con la toma de muestra y contramuestra para la determinación de la concentración de BTX (Benceno, Tolueno y Xileno) en la atmosfera, mediante la utilización de la técnica de monitoreo pasivo, donde cada 28 días se realiza el cambio de captadores passam. Actualmente se continua con los muestreos.

ESTACION ITAGUI CASA DE JUSTICIA, ITA-CJUS



Esta estación se instala en el mes de marzo y se deja operando, el aire acondicionado no tiene auto star y esto implica que la estación cuando se apaga por un bajón eléctrico y vuelve y se prende los equipos pueden sufrir daños por las temperaturas. Se ha escrito sobre ese problema a la empresa Sanambiente

ESTACION ITAGUI COLEGIO EL ROSARIO, ITA-CRSV

En esta estación se realizaron labores de mantenimiento a la escalera de acceso y los rack de los PM10 manual y automático.



PST manual: El equipo viene trabajando correctamente. Presento problemas con el controlador de flujo y fue reparado. También se cambió motor por desgaste. Se le realizó limpieza general a toda la parte externa del equipo, mantenimiento al cabezote o a la entrada de muestra, al timer y manómetro.

Calibración de flujo abril 2011 a abril 2012: 4
Cambio de motor abril 2011 a abril 2012: 2
Cambio de escobillas abril 2011 a abril 2012: 3

PM₁₀ automático. El equipo se encontraba fuera de servicio desde el 13 de noviembre. En los meses de julio el equipo presentó problemas en la duplicación de datos y de transporte de cinta. Esto se debió a problemas de los sensores y se pudo corregir. En el mes de noviembre el equipo empezó a apagarse, se revisó todo el sistema eléctrico y no se encontró ningún problema. Se cambió la batería externa y el microcontrolador, se solucionó el problema pero solo operaba bien 24 horas, como máximo. Se revisó la fuente de poder y se encontró que descendía el voltaje a través del tiempo, se ajustó varias veces el voltaje y seguía presentando el mismo inconveniente. Se cambió la fuente de poder por una nueva y el equipo no trabajaba. Se consultó el problema al ingeniero Tiberio Benavides y sugirió verificar la Mother Board instalando una nueva o de otro equipo. Cuando se realizó este procedimiento se evidenció que la fuente de poder nueva funcionaba perfecta y que el problema radicaba en la Mother board. Esta Mother board se reemplazó por una nueva en el mes de marzo de 2012 y el equipo viene operando bien,

también se reemplazo la bomba de succión debido a que se venía presentando algunas caídas de flujo constantes.

Verificación de flujo abril 2011 a abril 2012: 9.
Cambio de cinta abril 2011 a abril 2012: 5

Muestreador Pasivo BTX Desde el mes de septiembre de 2011 se comenzó con la toma de muestra y contramuestra para la determinación de la concentración de BTX (Benceno, Tolueno y Xileno) en la atmosfera, mediante la utilización de la técnica de monitoreo pasivo, donde cada 28 días se realiza el cambio de captadores passam.

ESTACIÓN ITAGUI DITAIRES, ITA-DITA

A comienzos del mes de mayo se presentaron problemas de comunicación de los datos hacia el sistema central del AMVA. Por esta razón se colocó un modem diferente, y así se reestablece la comunicación de los datos con el AMVA, pero solo duro pocos días. Desde el mes de noviembre se instaló un nuevo modem junto con un filtro para evitar sobre picos y daños en el modem y así se reestablece la comunicación de los datos de esta estación con el sistema central del AMVA. En el mes de diciembre se cambió la imagen institucional de la estación por una nueva.

Se perdieron algunos datos en el mes de marzo de 2012 debido a problemas de temperatura dentro de la estación ya que el aire acondicionado no operaba bien, el compresor se encontraba aterrizado y esto hacia que se disparara los brakes constantemente. Se reemplazó este aire acondicionado por uno nuevo

El 3 de mayo se traslada la estación del parque Ditaires a la institución educativa el Concejo que queda a poca distancia del parque Ditaires.



Calibrador dinámico de gases. En el mes de febrero de 2012 se trasladó este calibrador de la estación móvil de Jardín Botánico a la estación Ditaires. Se le cambio la lámpara UV por desgaste en dos ocasiones, esto debido posiblemente por el transporte entre una estación y otra. Se encuentra funcionando bien.

Generador de aire cero. En el mes de febrero se trasladó este calibrador de la estación móvil de Jardín Botánico a la estación Ditaires, estamos a la espera de repuestos que fueron pedidos pero han tenido mucho inconveniente para ser entregados ya que llegaron unas válvulas pero no eran la referencia que se necesitaba.

Estación meteorológica. En abril de 2011 se encontraron errores en algunos datos meteorológicos. Junto con el ingeniero Tiberio Benavides de Sanambiente, se detectó que el módulo análogo digital 4017 se encontraba malo y este era el motivo de los errores en los datos. Se cambió este módulo por el módulo 8017 que se encontraba en la estación MED-PJIC y se solucionó el problema. En el mes de febrero de 2012 se envía todos los sensores de esta estación a las instalaciones de Sanambiente para ser calibrados y se volvieron a instalar en el mes de abril de 2012.

Analizador O₃. Se encuentra operando correctamente. Se está revisando frecuentemente los parámetros de operación para poder validar los datos puesto que no se ha podido calibrar el cero y el span. Se cambia semanal el filtro de partículas para evitar daños en las partes internas del equipo.

Calibración de cero y span abril 2011 a abril 2012: 1

Analizador de CO. Este analizador comenzó presentando alarmas de AGC intensity se solucionó limpiando y ajustando el sistema de espejos. Presento un corto circuito interno dañando dos módulos electrónicos que fueron imposibles conseguirlos en el mercado, estos instrumentos electrónicos fueron cotizados y mandados a importar por una empresa especializada. En el mes de noviembre se instalaron estos repuestos y el equipo está funcionando correctamente. Se ha revisado los parámetros de operación y se encuentran dentro de los valores normales.

Aire acondicionado: A comienzos de abril presento problemas y no refrigeraba correctamente. Se le realizó mantenimiento correctivo con personal de la empresa Airvent. En el mes de febrero la tarjeta electrónica y el compresor dejaron de operar correctamente y el aire acondicionado se apagaba frecuentemente se decidió cambiarlo por uno nuevo.

PM₁₀ automático. Este equipo presento problemas a comienzos de abril, debido a cambio de la cinta. En el mes de junio se averió el microcontrolador, se cambió por uno nuevo, por este cambio desconfiguró los parámetros del analizador pero reportaba bien los datos en modo status, se configura los parámetros. En el mes de noviembre se vuelve a presentar el problema del microcontrolador, no funcionaba. Se reemplaza pero además se verifica que la fuente de poder si este entregando el voltaje suficiente para no dañar los microcontroladores. Con este reemplazo se resuelve el problema. Actualmente se encuentra funcionando correctamente.

Calibración de flujo abril 2011 a abril 2012: 11

Cambio de cinta abril 2011 a abril 2012: 5

PM_{2,5} automático. El equipo opera correctamente. Se le realiza mantenimiento general y se limpia cabezote y sistema de boquilla. Se verifican los parámetros y se encuentran dentro de los rangos normales. No ha presentado problemas de microcontroladores ni caídas de flujo. En el mes de abril se perdieron algunos datos debido a que no se guardaron en la memoria. Este equipo no está enviando datos al Logger debido a problemas con el cable que conecta el analizador al Datalogger. Ya el cable y los conectores se compraron para ser reemplazado e instalarlo.

Calibración de flujo abril 2011 a abril 2012: 11.

