

Un proyecto de:



**Informe de Re análisis
y Tendencias de la
Calidad del Aire en el
Valle de Aburrá**

**Convenio No. 256 de
2013**

Informe de avance.
febrero de 2014

Convenio de Asociación No. 256 de 2013
EVALUAR Y MONITOREAR LA CALIDAD DEL AIRE EN EL VALLE DE ABURRÁ

UN PROYECTO DE:

ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ
Carlos Mario Montoya Serna. Med. MSc.
Director

Gloria Amparo Alzate Agudelo I.C. MSc.
Subdirector Ambiental

EJECUTA:

Universidad Pontificia Bolivariana
Grupo de Investigaciones Ambientales

María Victoria Toro Gómez I.Q. MSc. PhD.
Pablo Garcia Rivera I.Q. MSc.
Alejandro Londoño Largo I.E. Esp
Frank Edilson Ospina Giraldo I.Q. Esp
Juan David Zapata Carmona I.M. Esp
Maria Luisa Jaramillo Jaramillo I.A. Esp
Christian Ruales Fierro I.S
Diana Marcela Quiceno Rendón I.Q.
Luis Fernando Acevedo Cardona C.S.

INTERVENTORÍA

Gloria Estela Ramírez Casas I.Q. Msc.
Profesional Universitaria
Área Metropolitana del Valle de Aburrá

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1 OBJETIVOS	3
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	3
2 ESTÁNDARES DE CALIDAD DEL AIRE	4
3 CLASIFICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO	8
3.1 FONDO.....	9
3.2 URBANA.....	11
3.3 FONDO URBANO.....	11
3.4 SUBURBANA.....	12
3.5 TRÁFICO.....	12
3.6 TENDENCIA MESOESCALA.....	12
4 REANÁLISIS DE LOS DATOS DE CALIDAD DEL AIRE	13
4.1 APLICACIÓN DEL TEST DE LÍMITES.....	16
4.2 COMPARACIÓN DE LAS SERIES NUMÉRICAS.....	23
5 ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE	27
6 CUMPLIMIENTO DE LA NORMA Y CALIDAD DEL AIRE EN EL VALLE DE ABURRÁ	31
7 CALIDAD DEL AIRE POR MUNICIPIO	39
7.1 BARBOSA	39
7.2 GIRARDOTA	48
7.3 COPACABANA.....	58
7.4 BELLO.....	63
7.5 MEDELLÍN	73
7.5.1 Fondo urbano.....	74
7.5.2 Urbana.....	80
7.5.3 Tendencia mesoescala.....	86
7.5.4 Tráfico.....	88

7.5.5	Suburbana.....	94
7.5.6	Índice de calidad del aire	98
7.6	ITAGÜÍ.....	114
7.6.1	Urbana.....	114
7.6.2	Suburbana.....	121
7.6.3	Índice de calidad del aire	126
7.7	SABANETA.....	135
7.7.1	Tendencia mesoescala.....	135
7.7.2	Índice de calidad del aire	138
7.8	LA ESTRELLA	140
7.9	CALDAS	145
7.9.1	Urbana.....	145
7.9.2	Suburbana.....	146
7.9.3	Índice de calidad del aire	152
8	TENDENCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE.....	157
8.1	PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRÓMETROS PM10	157
8.2	PARTÍCULAS MENORES A 2.5 MICRÓMETROS PM2.5	167
8.3	ANÁLISIS HISTÓRICO DEL ICA	171
9	CONCLUSIONES	203
10	BIBLIOGRAFÍA.....	207

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio en Colombia.	5
Tabla 3-1. Clasificación de las estaciones según el objetivo de monitoreo, diciembre 2012.	10
Tabla 4-1. Valores mínimos y máximos de validación para promedios diarios de PM2.5 y verificación para Diciembre 2013.	17
Tabla 4-2. Valores mínimos y máximos de validación para promedios diarios de PM10 y verificación para Diciembre 2013.	18
Tabla 4-3. Valores mínimos y máximos de validación para promedios horarios de NO ₂ y verificación para Diciembre 2013.	19
Tabla 4-4. Valores mínimos y máximos de validación para promedios horarios de ozono y verificación para Diciembre 2013.	19
Tabla 5-1. Puntos de corte del ICA.	28
Tabla 5-2. Categoría de calidad del aire y efecto general en la salud.	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1. Relación entre los efectos y la exposición a contaminantes atmosféricos.	4
Figura 4-1. Visualización de las series temporales de los promedios diarios de PM10 en el aplicativo web SIGMA.....	15
Figura 4-2. Visualización de las series temporales de los promedios diarios de PM2.5 en la estación Universidad Nacional-Facultad de Minas, mediante el aplicativo web SIGMA. Diciembre 2013.	20
Figura 4-3. Visualización de las series temporales de los promedios diarios de PM10 en la estación Hospital San Vicente de Paul en Barbosa, mediante el aplicativo web SIGMA. Diciembre 2013.	21
Figura 4-4. Visualización de los datos horarios de ozono en la estación Corporación Universitaria Lasallista, mediante el aplicativo web SIGMA, Diciembre 2013.....	22
Figura 4-5. Visualización de las concentraciones horarias de NO ₂ , por tipo de estación, Diciembre 2013.	24
Figura 4-6. Visualización de las concentraciones diarias de NO ₂ , por tipo de estación, Diciembre 2013.	25
Figura 4-7. Visualización de las concentraciones horarias de ozono en estaciones suburbanas, Diciembre 2013.	26
Figura 6-1. Concentraciones diarias de PM10 en el Valle de Aburrá, Equipos Automáticos, Diciembre 2013.	32
Figura 6-2. Concentraciones diarias de PM10 en el Valle de Aburrá, Equipos Manuales, Diciembre 2013.	33
Figura 6-3. Concentraciones diarias de PM2.5 en el Valle de Aburrá, Equipos Automáticos, Diciembre 2013.	34
Figura 6-4. Concentraciones diarias de PM2.5 en el Valle de Aburrá, Equipos Semiautomáticos, Diciembre 2013.	35
Figura 6-5. Concentraciones horarias de ozono en el Valle de Aburrá, Diciembre 2013.	36

Figura 6-6. Calidad del aire por PM2.5 en el Valle de Aburrá, Equipos Automáticos, Diciembre 2013.....	37
Figura 6-7. Calidad del aire por PM2.5 en el Valle de Aburrá, Equipos Semiautomáticos, Diciembre 2013.....	38
Figura 7-1 Promedio concentraciones históricas de PM10 en estación de fondo en el municipio de Barbosa.....	40
Figura 7-2. Concentraciones diarias de PM10 en estación de fondo en el municipio de Barbosa, Período 2013.....	41
Figura 7-3. Niveles de ozono en estación de fondo en el municipio de Barbosa, Período 2013.....	43
Figura 7-4. Índice de calidad del aire en número de días para PM10 en estación de fondo en el municipio de Barbosa, Período 2013.....	44
Figura 7-5. Índice de calidad del aire diario para PM10 en estación de fondo en el municipio de Barbosa, Período 2013.....	45
Figura 7-6. Índice de calidad del aire octohorario para ozono en estación de fondo en el municipio de Barbosa, Período 2013.....	47
Figura 7-7 Promedio concentraciones históricas de PM10 en estación urbana en el municipio de Girardota.....	49
Figura 7-8. Concentraciones diarias de PM10 en la estación Girardota, Período 2013.....	50
Figura 7-9 Niveles de PM2.5 en la estación Móvil de Girardota GIR-INDER, Período Octubre - Diciembre 2013.....	52
Figura 7-10 Niveles de NO ₂ en la estación Móvil GIR INDER, Período Octubre - Diciembre 2013.....	53
Figura 7-11 Comportamiento promedio horario del NO ₂ en la estación Móvil GIR-INDER, Período Octubre - Diciembre 2013.....	54
Figura 7-12. Índice de calidad del aire en número de días para PM10 en la estación Girardota, Período 2013.....	54
Figura 7-13. Índice de calidad del aire diario para PM10 en la estación Girardota, Período 2013.....	55

Figura 7-14 Índice de calidad del aire en número de días para PM2.5 en la estación urbana de Girardota GIR-INDER, Período Octubre - Diciembre 2013.....	56
Figura 7-15 Índice de calidad del aire diario para PM2.5 en la estación urbana de Girardota GIR-INDER, Período Octubre - Diciembre de 2013.	57
Figura 7-16. Promedio concentraciones históricas de PM10 en estación urbana en el municipio de Copacabana.	59
Figura 7-17. Concentraciones diarias de PM10 en la estación Copacabana, Período 2013.....	60
Figura 7-18 Índice de calidad del aire en número de días para PM10 en la estación Copacabana, Período 2013.	61
Figura 7-19. Índice de calidad del aire diario para PM10 en la estación Copacabana, Período 2013.....	62
Figura 7-20. Concentraciones diarias de PM10 en la estación Bello, Período 2013.	64
Figura 7-21. Niveles de NO ₂ en la estación Bello, Período 2013.	66
Figura 7-22. Comportamiento promedio horario del NO ₂ en la estación Bello, Período 2013.	67
Figura 7-23. Niveles de ozono en la estación de fondo urbano en el municipio de Bello, Período 2013.....	68
Figura 7-24. Comportamiento promedio horario del ozono en la estación Bello, Período 2013.	69
Figura 7-25. Índice de calidad del aire en número de días para PM10 en la estación de fondo urbano en el municipio de Bello, Período 2013.....	70
Figura 7-26. Índice de calidad del aire diario para PM10 en la estación de fondo urbano en el municipio de Bello, Período 2013.....	71
Figura 7-27. Índice de calidad del aire octohorario para ozono en estación de fondo urbano en el municipio de Bello, Período 2013.	72
Figura 7-28. Niveles de PM2.5 en estación de fondo urbano en el municipio de Medellín, Período 2013.	75
Figura 7-29. Niveles de NO ₂ en estación de fondo urbano en el municipio de Medellín, Período 2013.....	77
Figura 7-30. Comportamiento promedio horario del NO ₂ en estación de fondo urbano en el municipio de Medellín, Período 2013.	78

Figura 7-31. Concentraciones horarias y octohorarias de ozono en estación de fondo urbano en el municipio de Medellín, Período 2013.	79
Figura 7-32. Comportamiento promedio horario del ozono en la estación de fondo urbano en el municipio de Medellín, Período 2013.....	80
Figura 7-33. Niveles de PM2.5 en estación urbana en el municipio de Medellín, Período de 2013.....	81
Figura 7-34. Niveles de NO ₂ en estación urbana en el municipio de Medellín, Período 2013...	83
Figura 7-35. Comportamiento promedio horario del NO ₂ en estación urbana en el municipio de Medellín, Período 2013.	84
Figura 7-36. Concentraciones octohorarias de CO en estación urbana del municipio de Medellín, Período 2013.	85
Figura 7-37. Promedio concentraciones históricas PM10 en estación de tendencia mesoescala en el municipio de Medellín.	86
Figura 7-38. Niveles de material particulado en estaciones de tendencia mesoescala en el municipio de Medellín, Período 2013.	87
Figura 7-39. Promedio concentraciones históricas de PM10 en estación de tráfico en el municipio de Medellín.	89
Figura 7-40. Promedio concentraciones históricas de PM2.5 en estación de tráfico en el municipio de Medellín.	90
Figura 7-41. Niveles de PM1.0 y PM2.5 en estaciones de tráfico en el municipio de Medellín, Período 2013.	91
Figura 7-42. Niveles de PM10 en estaciones de tráfico en el municipio de Medellín,	92
Figura 7-43. Niveles de NO ₂ en estación de tráfico en el municipio de Medellín, Período 2013.	93
Figura 7-44. Comportamiento promedio horario del NO ₂ en estación de tráfico en el municipio de Medellín, Período 2013.	94
Figura 7-45. Niveles de material particulado en estaciones suburbanas en el municipio de Medellín, Período 2013.	95
Figura 7-46. Concentraciones horarias de ozono en estaciones suburbanas en el municipio de Medellín, Período 2013.	96

Figura 7-47. Concentraciones octohorarias de ozono en estaciones suburbanas en el municipio de Medellín, Período 2013.	97
Figura 7-48. Índice de calidad del aire en número de días para PM2.5 en estación de fondo urbano en el municipio de Medellín, Período 2013.	99
Figura 7-49. Índice de calidad del aire diario para PM2.5 en estación de fondo urbano en el municipio de Medellín, Período 2013.	100
Figura 7-50. Índice de calidad del aire octohorario para ozono en estación de fondo urbano en el municipio de Medellín, Período 2013.....	101
Figura 7-51. Índice de calidad del aire en número de días para PM2.5 en estación urbana en el municipio de Medellín, Período 2013.	102
Figura 7-52. Índice de calidad del aire diario para PM2.5 en estación urbana en el municipio de Medellín, Período 2013.	103
Figura 7-53. Índice de calidad del aire octohorario para monóxido de carbono en estación urbana en el municipio de Medellín, Período 2013.....	103
Figura 7-54. Índice de calidad del aire en número de días para PM10 en estaciones de tendencia en el municipio de Medellín, Período 2013.	104
Figura 7-55. Índice de calidad del aire diario para PM10 en estaciones de tendencia en el municipio de Medellín, Período 2013.	105
Figura 7-56. Índice de calidad del aire en número de días, para material particulado en estaciones de tráfico en el municipio de Medellín, Período 2013.	107
Figura 7-57. Índice de calidad del aire diario para material particulado en estaciones de tráfico en el municipio de Medellín, Período 2013.	108
Figura 7-58. Índice de calidad del aire en número de días para material particulado en estaciones suburbanas en el municipio de Medellín, Período 2013.....	110
Figura 7-59. Índice de calidad del aire diario para material particulado (PM10 – PM2.5) en estaciones suburbanas en el municipio de Medellín, Período 2013.....	111
Figura 7-60. Índice de calidad del aire octohorario para ozono en estaciones suburbanas en el municipio de Medellín, Período 2013.	113
Figura 7-61. Promedio concentraciones históricas de PM10 en estaciones urbanas en el municipio de Itagüí.	115

Figura 7-62. Niveles de PST en estación urbana en el municipio de Itagüí, Período 2013.	116
Figura 7-63. Niveles de PM10 en estaciones urbanas en el municipio de Itagüí, Período 2013.	117
Figura 7-64. Niveles de PM2.5 en estación urbana en el municipio de Itagüí, Período 2013.	118
Figura 7-65. Niveles de NO ₂ en estación urbana en el municipio de Itagüí, Período 2013.....	120
Figura 7-66. Comportamiento promedio horario del NO ₂ en estación urbana en el municipio de Itagüí, Período 2013.	121
Figura 7-67. Niveles de material particulado en estación suburbana en el municipio de Itagüí, Período 2013.	123
Figura 7-68. Niveles de ozono en estación suburbana en el municipio de Itagüí, Período 2013.	124
Figura 7-69. Concentraciones octohorarias de CO en estación suburbana en el municipio de Itagüí, Período 2013.	125
Figura 7-70. Índice de calidad del aire en número de días, para material particulado en estaciones urbanas en el municipio de Itagüí, Período 2013.	127
Figura 7-71. Índice de calidad del aire diario para PM2.5 en estación urbana en el municipio de Itagüí, Período 2013.	128
Figura 7-72. Índice de calidad del aire diario para PM10 en estaciones urbanas en el municipio de Itagüí, Período 2013.	129
Figura 7-73. Índice de calidad del aire en número de días para material particulado en estación suburbana en el municipio de Itagüí, Período 2013.	131
Figura 7-74. Índice de calidad del aire diario para material particulado en estación suburbana en el municipio de Itagüí, Período 2013.	132
Figura 7-75. Índice de calidad del aire octohorario para ozono en estación suburbana en el municipio de Itagüí, Período 2013.	134
Figura 7-76. Índice de calidad del aire octohorario para monóxido de carbono en estación suburbana en el municipio de Itagüí, Período 2013.	134
Figura 7-77. Promedio concentraciones históricas de PM10 en estación de tendencia mesoescala en el municipio de Sabaneta.	136
Figura 7-78. Niveles de PM10 en la estación de tendencia en Sabaneta, Período 2013.	137

Figura 7-79. Índice de calidad del aire en número de días para PM10 en estación de tendencia en Sabaneta, Período 2013.	138
Figura 7-80. Índice de calidad del aire diario para PM10 en estación de tendencia en Sabaneta, Período 2013.	139
Figura 7-81. Promedio concentraciones históricas de PM10 en estación suburbana en el municipio de La Estrella.	141
Figura 7-82. Niveles de PM10 en la estación de La Estrella, Período 2013.	142
Figura 7-83. Índice de calidad del aire en número de días para PM10 en la estación de La Estrella, Período 2013.	143
Figura 7-84. Índice de calidad del aire diario para PM10 en la estación de La Estrella, Período 2013.	144
Figura 7-85. Promedio concentraciones históricas de PM10 en estación urbana en el municipio de Caldas.	147
Figura 7-86. Niveles de PM10 en la estación urbana de Caldas, Período 2013.	148
Figura 7-87. Niveles de PM2.5 en la estación suburbana de Caldas, Período 2013.	149
Figura 7-88. Concentraciones horarias y octohorarias de ozono en estación suburbana de Caldas, Período 2013.	151
Figura 7-89. Índice de calidad del aire en número de días para PM10 en la estación urbana de Caldas, Período 2013.	152
Figura 7-90. Índice de calidad del aire diario para PM10 en la estación urbana de Caldas, Período 2013.	153
Figura 7-91. Índice de calidad del aire en número de días para PM2.5 en la estación suburbana de Caldas, Período 2013.	154
Figura 7-92. Índice de calidad del aire diario para PM2.5 en la estación suburbana de Caldas, Período 2013.	154
Figura 7-93. Índice de calidad del aire octohorario para ozono en la estación suburbana de Caldas, Período 2013.	156
Figura 8-1. Comportamiento histórico del promedio anual de PM10 en el Valle de Aburrá. Período 2008-2013.	158
Figura 8-2. Promedio anual de las concentraciones de PM10 por tipo de estación.	159

Figura 8-3. Evolución de las concentraciones anuales de PM10 en estaciones de tendencia mesoescala en el Valle de Aburrá. Período 2003-2013.	161
Figura 8-4. Evolución de las concentraciones diarias de PM10 en estaciones de fondo y suburbana en el Valle de Aburrá.	163
Figura 8-5. Evolución de las concentraciones diarias de PM10 en estaciones urbanas del Valle de Aburrá. Período 2008-2013.	164
Figura 8-6. Evolución de las concentraciones diarias de PM10 en estaciones de tendencia mesoescala del Valle de Aburrá.	165
Figura 8-7. Evolución de las concentraciones diarias de PM10 en estaciones de tráfico del Valle de Aburrá. Período 2008-2013.	166
Figura 8-8. Promedio anual de las concentraciones de PM2.5 por tipo de estación.	167
Figura 8-9. Evolución de las concentraciones anuales de PM2.5 en estación de tráfico y tendencia mesoescala en el Valle de Aburrá. Período 2008-2013.	169
Figura 8-10. Evolución de las concentraciones diarias de PM2.5 en estación de tráfico y tendencia mesoescala en el Valle de Aburrá. Período 2008-2013.	170
Figura 8-11. Índice de calidad del aire para PM2.5 en estaciones de fondo urbano y urbanas.	172
Figura 8-12 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM2.5 en la estación de fondo urbano MED-UNNV.	173
Figura 8-13 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM2.5 en la estación urbana ITA-CJUS.	173
Figura 8-14 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM2.5 en la estación urbana MED-MANT.	174
Figura 8-15. Índice de calidad del aire para PM2.5 en estaciones de tendencia y tráfico urbano.	176
Figura 8-16 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM2.5 en la estación de tendencia MED-AGUI.	177
Figura 8-17 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM2.5 en la estación de tráfico MED-PJIC.	178

Figura 8-18 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM2.5 en la estación de tráfico MOVIL-INDE.....	179
Figura 8-19. Índice de calidad del aire para PM2.5 en estaciones suburbanas.	181
Figura 8-20 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM2.5 en la estación suburbana ITA-CONC	182
Figura 8-21 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM2.5 en la estación suburbana MED-POBL	182
Figura 8-22 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM2.5 en la estación suburbana CAL-LASA	183
Figura 8-23. Índice de calidad del aire para PM10 en estaciones de fondo.....	184
Figura 8-24 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM10 en la estación de fondo BAR-HSVP.....	185
Figura 8-25 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM10 en la estación de fondo COP-HSMA.....	186
Figura 8-26. Índice de calidad del aire para PM10 en estaciones urbanas.....	189
Figura 8-27 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM10 en la estación de urbana GIR-IECO	190
Figura 8-28 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM10 en la estación de urbana ITA-PTAR.....	191
Figura 8-29 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM10 en la estación de urbana ITA-CRSV	192
Figura 8-30 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM10 automático en la estación de urbana CAL-PMER.....	193
Figura 8-31. Índice de calidad del aire para PM10 en estaciones de tendencia.....	194
Figura 8-32 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM10 en la estación de tendencia MED-AGUI.....	195
Figura 8-33 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM10 en la estación de tendencia MED-EXSA.....	196
Figura 8-34 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM10 en la estación de tendencia MED-CORA.....	197

Figura 8-35 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM10 en la estación de tendencia SAB-CAM.....	198
Figura 8-36. Índice de calidad del aire para PM10 en estaciones de tráfico.	200
Figura 8-37 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM10 manual en la estación de tráfico MED-UNFM	201
Figura 8-38 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM10 manual en la estación de tráfico MED-PJIC.....	202

INTRODUCCIÓN

La red de monitoreo de calidad del aire del Valle de Aburra, administrada por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y cuyo operador es la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, está conformada por un conjunto de estaciones que miden los principales contaminantes atmosféricos mediante equipos automáticos, semiautomáticos y manuales. Su distribución geográfica y la instrumentación de cada estación se han venido adaptando en los últimos dos años siguiendo los criterios definidos en el estudio de optimización de la red, con el apoyo de las entidades integrantes del convenio marco de cooperación científica y tecnológica, Redaire.

Actualmente se hace seguimiento en 22 sitios de medición fijos, los cuales están distribuidos en los diferentes municipios que conforman el valle de Aburrá. En total se cuenta con 1 medidor de partículas suspendidas totales (PST), 18 equipos medidores de partículas menores de 10 micrómetros (PM10), 8 medidores de partículas menores a 2.5 micrómetros (PM2.5), un medidor de partículas menores a un micrómetro (PM1), 3 medidores automáticos de Monóxido de Carbono (CO), 8 medidores automáticos de Ozono (O₃), 5 medidores automáticos de óxidos de nitrógeno (NO_x), un medidor automático de dióxido de azufre (SO₂) y 14 estaciones meteorológicas.

Mediante el Convenio 256 de 2013, celebrado entre el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y la Universidad Pontificia Bolivariana entidad con experiencia y conocimiento de la problemática de contaminación atmosférica se busca brindar apoyo al Área Metropolitana del Valle de Aburrá a partir de la implementación del Sistema Inteligente de Gestión para el Manejo de la Calidad del Aire -SIGMA-, el cual tiene entre sus objetivos específicos facilitar el acceso a la información de calidad del aire, dar respuesta a solicitudes de la comunidad relacionada con los niveles de contaminación en zonas específicas y elaborar informes de los datos arrojados por la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire.

Los informes de calidad del aire se elaboran con la perspectiva de servir como herramienta de apoyo en la construcción de lineamientos de gestión del recurso aire, tarea que lidera el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, como entidad responsable del desarrollo armónico de la región, contando para ello con facultades para la planificación del territorio y la movilidad, la gestión de los recursos naturales y el ejercicio de funciones como autoridad ambiental y de transporte masivo y metropolitano.

Un interés primordial en la presentación de la información de calidad del aire, es que la población pueda acceder fácilmente al análisis de los datos generados por la red de monitoreo y de manera entendible. Las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones permiten difundir de forma más amplia la información de calidad del aire, es así como el Área Metropolitana del Valle de Aburrá cuenta con el “Micrositio Calidad del Aire” en su página web, que es actualizado permanentemente por la UPB. En él se publican los reportes diarios de episodios de contaminación, los resultados de investigaciones y todo el material asociado al tema. El uso de indicadores de gestión como el índice de calidad del aire -ICA-, en la presentación de los resultados del seguimiento y monitoreo de los contaminantes atmosféricos, facilita la comprensión por parte del público en general.

El presente documento corresponde al cuarto informe de avance, producto de la actividad de re análisis de los datos de concentración de contaminantes atmosféricos arrojados por la red de monitoreo en el período 2013, la verificación del cumplimiento de los límites máximos permisibles definidos por la norma nacional, la determinación de los índices de calidad del aire y la evaluación de tendencias.

1 OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar el Sistema Inteligente de Gestión para el Manejo de la Calidad del Aire SIGMA, para el apoyo a la autoridad ambiental en las acciones de prevención y control y publicar los datos arrojados por las estaciones de monitoreo, de tal manera que la comunidad pueda acceder a ellos de una manera entendible.

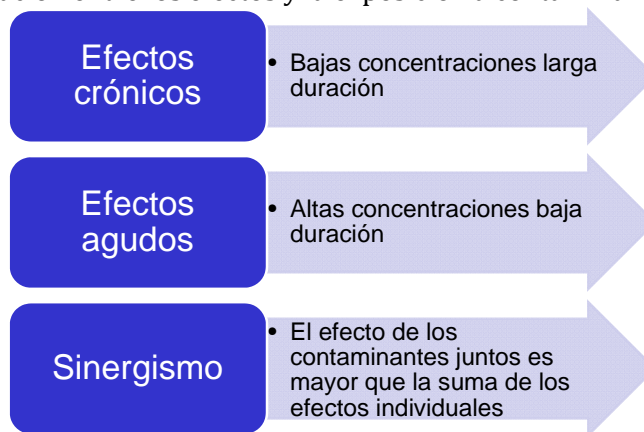
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar el análisis de tercer nivel de los datos de calidad del aire y realizar informes continuos y especializados de los datos arrojados por la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire.
- Apoyar en la toma de decisiones al Área Metropolitana del Valle de Aburrá y sus municipios utilizando la herramienta de simulación SIGMA sobre diferentes escenarios de control de emisiones para el Plan de descontaminación del aire.
- Dar lineamientos permanentemente al Área Metropolitana del Valle de Aburrá sobre las medidas a ser adoptadas soportadas con los resultados de las simulaciones especiales.
- Apoyar a la entidad en la respuesta a solicitudes de la comunidad relacionadas con la calidad del aire en zonas específicas, ya sea con la información de campo o con las estimaciones que resulte del modelo pronóstico de calidad del aire.
- Publicar en el micro-sitio "Calidad del Aire" de la página web www.aredigital.gov.co, los informes que produzca la red de monitoreo de calidad del aire e informes relacionados.

2 ESTÁNDARES DE CALIDAD DEL AIRE

Los efectos de los contaminantes atmosféricos en la salud generalmente se producen en los sistemas respiratorio y cardiovascular humano y se ha demostrado que el riesgo de diversos efectos aumenta con la exposición (OMS, 2005). Los efectos crónicos son debidos a la exposición a bajas concentraciones en períodos de larga duración y los efectos agudos a la exposición a altas concentraciones en períodos de baja duración. También se ha reconocido el efecto sinérgico de la mezcla de contaminantes en la salud. En la Figura 2-1 se aprecian estas asociaciones.

Figura 2-1. Relación entre los efectos y la exposición a contaminantes atmosféricos.



La revisión periódica de la evidencia científica internacional sobre los efectos adversos de los contaminantes en la salud pública, es realizada por organismos internacionales como la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) y sirve como soporte en la definición de los límites permisibles de exposición a los principales contaminantes del aire. La OMS recomienda valores límite que sirven como guía a los países para el establecimiento de las normas nacionales, lo que dependerá finalmente de factores como la gestión del riesgo, aspectos tecnológicos, económicos, políticos y sociales (OMS, 2005).

La definición de límites o estándares de calidad del aire en un país, tiene como objetivo orientar la gestión de la calidad del aire y asegurar la protección de la salud de la población, especialmente de los grupos más sensibles. Estos límites se establecen para exposición breve (24 horas) y/o prolongada (media anual), dependiendo del contaminante y del fundamento científico (OMS, 2005).

En Colombia los estándares de calidad del aire son basados en la legislación de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. La Resolución 610 de marzo de 2010, expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), que modificó la Resolución 601 de 2006, establece los niveles máximos permisibles para contaminantes criterio que rigen en el territorio nacional. Un avance significativo en esta norma es la inclusión de los niveles máximos permisibles para el material particulado menor a 2.5 micrómetros -PM2.5-, que entraron en vigencia a partir del primero de enero de 2011. En la Tabla 2-1 se aprecian estos límites permisibles.

Tabla 2-1. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio en Colombia.

Contaminante	Unidad	Límite máximo permisible	Tiempo de exposición
PST	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100	Anual
		300	24 horas
PM10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	50	Anual
		100	24 horas
PM2.5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	25	Anual
		50	24 horas
SO ₂	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	80	Anual
		250	24 horas
		750	3 horas
NO ₂	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100	Anual
		150	24 horas
		200	1 hora
O ₃	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	80 (0,041 ppm)	8 horas
		120 (0,061 ppm)	1 hora
CO	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	10.000	8 horas
		40.000	1 hora

Fuente: Resolución 610 del 24 de marzo de 2010. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. República de Colombia.

La red de monitoreo de calidad del aire del Valle de Aburrá, está orientada al seguimiento de los contaminantes criterio regulados en la legislación colombiana para la protección de la salud de la población. Los contaminantes monitoreados son el material particulado total ó partículas suspendidas totales -PST-, partículas menores a 10 micrómetros -PM10-, partículas menores a 2.5 micrómetros -PM2.5-, dióxido de nitrógeno -NO₂-, ozono -O₃-, monóxido de carbono -CO- y dióxido de azufre -SO₂-.

El material particulado es un indicador que se utiliza en la evaluación de la calidad del aire, el cual comprende una mezcla de sólidos y líquidos suspendidos en el aire. Las partículas cuyo diámetro aerodinámico es inferior a 10 micrómetros son tan pequeñas que pueden ingresar a los pulmones causando riesgos a la salud. Son generadas en los procesos de desintegración mecánica y por el polvo resuspendido en las vías a causa del rodamiento de los vehículos, fracción que tiene por tanto un origen mayoritariamente natural.

La fracción fina del PM10, son las partículas menores a 2.5 micrómetros ó PM2.5, emitidas directamente en todos los procesos de combustión (incluyendo vehículos automotores, algunos procesos industriales, incendios forestales, termoeléctricas) y generadas también por transformación química en el aire de gases de combustión como los óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles, al que se denomina material particulado secundario.

Por sus características de formación y tamaño, el PM2.5 es capaz de ingresar a los alvéolos pulmonares, causando un mayor riesgo para la salud, de allí que su control se ha priorizado en la definición e implementación de estrategias de reducción de la contaminación del aire en el Valle de Aburrá (AMVA-UPB, 2010).

El dióxido de nitrógeno -NO₂- es un gas de color parduzco que puede afectar el sistema respiratorio y cuya principal fuente de emisión son los procesos de combustión. Generalmente se encuentra en la atmósfera íntimamente asociado con otros contaminantes primarios, como las partículas ultrafinas, es decir, con diámetro menor a 1 micrómetro. Este gas, conjuntamente con el óxido nítrico (NO), conforman los óxidos de nitrógeno, representados

como NOx. En el Valle de Aburrá, el tráfico rodado aporta el 80% de los NOx, según el inventario de emisiones actualizado en el 2011.

Los óxidos de nitrógeno actúan en la atmósfera como gases precursores en la formación de material particulado y ozono troposférico. Esta característica cobra relevancia en la gestión de la calidad del aire en la región metropolitana, cuyas políticas están siendo orientadas al control del PM2.5 y el ozono, identificados como contaminantes críticos en el Valle de Aburrá (AMVA-UPB, 2010).

El ozono -O₃- es un contaminante de alto poder oxidante que puede penetrar fácilmente por las vías respiratorias más finas generando irritaciones. Su formación ocurre en la atmósfera por reacción química de los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles. La luz solar y el calor aceleran esta reacción. El control de los niveles de ozono está determinado por tanto de la eficacia en las estrategias de reducción de sus gases precursores, emitidos tanto por el tráfico rodado como por la industria.

El monóxido de carbono -CO- es un gas sin color ni olor, el cual proviene de la quema de combustibles fósiles, siendo los automóviles y la industria los principales contribuyentes. En el Valle de Aburrá, el tráfico rodado aporta el 95% del monóxido de carbono, según el inventario de emisiones actualizado en el 2011.

3 CLASIFICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO

En este capítulo se presenta el soporte técnico de la clasificación de las estaciones que conforman la Red de monitoreo de calidad del aire en el Valle de Aburrá, análisis realizado siguiendo los lineamientos del estudio de optimización de la red (AMVA-CEAM-UPB, 2010).

La optimización de la red de monitoreo del Valle de Aburrá, está dirigida a realizar el seguimiento de las concentraciones en puntos representativos de los diferentes entornos que conforman el área metropolitana, información que debe ser analizada conjuntamente con los fenómenos de dispersión y transporte de contaminantes y la distribución de emisiones, para un mayor conocimiento de la calidad del aire.

La metodología empleada en el estudio de optimización de la red, la cual es coherente con la metodología descrita en el Manual de diseño de sistemas de vigilancia de la calidad del aire (IDEAM, 2010), define la agrupación de las estaciones de monitoreo en cinco categorías (fondo rural, urbana, fondo urbano, suburbana e indicativas) localizadas de manera estratégica a lo largo del valle, para que generen información relevante en la correcta interpretación de la evolución de la concentración de contaminantes y la identificación de su origen de acuerdo con la distribución de las fuentes de emisión y la circulación de vientos predominante.

La distribución geográfica de las estaciones de monitoreo, obedece al entendimiento del Valle de Aburrá como una cuenca atmosférica, unidad fisiográfica que por sus características topográficas y climatológicas, delimita un volumen de aire con características similares, en donde confluyen los fenómenos de formación, transformación y transporte de contaminantes y de manera generalizada, se identifican unos patrones de circulación de vientos (AMVA, 2011). Los tipos de estaciones definidos en el estudio de optimización de la red, son los siguientes:

- Estación de fondo: su objetivo es entregar información sobre los niveles de contaminantes que están ingresando al Valle de Aburrá.

- Estación urbana: permite hacer seguimiento en aquellas áreas con emisiones vehiculares e industriales importantes, propias de los grandes núcleos urbanos.
- Estación de fondo urbano: dirigida al conocimiento de los niveles generales de calidad del aire, que no están influenciados de manera directa por las fuentes de emisión.
- Estación suburbana: su objetivo es entregar información sobre los niveles de contaminación en las laderas del valle, áreas que presentan una dinámica influenciada por las circulaciones del viento de origen local, provocadas por el calentamiento de las laderas.
- Estación indicativa: permite hacer seguimiento de los niveles de contaminantes en zonas que se presumen, en virtud del análisis de los datos realizado, dentro de los territorios a sotavento de las emisiones en el Valle de Aburrá.
- Estación de tráfico: estación de propósito especial para hacer seguimiento en áreas de influencia directa del tráfico vehicular. Se han utilizado para evaluar el impacto de la mejora de los combustibles.

Adicionalmente se utiliza la categoría de tendencia mesoescala, para aquellas estaciones ubicadas en zonas urbanas del valle a una altura superior a los 15 metros, que entregan información de los fenómenos de mezcla de los contaminantes y la tendencia de los datos de calidad del aire y meteorológicos. Esta categoría si bien no está definida en el estudio de optimización de la red, aparece descrita en el Protocolo para la vigilancia y seguimiento del módulo aire del sistema de información ambiental (IDEAM, 2005) y fue adoptada para las estaciones que cumplieran con dicho criterio.

En la Tabla 3-1 se aprecia la clasificación de las estaciones que conforman la Red de monitoreo de calidad del aire en el Valle de Aburrá.

3.1 FONDO

En el estudio de optimización de la red se identificó que la zona norte del Valle de Aburrá sirve como fondo para la evaluación de los niveles de calidad del aire, dados los patrones de circulación de vientos predominantes que permiten una mejor dispersión de las emisiones allí generadas hacia el centro del valle, a la vez que impide que las emisiones producidas al sur alcancen estos territorios.

Las estaciones localizadas en los municipios de Barbosa y Copacabana, se definen como fondo, por su ubicación vientos arriba de las emisiones del área metropolitana y su objetivo, además de entregar información sobre los niveles de contaminantes que están ingresando al Valle de Aburrá, es hacer seguimiento de los niveles a los que está expuesta la población.

Tabla 3-1. Clasificación de las estaciones según el objetivo de monitoreo, diciembre 2012.

CLASIFICACIÓN	NOMBRE ESTACIÓN	MUNICIPIO
Fondo	Hospital San Vicente de Paul (BAR-HSVP)	Barbosa
	Parque de las Aguas (BAR-PAGU)	Barbosa
	Hospital Santa Margarita (COP-HSMA)	Copacabana
Urbana	Institución Educativa Colombia (GIR-IECO)	Girardota
	Museo de Antioquia (MED-MANT)	Medellín
	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Fernando (ITA-PTAR)	Itagüí
	Casa de Justicia de Itagüí (ITA-CJUS)	Itagüí
	Colegio El Rosario Sociedad San Vicente de Paul (ITA-CRSV)	Itagüí
	Plaza de Mercado de Caldas Coperplaza (CAL-PMER)	Caldas
Fondo Urbano	Universidad San Buenaventura (BEL-USBV)	Bello
	Universidad Nacional de Colombia, Núcleo El Volador (MED-UNNV)	Medellín
Suburbana	Concejo de Itagüí (ITA-CONC)	Itagüí
	Centro Administrativo Municipal de La Estrella (EST-CAM)	La Estrella
	El Poblado Loma Los Balsos (MED-POBL)	Medellín
	Villa Hermosa (MED-VIHE)	Medellín
	Universidad de Medellín (MED-UDEM)	Medellín
	Corporación Universitaria Lasallista (CAL-LASA)	Caldas
Tráfico	Universidad Nacional Facultad de Minas Bloque M1 (MED-UNFM)	Medellín
	Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid (MED-PJIC)	Medellín
Tendencia mesoescala	Corantioquia (MED-CORA)	Medellín
	Éxito San Antonio (MED-EXSA)	Medellín
	Centro Administrativo Municipal de Sabaneta (SAB-CAM)	Sabaneta

3.2 URBANA

En el Valle de Aburrá, las emisiones por tráfico rodado son mayores en la zona centro del municipio de Medellín, mientras que las mayores emisiones por fuentes fijas se concentran en el municipio de Itagüí según el inventario (AMVA-UPB, 2011).

El sitio de monitoreo localizado en el Museo de Antioquia, municipio de Medellín, se seleccionó con el objetivo de hacer seguimiento en áreas con gran concentración de emisiones vehiculares, por ser un sector donde confluyen rutas de servicio público colectivo intermunicipales y en general se identifica una actividad vehicular propia de los centros urbanos.

La estación Planta de Tratamiento San Fernando está localizada sobre el eje central del valle y representa un área con influencia de emisiones vehiculares e industriales. La estación Plaza de Mercado en el municipio de Caldas, se ubica en un entorno con emisiones vehiculares importantes por su cercanía al parque principal de este municipio.

Las estaciones Casa de Justicia y Colegio El Rosario, están ubicadas en el municipio de Itagüí, el cual reporta mayores emisiones industriales según el inventario.

La estación localizada en el municipio de Girardota, se clasifica como urbana, la cual puede verse afectada por las emisiones provenientes del corredor industrial que se asienta en este municipio.

3.3 FONDO URBANO

Las estaciones de fondo urbano tienen la característica de estar ubicadas en núcleos urbanos pero alejadas de vías de alto flujo vehicular o asentamientos industriales. De acuerdo con el estudio de optimización de la red, se identificó la necesidad de una estación de este tipo en la zona norte del valle y una segunda en la zona centro. Con este objetivo se seleccionaron la Estación Universidad San Buenaventura, ubicada en el municipio de Bello y la estación Universidad Nacional de Colombia, Núcleo El Volador en Medellín.

3.4 SUBURBANA

Las estaciones suburbanas se localizan en las laderas del valle, entorno que presenta unas características particulares por las circulaciones del viento y su comportamiento como sumideros de contaminantes que son emitidos en la zona centro del valle. En el Valle de Aburrá se han definido las estaciones Concejo de Itagüí, Centro Administrativo Municipal de La Estrella, Universidad de Medellín, Villa Hermosa, Loma Los Balsos Poblado y la Corporación Universitaria Lasallista, con el propósito de conocer los niveles de contaminación en estos entornos.

3.5 TRÁFICO.

En el Valle de Aburrá, las estaciones Facultad de Minas de la Universidad Nacional y Politécnico Jaime Isaza Cadavid, han servido como referente para evaluar el impacto del mejoramiento de los combustibles, por su ubicación estratégica en inmediaciones de vías de alto flujo vehicular. Los niveles de contaminación monitoreados, son susceptibles de la actividad en la vía, como lo evidencia el incremento significativo de las concentraciones de PM10 en la estación Facultad de Minas en el 2012, debido a la ampliación de la vía al mar.

3.6 TENDENCIA MESOESCALA.

Las condiciones de microlocalización de una estación de calidad del aire, son determinantes en la definición de los objetivos de vigilancia. Las estaciones Corantioquia, Éxito San Antonio y Centro Administrativo Municipal de Sabaneta están ubicadas en áreas urbanas a una altura superior a los 15 metros sobre el nivel del suelo, que si bien no permiten medir la exposición de la población, entregan información de los fenómenos de mezcla de los contaminantes y la tendencia de los datos de calidad del aire y meteorológicos.

4 REANÁLISIS DE LOS DATOS DE CALIDAD DEL AIRE

Actualmente existen en la red 32 equipos automáticos de medida en continuo de parámetros de calidad del aire, los cuales generan una gran cantidad de datos que deben ser validados antes de proceder con su análisis e interpretación. Esta tarea hace parte del control de calidad de la red y es realizada por el operador, la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

El procedimiento para la validación de datos de la Red de monitoreo de la calidad del aire del Valle de Aburrá (AMVA-UNAL, 2011), se realiza en tres niveles: un primer nivel consiste en las actividades de mantenimiento y calibración en cada estación conjuntamente con la recopilación de los datos de campo; en el segundo nivel se identifican eventos como fallas de potencia, fallas del instrumento o del sistema de adquisición de datos, entre otros y en el nivel tres se identifican datos atípicos utilizando métodos gráficos y estadísticos.

Una de las tareas de la Universidad Pontificia Bolivariana en el Convenio 256 de 2013 es apoyar la validación de datos de calidad del aire a partir del nivel tres que es ejecutado de manera rutinaria por el operador, mediante el re análisis de las series temporales y la detección de datos erróneos, como garantía de confiabilidad para el posterior análisis de la información. En esta labor se utilizan herramientas informáticas y el criterio del personal con conocimiento en los factores que afectan el comportamiento espacio-temporal de las concentraciones como el entorno inmediato de las estaciones, la distribución de las fuentes de emisión, la dinámica de contaminantes y las condiciones meteorológicas.

La revisión de las series de datos se realiza con una frecuencia mensual y consiste en la elaboración de indicadores (promedios horarios, octohorarios, diarios, máximos y mínimos) que faciliten el examen de los datos en ventanas temporales anuales e interanuales, con el fin de tener una perspectiva más amplia en el análisis del comportamiento de los datos.

Para la automatización de las tareas rutinarias requeridas en el proceso de re análisis de los datos de calidad del aire, se utiliza el aplicativo web **ΣIGMA**, soportado en la base de datos MySQL con licencia GPL, código php y javascript, desarrollado por el equipo de trabajo

durante el Convenio 243 de 2012, el cual permite hacer consultas del histórico de los datos de las diferentes estaciones de monitoreo de la red, el re análisis de la información de calidad del aire, desde la actualización de los datos de la red hasta su representación gráfica para la visualización de comportamientos atípicos, además de los gráficos necesarios para el análisis de tendencias y la definición de los índices de calidad del aire.

Los pasos a seguir para el procesamiento de los datos de calidad del aire en el aplicativo web **ΣIGMA** son:


- Los datos son recibidos en formato Excel.
- Los datos son estructurados según la base de datos y posteriormente convertidos a un formato CSV para ser insertados en el aplicativo web. En esta tarea el personal técnico invierte cuatro horas aproximadamente.
- Se procede a la ejecución de la rutina de validación de datos dentro de los rangos máximos y mínimos establecidos previamente, identificando mediante banderas aquellos que los sobrepasen.
- Se ejecutan las rutinas de elaboración de gráficos y verificación humana con la opción de insertar nuevas banderas y comentarios.
- Se analizan los datos apoyados en las diferentes graficas estadísticas y de comportamiento.

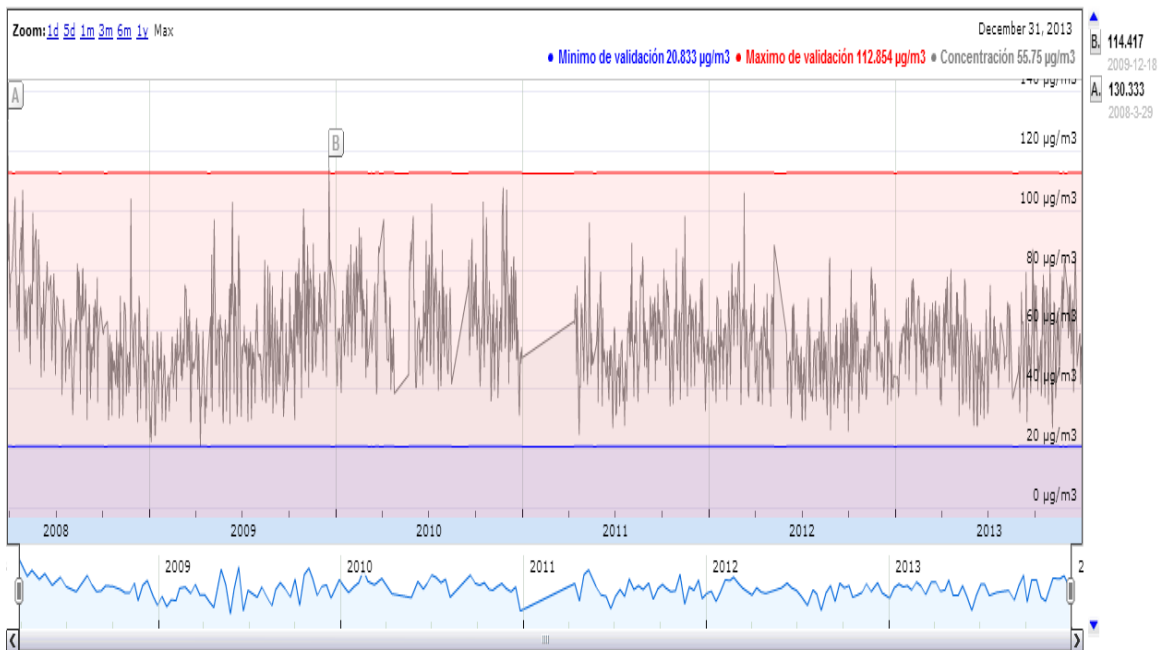
En la Figura 4-1 se muestra el tipo de gráfico generado para la visualización de los datos en las series diaria, mensual, anual o interanual, función que es posible debido a que el eje “x” es dinámico, permitiendo hacer desplazamientos en el eje. La consulta en el aplicativo web **ΣIGMA** se realiza por especie (tipo de contaminante), estación y fecha. En la parte superior de la pantalla aparece información sobre la curva generada, como número de datos, máximo de validación y norma. Los datos que corresponden a la asignación de una bandera se muestran en la parte superior derecha de la gráfica.

Para mayor información sobre el aplicativo web **ΣIGMA** remitirse al informe final Convenio 243 de 2012.

Figura 4-1. Visualización de las series temporales de los promedios diarios de PM10 en el aplicativo web SIGMA.

CURVAS DE VALIDACIÓN

Estación :	Exito San Antonio		
Número de datos :	1404		
Maximo de Validación:	112.854	Minimo de Validación:	20.833
periodo de max y min de validación :	<input type="text" value="2008-03-29"/>	<input type="text" value="2012-12-31"/>	
Periodo de consulta :	<input type="text" value="2008-03-29"/>	<input type="text" value="2013-12-31"/>	
Tiempo de exposición :	<input checked="" type="radio"/> 24 h 		
Especie :	Estacion:		<input type="button" value="Consultar"/>
PM 10 Automatico	MED-EX/S4->Exito San Antonio		



4.1 APLICACIÓN DEL TEST DE LÍMITES.

Uno de los métodos de validación de datos referenciado en el Manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire del IDEAM, es el test de límites, el cual consiste en definir el límite mínimo de validación como el valor mínimo positivo presentado por el parámetro durante toda la historia de monitoreo y el límite máximo de validación como la mediana más tres veces la amplitud intercuartílica del conjunto total de datos.

Mediante el aplicativo web ζ IGMA los valores límite se fijan de manera automática por parámetro y por estación y los datos que están por fuera de estos límites son identificados mediante una bandera, para ser analizados como datos atípicos. Se procede por tanto a la consulta con el operador de la red de los metadatos para determinar si son descartados. Es importante destacar que la validación se hace sobre los datos brutos, es decir, se revisan los archivos originales suministrados por el operador en el caso que se requiera invalidar un dato.

En la aplicación del test de límites se utilizó la base de datos 2008 - 2013 para determinar el mínimo y el máximo histórico. Los valores de validación se obtuvieron por parámetro y por estación de monitoreo y se identificaron los datos que estaban por fuera de este intervalo en el mes de diciembre de 2013. En el caso de aquellas estaciones que entraron en funcionamiento a partir del 2012, se utiliza la herramienta de visualización ζ IGMA, para detectar comportamientos atípicos. Se recomienda disponer de mínimo un año de datos para obtener los mínimos y máximos de validación. Los resultados obtenidos para PM2.5, PM10, NO2 y ozono se aprecian en la Tabla 4-1, Tabla 4-2, Tabla 4-3, Tabla 4-4.

Tabla 4-1. Valores mínimos y máximos de validación para promedios diarios de PM2.5 y verificación para Diciembre 2013.

Estación	Período de obtención del mínimo y máximo de validación	Mínimo de validación $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Máximo de validación $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Número de datos de diciembre 2013 que sobrepasan el mínimo de validación	Número de datos de diciembre 2013 que sobrepasan el máximo de validación
Universidad Nacional Núcleo El Volador (MED-UNNV)	19/sep/2012-31/dic/2013	11	61	0	0
Lomas Los Balsos El Poblado (MED-POBL)	13/sep/2012-31/dic/2013	8	53	0	0
Concejo de Itagüí (ITA-CONC)	07/jul/2012-31/dic/2013	8	51	0	0
Casa de Justicia de Itagüí (ITA-CJUS)	01/mar/2012-31/dic/2013	9	56	0	0
Museo de Antioquia (MED-MANT)	28/nov/2012-31/dic/2013	17	67	0	0
Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid (MED-PJIC)	20/sep/2008-31/dic/2013	2	55	0	0
Corporación Universitaria Lasallista (CAL-LASA)	27/oct/2012-31/dic/2013	7	54	0	0
Universidad Nacional-Facultad de Minas (MED-UNFM)	09/abr/2011-31/dic/2013	3	52	0	0

Tabla 4-2. Valores mínimos y máximos de validación para promedios diarios de PM10 y verificación para Diciembre 2013.

Estación	Período de obtención del mínimo y máximo de validación	Mínimo de validación $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Máximo de validación $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Número de datos de diciembre 2013 que sobrepasan el mínimo de validación	Número de datos de diciembre 2013 que sobrepasan el máximo de validación
Hospital San Vicente de Paul (BAR-HSVP)	12/abr/2008-31/dic/2013	9	75	0	0
Institución Educativa Colombia (GIR-IECO)	03/abr/2008-31/dic/2013	15	81	0	0
Hospital Santa Margarita (COP-HSMA)	12/abr/2008-31/dic/2013	5	86	0	0
Universidad San Buenaventura (BEL-USBV)	28/nov/2012-31/dic/2013	21	64	0	0
Villa Hermosa (MED-VIHE)	01/ene/2013-31/dic/2013	13	63	0	3
Éxito San Antonio (MED-EXSA)	28/mar/2008-31/dic/2013	21	110	0	0
Universidad Nacional Facultad de Minas Bloque M2 (MED-UNFM) ⁽¹⁾	12/abr/2008-31/dic/2011	7 ⁽²⁾	148 ⁽²⁾	0	0
Corantioquia (MED-CORA)	01/ene/2009-31/dic/2013	11	99	0	0
Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid (MED-PJIC) ⁽³⁾	15/abr/2008-31/dic/2013	8	121	0	0
Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Fernando (ITA-PTAR)	28/mar/2008-31/dic/2013	13	116	0	0
Colegio El Rosario Sociedad San Vicente de Paul (ITA-CRSV)	28/mar/2008-31/dic/2013	22	114	0	0
Centro Administrativo Municipal de Sabaneta (SAB-CAM)	15/abr/2008-31/dic/2013	13	97	0	0
Concejo de Itagüí (ITA-CONC)	05/jun/2012-31/dic/2013	14	84	0	0
Centro Administrativo Municipal de La Estrella (EST-CAM)	12/abr/2008-31/dic/2013	10	96	0	0
Plaza de Mercado de Caldas Coperplaza (CAL-PMER) ⁽⁴⁾	06/jun/2008-31/dic/2013	11	123	0	0

⁽¹⁾ Los datos corresponden al equipo PM10 manual. El equipo PM10 automático reinició operación el 17 de agosto de 2012.

⁽²⁾ En la determinación del mínimo y máximo de validación no se incluyeron los datos de enero a mayo de 2012, porque las concentraciones presentaban un comportamiento diferente a la tendencia histórica, a causa de la ampliación de la vía ubicada a menos de 10 metros de la estación.

⁽³⁾ Los datos corresponden al equipo PM10 manual. El equipo PM10 automático entró en operación en octubre de 2012.

⁽⁴⁾ Los datos corresponden al equipo PM10 automático.

Tabla 4-3. Valores mínimos y máximos de validación para promedios horarios de NO₂ y verificación para Diciembre 2013.

Estación	Período de obtención del mínimo y máximo de validación	Mínimo de validación ppb	Máximo de validación ppb	Número de datos de diciembre 2013 que sobrepasan el mínimo de validación	Número de datos de diciembre 2013 que sobrepasan el máximo de validación
Universidad San Buenaventura (BEL-USBV)	08/jun/2012-31/dic/2013	0	25	0	6
Universidad Nacional Núcleo El Volador (MED-UNNV)	14/sep/2012-31/dic/2013	4	40	0	7
Museo de Antioquia (MED-MANT)	01/jul/2012-31/dic/2013	0	45	0	9
Universidad Nacional-Facultad de Minas (MED-UNFM)	06/sep/2012-31/dic/2013	2	42	0	23
Casa de Justicia de Itagüí (ITA-CJUS)	12/abr/2012-31/dic/2013	0	37	0	5

Tabla 4-4 Valores mínimos y máximos de validación para promedios horarios de ozono y verificación para Diciembre 2013.

Estación	Período de obtención del mínimo y máximo de validación	Mínimo de validación ppm	Máximo de validación ppm	Número de datos de diciembre 2013 que sobrepasan el mínimo de validación	Número de datos de diciembre 2013 que sobrepasan el máximo de validación
Parque de las Aguas (BAR-PAGU)	02/oct/2012-31/dic/2013	0,0009	0,0734	0	0
Universidad San Buenaventura (BEL-USBV)	16/dic/2012-31/dic/2013	0,001	0,059	0	2
Universidad Nacional Núcleo El Volador (MED-UNNV)	14/sep/2012-31/dic/2013	0	0,035	0	13
Universidad de Medellín (MED-UDEM)	13/sep/2012-31/dic/2013	0	0,05615	0	9
Lomas Los Balsos El Poblado (MED-POBL)	13/sep/2012-31/dic/2013	0	0,0623	0	14
Villa Hermosa (MED-VIHE)	12/sep/2012-31/dic/2013	0	0,0587	0	2
Concejo de Itagüí (ITA-CONC)	01/jul/2012-31/dic/2013	0	0,08	0	0
Corporación Universitaria Lasallista (CAL-LASA)	27/oct/2012-31/dic/2013	0,001	0,0692	0	1

En la Figura 4-2, la Figura 4-3 y Figura 4-4 se presentan ejemplos de la identificación de datos atípicos mediante la verificación del mínimo y máximo de validación en el aplicativo web ζ IGMA, en el cual se utilizó la base de datos 2008 - 2013.

Figura 4-2. Visualización de las series temporales de los promedios diarios de PM2.5 en la estación Universidad Nacional-Facultad de Minas, mediante el aplicativo web ζ IGMA. Diciembre 2013.

CURVAS DE VALIDACIÓN

Estación :	Universidad Nacional - Facultad de Minas		
Número de datos :	169		
Máximo de Validación:	51.64	Mínimo de Validación:	3.000
periodo de max y min de validación :	<input type="text" value="2011-04-09"/>	<input type="text" value="2013-12-29"/>	
Periodo de consulta :	<input type="text" value="2013-12-01"/>	<input type="text" value="2013-12-29"/>	
Tiempo de exposición :	<input checked="" type="radio"/> 24 h		
Especie :	Estación:		<input type="button" value="Consultar"/>
PM 2.5 Semi Automatico ▼	MED-UNFM->Universidad Nacional - Facultad de Minas ▼		

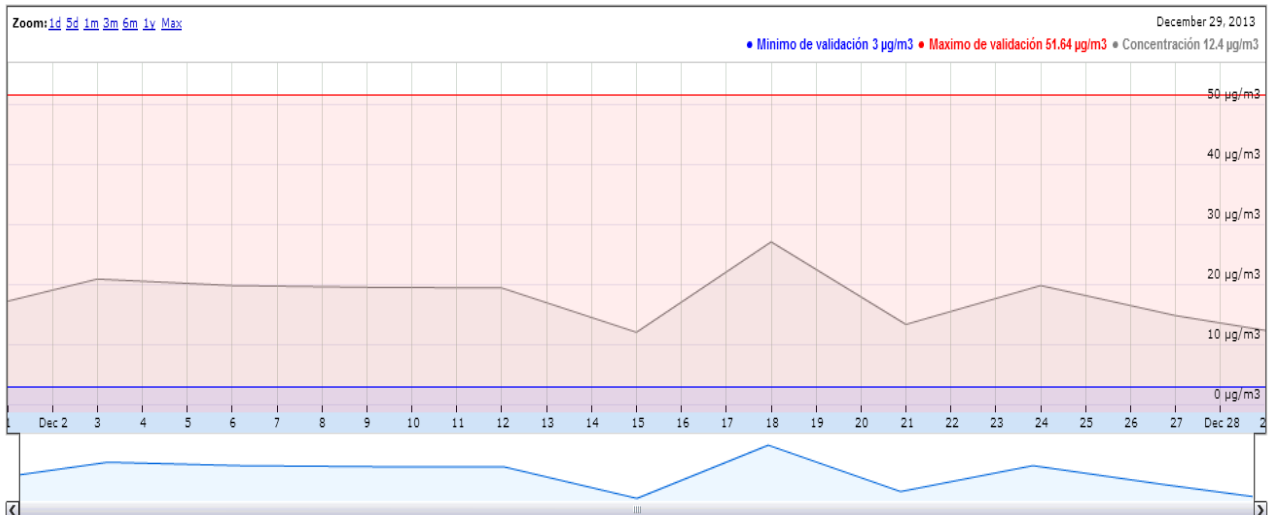


Figura 4-3. Visualización de las series temporales de los promedios diarios de PM10 en la estación Hospital San Vicente de Paul en Barbosa, mediante el aplicativo web SIGMA. Diciembre 2013.

CURVAS DE VALIDACIÓN

Estación :	Hospital San Vicente de Paul		
Número de datos :	630		
Maximo de Validación:	74.98375	Minimo de Validación:	9.000
período de max y min de validación :	2008-04-12		2013-12-29
Período de consulta :	2013-12-01		2013-12-29
Tiempo de exposición :	<input checked="" type="radio"/> 24 h		
Especie :	Estacion:		Consultar
PM 10 Manual	BAR-HSVP->Hospital San Vicente de Paul		

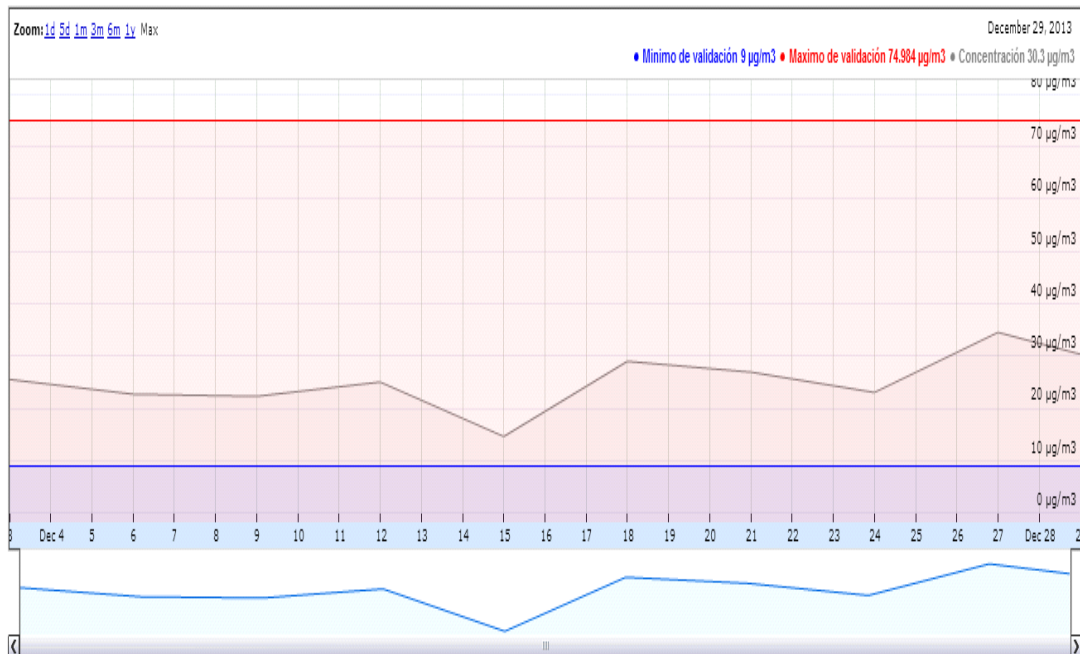
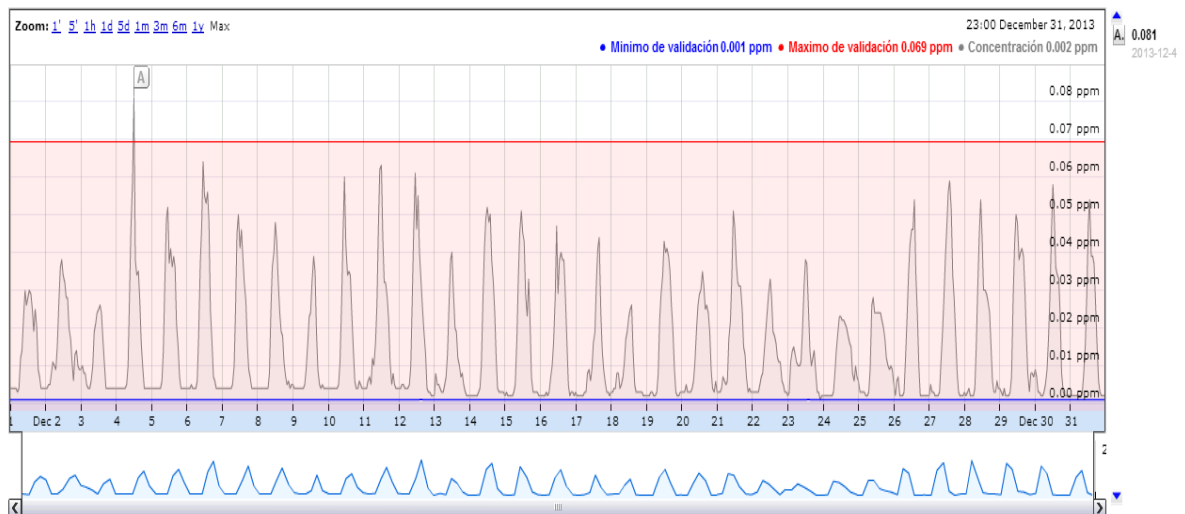


Figura 4-4. Visualización de los datos horarios de ozono en la estación Corporación Universitaria Lasallista, mediante el aplicativo web SIGMA, Diciembre 2013.

