INECC
INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

SEMARNAT
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

INFORME NACIONAL DE CALIDAD DEL AIRE 2017, MÉXICO

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

COORDINACIÓN GENERAL DE CONTAMINACIÓN Y SALUD AMBIENTAL

2018

Blvd. Adolfo Ruiz Cortines 4209, Col. Jardines en la Montaña, Del. Tlalpan, Ciudad de México. C.P. 14210, tel. +52 (55) 5424 6400.
Fax +52 (55) 54245404 www.gob.mx/inecc

Diseño y formación

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).
Fotografía de portada: Panorámica de la Ciudad de Guadalajara. Tomada de
https://www.google.com.mx

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
Av. Ejército Nacional 223. Col. Anáhuac.
C.P. 11320. Delegación Miguel Hidalgo, Ciudad de México.
http://www.gob.mx/semarnat

D.R.© Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).
Blvd. Adolfo Ruiz Cortines 4209, Col. Jardines en la Montaña,
Del. Tlalpan, C.P. 14210.Ciudad de México.
http://www.gob.mx/inecc

Citar este documento como:

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). *Informe Nacional de Calidad del Aire 2017, México*. Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental, Dirección de Investigación de Calidad del Aire y Contaminantes Climáticos. Ciudad de México. Diciembre 2018.

INFORME NACIONAL DE CALIDAD DEL AIRE 2017, MÉXICO

DIRECTORIO

Dra. María Amparo Martínez Arroyo
Directora General del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

Dr. J. Víctor Hugo Páramo Figueroa
Coordinador General de Contaminación y Salud Ambiental

ELABORACIÓN

Biól. Rodolfo Iniestra Gómez
Encargado de despacho de la Dirección de Investigación de Calidad del Aire y Contaminantes Climáticos

Act. María Guadalupe Tzintzun Cervantes
Jefa del Departamento de Análisis de Información

M en C. José Andrés Aguilar Gómez
Subdirector de Movilidad Sustentable

Ing. Laura Elizabeth Ramos Casillas
Jefa del Departamento de Caracterización de Fuentes Móviles

M. en G. Josefina Gabriel Morales
Jefa del Departamento de Modelación Ambiental y Salud

APOYO Y COLABORACIÓN TÉCNICA

Act. Cristina Ortuño Mojica
Consultora

Contenido

CONTENIDO II
SIGLAS Y ACRÓNIMOS VII
AGRADECIMIENTOS IX
RESUMEN EJECUTIVO X
1. INTRODUCCIÓN. 1
2. ANTECEDENTES. 3
3. METODOLOGÍA PARA LA GENERACIÓN DE INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AIRE. 6
3.1 PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN DE LAS BASES DE DATOS DE CALIDAD DEL AIRE. 6
3.1.1 LIMPIEZA DE DATOS. 6
3.1.2 IDENTIFICACIÓN DE DATOS EXTREMOS Y COMPORTAMIENTOS ANÓMALOS. 7
3.1.3 VERIFICACIÓN DE LA VALIDEZ DE LOS DATOS SOSPECHOSOS. 8
3.2 CONSTRUCCIÓN DE INDICADORES. 8
3.2.1 HERRAMIENTAS Y BASES DE DATOS UTILIZADAS EN LA GENERACIÓN DE INDICADORES. 9
3.2.2 INDICADORES. 9
3.2.2.1 EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS NOM. 9
3.2.2.2 DISTRIBUCIÓN DE DÍAS CON CALIDAD DEL AIRE BUENA, REGULAR Y MALA. 12
3.2.2.3 PORCENTAJE DE DÍAS CON CONCENTRACIONES SUPERIORES A LOS LÍMITES NORMADOS VIGENTES PARA CADA CONTAMINANTE EN 2017. 13
3.2.2.4 TENDENCIAS DE LOS DATOS DIARIOS. 14
3.2.2.5 TENDENCIAS DEL PORCENTAJE DE DÍAS, POR AÑO, EN QUE SE REBASA EL LÍMITE NORMADO DE CADA CONTAMINANTE. 15
3.2.2.6 NÚMERO DE HORAS POR AÑO EN QUE SE REBASA EL LÍMITE NORMADO DE OZONO. 16
3.2.2.7 TENDENCIAS DEL NÚMERO DE DÍAS, POR AÑO, EN QUE SE REBASA EL LÍMITE NORMADO DE CUALQUIER CONTAMINANTE. 16
4. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE BAJA CALIFORNIA. 18
4.1 INFORMACIÓN GENERAL. 18
4.2 DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE. 19
4.2.1 EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE. 20
4.3 DISTRIBUCIÓN DE DÍAS CON CALIDAD DEL AIRE BUENA, REGULAR Y MALA. 23
4.4 TENDENCIA DE LOS DATOS DIARIOS 25
4.5 PORCENTAJE DE DÍAS POR AÑO EN QUE SE REBASA EL LÍMITE NORMADO DE CADA CONTAMINANTE. 32
4.6 NÚMERO DE HORAS POR AÑO EN QUE SE REBASA EL LÍMITE NORMADO DE OZONO. 35
4.7 NÚMERO DE DÍAS POR AÑO EN QUE SE REBASA EL LÍMITE NORMADO DE CUALQUIER CONTAMINANTE. 36
5. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE CHIHUAHUA. 41
5.1 INFORMACIÓN GENERAL. 41
5.2 DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE. 42
5.2.1 EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE. 43
5.3 DISTRIBUCIÓN DE DÍAS CON CALIDAD DEL AIRE BUENA, REGULAR Y MALA. 46
5.4 TENDENCIA DE LOS DATOS DIARIOS 48
5.5 PORCENTAJE DE DÍAS POR AÑO EN QUE SE REBASA EL LÍMITE NORMADO DE CADA CONTAMINANTE. 51

5.6 Número de horas por año en que se rebasa el límite normado de ozono. 53
5.7 Número de días por año en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante. 53

6. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE LA CIUDAD DE MÉXICO Y SU ZONA CONURBADA. 57
6.1 Información general. 57
6.2 Diagnóstico de la calidad del aire. 59
6.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire. 60
6.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala. 64
6.4 Tendencia de los datos diarios 66
6.5 Porcentaje de días por año en que se rebasa el límite normado de cada contaminante. 68
6.6 Número de horas por año en que se rebasa el límite normado de ozono. 69
6.7 Número de días por año en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante. 69

7. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE COAHUILA. 72
7.1 Información general. 72
7.2 Diagnóstico de la calidad del aire. 73
7.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire. 73
7.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala. 77
7.4 Tendencia de los datos diarios. 79
7.5 Porcentaje de días por año en que se rebasa el límite normado de cada contaminante. 85
7.6 Número de horas por año en que se rebasa el límite normado de ozono. 86
7.7 Número de días por año en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante. 87

8. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL ESTADO DE MÉXICO..... 90
8.1 Información general. 90
8.2 Diagnóstico de la calidad del aire. 91
8.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire. 91
8.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala. 94
8.4 Tendencia de los datos diarios. 97
8.5 Porcentaje de días por año en que se rebasa el límite normado de cada contaminante. 98
8.6 Número de horas por año en que se rebasa el límite normado de ozono. 100
8.7 Número de días por año en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante. 100

9. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE GUANAJUATO. 103
9.1 Información general. 103
9.2 Diagnóstico de la calidad del aire. 105
9.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire. 105
9.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala. 110
9.4 Tendencia de los datos diarios. 113
9.5 Porcentaje de días por año en que se rebasa el límite normado de cada contaminante. 121
9.6 Número de horas por año en que se rebasa el límite normado de ozono. 123
9.7 Número de días por año en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante. 124

10. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE HIDALGO..... 130
10.1 Información general. 130
10.2 Diagnóstico de la calidad del aire. 132
10.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire. 132
10.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala. 137
10.4 Tendencia de los datos diarios. 140
10.5 Porcentaje de días por año en que se rebasa el límite normado de cada contaminante. 152

10.6 Número de horas por año en que se rebasa el límite normado de ozono. ... 153
10.7 Número de días por año en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante. ... 154

11. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE JALISCO. ... 158
11.1 Información general. ... 158
11.2 Diagnóstico de la calidad del aire. ... 159
11.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire. ... 159
11.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala. ... 163
11.4 Tendencia de los datos diarios ... 165
11.5 Porcentaje de días por año en que se rebasa el límite normado de cada contaminante. ... 167
11.6 Número de horas por año en que se rebasa el límite normado de ozono. ... 168
11.7 Número de días por año en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante. ... 169

12. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE MORELOS. ... 172
12.1 Información general. ... 172
12.2 Diagnóstico de la calidad del aire. ... 173
12.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire. ... 174
12.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala. ... 176
12.4 Tendencia de los datos diarios. ... 178
12.5 Porcentaje de días por año en que se rebasa el límite normado de cada contaminante. ... 180
12.6 Número de horas por año en que se rebasa el límite normado de ozono. ... 181
12.7 Número de días por año en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante. ... 182

13. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE NAYARIT. ... 185
13.1 Información general. ... 185
13.2 Diagnóstico de la calidad del aire. ... 186
13.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire. ... 186
13.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala ... 188
13.4 Tendencia de los datos diarios ... 190
13.5 Porcentaje de días por año en que se rebasa el límite normado de cada contaminante. ... 192
13.6 Número de días por año en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante. ... 193

14. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE NUEVO LEÓN. ... 195
14.1 Información general. ... 195
14.2 Diagnóstico de la calidad del aire. ... 196
14.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire. ... 196
14.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala. ... 199
14.4 Tendencia de los datos diarios. ... 201
14.5 Porcentaje de días por año en que se rebasa el límite normado de cada contaminante. ... 203
14.6 Número de horas por año en que se rebasa el límite normado de ozono. ... 204
14.7 Número de días por año en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante. ... 205

15. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE OAXACA. ... 208
15.1 Información general. ... 208
15.2 Diagnóstico de la calidad del aire. ... 209
15.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire. ... 209
15.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala. ... 211
15.4 Tendencia de los datos diarios ... 213
15.5 Porcentaje de días por año en que se rebasa el límite normado de cada contaminante. ... 214
15.6 Número de días por año en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante. ... 215

16. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE PUEBLA. 217
16.1 Información general. 217
16.2 Diagnóstico de la calidad del aire. 218
16.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire. 218
16.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala. 221
16.4 Tendencia de los datos diarios 224
16.5 Porcentaje de días por año en que se rebasa el límite normado de cada contaminante. 227
16.6 Número de horas por año en que se rebasa el límite normado de ozono. 228
16.7 Número de días por año en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante. ... 229

17. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE QUERÉTARO. 232
17.1 Información general. 232
17.2 Diagnóstico de la calidad del aire. 233
17.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire. 234
17.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala. 236
17.4 Tendencia de los datos diarios. 239
17.5 Porcentaje de días por año en que se rebasa el límite normado de cada contaminante. 243
17.6 Número de horas por año en que se rebasa el límite normado de ozono. 245
17.7 Número de días por año en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante. ... 246

18. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE TABASCO. 249
18.1 Información general. 249
18.2 Diagnóstico de la calidad del aire. 250
18.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire. 251
18.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala. 253
18.4 Tendencia de los datos diarios 254
18.5 Porcentaje de días por año en que se rebasa el límite normado de cada contaminante. 255

19. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE TLAXCALA. 257
19.1 Información general. 257
19.2 Diagnóstico de la calidad del aire. 258
19.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire. 258
19.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala. 260
19.4 Número de horas por año en que se rebasa el límite normado de ozono. 262
19.5 Número de días por año en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante. ... 263

20. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE VERACRUZ. 264
20.1 Información general. 264
20.2 Diagnóstico de la calidad del aire. 265
20.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire. 265
20.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala. 267
20.4 Tendencia de los datos diarios. 270
20.5 Porcentaje de días por año en que se rebasa el límite normado de cada contaminante. 274
20.6 Número de horas por año en que se rebasa el límite normado de ozono. 275
20.7 Número de días por año en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante. ... 276

21. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE YUCATÁN. 278
21.1 Información general. 279
21.2 Diagnóstico de la calidad del aire. 280
21.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire. 280
21.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala. 281

21.4 TENDENCIA DE LOS DATOS DIARIOS 282
21.5 PORCENTAJE DE DÍAS POR AÑO EN QUE SE REBASA EL LÍMITE NORMADO DE CADA CONTAMINANTE..... 283
21.6 NÚMERO DE HORAS POR AÑO EN QUE SE REBASA EL LÍMITE NORMADO DE OZONO..... 283
21.7 NÚMERO DE DÍAS POR AÑO EN QUE SE REBASA EL LÍMITE NORMADO DE CUALQUIER CONTAMINANTE. ... 284

22. CONCLUSIONES. 285

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 292

ANEXO 1. SISTEMAS DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE, REDES DE MUESTREO/MONITOREO Y ESTACIONES DE MUESTREO/MONITOREO EXISTENTES EN MÉXICO**..... 294**

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AMM	Área Metropolitana de Monterrey
Aut	Equipo automático
CENICA	Centro Nacional de Información de Calidad del Aire
CFR	Code of Federal Regulations
CIMAV	Centro de Investigación en Materiales Avanzados
CO	Monóxido de carbono
CONAPO	Consejo Nacional de Población
DI	Datos insuficientes
DOF	Diario Oficial de la Federación
Edomex	Estado de México
FO	Fuera de operación
IND	Información no disponible
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INV	Datos invalidados
Man	Equipo manual
NAAQS	National Ambient Air Quality Standards
NOM	Norma Oficial Mexicana
NO_2	Dióxido de nitrógeno
O_3	Ozono
OMS	Organización Mundial de la Salud
PM_{10}	Partículas suspendidas con diámetros aerodinámicos menores de 10 µm
$PM_{2.5}$	Partículas suspendidas con diámetros aerodinámicos menores de 2.5 µm
ppm	Partes por millón

SCICA	Sistema de Consulta de Indicadores de Calidad del Aire
SINAICA	Sistema Nacional de Información de Calidad del Aire
SIMAEH	Sistema de Monitoreo Atmosférico del Estado de Hidalgo
SMCA	Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire
SSAOT	Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial
SO_2	Dióxido de azufre
USEPA	United States Environmental Protection Agency
ZMG	Zona Metropolitana de Guadalajara
ZMVM	Zona Metropolitana del Valle de México
ZMVT	Zona Metropolitana del Valle de Toluca
$\mu g/m^3$	Microgramos por metro cúbico

AGRADECIMIENTOS

Las dependencias que se listan a continuación proporcionaron la información generada por el monitoreo automático y/o manual que se empleó para elaborar este Informe Nacional de Calidad del Aire. Su apoyo para integrar y validar dicha información resultó de gran valor en la elaboración del presente documento.

- Secretaría de Protección al Ambiente del Gobierno del Estado de Baja California.
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología del Gobierno del Estado de Chihuahua.
- Centro de Investigación en Materiales Avanzados de Chihuahua.
- Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología del Municipio de Chihuahua.
- Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México.
- Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Coahuila.
- Dirección General de Medio Ambiente del Gobierno Municipal de Torreón.
- Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México.
- Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno del Estado de Hidalgo.
- Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial del Gobierno del Estado de Jalisco.
- Secretaría de Desarrollo Sustentable del Gobierno del Estado de Morelos.
- Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Nayarit.
- Secretaría de Desarrollo Sustentable del Gobierno del Estado de Nuevo León.
- Instituto Estatal de Ecología y Desarrollo Sustentable del Gobierno del Estado de Oaxaca.
- Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial del Gobierno de Estado de Puebla.
- Secretaría de Desarrollo Sustentable del Gobierno del Estado de Querétaro.
- Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco.
- Coordinación General de Ecología del Gobierno del Estado de Tlaxcala.
- Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Veracruz.
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Yucatán.

RESUMEN EJECUTIVO

Este informe presenta el análisis de la información disponible para el año 2017, sobre partículas suspendidas (PM_{10} y $PM_{2.5}$), ozono (O_3), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO_2) y dióxido de azufre (SO_2) en 20 Sistemas de Monitoreo de la Calidad del Aire (SMCA), distribuidos en 18 entidades federativas de nuestro país. Estas entidades son: Baja California, Chihuahua, Ciudad de México (y su zona conurbada), Coahuila, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tabasco, Tlaxcala, Veracruz y Yucatán.

Para cada zona metropolitana y ciudad cubierta por cada SMCA se evalúa el estado de la calidad del aire, a nivel de estación de monitoreo, con respecto a las normas oficiales mexicanas (NOM) en la materia y a la distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala. Así mismo, para cada ciudad se muestran las tendencias históricas de las concentraciones diarias, el porcentaje de días por año en que se rebasa el límite normado de cada contaminante, el número de horas por año en que se rebasa el límite normado de ozono y el número de días por año en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante.

La Tabla RE1 resume el estatus de cumplimiento de las NOM de calidad del aire a nivel de zona metropolitana y ciudad. Para hacer esta evaluación general se tomó como referencia la concentración más alta registrada en cada de zona metropolitana y en cada ciudad con respecto a cada contaminante de acuerdo con el dato base empleado para evaluar el cumplimiento de NOM (máximo horario, máximo de los promedios móviles de ocho horas, máximo de los promedios de 24 horas o promedio anual). Esto es, si en una estación de monitoreo no se cumple con la Norma evaluada, se considera que en la ciudad o zona metropolitana en la que se ubica la estación tampoco se cumple con la misma y el valor representativo del incumplimiento corresponde a las peores condiciones registradas en la ciudad. El análisis por estación de monitoreo se puede consultar en cada capítulo de este documento.

Entre los hallazgos más relevantes del análisis presentado en este documento destacan los siguientes:

- De los 34 SMCA existentes en el país, en este informe no se incluye información de 14 de ellos (Aguascalientes, Campeche, Chiapas, Cd. Juárez, Ojinaga, Colima, Durango, Guerrero, Michoacán, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas y Zacatecas) siendo las razones principales el no haber atendido la solicitud de información por parte del INECC,

haber tenido sus estaciones de monitoreo fuera de operación, haber entregado su información de forma tardía o haber proporcionado datos sin validar.

- En su conjunto, los 20 SMCA incluidos en este informe (Baja California, Chihuahua estatal, Chihuahua Municipal, Ciudad de México y zona conurbada, Coahuila estatal, Torreón, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tabasco, Tlaxcala, Veracruz y Yucatán) agruparon un total de 177 estaciones de monitoreo, distribuidas en 71 ciudades y zonas metropolitanas.