Cambio de cinta abril 2011 a abril 2012: 6

ESTACIÓN ESTRELLA, EST-CAM

A esta estación se le aumentaron dos niveles más a la plataforma, quedando así a 6 metros, medidos desde el nivel del piso. Además se le realizó mantenimiento (pintura) a toda la estructura.



PM₁₀ manual. El equipo funciona correctamente. Se le ha realizado mantenimiento general al cabezote, rack, motor y timer. En el mes de diciembre se perdieron algunos datos debido a que se tuvo que desconectar el equipo para realizar las obras de aumento de plataforma.

Calibración flujo abril 2011 a abril 2012: 4

Cambio de motor abril 2011 a abril 2012: 0

Cambio de escobillas abril 2011 a abril 2012: 3

Muestreador Pasivo BTX. Desde el mes de septiembre de 2011 se comenzó con la toma de muestra y contramuestra para la determinación de la concentración de BTX (Benceno, Tolueno y Xileno) en la atmosfera, mediante la utilización de la técnica de

monitoreo pasivo, donde cada 28 días se realiza el cambio de captadores passam. Actualmente se continúa con el muestreo

ESTACION CALDAS UNIVERSIDAD LA SALLE, CAL-LASA



Esta estación se encuentra apagada, se encontró muchos problemas en la parte física dentro de la estación como equipos rallados y tallados, también la estación presenta graves problemas de filtraciones de agua tanto por la puerta como por las paredes.

ESTACIÓN CALDAS COPERPLAZA, CAL-PMER

Se realizaron obras de mantenimiento a las plataformas y al rack de PM₁₀ que se encontraba muy deteriorado.



PM₁₀ manual. . El equipo funciona bien. Se le ha realizado mantenimiento general al cabezote, rack, motor y timer. Se perdieron algunos datos debido a que se cambio el motor por desgaste. Se realizan calibraciones de flujo cada vez que se cambia el motor o la escobillas.

Calibración de flujo abril 2011a abril 2012: 5

Cambio de motor 2011a abril 2012: 2

Cambio de escobillas 2011a abril 2012: 2

PM₁₀ automático. Este equipo desde comienzo de abril a presentado problemas de cinta, la revienta constantemente. Este problema se solucionó y dejo de perderse datos por la cinta. Posteriormente empezó a presentar problemas de duplicación de datos pero por problemas de transporte de la cinta. En el mes de diciembre volvió a ocurrir el mismo problema pero se solucionó rápidamente. En el mes de abril reventó cinta en algunas ocasiones y se perdieron algunos datos por este motivo. Actualmente este equipo viene operando bien.

Calibración de flujo 2011a abril 2012: 8

Cambio de cinta 2011a abril 2012: 4

Muestreador Pasivo BTX. Desde el mes de septiembre de 2011 se comenzó con la toma de muestra y contramuestra para la determinación de la concentración de BTX (Benceno, Tolueno y Xileno) en la atmosfera, mediante la utilización de la técnica de monitoreo pasivo, donde cada 28 días se realiza el cambio de captadores passam. Actualmente se continúa con el muestreo.

ESTACIÓN SABANETA, SAB-CAM

En esta estación se realizaron trabajo de mantenimiento a las plataformas y rack en general.



PM₁₀ manual. Se le cambia motor en el mes de mayo debido a desgaste propio por funcionamiento. Se le realiza mantenimiento general semanalmente al timer, nanómetros y controlador, además que se ha limpiado semanalmente el cabezote y rack exterior.

Calibración de flujo abril 2011 a abril 2012: 4

Cambio de motor 2011 a abril 2012: 2

Cambio de escobillas 2011 a abril 2012: 2

Estación meteorológica. La estación ha trabajado correctamente. Se le ha realizado calibración al sensor de lluvia y se encuentra midiendo muy bien. También se le realizó prueba al sensor de radiación solar observando que baja la radiación pero no a cero totalmente, este sensor genera dudas en sus datos debido a que son muchos más bajos que todos los datos de los demás sensores de radiación que tenemos instalados en el valle de Aburrá. El sensor de dirección está marcando bien el norte. El 10 de junio se le cambia la configuración por la configuración inicial para tratar de verificar el funcionamiento del sensor de radiación solar. En el mes de febrero se desinstala el sensor de radiación solar para que los ingenieros de la empresa Alse lo revisaran, el concepto técnico de ellos era que el sensor estaba malo y que había que reemplazarlo. Este sensor ya se pidió al proveedor y está en proceso de compra. Los datos de esta estación se extraen del datalogger utilizando un computador portátil que se conecta directamente a dicho datalogger.

Muestreador Pasivo BTX. Desde el mes de septiembre de 2011 se comenzó con la toma de muestra y contramuestra para la determinación de la concentración de BTX (Benceno, Tolueno y Xileno) en la atmosfera, mediante la utilización de la técnica de monitoreo pasivo, donde cada 28 días se realiza el cambio de captadores passam. actualmente se continua con el muestreo.

ESTACIÓN MÓVIL AMVA, BARRIO LOS COLORES, BELEN LAS MERCEDES Y UPB



Los problemas de comunicación se han solucionado y se encuentra enviando correctamente los datos al sistema central del AMVA. La estación operó hasta el 25 de

agosto en el barrio Los Colores de Medellín y se traslada desde el 25 de agosto para la Unidad Residencial Villas de Alicante, en el barrio Belén Las Mercedes, allí opero hasta el 11 de abril y se traslada a la universidad UPB. En el mes de diciembre se le cambia la imagen institucional a la estación.

Aire acondicionado: A comienzos de abril de 2011 se le hizo mantenimiento correctivo, con personal de la empresa Airvent. Funcionó correctamente hasta el 25 de junio. A partir de esta fecha presentó problemas, ya que no refrigeraba correctamente. Se realizaron varios mantenimientos pero no se resolvió el problema. Por esta razón, fue necesario apagar los analizadores de la estación entre el 25 de junio y el 22 de julio, excepto la meteorología, para evitar daños en los analizadores por calentamiento. Se realizó cambio de motor al aire acondicionado pero ya no controlaba la temperatura, o enfriaba mucho o calentaba mucho. Por esta razón, el 12 de septiembre se cambia por un aire acondicionado nuevo y ya los analizadores no reportan alarmas de temperaturas.

Estación meteorológica. Presento problemas con el sensor de lluvia debido a que no registra precipitaciones, se le realizó mantenimiento a la parte mecánica dejándola funcionando bien pero el sensor reportaba pocos datos de precipitación. Se le han realizado pruebas manualmente y en el logger no reporta lo que debería de reportar. El 15 de noviembre se realizaron prueba a este sensor con personal de Sanambiente y se concluyó que el problema derivaba del software y que había que cambiarlo o cambiar el modulo contador de pulsos 8080. Este módulo se compró y estamos a la espera de que llegue a la oficina para ser instalado También se tuvo problemas con el sensor de velocidad del viento que reporta datos muy bajos, se cambió también la configuración y mejoro el reporte de las mediciones.

Analizador de NO_x. Ha presentado problemas de flujo de entrada de Ozono, se solucionó este problema con el ingeniero Tiberio Benavides de Sanambiente pero siguió midiendo concentraciones muy bajas. Se desarmo toda la parte neumática del equipo para detectar fugas y daños en los racores pero siguió el problema. Se realizaron test internos al analizador, sugeridos por el Ingeniero Tiberio Benavides, y pasaron satisfactoriamente. Se realizan nuevos procedimiento y se logra dejar operando correctamente. Presento muchas alarmas de temperaturas pero se solucionaron cuando se compró un aire acondicionado nuevo. En el mes de noviembre empezó a reportar una misma concentración, evidenciando algún tipo de problema interno del analizador, se desarmo la cámara de medición, se cambia el lente óptico y se solucionó el problema. En el mes de febrero el equipo no respondía a la entrada de flujos del calibrador y reportaba siempre la misma concentración, se realizaron pruebas sugeridas por el ingeniero Tiberio de Sanambiente pero no dieron resultados. Se saca de operación a la espera de un repuesto el cual es el que causa el problema de flujo del equipo, este repuesto se pidió desde comienzos de marzo.