CURVAS DE VALIDACIÓN

Estación :	Corporación Universitaria Lasallista		
Número de datos :	742		
Maximo de Validación:	0.06925	Minimo de Validación:	0.001
periodo de max y min de validación :	2012-10-27	2013-12-31	
Periodo de consulta :	2013-12-01	2013-12-31	
Tiempo de exposición :	<input checked="" type="radio"/> 1 h <input type="radio"/> 8 h		
Especie :	Ozono	Estacion:	CAL-LASA->Corporación Universitaria Lasallista
			<input type="button" value="Consultar"/>



Los datos fuera de los límites fueron informados al operador de la red, quien reportó que no se presentaron inconvenientes con los metadatos. Por lo tanto se seguirá realizando un seguimiento a estos parámetros.

4.2 COMPARACIÓN DE LAS SERIES NUMÉRICAS.

Consiste en comparar las series de una misma variable entre grupos de estaciones en las cuales el comportamiento del parámetro monitoreado sea similar. Este caso ocurre con los contaminantes primarios provenientes del tráfico rodado, los cuales guardan una estrecha relación con los picos de mayor actividad vehicular y de mayor radiación solar, resultando en un comportamiento promedio horario muy definido.

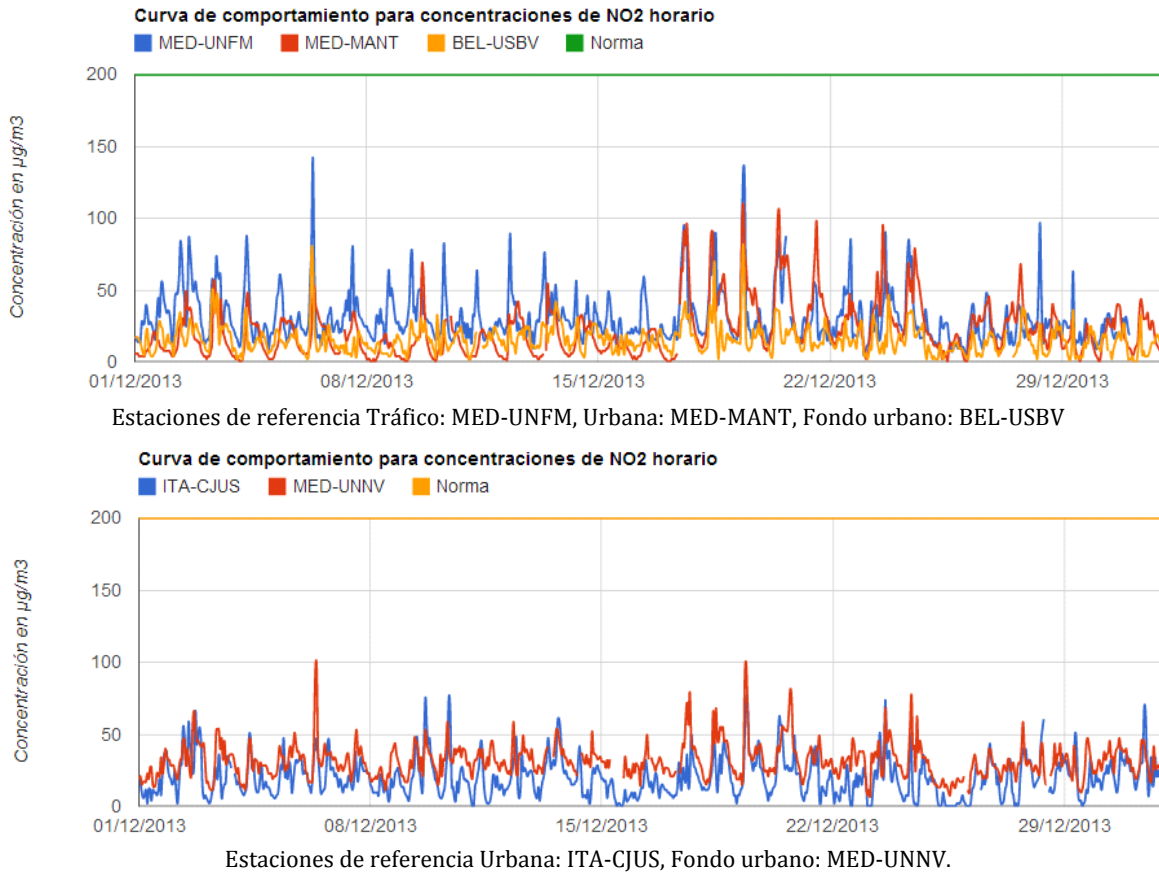
En la Figura 4-5 y la Figura 4-6 se aprecian las concentraciones horarias y diarias de dióxido de nitrógeno en diferentes entornos del Valle de Aburrá donde este contaminante es monitoreado, condición que incide en los niveles registrados y que a su vez permite verificar si las estaciones están cumpliendo con los objetivos de monitoreo definidos. Las curvas de NO₂ se presentan en dos gráficos para visualizar mejor el comportamiento del contaminante por tipo de estación.

En general los niveles de NO₂ siguen una pauta similar y oscilan en un rango específico en cada grupo de estaciones seleccionado. En el caso de identificarse un comportamiento anómalo en una estación, se procedería con la revisión de los datos en una gráfica del aplicativo web SIGMA que proporcione una mayor resolución.

En el primer grupo de estaciones de la Figura 4-5 la mayoría de las concentraciones son inferiores a la norma, los niveles más altos son registrados en la estación de tráfico (MED-UNFM), mientras que los niveles más bajos se registran en la estación de fondo urbano (BEL-USBV), lo que guarda coherencia con los objetivos de vigilancia de la red.

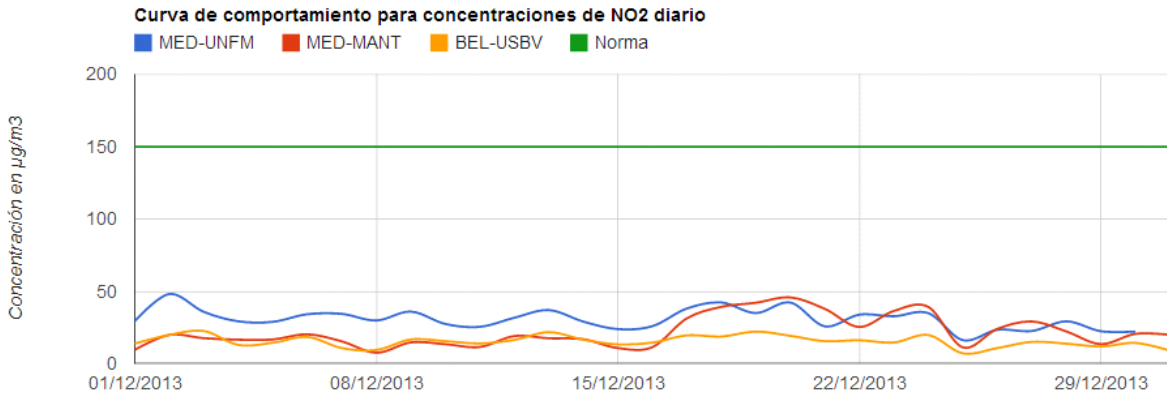
En el segundo grupo de estaciones predominan las concentraciones inferiores a 150 µg/m³, los niveles más altos son registrados en la estación fondo urbano (MED-UNNV) seguido por la estación urbana (ITA-CJUS).

Figura 4-5. Visualización de las concentraciones horarias de NO₂, por tipo de estación, Diciembre 2013.

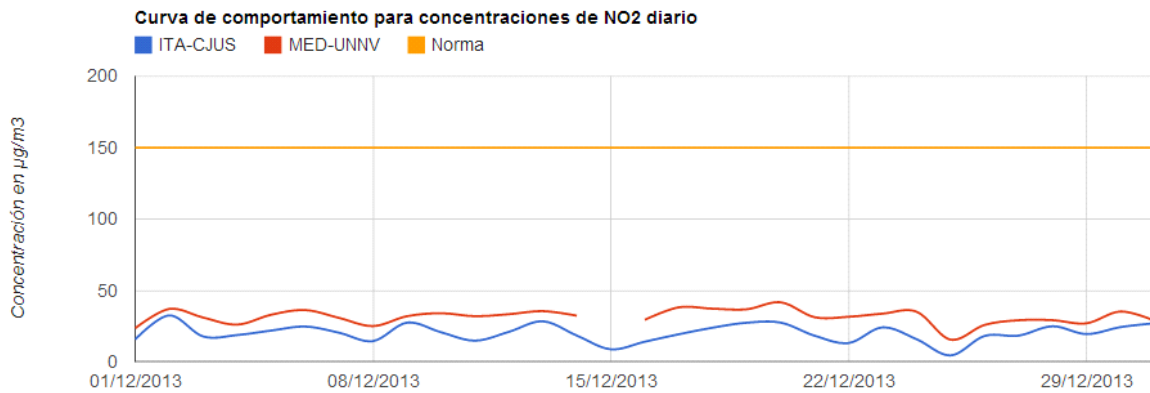


Las concentraciones diarias de dióxido de nitrógeno también muestran un comportamiento similar en los dos grupos de estaciones y oscilan en un rango entre 3 µg/m³ y 70 µg/m³. En la Figura 4-6 se muestran estas concentraciones. La estación que registra los niveles más altos de NO₂ en el primer grupo es la estación urbana MED-MANT y en el segundo grupo se presenta en la estación de fondo urbano MED-UNNV.

Figura 4-6. Visualización de las concentraciones diarias de NO₂, por tipo de estación, Diciembre 2013.



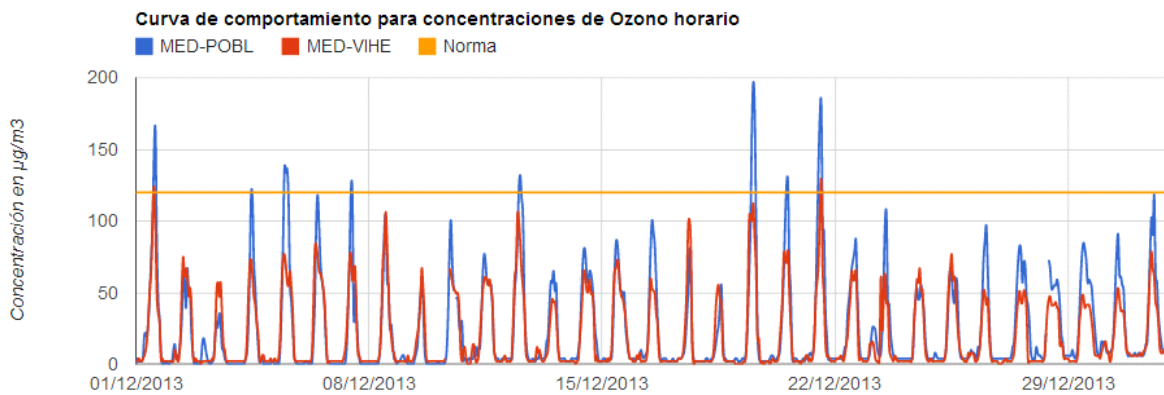
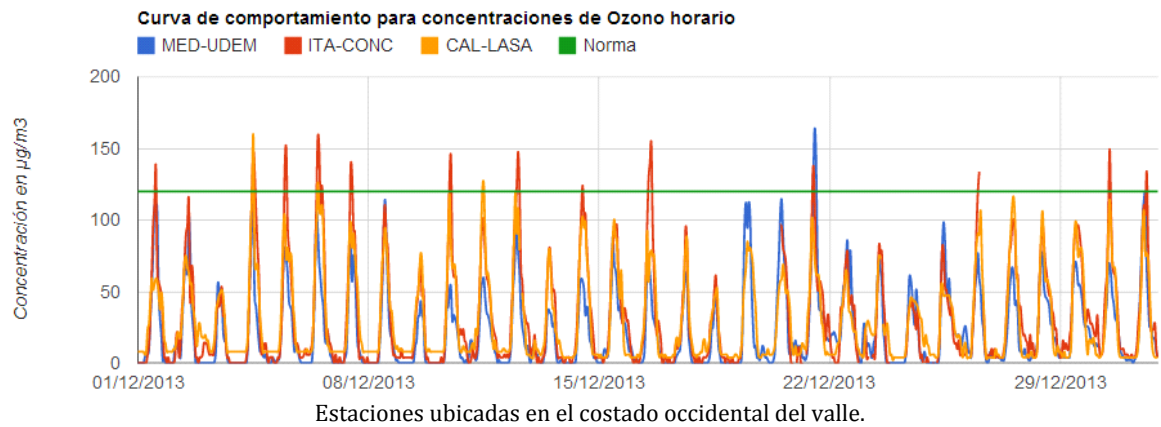
Estaciones de referencia Tráfico: MED-UNFM, Urbana: MED-MANT, Fondo urbano: BEL-USBV



Estaciones de referencia Urbana: ITA-CJUS, Fondo urbano: MED-UNNV.

El ozono es otro contaminante que tiene un comportamiento similar en las estaciones de una misma zona. En la Figura 4-7 se aprecian las estaciones suburbanas localizadas en el costado occidental y en el costado oriental del valle. En el costado oriental se registran concentraciones horarias más altas que alcanzan un máximo de 0,1 ppm. Es importante destacar la coincidencia de los picos horarios en ITA-CONC y MED-UDEM. En el costado occidental predominan las concentraciones horarias inferiores a 0,086 ppm.

Figura 4-7. Visualización de las concentraciones horarias de ozono en estaciones suburbanas, Diciembre 2013.



Estaciones ubicadas en el costado oriental del valle.

5 ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE

Los indicadores de calidad del aire son una herramienta útil para comparar los niveles de contaminación en diferentes estaciones de monitoreo e informar a la población, de manera sencilla, sobre la calidad atmosférica en la zona donde habita y cómo puede verse afectada por su exposición. Esto es posible gracias a que el indicador permite hacer una relación directa entre los niveles de concentración del contaminante y los efectos en la salud.

En Colombia se utiliza el Índice de Calidad del Aire ICA, el cual ha sido adoptado de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S. EPA). El ICA es un valor adimensional que oscila entre 0 y 500, el cual se asocia con una categoría cualitativa de calidad del aire y ésta a su vez con los efectos en la salud. En la Tabla 5-1 se aprecian los puntos de corte del ICA y en la Tabla 5-2 la relación directa con los efectos en la población.

El ICA incluye seis contaminantes: monóxido de carbono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, partículas menores a 10 micrómetros, partículas menores a 2.5 micrómetros y ozono. A partir de las concentraciones medidas por la red de monitoreo, es posible calcular un valor del índice diario para cada contaminante. El valor del ICA más alto, será el ICA que se reporta para ese día.

El ICA se determina para cada uno de los contaminantes y la calidad del aire se define por el aquel que mayor subíndice genere, como resultado de la aplicación de la siguiente ecuación:

$$I_p = \frac{I_{Hi} - I_{Lo}}{BP_{Hi} - BP_{Lo}}(C_p - BP_{Lo}) + I_{Lo}$$

Donde:

I_p = índice del 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 Índice de Calidad del Aire correspondiente al BP_{Hi}

I_{Lo} = valor del Índice de Calidad del Aire correspondiente al BP_{Lo}

Tabla 5-1 Puntos de corte del ICA.

ICA	COLOR	CLASIFICACIÓN	O ₃ 8h ppm	O ₃ 1h Ppm (1)	PM ₁₀ 24h µg/m ³	PM _{2.5} 24h µg/m ³	CO 8h ppm	SO ₂ 24h ppm	NO ₂ 1h ppm
0 - 50	Verde	Buena	0,000 0,059	-	0 54	0,0 15,4	0,0 4,4	0,000 0,034	(2)
51-100	Amarillo	Moderada	0,060 0,075	-	55 154	15,5 40,4	4,5 9,4	0,035 0,144	(2)
101 - 150	Naranja	Dañina a la salud para grupos sensibles	0,076 0,095	0,125 0,164	155 254	40,5 65,4	9,5 12,4	0,145 0,224	(2)
151 - 200	Rojo	Dañina a la salud	0,096 0,115	0,165 0,204	255 354	65,5 150,4	12,5 15,4	0,225 0,304	(2)
201 - 300	Púrpura	Muy Dañina a la salud	0,116 0,374 (0,155 0,404) (4)	0,205 0,404	355 424	150,5 250,4	15,5 30,4	0,305 0,604	0,65 1,24
301-400	Marrón	Peligrosa	(3)	0,405 0,504	425 504	250,5 350,4	30,5 40,4	0,605 0,804	1,25 1,64
401-500	Marrón	Peligrosa	(3)	0,505 0,604	505 604	350,5 500,4	40,5 50,4	0,805 1,004	1,65 2,04

(1) Para O₃ se calculará el índice usando promedios de 8 horas y de 1 hora.

(2) Para NO₂ se tendrán en cuenta valores únicamente por encima de 200 teniendo en cuenta que han sido tomado de valores y parámetros EPA.

(3) Valores de concentraciones de 8 horas de ozono no definen valores más altos de ICA (w301). Los valores de ICA de 301 o mayores serán calculados con concentraciones de 1 hora de ozono.

(4) Los números entre paréntesis se asocian valores de 1 hora que se utilizarán en esta categoría sólo si se superponen.

Fuente: Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. Manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, 2010.

Tabla 5-2. Categoría de calidad del aire y efecto general en la salud.

Categoría	Índice	Efecto general
Buena.	0-50	Ninguna
Moderada	51-100	Las personas extraordinariamente sensitivas deben considerar limitar los esfuerzos prolongados al aire libre.
No saludable 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.
No saludable	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 saludable poco	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	AQI sobre 300	Los valores "peligrosos" es muy probable que la población entera sea afectada.

Fuente: Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. Manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, 2010.

Con el siguiente ejemplo se ilustra la metodología de cálculo del Índice de Calidad del Aire:

En la estación de monitoreo localizada en el edificio Miguel de Aguinaga (MED-AGUI), la concentración de PM_{2.5} medida el 7 de agosto de 2012 fue 16 µg/m³, aplicando la ecuación se tiene:

$$I = ?$$

$$C_p = 16 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$BP_{Hi} = 40,4 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ (Tomado de la Tabla 5.1, puntos de corte del ICA)}$$

$$BP_{Lo} = 15,5 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ (Tomado de la Tabla 5.1, puntos de corte del ICA)}$$

$$I_{Hi} = 100 \text{ (Tomado de la Tabla 5.1, puntos de corte del ICA)}$$

$$I_{Lo} = 51 \text{ (Tomado de la Tabla 5.1, puntos de corte del ICA)}$$

$$I = \frac{100 - 51}{40,4 - 15,5} (16 - 15,5) + 51$$

$$I = 52$$

El ICA para PM2.5 registrado el 7 de agosto de 2012 fue 52, indicando una calidad del aire “Moderada”, según la lectura en la Tabla 5.1. En la estación MED-AGUI también se monitorea PM10, en el mismo día el ICA para este contaminante fue 21, lo que deriva en una calidad atmosférica “Buena”. El contaminante que define la calidad del aire, conocido como máximo operador, en la estación MED-AGUI para el 7 de agosto de 2012, es el PM2.5 porque el ICA generado es mayor.

El ICA también se reporta en número de días, como resultado de identificar las categorías de calidad atmosférica registradas en un determinado período de tiempo. Por ejemplo, durante el mes de agosto de 2012, en la misma estación, 2 días la calidad del aire fue “Buena”, 27 días fue “Moderada” y 2 días fue “Dañina para grupos sensibles”. En la Tabla 5.2 es posible conocer los efectos generales y las acciones preventivas asociadas a cada categoría de calidad del aire.

6 CUMPLIMIENTO DE LA NORMA Y CALIDAD DEL AIRE EN EL VALLE DE ABURRÁ

Durante el mes de diciembre de 2013 se superaron los límites recomendados por la norma Colombiana de calidad del aire (Resolución 610 de 2010 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial) para ozono y PM10. En la Figura 6-1, la Figura 6-3, Figura 6-3, Figura 6-4 y Figura 6-5 se aprecian los niveles de PM10, PM2.5 y ozono en las estaciones del Valle de Aburrá y su comparación con la norma.

Los niveles más altos de PM10 se registraron en la estación manual suburbana MED-VIHE, con una concentración máxima de 101 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, la cual sobrepasa la norma diaria colombiana de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Con respecto al PM2.5 los niveles más altos se encuentran en la estación automática urbana MED-MANT, con una concentración máxima de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ la cual no sobrepasa la norma diaria colombiana de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Las excedencias de la norma horaria de ozono se registraron en 7 de 8 estaciones, con un valor máximo de 197 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ medido en la estación suburbana El Poblado (MED-POBL). La norma octohoraria fue excedida en 5 de las 8 estaciones, con un máximo de 112 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, registrado en la estación suburbana Concejo de Itagüí (ITA-CONC), las estaciones que no reportan excedencias de la norma octohoraria fueron la estación de fondo Parque de las Aguas (BAR-PAGU) y las estación de fondo urbano Universidad San Buenaventura (BEL-USBV) y Universidad Nacional núcleo el Volador (MED-UNNV)

La evaluación del Índice de Calidad del Aire –ICA- muestra que los valores más altos fueron alcanzados en las estaciones donde se monitorea el contaminante PM2.5. En la mayoría de las estaciones predomina la calidad del aire “Moderada”. En la Figura 6-6 se observa que 5 de las 9 estaciones registran días con calidad atmosférica “Buena”.

Figura 6-1. Concentraciones diarias de PM10 en el Valle de Aburrá, Equipos Automáticos, Diciembre 2013.

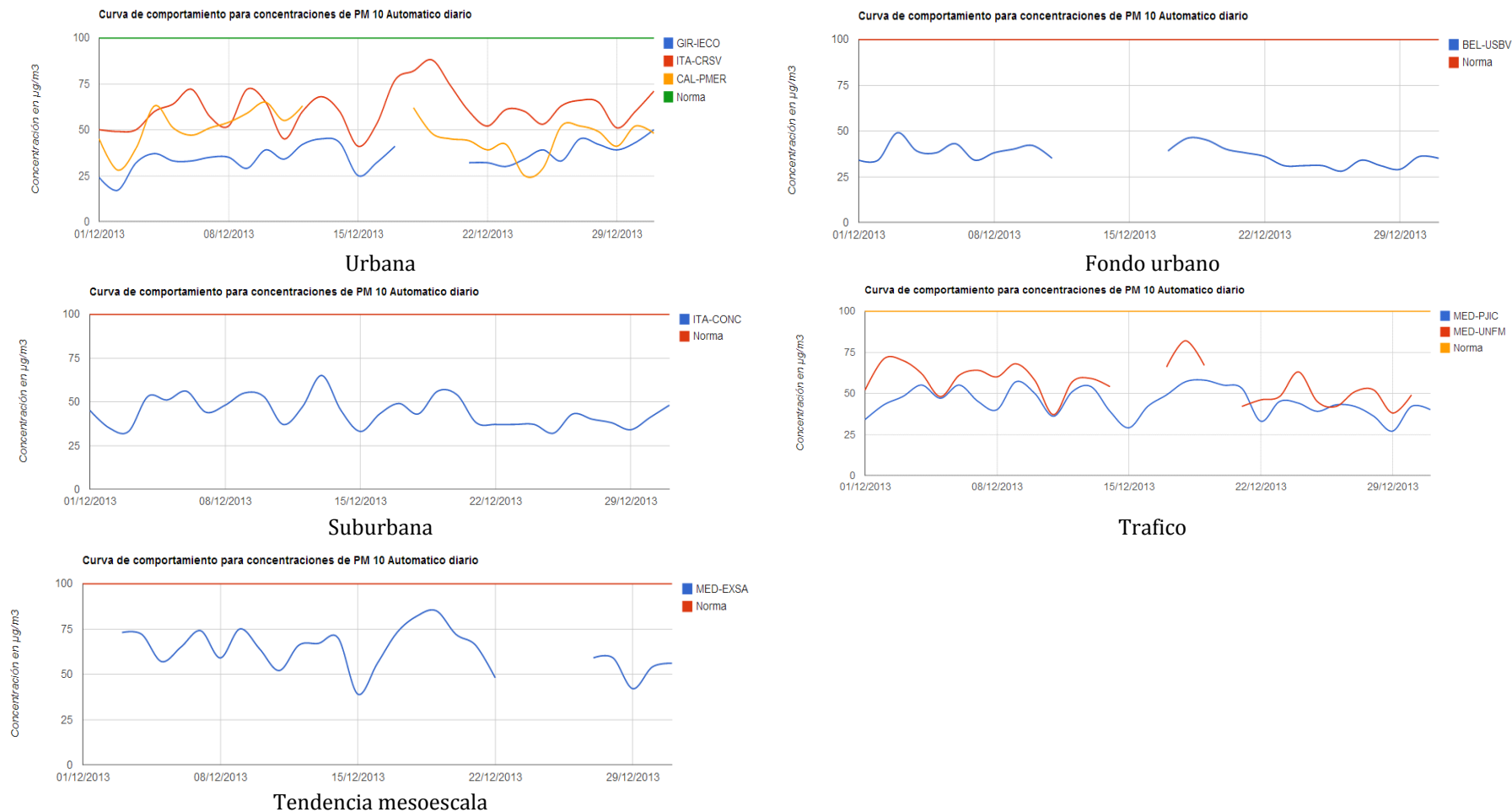
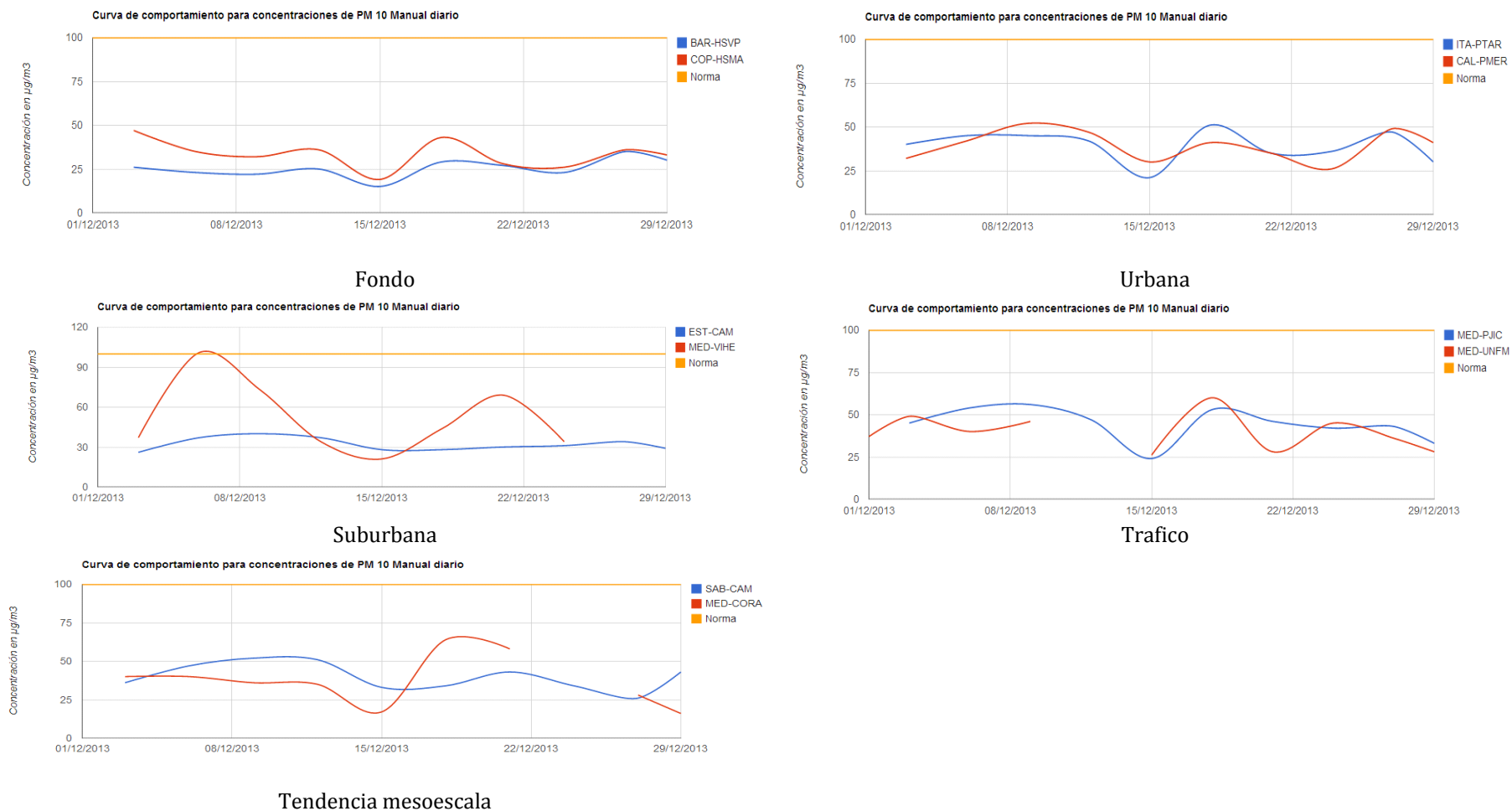
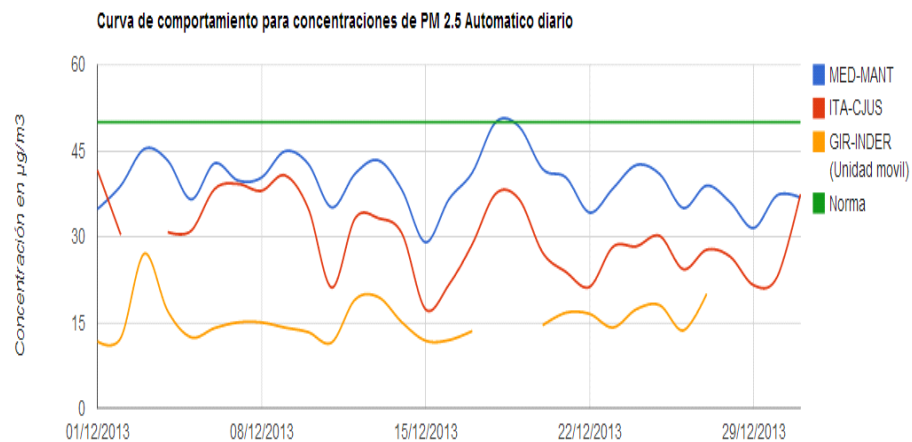


Figura 6-2. Concentraciones diarias de PM10 en el Valle de Aburrá, Equipos Manuales, Diciembre 2013.

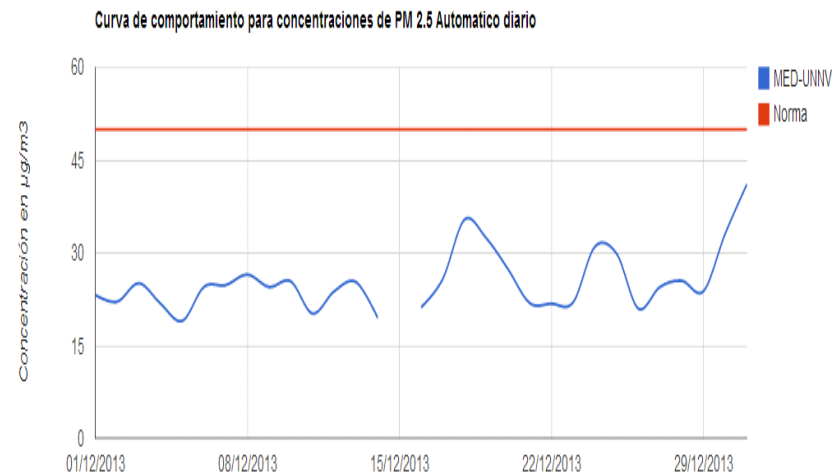


Tendencia mesoescala

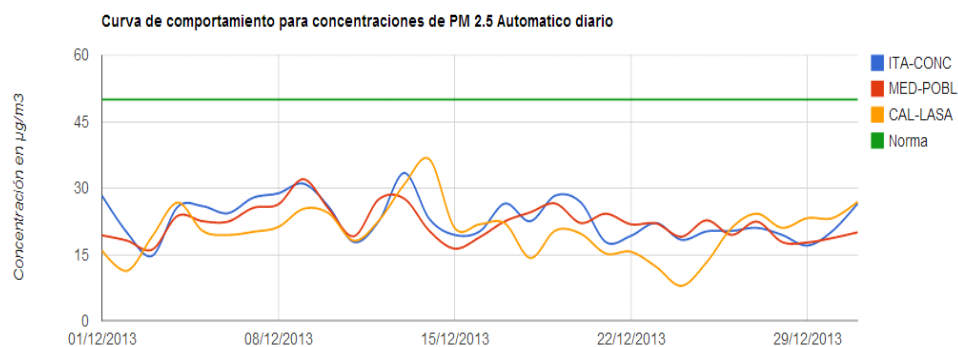
Figura 6-3. Concentraciones diarias de PM2.5 en el Valle de Aburrá, Equipos Automáticos, Diciembre 2013.



Urbana



Fondo urbano



Suburbana

Figura 6-4. Concentraciones diarias de PM2.5 en el Valle de Aburrá, Equipos Semiautomáticos, Diciembre 2013.

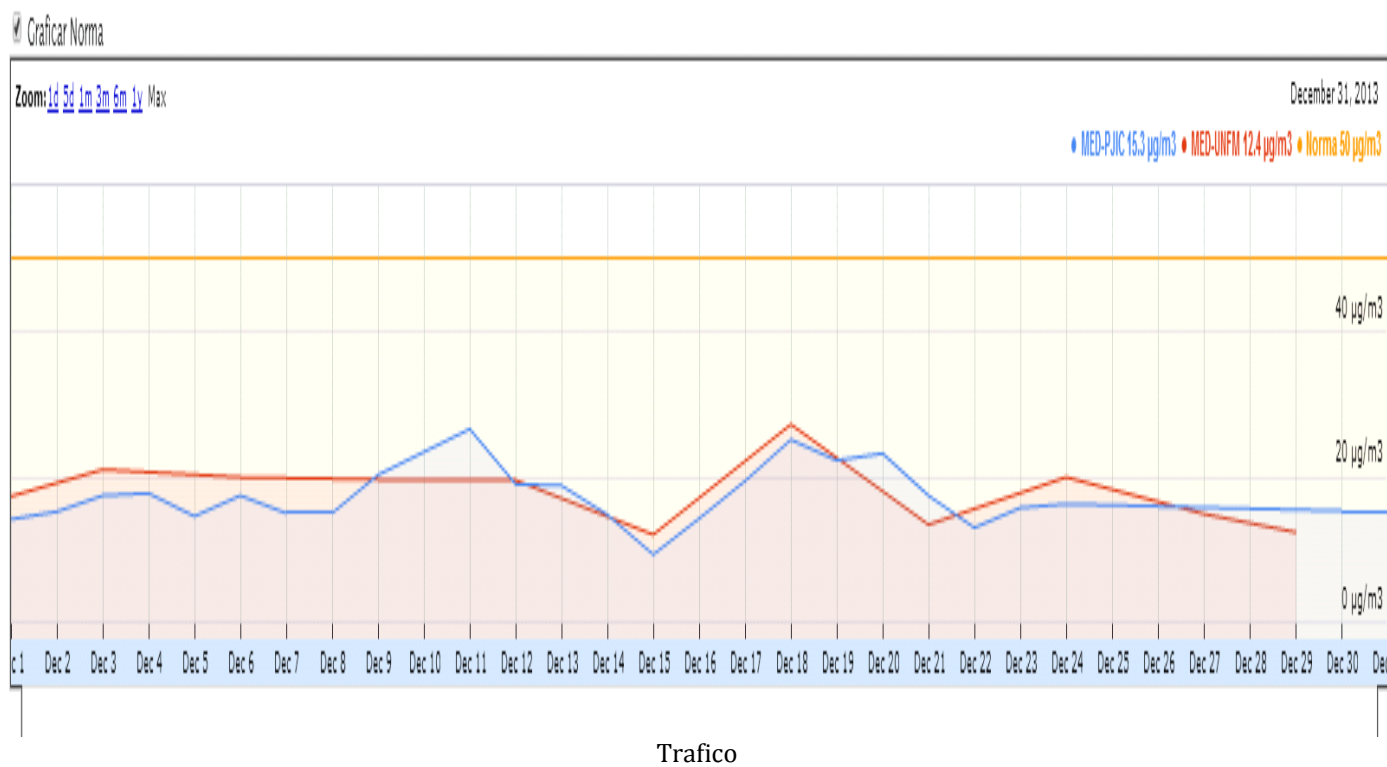
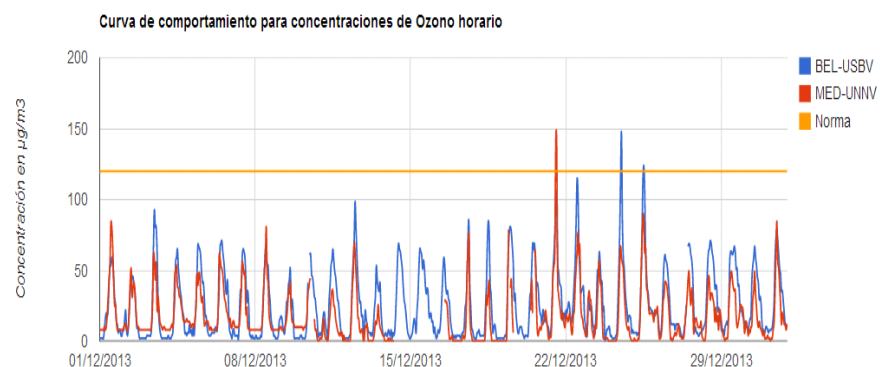


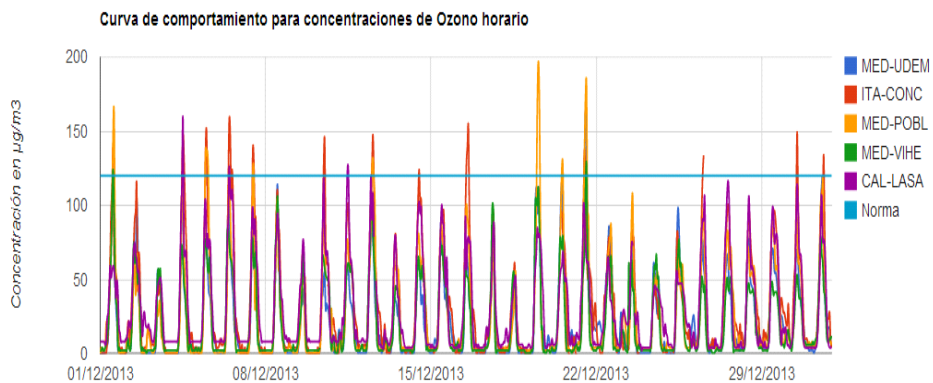
Figura 6-5. Concentraciones horarias de ozono en el Valle de Aburrá, Diciembre 2013.



Fondo



Fondo urbano



Suburbana

Figura 6-6. Calidad del aire por PM2.5 en el Valle de Aburrá, Equipos Automáticos, Diciembre 2013.

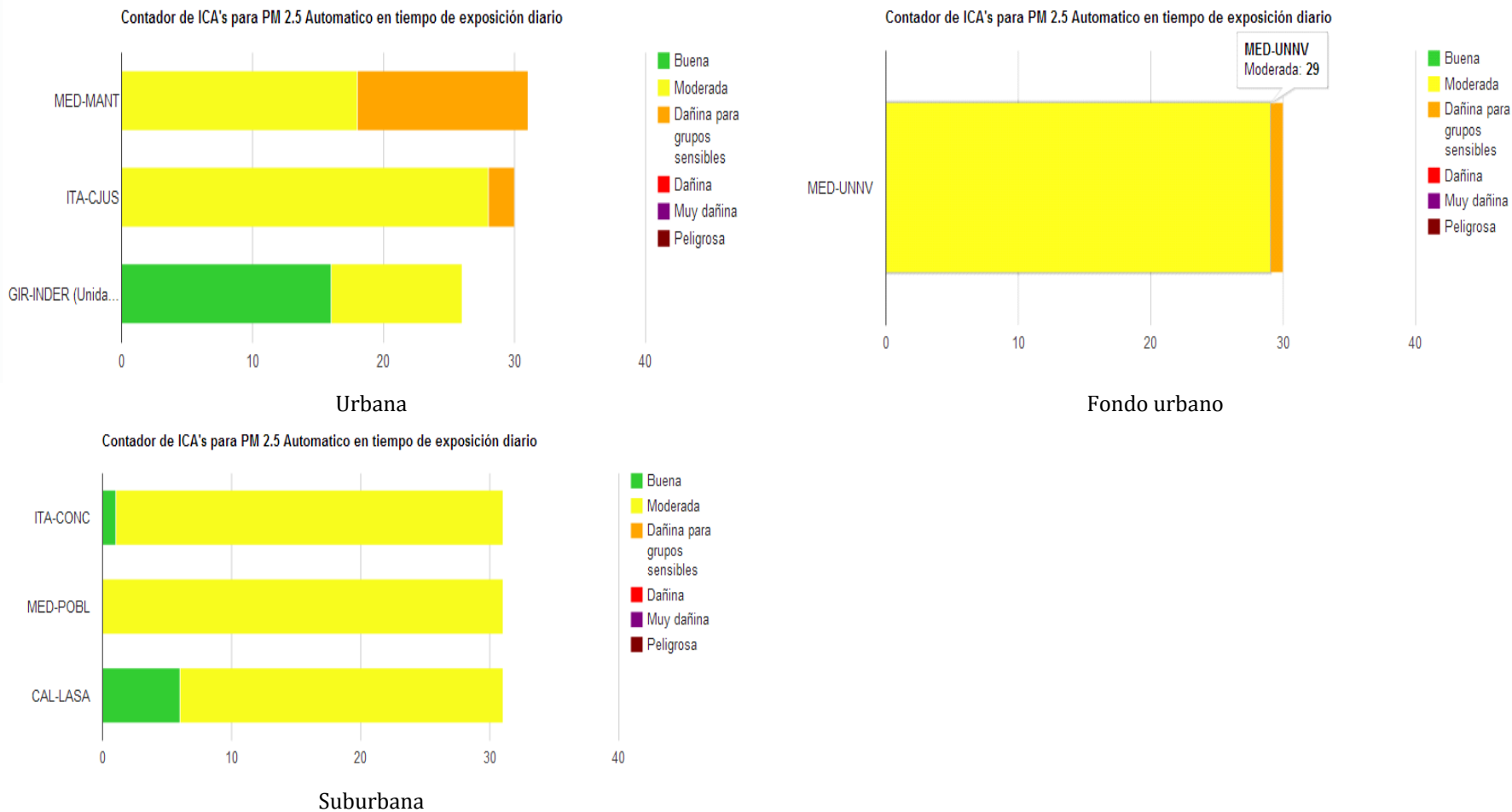
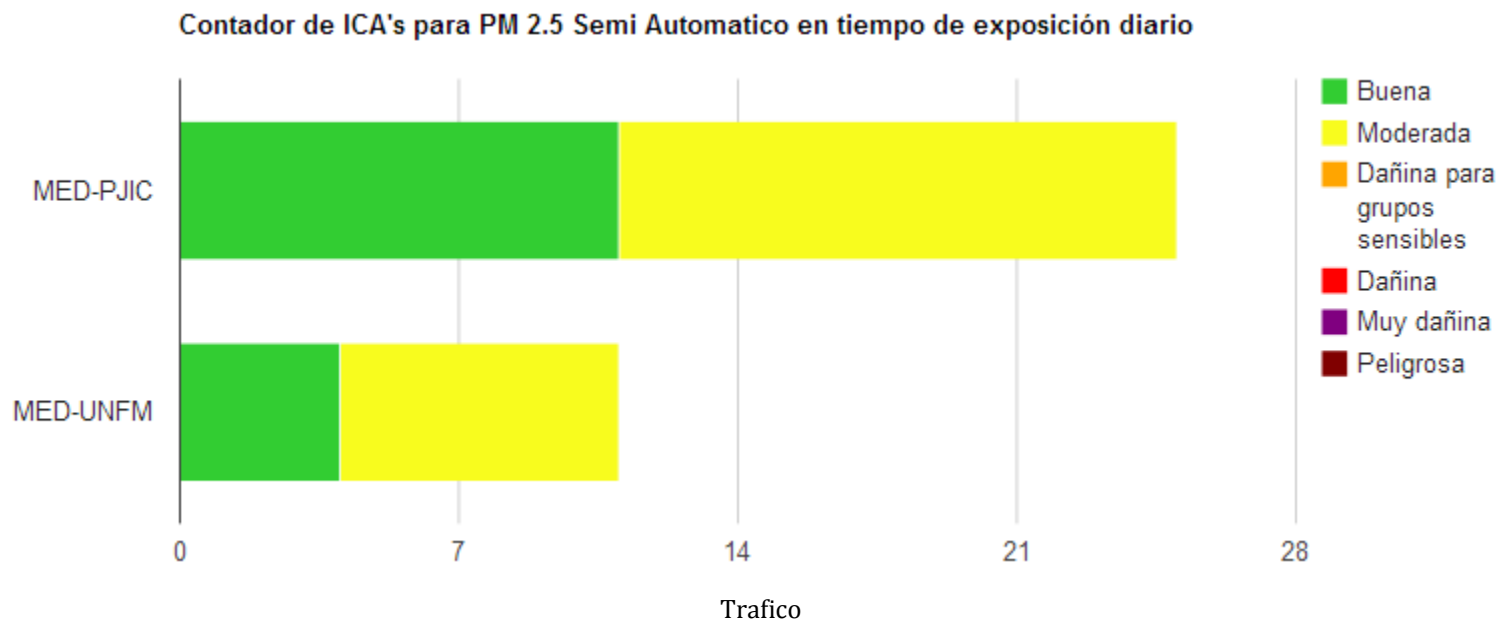


Figura 6-7. Calidad del aire por PM2.5 en el Valle de Aburrá, Equipos Semiautomáticos, Diciembre 2013.



7 CALIDAD DEL AIRE POR MUNICIPIO

En el presente capítulo se analizan los parámetros ambientales monitoreados en las estaciones del Valle de Aburrá durante el período 2013, su comportamiento diario y horario, la comparación con los límites máximos permisibles establecidos en la norma colombiana y la definición del índice de calidad del aire.

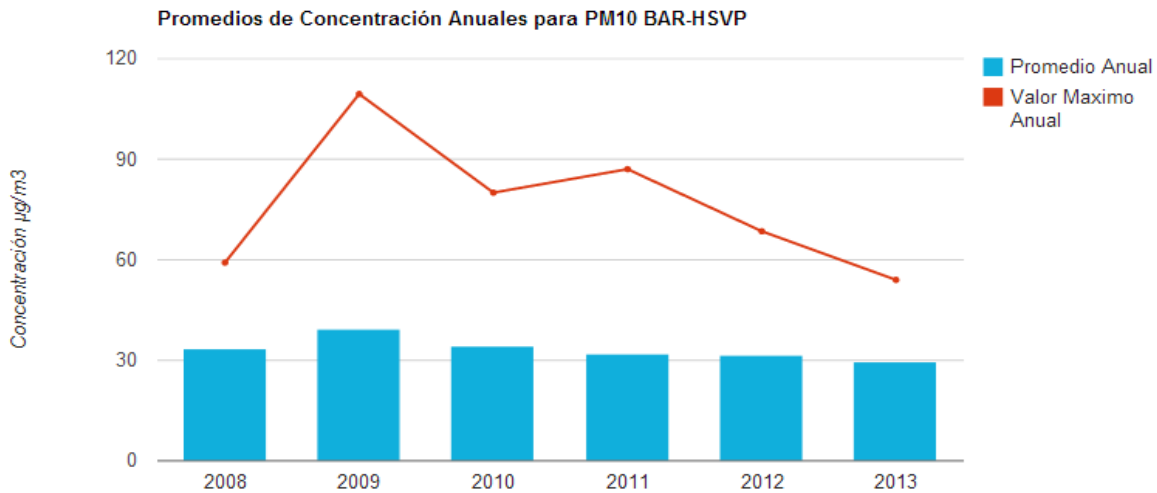
7.1 BARBOSA

La estación ubicada en el Parque de las Aguas (BAR-PAGU), está equipada con un analizador continuo de ozono y sensores de velocidad del viento, temperatura, humedad relativa y presión atmosférica. Dicha estación, conjuntamente con la estación ubicada en el Hospital San Vicente de Paul (BAR-HSVP), sirven como estaciones de fondo en la configuración de la Red de monitoreo de calidad del aire del Valle de Aburrá, cuyo objetivo es entregar información sobre los niveles de contaminantes que están ingresando al Valle de Aburrá, a la vez que hacer seguimiento de los niveles a los que está expuesta la población.

En la estación BAR-HSVP se realiza el seguimiento de las concentraciones en el aire ambiente de material particulado menor a 10 micrómetros -PM10- utilizando un equipo manual. Las muestras son recolectadas por un período de 24 horas y se toman cada tres días, cumpliendo la frecuencia mínima exigida en el Manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire del IDEAM.

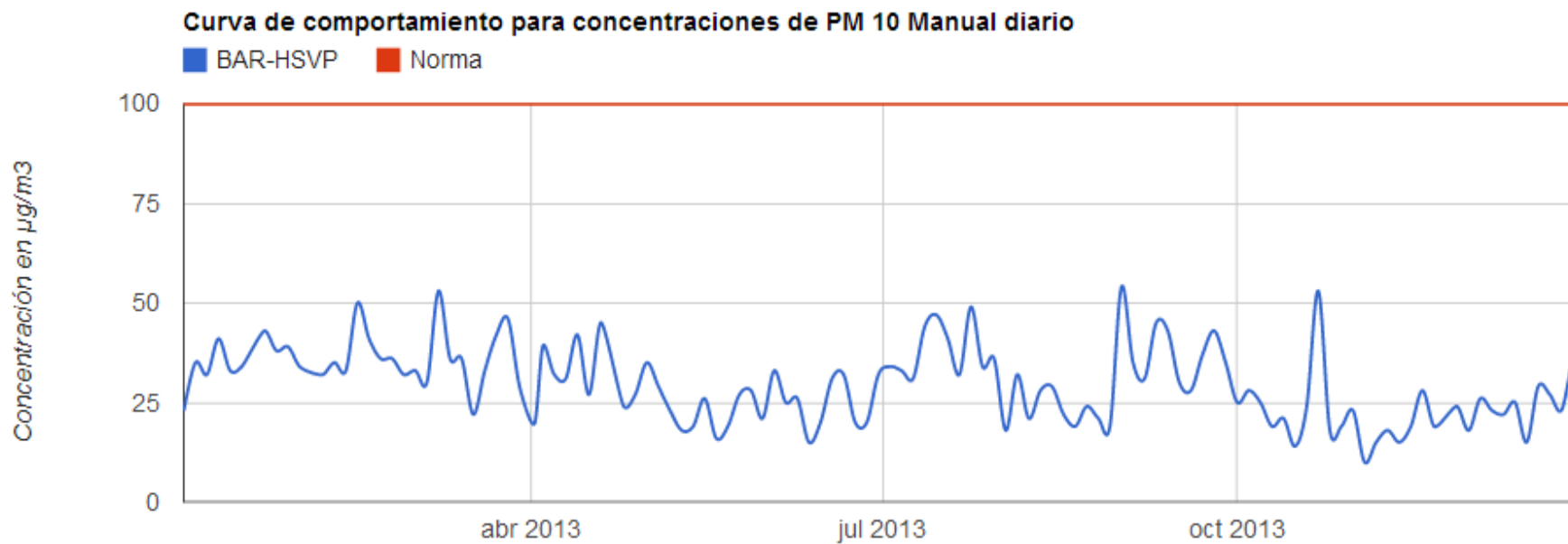
En el seguimiento histórico del PM10 en la estación BAR-HSVP, durante el período 2008 - 2013, el máximo promedio anual fue de 39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2009 y se observa una disminución del promedio anual en los últimos años. En la Figura 7-1 se aprecia el comportamiento histórico promedio anual de PM10 en la estación.

Figura 7-1 Promedio concentraciones históricas de PM10 en estación de fondo en el municipio de Barbosa.



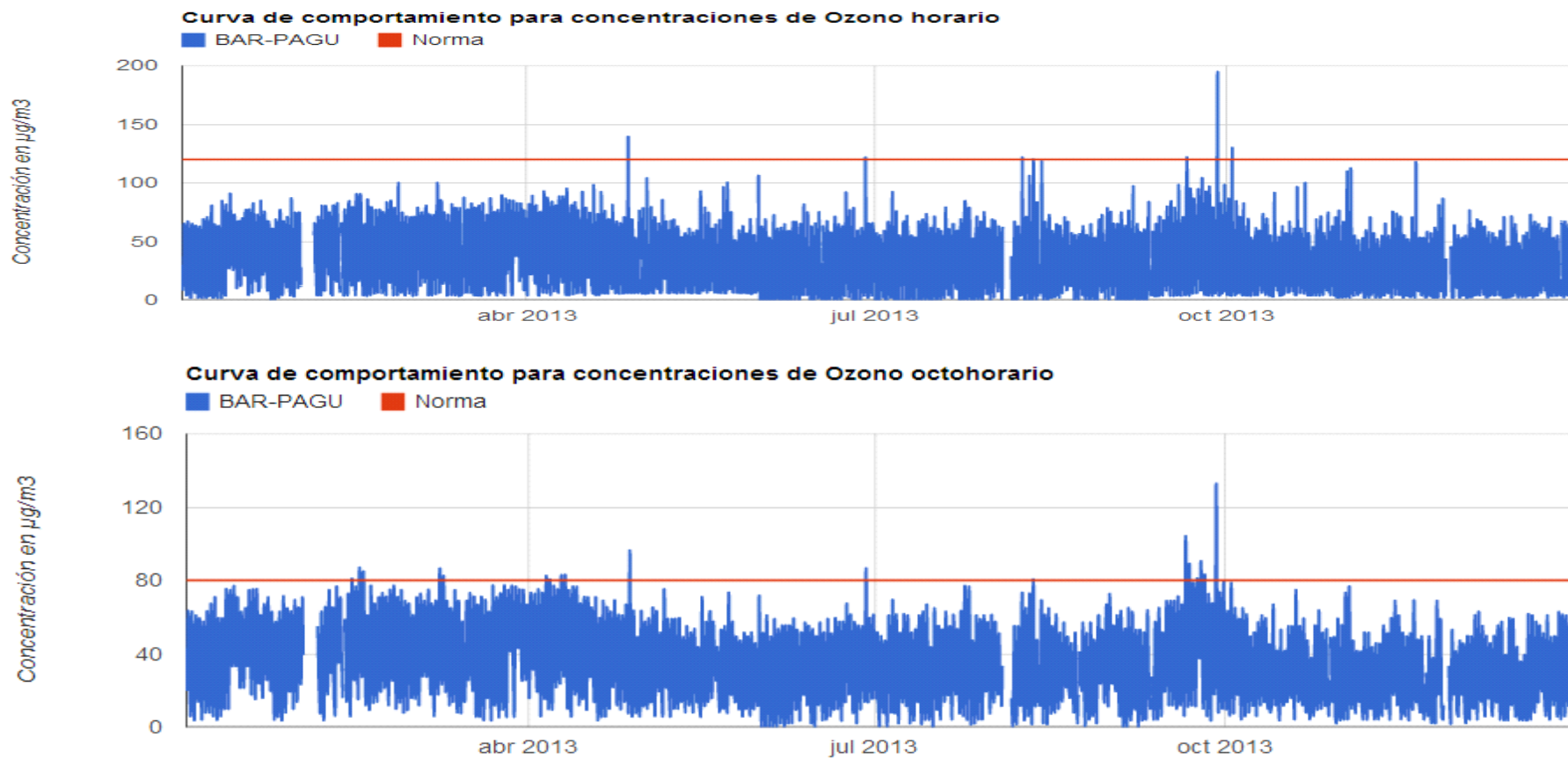
Durante el período 2013, para las concentraciones diarias de PM10, en la estación BAR-HSVP, el valor máximo diario fue de 54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrado en el mes de septiembre, las concentraciones en este período son inferiores a la norma diaria colombiana de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ definida en la Resolución 610 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT, 2010), hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. En la Figura 7-2 se aprecia el comportamiento diario de las concentraciones de PM10 en la estación.

Figura 7-2. Concentraciones diarias de PM10 en estación de fondo en el municipio de Barbosa, Período 2013.



En el seguimiento del ozono en la estación BAR-PAGU, durante el período 2013 se observan 10 excedencias de la norma horaria de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,061 ppm), con un valor máximo de $189 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registrado en el mes de septiembre. Se registraron 66 excedencias de la norma octohoraria de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,041 ppm), durante período 2013, con una concentración máxima de $132 \mu\text{g}/\text{m}^3$ también registrada en el mes de septiembre, durante los meses de noviembre y diciembre no se reportan excedencias. En la Figura 7-3 se aprecia el comportamiento horario y octohorario del ozono en la estación de fondo.

Figura 7-3. Niveles de ozono en estación de fondo en el municipio de Barbosa, Período 2013.

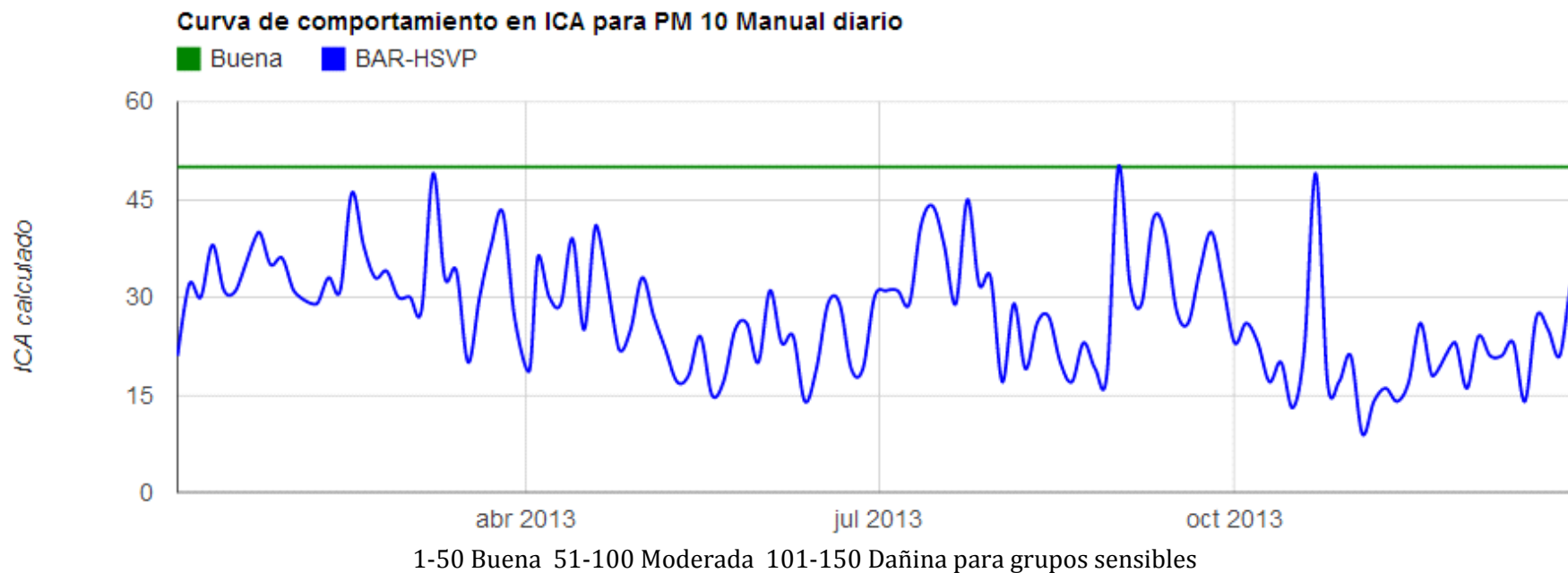


En la estación BAR-HSVP la calidad del aire fue “Buena” para PM10 durante los 118 días (100%) monitoreados en el período 2013 como se aprecia en la Figura 7-4. En la Figura 7-5 se observa que el ICA en el período 2013 se mantuvo por debajo de 50. Cuando el ICA supera el valor de 50 la calidad del aire se clasifica como “Moderada”.

Figura 7-4. Índice de calidad del aire en número de días para PM10 en estación de fondo en el municipio de Barbosa, Período 2013.



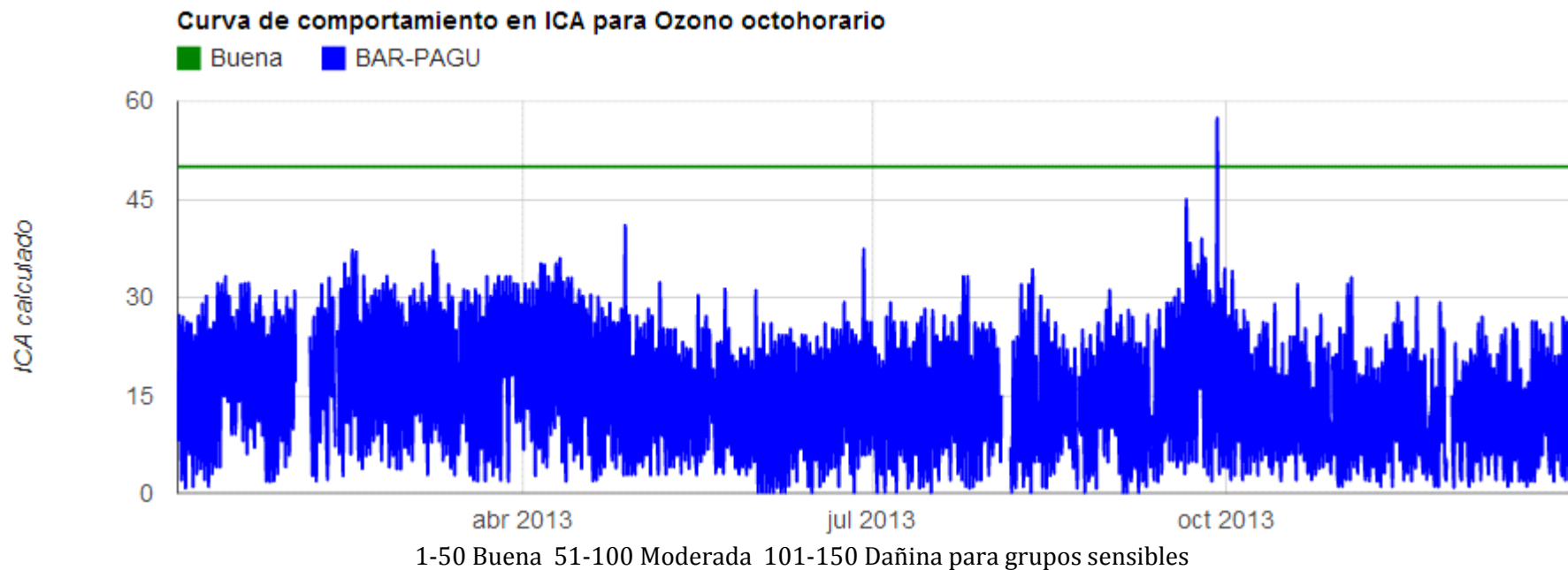
Figura 7-5. Índice de calidad del aire diario para PM10 en estación de fondo en el municipio de Barbosa, Período 2013.



El Índice de Calidad del Aire también ha sido determinado para el ozono. Las concentraciones registradas de este contaminante reportan categorías atmosféricas para los promedios octohorarios, caso contrario ocurre con los promedios horarios los cuales no alcanzan los puntos de corte establecidos por el indicador.

En la Figura 7-6 se presentan los resultados del ICA octohorario para ozono durante el período 2013 en la estación de fondo BAR-PAGU. La calidad del aire que predomina es “Buena” durante el período de monitoreo, alcanzando un valor máximo de 57, reportado en el mes de septiembre.

Figura 7-6. Índice de calidad del aire octohorario para ozono en estación de fondo en el municipio de Barbosa, Período 2013.