- De las 177 estaciones de monitoreo referidas en el párrafo anterior, 132 contaron con infraestructura para la medición de ozono, 140 para la medición de partículas suspendidas PM_{10}, 102 para la medición de partículas suspendidas $PM_{2.5,}$ 126 para la medición de CO, 126 para medir NO_2 y 119 para medir SO_2.

- De las 132 estaciones de monitoreo con capacidad para medir ozono, el cumplimiento de la Norma correspondiente se pudo evaluar en 102, esto es, en el 78% del total. En 8 de estas 102 estaciones se cumplió con la Norma y en las restantes 94 esto no ocurrió. De las 94 estaciones en donde no se cumplió con la NOM se encontró que en 81 se rebasaron los dos límites normados (1 y 8 horas), en 6 se rebasó sólo el límite de una hora y en 7 sólo el límite de 8 horas.

- De las 140 estaciones con capacidad para medir PM_{10}, 87 generaron información suficiente para permitir la evaluación de cumplimiento de la norma correspondiente. De ellas, en 8 se cumplió con la Norma y en 79 no (en 64 se rebasaron los dos límites normados, en 13 sólo el límite de 24 horas y en 2 sólo el límite anual). De las 53 estaciones en las que no se pudo evaluar el cumplimiento de norma 41 no generaron información suficiente para ello, 8 se reportaron fuera de operación y 4 no reportaron información al INECC.

- De las 102 estaciones con capacidad para medir $PM_{2.5}$, 48 generaron información suficiente para permitir la evaluación de cumplimiento de la norma correspondiente y sólo en una se cumplió con esta. De las 47 estaciones en que esto no ocurrió, en 37 se rebasaron los dos límites normados y en diez se rebasó sólo el límite anual. De las 54 estaciones en las que no se pudo evaluar el cumplimiento de norma, 38 no generaron información suficiente para ello, 11 se reportaron fuera de operación, 4 no reportaron información al INECC y en 1 se invalidaron los datos generados por problemas en el equipo de medición.

- A nivel de ciudad o zona metropolitana, 47 de las 71 ciudades y zonas metropolitanas incluidas en este reporte contaron con infraestructura para la medición de ozono en 2017. De ellas, solamente en tres se cumplió con la Norma correspondiente (Mexicali, Purísima del Rincón y San Juan del Río.); en 33 no se cumplió con la misma (Chihuahua, ZMVM, Torreón, Saltillo, Monclova, ZMVT, Celaya, Irapuato, León, Salamanca, Silao, Pachuca, Tula de Allende, Atitalaquia, Atotonilco de Tula, Tepeji del Río, Tizayuca, Tepeapulco, Huichapan, Tulancingo, ZMG, Cuernavaca, Tepic, AMM, Oaxaca, Puebla, Coronango, Corregidora, Santiago de Querétaro, Tlaxcala, Minatitlán, Xalapa y Poza Rica); y, en once no se pudo llevar a cabo la evaluación de cumplimiento por falta o insuficiencia de información (Tijuana, Piedras Negras, El Marqués, Mérida, Ensenada, Rosarito, Tecate, Cuautla, Ocuituco, Zacatepec y Balancán).

- 56 ciudades contaron con capacidad para la medición de partículas suspendidas PM_{10}. De ellas sólo tres cumplieron con la norma respectiva (Saltillo, Tula de Allende y Tulancingo); en 23 no se cumplió con los límites normados (Mexicali, Chihuahua, ZMVM, Torreón, ZMVT, Celaya, Irapuato, León, Salamanca, Silao, Pachuca, Atitalaquia, Atototonilco, Tepeji, Tizayuca, Zapotlán, ZMG, Cuernavaca, Tepic, AMM, Oaxaca, Puebla y Centro-Tabasco); y en 30 no se pudo llevar a cabo la evaluación de cumplimiento por falta o insuficiencia de información (Tijuana, Ensenada, Tecate, Monclova, Piedras Negras, Purísima del Rincón, Tepetitlán, Tlaxcoapan, Huichapan, Santiago de Querétaro, San Juan del Río, Balancán, Huimanguillo, Centla, Paraíso, Macuspana, Tlaxcala, Minatitlán, Xalapa, Poza Rica, Rosarito, Cuautla, Ocuituco, Zacatepec, Coronango, Comalcalco, Dolores Hidalgo, Acámbaro, Moroleón y San José Iturbide).

- 54 ciudades contaron con capacidad para la medición de partículas suspendidas $PM_{2.5}$. De ellas 20 no cumplieron con la norma (Mexicali, Tijuana, Chihuahua, ZMVM, ZMVT, Celaya, Irapuato, Salamanca, San Miguel de Allende, Abasolo, Pachuca, Tula de Allende, Atitalaquia, Tizayuca, Lolotla, Tulancingo, ZMG, Cuernavaca, Tepic y Puebla) y en 34 no se pudo llevar a cabo la evaluación de cumplimiento por falta o insuficiencia de información (Torreón, Saltillo, Monclova, Piedras Negras, León, San Luis de la Paz, Guanajuato, Atotonilco de Tula, Tepeji, Tepepulco, Huichapan, AMM, Oaxaca, Corregidora, El Marqués, Santiago de Querétaro, San Juan del Río, Tlaxcala, Minatitlán, Xalapa, Poza Rica, Ensenada, Tecate, Cuautla, Ocuituco, Zacatepec, Coronango, Apizaco, Cuapiaxtla, Mérida, Villagrán, Cortazar, Juventino Rosas y San Francisco del Rincón).

- 46 ciudades contaron con capacidad para la medición de monóxido de carbono. De ellas sólo en una se incumplió la norma correspondiente (Santiago de Querétaro), en 30 se cumplió con la misma (Tijuana, Chihuahua, ZMVM, Torreón, Saltillo, Monclova, Piedras Negras, ZMVT, Irapuato, Celaya, León, Salamanca, Silao, Pachuca, Tula, Atitalaquia, Atotonilco de Tula, Tepeji, Tizayuca, Tepeapulco, Huichapan, Tulancingo, ZMG, Cuernavaca, Tepic, Monterrey, Oaxaca, Puebla, San Juan del Río y Tlaxcala), y en 15 no fue posible llevar a cabo la evaluación de cumplimiento por falta o insuficiencia de información.

- El dióxido de nitrógeno se midió en 46 ciudades y en ninguna de aquellas donde fue posible la evaluación de cumplimiento de la norma se rebasó el límite normado correspondiente.

- El dióxido de azufre se monitoreo en 44 ciudades y sólo en Tula de Allende se incumplió con la norma correspondiente al rebasarse el límite de 8 horas.

- Las concentraciones horarias más altas de ozono registradas en 2017 ocurrieron en: ZMG (0.240 ppm), ZMVM (0.190 ppm), AMM (0.185 ppm), Poza Rica (0.148 ppm), Huichapan (0.128 ppm), ZMVT y Querétaro (0.127 ppm), Saltillo, Tepeapulco y Puebla (0.124 ppm), Irapuato, Tula De allende y Tlaxcala (0.120 ppm), Minatitlán (0.116 ppm) y Pachuca (0.112 ppm). Todas ellas fueron superiores al límite normado que es 0.095 ppm.

- Las concentraciones promedio móvil de 8 horas más altas de ozono registradas en 2017 se presentaron en: ZMG (0.161 ppm), ZMVM (0.140 ppm), AMM (0.123 ppm), Santiago de Querétaro (0.116 ppm), Puebla (0.114 ppm), Celaya e Irapuato (0.108 ppm), ZMVT y Poza Rica (0.100 ppm), Pachuca (0.098 ppm), Saltillo (0.097 ppm) y Tula de Allende (0.091 ppm). Todas ellas superiores al límite normado que es 0.070 ppm.

- Las concentraciones más altas de PM_{10}, como promedio de 24 horas, ocurrieron en: Torreón (276 $\mu g/m^3$), Mexicali (274 $\mu g/m^3$), Celaya (249 $\mu g/m^3$), AMM (243 $\mu g/m^3$), ZMG (236 $\mu g/m^3$), Irapuato (234 $\mu g/m^3$), ZMVT (203 $\mu g/m^3$), Salamanca (181 $\mu g/m^3$), ZMVM (175 $\mu g/m^3$) y Atotonilco de Tula (173 $\mu g/m^3$). El límite normado que es 75 $\mu g/m^3$.

- Las concentraciones promedio anuales más altas de PM_{10} se registraron en: Mexicali (95 $\mu g/m^3$), ZMG (87 $\mu g/m^3$), Celaya (85 $\mu g/m^3$), León (83 $\mu g/m^3$), AMM (82 $\mu g/m^3$), ZMVT (80 $\mu g/m^3$), Torreón (78 $\mu g/m^3$), Irapuato (77 $\mu g/m^3$), ZMVM (65 $\mu g/m^3$) y Chihuahua (64 $\mu g/m^3$). El límite normado es 40 $\mu g/m^3$.

- Las concentraciones más altas de $PM_{2.5}$, como promedio de 24 horas, se presentaron en: ZMVT (187 µg/m^3), Mexicali (174 µg/m^3), ZMG (141 µg/m^3), Irapuato (115 µg/m^3), Atitalaquia (99 µg/m^3), Tijuana (97 µg/m^3), ZMVM (94 µg/m^3), Salamanca (87 µg/m^3), Cuernavaca (82 µg/m^3) y Abasolo (72 µg/m^3). El límite normado es 45 µg/m^3.