Calibración de flujos abril 2011 a abril 2012. 3

Analizador de CO. Se encuentra operando correctamente. Se han perdidos algunos datos debido a alarmas de temperatura en el equipo por problemas presentados con el aire acondicionado. También ha presentado alarmas de flujo pero se le ha realizado

limpieza y mantenimiento a la válvula externa. Se le ha realizado mantenimiento general semanalmente y calibraciones mensuales. En el mes de diciembre se cayó constantemente el flujo y la presión del equipo por motivos de mal funcionamiento de la válvula de calibración, se desarma esta válvula y se deja operando correctamente esta válvula. En el mes de enero el equipo empezó a reportar concentraciones muy altas pero en el momento no se contaba con gases de calibración debido a que estaban en proceso de llenado y certificación, además tenía algunos parámetros fuera de los valores normales. A finales de febrero se deja operando bien el equipo respondiendo bien a las calibraciones.

Calibración de zero y span abril 2011 a abril 2012. 6

Analizador de O₃. Periódicamente se le realiza mantenimiento y verificación de datos. En el mes de abril presento problemas de flujo, reportando alarmas, se reemplazó la bomba y se dejó operando correctamente. A partir del 24 de septiembre presento alarmas referentes a la lámpara UV, para solucionar este problema se cambia la lámpara por una nueva debido a que ya no se dejaba ajustar. Se le reemplaza kit bomba y scruber con el fin de evitar daños en algunas partes internas del equipo. Actualmente se encuentra operando correctamente.

Calibración de zero y span abril 2011 a abril 2012. 7

Analizador de SO₂. Este equipo viene con problemas desde finales del mes de agosto de 2011, y por esta razón se han perdido demasiados datos. Se le ha realizado mantenimiento y verificación semanalmente. Se revisó con el Ingeniero Tiberio Benavides de la empresa Sanambiente y se llegó a la conclusión de que se tenía que cambiar el calentador y el lente óptico. Estos repuestos ya se pidieron a la empresa proveedora pero se demoran demasiado tiempo en traerlos debido al proceso de importación.

Calibración de zero y span 2011 a abril 2012. 3

Analizador de Hidrocarburo. Se revisa con el ingeniero Tiberio Benavides y se elimina alarmas reportadas y se inicia flama. Se realiza calibración pero no reporta datos. En el mes de julio de 2011 ¿?la bomba de flujo presenta daños y no se puede reparar. El equipo se saca de operación.

PM_{2.5} automático. Reporto alarma de flujo en el mes de abril, se le cambio bomba y se solucionó el problema. El 17 de mayo se cambia impactador y se empieza a medir PM_{2.5}. El equipo funcionó correctamente hasta el 25 de junio, fecha en que fue necesario apagarlo por el problemas de temperatura del aire acondicionado. Desde que se resolvió el problema del aire acondicionado de la estación, 12 de septiembre. En el mes de abril presento algunas alarmas de flujo, se corrigen con la calibración del mismo.

Calibración de flujo 2011 a abril 2012: 12

Cambio de cinta 2011 a abril 2012: 5

ANEXO D. ESCALAS DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS

Tabla D1. Escala de precipitación

Denominación	Precipitación Diaria (mm)	Precipitación Mensual (mm)
Escasa	0-5	0-20
Ligera	6-10	21-40
Moderada	11-20	41-80
Fuerte	21-50	81-200
Muy Fuerte	51-70	201-280
Intensa	>70	>281

Tabla D2. Escala de velocidad del viento – Beaufort

Denominación	Velocidad del viento (m/s)
Calma	0-0,5
Ventolina	0,6-1,7
Suave	1,8-3,3
Leve	3,4-5,2
Moderado	5,3-7,4
Regular	7,5-9,8
Fuerte	9,9-10,4
Muy Fuerte	10,5-15,2
Temporal	15,3-18,2
Temporal Fuerte	18,3-21,5
Temporal muy fuerte	21,6-25,1
Tempestad	25,2-29
Huracán	>29

ANEXO E. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE (ICA) PARA COLOMBIA

El índice de calidad atmosférica (ICA) aplicado a los resultados de calidad del aire sirve para presentar el estado en que se encuentra una atmósfera previamente monitoreada. El ICA se caracteriza por su relación directa con los niveles de concentración del contaminante y los efectos en la salud. Es un indicador de la calidad del aire diaria.

Este indicador fue desarrollado inicialmente por la agencia de protección ambiental de los Estados Unidos, U.S. EPA. En Colombia está definido y regulado en el Protocolo Para el Monitoreo de la Calidad del Aire, Manual de Operación, del MAVDT (2010) donde incluye seis contaminantes: Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Azufre (SO₂), Dióxido de Nitrógeno (NO₂), Partículas menores de 10 micrómetros (PM₁₀), partículas menores de 2.5 (PM_{2.5}) micrómetros y Ozono. Estudios particulares realizados en el Valle de Aburrá en el 2006 adicionaron las partículas suspendidas totales (PST).

El ICA convierte la concentración media de uno o varios contaminantes a una escala que va de cero (0) a quinientos (500). Los intervalos que describen los niveles de calidad del aire, en términos de adaptación del ICA, se presentan en la tabla E1.

Tabla E1. Índice de Calidad del Aire (ICA) para Colombia

PST (µg/m ³) 24 Horas	PM10 (µg/m ³) 24 Horas	PM2.5 (µg/m ³) 24 Horas	CO (ppm) 8 Horas	SO2 (ppb) 24 Horas	O3* (ppb) 8 horas	O3 (ppb) 1 Hora	NO2 (ppb) 1Hora	RANGO ICA	CALIDAD
0-75.4	0-54	0-15.4	0-4.4	0-34	0-59			0-50	Buena
75.5-260.4	55-154	15.5-40.4	4.5-9.4	35-144	60-75			51-100	Moderada
260.5-315.4	155-254	40.5-65.4	9.5-12.4	145-224	76-95	125-164	0-650	101-150	Dañina a la salud para grupos sensibles
315.5-375.4	255-354	65.5-150.4	12.5-15.4	225-304	96-115	165-204		151-200	Dañina a la salud
375.5-625.4	355-424	150.5-250.4	15.5-30.4	305-604	116-374 (155-404)	205-404	650-1240	201-300	Muy dañina a la salud
625.5-875.4	425-504	250.5-350.4	30.5-40.4	605-804		405-504	1250-1640	301-400	Peligrosa
875.5-1001	505-604	350.5-500.4	40.5-50.4	805-1004		505-604	1650-2040	401-500	Peligrosa

Fuente: COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Protocolo Para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire. Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire. Marzo de 2010. Bogotá – Colombia.

Para PST: Revista Producción más Limpia. Numero 1. Volumen 1. Enero – Junio. 2006.