7.2 GIRARDOTA

La estación de monitoreo ubicada en el Institución Educativa Colombia (GIR-IECO), sirve como estación urbana en la configuración de la Red de monitoreo de calidad del aire del Valle de Aburrá, cuyo objetivo es hacer seguimiento en aquellas áreas con emisiones vehiculares e industriales importantes, propias de los grandes núcleos urbanos. En este caso la estación puede verse afectada por las emisiones provenientes del corredor industrial que se asienta en el municipio.

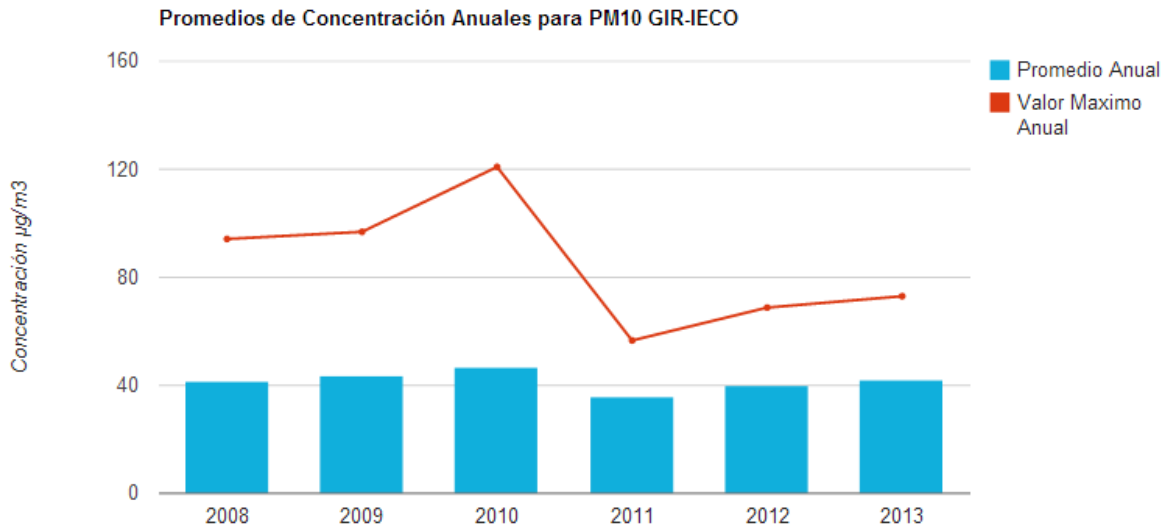
En la estación se realiza el seguimiento de las concentraciones en el aire ambiente de material particulado menor a 10 micrómetros -PM10- y adicionalmente se miden los parámetros meteorológicos de velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad relativa, radiación solar y precipitación.

Adicional a esta estación fue instalada en el mes de octubre de 2013 una estación de monitoreo móvil en el INDER (GIR-INDER), la cual servirá como estación urbana.

La estación móvil (GIR-INDER), está equipada con un monitor automático de partículas PM2.5, un analizador de NO₂ y sensores de velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad relativa, radiación solar y presión atmosférica.

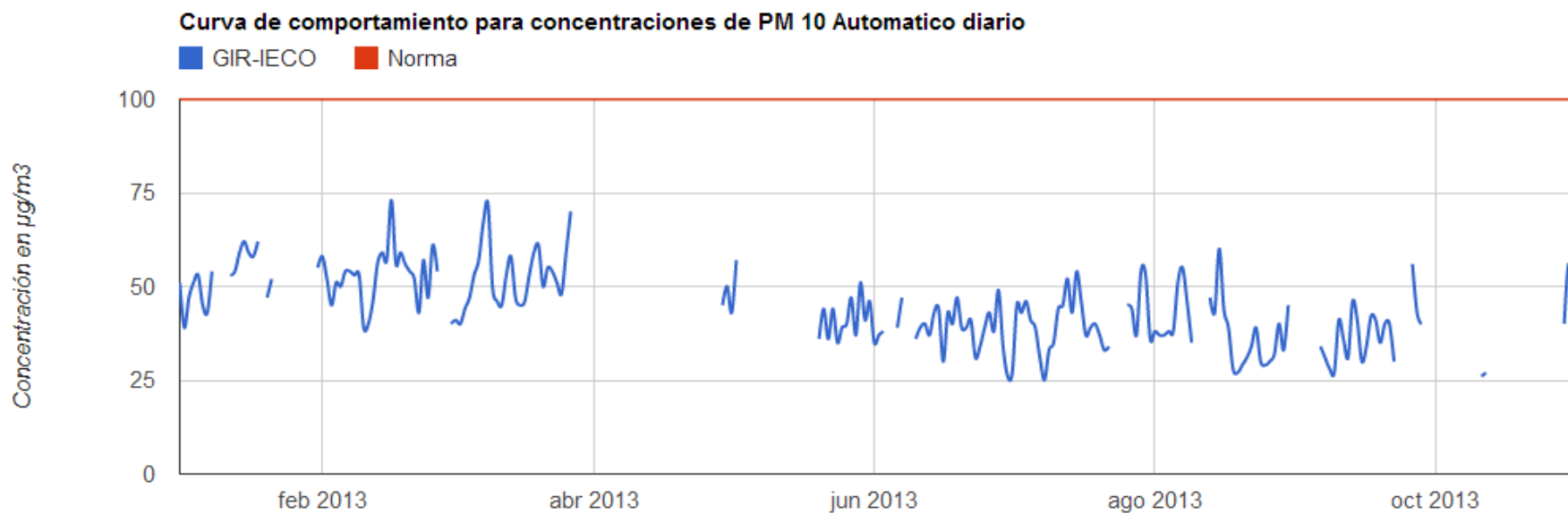
En el seguimiento histórico del PM10 en la estación GIR-IECO, durante el período 2008 - 2013, el máximo promedio anual fue de 47 µg/m³ en el año 2010, no se observa una tendencia puesto que se presentaron baches (menos del 75% de datos continuos) en las mediciones de los años 2008, 2009, 2011 y 2013 . En la Figura 7-7 se aprecia el comportamiento histórico promedio anual de PM10 en la estación.

Figura 7-7 Promedio concentraciones históricas de PM10 en estación urbana en el municipio de Girardota.



Durante el período 2013 en la estación GIR-IECO, para las concentraciones diarias de PM10, el valor máximo diario fue de 73 µg/m³, registrado en el mes de febrero, el cual es inferior a la norma diaria colombiana de 100 µg/m³ definida en la Resolución 610 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial –MAVDT-, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. En la Figura 7-8 se aprecia el comportamiento diario de las concentraciones de PM10 en la estación.

Figura 7-8. Concentraciones diarias de PM10 en la estación Girardota, Período 2013.



En el seguimiento del PM_{2.5} en el período octubre – diciembre de 2013 de la estación móvil (GIR-INDER), la concentración máxima diaria fue de 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrada en el mes de diciembre, valor que no sobrepasa la norma diaria colombiana de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ definida en la Resolución 610 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT-, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. En la Figura 7-9 se aprecia el comportamiento diario de las concentraciones de PM_{2.5} en la estación.

Los niveles de dióxido de nitrógeno registrados en el periodo octubre – diciembre 2013 en la estación móvil (GIR-INDER), son muy bajos en comparación con los valores límite establecidos en la norma colombiana de calidad del aire, 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (80 ppb) para un tiempo de exposición diaria y 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (106 ppb) para exposición horaria. En la Figura 7-10 se aprecian estos resultados. La concentración máxima diaria fue de 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrada en el mes de noviembre y la concentración máxima horaria de 67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ reportada en el mes de octubre.

El análisis de las concentraciones promedio horarias de dióxido de nitrógeno mostradas en la Figura 7-11 permite evidenciar los fenómenos de formación, dispersión y transformación química asociados a este contaminante. En las horas de la mañana se incrementan las concentraciones de NO₂ debido a la mayor actividad vehicular en los alrededores de la estación. En las horas del mediodía el NO₂ se transforma a ozono, producto de las reacciones químicas que ocurren en la atmósfera, activadas por la mayor radiación solar en esta franja horaria. En las horas posteriores las concentraciones de NO₂ se incrementan nuevamente, debido a que el ozono troposférico se empieza a destruir y en esta reacción se produce monóxido de nitrógeno que se oxida a dióxido de nitrógeno, generando una mayor acumulación. En las horas de la madrugada, el NO₂ vuelve a disminuir porque se transforma a nitrato (NO₃⁻) en presencia de la mayor humedad en la atmósfera.

Figura 7-9 Niveles de PM2.5 en la estación Móvil de Girardota GIR-INDER, Período Octubre - Diciembre 2013.

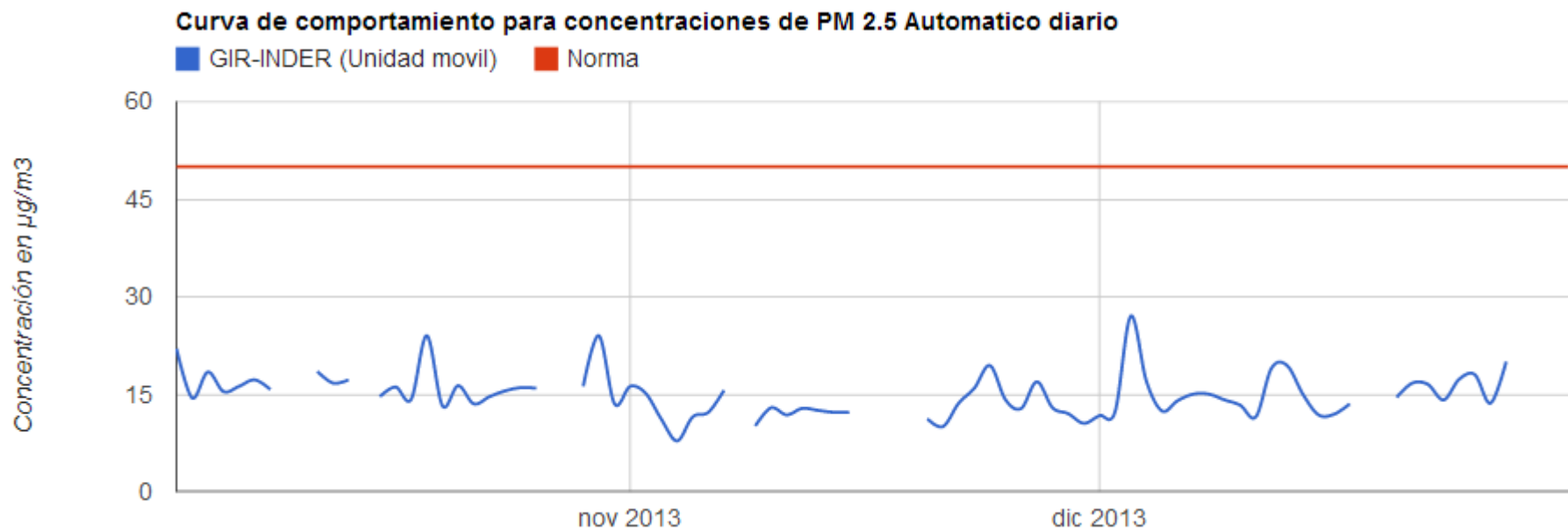


Figura 7-10 Niveles de NO₂ en la estación Móvil GIR INDER, Período Octubre - Diciembre 2013.

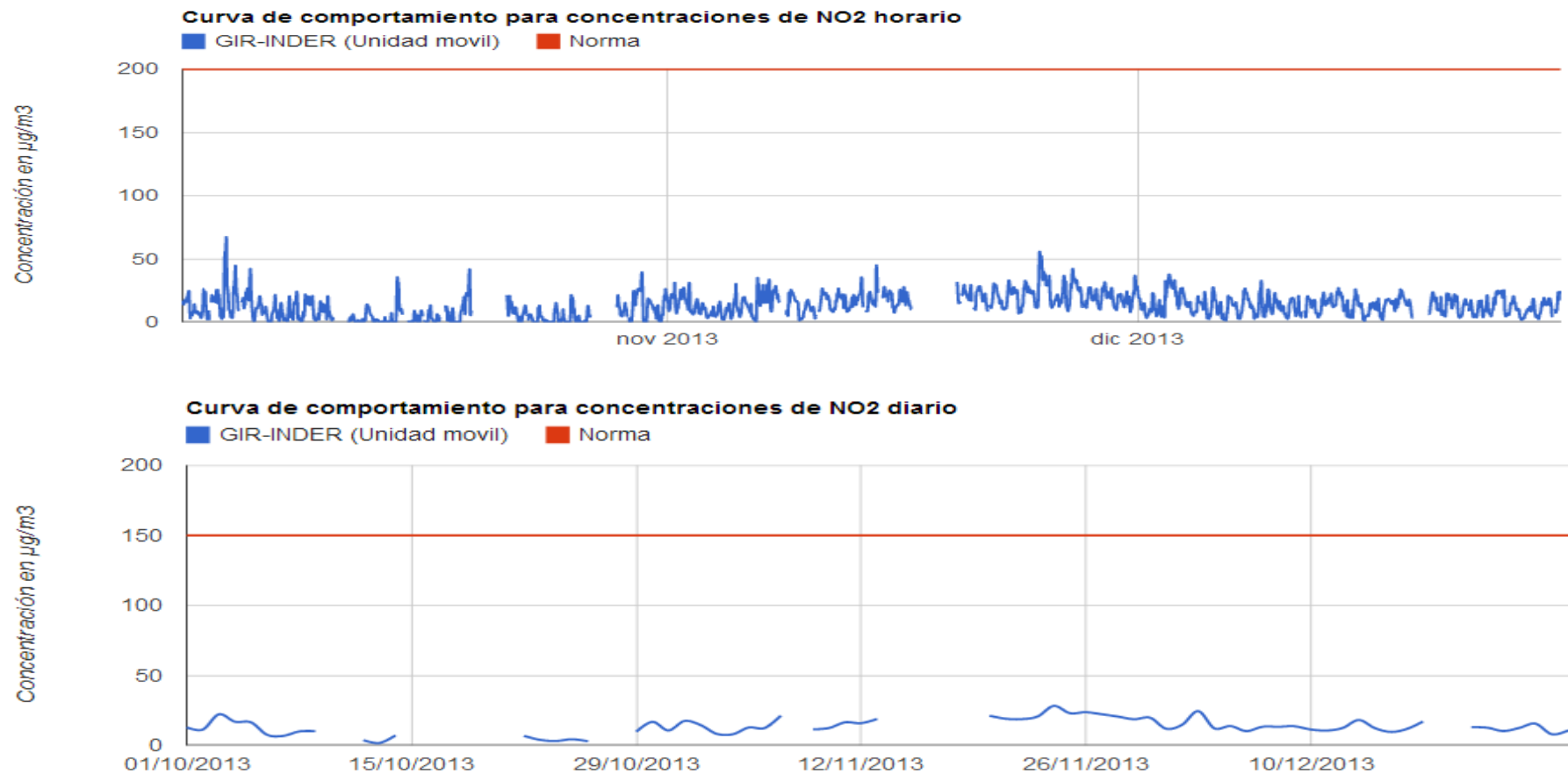
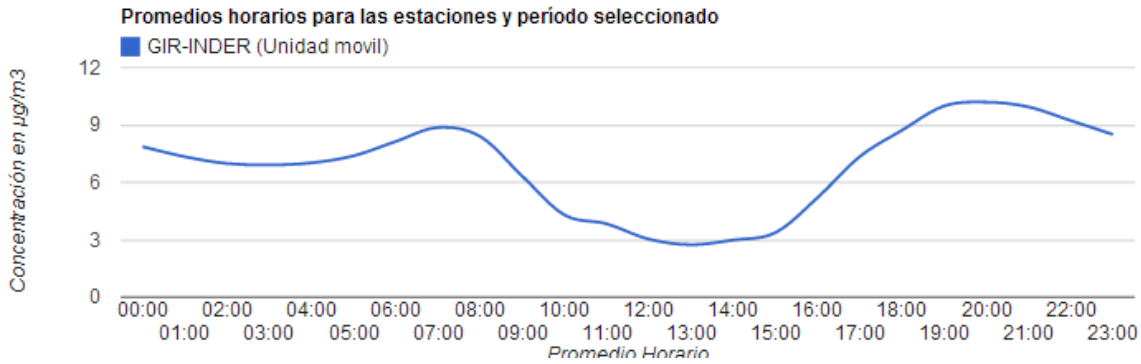


Figura 7-11 Comportamiento promedio horario del NO₂ en la estación Móvil GIR-INDER, Período Octubre - Diciembre 2013.

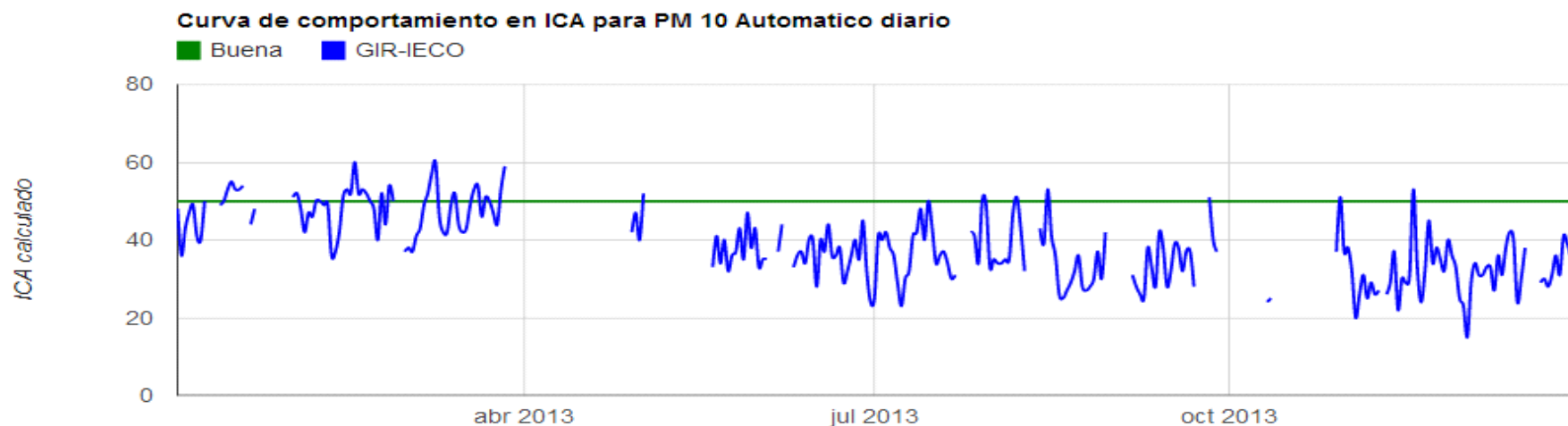


En la estación GIR-IECO en el período 2013, 227 días (87,3%) se presentó calidad del aire “Buena” y 33 día (12,7%) “Moderado”, como se observa en la Figura 7-12. En la Figura 7-13 se presenta el comportamiento diario del ICA en el período 2013, el cual alcanzó un valor máximo de 60 en el mes de febrero. Cuando el ICA supera el valor de 50, la calidad del aire se clasifica como “Moderada”.

Figura 7-12. Índice de calidad del aire en número de días para PM10 en la estación Girardota, Período 2013.



Figura 7-13. Índice de calidad del aire diario para PM10 en la estación Girardota, Período 2013.



1-50 Buena 51-100 Moderada 101-150 Dañina para grupos sensibles

En la Figura 7-14 se presentan los resultados del ICA para PM2.5 en el período octubre – diciembre de 2013 en la estación urbana móvil GIR-INDER. Durante 31 días (41,3%) la calidad atmosférica fue “Moderada” y 44 días (58,7%) “Buena” Los valores del ICA diario se aprecian en la Figura 7-15, los cuales se mantuvieron por encima de 20, alcanzando un máximo de 74.

Los niveles de dióxido de nitrógeno monitoreados durante el período octubre – diciembre de 2013, son tan bajos que no alcanzan a reportar un Índice de Calidad del Aire, el cual establece una categoría atmosférica a partir del umbral de 1.219 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ como concentración horaria. Esto significa que para los niveles registrados en la estación, no se asocian efectos en la salud de la población según el indicador.

Figura 7-14 Índice de calidad del aire en número de días para PM2.5 en la estación urbana de Girardota GIR-INDER, Período Octubre - Diciembre 2013.

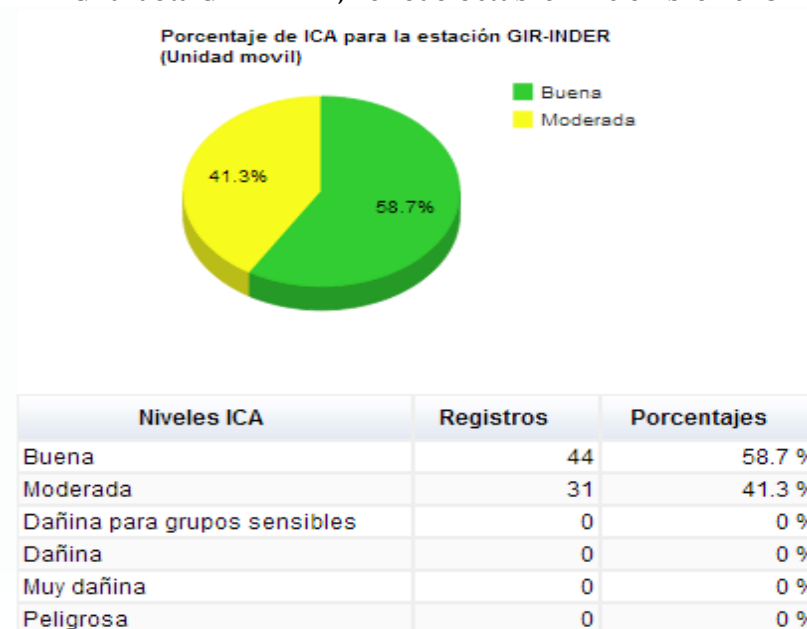
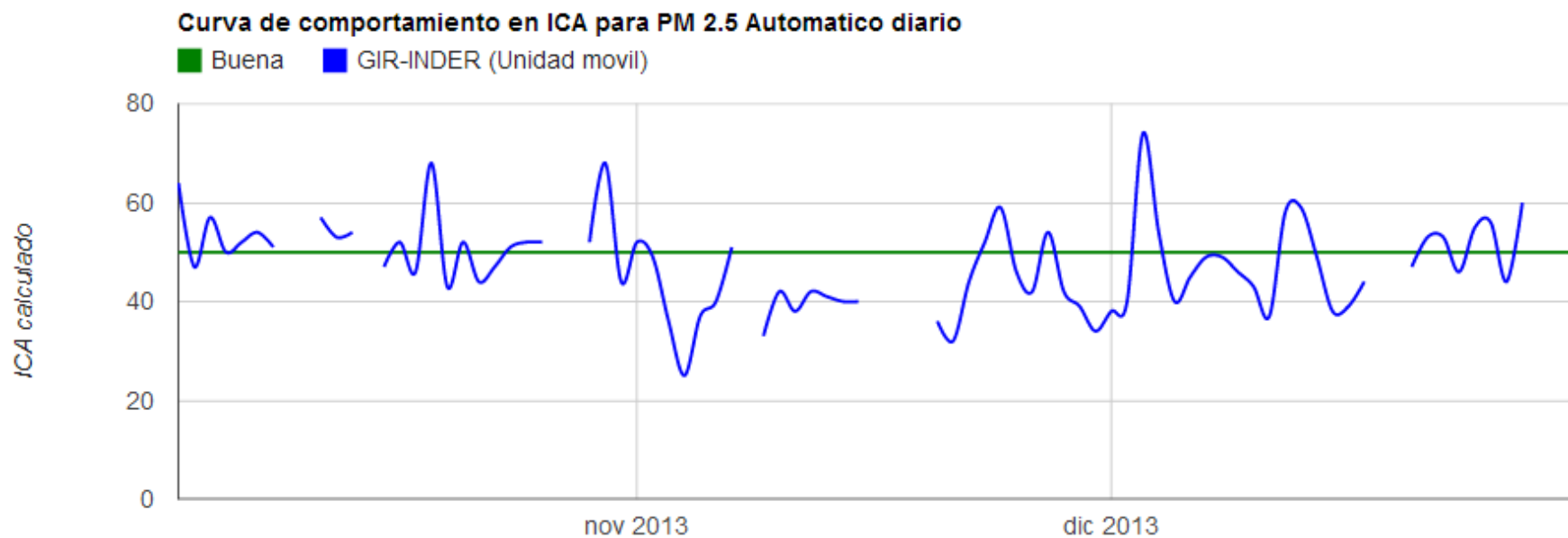


Figura 7-15 Índice de calidad del aire diario para PM2.5 en la estación urbana de Girardota GIR-INDER, Período Octubre - Diciembre de 2013.



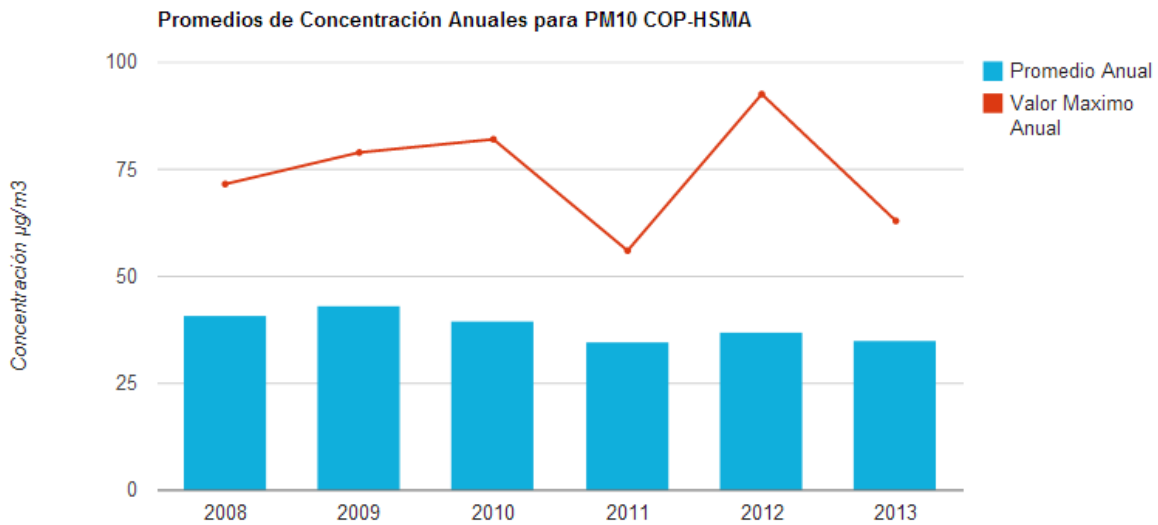
7.3 COPACABANA

La estación de monitoreo ubicada en el Hospital Santa Margarita (COP-HSMA), sirve como estación de fondo en la configuración de la Red de monitoreo de calidad del aire del Valle de Aburrá, cuyo objetivo es entregar información sobre los niveles de contaminantes que están ingresando al Valle de Aburrá, a la vez que hacer seguimiento de los niveles a los que está expuesta la población.

En la estación se realiza el seguimiento de las concentraciones en el aire ambiente de material particulado menor a 10 micrómetros -PM10- utilizando un equipo manual. Las muestras son recolectadas por un período de 24 horas y se toman cada tres días, cumpliendo la frecuencia mínima exigida en el Manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire del IDEAM.

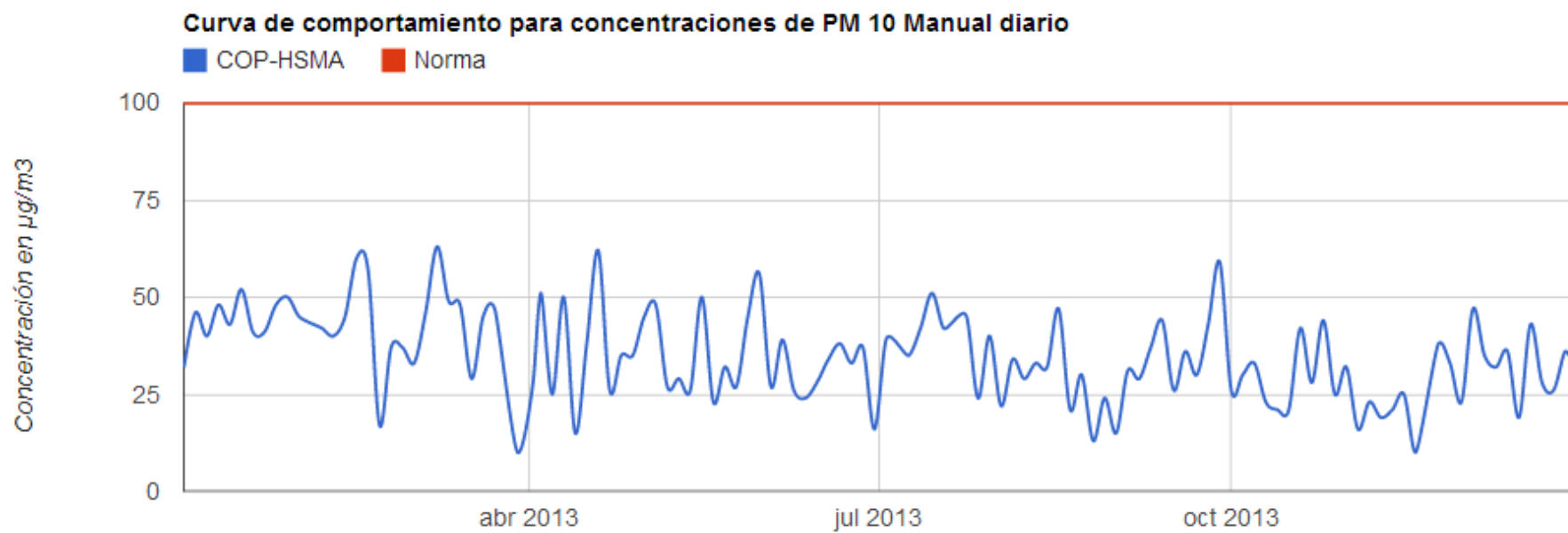
En el seguimiento histórico de las concentraciones de PM10 en la estación COP-HSMA, durante el período 2008 - 2013, el promedio máximo anual fue de 43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2009 y se observa una disminución en el promedio anual en los últimos años. En la Figura 7-16 se aprecia el comportamiento histórico promedio anual de PM10 en la estación.

Figura 7-16. Promedio concentraciones históricas de PM10 en estación urbana en el municipio de Copacabana.



Durante el período 2013, para las concentraciones diarias de PM10 en la estación Copacabana, el valor máximo diario fue 63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrado en el mes de marzo, las concentraciones en este período son inferiores a la norma diaria colombiana de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ definida en la Resolución 610 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial –MAVDT-, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. En la Figura 7-17 se aprecia el comportamiento diario de las concentraciones de PM10 en la estación.

Figura 7-17. Concentraciones diarias de PM10 en la estación Copacabana, Período 2013.

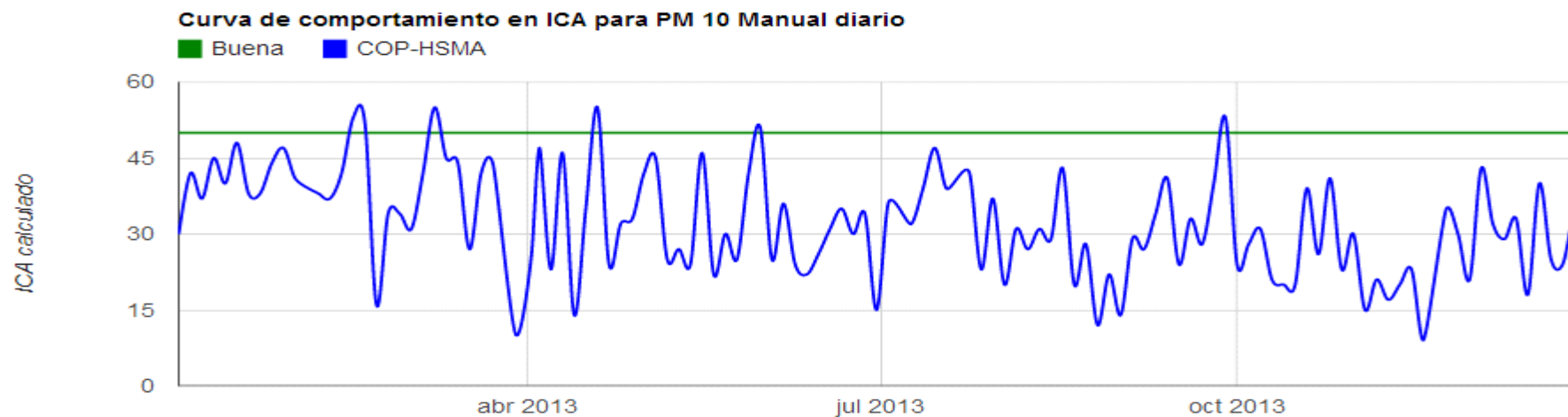


Durante el período 2013 predominó la calidad del aire “Buena”. 111 días (94,9%) monitoreados la calidad atmosférica fue “Buena” y 6 días (5,1%) “Moderada” como se aprecia en la Figura 7-18. El comportamiento diario del ICA en el período es ilustrado en la Figura 7-19, el cual alcanzó un valor máximo de 55. Cuando el ICA supera el valor de 50 la calidad del aire se clasifica como “Moderada”.

Figura 7-18 Índice de calidad del aire en número de días para PM10 en la estación Copacabana, Período 2013.



Figura 7-19. Índice de calidad del aire diario para PM10 en la estación Copacabana, Período 2013.



1-50 Buena 51-100 Moderada 101-150 Dañina para grupos sensibles

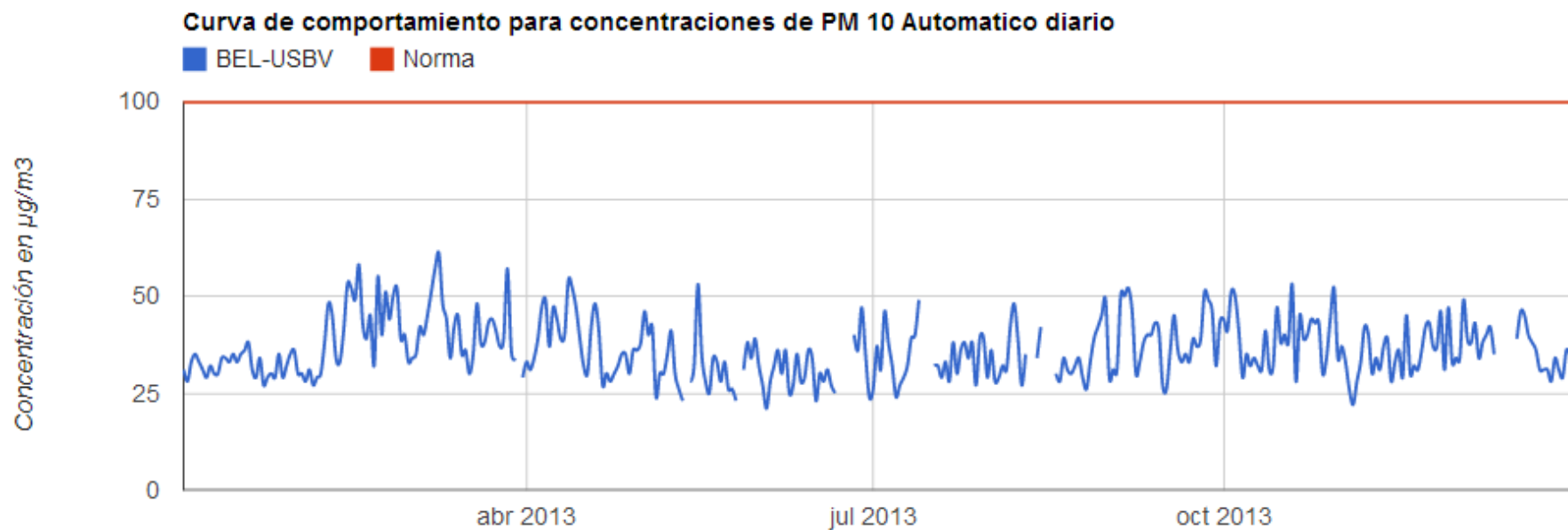
7.4 BELLO

La estación de monitoreo ubicada en la Universidad San Buenaventura (BEL-USBV), sirve como estación de fondo urbano en la configuración de la Red de monitoreo de calidad del aire del Valle de Aburrá, cuyo objetivo es entregar información sobre los niveles de contaminación en áreas urbanas pero que están alejadas de vías de alto flujo vehicular o asentamientos industriales, en este caso permite conocer las concentraciones de fondo urbano en la zona norte de la cuenca atmosférica del Valle de Aburrá.

En el mes de noviembre de 2012 entró en operación un analizador de partículas PM10 y en el mes de diciembre del mismo año un analizador de ozono, como parte de la optimización de la Red de monitoreo de calidad del aire del Valle de Aburrá. Además se continúa con el seguimiento de las concentraciones en el aire ambiente de dióxido de nitrógeno -NO₂- y de los parámetros meteorológicos de velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad relativa y radiación solar. Los equipos de monitoreo que conforman la estación, permiten realizar mediciones horarias de los parámetros, además se cuenta con equipos para realizar la calibración periódica del analizador de óxidos de nitrógeno -NO_x-, con el fin de garantizar la confiabilidad de los datos.

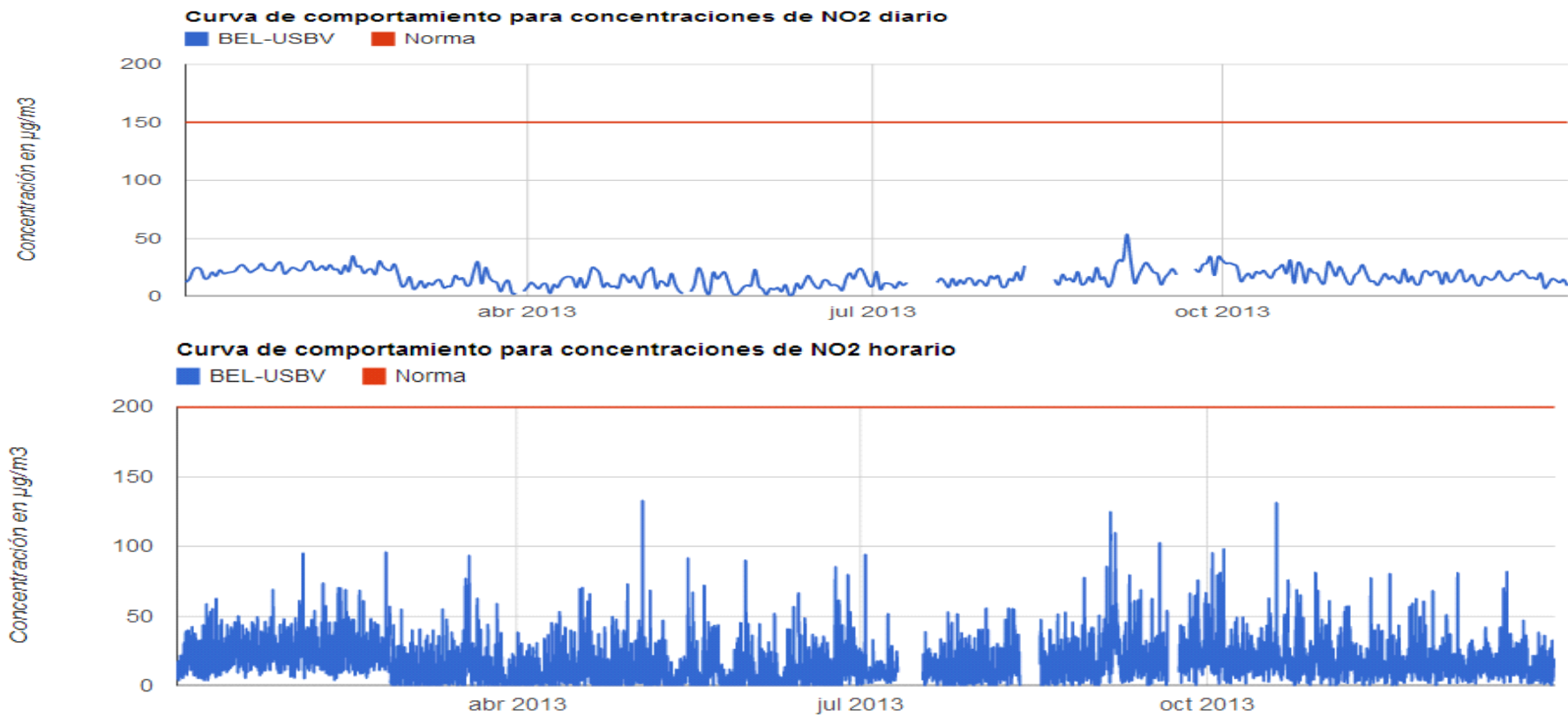
En el seguimiento del PM10 en el período 2013, se obtuvo una concentración máxima de 61 µg/m³ reportada en el mes de marzo, valor inferior a la norma diaria colombiana de 100 µg/m³ definida en la Resolución 610 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial -MAVDT-, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. En la Figura 7-20 se observa el comportamiento diario del PM10 en la estación de fondo urbano en el municipio de Bello.

Figura 7-20. Concentraciones diarias de PM10 en la estación Bello, Período 2013.



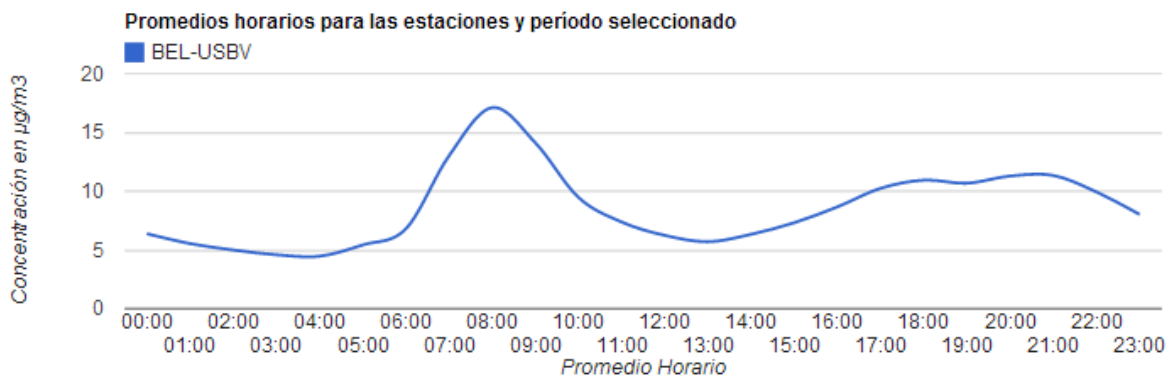
En la estación Bello los niveles de dióxido de nitrógeno registrados en el período 2013, son muy bajos en comparación con los valores límite establecidos en la norma colombiana de calidad del aire, $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (80 ppb) para un tiempo de exposición diaria y $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (106 ppb) para exposición horaria. En la Figura 7-21 se aprecian estos resultados. La concentración máxima diaria fue de $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ reportada en el mes de septiembre y la concentración máxima horaria de $132 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el mes de mayo.

Figura 7-21. Niveles de NO₂ en la estación Bello, Período 2013.



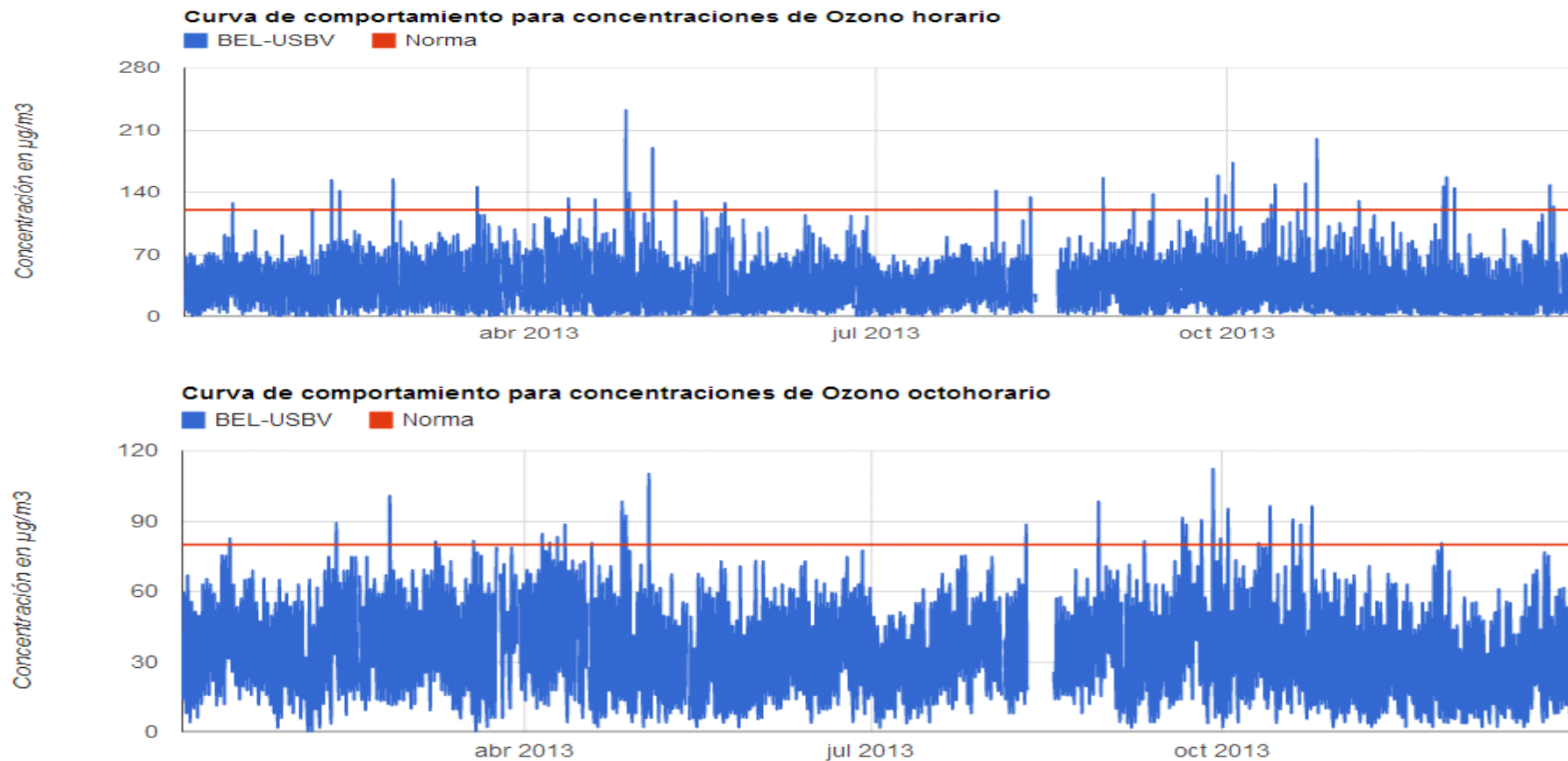
El análisis de las concentraciones promedio horarias de dióxido de nitrógeno mostradas en la Figura 7-22 permite evidenciar los fenómenos de formación, dispersión y transformación química asociados a este contaminante. En las horas de la mañana se incrementan las concentraciones de NO_2 debido a la mayor actividad vehicular en los alrededores de la estación. En las horas del mediodía el NO_2 se transforma a ozono, producto de las reacciones químicas que ocurren en la atmósfera, activadas por la mayor radiación solar en esta franja horaria. En las horas posteriores las concentraciones de NO_2 se incrementan nuevamente, debido a que el ozono troposférico se empieza a destruir y en esta reacción se produce monóxido de nitrógeno que se oxida a dióxido de nitrógeno, generando una mayor acumulación. En las horas de la madrugada, el NO_2 vuelve a disminuir porque se transforma a nitrato (NO_3^-) en presencia de la mayor humedad en la atmósfera.

Figura 7-22. Comportamiento promedio horario del NO_2 en la estación Bello, Período 2013.



En el período 2013 se sobrepasó la norma horaria de ozono de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,061 ppm) y la norma octohoraria de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,041 ppm). Se registraron 51 excedencias horarias y 106 octohorarias, con concentraciones máximas de $232 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registrada en el mes de abril y $112 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registrada en el mes de septiembre respectivamente. En la Figura 7-23 se aprecia el comportamiento del ozono en la estación de fondo urbano.

Figura 7-23. Niveles de ozono en la estación de fondo urbano en el municipio de Bello, Período 2013.



En la Figura 7-24 se observa el fenómeno de formación del ozono explicado anteriormente, el cual describe un incremento de las concentraciones en la franja del mediodía, debido a la acumulación del NO₂ en horas previas y los mayores niveles de radiación solar.

Figura 7-24. Comportamiento promedio horario del ozono en la estación Bello, Período 2013.



Las concentraciones de PM₁₀ medidas durante el período 2013 en la estación San Buenaventura, generaron una calidad del aire “Buena” durante 340 días (98,6%) monitoreados y 5 días (1,4%) “Moderada” como se aprecia en la Figura 7-25. En la Figura 7-26 se aprecia el valor del ICA para cada día de monitoreo, el cual se mantuvo por debajo de 60, alcanzando un valor máximo de 54 en el período 2013, en los meses de abril a diciembre sus valores no superan el valor de 50. Cuando el ICA supera el valor de 50 la calidad del aire se clasifica como “Moderada”.

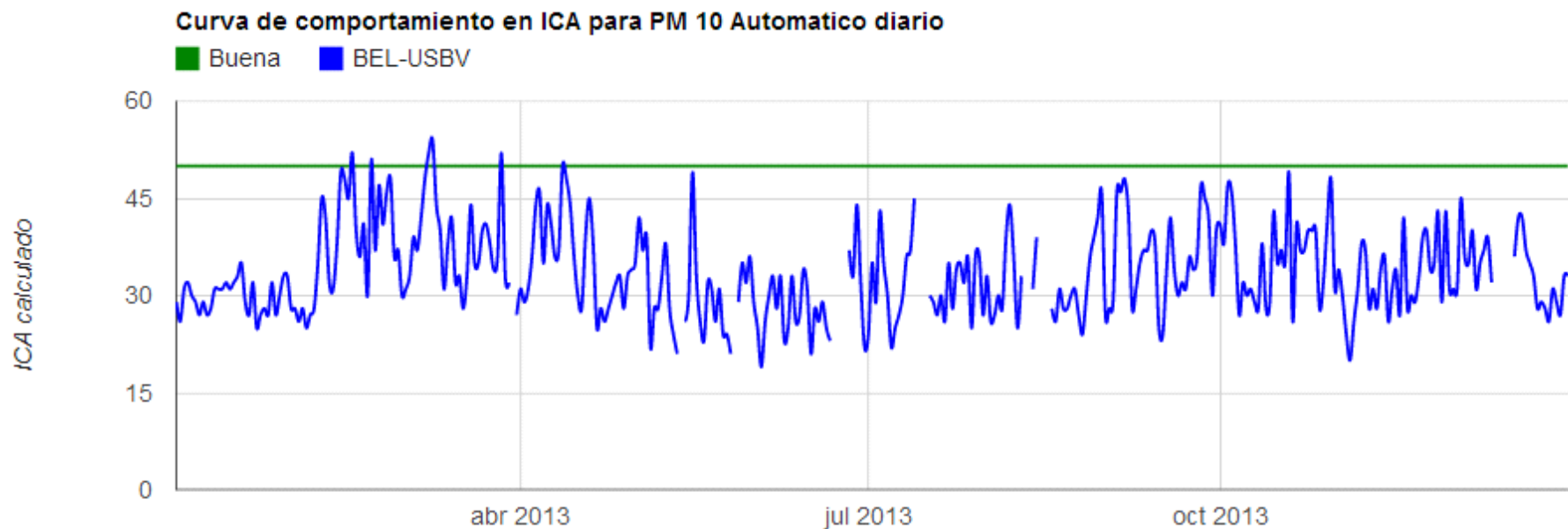
El Índice de Calidad del Aire también ha sido determinado para el ozono. Las concentraciones registradas de este contaminante reportan categorías atmosféricas para los promedios octohorarios, caso contrario ocurre con los promedios horarios los cuales no alcanzan los puntos de corte establecidos por el indicador. La calidad del aire por ozono en la estación BEL-USBV fue “Buena” durante el período 2013. En la Figura 7-27 se observa que los valores del ICA son inferiores a 50 indicando una calidad del aire “Buena”.

Los niveles de dióxido de nitrógeno monitoreados durante el período 2013, son tan bajos que no alcanzan a reportar un Índice de Calidad del Aire, el cual establece una categoría atmosférica a partir del umbral de 1.219 µg/m³ como concentración horaria. Esto significa que para los niveles registrados en la estación, no se asocian efectos en la salud de la población según el indicador.

Figura 7-25. Índice de calidad del aire en número de días para PM10 en la estación de fondo urbano en el municipio de Bello, Período 2013.

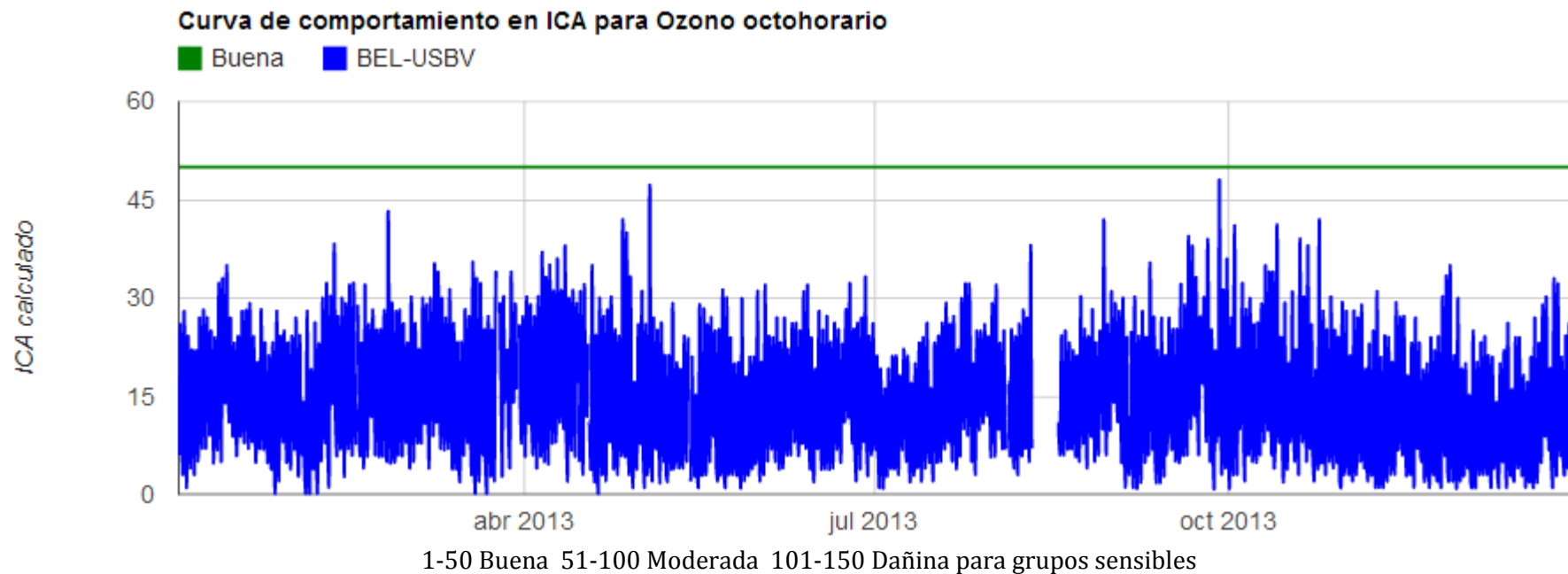


Figura 7-26. Índice de calidad del aire diario para PM10 en la estación de fondo urbano en el municipio de Bello, Período 2013.



1-50 Buena 51-100 Moderada 101-150 Dañina para grupos sensibles

Figura 7-27. Índice de calidad del aire octohorario para ozono en estación de fondo urbano en el municipio de Bello, Período 2013.



7.5 MEDELLÍN

El municipio de Medellín cuenta con nueve estaciones de calidad del aire que tienen objetivos de monitoreo específicos y por tanto los resultados deben ser analizados bajo los criterios establecidos en la configuración de la Red de monitoreo de calidad del aire del Valle de Aburra.

Una estación de fondo urbano cuyo objetivo es entregar información sobre los niveles de contaminación en áreas urbanas pero que están alejadas de vías de alto flujo vehicular o asentamientos industriales, en este caso permite conocer las concentraciones de fondo urbano en la zona centro de la cuenca atmosférica del Valle de Aburrá. Inicialmente la estación estaba ubicada en el Jardín Botánico Joaquín Antonio Uribe (MED-JABO), pero fue trasladada a la Universidad Nacional de Colombia, Núcleo El Volador (MED-UNNV).

Una estación urbana localizada en el Museo de Antioquia (MED-MANT), la cual permite hacer seguimiento en núcleos urbanos con emisiones vehiculares importantes, como es el caso de la zona centro del municipio de Medellín.

Dos estaciones de propósito especial para medir el impacto directo del tráfico rodado, localizadas en la Universidad Nacional Facultad de Minas (MED-UNFM) y el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid (MED PJIC), estaciones que han permitido evaluar el impacto del mejoramiento de los combustibles vehiculares en el Valle de Aburrá

Tres estaciones suburbanas localizadas en las laderas occidental y oriental, que actúan como sumideros de contaminantes que son emitidos en la zona centro del valle y presentan unas circulaciones de viento particulares. Las estaciones están ubicadas en la Universidad de Medellín (MED-UDEM), Loma Los Balsos (MED-POBL) y Villa Hermosa (MED-VIHE).

Dos estaciones de tendencia mesoescala, definidas con éste propósito por su ubicación a una altura superior a los 15 metros sobre el nivel del suelo, condición que permite conocer los fenómenos de mezcla de los contaminantes y la tendencia de las concentraciones en el aire. Las estaciones están localizadas en Corantioquia (MED-CORA) y Éxito San Antonio (MED-EXSA).

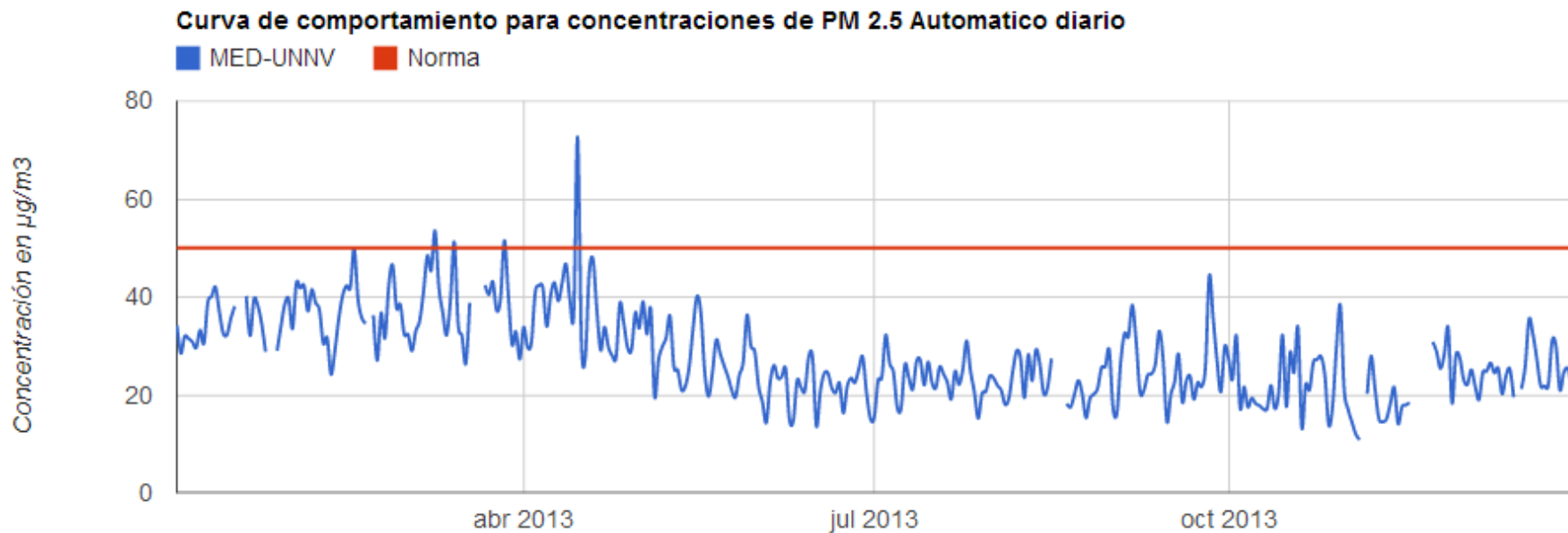
7.5.1 Fondo urbano

En la estación Universidad Nacional de Colombia, Núcleo El Volador (MED-UNNV), se realiza el seguimiento de las concentraciones en el aire ambiente de material particulado menor a 2.5 micrómetros -PM2.5-, dióxido de nitrógeno -NO₂- y ozono -O₃-, adicionalmente se miden los parámetros meteorológicos de velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad relativa y radiación solar.

Los equipos de monitoreo que conforman la estación, permiten realizar mediciones horarias de los parámetros y se cuenta con equipos para realizar la calibración periódica de los analizadores de gases y de partículas con el fin de garantizar la confiabilidad de los datos.

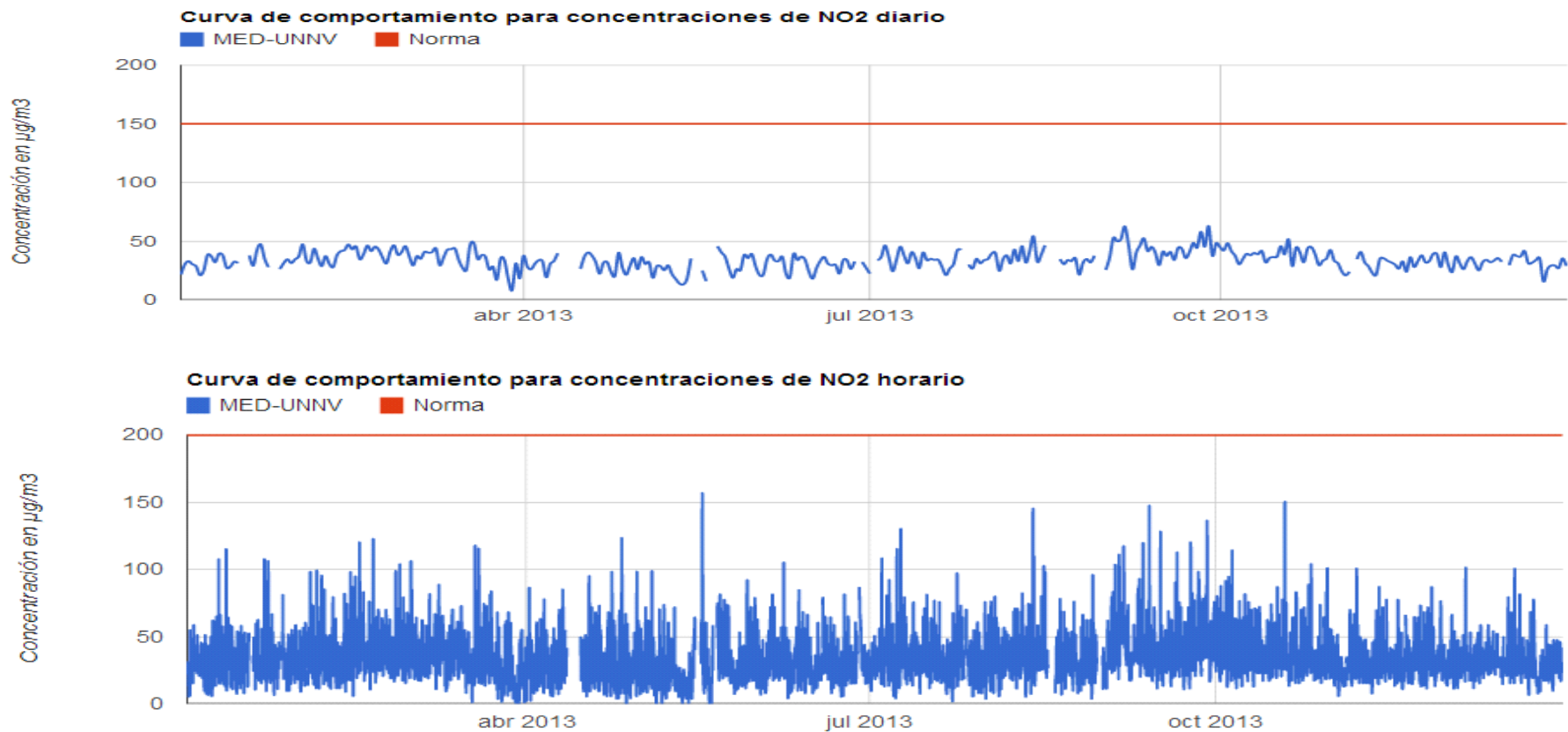
En el seguimiento del PM2.5 en la estación de fondo urbano, se presentan 4 excedencias de la norma con una concentración máxima diaria de 73 µg/m³ en el período 2013, en los meses de mayo a diciembre no se reportan excedencias de la norma colombiana de 50 µg/m³ definida en la Resolución 610 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT, 2010), hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo. En la Figura 7-28 se aprecia el comportamiento de estas concentraciones en la estación.