- Los promedios anuales más altos de $PM_{2.5}$ se registraron en: ZMVT (43 µg/m^3), ZMVM (29 µg/m^3), Tijuana (28 µg/m^3), ZMG (27 µg/m^3), Atitalaquia (26 µg/m^3), Mexicali (24 µg/m^3, Celaya, Irapuato, Salamanca y Cuernavaca (23 µg/m^3), Chihuahua y Puebla (22 µg/m^3), Tizayuca (20 µg/m^3), y Abasolo y Tula de Allende (19 µg/m^3). El límite normado es 12 µg/m^3.

- Las ciudades en las que con mayor frecuencia se presentaron días con concentraciones de ozono superiores al límite normado de una hora (estimado como número de días con concentraciones superiores al límite normado / número de días del año con información válida) fueron; ZMVM (64%), ZMG (37%), AMM (21%), Saltillo y ZMVT (12%), Puebla (9%), Tlaxcala (6%), Santiago de Querétaro y Pachuca (4%), Celaya, Tula y Tepeapulco (3%), Minatitlán y Poza Rica (2%), y Monclova, Atotonilco, Irapuato y Corregidora (1%).

- Las ciudades en las que con mayor frecuencia se presentaron días con concentraciones de PM_{10} superiores al límite normado de 24 horas (estimado como número de días o muestreos con concentraciones superiores al límite normado / número de días o muestreos del año con información válida) fueron: ZMG (61%), AMM (60%), Celaya (54%), ZMVT (50%), Torreón, ZMVM y León (47%), Irapuato (46%), Mexicali y Tijuana (45%), Ensenada y Silao (32%), Tecate y Salamanca (30%), y Atitalaquia (28%), .

- Las ciudades en las que con mayor frecuencia se presentaron días con concentraciones de $PM_{2.5}$ superiores al límite normado de 24 horas (estimado como número de días o muestreos con concentraciones superiores al límite normado / número de días o muestreos del año con información válida) fueron: ZMVT (49%), ZMVM y ZMG (19%), Atotonilco de Tula (17%), Mexicali (13%), Atitalaquia (10%), Tijuana (9%), Torreón (7%), Celaya, Irapuato, León, Cuernavaca, AMM y Pachuca (6%), Salamanca (4%) y Abasolo, Tepic, Puebla y Minatitlán (35).

Tabla RE1. Estatus de cumplimiento de las NOM de calidad del aire, a nivel de ciudad y zona metropolitana, en 2017.

Entidad	Nombre del SMCA	Ciudad/Zona metropolitana*	Población proyectada 2017 (CONAPO, 2012)	PM_{10} NOM-025-SSA1-2014			$PM_{2.5}$ NOM-025-SSA1-2014			O_3 NOM-020-SSA1-2014			CO NOM-021-SSA1-1993		NO_2 NOM-023-SSA1-1993		SO_2 NOM-022-SSA1-2010			
				Límite 24 hrs (75 µg/m³)	Límite anual (40 µg/m³)	Cumple NOM	Límite 24 hrs (45 µg/m³)	Límite anual (12 µg/m³)	Cumple NOM	Límite 1 hr (0.095 ppm)	Límite 8 hrs (0.070 ppm)	Cumple NOM	Límite 8 hrs (11 ppm)	Cumple NOM	Límite 1 hr (0.210 ppm)	Cumple NOM	Límite 8 hrs (0.200 ppm)	Límite 24 hrs (0.110 ppm)	Límite anual (0.025 ppm)	Cumple NOM
Baja California	Baja California	**Mexicali**	1,052,657	274	95	NO	174	24	NO	0.087	0.060	SI	DI	DI	0.063	SI	DI	DI	DI	**DI**
		Tijuana	1,773,557	DI	DI	DI	97	28	NO	DI	DI	DI	7	SI	0.053	SI	FO	FO	FO	FO
		Ensenada	535,362	DI	DI	DI	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO				
		Rosarito	108,935	FO	FO	FO				FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO
		Tecate	114,095	DI	DI	DI	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO				
Chihuahua	Chihuahua Estatal	**Chihuahua Estatal**	929,884	169	64	NO	46	22	NO	0.091	0.082	NO	5.6	SI	0.054	SI	0.012	0.010	0.020	SI
	Chihuahua municipal	Chihuahua municipal	929,884	126	53	NO				FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO
	Ojinaga	**Ojinaga**	31,483	IND	IND	IND														
	Ciudad Juárez	**Ciudad Juárez**	1,448,859	IND	IND	IND				IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND				
Ciudad de México y zona conurbada	Ciudad de México y zona conurbada	**Ciudad de México y zona conurbada**[1]	21,497,028	175	65	NO	94	29	NO	0.190	0.140	NO	3	SI	0.127	SI	0.184	0.075	0.008	SI
Coahuila	Coahuila estatal	Torreón	708,755	276	78	NO	DI	DI	DI	0.097	0.080	NO	8.1	SI	DI	DI	0.042	0.027	0.012	SI
		Saltillo	807,848	69	39	SI	DI	DI	DI	0.124	0.097	NO	2.5	SI	0.074	SI	0.026	0.020	0.006	SI
		Monclova	235,739	DI	DI	DI	DI	DI	DI	0.107	0.069	NO	2.3	SI	0.017	SI	0.038	0.012	0.003	SI
		Piedras Negras	164,935	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI	4.2	SI	0.052	SI	0.063	0.024	0.004	SI
	Torreón municipal	**Torreón**	708,755	223	78	NO														
Estado de México	Estado de México	**Zona Metropolitana del Valle de Toluca**[1]	2,225,285	203	80	NO	187	43	NO	0.127	0.100	NO	5	SI	0.136	SI	0.084	0.031	0.008	SI
Guanajuato	Guanajuato	**Celaya**	506,101	249	85	NO	70	23	NO	0.103	0.108	NO	3	SI	0.085	SI	0.018	0.008	0.002	SI
		Irapuato	576,418	234	77	NO	115	23	NO	0.120	0.108	NO	3	SI	0.118	SI	0.040	0.018	0.006	SI
		León	1,553,437	162	83	NO	DI	DI	DI	0.111	0.079	NO	2	SI	0.091	SI	0.028	0.022	0.006	SI
		Salamanca	279,922	181	62	NO	87	23	NO	0.096	0.080	NO	4	SI	0.091	SI	0.137	0.095	0.020	SI
		Silao	190,465	170	62	NO				0.106	0.088	NO	3	SI	0.067	SI	0.014	0.007	0.002	SI
		Purísima del Rincón	77,767	DI	DI	DI				0.074	0.061	SI								
		San Luis de la Paz	125,724				DI	DI	DI											
		Guanajuato	186,060				DI	DI	DI											
		San Miguel de Allende	175,157				42	14	NO											
		Abasolo	89,209				72	19	NO											
		Villagrán	60,130				IND	IND	IND											
		Dolores Hidalgo	158,095	IND	IND	IND														

[1] Las definiciones de ZMVM, ZMVT, ZMG y AMM adoptadas en este documento corresponde a las empleadas en el documento "Zonas metropolitanas de México 2010" de CONAPO, INEGI y SEDESOL del año 2013, disponible para consulta en : http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Zonas_metropolitanas_2010