Para cada contaminante se calcula un índice parcial de calidad, y el índice total es el valor máximo de todos los índices parciales. Para calcular el valor del índice parcial correspondiente a una concentración medida, se hace uso de la siguiente ecuación:

$$I_p = \frac{I_{hi} - I_{lo}}{BP_{hi} - BP_{lo}} * (C_p - BP_{lo}) + I_{lo} \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde:

I_p	Índice parcial para el contaminante p
C_p	Concentración medida para el contaminante p
BP_{hi}	Punto de corte mayor o igual a C_p
BP_{lo}	Punto de corte menor o igual a C_p
I_{hi}	Valor del ICA correspondiente a BP_{hi}
I_{lo}	Valor del ICA correspondiente a BP_{lo}

Las categorías atmosféricas relacionadas con el valor del índice se presentan en la tabla E2, las cuales identifican la calidad del aire debida a uno o varios contaminantes en la atmósfera y los efectos que presenta en la población.

Tabla E2. Categoría de Calidad para el ICA y sus Efectos en la Salud

Categoría	ICA	Efecto general
Buena	0-50	Ninguna
Moderada	51-100	Las personas extraordinariamente sensitivas deben considerar limitar los esfuerzos prolongados al aire libre.
Dañina a la salud para grupos sensibles	101-150	Los niños y adultos activos, y las personas con enfermedades respiratorias, tales como el asma, deben limitar los esfuerzos prolongados al aire libre.
Dañina a la salud	151-200	Los niños y adultos activos, y las personas con enfermedades respiratorias, tales como el asma, deben evitar el esfuerzo prolongado al aire libre; todos los demás, especialmente los niños, deben limitar el esfuerzo prolongado al aire libre.
Muy dañina a la salud	201-300	Los niños y adultos activos, y las personas con enfermedades respiratorias tales como el asma, deben evitar cualquier esfuerzo al aire libre; todos los demás, especialmente los niños, deben limitar los esfuerzos al aire libre.
Peligrosa	Mayor a 300	Los valores "peligrosos" es muy probable que la población entera sea afectada.

Fuente: COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Protocolo Para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire. Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire. Marzo de 2010. Bogotá – Colombia.

Ejemplo 1. Concentración de ozono de 8 horas

Suponga que en una estación se tiene una concentración de ozono de 8 horas de 0.0875125 ppm. En primer lugar, se debe redondear la concentración a 0.087 ppm (87 ppb). Luego, en la tabla E1, en la columna ozono de 8 horas se ubica el rango que contiene esta concentración, siendo este rango 0.076 a 0.095 ppm (76 a 95 ppb). En esta misma tabla E1, se obtiene el rango del Índice de Calidad del Aire, ICA, para ozono de 8

horas, que corresponde a los valores de ICA de 101 a 150. De esta manera se obtienen todos los números necesarios para utilizar la ecuación de cálculo de ICA, y se aplica así:

$$Ip = \frac{(150 - 101)}{(0.095 - 0.076)} (0.087 - 0.076) + 101 = \frac{49}{0.019} (0.011) + 101 = 129.4$$

Así que una concentración de ozono de 8 horas de 0.0875125 ppm corresponde a un valor de Índice de Calidad del Aire, ICA, de 129.4.

Ejemplo 2. Múltiples contaminantes

Suponga que en una estación se tiene un valor de ozono de 8 horas de 0.077 ppm, un valor de 54.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{PM}_{2.5}$, y un valor de CO de 8.4 ppm. Se aplica la ecuación del cálculo del ICA para cada contaminante (ICA parciales), así:

$$Ip_{O_3} = \frac{(150 - 101)}{(0.095 - 0.076)} (0.077 - 0.076) + 101 = \frac{49}{0.019} (0.001) + 101 = 103.6$$

$$Ip_{PM_{2.5}} = \frac{(150 - 101)}{(65.4 - 40.5)} (54.4 - 40.5) + 101 = \frac{49}{24.9} (13.9) + 101 = 128.4$$

$$Ip_{CO} = \frac{(100 - 51)}{(9.4 - 4.5)} (8.4 - 4.5) + 51 = \frac{49}{4.9} (3.9) + 51 = 90.0$$

El ICA es 128.4, porque se selecciona el mayor de los ICA parciales, y es el $\text{PM}_{2.5}$ el contaminante responsable de dicho ICA.

Ejemplo 3. Concentraciones de ozono de 1 hora y de ozono de 8 horas

Suponga que en una estación se tiene una concentración de ozono de 1 hora de 0.162 ppm y una concentración de ozono de 8 horas de 0.141125 ppm. Al aplicar la ecuación de cálculo del ICA para cada uno de los contaminantes se tiene:

$$Ip_{O_{31h}} = \frac{(150 - 101)}{(0.164 - 0.125)} (0.162 - 0.125) + 101 = \frac{49}{0.039} (0.037) + 101 = 147.5$$

$$I_{p_{O_{38h}}} = \frac{(300 - 201)}{(0.374 - 0.116)} (0.141 - 0.116) + 201 = \frac{99}{0.258} (0.025) + 201 = 210.6$$

En este caso, el Índice de Calidad del Aire, ICA, es 210.6 (el máximo valor entre 147.5 y 210.6) y el contaminante responsable es el ozono de 8 horas.

Ejemplo 4. Concentraciones de $PM_{2.5}$ y PM_{10} .

Suponga que en una estación se tiene concentraciones diarias de $PM_{2.5}$ de $48.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y PM_{10} de $178 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Al aplicar la ecuación de cálculo de ICA para cada uno de los contaminantes se obtiene:

$$I_{p_{PM_{2.5}}} = \frac{(150 - 101)}{(65.4 - 40.5)} (48.7 - 40.5) + 101 = \frac{49}{24.9} (8.2) + 101 = 117.1$$

$$I_{p_{PM_{10}}} = \frac{(150 - 101)}{(254 - 155)} (178 - 155) + 101 = \frac{49}{99} (23) + 101 = 112.4$$

En este caso el ICA sería 117.1 (el máximo de 117.1 y 112.4) y el contaminante responsable sería el $PM_{2.5}$.

Ejemplo 5. Las concentraciones de los contaminantes que tienen los lugares en blanco en la Tabla del ICA

La tabla E1 no tiene valores de ICA en concentraciones de ozono de 8 horas superiores a 0.374 ppm, en concentraciones de ozono de 1 hora inferiores a 0.125 ppm, y en concentraciones de 1 hora de NO_2 menores a 0,65 ppm. Suponga que en una estación se tiene una concentración de ozono de 1 hora de 0,104 ppm, una concentración de ozono de 8 horas diarias de 0,087 ppm y una concentración de NO_2 de 0,54 ppm. En primer lugar se debe descartar la concentración de ozono 1-hora, ya que es menor de 0,125 ppm, y la concentración de NO_2 porque es menor de 0,65 ppm. Luego se calcula el Índice de Calidad del Aire, ICA; para la concentración de ozono de 8 horas, así:

$$I_p = \frac{(150 - 101)}{(0.095 - 0.076)} (0.087 - 0.076) + 101 = \frac{49}{0.019} (0.011) + 101 = 129.4$$

Que se redondea a un valor de ICA de 129.

ANEXO F. PROCEDIMIENTO DE MEDICION DE BTX

Este anexo se encuentra en el CD (medio magnético) en la carpeta llamada anexos.

ANEXO G. CODIFICACION IDENTIFICACION Y TRAZABILIDAD

Este anexo se encuentra en el CD (medio magnético) en la carpeta llamada anexos.