Figura 7-28. Niveles de PM2.5 en estación de fondo urbano en el municipio de Medellín, Período 2013.



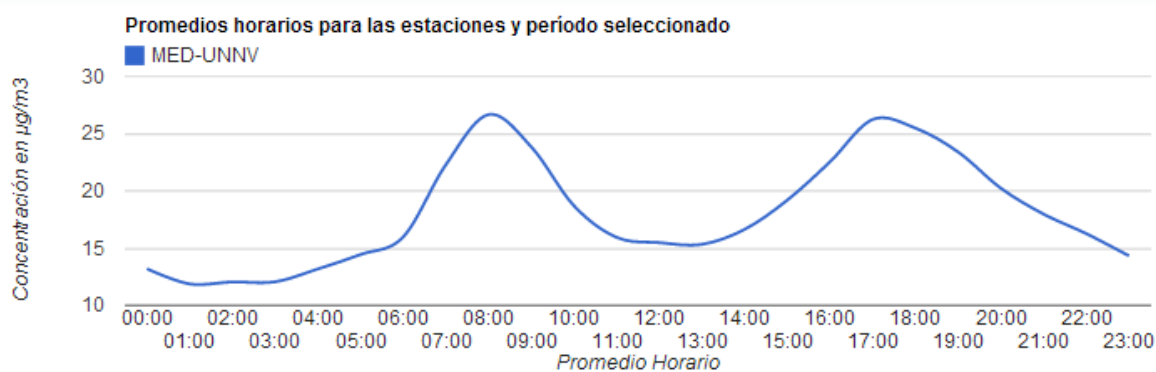
Los niveles de dióxido de nitrógeno registrados en el período 2013, son muy bajos en comparación con los valores límite establecidos en la norma colombiana de calidad del aire, $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (80 ppb) para un tiempo de exposición diaria y $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (106 ppb) para exposición horaria. La máxima concentración diaria reportada fue de $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el mes de marzo y la máxima horaria de $153 \mu\text{g}/\text{m}^3$ reportada en el mes de mayo. El comportamiento del dióxido de nitrógeno se aprecia en la Figura 7-29.

Figura 7-29. Niveles de NO₂ en estación de fondo urbano en el municipio de Medellín, Período 2013.



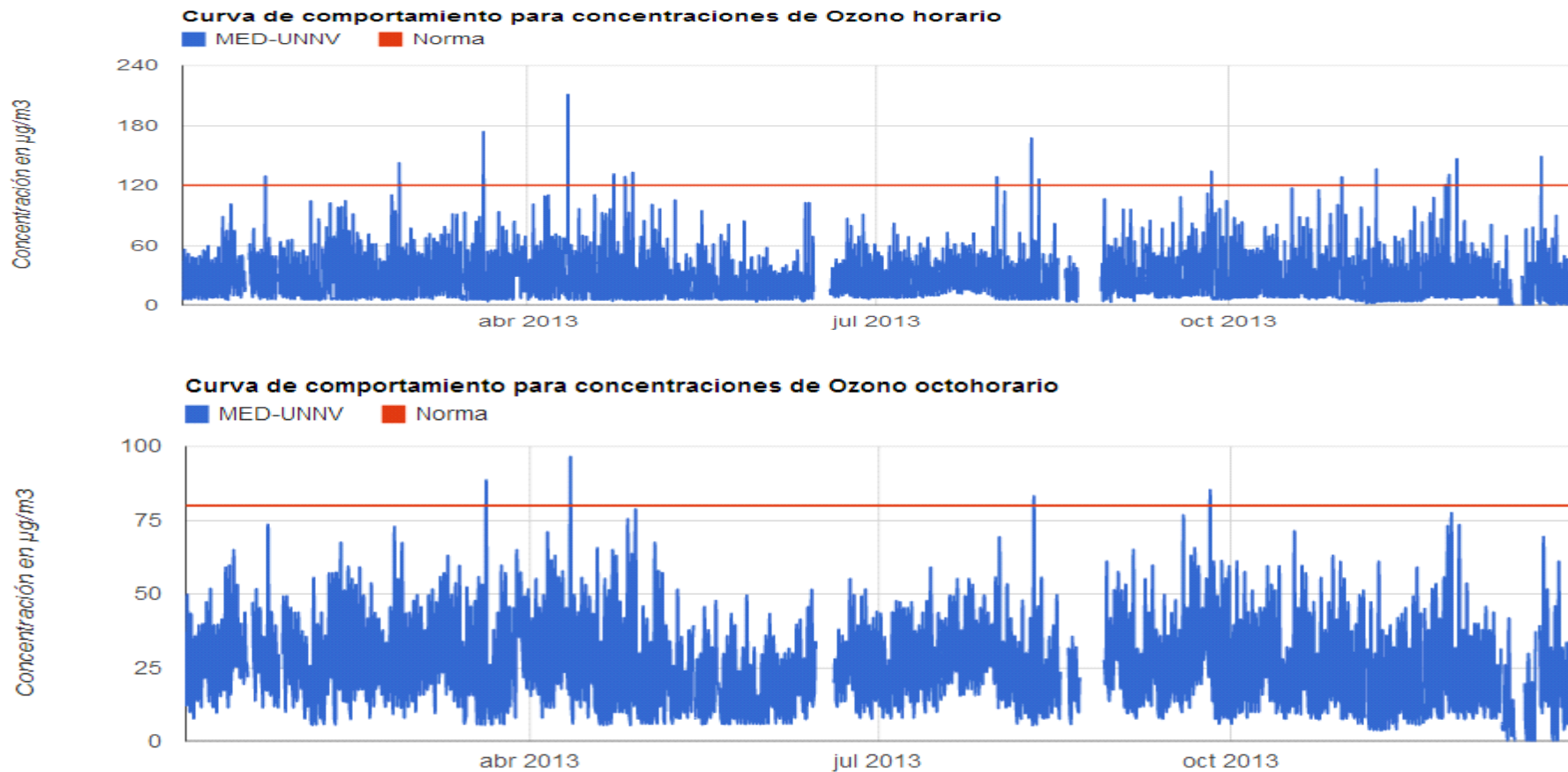
El análisis de las concentraciones promedio horarias de dióxido de nitrógeno mostradas en la Figura 7-30 permite evidenciar los fenómenos de formación, dispersión y transformación química asociados a este contaminante. En las horas de la mañana se incrementan las concentraciones de NO₂ debido a la mayor actividad vehicular en los alrededores de la estación. En las horas del mediodía el NO₂ se transforma a ozono, producto de las reacciones químicas que ocurren en la atmósfera, activadas por la mayor radiación solar en esta franja horaria. En las horas posteriores las concentraciones de NO₂ se incrementan nuevamente, debido a que el ozono troposférico se empieza a destruir y en esta reacción se produce monóxido de nitrógeno que se oxida a dióxido de nitrógeno, generando una mayor acumulación a las 18:00 horas. En las horas de la noche y la madrugada, el NO₂ vuelve a disminuir porque se transforma a nitrato (NO₃⁻) en presencia de la mayor humedad en la atmósfera.

Figura 7-30. Comportamiento promedio horario del NO₂ en estación de fondo urbano en el municipio de Medellín, Período 2013.



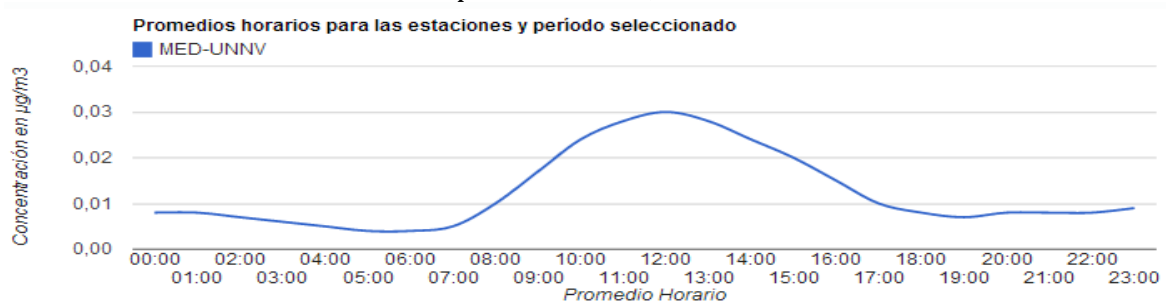
En período 2013 se sobrepasó la norma horaria de ozono de 120 µg/m³ (0,061 ppm), registrando 24 excedencias con una concentración máxima 210 µg/m³ en el mes de abril. En la norma octohoraria de ozono de 80 µg/m³ (0,041 ppm) se registran 14 excedencias con un valor máximo de 97 µg/m³ también reportado en el mes de abril, En la Figura 7-31 se aprecia el comportamiento del ozono en la estación de fondo urbano.

Figura 7-31. Concentraciones horarias y octohorarias de ozono en estación de fondo urbano en el municipio de Medellín, Período 2013.



En la Figura 7-32 se observa el fenómeno de formación del ozono explicado anteriormente, el cual describe un incremento de las concentraciones en la franja del mediodía, debido a la acumulación del NO₂ en horas previas y los mayores niveles de radiación solar.

Figura 7-32. Comportamiento promedio horario del ozono en la estación de fondo urbano en el municipio de Medellín, Período 2013.

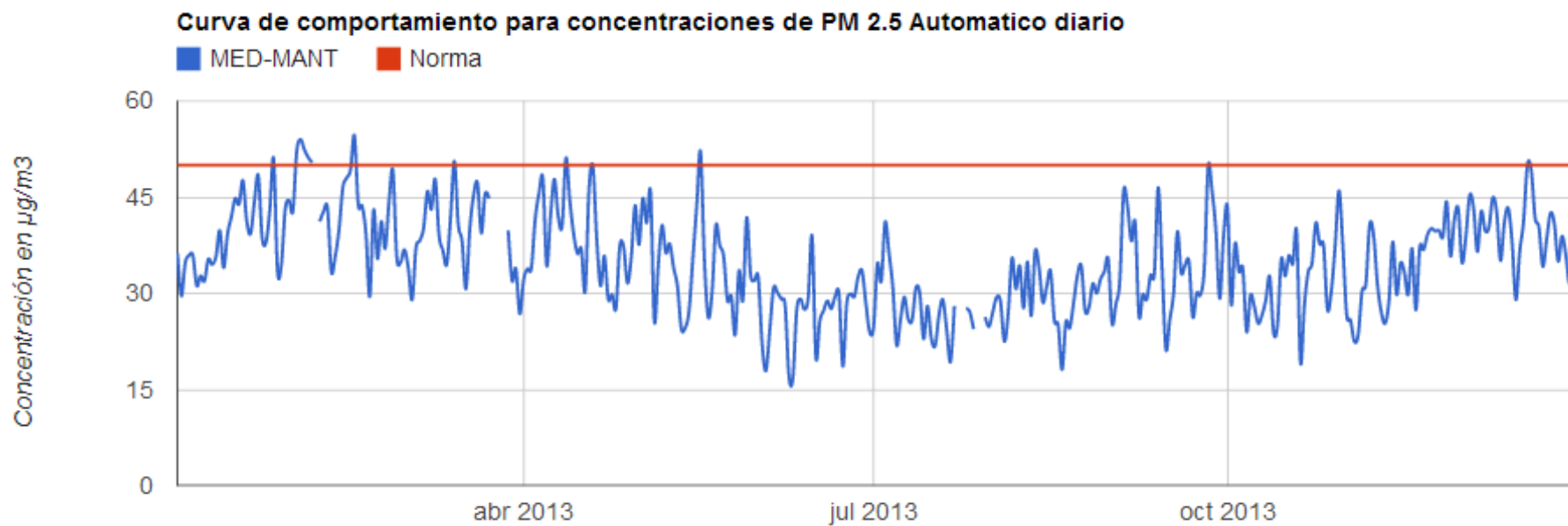


7.5.2 Urbana

En la estación urbana localizada en el Museo de Antioquia (MED-MANT), entraron en operación en el mes de noviembre 2012, un analizador de monóxido de carbono -CO- y el analizador de partículas PM2.5 que estaba ubicado en la estación de tendencia Miguel de Aguinaga, siguiendo las orientaciones entregadas en el estudio de optimización de la Red de monitoreo de calidad del aire del Valle de Aburrá. Además se viene realizando el seguimiento de las concentraciones en el aire ambiente de dióxido de nitrógeno -NO₂- y parámetros meteorológicos de velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad relativa y radiación solar. Los equipos de monitoreo que conforman la estación, permiten realizar mediciones horarias de los parámetros, además se cuenta con equipos para realizar la calibración periódica del analizador de óxidos de nitrógeno -NO_x-, con el fin de garantizar la confiabilidad de los datos.

En el seguimiento del PM2.5 en el período 2013, se registraron 10 excedencias de la norma para exposición diaria de 50 µg/m³ definida en la Resolución 610 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT, 2010), hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, con una concentración máxima de 55 µg/m³ registrada en el mes de febrero. En la Figura 7-33 se aprecia el comportamiento de las concentraciones diarias en la estación.

Figura 7-33. Niveles de PM2.5 en estación urbana en el municipio de Medellín, Período de 2013.



Los niveles de dióxido de nitrógeno registrados en el período 2013, son muy bajos en comparación con los valores límite establecidos en la norma colombiana de calidad del aire, $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (80 ppb) para un tiempo de exposición diaria y $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (106 ppb) para exposición horaria. La máxima concentración diaria registrada en este período fue de $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registrada en el mes de septiembre y la máxima horaria de $175 \mu\text{g}/\text{m}^3$ reportada en el mes de agosto. El comportamiento del dióxido de nitrógeno se aprecia en la Figura 7-34.

Las concentraciones promedio horarias del dióxido de nitrógeno en la estación urbana presentan un comportamiento similar al identificado en la estación de fondo urbano, un primer pico a las 08:00 horas y el segundo pico a las 18:00 horas. Los factores que inciden en este comportamiento fueron explicados anteriormente. En la Figura 7-35 se aprecia el comportamiento promedio horario del NO_2 .

Figura 7-34. Niveles de NO₂ en estación urbana en el municipio de Medellín, Período 2013.

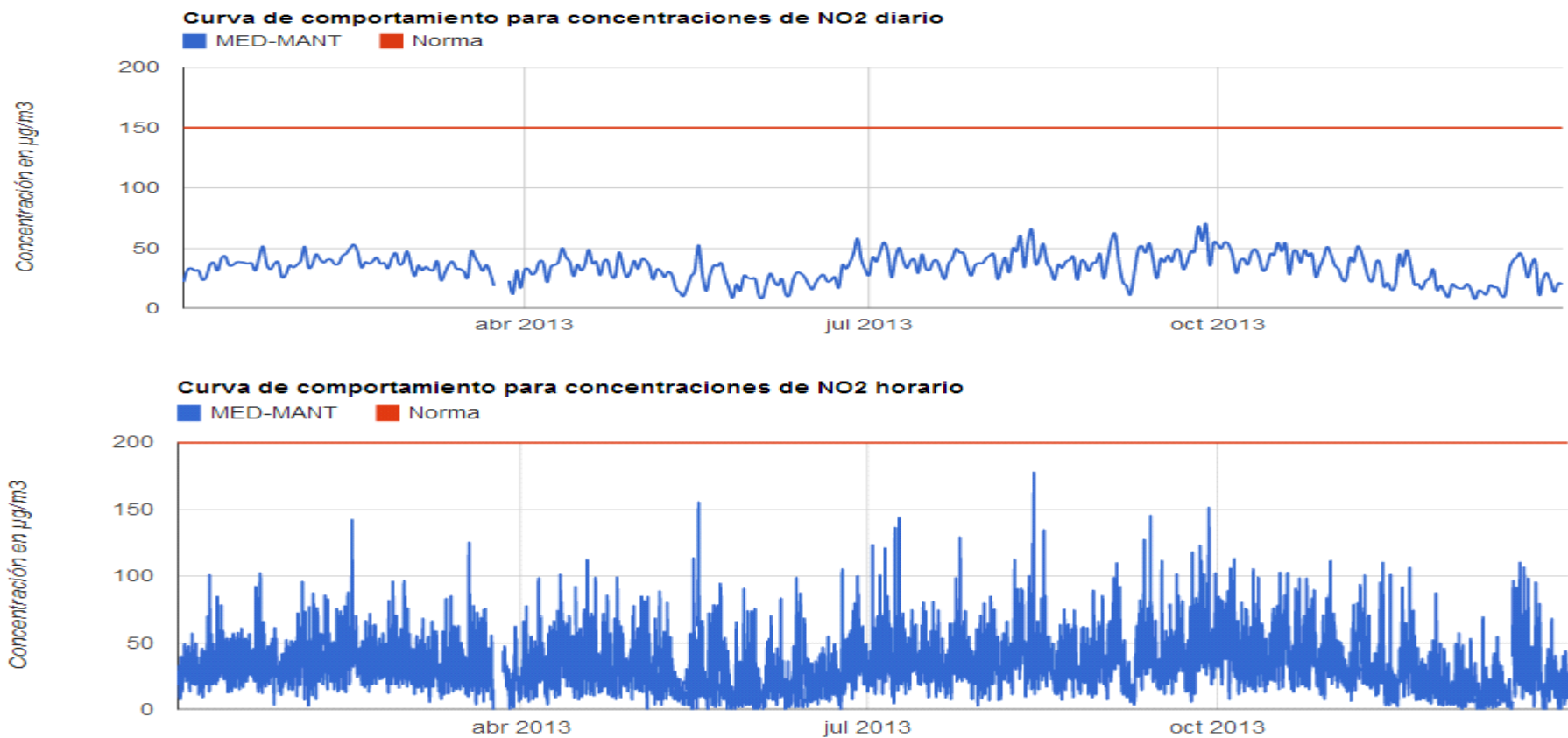
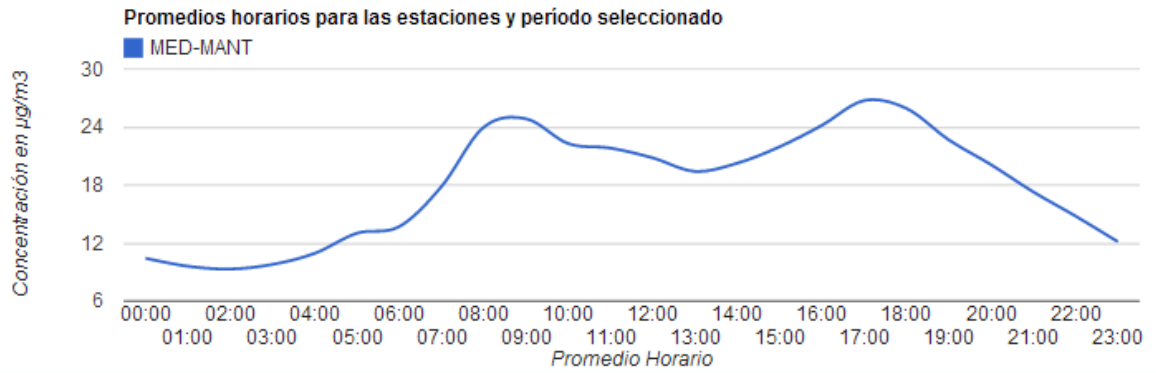
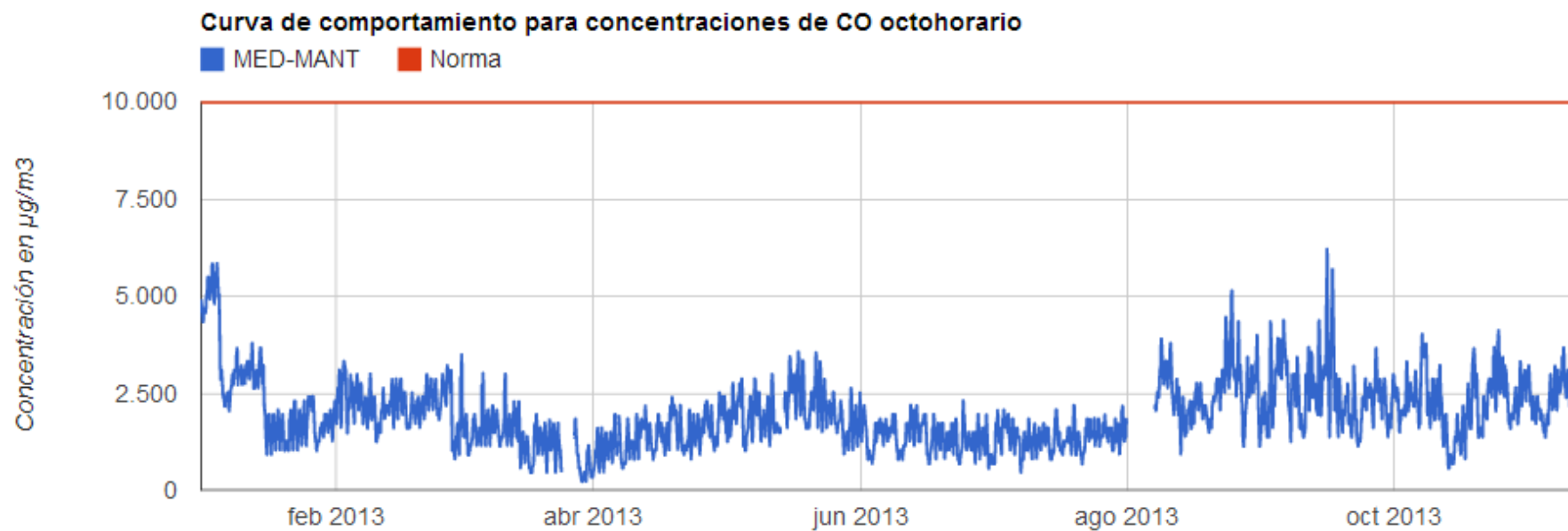


Figura 7-35. Comportamiento promedio horario del NO₂ en estación urbana en el municipio de Medellín, Período 2013.



Los niveles de monóxido de carbono registrados en el período 2013, son muy bajos en comparación con los valores límite establecidos en la norma colombiana de calidad del aire, 40.000 µg/m³ (35 ppm) para un tiempo de exposición horaria y 10.000 µg/m³ (8,8 ppm) para exposición de 8 horas. La máxima concentración horaria fue de 8,8 ppm registrada en el mes de marzo y la máxima octohoraria de 5,4 ppm registrada en el mes de septiembre. En la Figura 7-36 se aprecian las concentraciones octohorarias de monóxido de carbono.

Figura 7-36. Concentraciones octohorarias de CO en estación urbana del municipio de Medellín, Período 2013.



7.5.3 Tendencia mesoescala

En las estaciones de tendencia mesoescala, se realiza el seguimiento de las concentraciones en el aire ambiente de material particulado menor a 10 micrómetros -PM10-.

En el seguimiento histórico de las concentraciones de PM10 en la estación MED-CORA, durante el período 2009 - 2013, el máximo promedio anual fue de 54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2009 y se observa una disminución en el promedio anual en los últimos años. En la Figura 7-37 se aprecia el comportamiento histórico promedio anual de PM10 en la estación.

Durante el período 2013, para PM10 no se registra excedencias de la norma diaria de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ definida en la Resolución 610 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial -MAVDT-, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. En la Figura 7-38 se aprecia el comportamiento diario de las concentraciones de material particulado.

Figura 7-37. Promedio concentraciones históricas PM10 en estación de tendencia mesoescala en el municipio de Medellín.

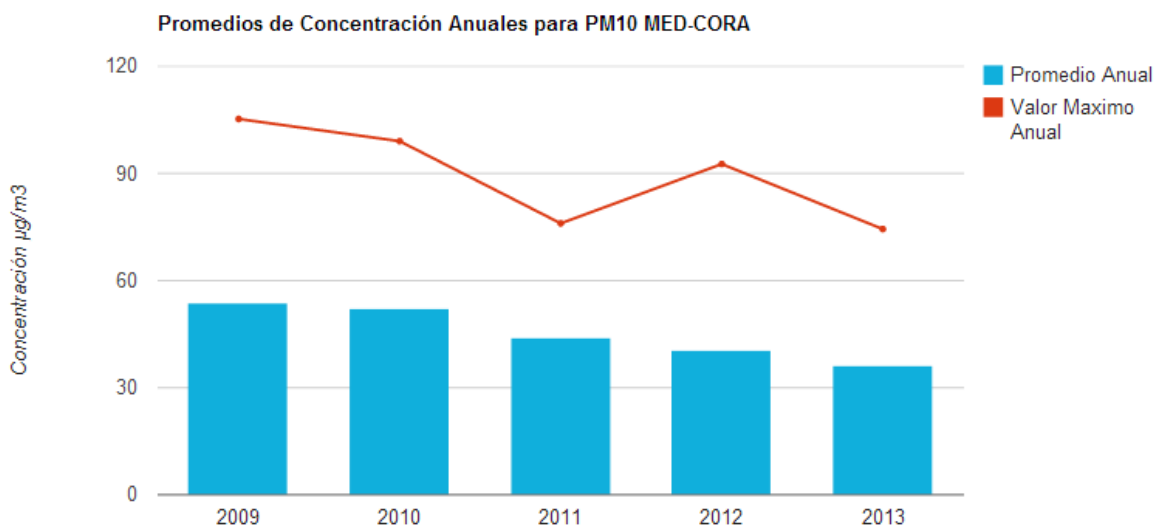
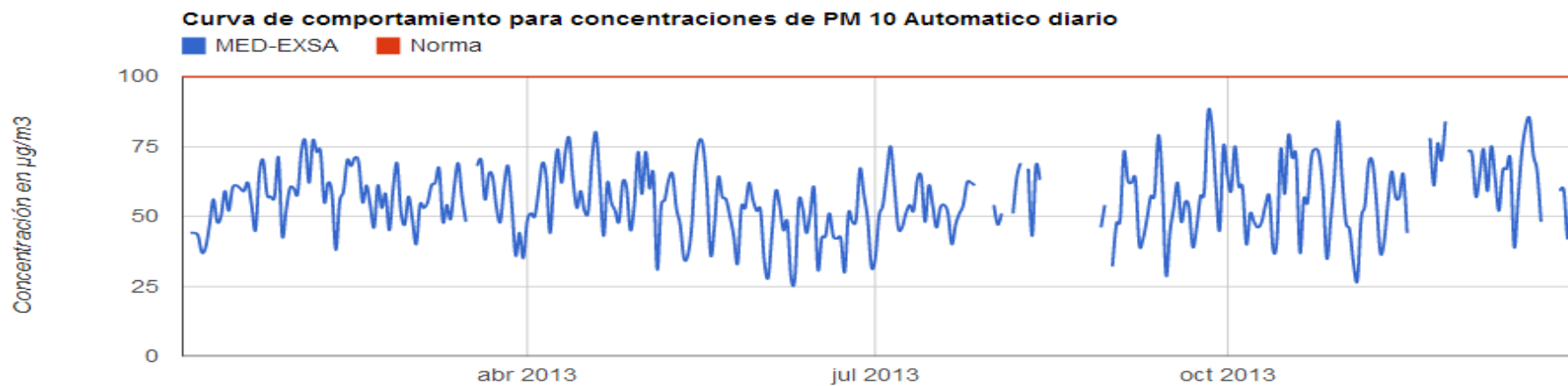


Figura 7-38. Niveles de material particulado en estaciones de tendencia mesoescala en el municipio de Medellín, Período 2013.

PM10 manual



PM10 automático



7.5.4 Tráfico

En las estaciones de tráfico se realiza el seguimiento de las concentraciones en el aire ambiente de PM₁₀, PM_{2.5}, PM₁ y NO₂.

En el seguimiento histórico del PM₁₀ en las estaciones MED-UNFM (M), MED-PJIC (M), durante el período 2008 - 2013, el máximo promedio anual fue de 69 µg/m³ en el año 2009 en la estación MED-UNFM (M), en las dos estaciones se observa una disminución en el promedio anual en los últimos años. En la Figura 7-39 se aprecia el comportamiento histórico promedio anual de PM₁₀ en las estaciones. En cuanto al comportamiento histórico del PM_{2.5} en la estación MED-PJIC (M) durante el período 2008 - 2013, el máximo promedio anual fue de 26 µg/m³ en el año 2010. En la Figura 7-40 se aprecia el comportamiento histórico promedio anual de PM_{2.5} en la estación.

En el período 2013 las concentraciones de material particulado inferior a 1 micrómetro PM₁, monitoreado en la estación Politécnico, oscilaron entre 5 µg/m³ y 40 µg/m³ y en los meses de octubre a diciembre no se reportaron datos. La norma colombiana no establece un valor máximo permisible para este contaminante y a la fecha no existe una norma internacional para hacer la comparación.

La norma colombiana diaria de PM_{2.5} (50 µg/m³) presentó tres excedencias en el período 2013, dos en la estación Politécnico con una concentración máxima de 61 µg/m³ reportada en el mes de octubre y una en la estación Facultad de Minas con un valor de 65 µg/m³ reportada en el mes de marzo. Para PM₁₀ el equipo manual y el equipo automático ubicados en la estación Facultad de Minas y en la estación Politécnico durante el período 2013, se presentaron tres excedencias de la norma diaria Colombiana de 100 µg/m³, con una concentración máxima de 103 µg/m³, registradas en el equipo automático de la estación Politécnico. En la Figura 7-41 se aprecia el comportamiento diario de las concentraciones de PM_{1.0} y PM_{2.5} y la Figura 7-42 las concentraciones de PM₁₀ en las estaciones de tráfico.

Los niveles de dióxido de nitrógeno registrados en el período 2013, son muy bajos en comparación con los valores límite establecidos en la norma colombiana de calidad del aire, 150 µg/m³ (80 ppb) para un tiempo de exposición diaria y 200 µg/m³ (106 ppb) para

exposición horaria. La máxima concentración diaria fue de 83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, registrada en el mes de mayo y la máxima horaria de 190 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, registrada en el mes de abril. El comportamiento del dióxido de nitrógeno se aprecia en la Figura 7-43.

Las concentraciones promedio horarias del dióxido de nitrógeno en la estación de tráfico presentan el mismo comportamiento identificado en la estación de fondo urbano, un primer pico a las 08:00 horas y el segundo pico a las 18:00 horas. Los factores que inciden en este comportamiento fueron explicados anteriormente. En la Figura 7-44 se aprecia el comportamiento promedio horario del NO_2 .

Figura 7-39. Promedio concentraciones históricas de PM10 en estación de tráfico en el municipio de Medellín.

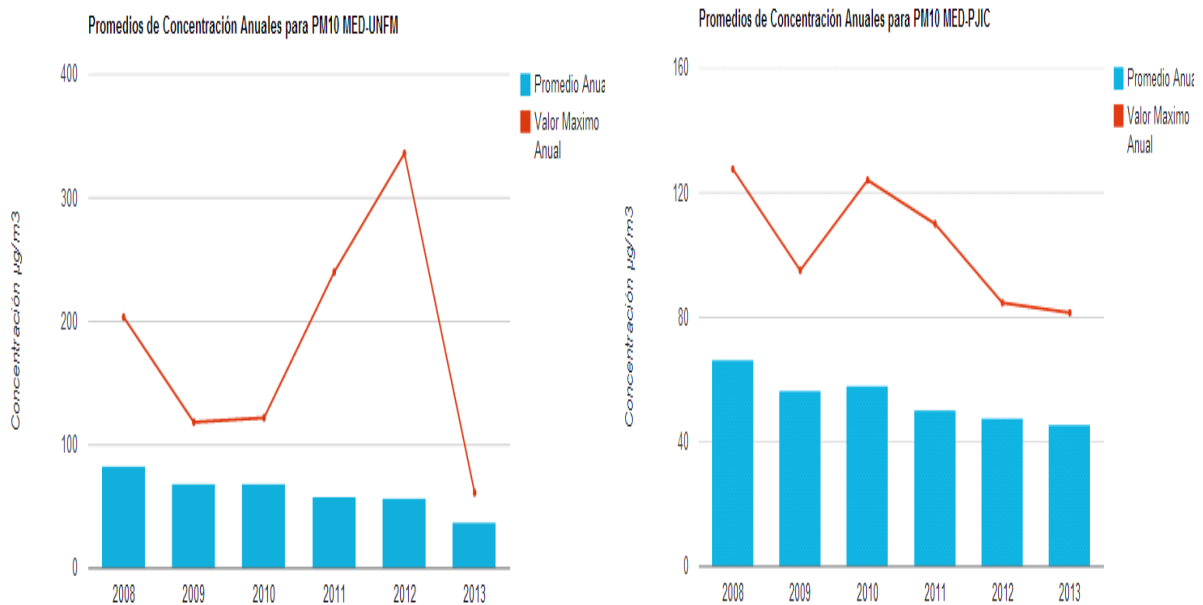


Figura 7-40. Promedio concentraciones históricas de PM2.5 en estación de tráfico en el municipio de Medellín.

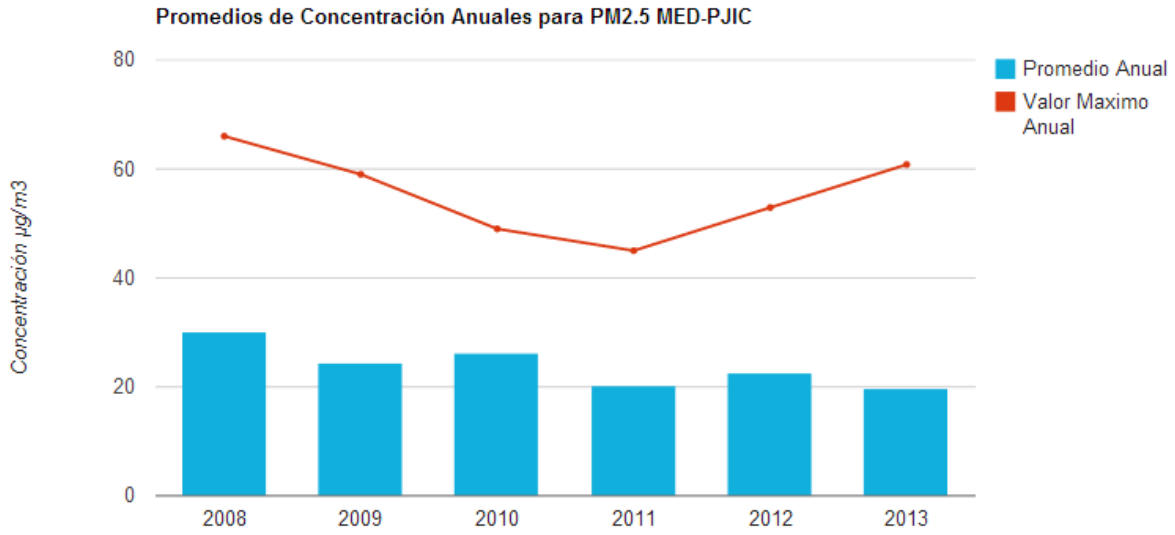
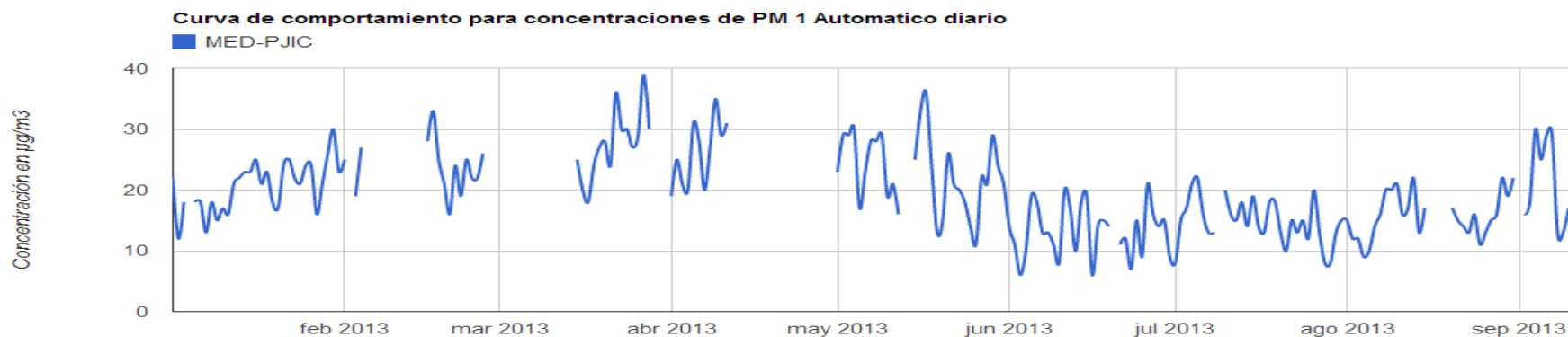


Figura 7-41. Niveles de PM1.0 y PM2.5 en estaciones de tráfico en el municipio de Medellín, Período 2013.

PM1.0



PM2.5

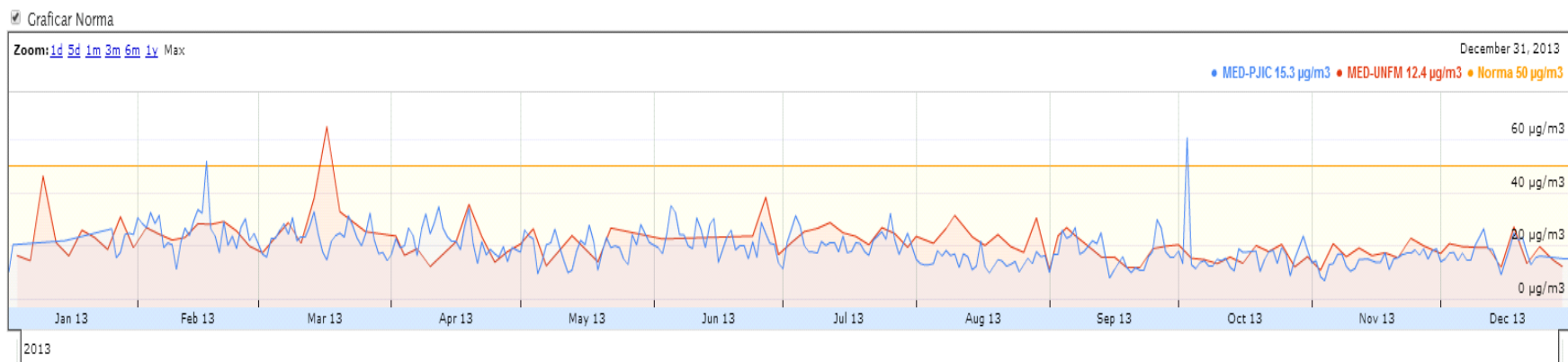


Figura 7-42. Niveles de PM10 en estaciones de tráfico en el municipio de Medellín, Período 2013.

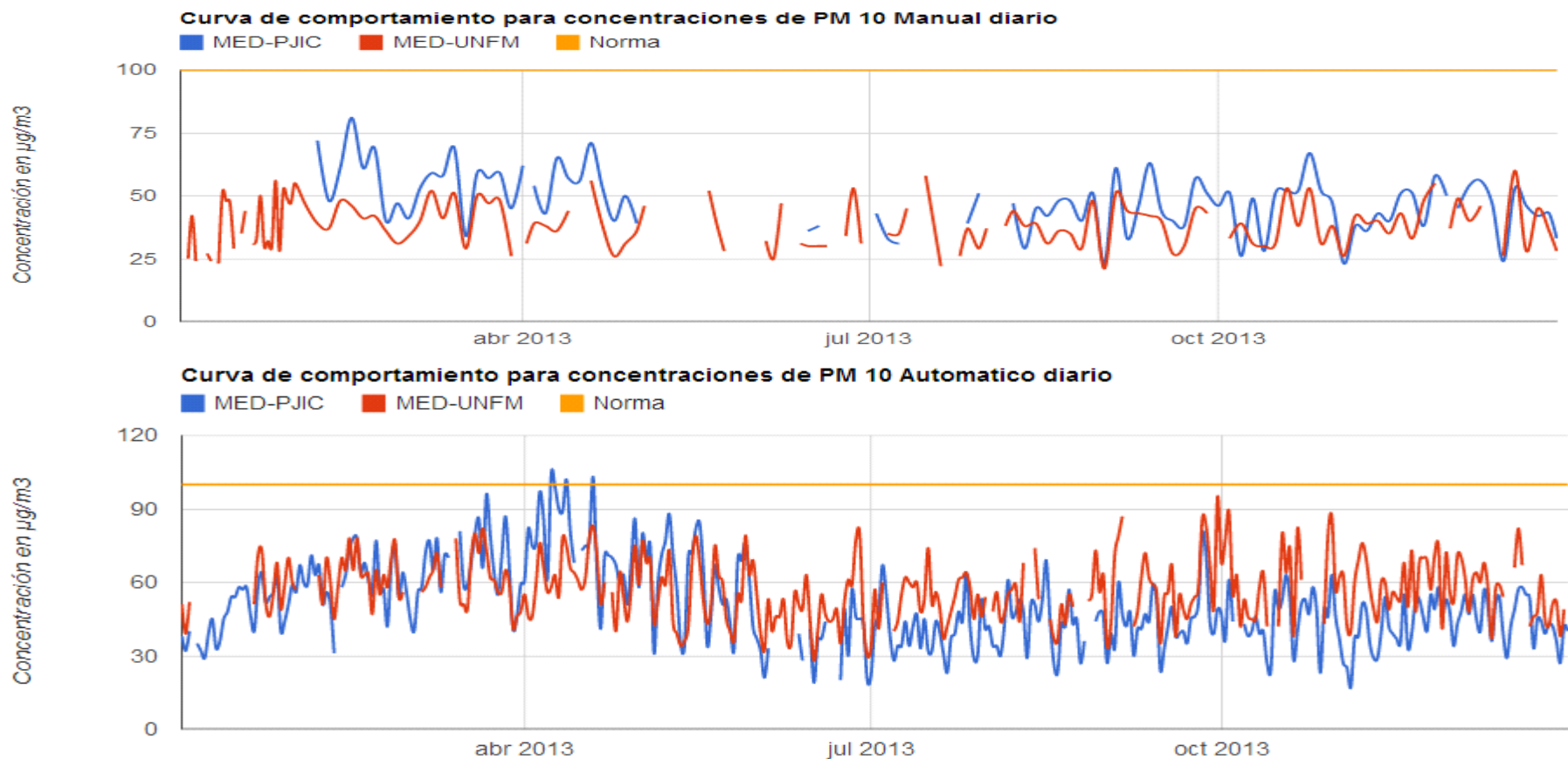


Figura 7-43. Niveles de NO₂ en estación de tráfico en el municipio de Medellín, Periodo 2013.

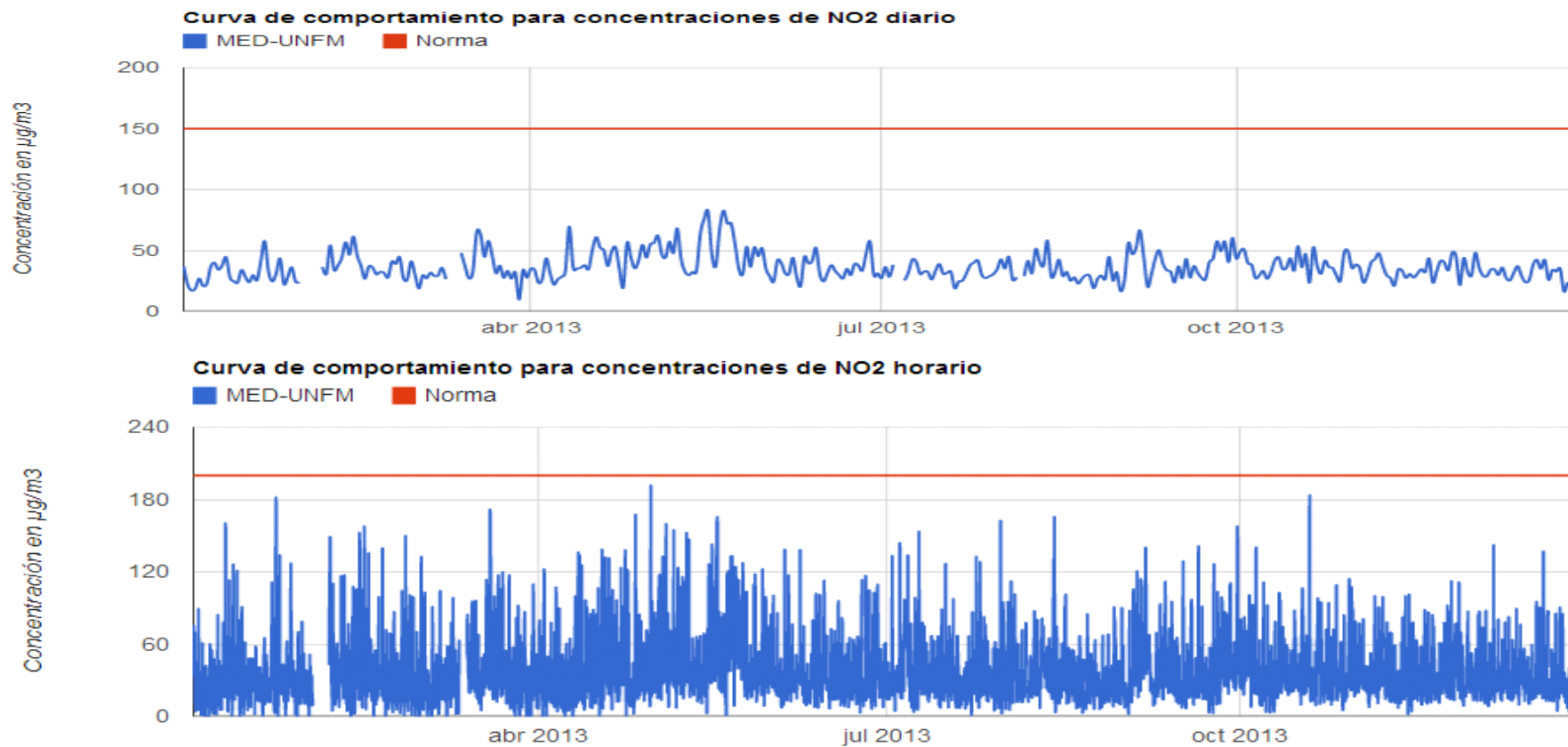
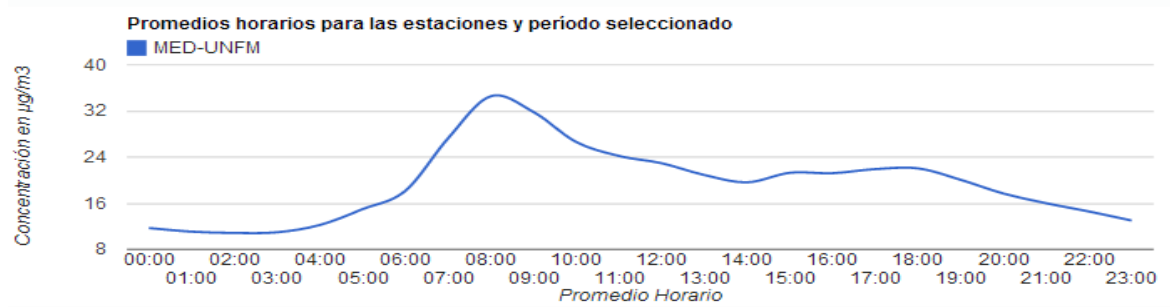


Figura 7-44. Comportamiento promedio horario del NO₂ en estación de tráfico en el municipio de Medellín, Período 2013.



7.5.5 Suburbana

En las estaciones suburbanas se realiza el seguimiento de las concentraciones en el aire ambiente de material particulado inferior a 10 micrómetros, material particulado inferior a 2.5 micrómetros y ozono.

En el seguimiento del PM₁₀ en la estación Villa Hermosa (MED-VIHE) en el período 2013, se presentó una excedencia de la norma (100 µg/m³) con una concentración de 101 µg/m³ registrada en el mes de diciembre. Los niveles de PM_{2.5} en la estación Poblado (MED-POBL), no sobrepasaron la norma colombiana para exposición diaria de 50 µg/m³. La máxima concentración registrada fue de 45 µg/m³ en el mes de mayo. Los resultados se aprecian en la Figura 7-45.

Los resultados del monitoreo de ozono muestran que en las tres estaciones, MED-VIHE, MED-POBL y MED-UDEM en el período 2013, se sobrepasó el nivel máximo permisible para exposición horaria de 120 µg/m³ (0,061 ppm) y para exposición octohoraria de 80 µg/m³ (0,041 ppm).

Se registraron 123 excedencias de la norma horaria en la estación MED-VIHE, 318 en MED-POBL y 172 en MED-UDEM. La máxima concentración horaria se registró en la estación MED-POBL con un valor de 242 µg/m³. También se registraron 224 excedencias octohorarias en MED-VIHE, 629 en MED-POBL y 309 en MED-UDEM, con una concentración máxima de 148 µg/m³ en MED-POBL. En la Figura 7-46 y en la Figura 7-47 se aprecia el comportamiento horario y octohorario del ozono en las estaciones suburbanas.

Figura 7-45. Niveles de material particulado en estaciones suburbanas en el municipio de Medellín, Periodo 2013.

PM10



PM2.5

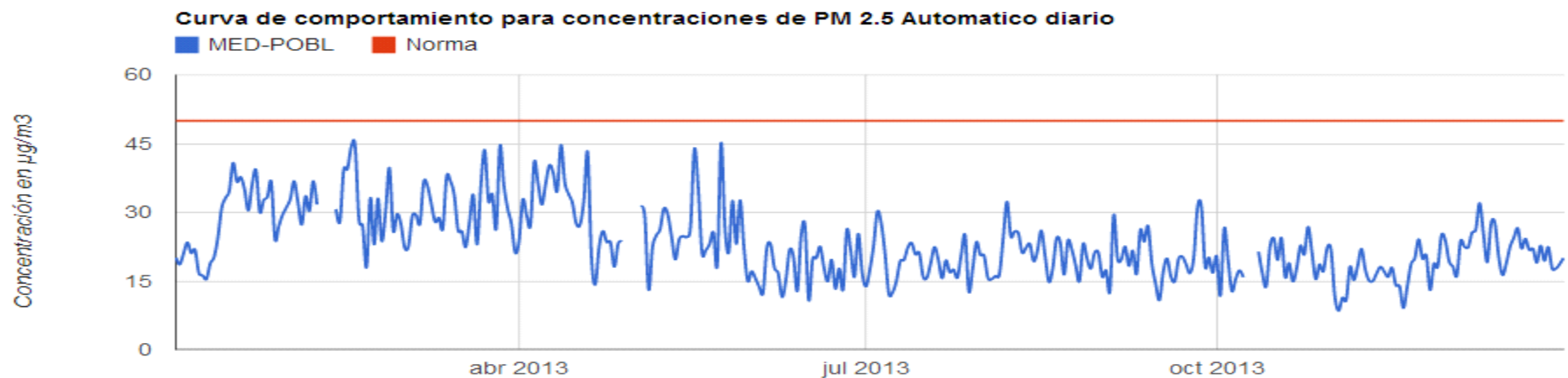


Figura 7-46. Concentraciones horarias de ozono en estaciones suburbanas en el municipio de Medellín, Período 2013.

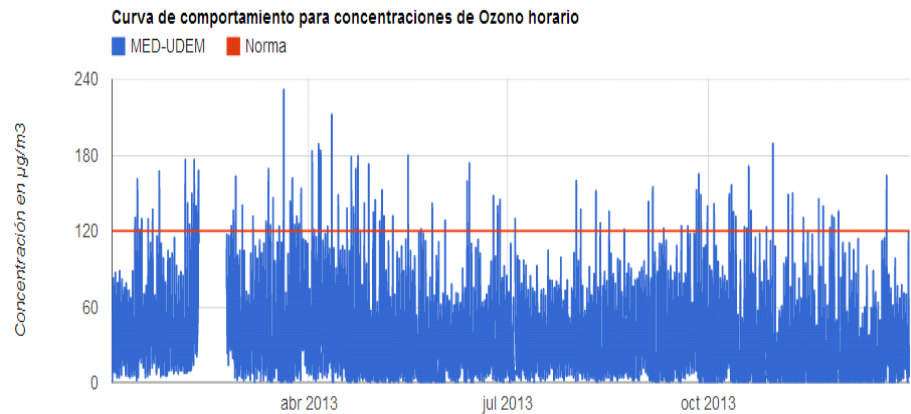
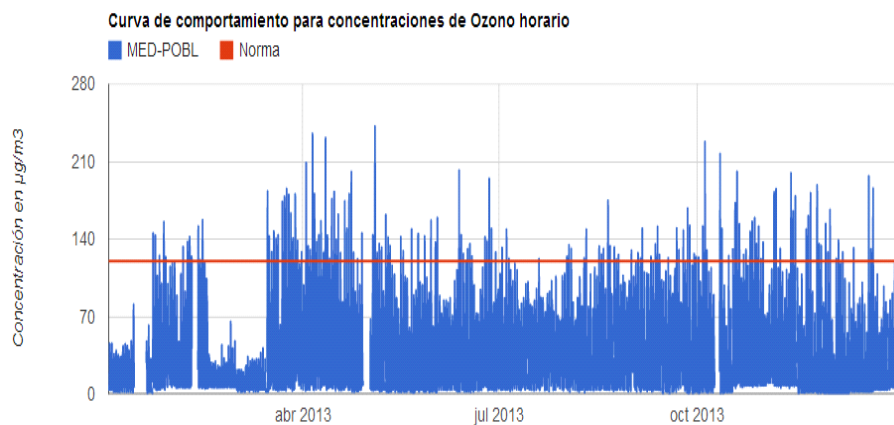
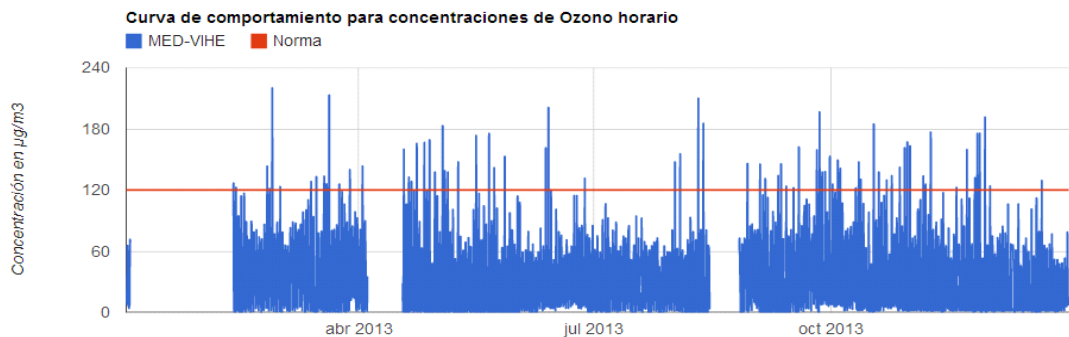
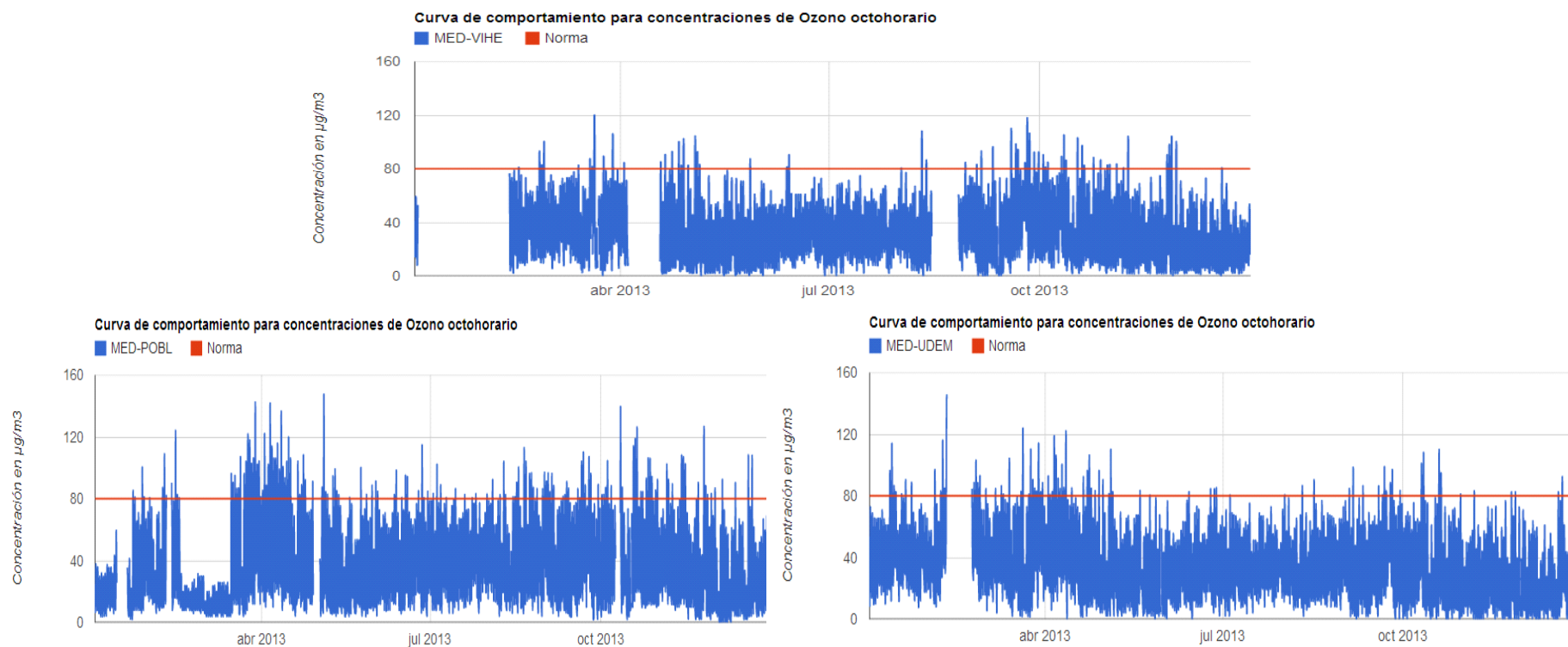


Figura 7-47. Concentraciones octohorarias de ozono en estaciones suburbanas en el municipio de Medellín, Período 2013.



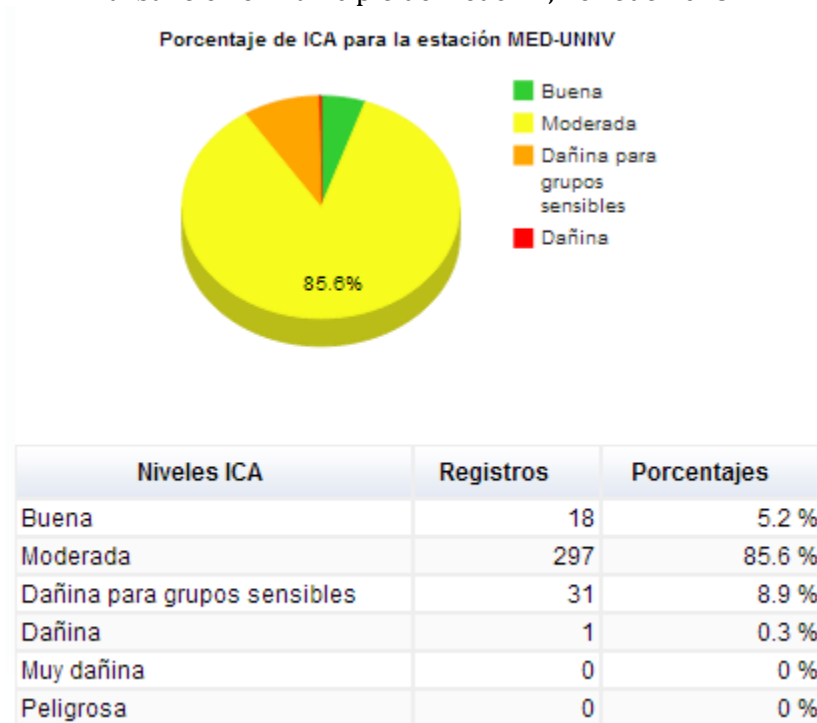
7.5.6 Índice de calidad del aire

El ICA ha sido calculado para los contaminantes PM10, PM2.5, CO y O₃ en las diferentes estaciones ubicadas en el municipio de Medellín. Los niveles de NO₂ monitoreados durante el período 2013, son tan bajos que no alcanzan a reportar un Índice de Calidad del Aire, el cual establece una categoría atmosférica a partir del umbral de 1.219 µg/m³ como concentración horaria. Esto significa que para los niveles registrados en la estación, no se asocian efectos en la salud de la población según el indicador.

En la estación de fondo urbano Universidad Nacional, Núcleo El Volador, en el período 2013, para PM2.5 se presentó 18 días (5,2%) con calidad del aire “Buena”, 297 días (85,6%) con calidad del aire “Moderada” y 31 días (8,9%) “Dañina para grupos sensibles”. En la Figura 7-48 se observa el comportamiento de la calidad del aire en dicha estación. En la Figura 7-49 se presenta el comportamiento diario del ICA, el cual osciló entre 35 y 155 en el período 2013. Cuando el ICA supera el valor de 100 la calidad atmosférica se clasifica como “Dañina para grupos sensibles”.

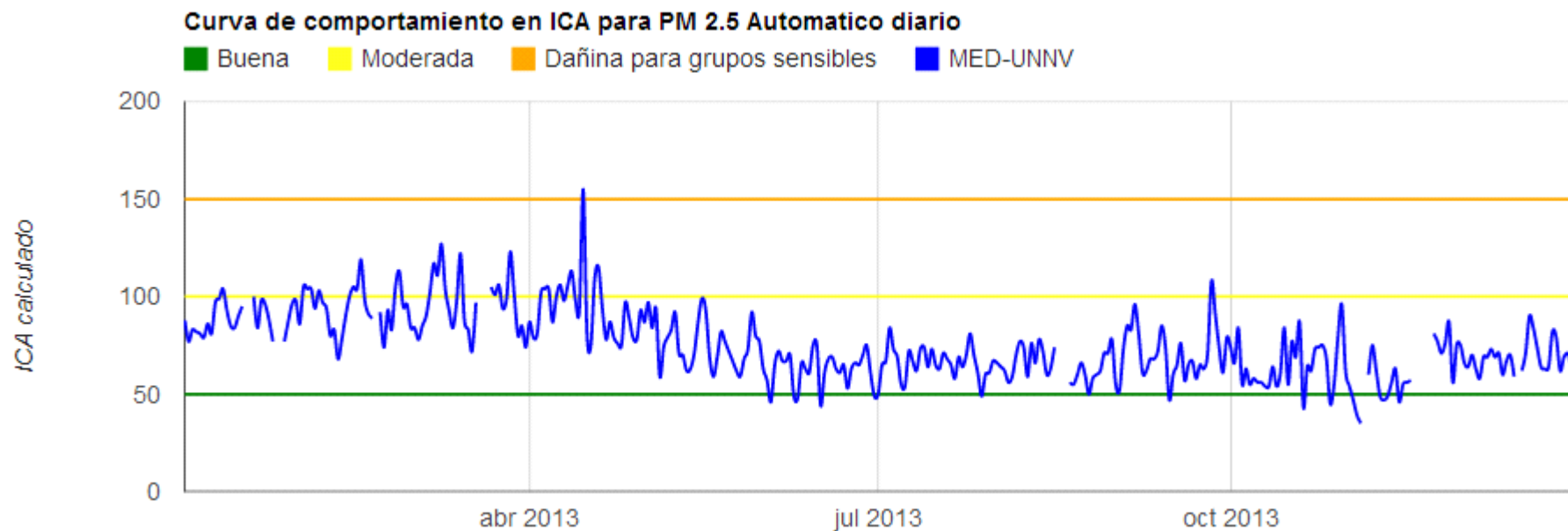
El Índice de Calidad del Aire también ha sido determinado para el ozono. Las concentraciones registradas de este contaminante reportan categorías atmosféricas para los promedios octohorarios, caso contrario ocurre con los promedios horarios los cuales no alcanzan los puntos de corte establecidos por el indicador. La calidad del aire por ozono en el período 2013, en la estación de fondo urbano fue “Buena”. En la Figura 7-50 se observa que los valores del ICA son inferiores a 45 indicando una calidad del aire “Buena”.