Entidad	Nombre del SMCA	Ciudad/Zona metropolitana*	Población proyectada 2017 (CONAPO, 2012)	PM_{10} NOM-025-SSA1-2014			$PM_{2.5}$ NOM-025-SSA1-2014			O_3 NOM-020-SSA1-2014			CO NOM-021-SSA1-1993		NO_2 NOM-023-SSA1-1993		SO_2 NOM-022-SSA1-2010			
				Límite 24 hrs (75 µg/m³)	Límite anual (40 µg/m³)	Cumple NOM	Límite 24 hrs (45 µg/m³)	Límite anual (12 µg/m³)	Cumple NOM	Límite 1 hr (0.095 ppm)	Límite 8 hrs (0.070 ppm)	Cumple NOM	Límite 8 hrs (11 ppm)	Cumple NOM	Límite 1 hr (0.210 ppm)	Cumple NOM	Límite 8 hrs (0.200 ppm)	Límite 24 hrs (0.110 ppm)	Límite anual (0.025 ppm)	Cumple NOM
		Cortazar	92,574				IND	IND	IND											
		Juventino Rosas	85,480				IND	IND	IND											
		Acámbaro	113,381	IND	IND	IND														
		Moroleón	51,305	IND	IND	IND														
		San José Iturbide	81,368	IND	IND	IND														
		San Fco. del Rincón	120,882				IND	IND	IND											
Hidalgo	**Hidalgo**	**Pachuca**	274,967	**106**	**36**	**NO**	**43**	**16**	**NO**	**0.112**	**0.098**	**NO**	**1**	**SI**	**0.074**	**SI**	**0.021**	**0.009**	**0.003**	**SI**
		Tula de Allende	113,620	**66**	**32**	**SI**	42	19	NO	**0.120**	**0.091**	**NO**	**4**	**SI**	**0.094**	**SI**	**0.258**	**0.096**	**0.010**	**NO**
		Atitalaquia	29,532	**123**	**59**	**NO**	**99**	**26**	**NO**	**0.101**	**0.086**	**NO**	**2**	**SI**	DI	DI	**0.110**	**0.042**	**0.009**	**SI**
		Atotonilco de Tula	34,351	**173**	**60**	**NO**	DI	DI	DI	**0.104**	**0.089**	**NO**	**2**	**SI**	**0.064**	**SI**	**0.0115**	**0.044**	**0.007**	**SI**
		Tepetitlán	10,784	DI	DI	DI														
		Tepeji del Río	89,810	**115**	**42**	**NO**	DI	DI	DI	**0.098**	**0.073**	**NO**	**2**	**SI**	DI	DI	**0.0194**	**0.070**	**0.017**	**SI**
		Tlaxcoapan	28,830	DI	DI	DI														
		Tizayuca	133,303	**141**	**44**	**NO**	**44**	**20**	**NO**	**0.104**	**0.074**	**NO**	**3**	**SI**	**0.074**	**SI**	**0.052**	**0.026**	**0.003**	**SI**
		Lolotla	10,077				**41**	**13**	**NO**											
		Tepeapulco	53,847				DI	DI	DI	**0.124**	DI	**NO**	**3**	**SI**	**0.074**	**SI**	**0.014**	**0.008**	**0.003**	**SI**
		Huichapan	48,118	DI	DI	DI	DI	DI	DI	**0.128**	**0.089**	**NO**	**2**	**SI**	**0.053**	**SI**	**0.026**	**0.011**	**0.003**	**SI**
		Tulancingo	170,211	**57**	**24**	**SI**	**35**	**13**	**NO**	**0.095**	**0.085**	**NO**	**2**	**SI**	**0.055**	**SI**	**0.012**	**0.006**	**0.003**	**SI**
		Zapotlán	19,371	**116**	**32**	**NO**														
Jalisco	**Jalisco**	**Zona Metropolitana de Guadalajara[1]**	4,853,424	**236**	**87**	**NO**	**141**	**27**	**NO**	**0.240**	**0.161**	**NO**	**5**	**SI**	**0.128**	**SI**	**0.019**	**0.009**	**0.003**	**SI**
Morelos	**Morelos**	Cuautla	193,026	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO
		Ocuituco	18,375	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO
		Cuernavaca	393,577	**115**	**43**	NO	**82**	**23**	**NO**	**0.096**	**0.079**	**NO**	**2**	**SI**	DI	DI	**0.007**	**0.006**	**0.002**	**SI**
		Zacatepec	37,441	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO
Nayarit	**Nayarit**	**Tepic**	445,512	**125**	**51**	**NO**	**60**	**16**	**NO**	**0.097**	**0.079**	**NO**	**1**	**SI**	**0.055**	**SI**	**0.007**	**0.005**	**0.003**	**SI**
Nuevo León	**Nuevo León**	**Área Metropolitana de Monterrey[1]**	4,540,429	**243**	**82**	**NO**	DI	DI	DI	**0.185**	**0.123**	**NO**	**5**	**SI**	**0.043**	**SI**	**0.055**	**0.027**	**0.012**	**SI**
Oaxaca	**Oaxaca**	**Oaxaca**	272,133	107	43	NO	DI	DI	DI	DI	**0.077**	**NO**	**4**	**SI**	**0.049**	**SI**	**0.014**	**0.013**	**0.003**	**SI**
Puebla	**Puebla**	**Puebla**	1,661,497	**111**	**52**	**NO**	**61**	**22**	**NO**	**0.124**	**0.114**	**NO**	**3.5**	**SI**	**0.086**	**SI**	**0.011**	**0.009**	**0.001**	**SI**
		Coronango	39,307	FO	FO	FO	FO	FO	FO	**0.104**	**0.081**	**NO**	DI	DI	**0.088**	**SI**	**0.013**	**0.009**	**0.002**	**SI**
Querétaro	**Querétaro**	Corregidora	176,301				DI	DI	DI	0.107	0.070	**NO**	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI
		El Marqués	149,256				DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI
		Santiago de Querétaro	885,870	DI	DI	DI	DI	DI	DI	0.127	**0.116**	**NO**	**11.3**	**NO**	DI	DI	DI	DI	DI	DI
		San Juan del Río	274,005	DI	DI	DI	DI	DI	DI	**0.078**	**0.069**	**SI**	**2**	**SI**	DI	DI	**0.034**	**0.015**	**0.004**	**SI**
		Centro	705,804	**128**	**34**	**NO**				IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND

Entidad	Nombre del SMCA	Ciudad/Zona metropolitana*	Población proyectada 2017 (CONAPO, 2012)	PM_{10} NOM-025-SSA1-2014			$PM_{2.5}$ NOM-025-SSA1-2014			O_3 NOM-020-SSA1-2014			CO NOM-021-SSA1-1993		NO_2 NOM-023-SSA1-1993		SO_2 NOM-022-SSA1-2010			
				Límite 24 hrs (75 µg/m³)	Límite anual (40 µg/m³)	Cumple NOM	Límite 24 hrs (45 µg/m³)	Límite anual (12 µg/m³)	Cumple NOM	Límite 1 hr (0.095 ppm)	Límite 8 hrs (0.070 ppm)	Cumple NOM	Límite 8 hrs (11 ppm)	Cumple NOM	Límite 1 hr (0.210 ppm)	Cumple NOM	Límite 8 hrs (0.200 ppm)	Límite 24 hrs (0.110 ppm)	Límite anual (0.025 ppm)	Cumple NOM
Tabasco	**Tabasco**	Balancán	59, 283	DI	DI	DI														
		Huimanguillo	191,110	DI	DI	DI														
		Centla	108,750	DI	DI	DI														
		Comalcalco	207,369	FO	FO	FO														
		Paraíso	92,914	DI	DI	DI														
		Macuspana	162,402	DI	DI	DI														
Tlaxcala	**Tlaxcala**	Apizaco	84,172				FO	FO	FO											
		Cuapiaxtla	15,064				FO	FO	FO											
		Tlaxcala	100,311	DI	DI	DI	DI	DI	DI	**0.120**	**0.088**	**NO**	**3**	**SI**	**0.067**	**SI**	**0.065**	**0.050**	**0.017**	**SI**
Veracruz	**Veracruz**	Minatitlán	166,049	DI	DI	DI	DI	DI	DI	**0.116**	**0.083**	**NO**	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI
		Xalapa	502,151	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI	**0.080**	**NO**	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI
		Poza Rica	205,528	DI	DI	DI	DI	DI	DI	**0.148**	**0.100**	**NO**	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI
Yucatán	**Yucatán**	Mérida	919,177				FO	FO	FO	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI

* En la columna Ciudad/Zona metropolitana, las redes de monitoreo se indican con letra negrilla, en tanto que en letra no negrilla se indica el nombre de aquellas ciudades que sólo tienen una estación de monitoreo en su territorio.
DI = Datos insuficientes; **FO** = Fuera de operación; **INV** = Datos invalidados; **IND**= Información no disponible; = No se monitorea este contaminante; = Cumple con el límite normado; = No cumple con el límite normado; = No fue posible evaluar cumplimiento de NOM; SI = En todas las estaciones de monitoreo se cumple con la NOM correspondiente; NO = En al menos una estación de monitoreo no se cumple con la NOM correspondiente.

- Los números dentro de cada celda indican la concentración más alta registrada en la Ciudad o Zona Metropolitana, de acuerdo con el dato base empleado para evaluar cumplimiento de NOM de cada contaminante.
- En el caso de ozono y partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$), de acuerdo con lo establecido en cada Norma, un sitio cumple con la misma sólo si acata los dos valores límite normado en cada caso. Para dióxido de azufre se asume el mismo principio y solo se cumple la Norma en los sitios donde se acatan los tres límites normados.

1. INTRODUCCIÓN.

La contaminación del aire es uno de los principales problemas ambientales y de salud pública de México y del mundo. Es un fenómeno inherente al estado económico, poblacional y tecnológico de toda sociedad. A su vez, es uno de los problemas más difíciles de comprender, evaluar, normar y controlar, entre otras causas, por la gran cantidad y variedad de las fuentes emisoras, la dilución y/o transformación de los contaminantes en la atmósfera y los efectos que tienen los contaminantes sobre la salud humana y los ecosistemas. Para medir y evaluar el impacto de la contaminación del aire en la población y los recursos naturales, es indispensable contar con sistemas, redes y programas adecuados de medición de la calidad del aire.

El establecimiento de Sistemas de Monitoreo de la Calidad del Aire, SMCA, ha permitido que las autoridades ambientales de la mayoría de las grandes ciudades en el mundo enfrenten la problemática urbana de la contaminación atmosférica. Los SMCA se han convertido en una herramienta que permite conocer, con niveles aceptables de confiabilidad, la calidad del aire con respecto a contaminantes específicos y formular, con base en los datos obtenidos, las estrategias de control y las medidas oportunas y adecuadas para una efectiva gestión ambiental.