ANEXO H. RUTAS DE ARCHIVOS

Este anexo se encuentra en el CD (medio magnético) en la carpeta llamada anexos

ANEXO I. CONTROL DE EXTINTORES

Este anexo se encuentra en el CD (medio magnético) en la carpeta llamada anexos

ANEXO J. PROCEDIMIENTO DE VALIDACION DE DATOS DE CALIDAD DEL AIRE

Este anexo se encuentra en el CD (medio magnético) en la carpeta llamada anexos

ANEXO K. PROCEDIMIENTO DE MEDICION DE PARTICULAS PM1

Este anexo se encuentra en el CD (medio magnético) en la carpeta llamada anexos

ANEXO L. PROCEDIMIENTO DE MEDICION CON EQUIPO PQ200

Este anexo se encuentra en el CD (medio magnético) en la carpeta llamada anexos

ANEXO M. PROCEDIMIENTO DE MEDICION DE OZONO TELEDYNE API

Este anexo se encuentra en el CD (medio magnético) en la carpeta llamada anexos

ANEXO N. PROCEDIMIENTO DE MEDICION DE SO2 TELEDYNE API

Este anexo se encuentra en el CD (medio magnético) en la carpeta llamada anexos

ANEXO O. MATRIZ DE RIESGOS POR PROCESOS

Este anexo se encuentra en el CD (medio magnético) en la carpeta llamada anexos

ANEXO P. LISTADO MAESTRO DE DOCUMENTOS DE ORIGEN EXTERNO

Este anexo se encuentra en el CD (medio magnético) en la carpeta llamada anexos

ANEXO Q. ACCION DE MEJORA 05

Este anexo se encuentra en el CD (medio magnético) en la carpeta llamada anexos

ANEXO R. ACCION DE MEJORA 06

Este anexo se encuentra en el CD (medio magnético) en la carpeta llamada anexos

ANEXO S. TRAMITES ACOMETIDAS ELECTRICAS ESTACIONES

Este anexo se encuentra en el CD (medio magnético) en la carpeta llamada anexos

ANEXO T. SOLICITUDES DE NUEVAS ACOMETIDAS

Este anexo se encuentra en el CD (medio magnético) en la carpeta llamada anexos

ANEXO U. LISTADO DE CALIBRACIONES

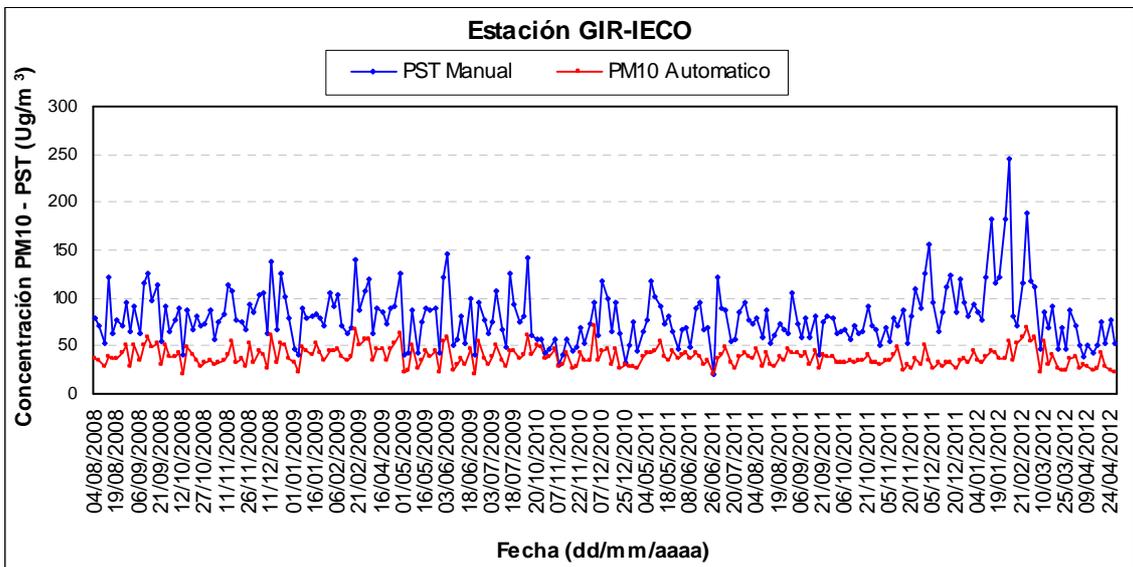
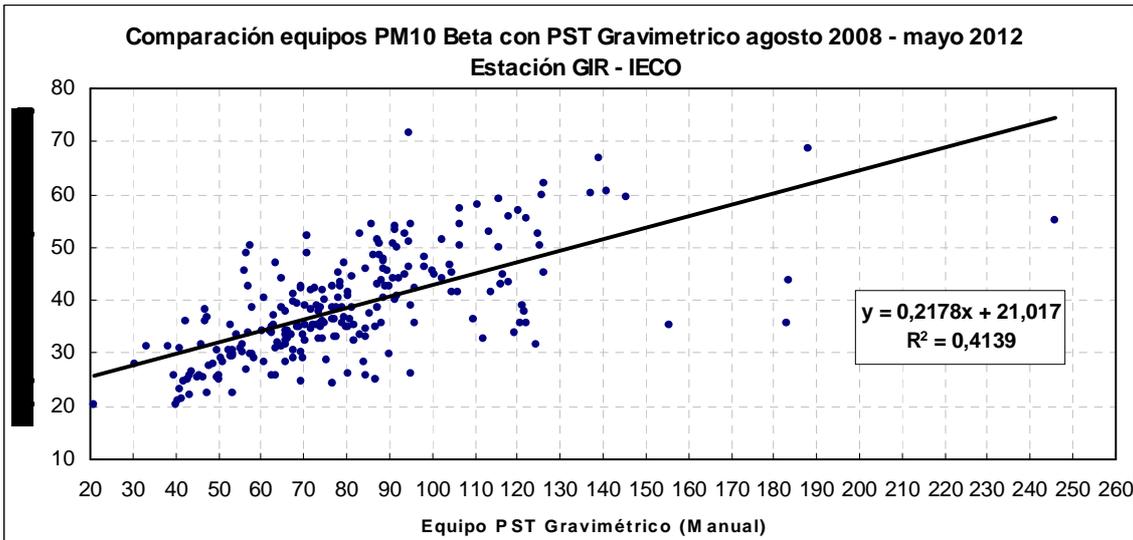
Este anexo se encuentra en el CD (medio magnético) en la carpeta llamada anexos

**ANEXO V. INFORME DE ACOMPAÑAMIENTO DE C. I. CONHINTEC S.A.
ABRIL 2011 – MAYO 2012**

Este anexo se encuentra en el CD (medio magnético) en la carpeta llamada anexo F.