Figura 7-48. Índice de calidad del aire en número de días para PM2.5 en estación de fondo urbano en el municipio de Medellín, Período 2013.



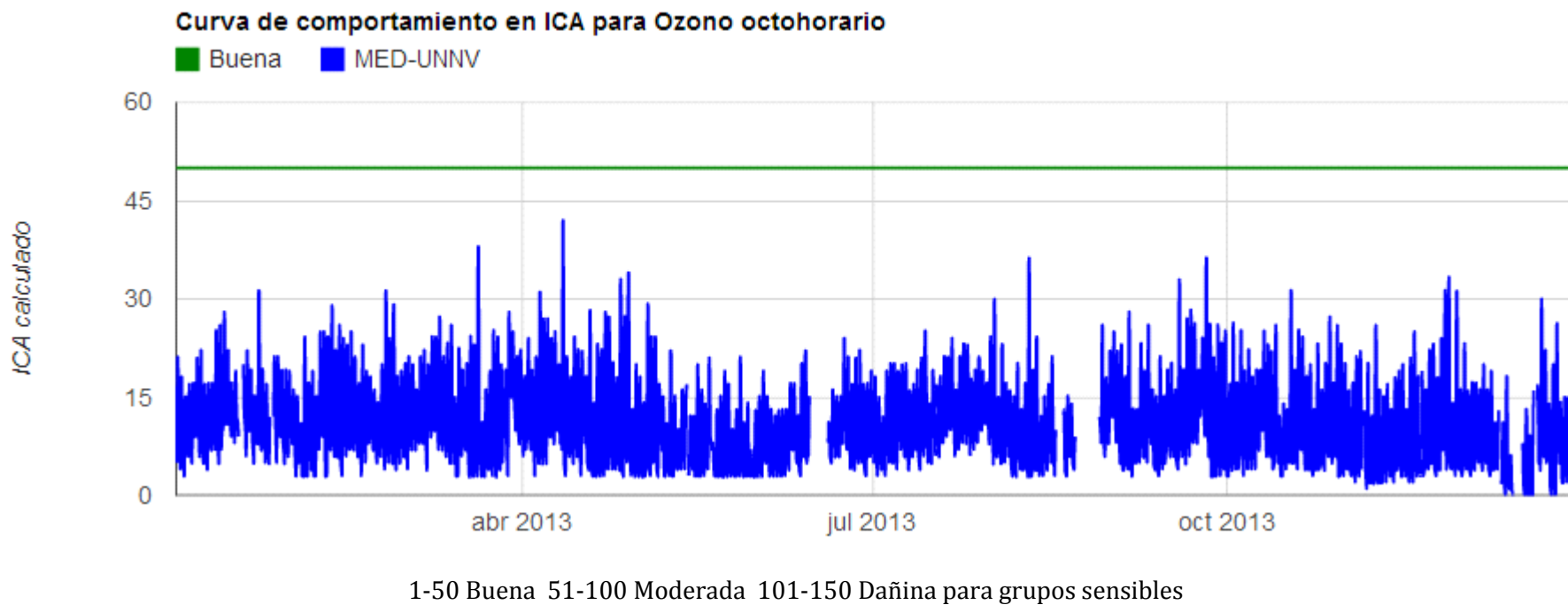
Es de aclarar que en la estación de fondo urbano el contaminante que actúa como máximo operador es el PM2.5 y por lo tanto es el que determina la calidad del aire. La diferencia entre la calidad del aire reportada por el PM2.5 y el ozono, obedece a que en el caso del primero, hay un mayor tiempo de exposición (períodos de 24 horas) de la población a niveles que pueden representar un riesgo a la salud para las personas más vulnerables, mientras que la exposición a ozono, ocurre en períodos cortos de tiempo (1 hora y 8 horas), donde las concentraciones registradas en la estación, no alcanzan a superar el umbral en el que se han identificado efectos a la salud a causa de este contaminante.

Figura 7-49. Índice de calidad del aire diario para PM2.5 en estación de fondo urbano en el municipio de Medellín, Período 2013.



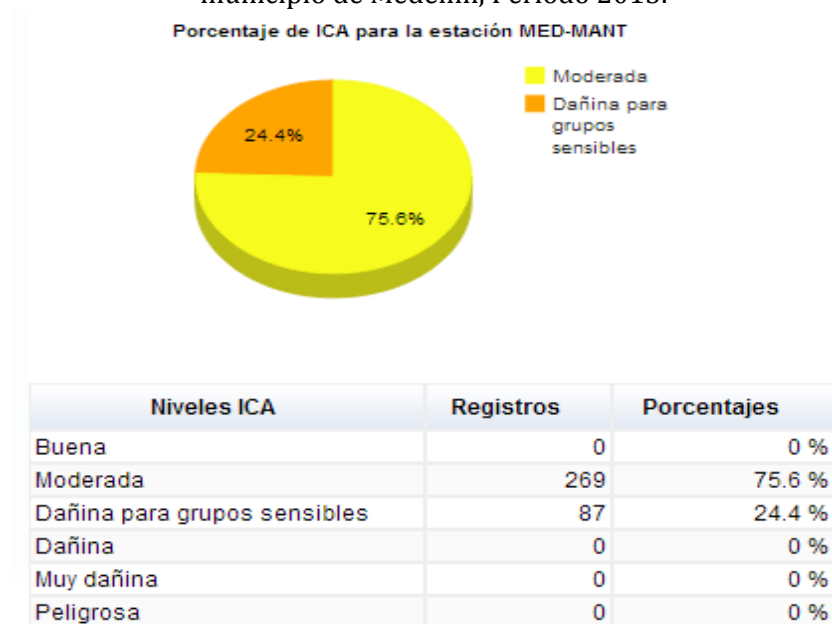
1-50 Buena 51-100 Moderada 101-150 Dañina para grupos sensibles

Figura 7-50. Índice de calidad del aire octohorario para ozono en estación de fondo urbano en el municipio de Medellín, Período 2013.



En la estación urbana ubicada en el parqueadero del Museo de Antioquia, el ICA se determinó para las concentraciones de PM_{2.5} y las concentraciones octohorarias de monóxido de carbono. En el período 2013 se registraron 269 días (75,6%) con calidad del aire “Moderada” y 87 días (24,4%) “Dañina para grupos sensibles” por PM_{2.5}, resultados que se muestran en la Figura 7-51. En la Figura 7-52 se presenta el comportamiento diario del ICA, el cual osciló entre 53 y 129 en el período 2013.

Figura 7-51. Índice de calidad del aire en número de días para PM_{2.5} en estación urbana en el municipio de Medellín, Período 2013.



La calidad del aire por monóxido de carbono se mantuvo predominantemente en la categoría de “Buena” durante el período 2013. En la Figura 7-53 se observa que los valores ICA oscilaron entre 4 y 60.

En la estación urbana el contaminante que actúa como máximo operador es el PM_{2.5} y por lo tanto es el que determina la calidad del aire. La diferencia entre la calidad del aire reportada por el PM_{2.5} y el monóxido de carbono, se debe a la misma situación explicada anteriormente para el caso del PM_{2.5} y el ozono en la estación de fondo urbano.

Figura 7-52. Índice de calidad del aire diario para PM2.5 en estación urbana en el municipio de Medellín, Período 2013.

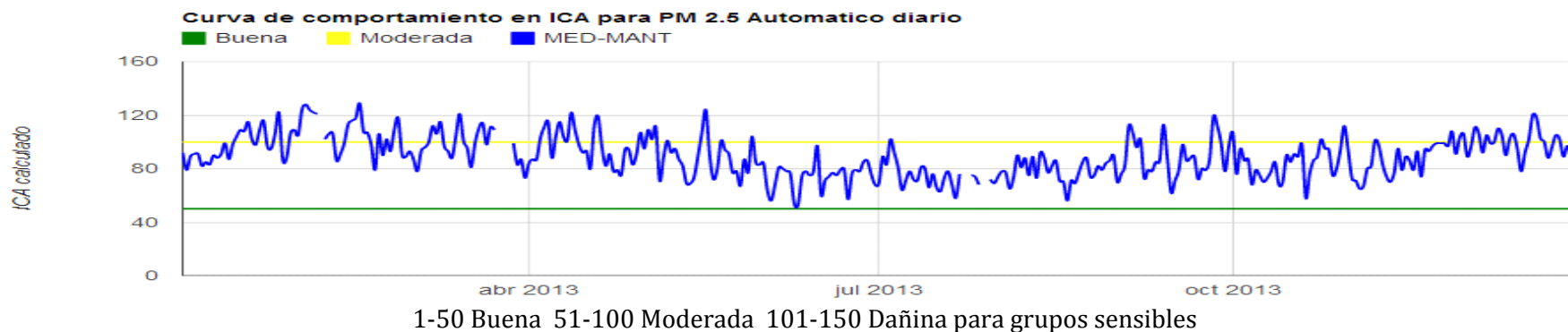
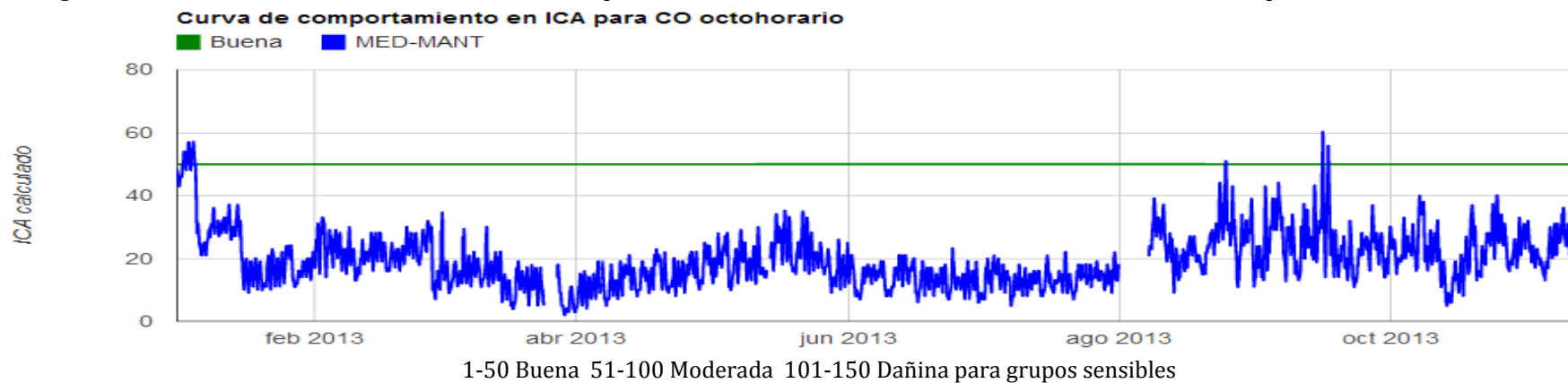


Figura 7-53. Índice de calidad del aire octohorario para monóxido de carbono en estación urbana en el municipio de Medellín, Período 2013



Los resultados del ICA para PM10 en las estaciones de tendencia, muestran que en la estación Corantioquia predominó la calidad del aire “Buena”. En la Figura 7-54 se observa que durante 112 días (94,1%) de monitoreo en MED-CORA la calidad atmosférica fue “Buena” y 7 días (5,9%) “Moderada” y en MED-EXSA, 151 días (46,5%) fue “Buena” y 174 días (53,5%) “Moderada”. Los valores del ICA para cada día de monitoreo durante el período 2013 se aprecian en la Figura 7-55. En MED-CORA el valor máximo alcanzado fue 61 y en MED-EXSA 67.

Figura 7-54. Índice de calidad del aire en número de días para PM10 en estaciones de tendencia en el municipio de Medellín, Período 2013.

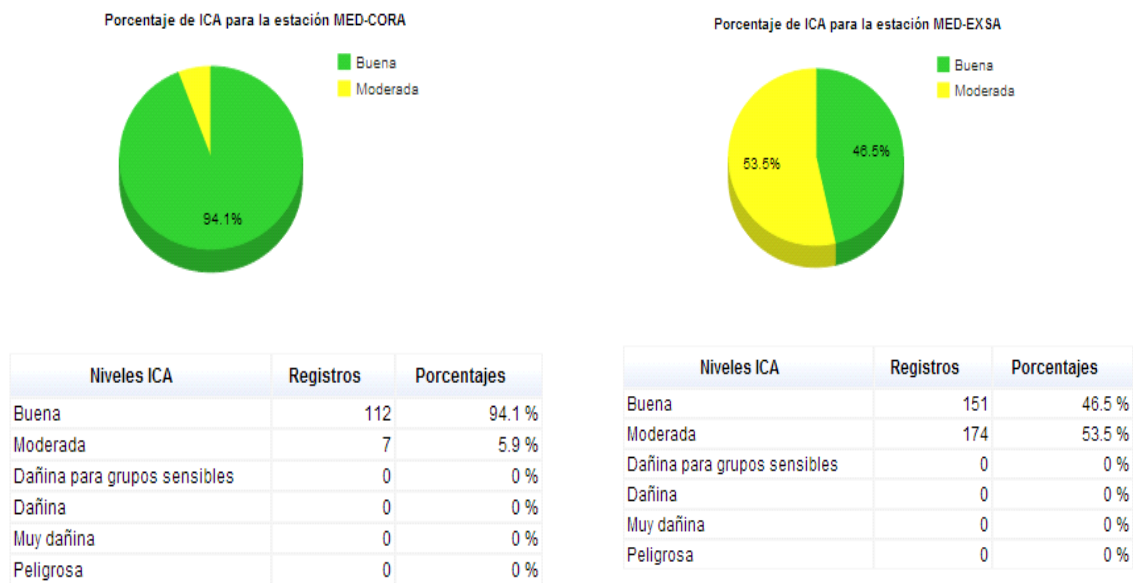
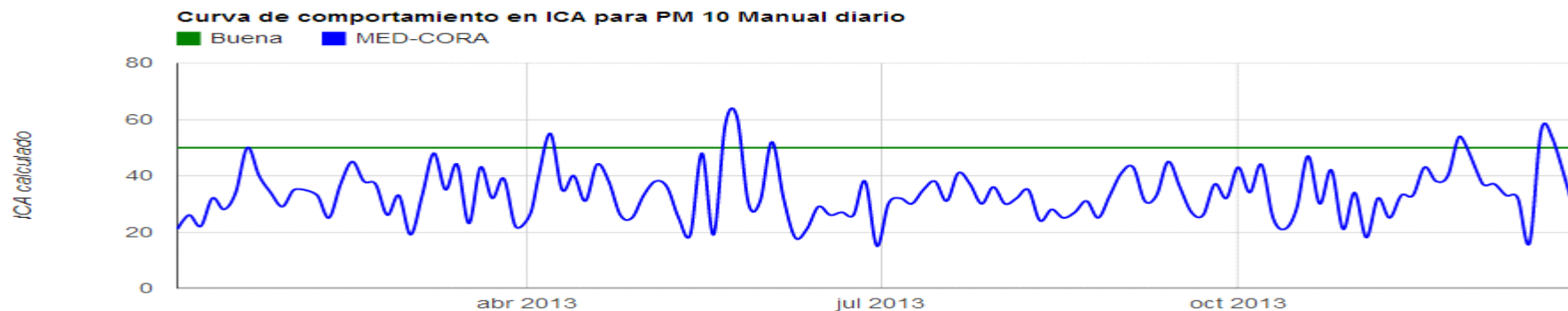
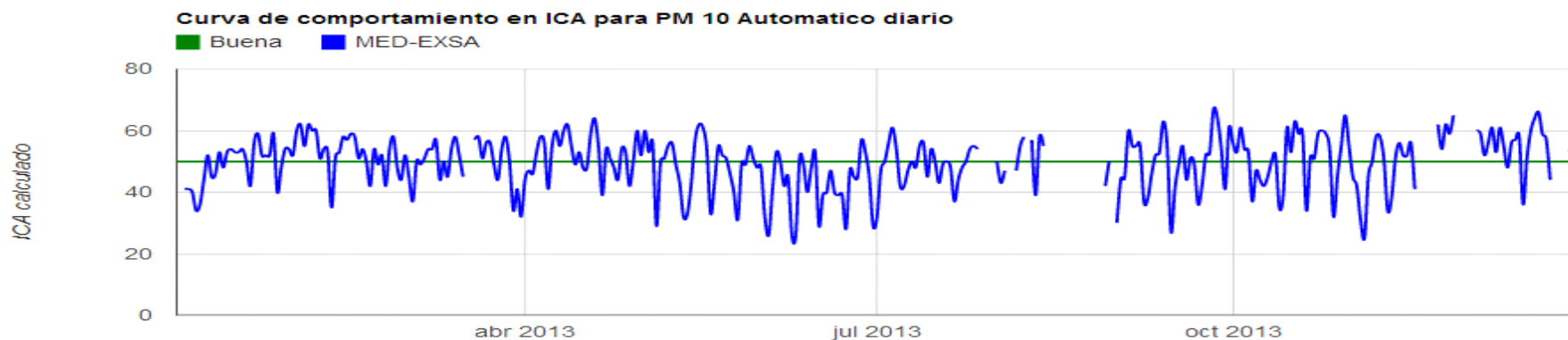


Figura 7-55. Índice de calidad del aire diario para PM10 en estaciones de tendencia en el municipio de Medellín, Período 2013.



1-50 Buena 51-100 Moderada 101-150 Dañina para grupos sensibles



1-50 Buena 51-100 Moderada 101-150 Dañina para grupos sensibles

En la Figura 7-56 se presenta la calidad del aire por PM2.5 y PM10 en las estaciones Facultad de Minas y Politécnico que sirven para evaluar del impacto del tráfico urbano. Por PM2.5 en la estación MED-PJIC se registró 88 días (27,2%) con calidad atmosférica “Buena”, 234 días (72,2%) “Moderada” y 2 día (0,6%) “Dañina para grupos sensibles” y la estación MED-UNFM reportaron 89 días (82,4%) con calidad del aire “Moderada”, 17 días (15,7%) con calidad “Buena” y 2 días (1,9%) “Dañina para grupos sensibles”.

El PM10 genera una calidad del aire “Buena” en las estaciones para seguimiento del tráfico. En MED-PJIC se registraron 218 días (62,8%) con calidad atmosférica “Buena” y 129 días (37,2%) “Moderada” y en MED-UNFM 132 días (41,9%) “Buena” y 183 días (58,1%) “Moderada”. Es de anotar que en ambas estaciones se cuenta con equipo PM10 manual y automático y los resultados se presentan para este último.

En la Figura 7-57 se observa el valor del ICA diario en las estaciones de tráfico. El ICA por PM2.5 alcanzó un valor máximo de 141 en MED-PJIC y 112 en MED-UNFM en los meses de octubre y enero respectivamente. Los valores del ICA por PM10 son inferiores a los de PM2.5, en MED-PJIC el valor máximo es 75 y en MED-UNFM es 68, durante los meses de abril y octubre respectivamente. Cuando el ICA sobrepasa el punto de corte de 100 la calidad del aire se clasifica como “Moderada”.

Figura 7-56. Índice de calidad del aire en número de días, para material particulado en estaciones de tráfico en el municipio de Medellín, Período 2013.

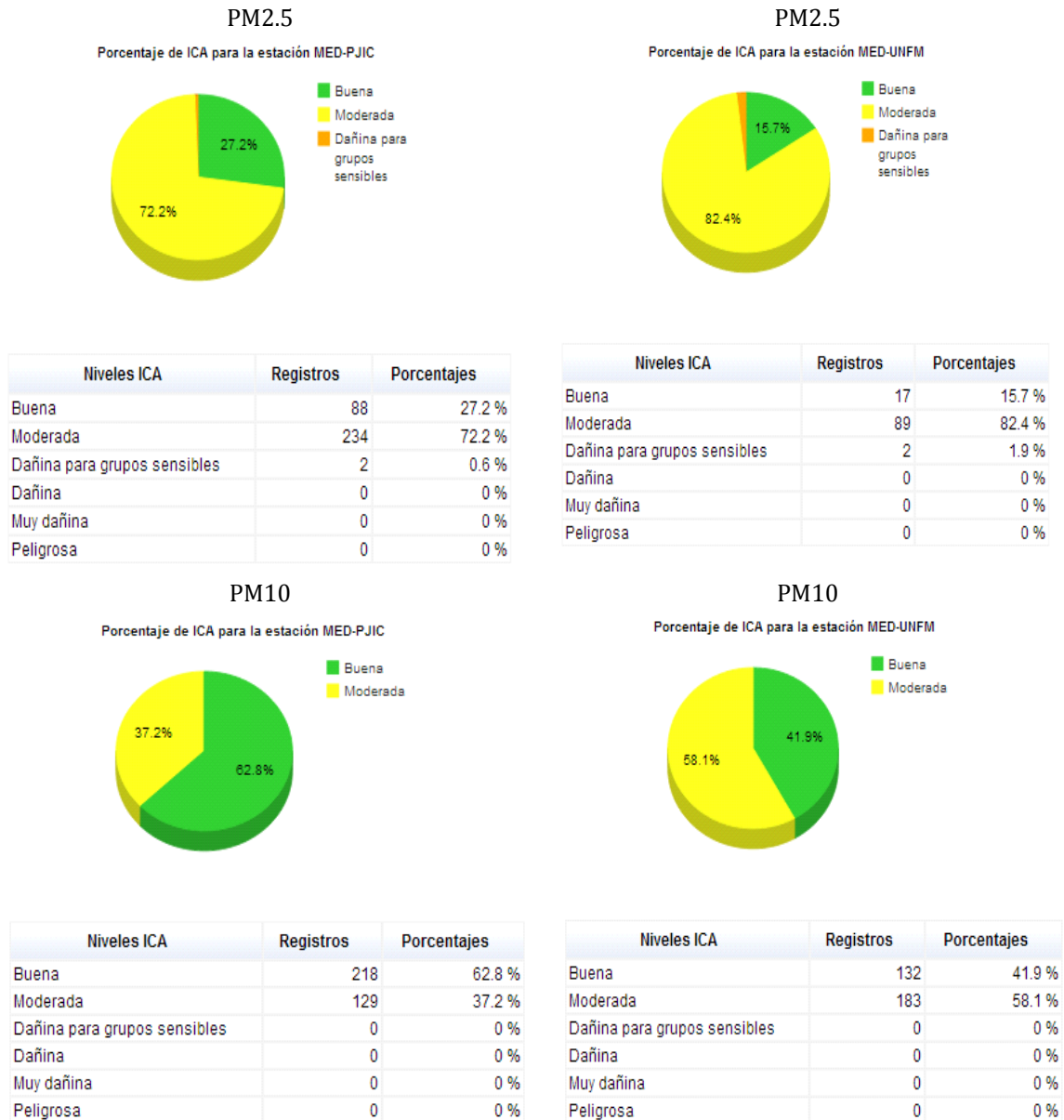
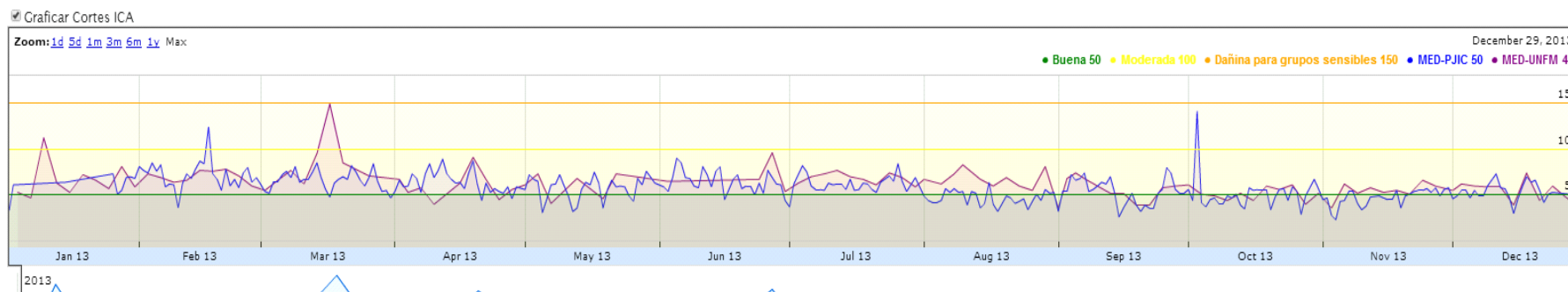
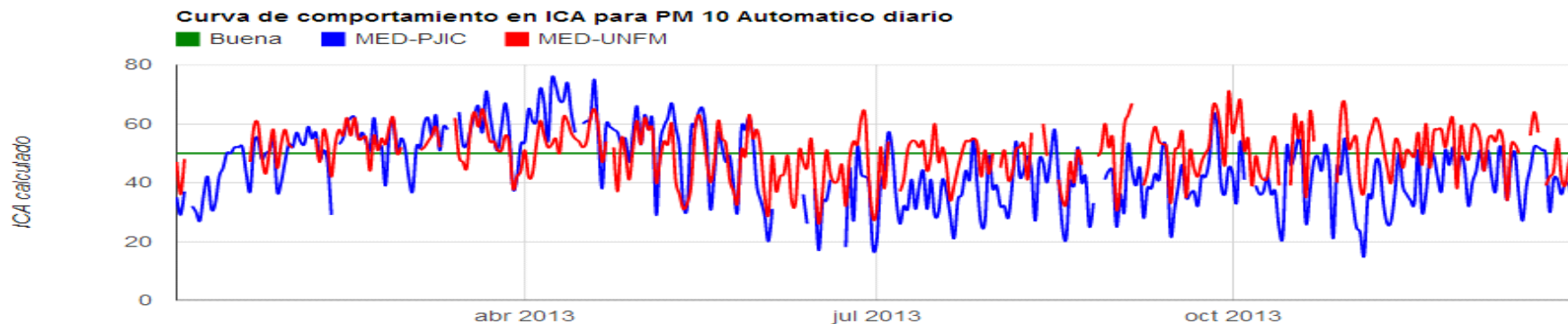


Figura 7-57. Índice de calidad del aire diario para material particulado en estaciones de tráfico en el municipio de Medellín, Período 2013. ICA PM2.5



1-50 Buena 51-100 Moderada 101-150 Dañina para grupos sensibles

ICA PM10 automático



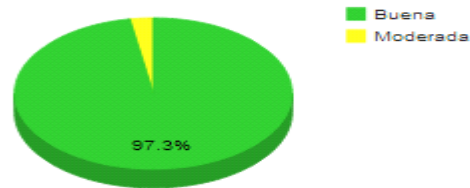
1-50 Buena 51-100 Moderada 101-150 Dañina para grupos sensibles

Durante el período 2013 predominó una calidad del aire “Buena” por PM10 en la estación suburbana Villa Hermosa y “Moderada” por PM2.5 en la estación suburbana Poblado Loma Los Balsos. En la Figura 7-58 se aprecia que en MED-VIHE, 107 días (97,3%) monitoreados la calidad del aire fue “Buena” y 3 días (2,7%) “Moderada” y en MED-POBL, 301 días (85%) la calidad del aire fue “Moderada”, 43 días (12,1%) “Buena” y 10 días (2,8%) “Dañina para grupos sensibles”.

En la Figura 7-59 se aprecia el valor del ICA para cada uno de los días de monitoreo durante el período 2013, el cual osciló entre 12 y 74 en la estación MED-VIHE y entre 28 y 110 en MED-POBL. Cuando el ICA sobrepasa el punto de 100 la calidad del aire se clasifica como “Dañina para grupos sensibles”.

Figura 7-58. Índice de calidad del aire en número de días para material particulado en estaciones suburbanas en el municipio de Medellín, Período 2013
PM10

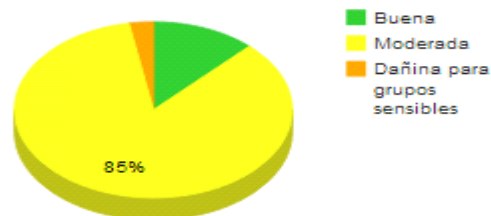
Porcentaje de ICA para la estación MED-VIHE



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	107	97.3 %
Moderada	3	2.7 %
Dañina para grupos sensibles	0	0 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

PM2.5

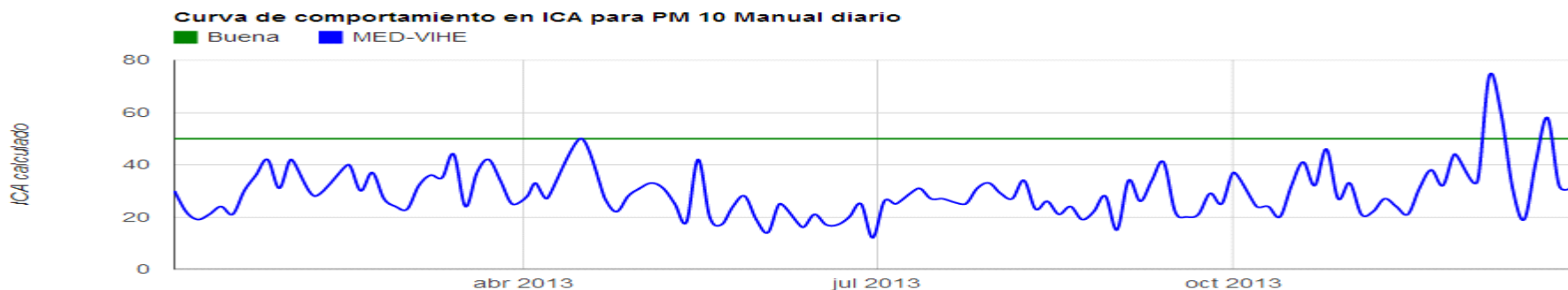
Porcentaje de ICA para la estación MED-POBL



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	43	12.1 %
Moderada	301	85 %
Dañina para grupos sensibles	10	2.8 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

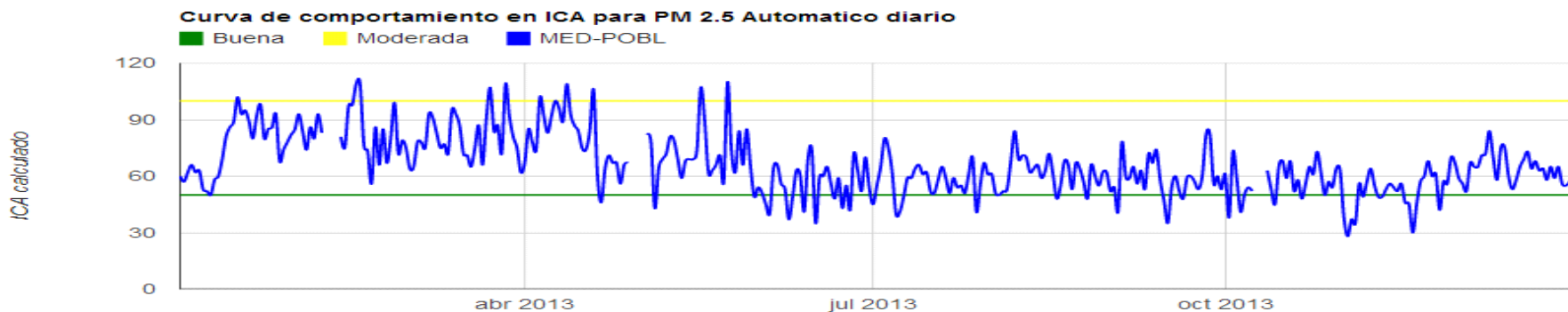
Figura 7-59. Índice de calidad del aire diario para material particulado (PM10 – PM2.5) en estaciones suburbanas en el municipio de Medellín, Período 2013.

ICA PM10



1-50 Buena 51-100 Moderada 101-150 Dañina para grupos sensibles

ICA PM2.5

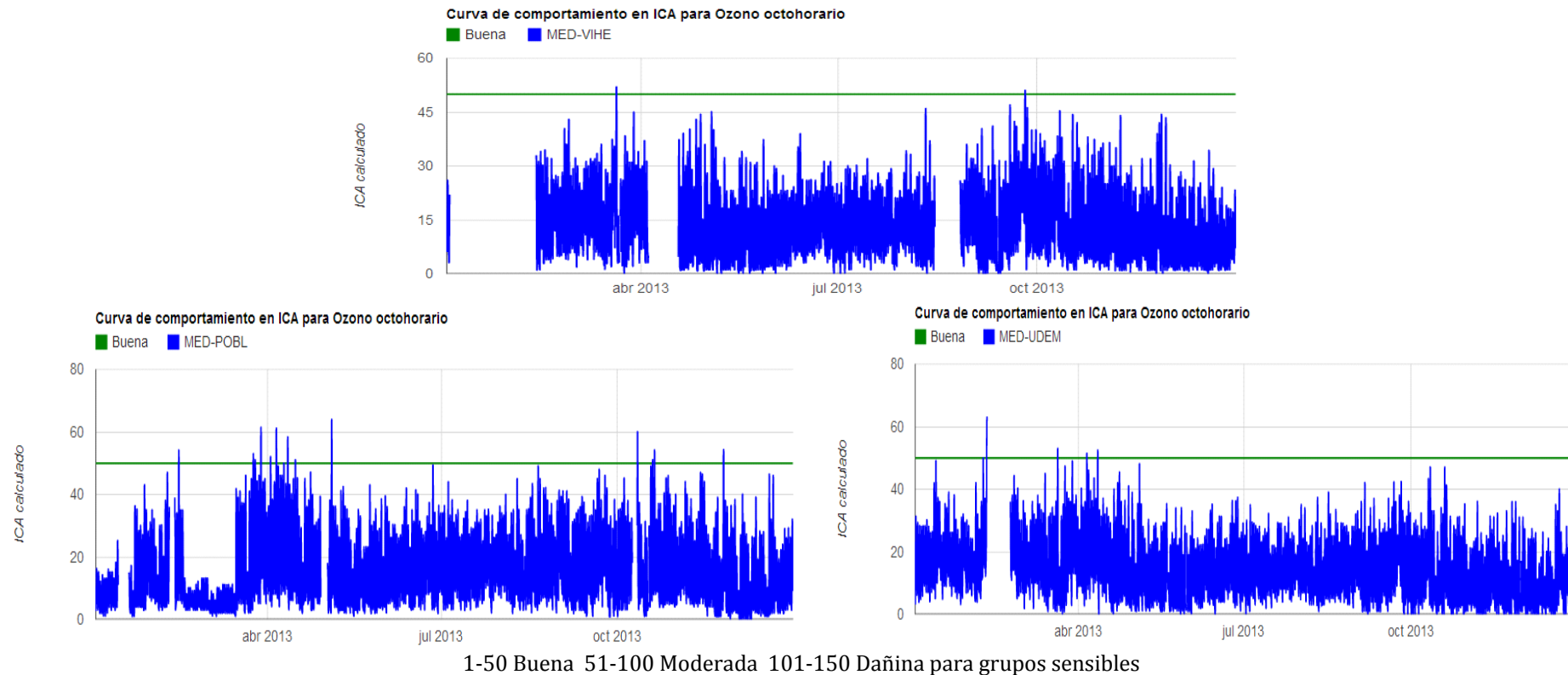


1-50 Buena 51-100 Moderada 101-150 Dañina para grupos sensibles

La calidad del aire por ozono en la estación suburbana Villa Hermosa fue predominantemente “Buena” durante el período 2013, el ICA reportó un valor máximo de 52. En las estaciones MED-POBL el ICA reportó un valor máximo de 64 y presenta también un predominio de la calidad atmosférica “Buena”, lo mismo se observa en la estación MED-UDEM. Los resultados del ICA octohorario en las estaciones suburbanas se aprecian en la Figura 7-60.

En las estaciones suburbanas se reportaron excedencias de la norma de ozono, no obstante, la exposición a este contaminante ocurre en períodos cortos de tiempo (1 hora y 8 horas), donde las concentraciones registradas, no alcanzan a superar el umbral en el que se han identificado efectos a la salud a causa de este contaminante, según el indicador.

Figura 7-60. Índice de calidad del aire octohorario para ozono en estaciones suburbanas en el municipio de Medellín, Período 2013.



7.6 ITAGÜÍ

En el municipio de Itagüí se ubican cuatro estaciones de calidad del aire que tienen objetivos de monitoreo específicos y por tanto los resultados deben ser analizados bajo los criterios establecidos en la configuración de la Red de monitoreo de calidad del aire del Valle de Aburrá.

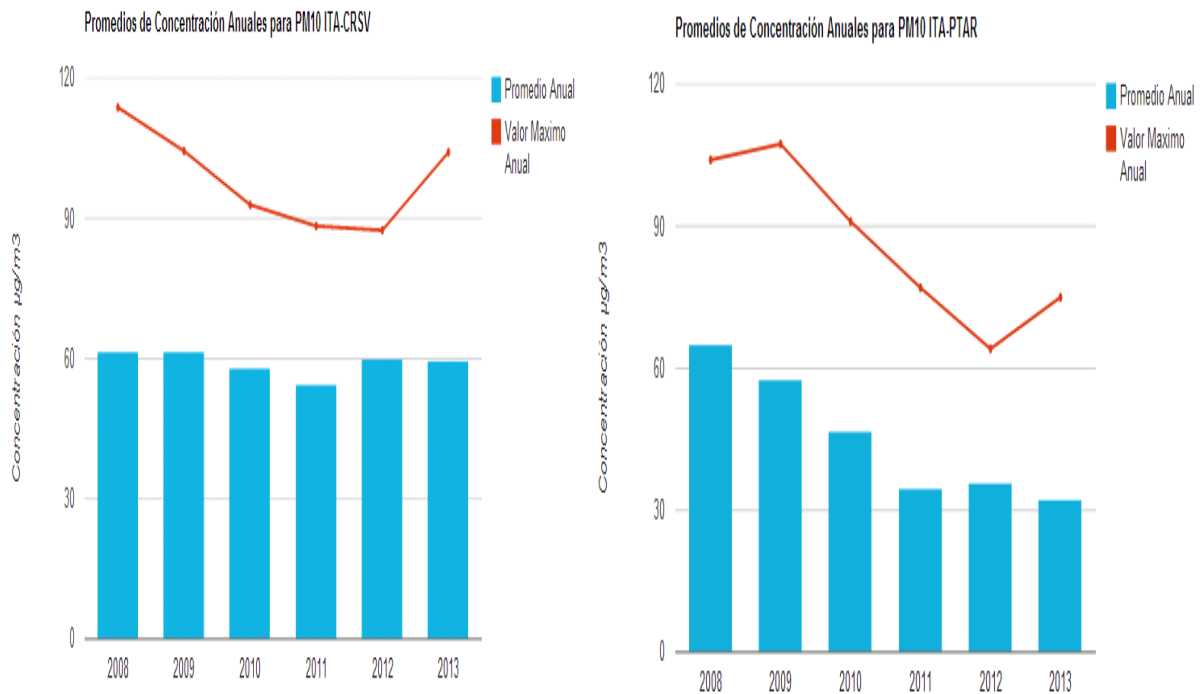
Tres estaciones urbanas localizadas en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales San Fernando (ITA-PTAR), la Casa de Justicia de Itagüí (ITA-CJUS) y el Colegio El Rosario Sociedad San Vicente de Paul (ITA-CRSV), las cuales permiten hacer seguimiento en núcleos urbanos con emisiones vehiculares e industriales importantes y una estación suburbana localizada en el Concejo de Itagüí (ITA-CONC), cuyo objetivo es monitorear en un entorno de ladera, el cual presenta unas características particulares por las circulaciones del viento y su comportamiento como sumidero de contaminantes que son emitidos en la zona centro del valle.

7.6.1 Urbana

En las estaciones urbanas se realiza el seguimiento de las concentraciones en el aire ambiente de partículas y gases. Las partículas monitoreadas son material particulado total -PST- en la estación ITA-CRSV, material particulado inferior a 10 micrómetros -PM10- en las estaciones ITA-VRSV y ITA-PTAR y a 2.5 micrómetros -PM2.5- y se monitorea dióxido de nitrógeno en la estación ITA-CJUS.

En el seguimiento histórico del PM10 en las estaciones ITA-CRSV y ITA-PTAR, durante el período 2008 - 2013, el máximo promedio anual fue de 62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2009 en la estación ITA-CRSV, en la estación manual ITA-PTAR se observa una disminución del promedio anual en los últimos años, con relación a la estación automática ITA-CRSV por presentarse baches (menos del 75% de datos continuos) en las mediciones de los años 2008, 2011 y 2012 no se aprecia algún comportamiento. En la Figura 7-61 se aprecia el comportamiento histórico promedio anual de PM10 en las estaciones.

Figura 7-61. Promedio concentraciones históricas de PM10 en estaciones urbanas en el municipio de Itagüí.



Las concentraciones diarias de PST durante el período 2013, no sobrepasaron la norma colombiana de 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, el valor máximo diario fue de 132 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Los niveles más altos de PM10 se registraron en la estación ITA-CRSV, con una concentración máxima en el período 2013 de 104 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, reportada en el mes de abril de 2013, el cual sobrepasa la norma diaria colombiana de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Con respecto al PM2.5 en el período 2013 se presenta una excedencia de la norma diaria colombiana de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el mes de abril de 2013 con un valor de 50,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En la Figura 7-62, la Figura 7-63 y la Figura 7-64, se aprecia el comportamiento diario de las concentraciones de material particulado en las estaciones urbanas localizadas en el municipio de Itagüí.

Figura 7-62. Niveles de PST en estación urbana en el municipio de Itagüí, Período 2013.



Figura 7-63. Niveles de PM10 en estaciones urbanas en el municipio de Itagüí, Período 2013.

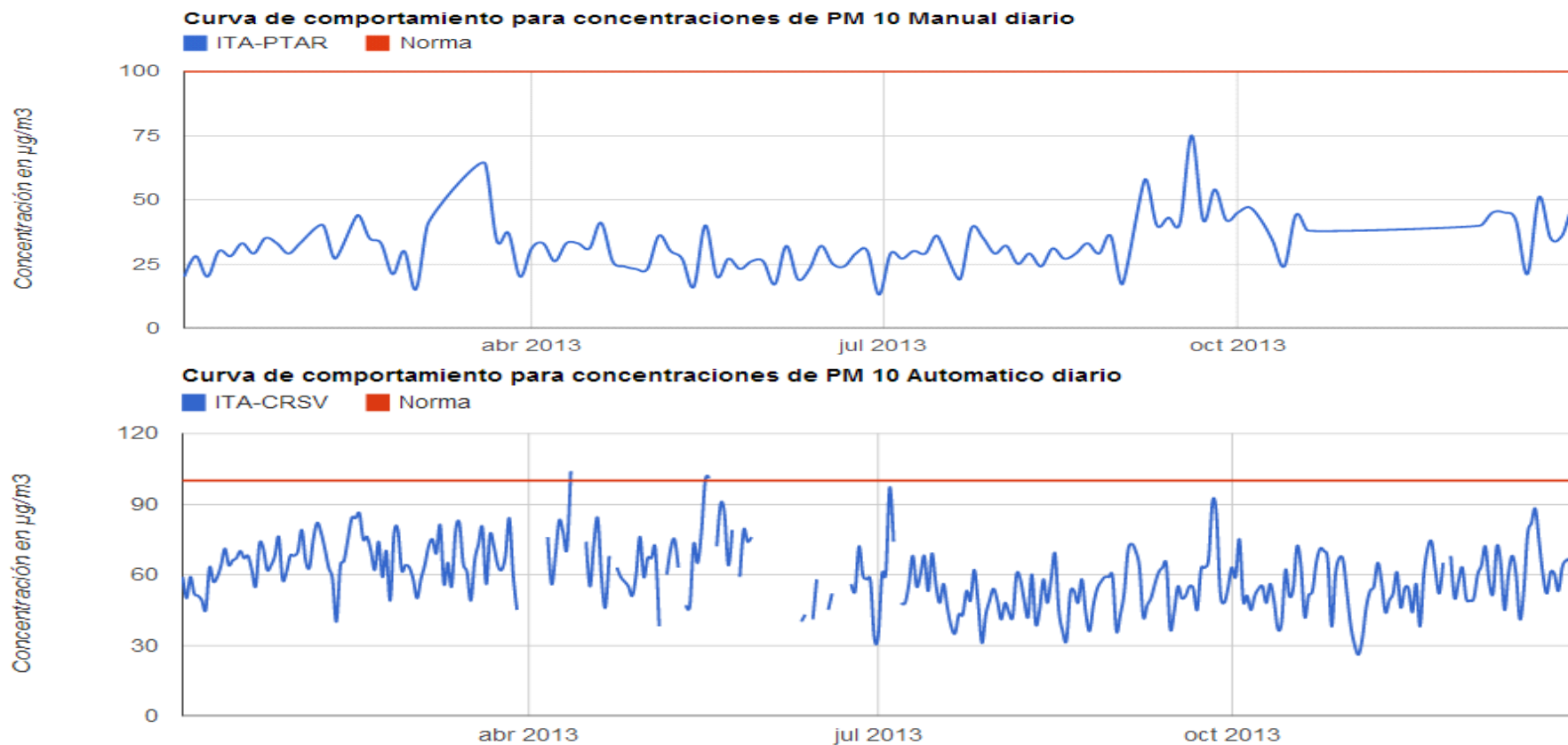
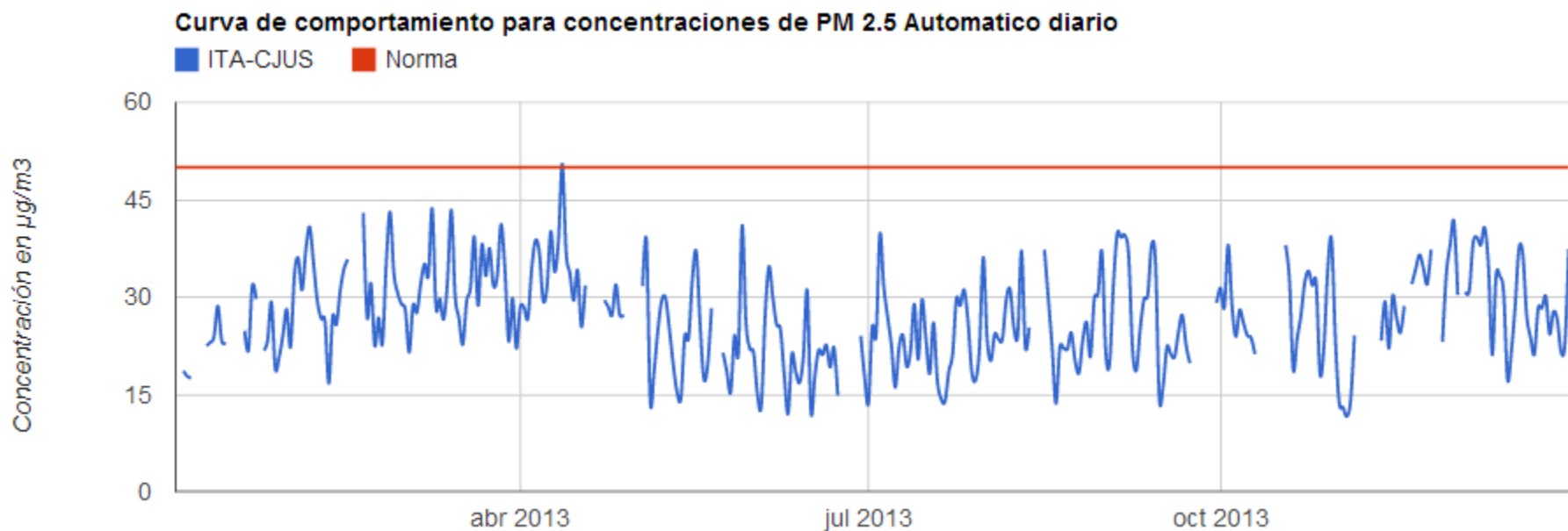


Figura 7-64. Niveles de PM2.5 en estación urbana en el municipio de Itagüí, Período 2013.



Los niveles de dióxido de nitrógeno registrados en el período 2013, son muy bajos en comparación con los valores límite establecidos en la norma colombiana de calidad del aire, $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (80 ppb) para un tiempo de exposición diaria y $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (106 ppb) para exposición horaria. La máxima concentración diaria reportada en este periodo fue de $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la máxima concentración horaria de $134 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Los niveles de dióxido de nitrógeno se aprecian en la Figura 7-65.

El análisis de las concentraciones promedio horarias de dióxido de nitrógeno mostradas en la Figura 7-66 permite evidenciar los fenómenos de formación, dispersión y transformación química asociados a este contaminante. En las horas de la mañana se incrementan las concentraciones de NO_2 debido a la mayor actividad vehicular en los alrededores de la estación. En las horas del mediodía el NO_2 se transforma a ozono, producto de las reacciones químicas que ocurren en la atmósfera, activadas por la mayor radiación solar en esta franja horaria. En las horas posteriores las concentraciones de NO_2 se incrementan nuevamente, debido a que el ozono troposférico se empieza a destruir y en esta reacción se produce monóxido de nitrógeno que se oxida a dióxido de nitrógeno, generando una mayor acumulación entre las 18:00 y 20:00 horas. En las horas de la noche y la madrugada, el NO_2 vuelve a disminuir porque se transforma a nitrato (NO_3^-) en presencia de la mayor humedad en la atmósfera.

Figura 7-65. Niveles de NO₂ en estación urbana en el municipio de Itagüí, Período 2013.

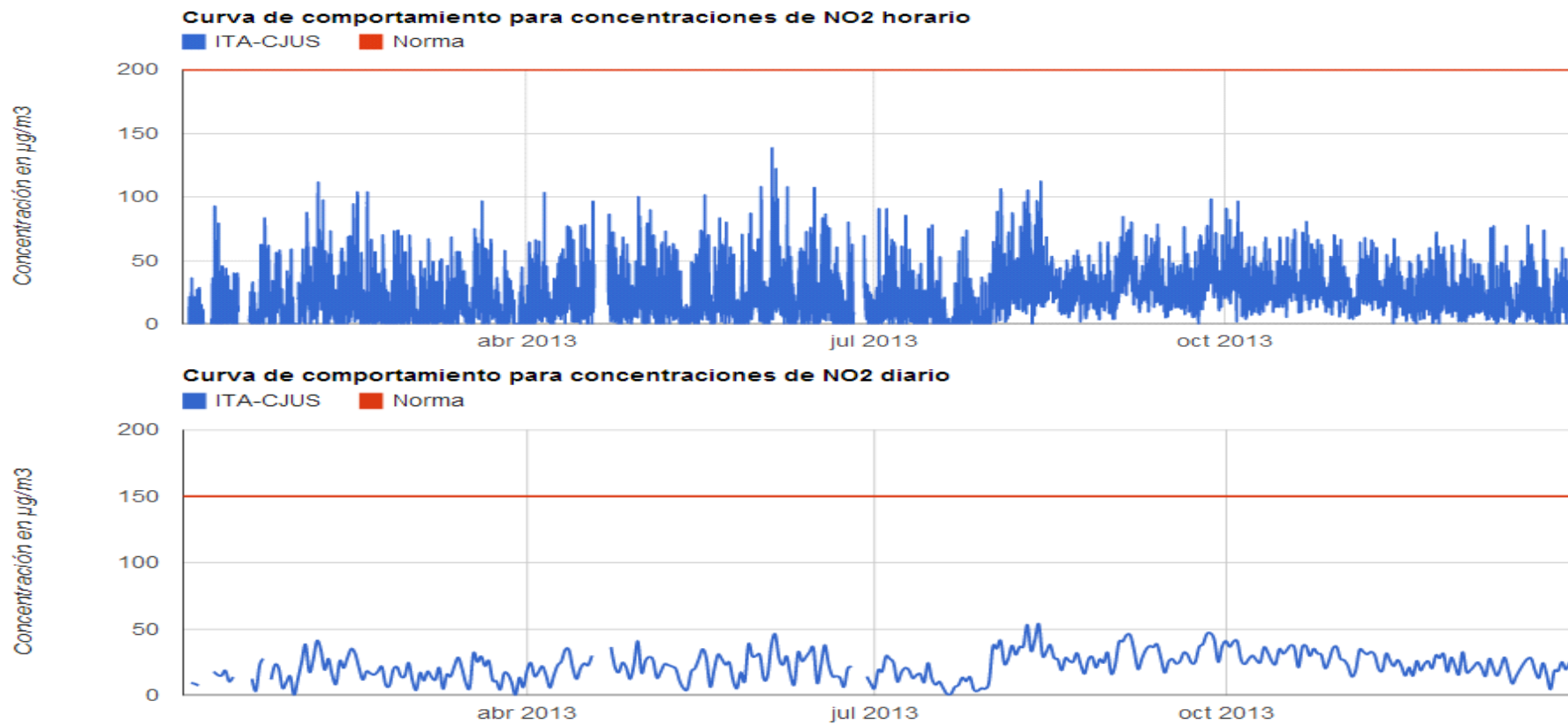
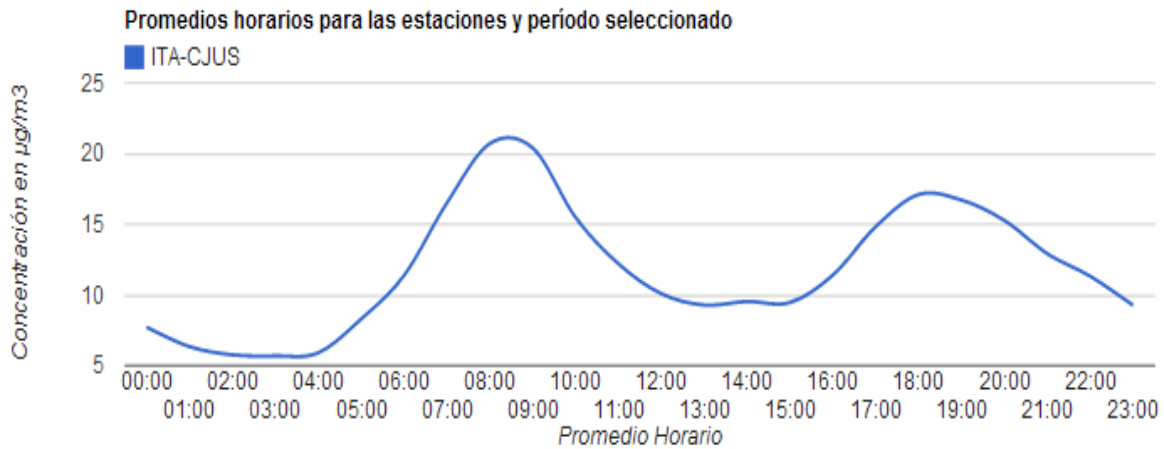


Figura 7-66. Comportamiento promedio horario del NO₂ en estación urbana en el municipio de Itagüí, Período 2013.



7.6.2 Suburbana

En la estación suburbana se realiza el seguimiento de las concentraciones en el aire ambiente de PM₁₀, PM_{2.5}, ozono y monóxido de carbono -CO- en la estación ITA-CONC.

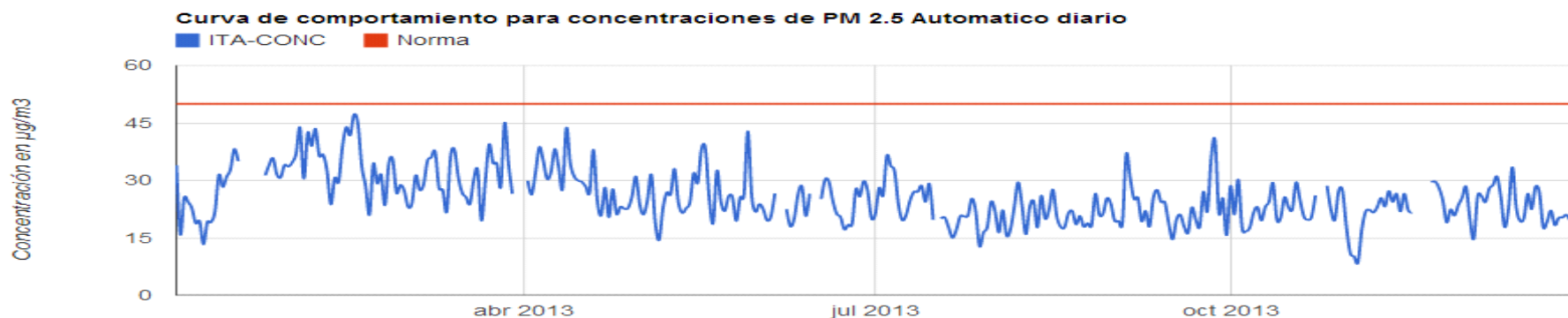
En el seguimiento del PM_{2.5} durante el período 2013, el valor máximo diario fue de 47 µg/m³ registrado en el mes de febrero el cual es inferior a la norma diaria colombiana de 50 µg/m³. Los niveles de PM₁₀ no sobrepasaron la norma colombiana diaria de 100 µg/m³, la concentración máxima es de 79 µg/m³ registrada en el mes de mayo. En la Figura 7-67 se aprecia el comportamiento diario de las concentraciones de material particulado obtenidas.

Los resultados del monitoreo de ozono muestran que en el período 2013, se registraron 264 excedencias de la norma horaria de 120 µg/m³ (0,061 ppm) con una concentración máxima obtenida de 195 µg/m³, registrada en el mes de febrero. También se registraron 721 excedencias de la norma para exposición octohoraria de 80 µg/m³ (0,041 ppm), en el período 2013, cuyo valor máximo alcanzado fue 144 µg/m³, registrada en el mes de febrero. En la Figura 7-68 se aprecia el comportamiento del ozono.

Los niveles de monóxido de carbono registrados en el período 2013, son muy bajos en comparación con los valores límite establecidos en la norma colombiana de calidad del aire, $40.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (35 ppm) para un tiempo de exposición horaria y $10.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (8,8 ppm) para exposición de 8 horas. La máxima concentración horaria fue de 3,02 ppm y la máxima octohoraria de 2,65 ppm. En la Figura 7-69 se aprecian las concentraciones octohorarias registradas.

Figura 7-67. Niveles de material particulado en estación suburbana en el municipio de Itagüí, Período 2013.

PM2.5



PM10

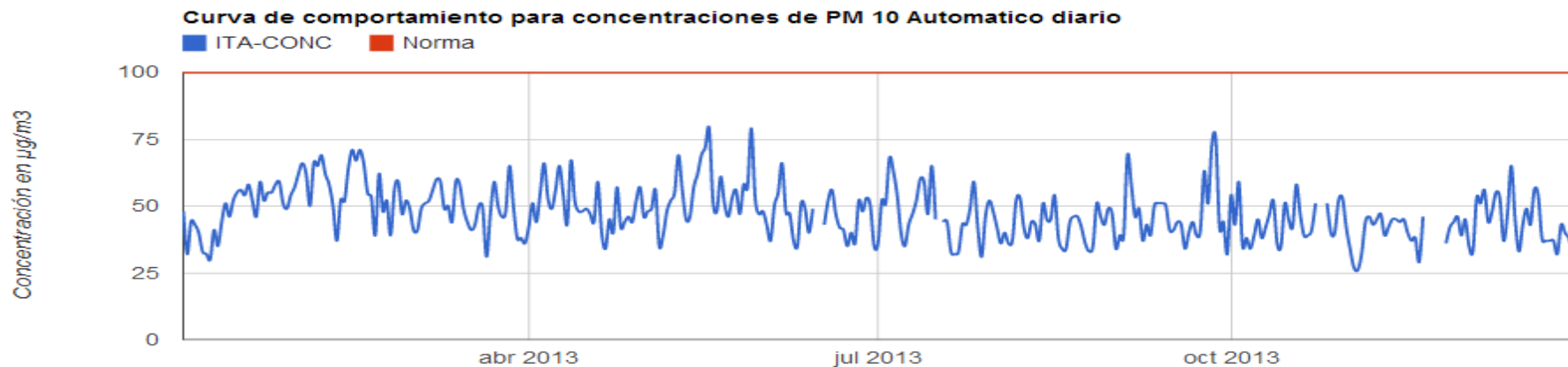


Figura 7-68. Niveles de ozono en estación suburbana en el municipio de Itagüí, Período 2013.

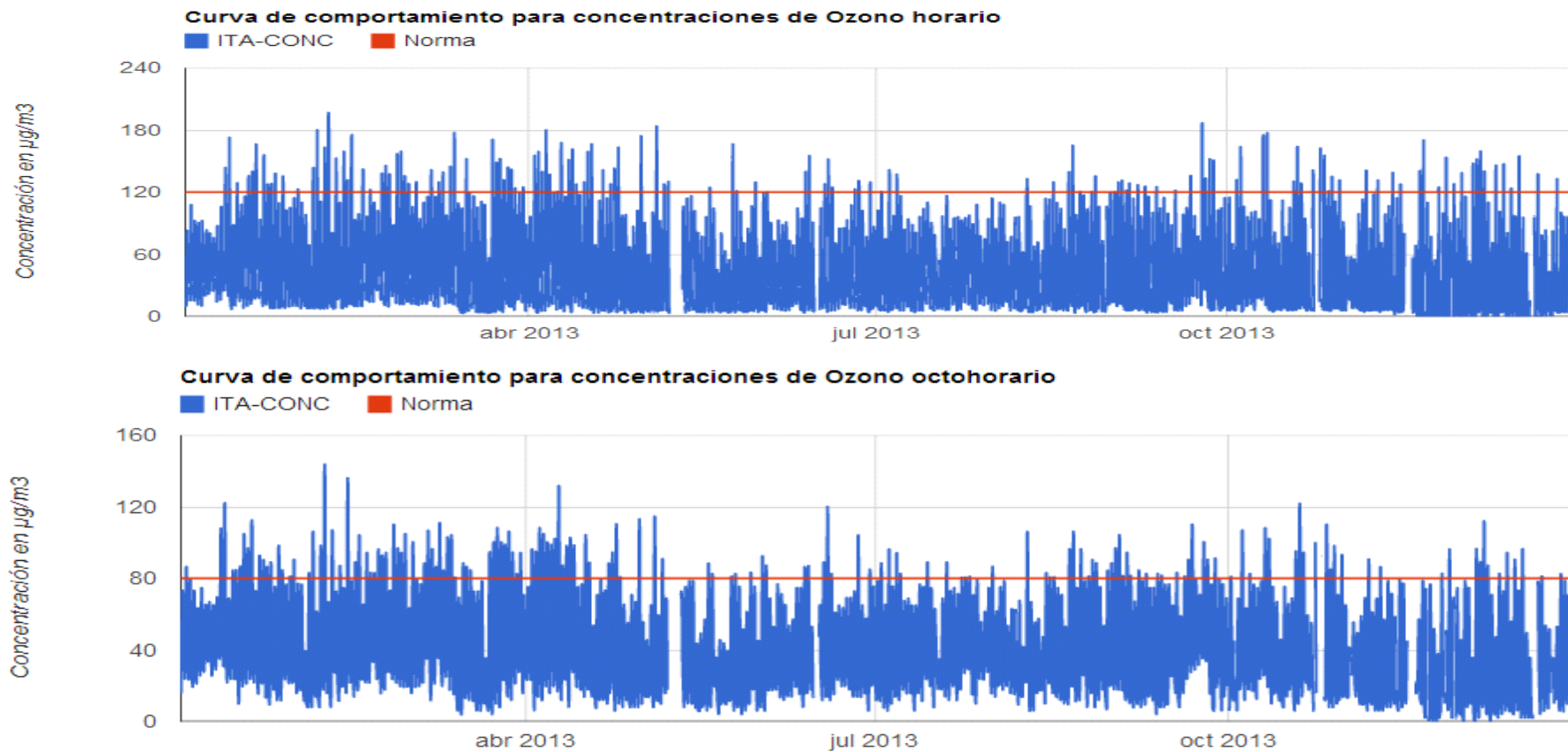


Figura 7-69. Concentraciones octohorarias de CO en estación suburbana en el municipio de Itagüí, Período 2013.