En este contexto general, el presente Informe tiene como propósito poner a disposición de todos los interesados en el tema un diagnóstico de la calidad del aire en México durante el año 2017, así como una descripción de las tendencias históricas de los contaminantes atmosféricos en diversas ciudades y zonas metropolitanas de nuestro país. Para ello se presenta información de 20 SMCA distribuidos en 18 Entidades Federativas de la República Mexicana que cuentan con datos para el año 2017 con respecto a, al menos uno de los siguientes contaminantes: Partículas suspendidas (PM_{10} y/o $PM_{2.5}$), Ozono (O_3), Dióxido de azufre (SO_2), Dióxido de Nitrógeno (NO_2) y Monóxido de Carbono (CO). Se evalúa el estado de la calidad del aire en cada ciudad y zona metropolitana a partir de la generación y revisión de los siguientes indicadores:

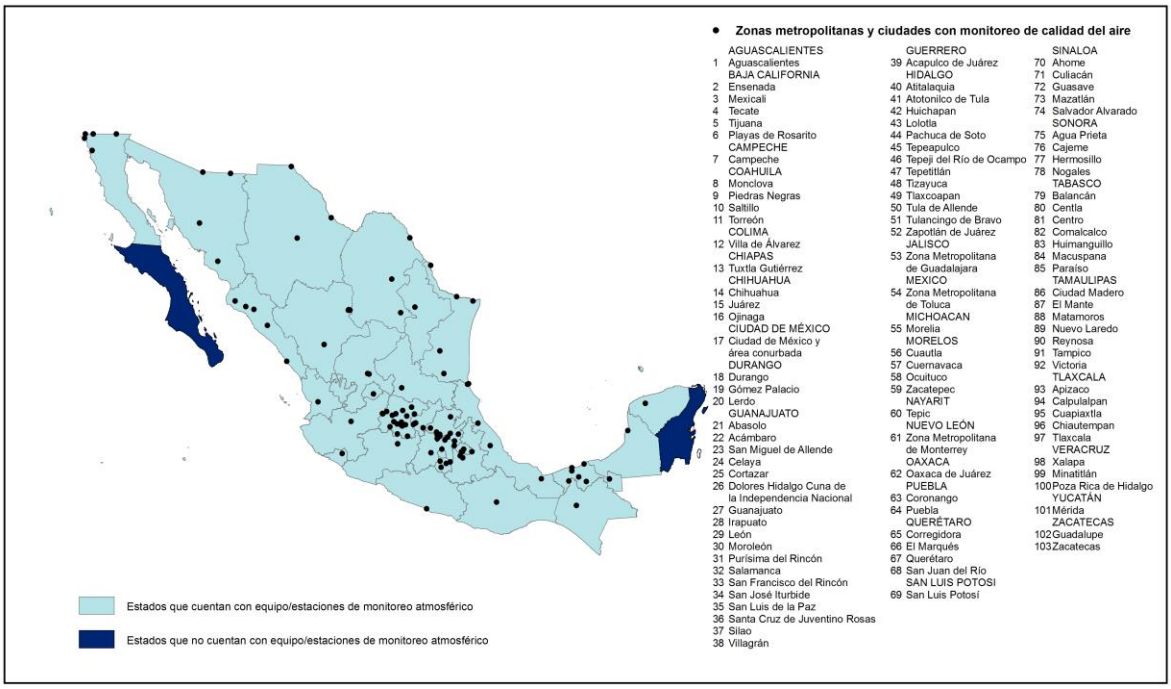
a. Evaluación del cumplimiento de las NOM de calidad del aire;
b. Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala;
c. Tendencias de las concentraciones diarias;
d. Porcentaje de días por año con concentraciones superiores a los límite normados; y,
e. Número de días, por año, en que se rebasa cualquier norma de calidad del aire.

En el primer capítulo de este documento se plantea el propósito del mismo y los indicadores usados para hacer el diagnóstico de la calidad del aire en las diferentes ciudades y zonas metropolitanas. En el segundo capítulo se describen las capacidades de monitoreo de la calidad del aire en México en el año 2017 y los SMCA incluidos en este informe; igualmente, se identifican los SMCA no incluidos y los motivos de tal situación. El tercer capítulo describe la metodología utilizada para analizar y procesar los datos generados por los SMCA, así como los procedimientos para el cálculo de los indicadores que son usados para elaborar el diagnóstico del estado de la calidad del aire. Del capítulo 4 al 21 se presenta el estado de la calidad del aire en cada entidad federativa. En el capítulo 22 se presentan las conclusiones derivadas de los datos analizados. Finalmente, se incluye un anexo donde el lector podrá conocer información detallada y actualizada sobre las capacidades específicas de monitoreo en el país, por entidad federativa.

2. ANTECEDENTES.

A diciembre del año 2017 el INECC tuvo registro de la existencia de 34 SMCA administrados por alguna autoridad gubernamental, ya fuera estatal o municipal. Estos 34 SMCA estuvieron distribuidos en 30 entidades federativas. Quintana Roo y Baja California Sur continúan siendo las únicas entidades de nuestro país que no poseen actualmente un SMCA en su territorio. En su conjunto, estos SMCA agrupan un total de 249 estaciones de monitoreo/muestreo (138 automáticas, 75 manuales y 36 mixtas). Estas 249 estaciones de monitoreo estuvieron repartidas en un total de 103 ciudades y zonas metropolitanas (Figura 2.1). Con respecto a diciembre de 2016 se observa que hay cuatro ciudades que aparecen por primera vez en este listado. Estas ciudades son Apizaco, Cuapiaxtla y Chiautempan, en el Estado de Tlaxcala y Macuspana en Tabasco. Así mismo, dejó de realizarse monitoreo en Santa Cruz Quilehtla, en el Estado de Tlaxcala. El Anexo I detalla la distribución de las estaciones de monitoreo existentes en el año 2017 por entidad federativa.

Figura 2.1 Ciudades y zonas metropolitanas de México con monitoreo de la calidad del aire en 2017.



Fuente: Elaboración propia.

La información de la calidad del aire contenida en este Informe corresponde al análisis realizado con los datos validados del año 2017, que proporcionaron las instancias encargadas de la administración de cada uno de los SMCA que se muestran en la Tabla 2.1. En ella se incluyen con detalle las entidades federativas a quienes se solicitó información, la respuesta que dieron a la

petición y, en su caso, las razones por las que no se incluyó dicha información en el presente reporte. Los SMCA sombreados en gris corresponden a los que si se incluyen en este documento. En total son 20, los cuales están distribuidos en 18 Estados y en su conjunto albergaron a 177 estaciones de monitoreo. De ellas, 132 contaron con infraestructura para la medición de ozono, 140 para partículas suspendidas PM_{10}, 102 para partículas suspendidas $PM_{2.5}$, 119 para SO_2, 126 para NO_2 y 126 CO.

Tabla 2.1 SMCA incluidos en este informe.

Entidad	SMCA	¿Respondió a la solicitud de información?	¿Se usó la información?	Razones por las que no se utilizó la información
Aguascalientes	**Aguascalientes**	No	No	-----
Baja California	**Baja California**	Si	Si	-----
Campeche	**Campeche**	Si	No	Enviaron datos manuales solo para el primer semestre del año.
Chiapas	**Chiapas**	No	No	-----
Chihuahua	**Chihuahua estatal**	Si	Si	-----
	Chihuahua municipal	Si	Si	-----
	Cd Juárez	No	No	-----
	Ojinaga	No	No	-----
Ciudad de México y zona conurbada del Estado de México	**Ciudad de México y zona conurbada**	Si	Si	-----
Coahuila	**Coahuila estatal**	Si	Si	-----
	Torreón	Si	Si	-----
Colima	**Colima**	Si	No	No hubo datos. Estación de monitoreo fuera de operación.
Durango	**Durango**	No	No	-----
Estado de México	**Estado de México**	Si	Si	-----
Guanajuato	**Guanajuato**	Si	Si	-----
Guerrero	**Guerrero**	Si	No	No hubo datos. Estación de monitoreo fuera de operación.
Hidalgo	**Hidalgo**	Si	Si	-----
Jalisco	**Jalisco**	Si	Si	-----
Michoacán	**Michoacán**	Si	No	Enviaron datos sin validar para unas estaciones e insuficientes para otras.
Morelos	**Morelos**	Si	Si	-----
Nayarit	**Nayarit**	Si	Si	-----
Nuevo León	**Nuevo León**	Si	Si	-----
Oaxaca	**Oaxaca**	Si	Si	-----
Puebla	**Puebla**	Si	Si	-----
Querétaro	**Querétaro**	Si	Si	-----
San Luis Potosí	**San Luis Potosí**	Si	No	Enviaron datos sin validar.
Sinaloa	**Sinaloa**	No	No	-----
Sonora	**Sonora**	Si	No	No hubo datos. Tres estaciones de monitoreo estuvieron fuera de operación y una estación si

Entidad	SMCA	¿Respondió a la solicitud de información?	¿Se usó la información?	Razones por las que no se utilizó la información
				operó pero no enviaron datos validados.
Tabasco	**Tabasco**	Si	Si	-----
Tamaulipas	**Tamaulipas**	Si	No	No hubo datos. Equipo de laboratorio para análisis de muestras descompuesto.
Tlaxcala	**Tlaxcala**	Si	Si	-----
Veracruz	**Veracruz**	Si	Si	-----
Yucatán	**Yucatán**	Si	Si	-----
Zacatecas	**Zacatecas**	Si	No	No hubo datos. Estación de monitoreo fuera de operación.

3. METODOLOGÍA PARA LA GENERACIÓN DE INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AIRE.

Para poner en contexto los resultados que se presentan en los siguientes capítulos en torno al diagnóstico del estado actual y las tendencias históricas de la calidad del aire en diferentes ciudades y zona metropolitanas de México, a continuación se describe brevemente la metodología empleada tanto para la verificación de los datos base empleados, como para la construcción de los indicadores usados para llevar a cabo dicho diagnóstico.

3.1 Procedimiento de verificación de las bases de datos de calidad del aire.

El procedimiento de verificación de datos tiene el objetivo de identificar los datos extremos o los comportamientos temporales y estacionales anómalos de los contaminantes atmosféricos para su posterior validación o invalidación por los responsables de los SMCA de acuerdo a sus bitácoras de operación. Una vez realizado este procedimiento se determina si los datos deben o no ser incluidos en las bases de datos validadas con las que se generan los indicadores.