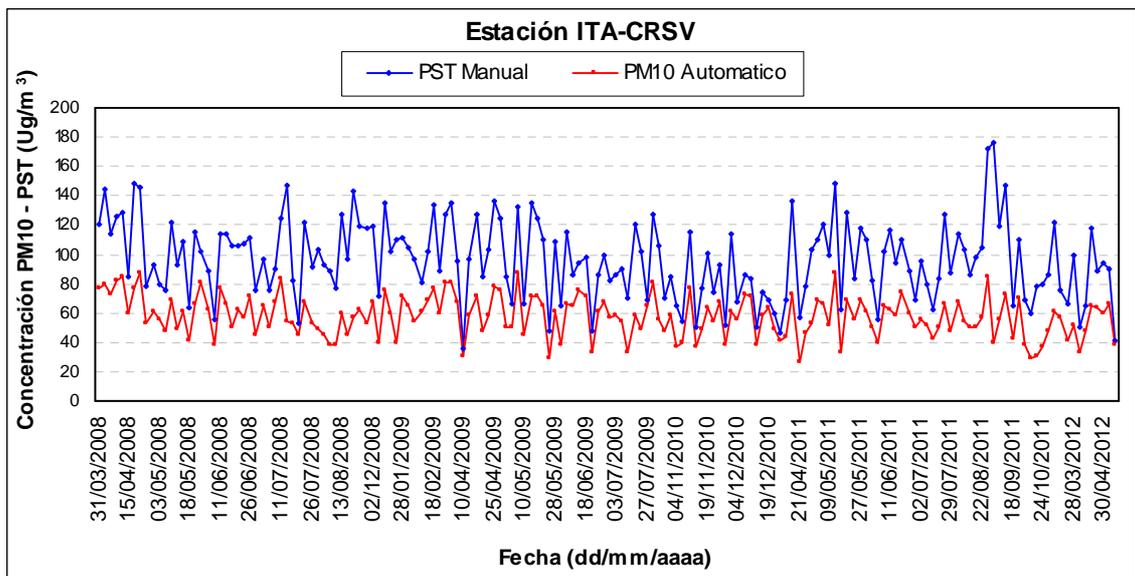
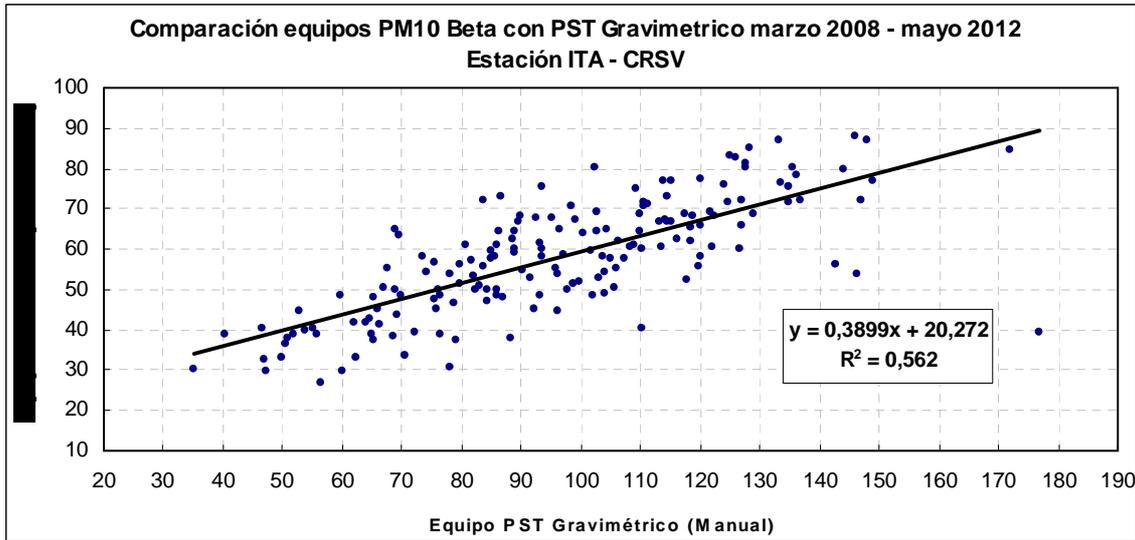
ANEXO W. CORRELACIONES PARTICULAS AMVA

ESTACION GIRARDOTA COLEGIO COLOMBIA



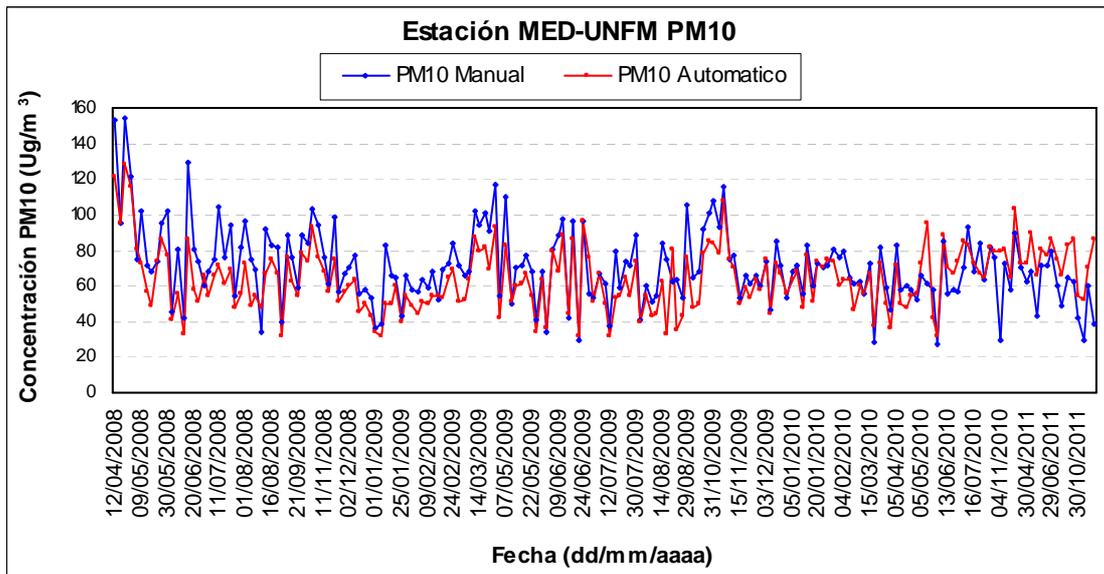
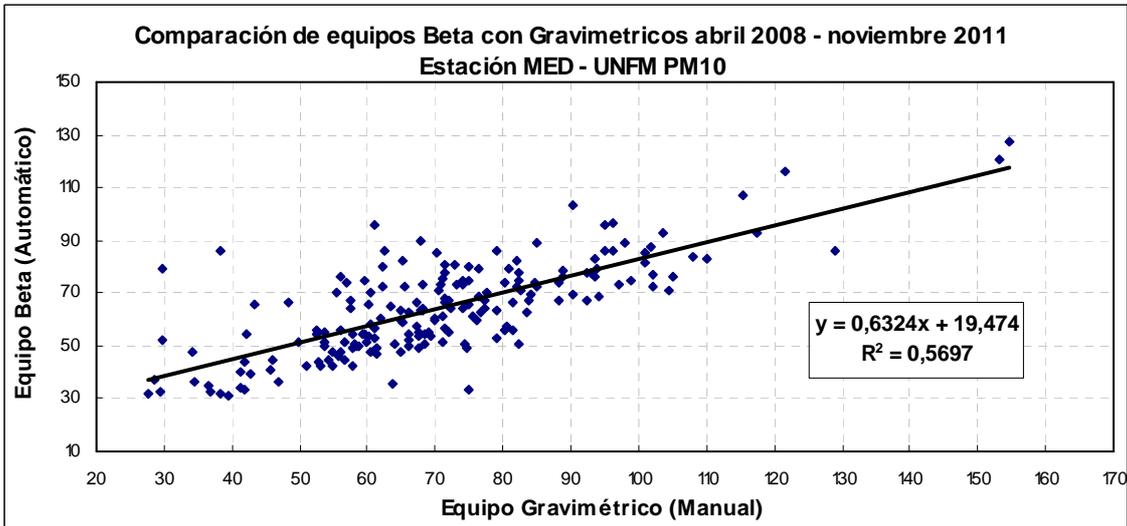
Relación PM ₁₀ /PST máxima	96,05
Relación PM ₁₀ /PST promedia	50,82
Relación PM ₁₀ /PST mínima	19,46
Método medición PM ₁₀ auto	Equivalente
Método medición PST manual	Referencia