7.6.3 Índice de calidad del aire

El ICA ha sido calculado para los contaminantes PM10, PM2.5, CO y O₃ en las diferentes estaciones ubicadas en el municipio de Itagüí. Los niveles de NO₂ monitoreados durante el período 2013, son tan bajos que no alcanzan a reportar un Índice de Calidad del Aire, el cual establece una categoría atmosférica a partir del umbral de 1.219 µg/m³ como concentración horaria. Esto significa que para los niveles registrados en la estación, no se asocian efectos en la salud de la población según el indicador.

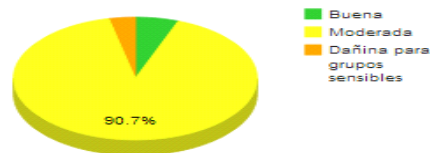
La calidad del aire por PM2.5 en el período 2013 en la estación urbana ITA-CJUS, fue “Moderada” en 284 días (90,7%), “Buena” 18 días (5,8%) y “Dañina para grupos sensibles” 11 días (3,5%) en los que se monitoreó este contaminante. El ICA para PM10 en la estación ITA-CRSV, muestra que 116 días (35,3%) la calidad del aire fue “Buena” y 213 días (64,7%) “Moderada”, mientras que en la estación ITA-PTAR, 97 días (97%) la calidad del aire fue “Buena” y 3 días (3%) “Moderada”. Estos resultados se aprecian en la Figura 7-70.

El comportamiento diario del ICA en el período 2013 en las estaciones urbanas se observa en la Figura 7-71 y la Figura 7-72. En ITA-CJUS el ICA por PM2.5 osciló entre 38 y 121. En ITA-CRSV el ICA por PM10 osciló entre 24 y 75 y en ITA-PTAR osciló entre 12 y 61.

Figura 7-70. Índice de calidad del aire en número de días, para material particulado en estaciones urbanas en el municipio de Itagüí, Período 2013.

PM2.5

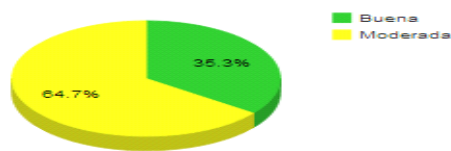
Porcentaje de ICA para la estación ITA-CJUS



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	18	5.8 %
Moderada	284	90.7 %
Dañina para grupos sensibles	11	3.5 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

PM10

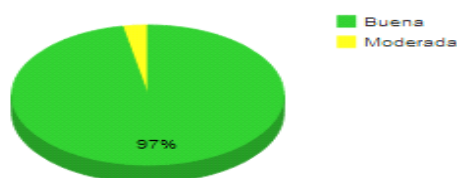
Porcentaje de ICA para la estación ITA-CRSV



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	116	35.3 %
Moderada	213	64.7 %
Dañina para grupos sensibles	0	0 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

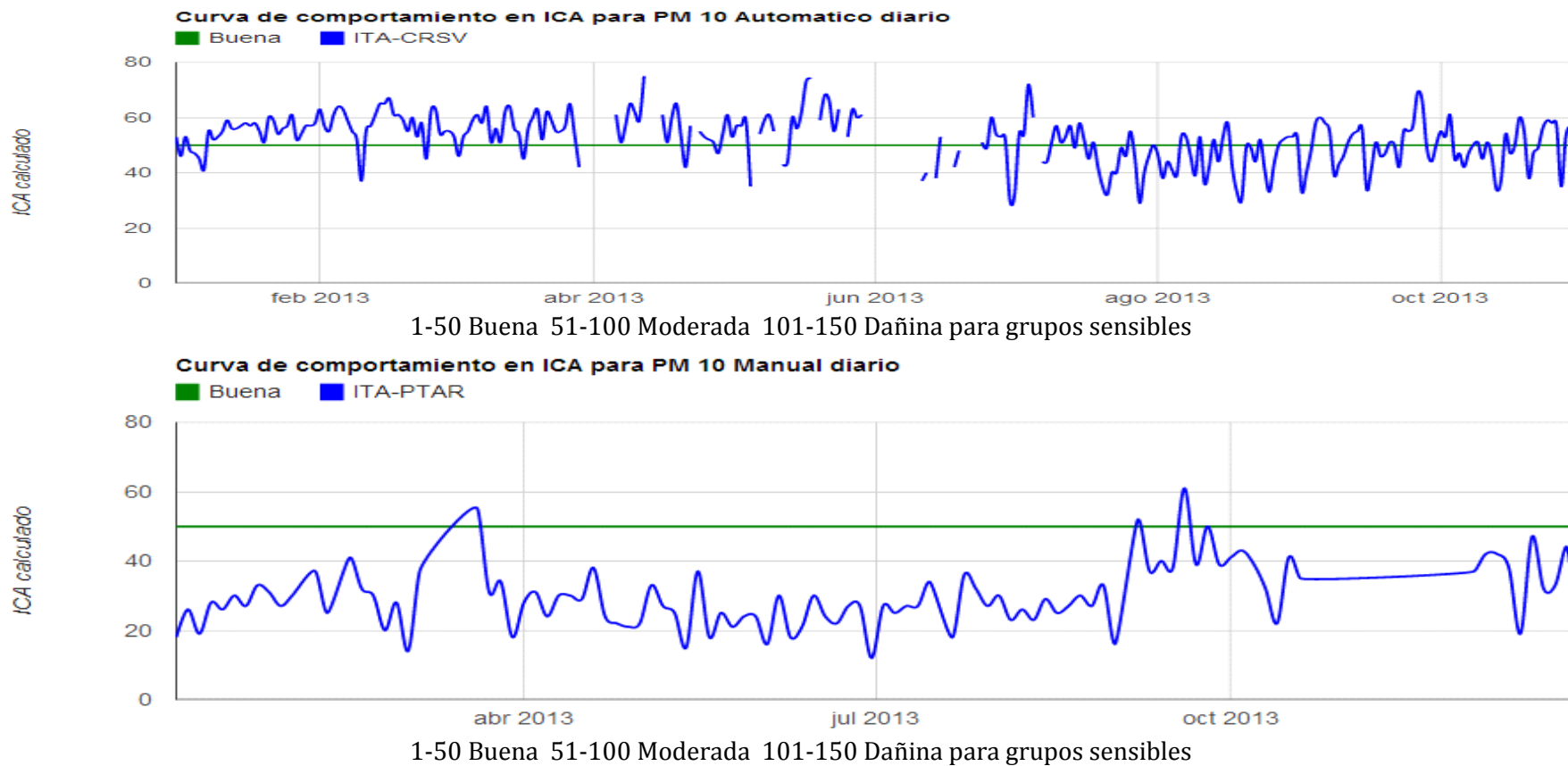
PM10

Porcentaje de ICA para la estación ITA-PTAR



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	97	97 %
Moderada	3	3 %
Dañina para grupos sensibles	0	0 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

Figura 7-72. Índice de calidad del aire diario para PM10 en estaciones urbanas en el municipio de Itagüí, Período 2013.



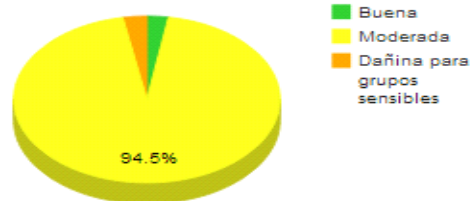
Los resultados del ICA para PM_{2.5} en el período 2013 en la estación suburbana Concejo de Itagüí, reportan que la calidad del aire que predomina es “Moderada”. Durante 326 días (94,5%) de monitoreo la calidad del aire fue “Moderada”, 10 días (2,9%) “Dañina para grupos sensibles” y 9 días (2,6%) “Buena”. En el caso del PM₁₀, predominó la calidad atmosférica “Buena”, la cual se registró en 280 días (78,9%) monitoreados y 75 días (21,1%) “Moderada”. En la Figura 7-73 se observan los resultados.

Al revisar el valor diario del ICA en el período 2013 en la estación ITA-CONC se observa que el PM_{2.5} alcanzó valores más altos con respecto al PM₁₀. El ICA por PM_{2.5} osciló entre 28 y 114, mientras que el ICA por PM₁₀ osciló entre 24 y 63. Estos resultados se aprecian en la Figura 7-74.

Figura 7-73. Índice de calidad del aire en número de días para material particulado en estación suburbana en el municipio de Itagüí, Período 2013.

PM2.5

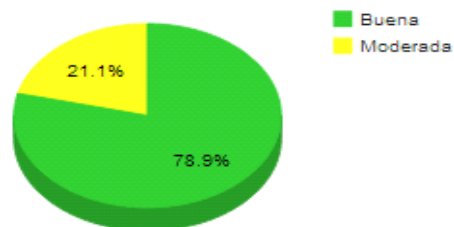
Porcentaje de ICA para la estación ITA-CONC



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	9	2.6 %
Moderada	326	94.5 %
Dañina para grupos sensibles	10	2.9 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

PM10

Porcentaje de ICA para la estación ITA-CONC



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	280	78.9 %
Moderada	75	21.1 %
Dañina para grupos sensibles	0	0 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

En la estación suburbana ITA-CONC predominó la calidad del aire “Buena” por ozono durante el período 2013. Los resultados del ICA octohorario se aprecian en la Figura 7-75.

También se determinó el ICA para las concentraciones octohorarias de monóxido de carbono. La calidad del aire por monóxido de carbono se mantuvo en la categoría de “Buena” durante el período 2013. En la Figura 7-76 se observa que el ICA reportó valores inferiores a 35.

El material particulado PM_{2.5} actúa como máximo operador al registrar los valores más altos del ICA y por lo tanto es el que determina la calidad del aire en la estación suburbana ITA-CONC. Esto es debido a que hay un mayor tiempo de exposición (períodos de 24 horas) de la población a niveles que pueden representar un riesgo a la salud para las personas más vulnerables, mientras que la exposición a ozono, ocurre en períodos cortos de tiempo (1 hora y 8 horas), donde las concentraciones registradas en la estación, no alcanzan el umbral en el que se identifican efectos a la salud a causa de este contaminante.

Figura 7-75. Índice de calidad del aire octohorario para ozono en estación suburbana en el municipio de Itagüí, Período 2013.

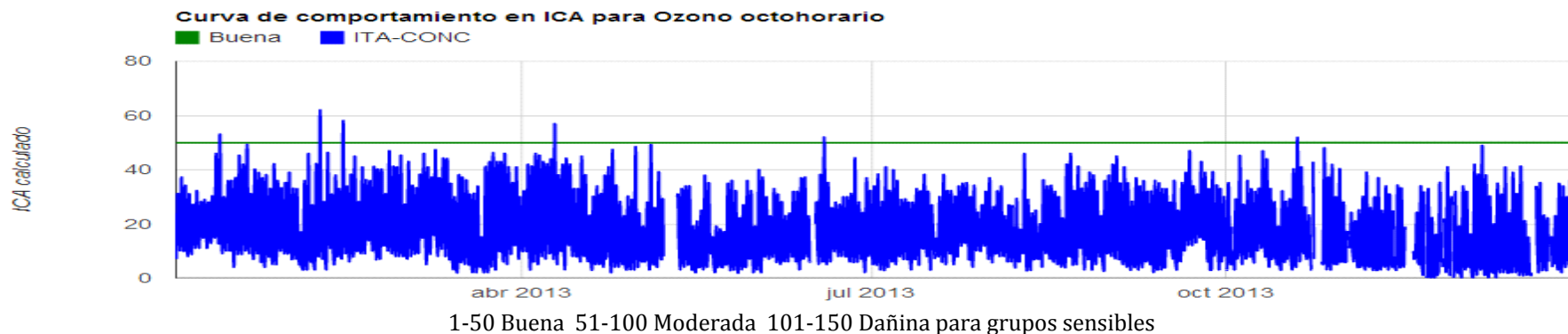
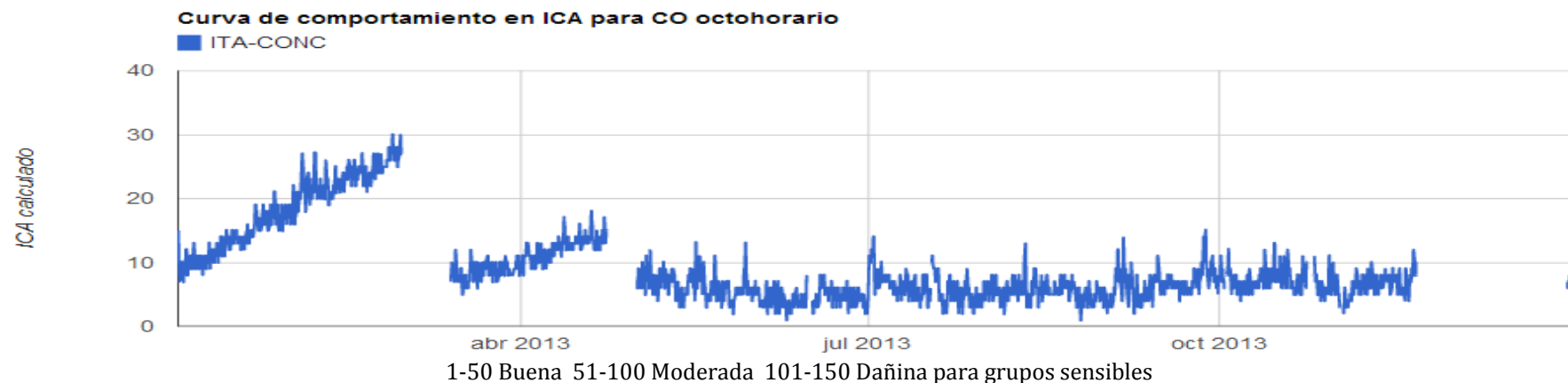


Figura 7-76. Índice de calidad del aire octohorario para monóxido de carbono en estación suburbana en el municipio de Itagüí, Período 2013.



7.7 SABANETA

La estación de monitoreo ubicada en el Centro Administrativo Municipal de Sabaneta (SAB-CAM), sirve como estación de tendencia mesoescala, cuyo objetivo es entregar información sobre los fenómenos de mezcla de los contaminantes y la tendencia de las concentraciones en el aire, debido a su ubicación a una altura superior a los 15 metros sobre el nivel del suelo.

7.7.1 Tendencia mesoescala

En la estación se realiza el seguimiento de las concentraciones en el aire ambiente de material particulado menor a 10 micrómetros -PM10- utilizando un equipo manual. Las muestras son recolectadas por un período de 24 horas y se toman cada tres días, cumpliendo la frecuencia mínima exigida en el Manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire del IDEAM.

En el seguimiento histórico del PM10 en la estación SAB-CAM durante el período 2008 - 2013, el máximo promedio anual fue de 54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2009 y se observa una disminución del promedio anual en los últimos años. En la Figura 7-77 se aprecia el comportamiento histórico promedio anual en la estación.

Durante el período 2013, para PM10 en la estación de tendencia, el valor máximo diario fue de 59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrado en el mes de noviembre, el cual es inferior a la norma diaria colombiana de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ definida en la Resolución 610 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial -MAVDT-, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. En la Figura 7-78 se aprecia el comportamiento diario de las concentraciones de PM10 en la estación.

Figura 7-77. Promedio concentraciones históricas de PM10 en estación de tendencia mesoescala en el municipio de Sabaneta.

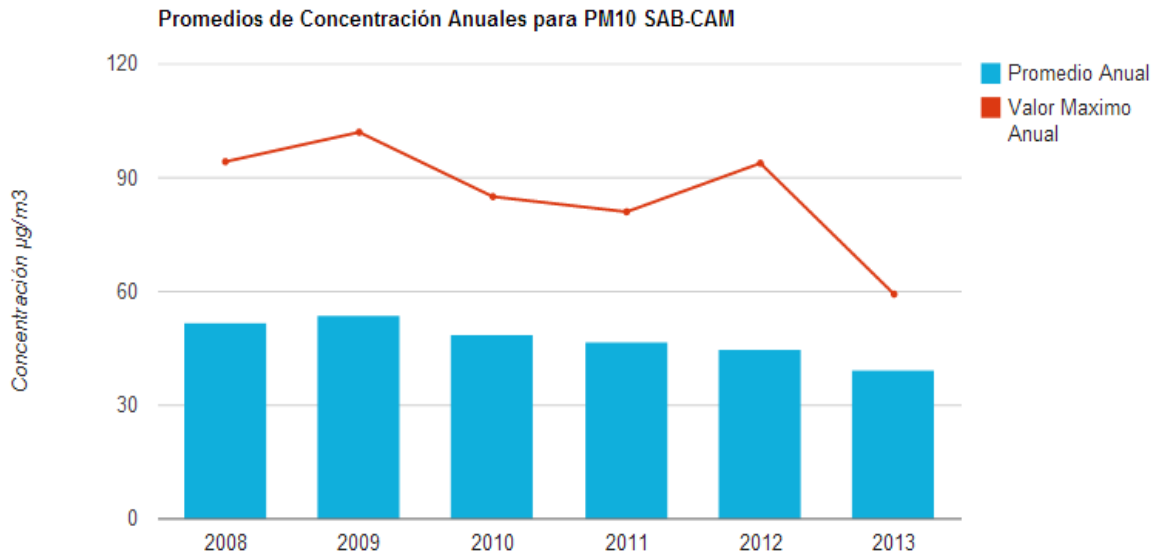


Figura 7-78. Niveles de PM10 en la estación de tendencia en Sabaneta, Período 2013.



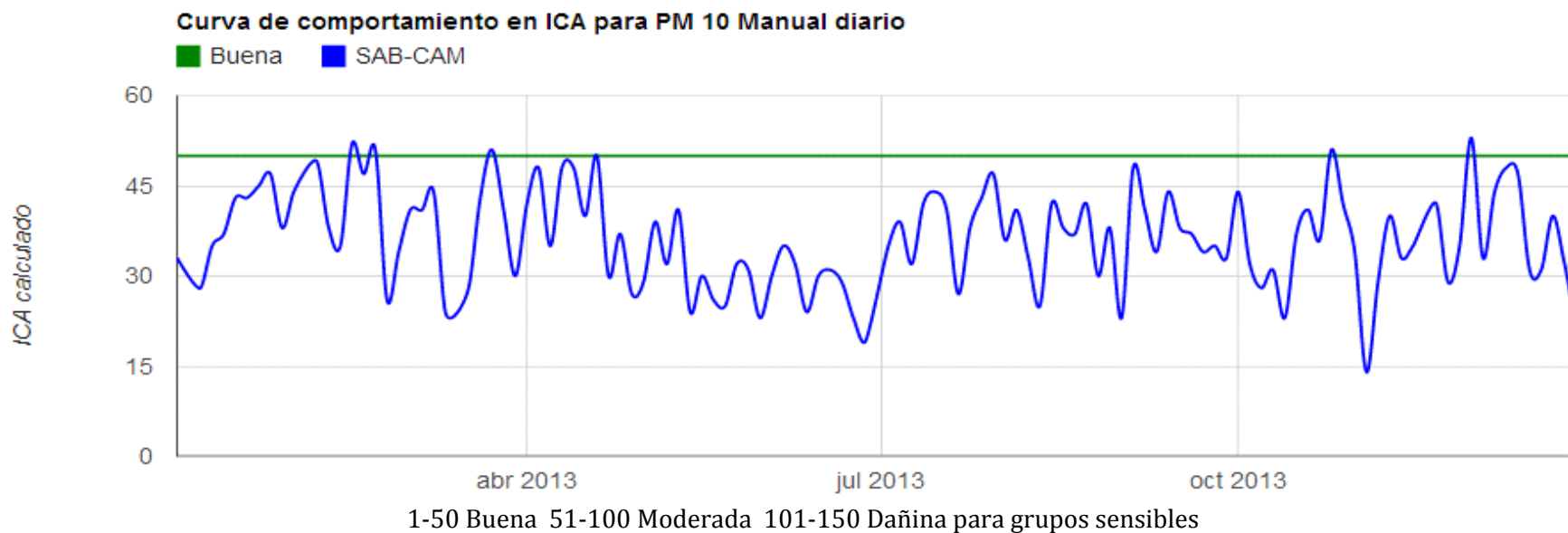
7.7.2 Índice de calidad del aire

En la estación de tendencia de Sabaneta, durante el período 2013, predominó la calidad del aire “Buena” por PM10. En la Figura 7-79 se observa que durante 112 días (95,7%) de monitoreo la calidad del aire fue “Buena” y 5 días (4,3%) “Moderada”. En la Figura 7-80 se aprecia el valor del ICA para cada día de monitoreo, el cual alcanzó un máximo de 53 en el mes de noviembre del período 2013.

Figura 7-79. Índice de calidad del aire en número de días para PM10 en estación de tendencia en Sabaneta, Período 2013.



Figura 7-80. Índice de calidad del aire diario para PM10 en estación de tendencia en Sabaneta, Período 2013.



7.8 LA ESTRELLA

La estación de monitoreo ubicada en el Centro Administrativo Municipal de La Estrella (EST-CAM), se clasifica como estación suburbana dentro de la configuración de la Red de monitoreo de calidad del aire del Valle de Aburrá, cuyo objetivo es monitorear en un entorno de ladera, el cual presenta unas características particulares por las circulaciones del viento y su comportamiento como sumidero de contaminantes que son emitidos en la zona centro del valle.

En la estación se realiza el seguimiento de las concentraciones en el aire ambiente de material particulado menor a 10 micrómetros -PM10- utilizando un equipo manual. Las muestras son recolectadas por un período de 24 horas y se toman cada tres días, cumpliendo la frecuencia mínima exigida en el Manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire del IDEAM.

En el seguimiento histórico del PM10 en la estación EST-CAM durante el período 2008 - 2013, el máximo promedio anual fue de 53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2009 y se observa una disminución del promedio anual en los últimos años. En la Figura 7-81 se aprecia el comportamiento histórico promedio anual en la estación.

Durante el período 2013, para PM10 en la estación de La Estrella, el valor máximo diario fue de 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ reportado en el mes de febrero, el cual es inferior a la norma diaria colombiana de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ definida en la Resolución 610 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial -MAVDT-, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. En la Figura 7-82 se aprecia el comportamiento diario de las concentraciones de PM10 en la estación durante el periodo.

Figura 7-81. Promedio concentraciones históricas de PM10 en estación suburbana en el municipio de La Estrella.

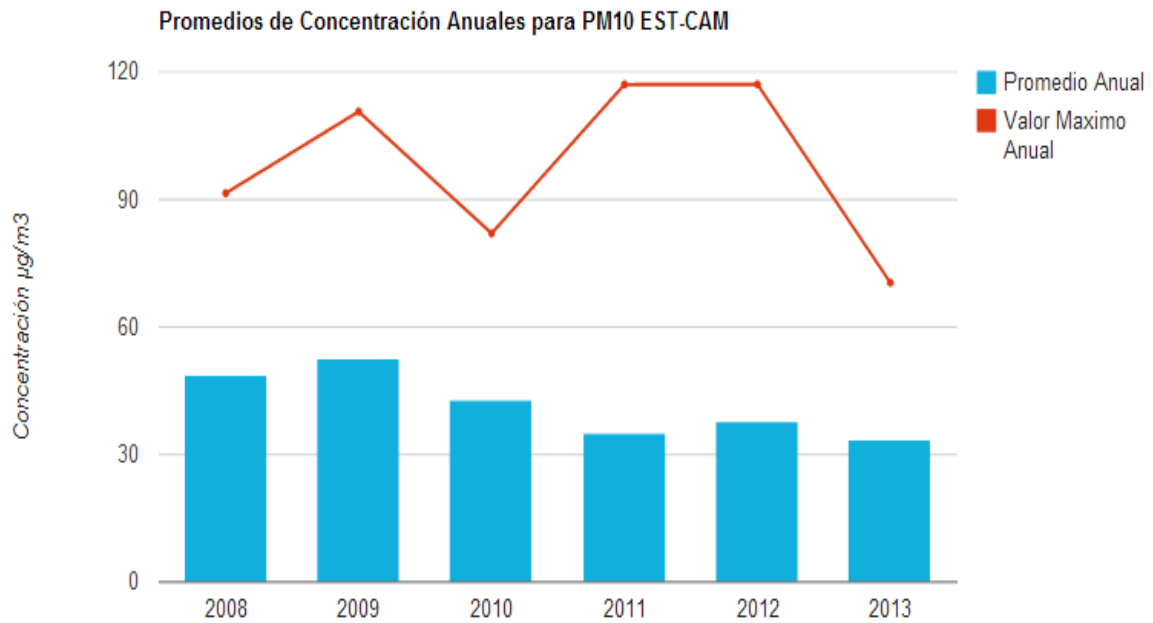


Figura 7-82. Niveles de PM10 en la estación de La Estrella, Período 2013.

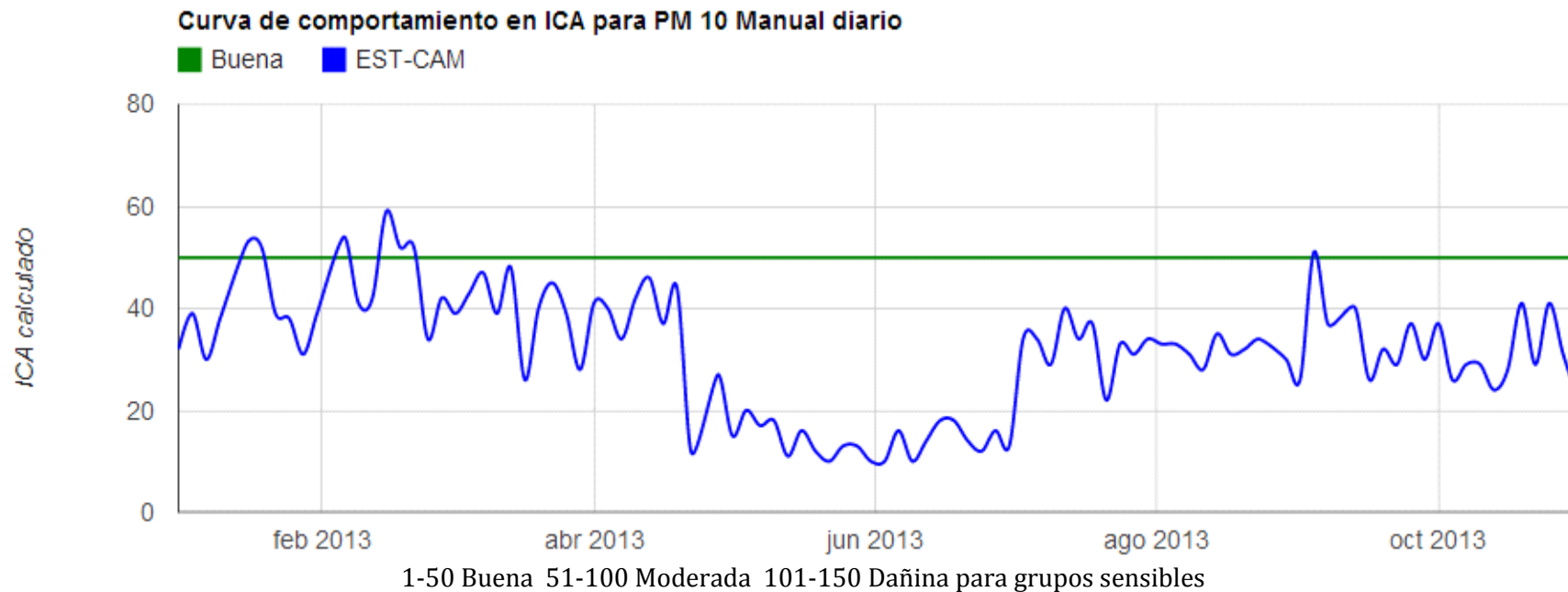


Los resultados del ICA para PM10 en la estación de La Estrella durante el período 2013, indican que durante 110 días (94%) monitoreados la calidad del aire fue “Buena” y 7 días (6%) “Moderada”, tal como se observa en la Figura 7-83. En la Figura 7-84 se aprecia el ICA para cada día de monitoreo, con un valor máximo de 59 reportado en el mes de febrero.

Figura 7-83. Índice de calidad del aire en número de días para PM10 en la estación de La Estrella, Período 2013.



Figura 7-84. Índice de calidad del aire diario para PM10 en la estación de La Estrella, Período 2013.



7.9 CALDAS

En el municipio de Caldas se ubican dos estaciones de calidad del aire que tienen objetivos de monitoreo específicos y por tanto los resultados deben ser analizados bajo los criterios establecidos en la configuración de la Red de monitoreo de calidad del aire del Valle de Aburrá.

La estación ubicada en la Corporación Universitaria Lasallista (CAL-LASA), categorizada como estación suburbana, que tiene el objetivo de monitorear en entorno de ladera, el cual presenta unas características particulares por las circulaciones del viento y su comportamiento como sumidero de contaminantes que son emitidos en la zona centro del valle.

La estación de monitoreo ubicada en la Plaza de Mercado de Caldas Coperplaza (CAL-PMER), sirve como estación urbana y su objetivo de vigilancia es hacer seguimiento en aquellas áreas con emisiones vehiculares e industriales, propias de los grandes núcleos urbanos. En este caso la estación se ubica en un entorno con emisiones vehiculares importantes por su cercanía al parque principal de este municipio.

7.9.1 Urbana

En la estación CAL-PMER se realiza el seguimiento de las concentraciones en el aire ambiente de material particulado menor a 10 micrómetros -PM10- utilizando un equipo manual y un equipo automático. En el monitoreo con el equipo manual las muestras son recolectadas por un período de 24 horas y se toman cada tres días, cumpliendo la frecuencia mínima exigida en el Manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire del IDEAM. Con el equipo automático se toman muestras hora a hora, lo que permite una mayor resolución de los datos.

En el seguimiento histórico del PM10 en la estación CAL-PMER (M) durante el período 2008 - 2013, el máximo promedio anual fue de 62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el año 2009 y se observa una disminución del promedio anual en los últimos años. En la Figura 7-85 se aprecia el comportamiento histórico promedio anual en la estación.

Durante el período 2013, se registró una concentración máxima de $101 \mu\text{g}/\text{m}^3$ medida con el equipo automático en el mes de febrero, la cual sobrepasa la norma diaria colombiana de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ definida en la Resolución 610 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial –MAVDT-, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Con el equipo manual la concentración máxima medida fue $81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ reportada también en el mes de febrero. Cabe anotar que el equipo automático permite medir concentraciones horarias altas y de allí que registre los máximos promedios diarios. En la Figura 7-86 se aprecia el comportamiento diario de las concentraciones de PM10 medidas con equipo manual y automático.

7.9.2 Suburbana

La estación Corporación Universitaria Lasallista (CAL-LASA) está equipada con un monitor automático de partículas PM2.5, un analizador de ozono y sensores de velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad relativa, radiación solar y presión atmosférica.

En el seguimiento del PM2.5 en el período 2013, la concentración máxima diaria fue de $51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registrada en el mes de febrero, valor que sobrepasa la norma diaria colombiana de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ definida en la Resolución 610 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial –MAVDT-, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. En la Figura 7-87 se aprecia el comportamiento diario de las concentraciones de PM2.5 en la estación.

Figura 7-85. Promedio concentraciones históricas de PM10 en estación urbana en el municipio de Caldas.

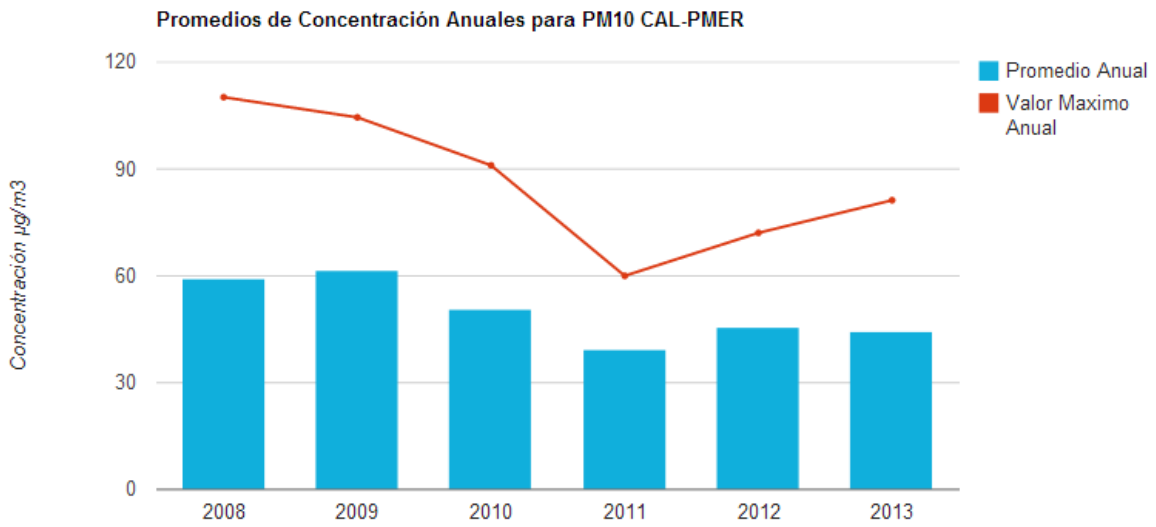


Figura 7-86. Niveles de PM10 en la estación urbana de Caldas, Período 2013.

PM10 Manual



PM10 Automático

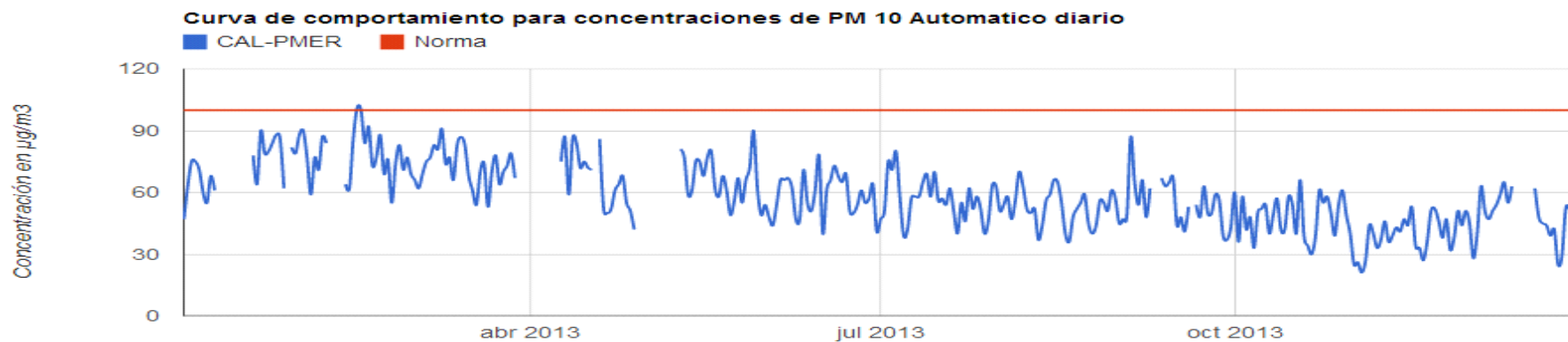
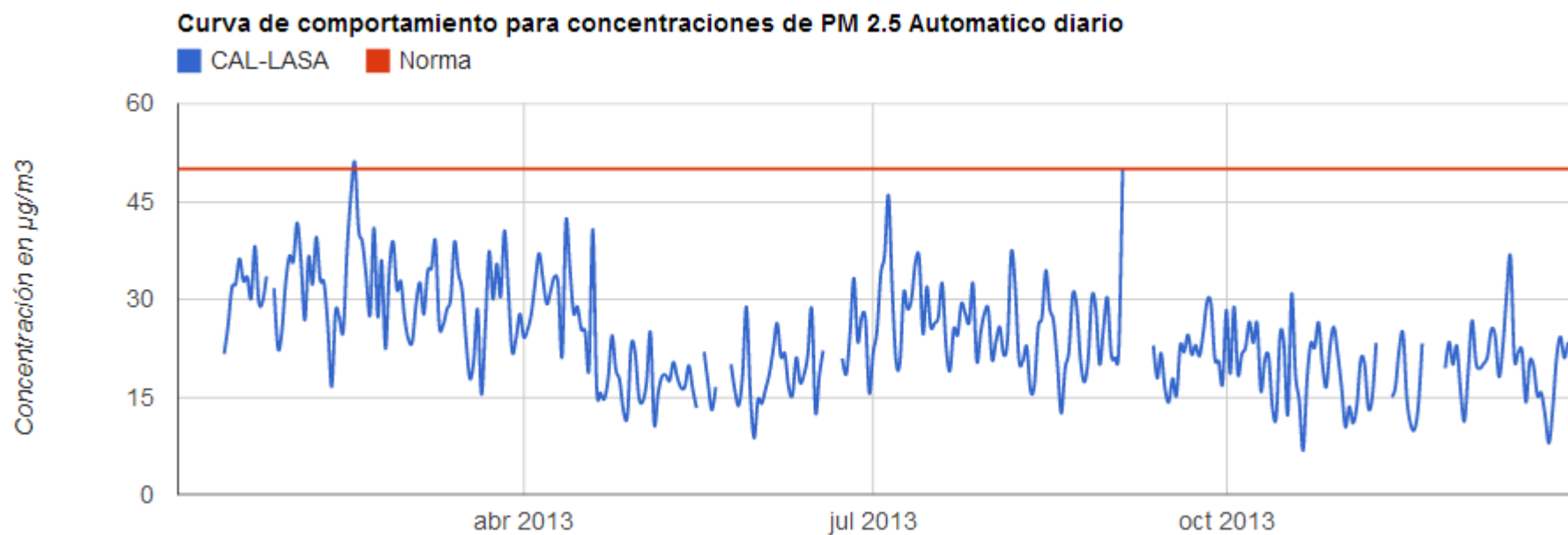
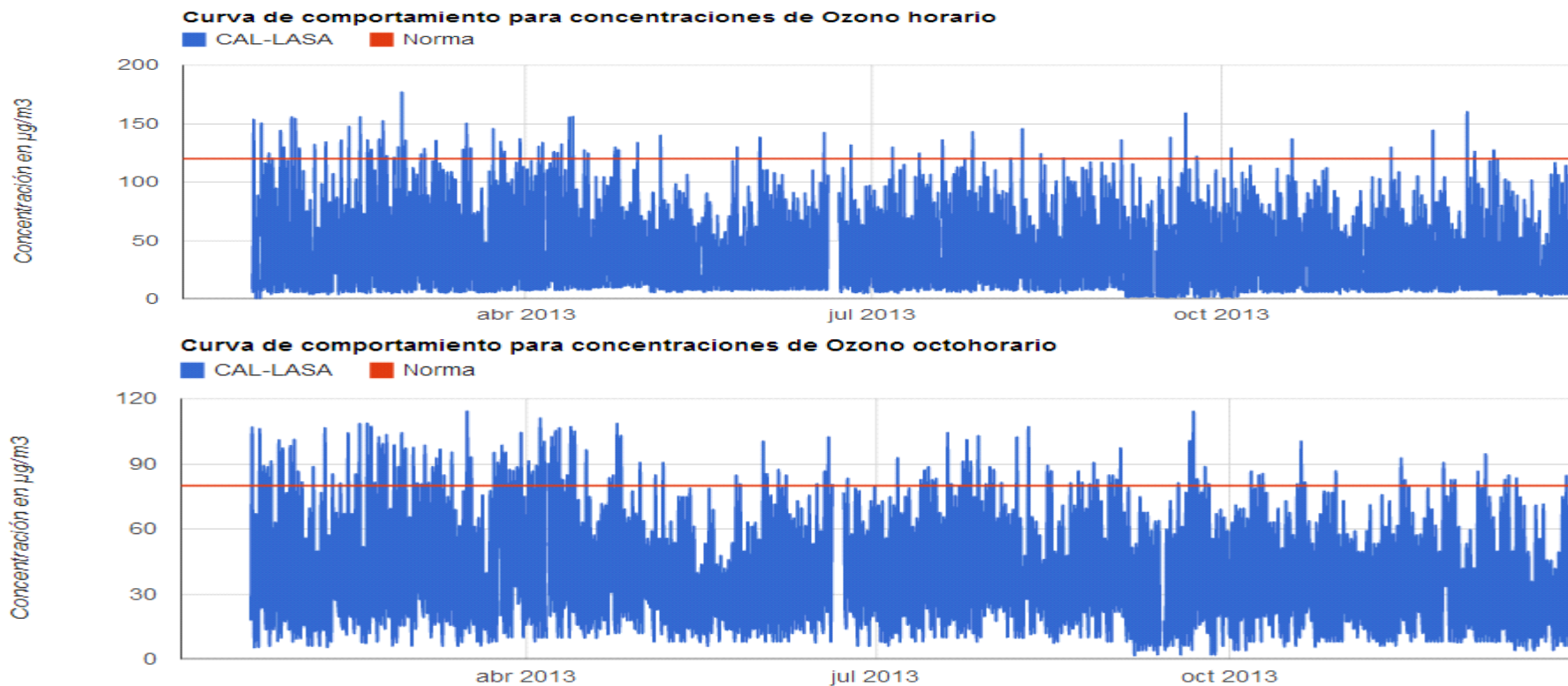


Figura 7-87. Niveles de PM2.5 en la estación suburbana de Caldas, Período 2013.



Los resultados del monitoreo de ozono muestran que en el período 2013 se superó la norma horaria de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,061 ppm) y octohoraria de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,041 ppm). Se registraron 124 excedencias de la norma horaria, con valor máximo de $177 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registrado en el mes de febrero y 512 excedencias de la norma octohoraria, con valor máximo de $114 \mu\text{g}/\text{m}^3$ reportada en el mes de marzo. En la Figura 7-88 se aprecia el comportamiento del ozono.

Figura 7-88. Concentraciones horarias y octohorarias de ozono en estación suburbana de Caldas, Período 2013.



7.9.3 Índice de calidad del aire

La calidad del aire por PM10 en la estación urbana CAL-PMER, fue determinada a partir de las concentraciones medidas con el equipo automático, el cual permite una mayor resolución en el comportamiento del contaminante. En el período 2013 se presentaron 183 días (57%) con calidad atmosférica “Moderada” y 138 días (43%) con calidad “Buena”. Estos resultados se aprecian en la Figura 7-89. Los valores del ICA para cada día de monitoreo en el período 2013, oscilaron entre 20 y 74, los cuales se ilustran en la Figura 7-90.

Figura 7-89. Índice de calidad del aire en número de días para PM10 en la estación urbana de Caldas, Período 2013.

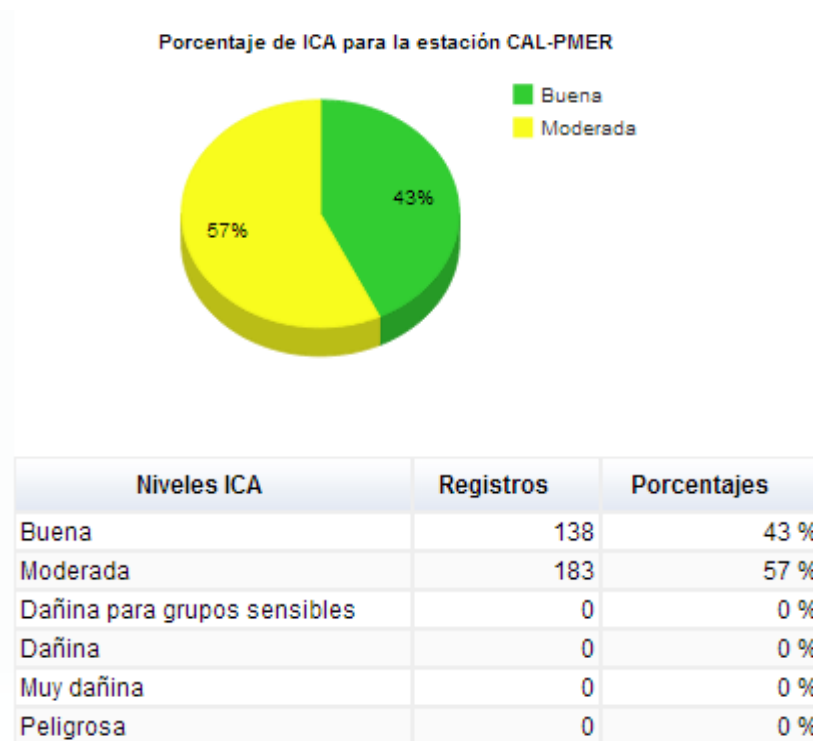
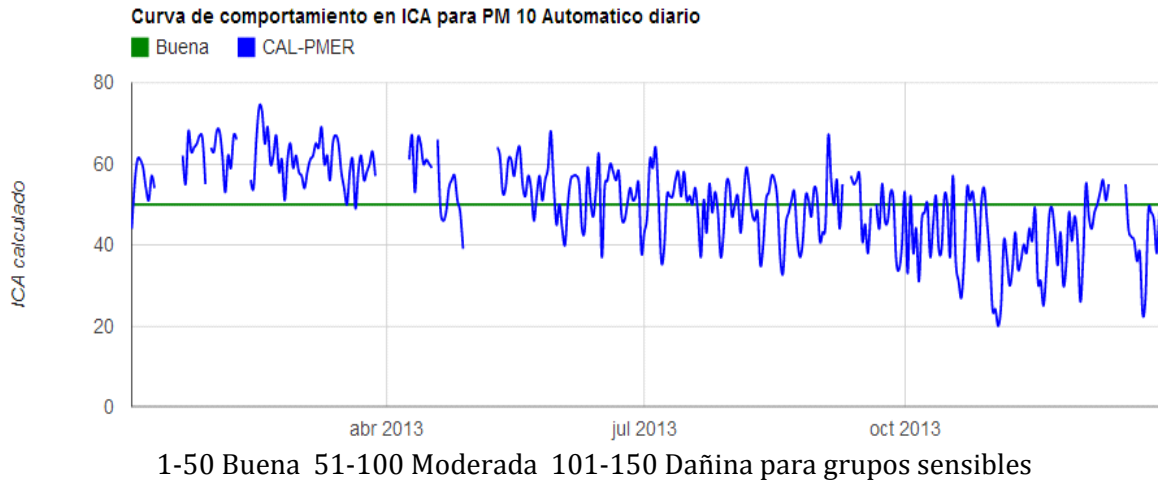


Figura 7-90. Índice de calidad del aire diario para PM10 en la estación urbana de Caldas, Período 2013.

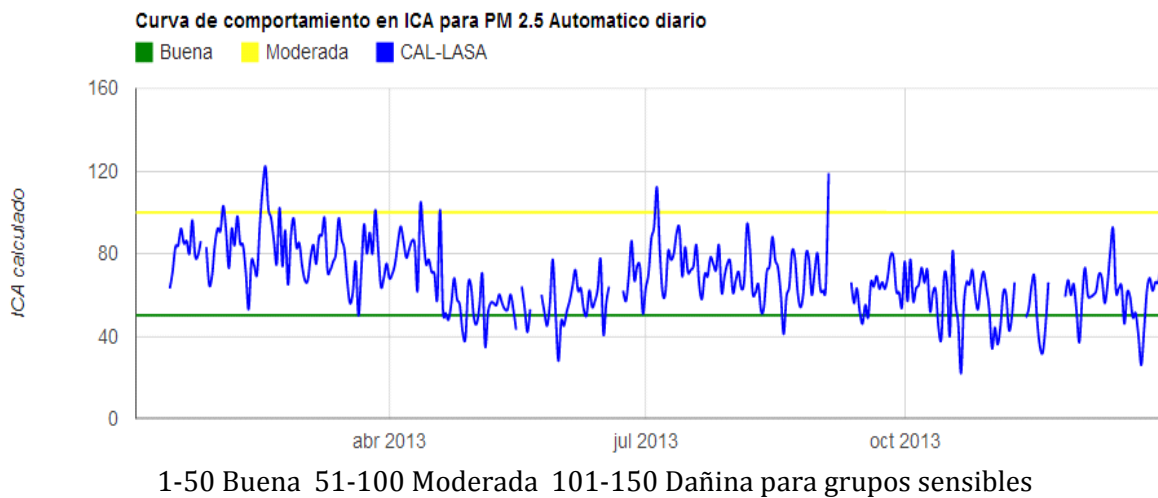


En la Figura 7-91 se presentan los resultados del ICA para PM2.5 en número de días en la estación suburbana CAL-LASA. En el período 2013, 279 días (84,8%) la calidad atmosférica fue “Moderada”, 40 días (12,2%) “Buena” y 10 días (3%) “Dañina para grupos sensibles” Los valores del ICA diario en el período 2013 se aprecian en la Figura 7-92, los cuales se mantuvieron por encima de 22, alcanzando un máximo de 122.

Figura 7-91. Índice de calidad del aire en número de días para PM2.5 en la estación suburbana de Caldas, Período 2013.



Figura 7-92. Índice de calidad del aire diario para PM2.5 en la estación suburbana de Caldas, Período 2013.

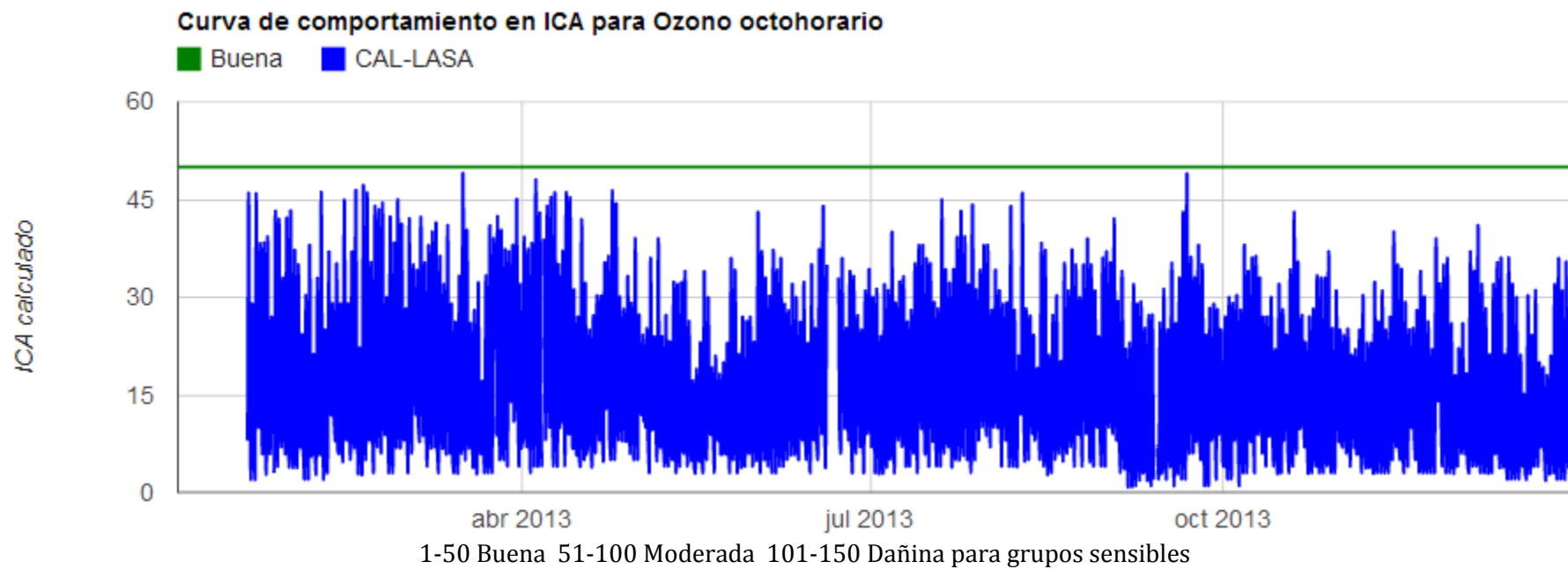


El Índice de Calidad del Aire también ha sido determinado para el ozono. Las concentraciones registradas de este contaminante reportan categorías atmosféricas para los promedios octohorarios, caso contrario ocurre con los promedios horarios los cuales no alcanzan los puntos de corte establecidos por el indicador.

En la Figura 7-93 se presentan los resultados del ICA octohorario para ozono en la estación suburbana Corporación Universitaria Lasallista. La calidad del aire fue “Buena” durante el período de monitoreo, alcanzando un valor máximo de 49.

En la estación suburbana de Caldas el contaminante que actúa como máximo operador es el PM2.5 y por lo tanto es el que determina la calidad del aire. La diferencia entre la calidad del aire reportada por el PM2.5 y el ozono, obedece a que en el caso del primero, hay un mayor tiempo de exposición (períodos de 24 horas) de la población a niveles que pueden representar un riesgo a la salud para las personas más vulnerables, mientras que la exposición a ozono, ocurre en períodos cortos de tiempo (1 hora y 8 horas), donde las concentraciones registradas en la estación, no alcanzan a superar el umbral en el que se han identificado efectos a la salud a causa de este contaminante.

Figura 7-93. Índice de calidad del aire octohorario para ozono en la estación suburbana de Caldas, Período 2013.



8 TENDENCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE

Los indicadores de tendencia se utilizan para conocer el comportamiento de los contaminantes atmosféricos en el largo plazo y evaluar el impacto de las actuaciones en prevención y control de la contaminación del aire que son llevadas a cabo por las autoridades locales.

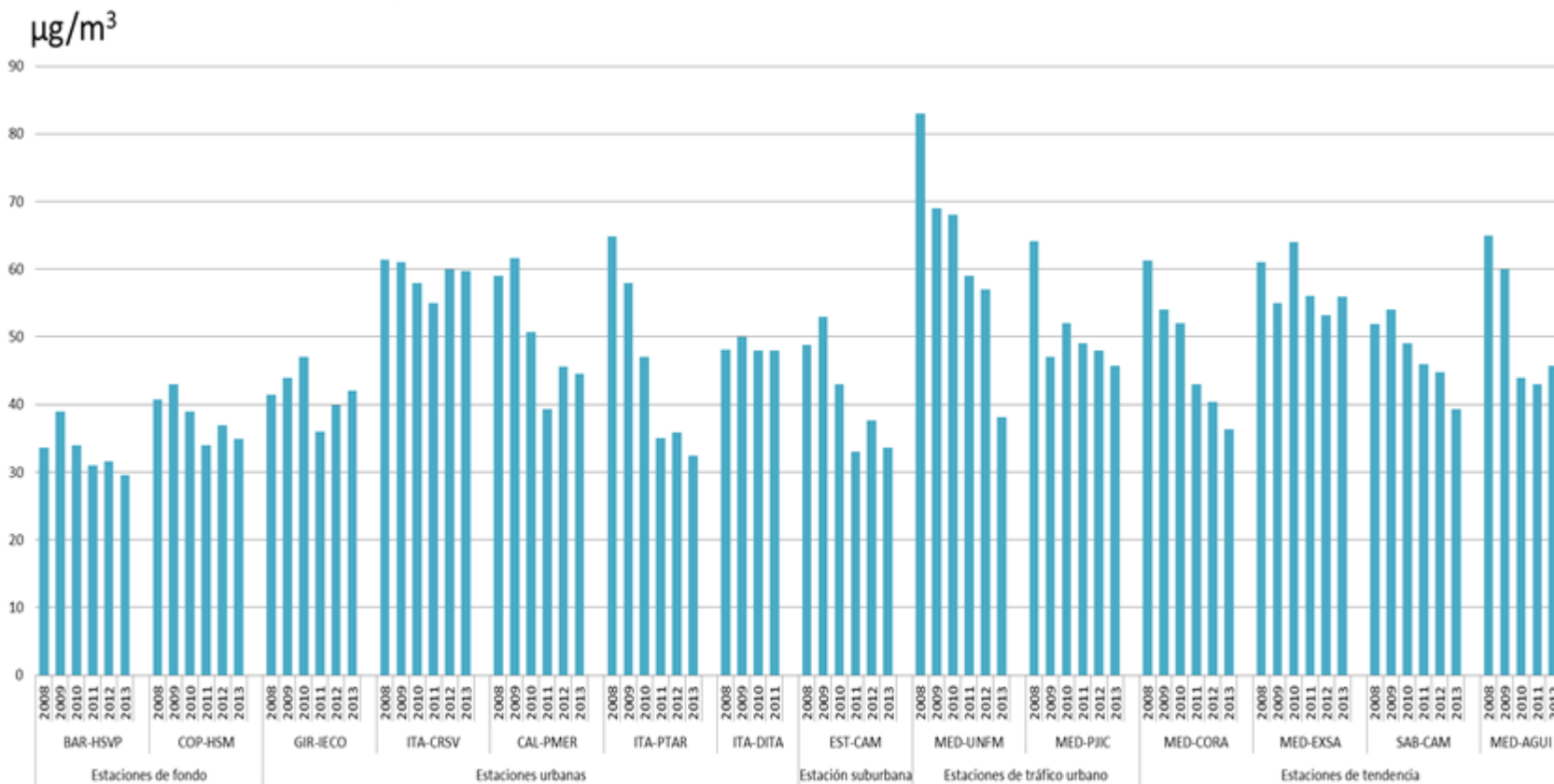
En el presente capítulo se presenta el análisis del comportamiento histórico de las concentraciones de partículas menores a 10 micrómetros PM₁₀ y partículas menores a 2.5 micrómetros PM_{2.5} y el Índice de Calidad del Aire -ICA- para ambos contaminantes.

8.1 PARTÍCULAS MENORES A 10 MICRÓMETROS PM₁₀

El comportamiento de las partículas PM₁₀, para el período 2008-2013, muestra una disminución del promedio anual en los últimos años en las diferentes estaciones del Valle de Aburrá, lo que significa una disminución de los niveles de exposición crónica de la población a este contaminante. En la Figura 8-1 se aprecian el comportamiento anual del PM₁₀.

Los niveles de PM₁₀ que viene registrando la estación Barbosa en los últimos seis años, son inferiores a los reportados en los demás sitios de monitoreo, los cuales oscilaron entre 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con un promedio de 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el 2013, valor que representa la concentración de fondo para el valle.

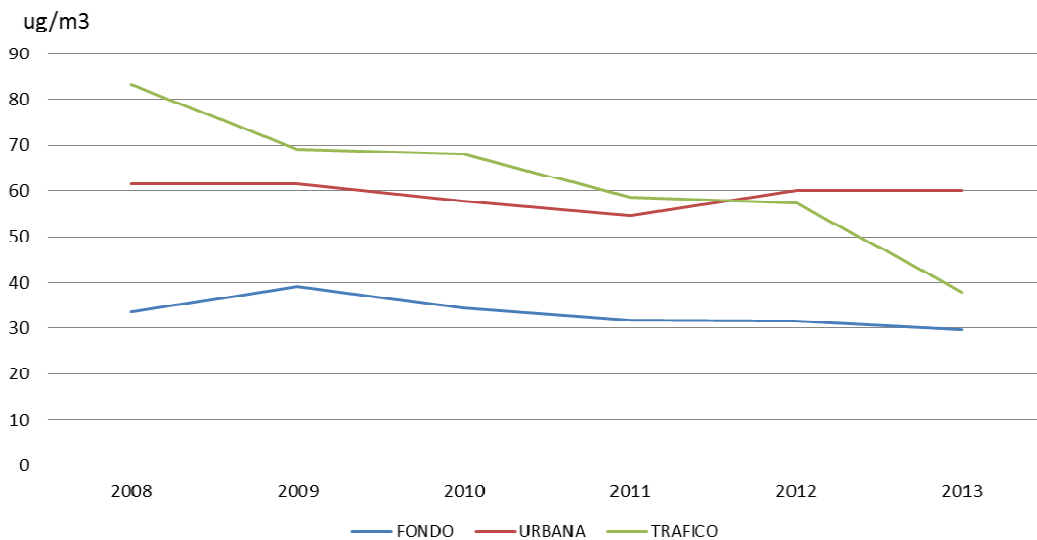
Figura 8-1. Comportamiento histórico del promedio anual de PM10 en el Valle de Aburrá. Período 2008-2013.



Elaboración propia a partir de los datos de la red de monitoreo del Valle de Aburrá.

En la Figura 8-2 se aprecia la evolución de los niveles de PM10 en tres tipos de estaciones del Valle de Aburrá. Las concentraciones de PM10 en la estación urbana muestran una disminución en los últimos años, alcanzando niveles por debajo de los 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La estación de propósito especial para evaluar el impacto del tráfico, reporta niveles superiores a la estación urbana y ha permitido medir el incremento de las concentraciones de PM10 debido a la actividad en la vía, en este caso particular, la ampliación de la vía al mar. Las concentraciones de fondo para el Valle de Aburrá han sido inferiores a los 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en los últimos años.

Figura 8-2. Promedio anual de las concentraciones de PM10 por tipo de estación. Período 2008-2013.



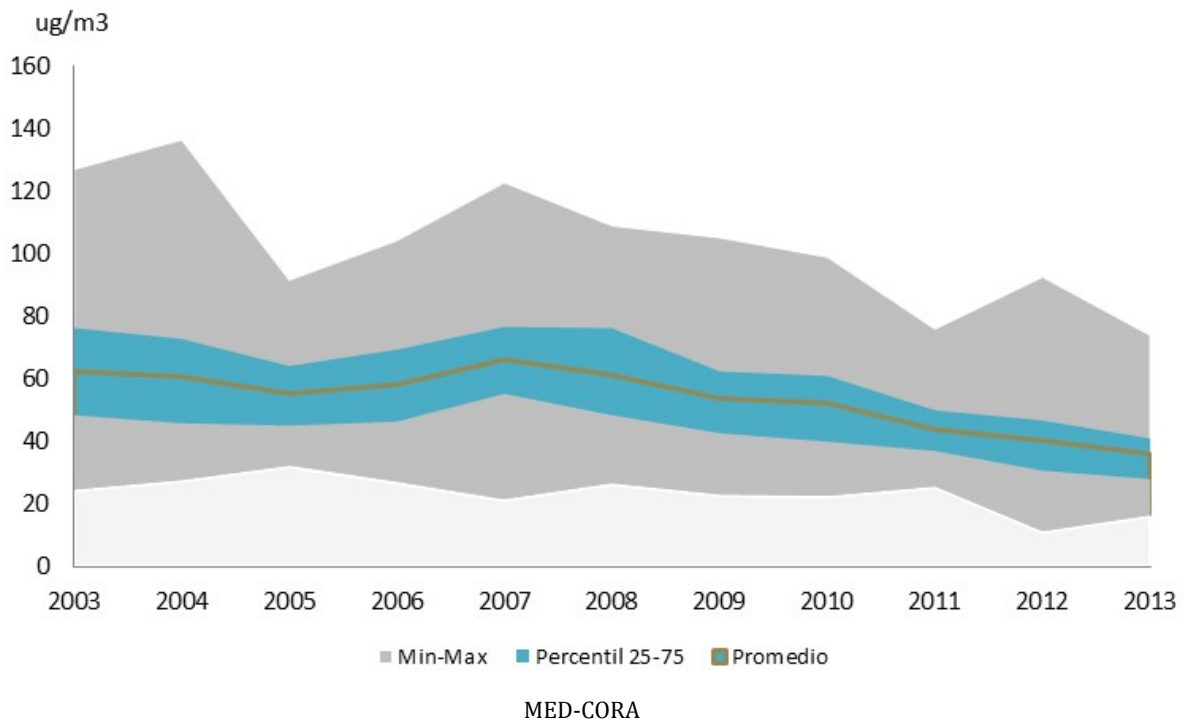
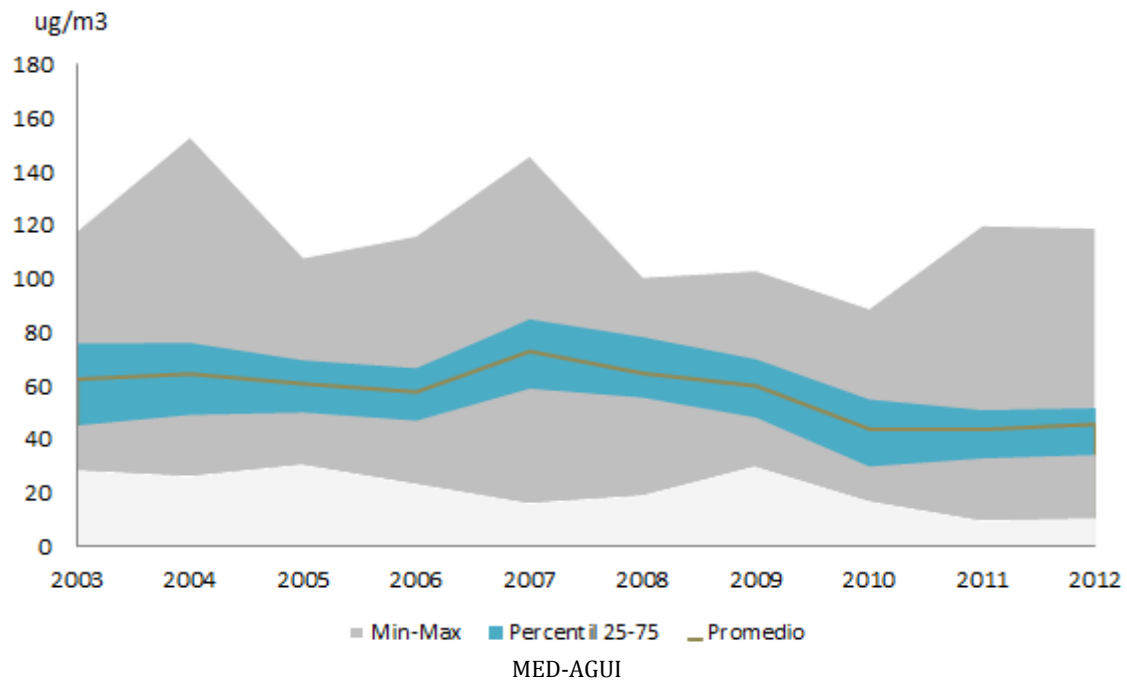
Estaciones de referencia: Fondo (BAR-HSVP), Urbana (ITA-CRSV) y Tráfico (MED-UNFM). Elaboración propia a partir de los datos de la red de monitoreo del Valle de Aburrá.