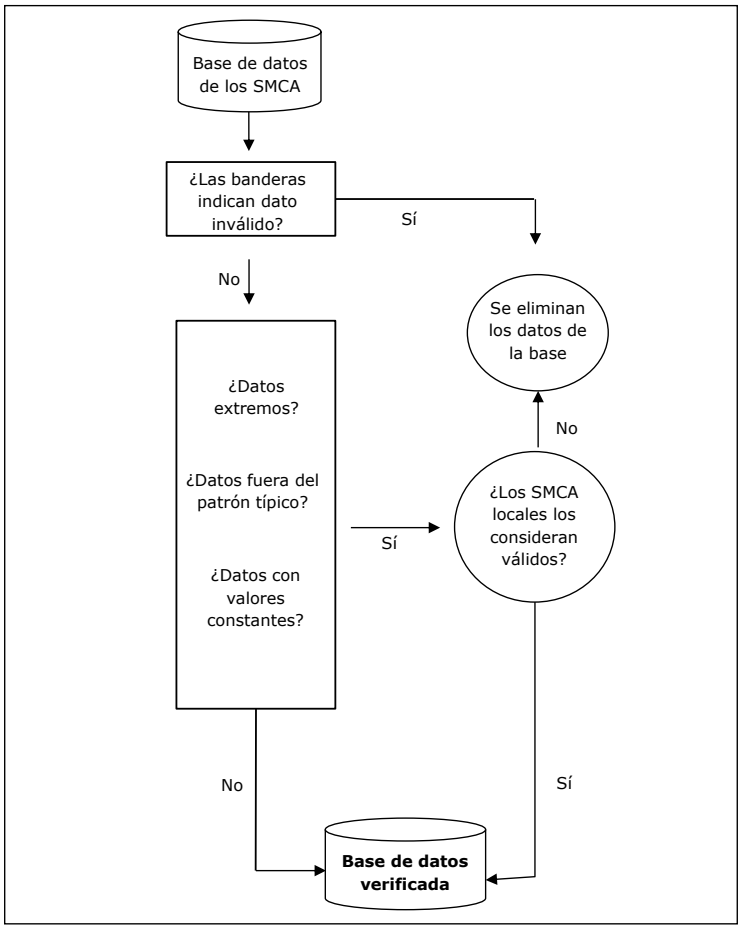
En general, la verificación de datos consta de tres etapas secuenciales: 1) limpieza de las bases de datos, 2) identificación de datos extremos y comportamientos anómalos y 3) verificación de la validez de los datos sospechosos (Figura 3.1).

3.1.1 Limpieza de datos.

Durante el proceso de limpieza de las bases de datos se eliminan valores etiquetados como *no válidos* de acuerdo con las banderas[2] asignadas por los sistemas de adquisición de datos de los analizadores. Por ejemplo, se colocan banderas a los datos, entre otras razones, por fallas en el sistema eléctrico o de comunicación, por fallas en los equipos de medición, y por la calibración o mantenimiento de los equipos de medición.

[2] Es un código alfa-numérico que sirve para identificar eventos extraordinarios ajenos a la medición y los datos confiables que pueden ser utilizados para análisis posteriores.

Figura 3.1 Procedimiento de verificación de las bases de datos.



3.1.2 Identificación de datos extremos y comportamientos anómalos.

Se identifican los datos que presentan un comportamiento temporal diferente del patrón típico de los contaminantes atmosféricos, mismo que se comenta con los responsables de los SMCA para la revisión y, en su caso, rectificación o ratificación de la validez de los datos. Este procedimiento incluye la elaboración de:

a) Gráficas de series de tiempo horarias para identificar saltos abruptos en la magnitud del parámetro medido, los cuales pueden indicar un cambio en el funcionamiento del analizador o del sensor. Estos gráficos también permiten identificar valores extremos y/o de poca duración, corrimientos de la línea base y valores constantes (es decir registros con valores iguales en cuatro o más horas consecutivas).

b) Gráficas de comportamiento temporal del contaminante (p.e. perfiles horarios, diarios y mensuales). En estas gráficas se verificó visualmente la continuidad y tendencia de cada uno de los contaminantes con referencia a su comportamiento típico. Por ejemplo, el ozono, por ser un contaminante fotoquímico es sumamente sensible a la presencia de radiación solar por lo que, en presencia de sus precursores, a mayor radiación solar resulta una mayor concentración de este contaminante; es decir, resulta incorrecto tener las mayores concentraciones de ozono durante la noche.

c) En el caso de las partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5,}$ se identificaron los casos en que las concentraciones de las $PM_{2.5}$ fueron mayores que las de PM_{10} ($PM_{2.5} > PM_{10}$) en la misma estación y a la misma hora. Asimismo, se revisaron los datos consecutivos a estos registros con el fin de observar su comportamiento y determinar, de acuerdo a las bitácoras de operación y condiciones locales, la validez de los mismos.

3.1.3 Verificación de la validez de los datos sospechosos.

Una vez identificados los datos sospechosos se realizaron consultas con los responsables de los SMCA, a través de correos electrónicos y llamadas telefónicas, con el fin de verificar la validez o invalidez de dichos datos, toda vez que los responsables de los SMCA cuentan con el conocimiento del entorno de las estaciones de monitoreo y con las bitácoras de operación de los equipos de medición, las cuales son un material de apoyo importante para evaluar la validez de dichos datos.

Una vez verificados los datos sospechosos por los responsables de los SMCA se conformaron las bases de datos finales con las que se elaboró el diagnóstico de la calidad del aire de las ciudades y zonas metropolitanas incluidas en este Informe.

3.2 Construcción de indicadores.

Después de la limpieza, revisión y verificación de las bases de datos, se generan los diferentes indicadores basados en los datos horarios, en los promedios móviles de ocho horas y en los promedios de 24 horas, dependiendo de las especificaciones de las correspondientes normas de calidad del aire. Asimismo, se tomó en cuenta el criterio de suficiencia de al menos contar con el 75% de datos válidos para la realización de cada cálculo. En las siguientes secciones se describen las herramientas, los criterios de suficiencia y los indicadores calculados para cada contaminante.

3.2.1 Herramientas y bases de datos utilizadas en la generación de indicadores.

La generación de los indicadores de la calidad del aire de los diferentes SMCA se llevó a cabo utilizando el Sistema de Consulta de Indicadores de Calidad del Aire (SCICA) desarrollado en el INECC, mismo que se alimentó a partir de las bases de datos verificadas y validadas referidas en la sección anterior.

En el sistema se realizaron consultas para generar los indicadores relacionados con el cumplimiento de las normas de calidad del aire (máximos y promedios anuales), distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala, así como de estadísticas descriptivas.

3.2.2 Indicadores.

El diagnóstico del estado actual y tendencias de la calidad del aire con respecto a partículas suspendidas (PM_{10} y $PM_{2.5}$), Ozono (O_3), Dióxido de azufre (SO_2), Dióxido de nitrógeno (NO_2) y Monóxido de carbono (CO) en ciudades y zona metropolitanas de México se realizó haciendo uso de diferentes indicadores tanto a nivel de estación de monitoreo como a nivel de ciudad o zona metropolitana. A nivel de estación de monitoreo se generaron indicadores sobre: evaluación del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de Salud Ambiental y distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala; en tanto que a nivel de ciudad o zona metropolitana se incluye la tendencias del mínimo, el máximo, el promedio y los percentiles 10 y 90, el porcentaje de días por año con concentraciones superiores a los límites normados vigentes para cada contaminante y número de días por año en que se rebasa cualquier norma vigente de calidad del aire en el periodo 1990 a 2017.

3.2.2.1 Evaluación del cumplimiento de las NOM.

Se evaluó el cumplimiento de las NOM de salud ambiental con relación al tiempo especificado para calcular el promedio de la concentración (una hora, ocho horas, 24 horas y anual) y la frecuencia tolerada de cada límite. La Tabla 3.1 resume los indicadores con los que se evalúo el cumplimiento de las NOM con respecto a cada uno de los contaminantes incluidos. Se muestra además el tipo de dato base que se utilizó en el cálculo y el tiempo para calcular la métrica, el tipo de exposición, la frecuencia tolerada, los valores límite, los criterios de suficiencia de información y la NOM que corresponde a cada contaminante.

Tabla 3.1. Indicadores calculados para evaluar el cumplimiento de las NOM de salud ambiental.