ESTACION ITAGUI COLEGIO EL ROSARIO



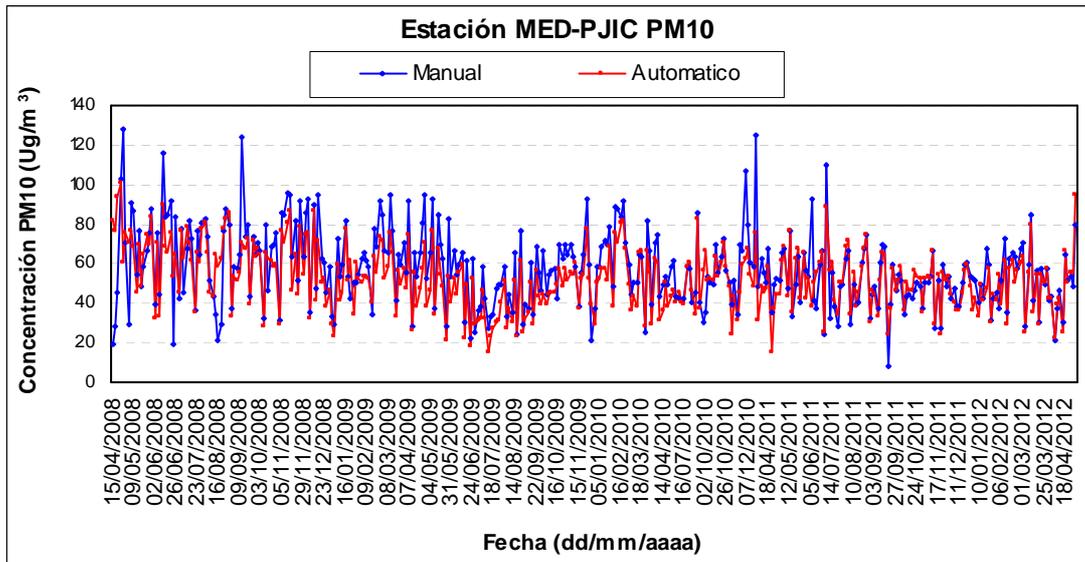
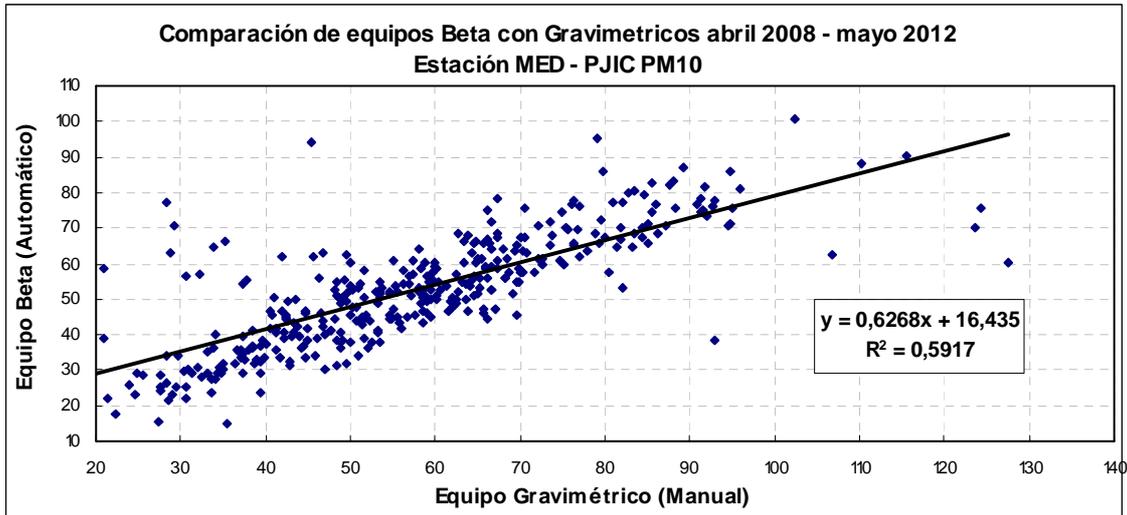
Relación PM ₁₀ /PST máxima	95,99
Relación PM ₁₀ /PST promedia	61,79
Relación PM ₁₀ /PST mínima	22,40
Método medición PM ₁₀ auto	Equivalente
Método medición PST manual	Referencia