El PM10 viene siendo monitoreado desde el 2003 en dos estaciones de tendencia, localizadas en áreas urbanas del valle, a una altura superior a los 15 metros sobre el nivel del suelo. Para revisar el comportamiento anual se utilizan indicadores estadísticos como el percentil 25 y 75, el promedio, los máximos y mínimos. El percentil 25 y 75 señalan la concentración debajo de la cual se encuentra el 25% y 75% de los datos. La diferencia entre estos dos percentiles se denomina amplitud intercuartil y es una medida que concentra el 50% de los datos alrededor de la mediana, lo que permite caracterizar el comportamiento de registros cotidianos del contaminante, al evitar los valores altos.

En la Figura 8-3 se aprecia la evolución anual del PM10 en las estaciones Aguinaga (MED-AGUI) y Corantioquia (MED-CORA). La amplitud intercuartil, determinada por la franja azul en la figura, permite identificar una disminución del PM10 en los últimos años. En el 2003 la amplitud intercuartil en MED-AGUI es $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con una variabilidad de las concentraciones entre $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $76 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que corresponden al percentil 25 y 75 respectivamente; en el 2012 la amplitud es $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con concentraciones entre $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En MED-CORA, la amplitud intercuartil en el 2003 es $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con concentraciones entre $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $76 \mu\text{g}/\text{m}^3$; en el 2013 la amplitud es $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con concentraciones entre $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Los valores máximos, indicador que denota eventos extremos, asociados a sucesos extraordinarios, también vienen disminuyendo en los últimos años. Entre el 2004 y el 2007 se registraron concentraciones máximas diarias de $153 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $146 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $136 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $123 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en el 2013 los valores máximos alcanzados fueron de $74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $69 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

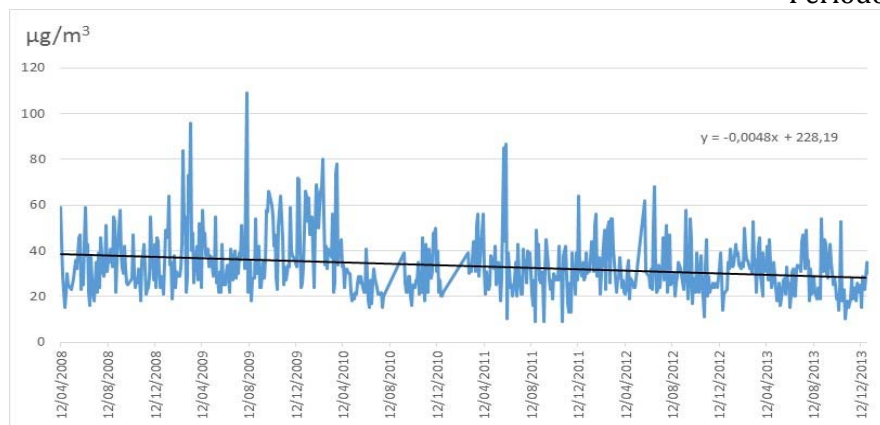
Figura 8-3. Evolución de las concentraciones anuales de PM10 en estaciones de tendencia mesoescala en el Valle de Aburrá. Período 2003-2013.



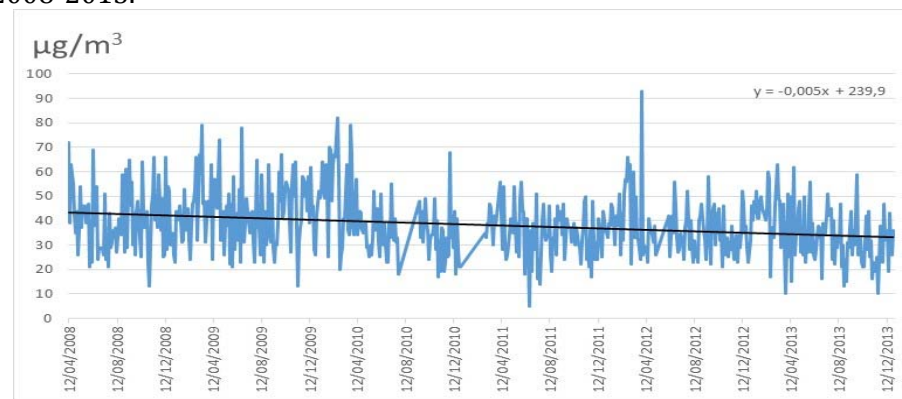
La evolución histórica de las concentraciones diarias de partículas menores a 10 micrómetros, es un indicador del avance en la reducción los niveles de exposición aguda de la población a este contaminante. En la Figura 8-4, la Figura 8-5 , la Figura 8-6 y la Figura 8-7 se presentan los resultados del análisis de regresión lineal para las concentraciones diarias de PM10, según el tipo de estación, para el período 2008 - 2013. Los resultados muestran una tendencia decreciente significativa en las estaciones de fondo, suburbana, tendencia y tráfico urbano. En las estaciones urbanas GIR-IECO e ITA-CRSV, los niveles de PM10 muestran una tendencia a estabilizarse y en la estación CAL-PMER se observa un leve incremento en las concentraciones.

Un factor relevante que se debe considerar bajo este análisis, es el impacto del mejoramiento de los combustibles vehiculares en el Valle de Aburrá, asociado a la reducción del contenido de azufre en Diesel y gasolina, por ser una estrategia que ha contribuido con la disminución de las emisiones de material particulado PM2.5, proveniente de los procesos de combustión y que constituye la fracción fina del PM10. Estos resultados han sido validados mediante estudios específicos en el Valle de Aburrá, que contemplan la caracterización físico-química de filtros y las pruebas de motores en laboratorio.

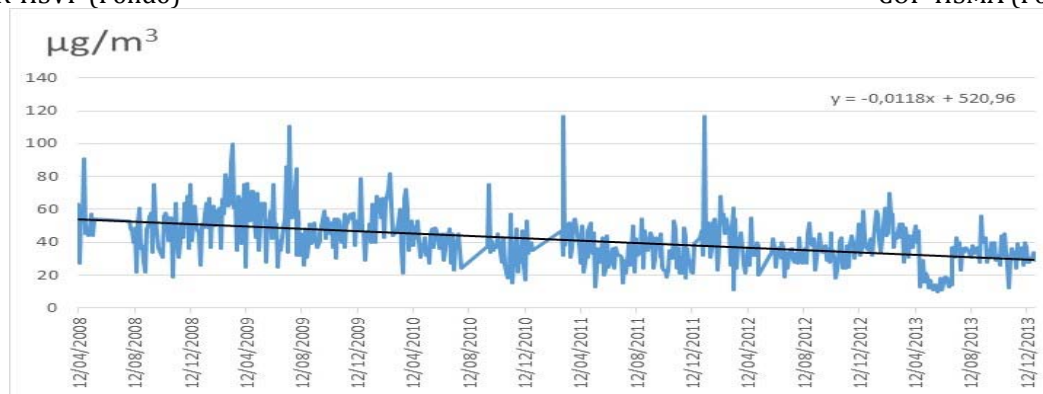
Figura 8-4. Evolución de las concentraciones diarias de PM10 en estaciones de fondo y suburbana en el Valle de Aburrá. Período 2008-2013.



BAR-HSVP (Fondo)



COP-HSMA (Fondo)



EST-CAM (Suburbana)

Figura 8-5. Evolución de las concentraciones diarias de PM10 en estaciones urbanas del Valle de Aburrá. Período 2008-2013.

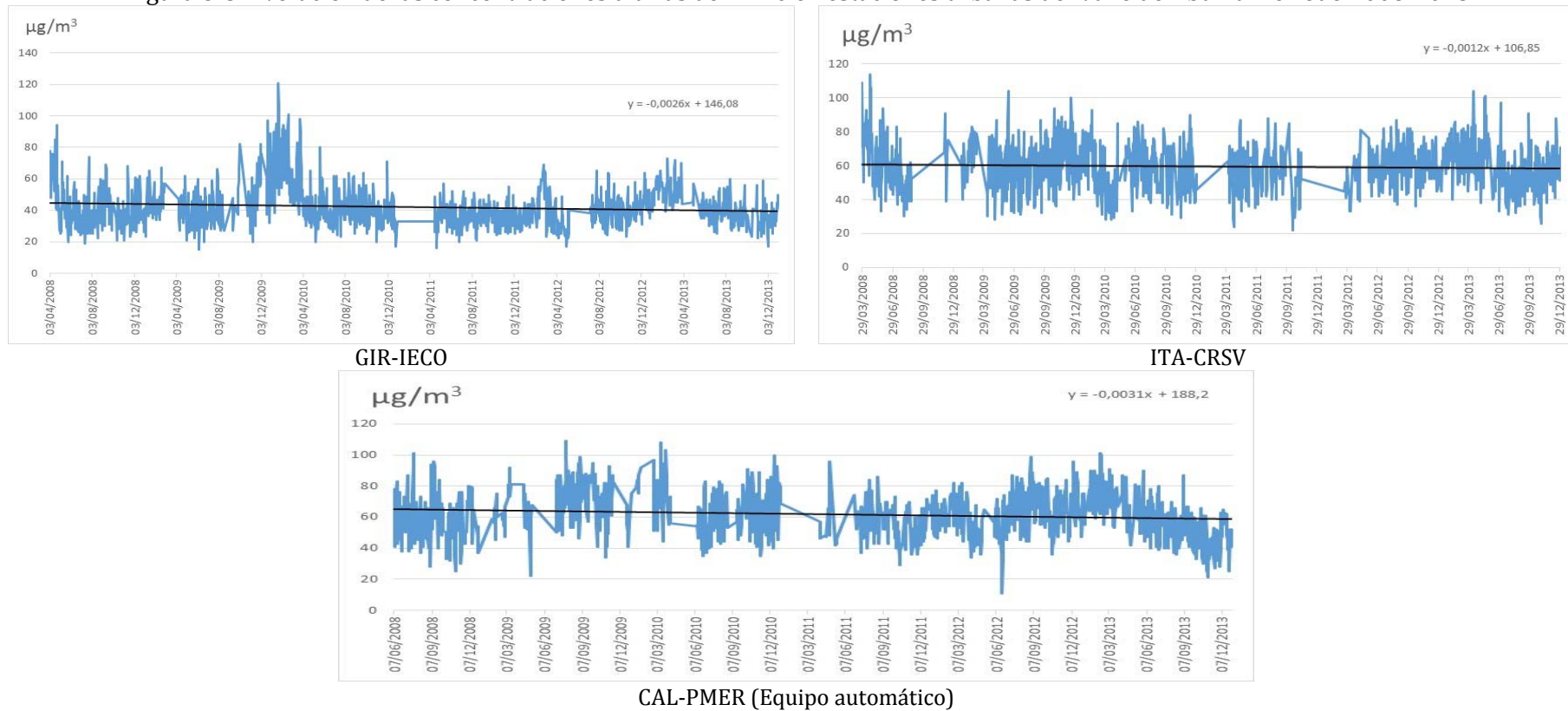
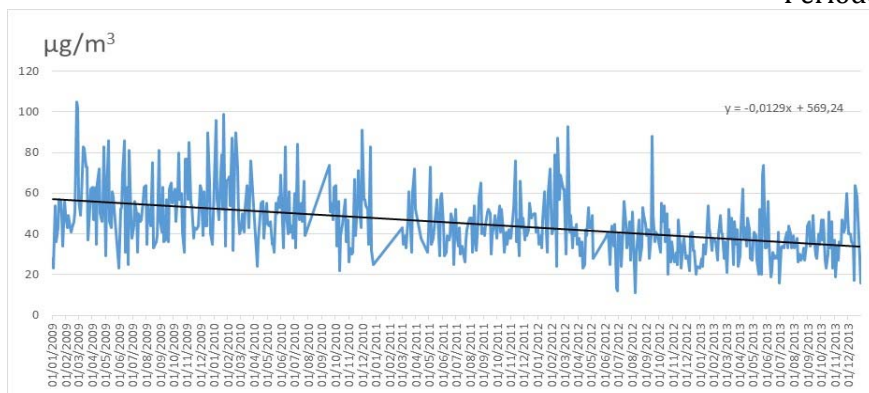
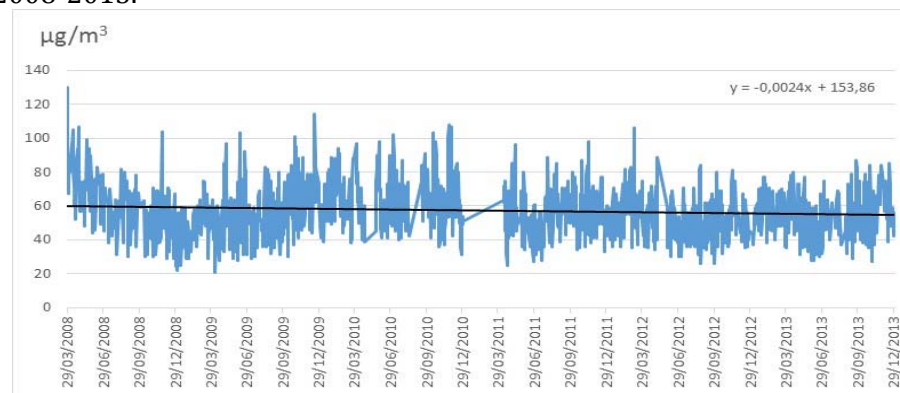


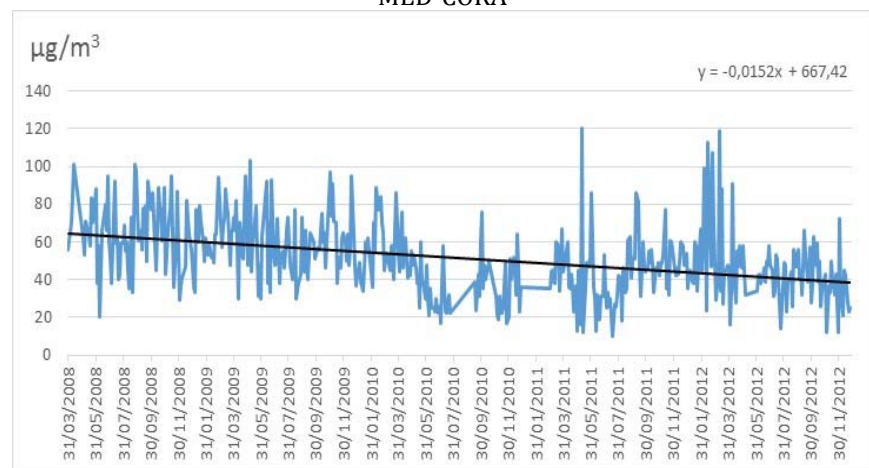
Figura 8-6. Evolución de las concentraciones diarias de PM10 en estaciones de tendencia mesoescala del Valle de Aburrá.
Período 2008-2013.



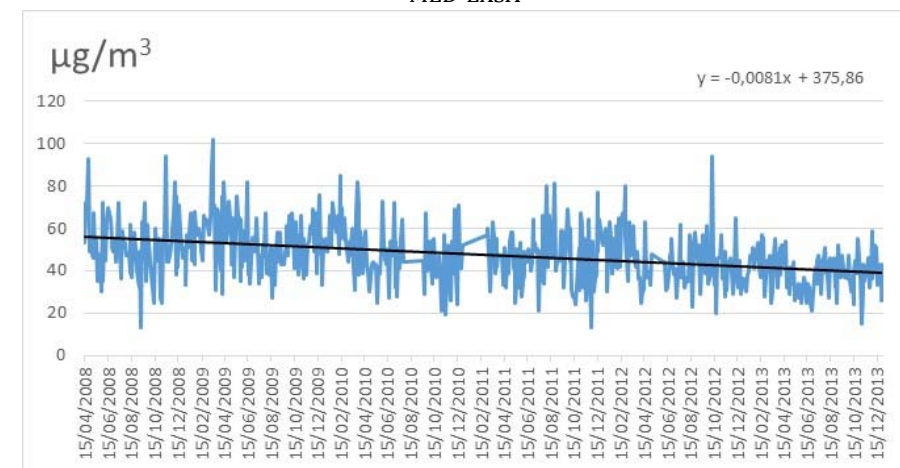
MED-CORA



MED-EXSA

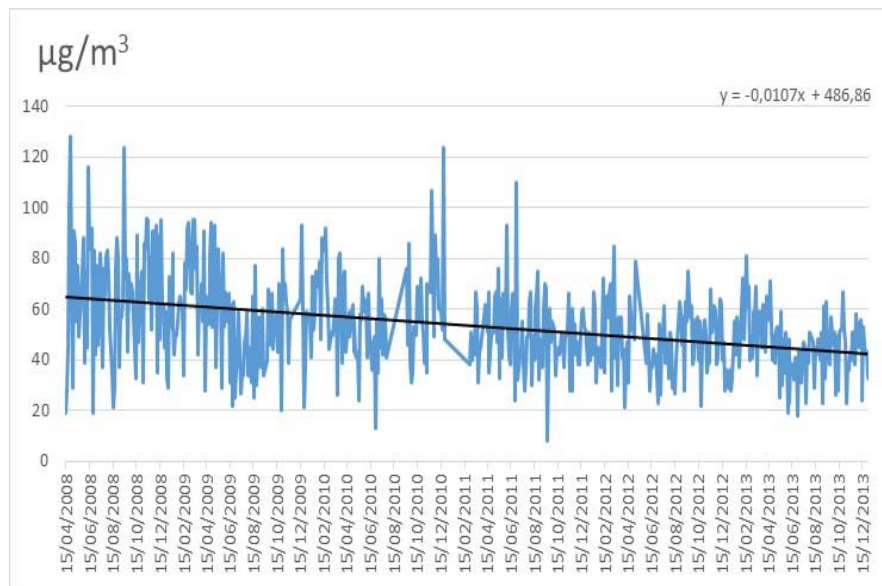


MED-AGUI

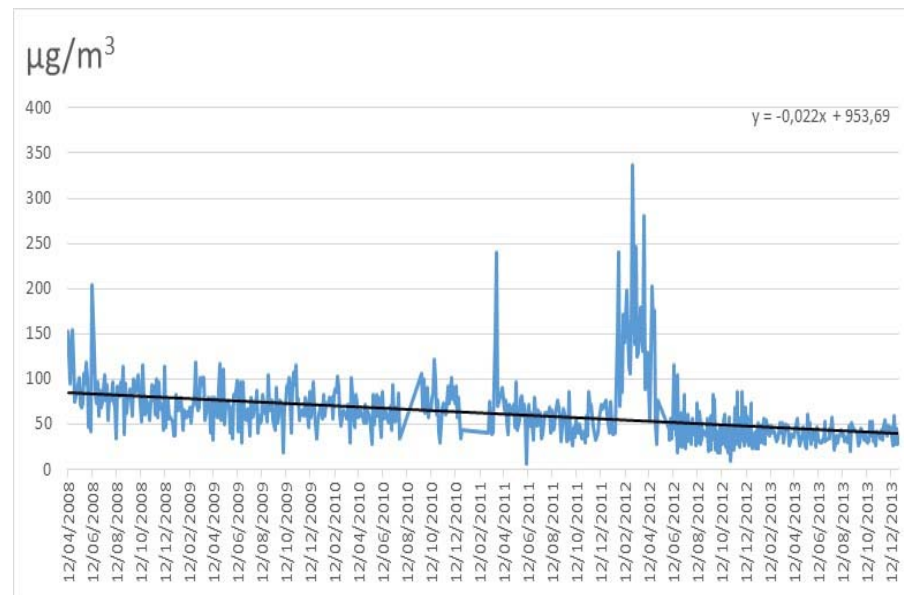


SAB-CAM

Figura 8-7. Evolución de las concentraciones diarias de PM10 en estaciones de tráfico del Valle de Aburrá. Período 2008-2013.



MED-PJIC (Equipo manual)

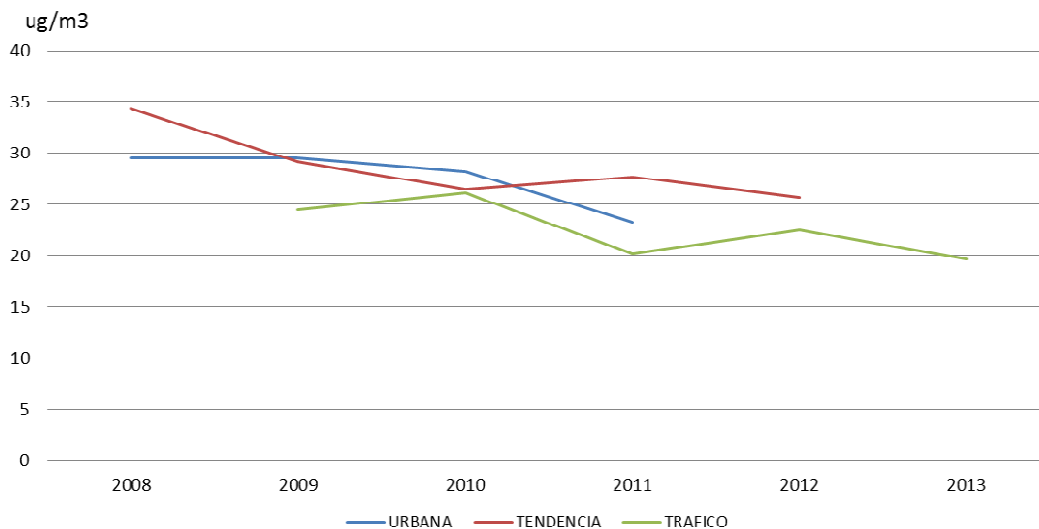


MED-UNFM (Equipo manual)

8.2 PARTÍCULAS MENORES A 2.5 MICRÓMETROS PM2.5

La fracción fina del material particulado, PM2.5, viene siendo monitoreada en el valle de Aburrá desde el 2008. Las concentraciones encontradas de este contaminante en el aire ambiente, han permitido orientar la formulación e implementación del Plan de descontaminación del aire, por su impacto relativo a la salud pública y su origen en procesos de combustión. En la Figura 8-8 se aprecian los niveles de PM2.5 en tres tipos de estaciones, en las cuales se evidencia una disminución de este contaminante en el período 2008-2013. Los niveles más bajos se registran en la estación de tráfico localizada en el Politécnico, con una concentración promedio anual de 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en el 2013, valor inferior al indicador establecido por la norma colombiana de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 8-8. Promedio anual de las concentraciones de PM2.5 por tipo de estación. Período 2008-2013.



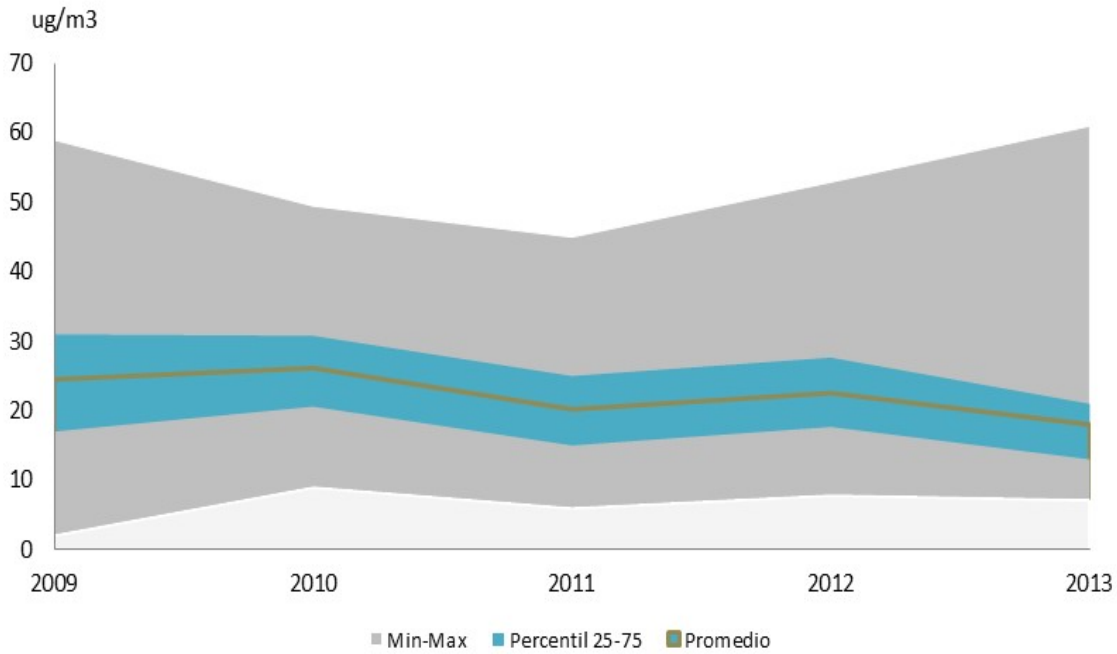
Estaciones de referencia: Urbana (ITA-DITA), Tendencia (MED-AGUI) y Tráfico (MED-PJIC).
Elaboración propia a partir de los datos de la red de monitoreo del Valle de Aburrá.

En la Figura 8-9 se aprecia una disminución de los niveles de PM_{2.5} a partir de la amplitud intercuartil representada por la franja azul. En el 2008 la amplitud intercuartil en MED-AGUI es 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ con una variabilidad de las concentraciones entre 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que corresponden al percentil 25 y 75 respectivamente; en el 2012 la amplitud es 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con concentraciones entre 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En MED-PJIC, la amplitud intercuartil en el 2009 es 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con concentraciones entre 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; en el 2013 la amplitud es 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con concentraciones entre 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

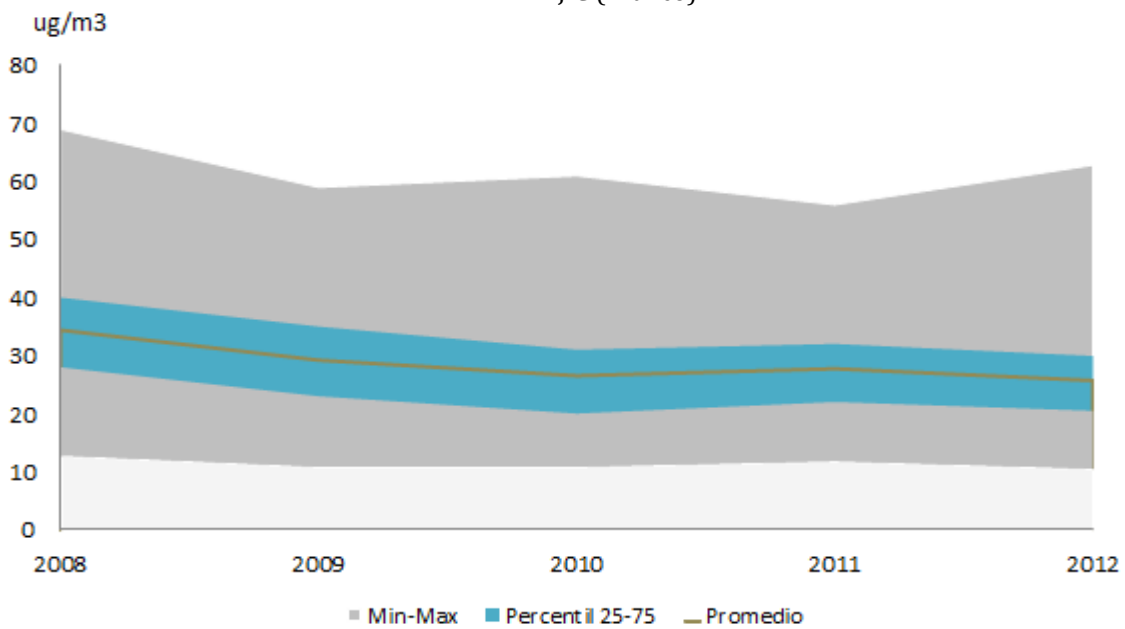
Los eventos extremos también muestran una disminución en el período evaluado. Entre el 2008 y el 2010 se registraron concentraciones máximas diarias de 69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en el 2012 el valor máximo alcanzado fue 63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Estos valores sobrepasan el indicador establecido por la norma colombiana para exposición diaria de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La evolución de las concentraciones diarias de partículas menores a 2.5 micrómetros, en las estaciones Politécnico Jaime Isaza Cadavid y Aguinaga, muestra una reducción importante de los niveles de exposición aguda de la población a este contaminante. El análisis de regresión lineal presentado en la Figura 8-10 muestra una tendencia decreciente significativa.

Figura 8-9. Evolución de las concentraciones anuales de PM2.5 en estación de tráfico y tendencia mesoescala en el Valle de Aburrá. Período 2008-2013.

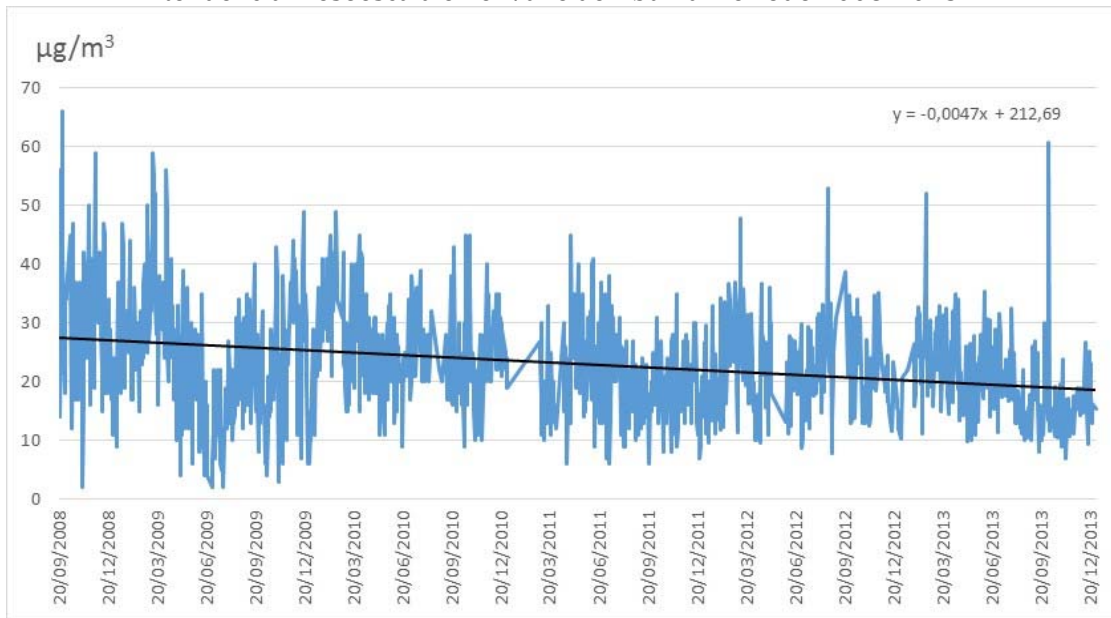


MED-PJIC (Tráfico)

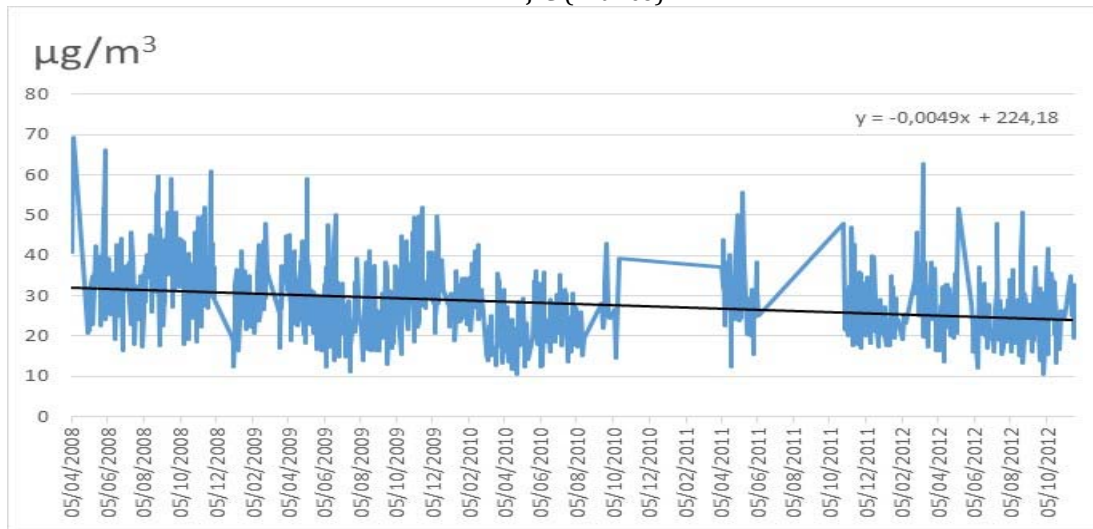


MED-AGUI (Tendencia)

Figura 8-10. Evolución de las concentraciones diarias de PM2.5 en estación de tráfico y tendencia mesoescala en el Valle de Aburrá. Período 2008-2013.



MED-PJIC (Tráfico)



MED-AGUI (Tendencia)

8.3 ANÁLISIS HISTÓRICO DEL ICA

En este capítulo se presenta el análisis de la clasificación de la calidad del aire en diferentes estaciones de monitoreo, según el Índice de Calidad del Aire, para el período comprendido entre marzo de 2008 y diciembre de 2013.

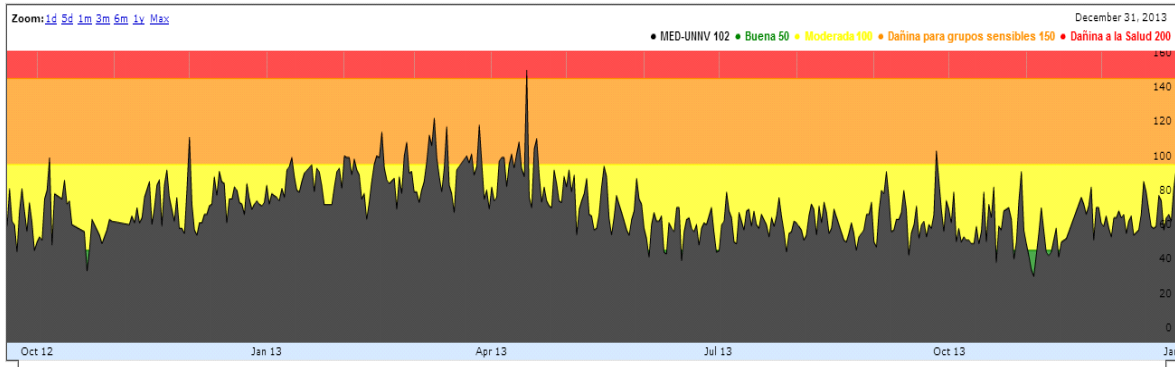
El material particulado PM_{2.5} es el responsable de una calidad del aire “Moderada” y/o “Dañina para grupos sensibles” en los diferentes entornos del valle donde se viene monitoreando este contaminante desde el 2008. En la Figura 8-11 se presentan los resultados del ICA por PM_{2.5} para la estación de fondo urbano MED-UNNV y las estaciones urbanas ITA-CJUS y MED-MANT.

La estación de fondo urbano MED-UNNV inició operaciones el 19 de septiembre de 2012 y al 30 de diciembre registró 84 días (94,4% de las mediciones) con calidad del aire “Moderada”, 3 días (3,4%) “Buena” y 2 días (2,2%) “Dañina para grupos sensibles”. Entre enero y diciembre de 2013 se han registrado 297 días (85,6%) con calidad del aire “Moderada”, 31 días (8,9%) “Dañina para grupos sensibles”, 18 días (5,2%) con calidad del aire “Buena” y 1 día (0,3%) con calidad del aire “Dañina”.

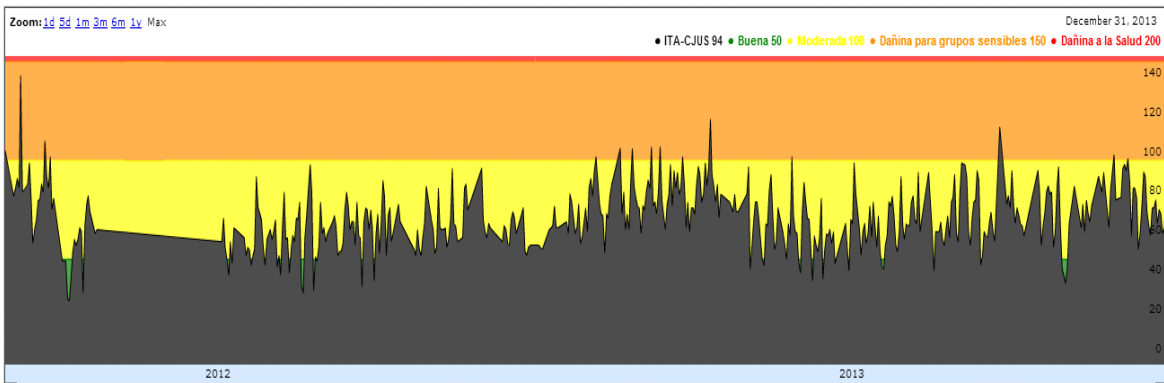
En la estación urbana Casa de Justicia de Itagüí el monitoreo inició en marzo de 2012 y al 30 de diciembre registró 158 días con calidad del aire “Moderada”, 21 días “Buena” y 4 días “Dañina para grupos sensibles”. Entre enero y diciembre de 2013 se han registrado 284 días (85,6%) con calidad del aire “Moderada”, 11 días (3,5%) “Dañina para grupos sensibles” y 18 días (5,8%) con calidad del aire “Buena”.

La estación urbana Museo de Antioquia, ubicada en la zona centro del municipio de Medellín, inició operaciones el 27 de noviembre de 2012 y al 30 de diciembre no ha registrado días con calidad atmosférica “Buena”. En el 2012 se presentaron 21 días (75%) con calidad atmosférica “Moderada” y 7 días (25%) “Dañina para grupos sensibles”. Entre enero y diciembre de 2013 se han registrado 269 días (75,6%) con calidad del aire “Moderada” y 87 días (24,4%) “Dañina para grupos sensibles”.

Figura 8-11. Índice de calidad del aire para PM2.5 en estaciones de fondo urbano y urbanas.
Fondo urbano (MED-UNNV)



Urbana (ITA-CJUS)



Urbana (MED-MANT)

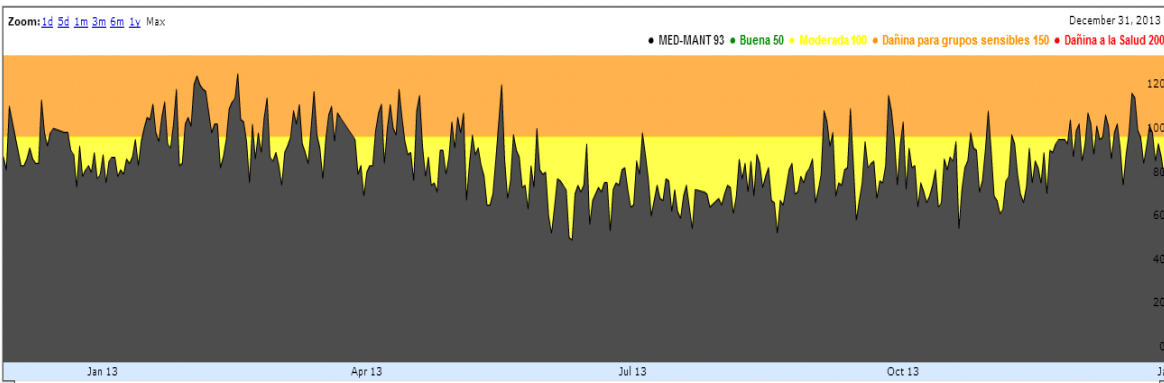
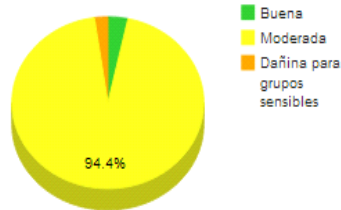


Figura 8-12 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM2.5 en la estación de fondo urbano MED-UNNV

Sep 2012 – Dic 2012

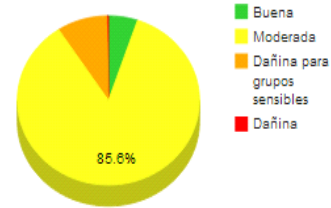
Porcentaje de ICA para la estación MED-UNNV



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	3	3.4 %
Moderada	84	94.4 %
Dañina para grupos sensibles	2	2.2 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

2013

Porcentaje de ICA para la estación MED-UNNV

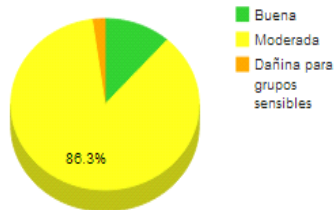


Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	18	5.2 %
Moderada	297	85.6 %
Dañina para grupos sensibles	31	8.9 %
Dañina	1	0.3 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

Figura 8-13 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM2.5 en la estación urbana ITA-CJUS

Mar 2012 – Dic 2012

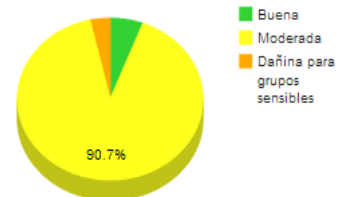
Porcentaje de ICA para la estación ITA-CJUS



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	21	11.5 %
Moderada	158	86.3 %
Dañina para grupos sensibles	4	2.2 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

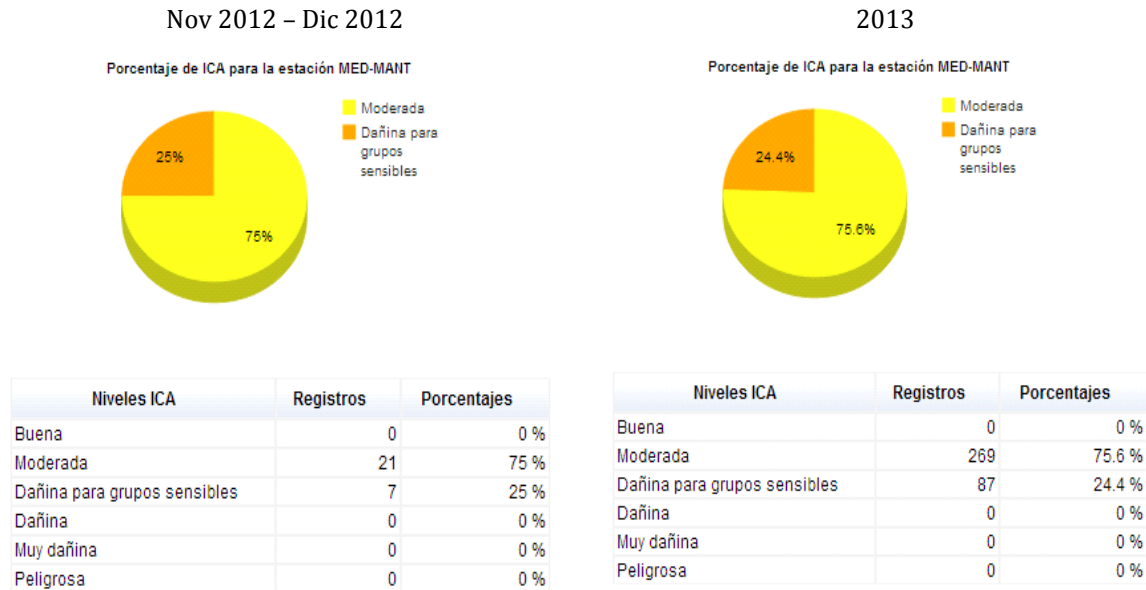
2013

Porcentaje de ICA para la estación ITA-CJUS



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	18	5.8 %
Moderada	284	90.7 %
Dañina para grupos sensibles	11	3.5 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

Figura 8-14 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM2.5 en la estación urbana MED-MANT

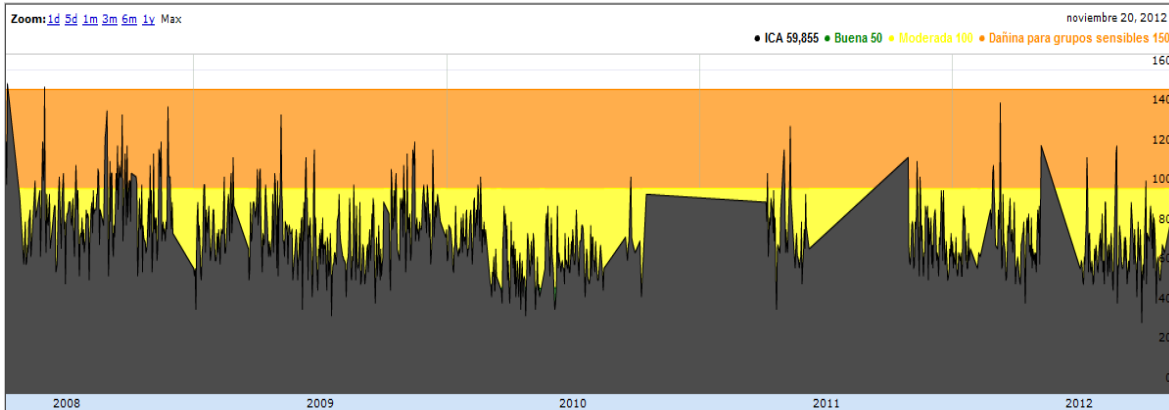


En la Figura 8-15 se presentan los resultados del ICA por PM2.5 para la estación de tendencia MED-AGUI y las estaciones de tráfico urbano MED-PJIC y MOVIL-INDE. En la estación de tendencia Miguel de Aguinaga, se observa que predomina una calidad del aire “Moderada” y se han reportado concentraciones con calidad del aire “Dañina para grupos sensibles”, aunque estas concentraciones vienen disminuyendo en los últimos años en comparación con el 2008. En el 2012 se presentaron 235 días con calidad atmosférica “Moderada”, 8 días “Dañina para grupos sensibles” y 7 días “Buena”. Las mediciones de PM2.5 en la estación, culminaron en noviembre de 2012.

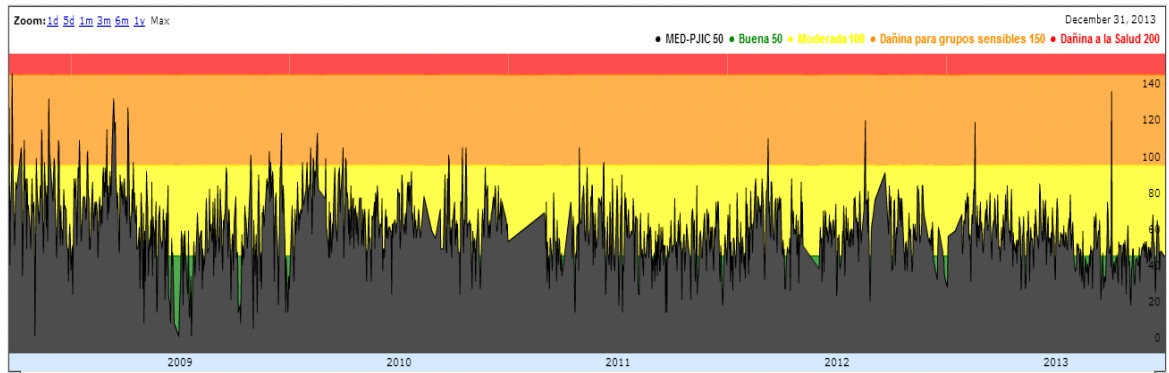
En la estación de propósito especial para medir el impacto del tráfico urbano ubicada en el Politécnico Jaime Isaza Cadavid, los días con calidad del aire “Dañina para grupos sensibles” han disminuido en los últimos años en comparación con los registros de 2008 y 2009. En el 2011 los días con calidad del aire “Buena” se incrementaron con respecto al año anterior. En el 2012 se tiene un registro de 230 días con calidad del aire “Moderada”, 47 días “Buena” y 2 días “Dañina para grupos sensibles”. Entre enero y diciembre de 2013 se han registrado 234 días con calidad del aire “Moderada”, 88 días “Buena” y 2 día “Dañina para grupos sensibles”.

La unidad móvil ubicada en la Unidad Deportiva INDESA de Sabaneta, para seguimiento del tráfico urbano, inició operaciones el 26 de septiembre de 2012 y al 30 de diciembre tiene un registro de 79 días (87,8%) con calidad atmosférica “Moderada”, 10 días (11,1%) “Dañina para grupos sensibles” y 1 día (1,1%) “Buena”. Entre enero y marzo de 2013 se han registrado 47 días (64,4%) con calidad del aire “Moderada” y 26 días (35,6%) “Dañina para grupos sensibles”.

Figura 8-15. Índice de calidad del aire para PM2.5 en estaciones de tendencia y tráfico urbano. Tendencia mesoescala (MED-AGUI)



Tráfico urbano (MED-PJIC)



Tráfico urbano (MOVIL-INDE)

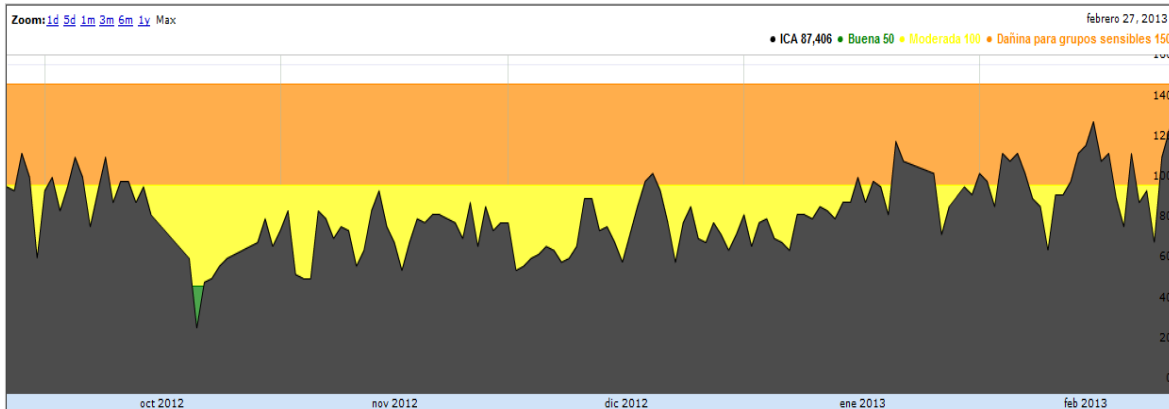
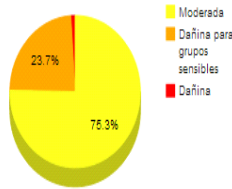


Figura 8-16 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM2.5 en la estación de tendencia
MED-AGUI

Abr 2008 – Dic 2008

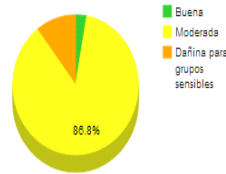
Porcentaje de ICA para la estación MED-AGUI



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	0	0 %
Moderada	143	75.3 %
Dañina para grupos sensibles	45	23.7 %
Dañina	2	1.1 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

2009

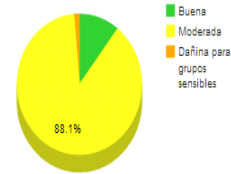
Porcentaje de ICA para la estación MED-AGUI



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	9	2.8 %
Moderada	275	86.8 %
Dañina para grupos sensibles	33	10.4 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

2010

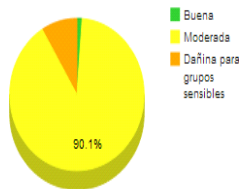
Porcentaje de ICA para la estación MED-AGUI



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	22	10.5 %
Moderada	185	88.1 %
Dañina para grupos sensibles	3	1.4 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

2011

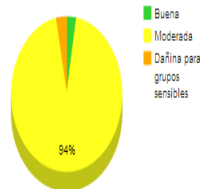
Porcentaje de ICA para la estación MED-AGUI



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	1	1.2 %
Moderada	73	90.1 %
Dañina para grupos sensibles	7	8.6 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

Ene 2012 - Nov 2012

Porcentaje de ICA para la estación MED-AGUI



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	7	2.8 %
Moderada	235	94 %
Dañina para grupos sensibles	8	3.2 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

Figura 8-17 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM2.5 en la estación de tráfico MED-PJIC

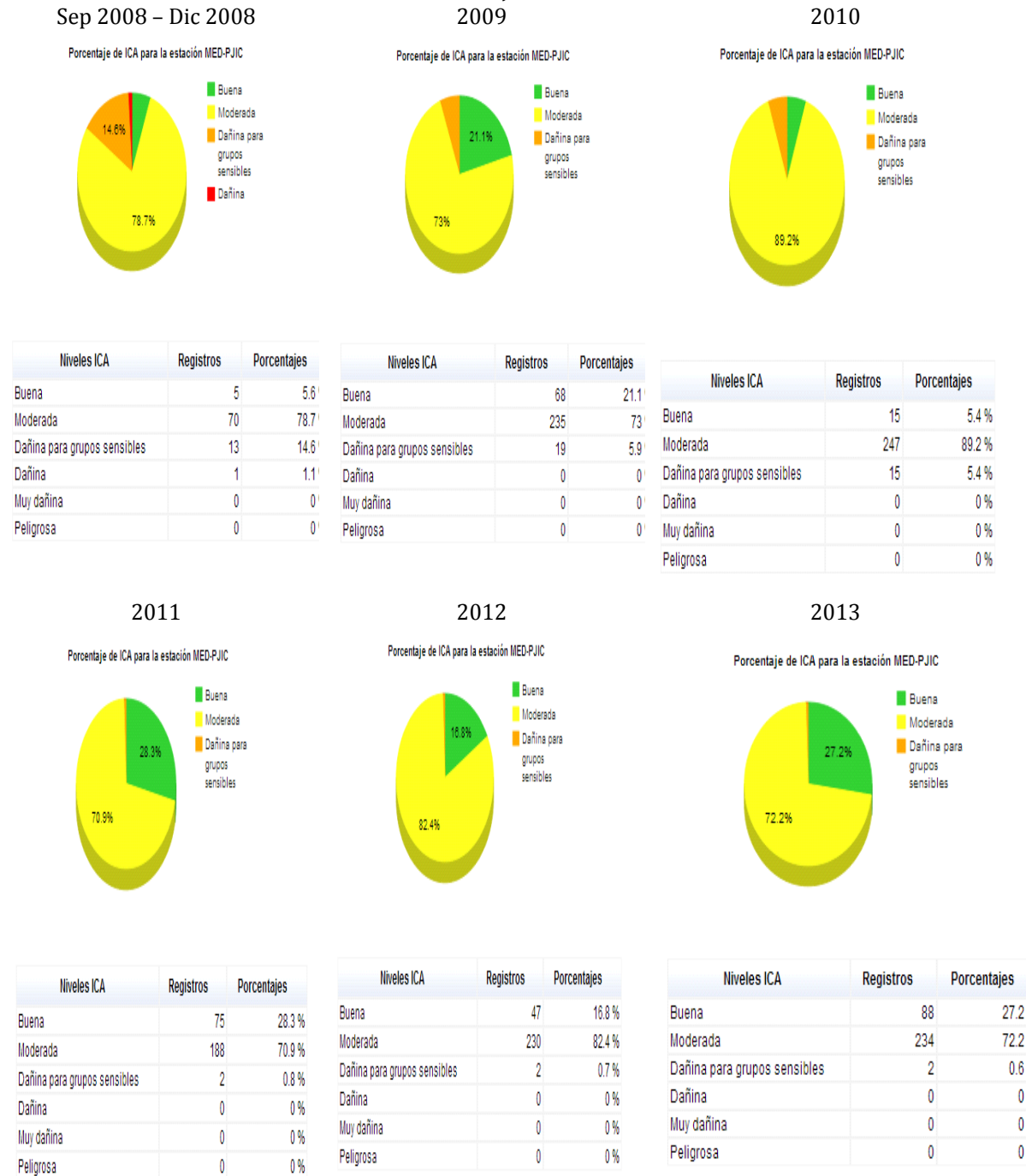
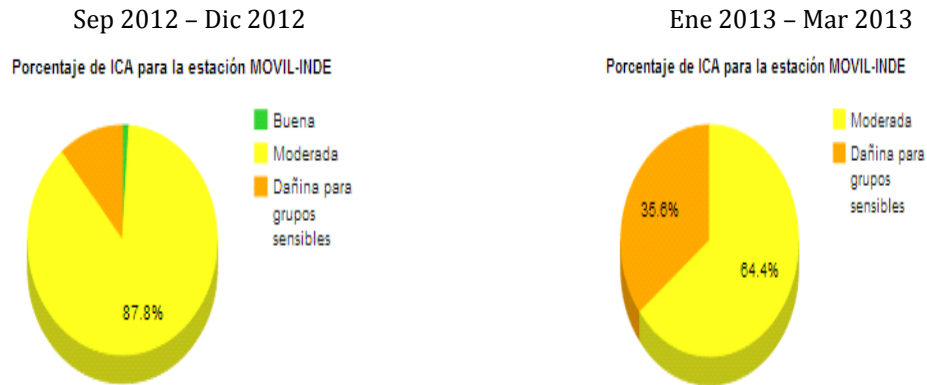


Figura 8-18 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM2.5 en la estación de tráfico MOVIL-INDE



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	1	1.1 %
Moderada	79	87.8 %
Dañina para grupos sensibles	10	11.1 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	0	0 %
Moderada	47	64.4 %
Dañina para grupos sensibles	26	35.6 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

Las estaciones suburbanas iniciaron operaciones en el segundo semestre del 2012. En la Figura 8-19 se observa que al mes de diciembre predomina la calidad del aire “Moderada” por PM2.5.

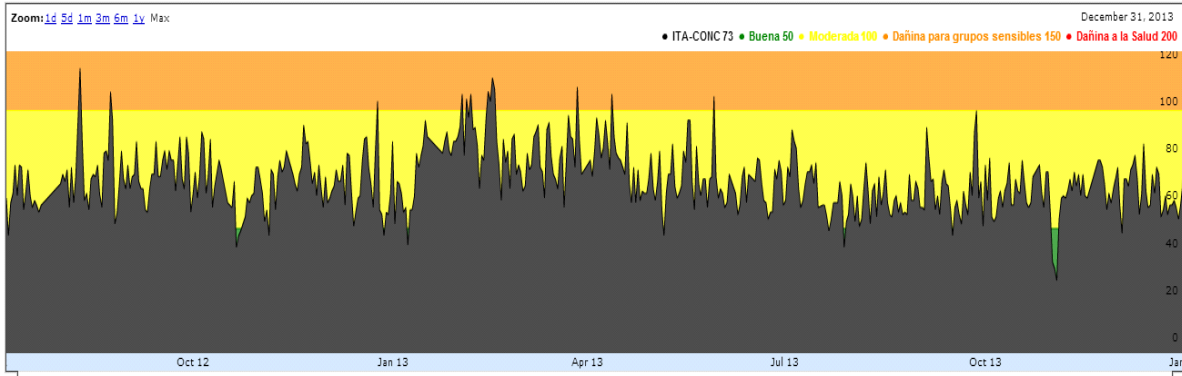
Durante el 2012 en la estación ITA-CONC se registraron 155 días (94,5%) con calidad del aire “Moderada”, 6 días (3,7%) “Buena” y 3 días (1,8%) “Dañina para grupos sensibles”. Entre enero y diciembre de 2013 se han registrado 326 días (94,5%) con calidad del aire “Moderada”, 10 días (2,9%) “Dañina para grupos sensibles” y 9 días (2,6%) “Buena”.

Durante el 2012 en MED-POBL se registraron 79 días (97,5%) “Moderada” y 2 días (2,5%) “Buena”. Entre enero y diciembre de 2013 se han registrado 301 días (85%) con calidad del aire “Moderada”, 10 días (2,8%) “Dañina para grupos sensibles” y 43 días (12,1%) “Buena”.

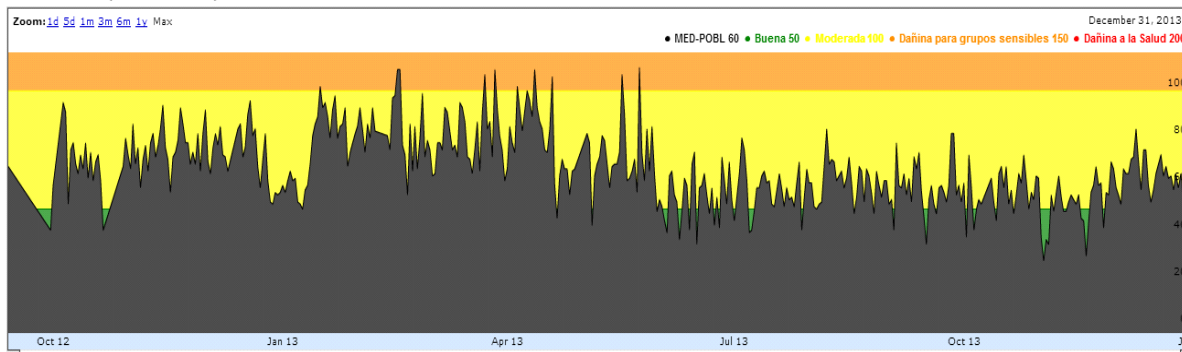
Durante el 2012 en CAL-LASA se registraron 23 días (53,5%) con calidad del aire “Moderada” y 20 días (46,5%) “Buena”. Entre enero y diciembre de 2013 se han registrado 289 días (84,8%) con calidad del aire “Moderada”, 10 días (3%) “Dañina para grupos sensibles” y 40 días (12,2%) “Buena”.

Figura 8-19. Índice de calidad del aire para PM2.5 en estaciones suburbanas.

Suburbana (ITA-CONC)



Suburbana (MED-POBL)



Suburbana (CAL-LASA)

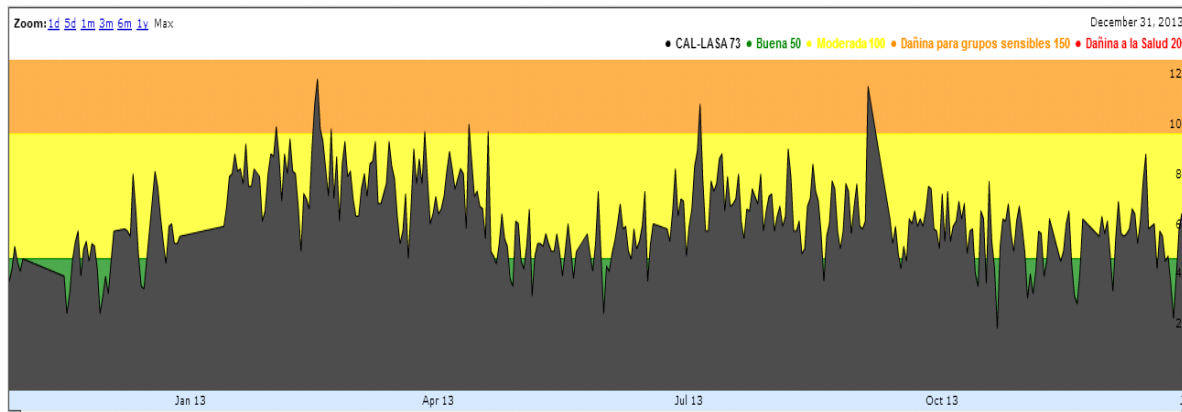


Figura 8-20 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM2.5 en la estación suburbana ITA-CONC



Figura 8-21 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM2.5 en la estación suburbana MED-POBL

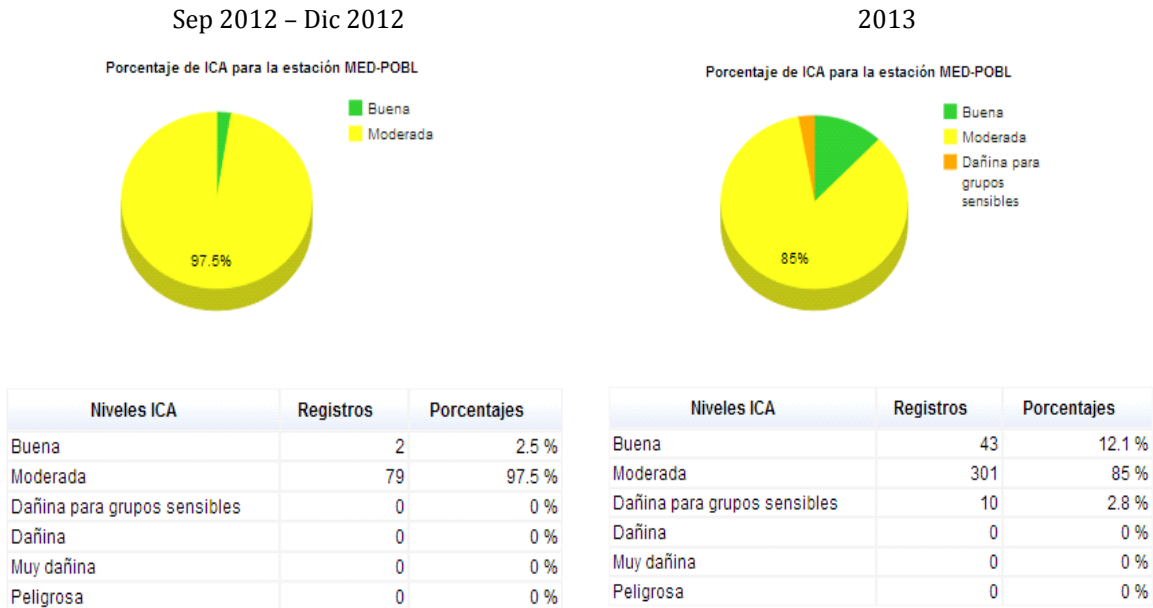
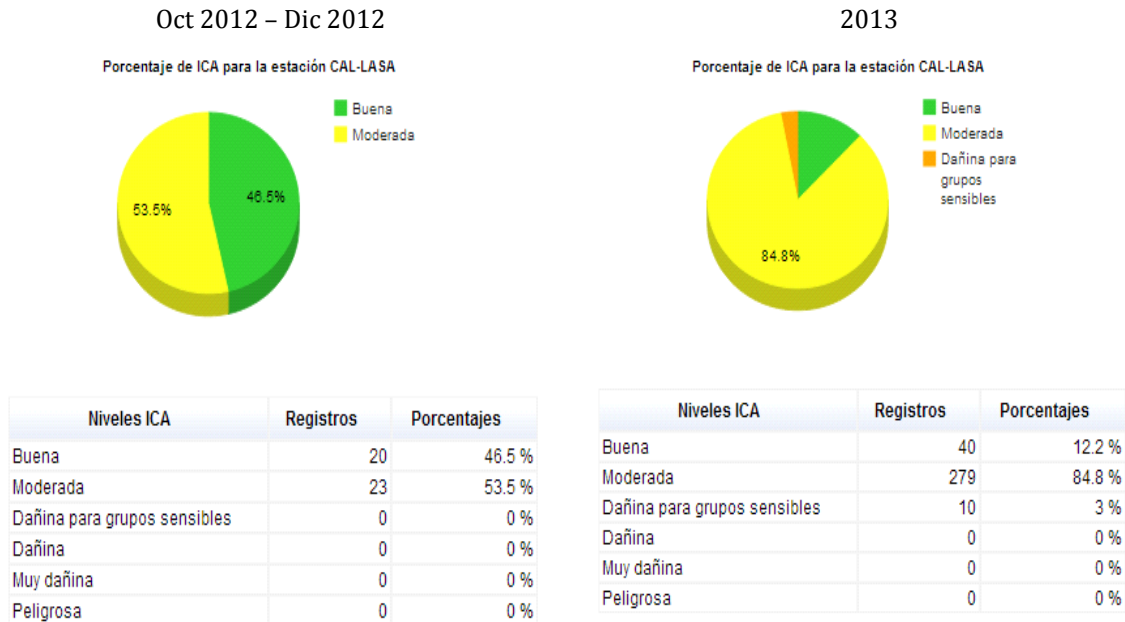


Figura 8-22 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM2.5 en la estación suburbana CAL-LASA

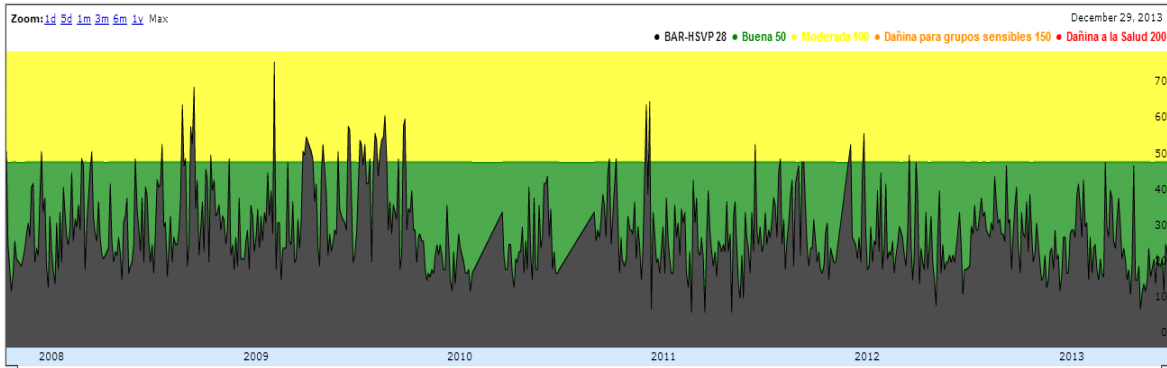


En la Figura 8-23 se aprecia el comportamiento de las concentraciones de material particulado PM10 en las estaciones de fondo (Barbosa y Copacabana), el cual ha sido muy homogéneo, reportando una calidad del aire “Buena” sobre el 80% del total de los días monitoreados en el año, para el período 2008-2012. Durante el 2012, en la estación BAR-HSVP, el 96,4% de los días monitoreados (106 días) reportaron una calidad del aire “Buena” por PM10 y el 3,6% (4 días) calidad del aire “Moderada”. Entre enero y diciembre de 2013 se ha registrado una calidad del aire “Buena”, durante los 118 días monitoreados.

Durante el 2012, en la estación COP-HSM, el 92% de los días monitoreados (103 días) reportaron una calidad del aire “Buena” por PM10 y el 8% (9 días) calidad del aire “Moderada”. Entre enero y diciembre de 2013 se han registrado 6 días (5,1%) con calidad del aire “Moderada” y 11 días (94,9%) “Buena”.

Figura 8-23. Índice de calidad del aire para PM10 en estaciones de fondo.

Fondo (BAR-HSVP)



Fondo (COP-HSMA)

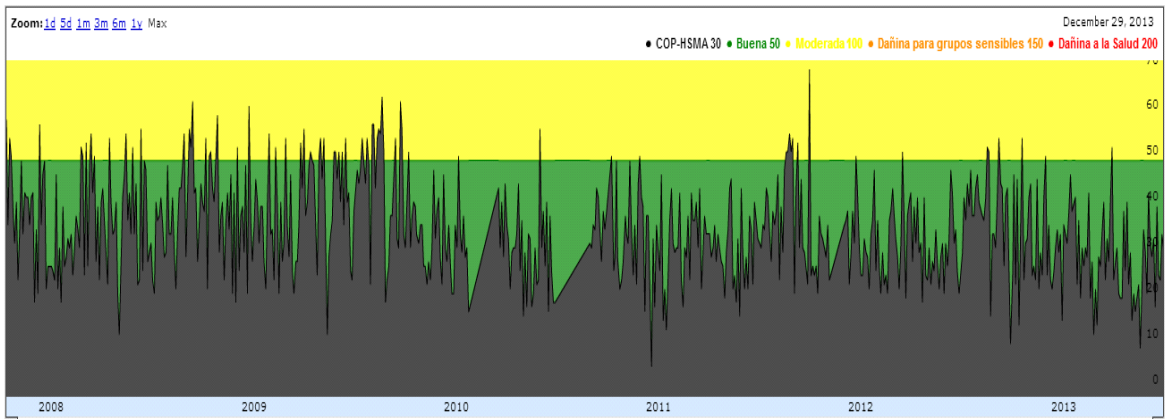
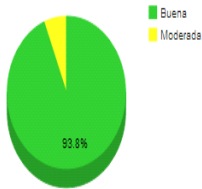


Figura 8-24 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM10 en la estación de fondo BAR-HSVP
 HSVP
 2009

Abr 2008 – Dic 2008

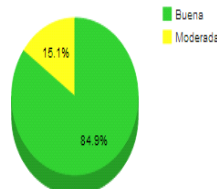
Porcentaje de ICA para la estación BAR-HSVP



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	76	93.8 %
Moderada	5	6.2 %
Dañina para grupos sensibles	0	0 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

2009

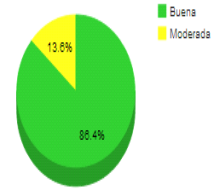
Porcentaje de ICA para la estación BAR-HSVP



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	101	84.9 %
Moderada	18	15.1 %
Dañina para grupos sensibles	0	0 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

2010

Porcentaje de ICA para la estación BAR-HSVP



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	89	86.4 %
Moderada	14	13.6 %
Dañina para grupos sensibles	0	0 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

2011

Porcentaje de ICA para la estación BAR-HSVP



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	94	94.9 %
Moderada	5	5.1 %
Dañina para grupos sensibles	0	0 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

2012

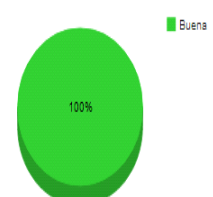
Porcentaje de ICA para la estación BAR-HSVP



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	106	96.4 %
Moderada	4	3.6 %
Dañina para grupos sensibles	0	0 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

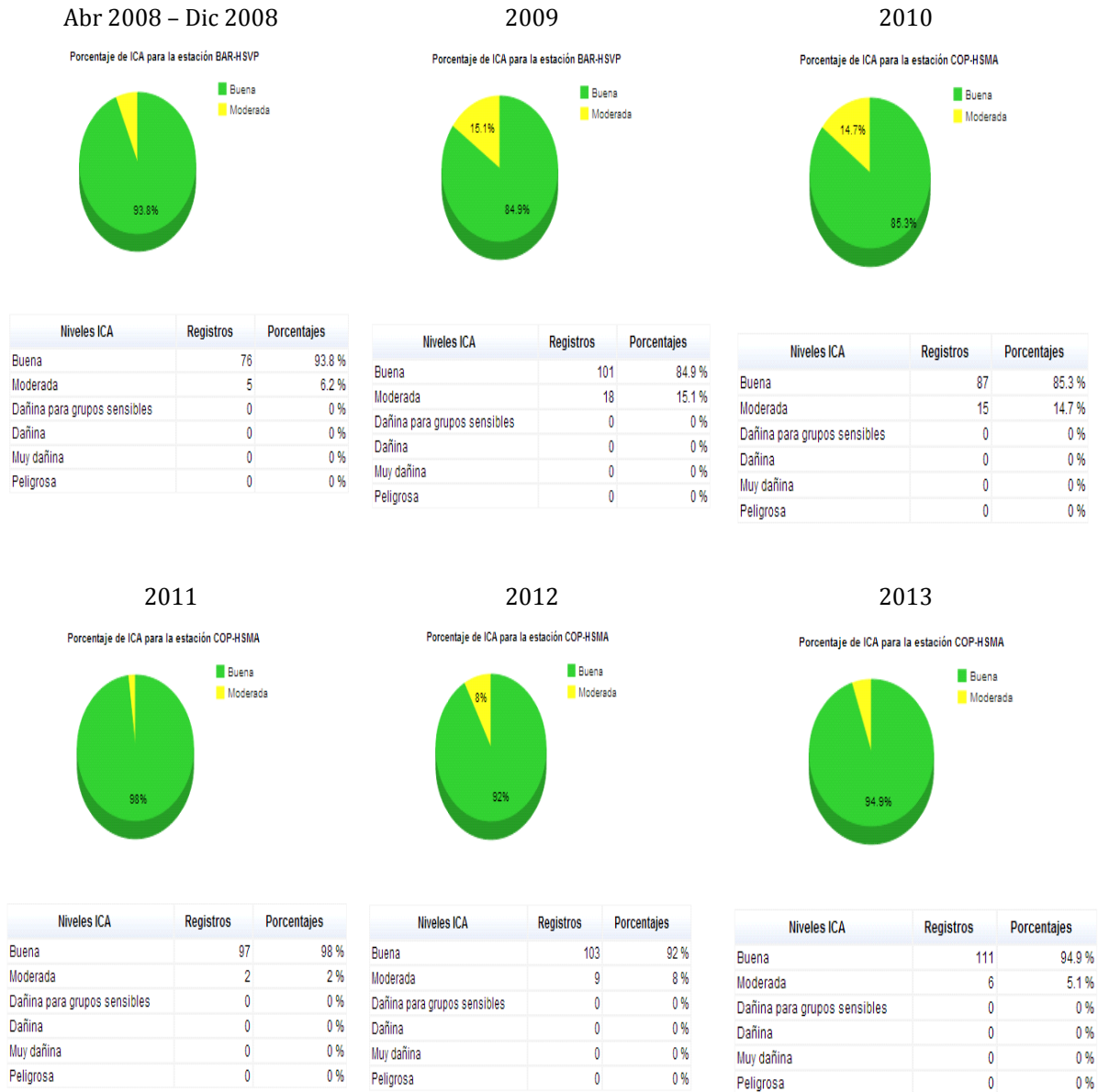
2013

Porcentaje de ICA para la estación BAR-HSVP



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	118	100 %
Moderada	0	0 %
Dañina para grupos sensibles	0	0 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

Figura 8-25 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM10 en la estación de fondo COP-HSMA



En las estaciones urbanas la calidad del aire por PM10 se ha mantenido en las categorías de “Buena” y “Moderada” como se aprecia en la Figura 8-26. La estación Girardota presenta el mayor porcentaje de días con calidad del aire “Buena” con más del 80% de los días monitoreados en el año. Cabe destacar la disminución de los días en categoría “Moderada” en ITA-PTAR en comparación con los registros de 2008 y 2009.

En el 2012, la estación GIR-IECO registró 262 días (91,6%) con calidad atmosférica “Buena” y 24 días (8,4%) “Moderada”. En ITA-PTAR, se registraron 103 días (95,4%) con calidad del aire “Buena” y 5 días (4,6%) “Moderada”. En las estaciones ITA-CRSV y CAL-PMER (Equipo automático) predominó la calidad del aire “Moderada”. En la primera se registraron 163 días (69,4%) con “Moderada” y 72 días (30,6%) “Buena” y en la segunda, 230 días (74%) “Moderada” y 81 días (26%) “Buena”.

Entre enero y diciembre de 2013, la estación GIR-IECO ha registrado 227 días (87,3%) con calidad del aire “Buena” y 33 días (12,7%) “Moderada”. En ITA-PTAR, 97 días (97%) la calidad del aire ha sido “Buena” y 3 días (3%) “Moderada”. En ITA-CRSV se han registrado 213 días (64,7%) con calidad atmosférica “Moderada” y 116 días (35,3%) “Buena”. En CAL-PMER, 183 días (57%) han reportado calidad del aire “Moderada” y 138 días (48%) “Buena”.

La calidad del aire por PM10 en las estaciones de tendencia presenta un comportamiento similar al registrado en las estaciones urbanas, en las que predominan las categorías “Buena” y “Moderada”, tal como se aprecia en la Figura 8-31. En Aguinaga se observa que los días con calidad del aire “Moderada”, vienen disminuyendo en los últimos años. Durante 58 días del 2008, que representan el 76,3% del total de días monitoreados, se reportaron concentraciones con calidad del aire “Moderada”, mientras que en el 2011, fueron 19 días, que corresponden al 19%. Las mediciones de PM10 en la estación Aguinaga culminaron en diciembre de 2012.

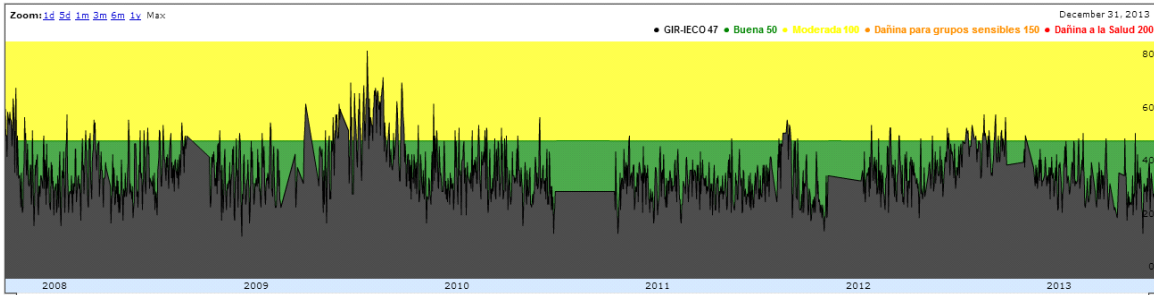
En el 2012, la estación MED-AGUI registró 86 días (78,2%) con calidad del aire “Buena” y 24 días (21,8%) “Moderada”. En MED-EXSA se registraron 190 días (58,1%) con calidad atmosférica “Buena” y 137 días (41,9%) “Moderada”. En MED-CORA se registraron 98 días

(88,3%) con calidad atmosférica “Buena” y 13 días (11,7%) “Moderada”. En SAB-CAM se registraron 79 días (76,7%) con calidad atmosférica “Buena” y 24 días (23,3%) “Moderada”.

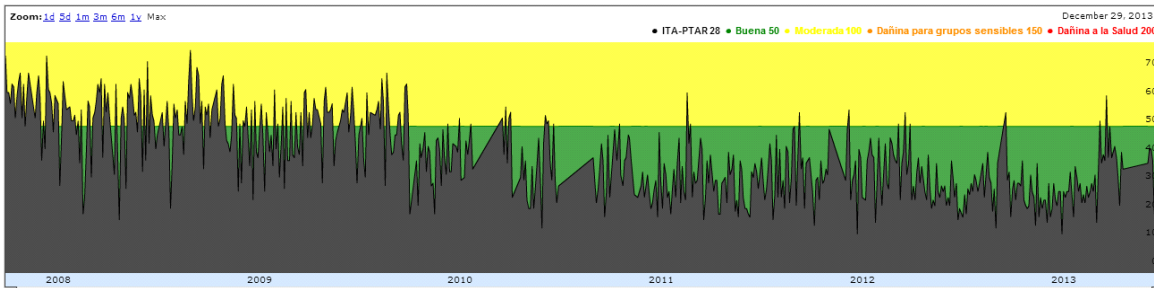
Entre enero y diciembre de 2013, la estación MED-EXSA ha registrado 174 días (53,5%) con calidad del aire “Moderada” y 151 días (46,5%) “Buena”. En MED-CORA, durante 112 días (94,1%) de monitoreo la calidad del aire fue “Buena” y 7 días (5,9%) “Moderada”. En SAB-CAM se han registrado 112 días (95,7%) con calidad atmosférica “Buena” y 5 días (4,3%) “Moderada”.

Figura 8-26. Índice de calidad del aire para PM10 en estaciones urbanas.

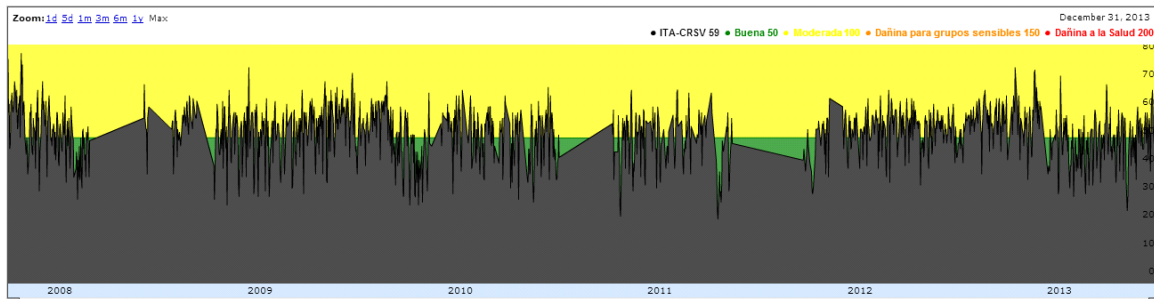
Urbana (GIR-IECO)



Urbana (ITA-PTAR)



Urbana (ITA-CRSV)



Urbana (CAL-PMER) PM10 automático

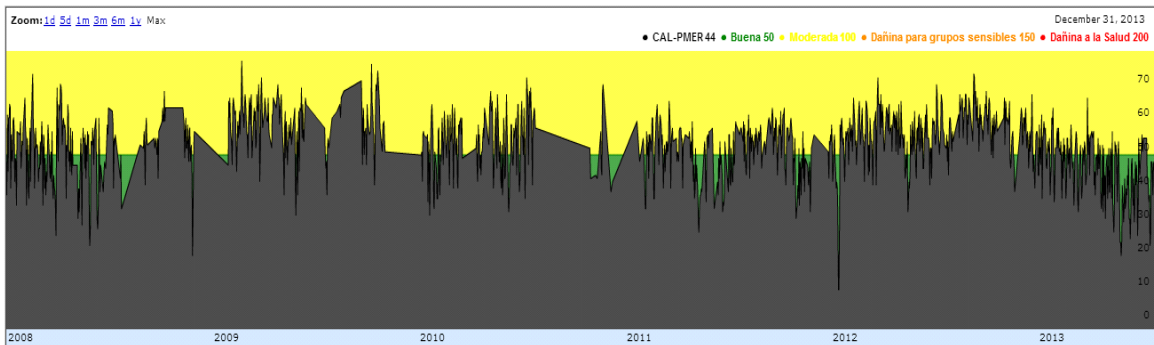


Figura 8-27 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM10 en la estación de urbana GIR-IECO



Figura 8-28 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM10 en la estación de urbana ITA-PTAR

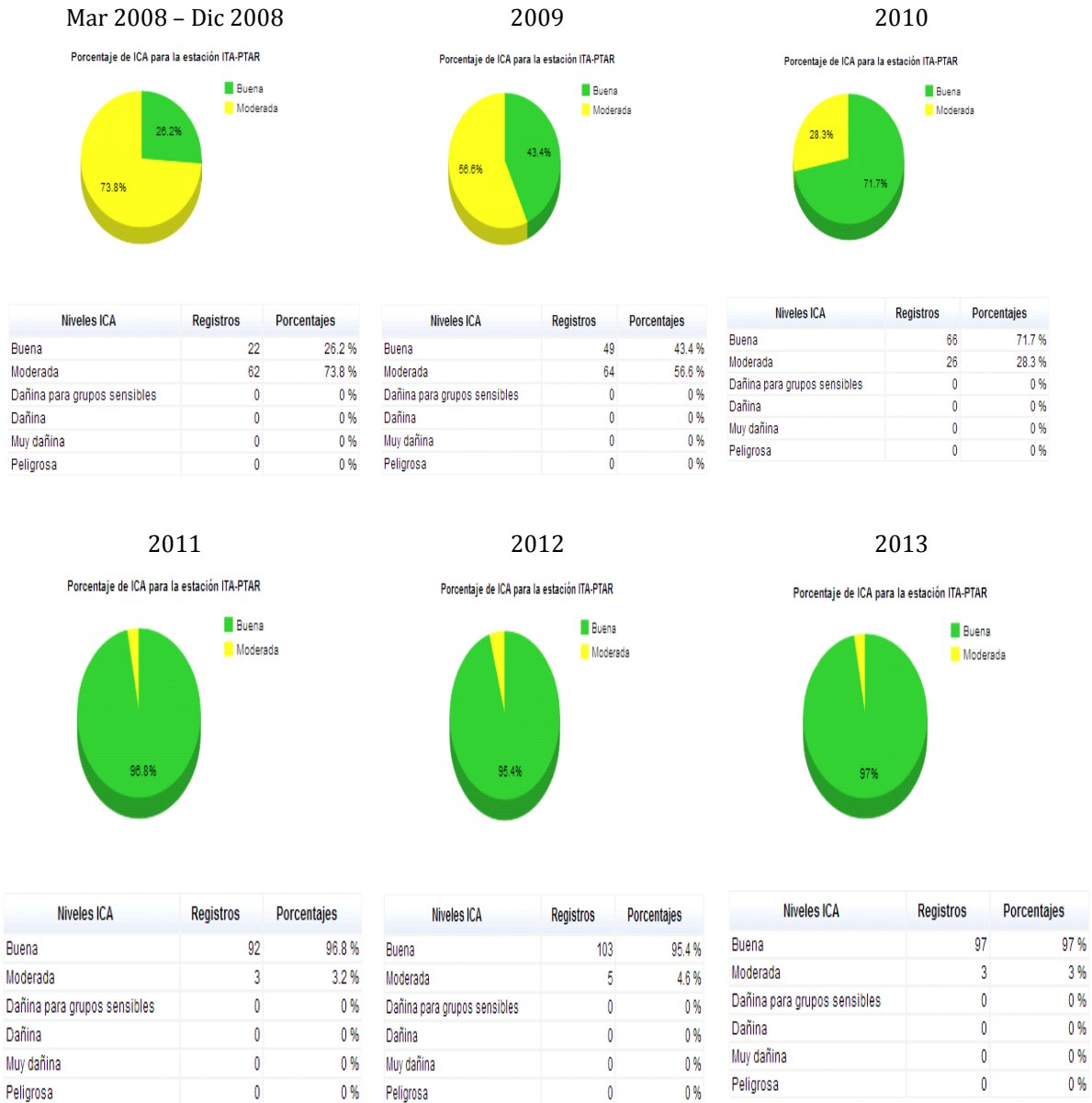


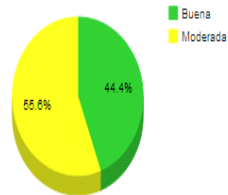
Figura 8-29 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM10 en la estación de urbana ITA-CRSV



Figura 8-30 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM10 automático en la estación de urbana CAL-PMER

Jun 2008 – Dic 2008

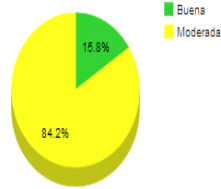
Porcentaje de ICA para la estación CAL-PMER



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	75	44.4 %
Moderada	94	55.6 %
Dañina para grupos sensibles	0	0 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

2009

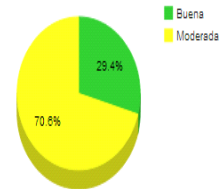
Porcentaje de ICA para la estación CAL-PMER



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	26	15.8 %
Moderada	139	84.2 %
Dañina para grupos sensibles	0	0 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

2010

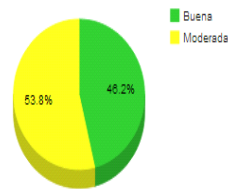
Porcentaje de ICA para la estación CAL-PMER



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	57	29.4 %
Moderada	137	70.6 %
Dañina para grupos sensibles	0	0 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

2011

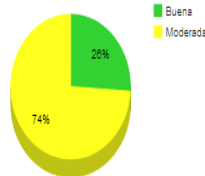
Porcentaje de ICA para la estación CAL-PMER



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	66	46.2 %
Moderada	77	53.8 %
Dañina para grupos sensibles	0	0 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

2012

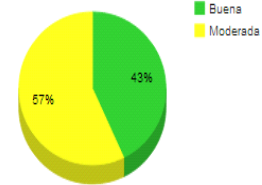
Porcentaje de ICA para la estación CAL-PMER



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	81	26 %
Moderada	230	74 %
Dañina para grupos sensibles	0	0 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

2013

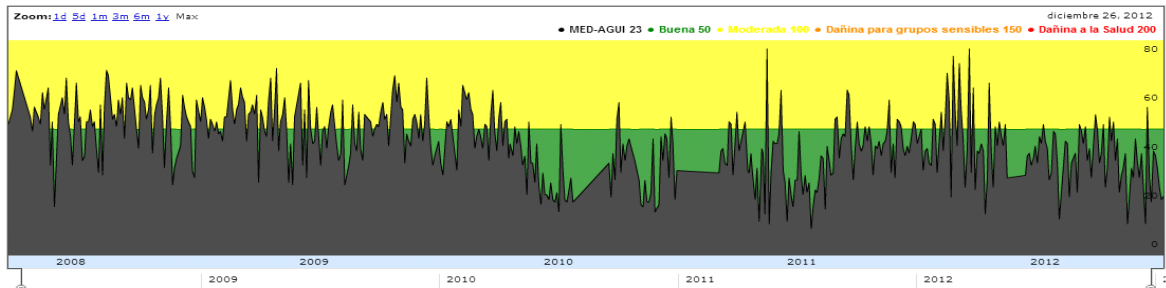
Porcentaje de ICA para la estación CAL-PMER



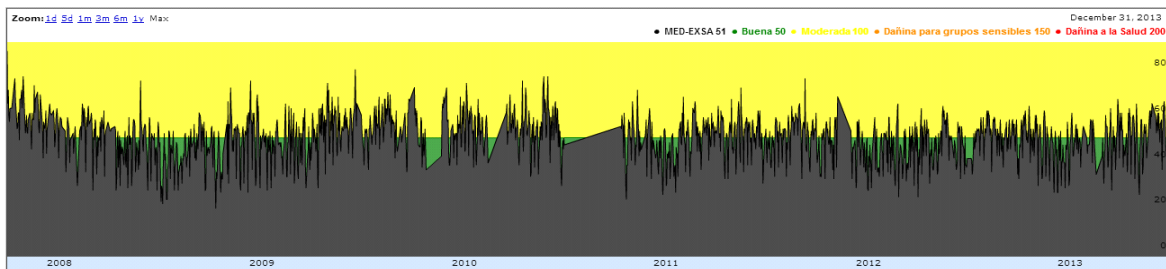
Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	138	43 %
Moderada	183	57 %
Dañina para grupos sensibles	0	0 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

Figura 8-31. Índice de calidad del aire para PM10 en estaciones de tendencia.

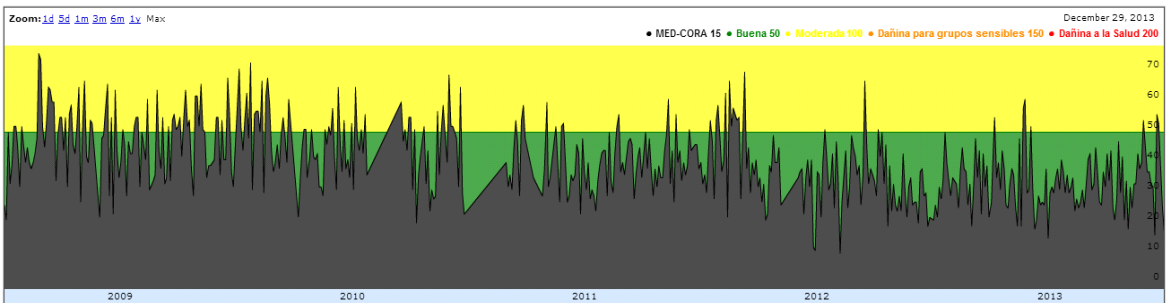
Tendencia mesoescala (MED-AGUI)



Tendencia mesoescala (MED-EXSA)



Tendencia mesoescala (MED-CORA)



Tendencia mesoescala (SAB-CAM)

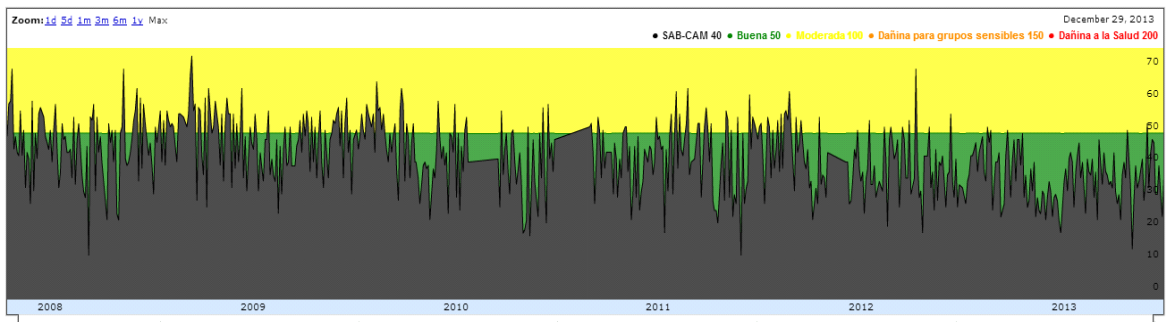


Figura 8-32 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM10 en la estación de tendencia MED-AGUI

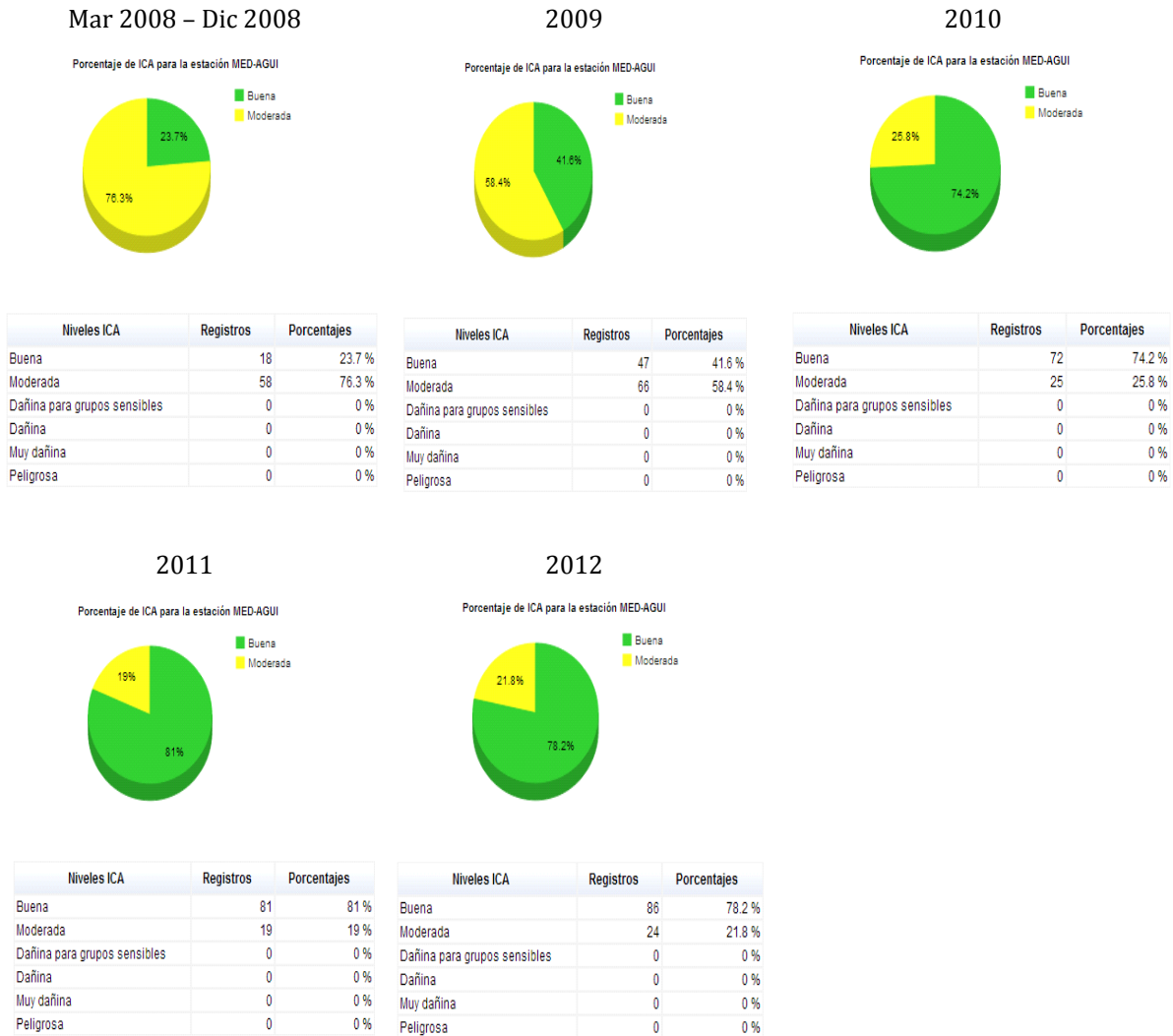


Figura 8-33 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM10 en la estación de tendencia MED-EXSA

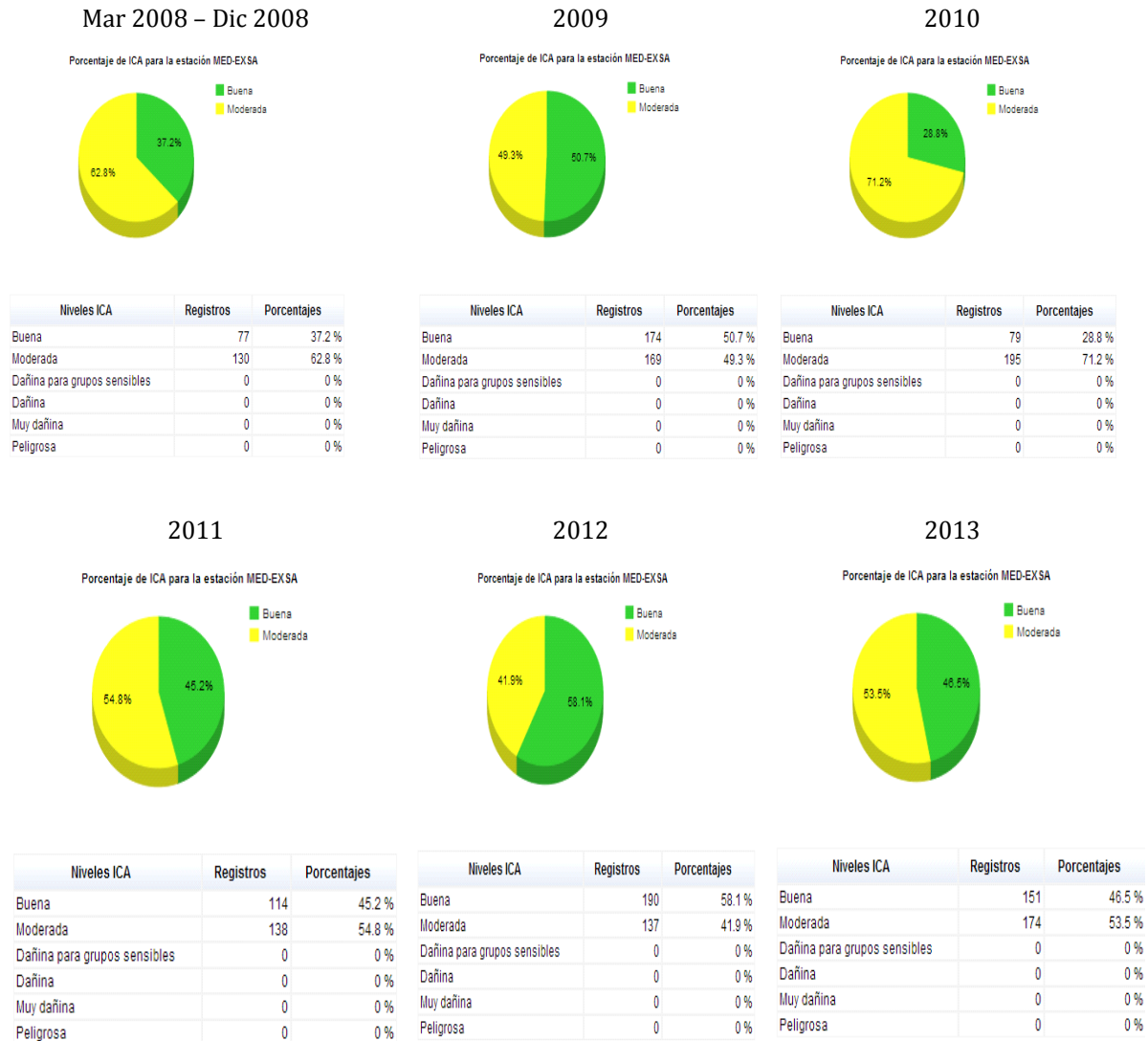


Figura 8-34 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM10 en la estación de tendencia MED-CORA

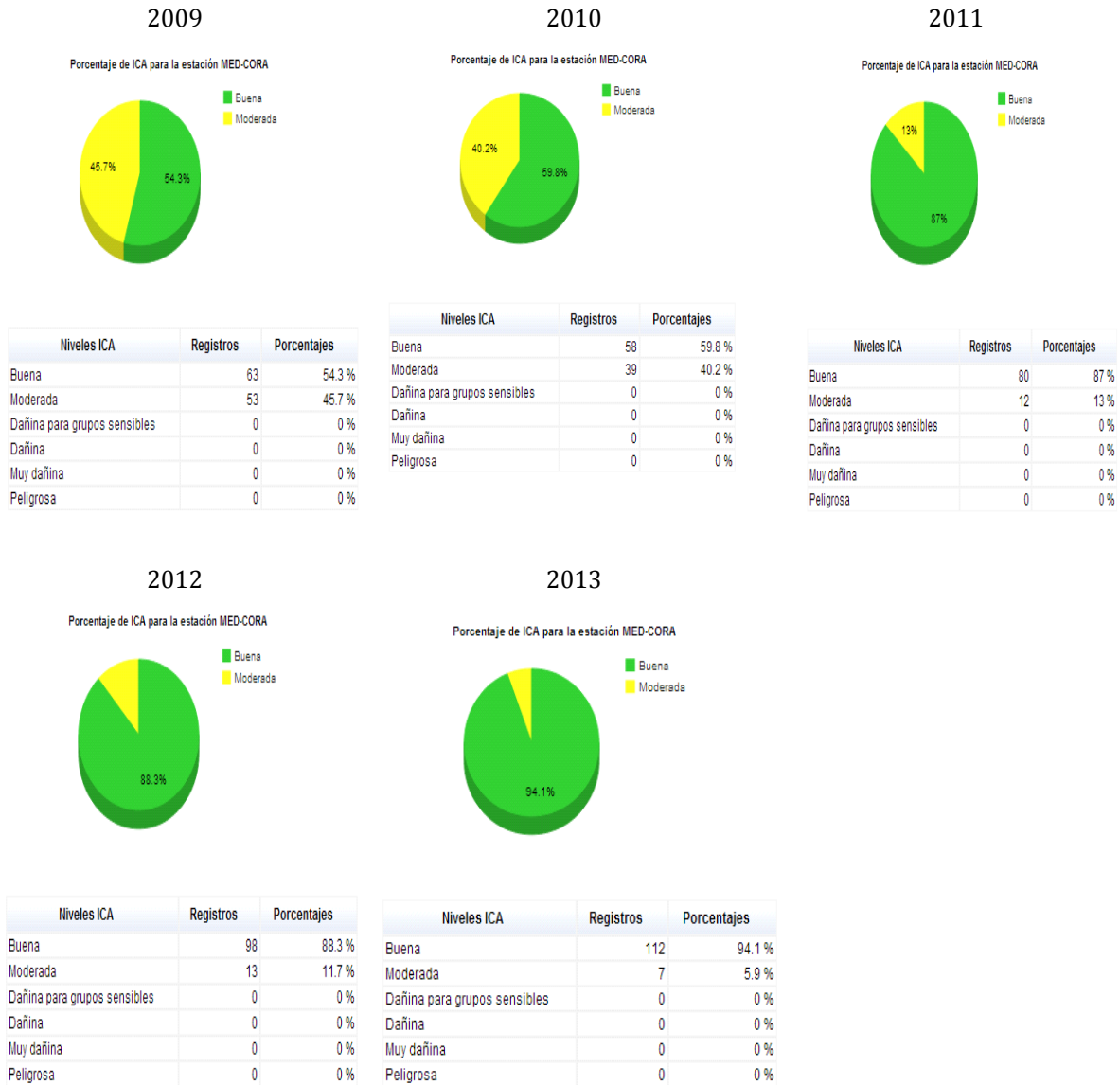
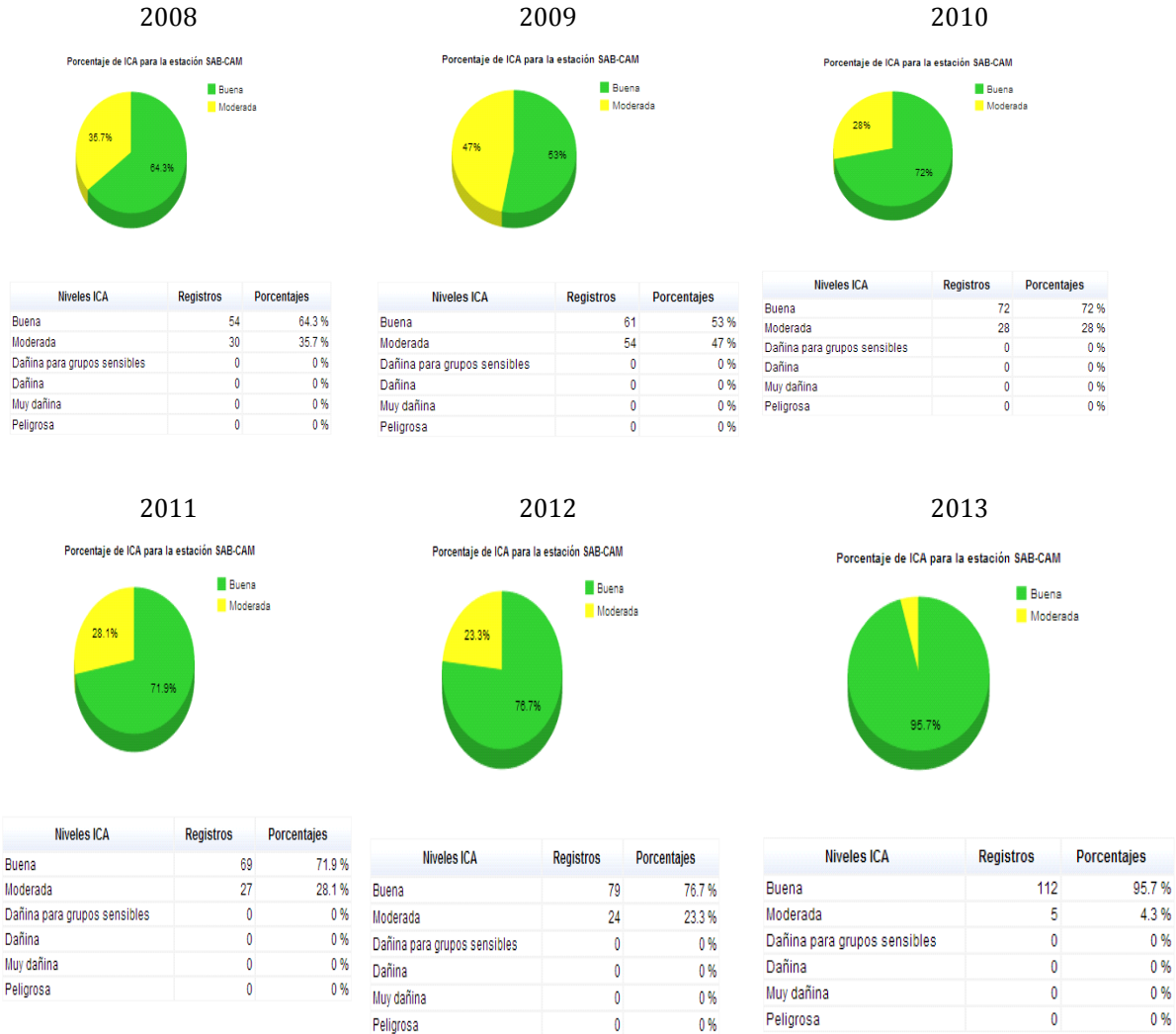


Figura 8-35 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM10 en la estación de tendencia SAB-CAM

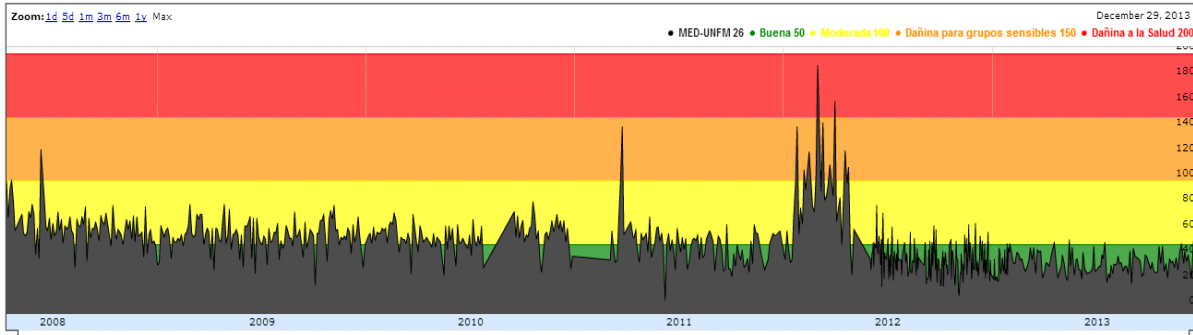


En las estaciones para el seguimiento del impacto del tráfico rodado, la calidad del aire por PM10 ha alcanzado la categoría de “Dañina a la salud”, situación que estuvo asociada a la ampliación de la vía al mar en cercanías de la estación Facultad de Minas, lo que generó niveles del ICA por encima 100 entre enero y abril de 2012, tal como se aprecia en la Figura 8-36. En este período durante 8 días se reportaron concentraciones con una calidad del aire “Dañina para grupos sensibles” y 2 días “Dañina a la salud”.

En el 2012, la estación MED-UNFM registró 149 días (71%) con calidad atmosférica “Buena”, 51 días (24,3%) “Moderada”, 8 días (3,8%) “Dañina para grupos sensibles” y 2 días (1%) “Dañina a la salud”. En MED-PJIC se registraron 67 días (65%) con calidad del aire “Buena” y 36 días (35%) “Moderada”.

Entre enero y diciembre de 2013, la estación MED-UNFM ha registrado 7 días (5%) con calidad del aire “Moderada” y 132 días (95%) “Buena”. En MED-PJIC se han registrado 94 días (79%) con calidad atmosférica “Buena” y 25 días (21%) “Moderada”. En ambas estaciones se reportan los resultados de los equipos manuales, los cuales disponen de un mayor número de días monitoreados en comparación con los equipos automáticos.

Figura 8-36. Índice de calidad del aire para PM10 en estaciones de tráfico.
Tráfico urbano (MED-UNFM) PM10 manual



Tráfico urbano (MED-PJIC) PM10 manual

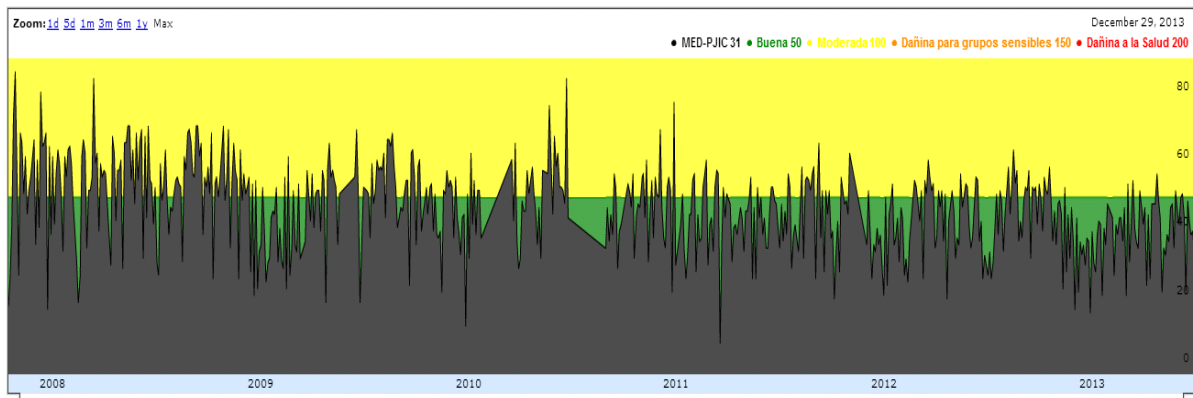


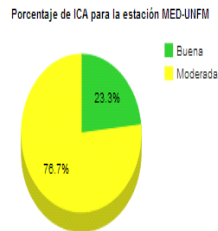
Figura 8-37 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM10 manual en la estación de tráfico MED-UNFM

Abr 2008 – Dic 2008



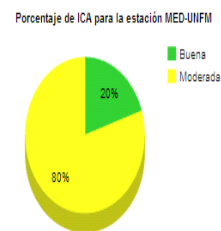
Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	94	95.9 %
Moderada	4	4.1 %
Dañina para grupos sensibles	0	0 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

2009



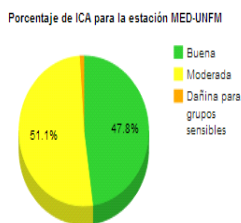
Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	28	23.3 %
Moderada	92	76.7 %
Dañina para grupos sensibles	0	0 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

2010



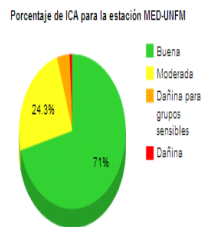
Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	20	20 %
Moderada	80	80 %
Dañina para grupos sensibles	0	0 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

2011



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	44	47.8 %
Moderada	47	51.1 %
Dañina para grupos sensibles	1	1.1 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

2012



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	149	71 %
Moderada	51	24.3 %
Dañina para grupos sensibles	8	3.8 %
Dañina	2	1 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

2013

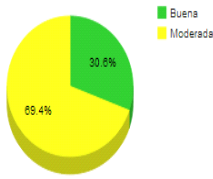


Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	132	95 %
Moderada	7	5 %
Dañina para grupos sensibles	0	0 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

Figura 8-38 Porcentaje del índice de calidad del aire para PM10 manual en la estación de tráfico MED-PJIC

Abr 2008 – Dic 2008

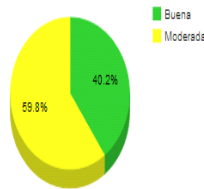
Porcentaje de ICA para la estación MED-PJIC



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	26	30.6 %
Moderada	59	69.4 %
Dañina para grupos sensibles	0	0 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

2009

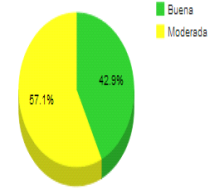
Porcentaje de ICA para la estación MED-PJIC



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	45	40.2 %
Moderada	67	59.8 %
Dañina para grupos sensibles	0	0 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

2010

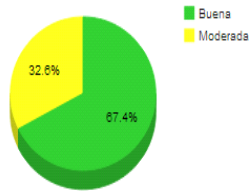
Porcentaje de ICA para la estación MED-PJIC



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	42	42.9 %
Moderada	56	57.1 %
Dañina para grupos sensibles	0	0 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

2011

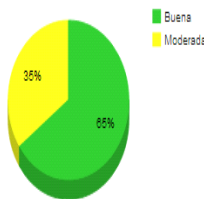
Porcentaje de ICA para la estación MED-PJIC



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	64	67.4 %
Moderada	31	32.6 %
Dañina para grupos sensibles	0	0 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

2012

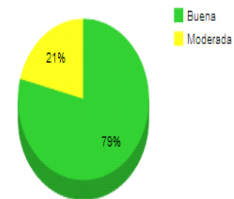
Porcentaje de ICA para la estación MED-PJIC



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	67	65 %
Moderada	36	35 %
Dañina para grupos sensibles	0	0 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

2013

Porcentaje de ICA para la estación MED-PJIC



Niveles ICA	Registros	Porcentajes
Buena	94	79 %
Moderada	25	21 %
Dañina para grupos sensibles	0	0 %
Dañina	0	0 %
Muy dañina	0	0 %
Peligrosa	0	0 %

9 CONCLUSIONES

El análisis de la información de calidad del aire se realiza a partir de la evaluación de los indicadores de cumplimiento de la norma colombiana que establece niveles máximos permisibles de inmisión para contaminantes criterio y la evaluación del Índice de Calidad del Aire (ICA), también definido por la norma nacional.

Los indicadores de cumplimiento de la norma colombiana muestran que en el mes de diciembre de 2013, el material particulado PST, el PM_{2.5}, el dióxido de nitrógeno (NO₂) y el monóxido de carbono (CO) se mantuvieron por debajo de los niveles establecidos para la protección de la salud de la población, no obstante, la norma de ozono y PM₁₀ fue superada. El incumplimiento del PM₁₀ se presentó en la estación MED-VIHE. En 7 de las 8 estaciones en que se monitorea el ozono, se incumplió la norma horaria y la norma octohoraria fue excedida en 5 de las 8 estaciones, los valores máximos fueron registrados en las estaciones suburbanas.

Las partículas suspendidas totales (PST), monitoreadas en una estación urbana (ITA-CRSV), en el período 2013, registraron una concentración máxima de 132 µg/m³ reportada en el mes de mayo, la cual no sobrepasa la norma para exposición diaria de 300 µg/m³, definida en la Resolución 610 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Las partículas menores a 10 micrómetros (PM₁₀), monitoreadas en 15 sitios del valle de Aburrá en el período 2013, registraron las mayores concentraciones diarias en la estación de tráfico (MED-PJIC) con una concentración máxima de 104 µg/m³ y la estación urbana ITA-CRSV con esta misma concentración, los cuales sobrepasa la norma nacional de 100 µg/m³ para períodos de exposición de 24 horas.

Los mayores niveles de partículas menores a 2.5 micrómetros (PM_{2.5}) en el período 2013, se registraron en las estaciones de tráfico (MED-UNFM) y (MED-PJIC), las estaciones urbanas (MED-MANT) y (ITA-CJUS), la estación de fondo urbano (MED-UNNV) y la estación suburbana (CAL-LASA) con concentraciones de 65 µg/m³, 61 µg/m³, 55 µg/m³, 51 µg/m³, 73 µg/m³ y 51 µg/m³ respectivamente, superiores al estándar nacional de 50 µg/m³ para períodos de exposición de 24 horas. Este valor fue reportado al operador de la red quien no encontró observaciones en los metadatos.

El dióxido de nitrógeno presentó concentraciones bajas en el período 2013, en comparación con la norma colombiana de calidad del aire. En la estación de tráfico Universidad Nacional Facultad de Minas, se registró la máxima concentración horaria y diaria con valores de 190 µg/m³ y 83 µg/m³ respectivamente, valores inferiores al límite permisible de 200 µg/m³ y 150 µg/m³ respectivamente. Cabe anotar que este compuesto actúa como precursor en la formación de PM_{2.5} y ozono troposférico, identificados como contaminantes críticos en el Plan de Descontaminación del Aire del Valle de Aburrá.

En relación al monóxido de carbono en el período 2013, la máxima concentración horaria fue de 8,8 ppm reportada en el mes de marzo y la máxima octohoraria de 5,4 ppm reportada en el mes de septiembre, ambas registradas en la estación urbana MED-MANT. Los niveles de CO son inferiores a la norma colombiana de 35 ppm y 8,8 ppm respectivamente.

El ozono troposférico en el período 2013, sobrepasó los niveles máximos permisibles establecidos en la norma colombiana de calidad del aire (120 µg/m³ para exposición horaria y 80 µg/m³ para exposición octohoraria), en 8 de las 8 estaciones donde es monitoreado este contaminante.

En período 2013 se registraron excedencias horarias en 8 de 8 estaciones en las que se monitoreó este contaminante: 264 excedencias en Concejo de Itagüí, 124 en la Corporación Universitaria Lasallista, 172 en la Universidad de Medellín, 318 en Poblado Los Balsos, 51 en la Universidad San Buenaventura, 24 en Universidad Nacional Núcleo el Volador, 123 en Villa Hermosa y 10 en el Parque de las Aguas.

También se registraron excedencias de la norma octohorarias en las 8 estaciones en este período: 721 en la estación Concejo de Itagüí, 512 en Corporación Universitaria Lasallista, 309 en la Universidad de Medellín, 629 en Poblado Los Balsos, 106 en la Universidad San Buenaventura, 224 en Villa Hermosa, 14 en Universidad Nacional Núcleo el Volador y 66 en el Parque de las Aguas.

La evaluación del Índice de Calidad del Aire (ICA) en el período 2013, muestra que en las estaciones donde se monitorea el PM_{2.5}, este contaminante actúa como máximo operador al reportar los mayores niveles del ICA y por lo tanto es el que determina la calidad del aire. Esta condición se presenta en dos estaciones urbanas (MED-MANT, ITA-CJUS), 3 suburbanas (ITA-CONC, MED-POBL, CAL-LASA), dos de tráfico (MED-PJIC, MED-UNFM) y una estación de fondo urbano (MED-UNNV), en las cuales la calidad atmosférica que predomina es la “Moderada”.

En las demás estaciones de monitoreo, el PM₁₀ es el contaminante que determina la calidad del aire en el período 2013. En cuatro estaciones urbanas (ITA-CRSV, CAL-PMER, ITA-PTAR-GIR-IECO), tres estaciones de tendencia (MED-EXSA, MED-CORA, SAB-CAM), dos estaciones de fondo (BAR-HSV, COP-HSMA), una estación de fondo urbano (BEL-USBV) y dos estaciones suburbanas (EST-CAM, MED-VIHE), predomina la calidad del aire “Buena” por PM₁₀.

En las estaciones en las que únicamente se monitorea ozono (BAR-PAGU, MED-UDEM) la calidad del aire se mantiene en la categoría de “Buena” en el período 2013. En las estaciones que se monitorea dióxido de nitrógeno, las concentraciones no alcanzan los puntos de corte del ICA.

El monóxido de carbono reporta una calidad del aire “Buena” en el período 2013, en las estaciones donde es monitoreado: la estación urbana MED-MANT, la estación suburbana ITA-CONC y la estación suburbana MED-POBL.

Se evidencia una problemática asociada al PM_{2.5}, debido a que en los diferentes entornos del Valle de Aburrá donde es monitoreado, es el contaminante que registra los mayores valores del ICA, alcanzando la categoría de “Dañina para grupos sencibles”. Esto se debe a que hay un mayor tiempo de exposición (períodos de 24 horas) de la población a niveles que pueden representar un riesgo a la salud para las personas más vulnerables, en comparación con otros

contaminantes como el ozono, donde la exposición ocurre en períodos cortos de tiempo (1 hora y 8 horas) y las concentraciones registradas no alcanzan a superar el umbral en el que se han identificado efectos a la salud a causa de este contaminante, según el Índice de Calidad del Aire.

10 BIBLIOGRAFÍA

- AMVA. (2011). Acuerdo Metropolitano No 8 25 de marzo de 2011. Medellín.
- AMVA-CEAM-UPB. (2010). *Optimización de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire en el Valle de Aburrá*. Medellín.
- AMVA-UNAL. (2011). *Procedimiento para la Validación y Verificación de Datos de Calidad del Aire*. Medellín.
- AMVA-UPB. (2010). *Administración del Sistema de Información Metropolitano de la Calidad del Aire, SIMECA. Contrato No 399 de 2010*. Medellín.
- AMVA-UPB. (2010). *Lineamientos Técnicos para el Plan de Descontaminación del Aire en la Región Metropolitana del Valle de Aburrá. Convenio 543 de 2008. Acta ejecutoria 3*. Medellín.
- AMVA-UPB. (2011). *Optimización del Inventario de Emisiones Atmosféricas*. Medellín.
- IDEAM. (2005). *Protocolo para la Vigilancia y Seguimiento del Módulo Aire del Sistema de Información Ambiental*. Bogotá.
- IDEAM. (2010). *Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire. Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire*. Bogotá.
- MAVDT. (2010). Resolución 610 de 2010. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá.
- OMS. (2005). *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre*.