ESTACION UNIVERSIDAD NACIONAL, FACULTAD DE MINAS

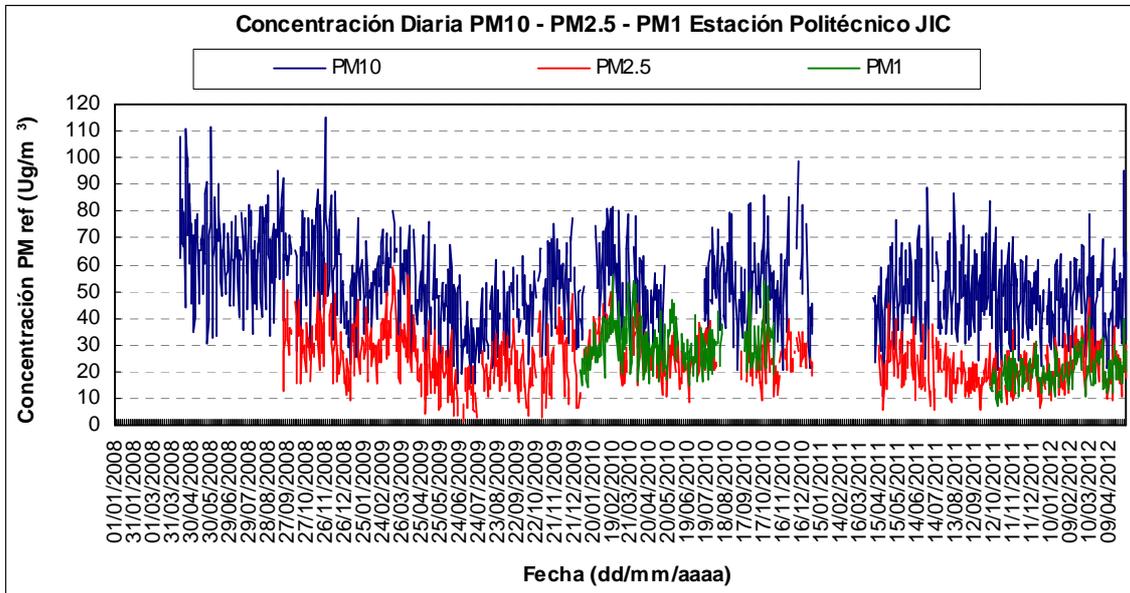


Método medición PM ₁₀ auto	Equivalente
Método medición PM ₁₀ manual	Referencia

ESTACION POLITÉCNICO JIC MEDELLÍN

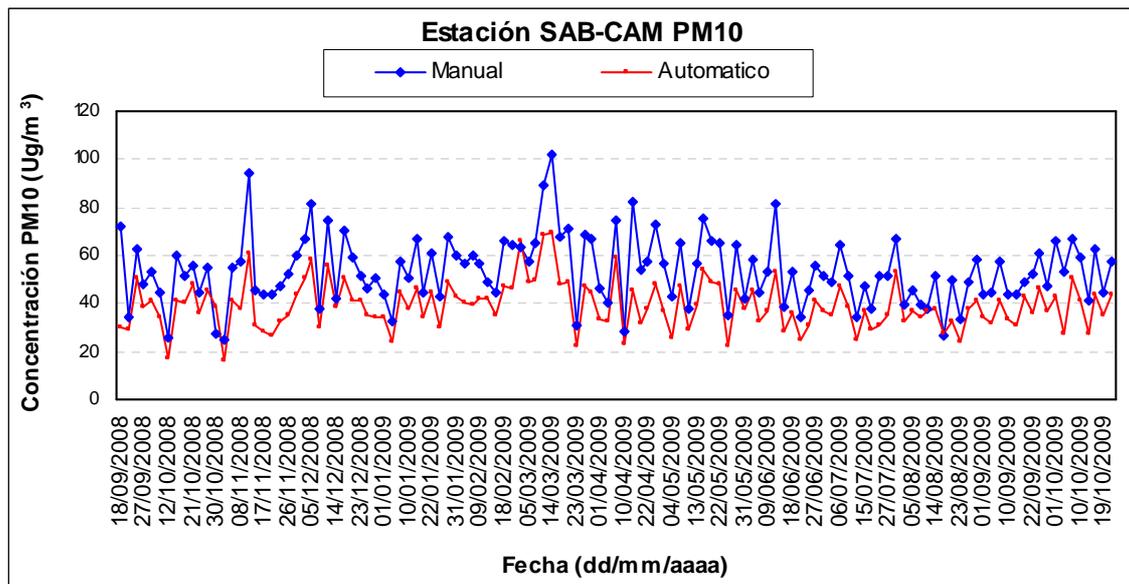
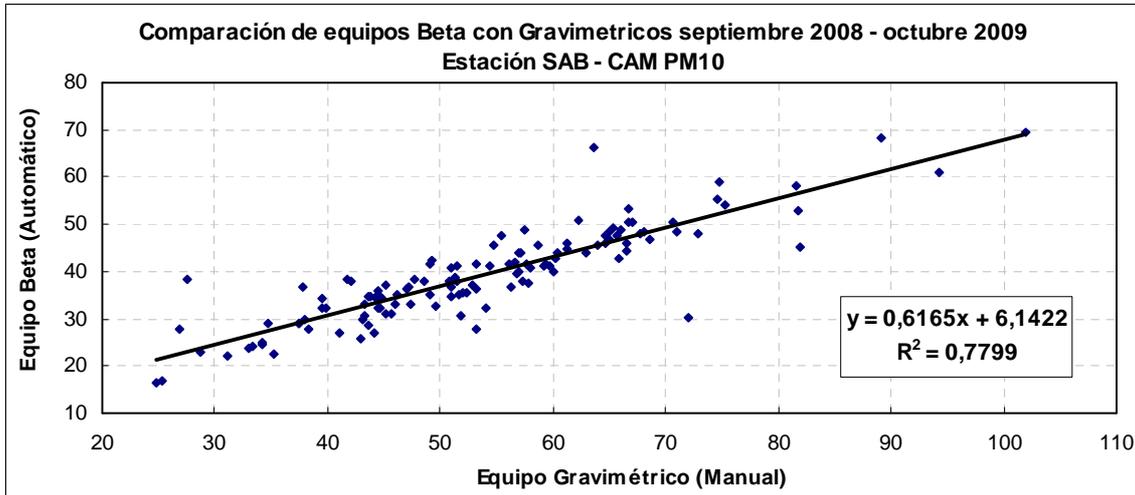


Método medición PM ₁₀ auto	Equivalente
Método medición PM ₁₀ manual	Referencia



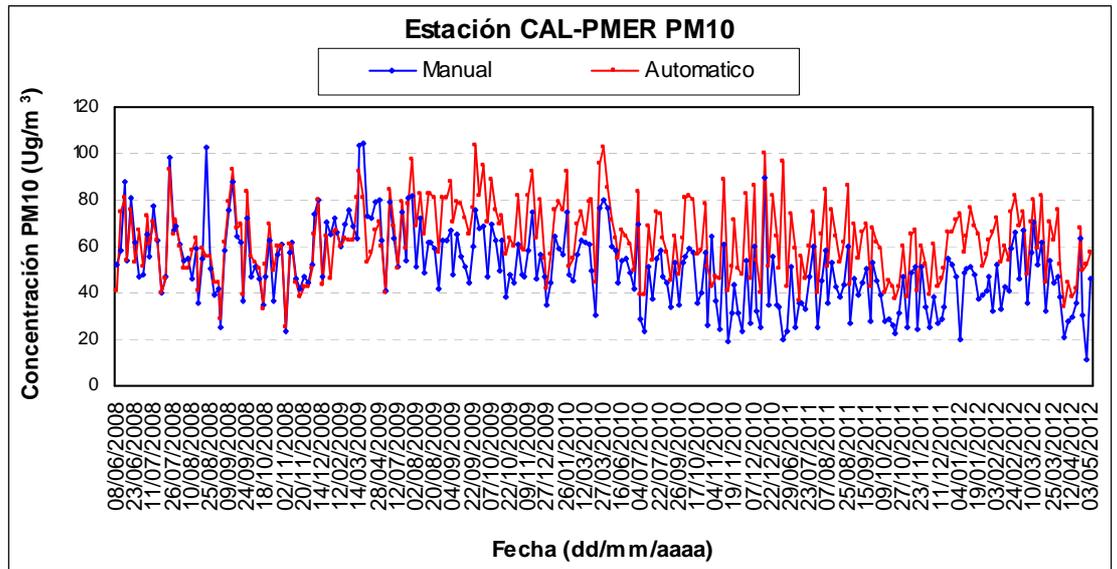
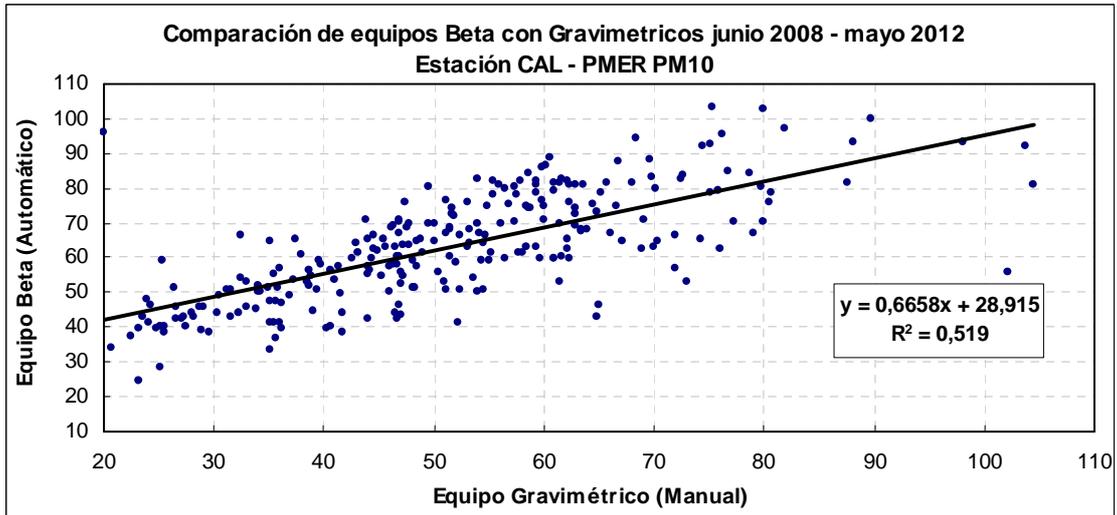
Método medición PM ₁₀ auto	Equivalente
Método medición PM _{2.5} semiautomático	Referencia
Método medición PM ₁ auto	Equivalente

ESTACION SABANETA ALCALDÍA



Método medición PM ₁₀ auto	Equivalente
Método medición PM ₁₀ manual	Referencia

ESTACION CALDAS PLAZA DE MERCADO



Método medición PM ₁₀ auto	Equivalente
Método medición PM ₁₀ manual	Referencia

ANEXO X. PARAFISCALES