Contaminante	Dato base utilizado para la evaluación	Exposición	Frecuencia tolerada	Valor límite Indicador con el que se evalúa	Criterio de suficiencia anual	Norma Oficial Mexicana
Partículas PM_{10}	Promedio 24 horas	Aguda	No se permite	**75 µg/m³ Máximo**	Por lo menos tres trimestres con al menos el 75% de los promedios de 24 horas válidas (DOF, 2014)	NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a)
		Crónica	---	**40 µg/m³ Promedio anual**		
Partículas $PM_{2.5}$	Promedio 24 horas	Aguda	No se permite	**45 µg/m³ Máximo**		
		Crónica	---	**12 µg/m³ Promedio anual**		
Ozono (O_3) [a]	Dato horario	Aguda	No se permite	**0.095 ppm Máximo**	Al menos 75% de los datos horarios	NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b)
	Promedio móvil de 8 horas		No se permite	**0.070 ppm Máximo**	Al menos 75% de los promedios móviles de ocho horas (DOF, 2014)	
Dióxido de azufre (SO_2)	Promedio móvil de 8 horas	Aguda	1 vez al año	**0.200 ppm Segundo máximo**	Al menos 75% de los promedios móviles de 8 horas	NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010) [c]
	Promedio 24 horas	Aguda	No se permite	**0.110 ppm Máximo**	Al menos 75% de los promedios de 24 horas	
	Dato horario	Crónica	---	**0.025 ppm Promedio anual**	Al menos 75% de los datos horarios	
Dióxido de nitrógeno (NO_2)	Dato horario	Aguda	1 vez al año	**0.210 ppm Segundo máximo**	Al menos 75% de los datos horarios	NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994a) [c]
Monóxido de carbono (CO)	Promedio móvil de 8 horas	Aguda	1 vez al año	**11 ppm Segundo máximo** [b]	Al menos 75% de los promedios móviles de 8 horas	NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1994b) [c]

[a] En el caso del ozono en los numerales 5.2.3.1 y 5.2.3.2 de la NOM se especifica que aún en el caso en el que no se cumpla el criterio de suficiencia del 75% de los valores horarios o de los promedios móviles de 8 horas, se incumplirá la norma cuando: al menos uno de los valores horarios sea mayor a 0.095 ppm o al menos uno de los valores de los promedios móviles de 8 horas sea mayor a 0.070 ppm.
[b] Calculado sin traslape de información con el que se obtuvo el máximo.
[c] En estas NOM no se especifica cómo realizar el manejo de datos y tampoco criterios de suficiencia de información, pero en congruencia con las especificaciones de las NOM de Partículas y Ozono se aplica, en la agregación de cada dato, el criterio de 75% de suficiencia de información para obtener los indicadores.

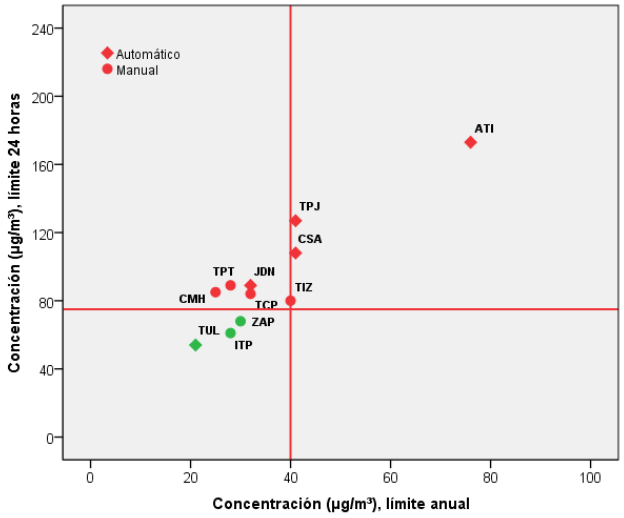
Los detalles sobre el manejo de datos tanto de partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$), como de ozono, para generar los indicadores con los que se evalúa el cumplimiento de sus respectivos límites pueden ser consultados en las respectivas NOM (DOF, 2014a; DOF, 2014b). Por otra parte, en el caso del dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y monóxido de carbono, las NOM correspondientes no especifican cómo realizar el manejo de datos y tampoco criterios de suficiencia de información, pero en congruencia con las especificaciones de las NOM de Partículas y Ozono se aplica, en la agregación de cada dato, el criterio de 75% de suficiencia de información para obtener los indicadores respectivos.

En adición a lo antes descrito con respecto al manejo de datos, es oportuno señalar que en la mayoría de las estaciones de monitoreo incluidas en este análisis se miden las partículas sólo con un

tipo de equipo, automático o manual. Sin embargo, también hay estaciones de monitoreo donde la medición se hace con ambos tipos de equipo. En estos casos debido a que en México no existen especificaciones sobre cuáles datos utilizar para evaluar el cumplimiento de la normatividad vigente para las PM_{10} y $PM_{2.5}$ cuando se cuenta con ambos tipos de medición, en el análisis se dio preferencia a los datos obtenidos en el muestreo manual. Se utilizó este criterio en congruencia con las recomendaciones de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (USEPA) sobre el uso de los datos provenientes de la red manual, pues se considera que la calidad de dichos datos es mejor en relación con la precisión y el sesgo, amén de un mejor control en el laboratorio, en términos de temperatura y humedad (Código Federal de Regulaciones -CFR 40- Partes 50, 53 y 58). Cuando los datos obtenidos en el muestreo manual no cumplieron con los criterios de suficiencia de información para evaluar el cumplimiento de la normatividad vigente se usaron los datos obtenidos del equipo automático.

En el documento, los resultados se presentan a través de gráficas de dispersión donde cada símbolo corresponde a una estación de monitoreo y como referencia un par de líneas que especifican los límites normados y que permite identificar cuando se rebasa o no tal valor. La Figura 3.2 ilustra el tipo de gráfico empleado para realizar la evaluación de cumplimiento de norma. Los símbolos en color verde indican que se cumplió con la norma. Por el contrario, los símbolos en color rojo indican que no se cumplió con ésta al rebasarse al menos uno de los dos límites normados.

Figura 3.2. Representación gráfica de la evaluación del cumplimiento de los límites normados.



En este Informe se presenta, en cada capítulo, sólo la evaluación del cumplimiento de los límites por estación de monitoreo. Sin embargo, para aquellos interesados en un dato representativo a nivel

de ciudad o zona metropolitana y debido a que en las NOM de calidad del aire no se especifica cómo evaluar el cumplimiento de los límites a dicha escala, se sugiere seguir los lineamientos y recomendaciones que utiliza la USEPA para evaluar el cumplimiento de sus normas de calidad del aire en regiones o áreas específicas (CFR, 2014; USEPA, 1998). De acuerdo con esta Agencia, la evaluación del cumplimiento de las normas a escala metropolitana o de ciudad se lleva a cabo calculando un dato representativo a partir de los datos calculados en cada estación de monitoreo. Se considera que el dato que representa las condiciones de la calidad del aire en esta escala es el valor más alto de los indicadores calculados para cada una de las estaciones de monitoreo. Esto es, si en una estación de monitoreo no se cumple con la norma, se considera que en la ciudad o zona metropolitana tampoco se cumple y el valor representativo del incumplimiento corresponde a las peores condiciones registradas en la ciudad. Un ejercicio de esta naturaleza se incluye en el resumen ejecutivo de este informe (Tabla RE1).

3.2.2.2 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala.

El cálculo de esta distribución se generó a partir de los datos diarios conforme a lo que se muestra en la Tabla 3.2. Como puede observarse, en todos los casos se utilizó el criterio de suficiencia de 75% de los datos.

Tabla 3.2 Datos diarios y criterios de suficiencia utilizados para la generación del indicador sobre distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala.

Contaminante	Dato diario	Criterio de suficiencia de información para el cálculo de los datos diarios
PM_{10}	Promedio de 24 horas	Al menos el 75% de los datos horarios (DOF, 2014a)
$PM_{2.5}$	Promedio de 24 horas	Al menos el 75% de los datos horarios (DOF, 2014a)
O_3	Máximo horario en un día	Al menos el 75% de los datos horarios (DOF, 2014b)
SO_2	Promedio de 24 horas	Al menos el 75% de los datos horarios
NO_2	Máximo horario en un día	Al menos el 75% de los datos horarios
CO	Máximo de los promedios móviles de 8 horas	Al menos el 75% de los datos de promedios móviles de 8 horas

Se definió la calidad de aire de cada día de acuerdo con el dato diario obtenido, de acuerdo con los siguientes criterios:

- **Días con calidad del aire buena**: el dato diario obtenido se ubica en el intervalo definido entre cero y la mitad del límite respectivo especificado en las NOM de salud.

- **Días con calidad del aire regular**: el dato diario obtenido se ubica en el intervalo definido entre la mitad del límite respectivo especificado en la NOM de salud y el límite mismo.
- **Días con mala calidad del aire**: el dato diario obtenido rebasa el límite especificado en la NOM respectiva.

En la Tabla 3.3 se muestran el color y calificativo asociado a cada intervalo, así como la definición de los intervalos por contaminante.

Tabla 3.3 Color, calificativo e intervalos de concentración por contaminante.

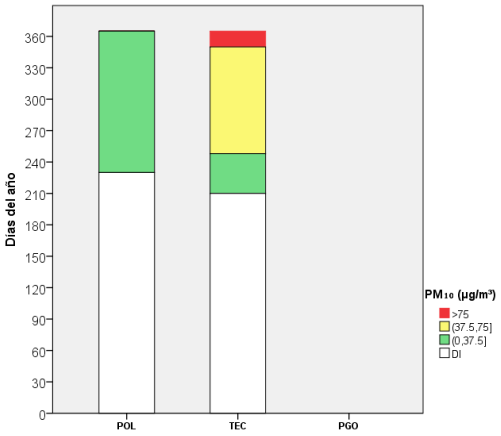
Color	Calificativo de calidad del aire	PM_{10} µg/m³	$PM_{2.5}$ µg/m³	O_3 ppm	SO_2 ppm	NO_2 ppm	CO ppm
Verde	Buena	(0, 37.5]	(0, 22.5]	(0, 0.0475]	(0, 0.055]	(0, 0.105]	(0, 5.5]
Amarillo	Regular	(37.5, 75]	(22.5, 45]	(0.0475, 0.095]	(0.055, 0.110]	(0.105, 0.210]	(5.5, 11]
Rojo	Mala	> 75	> 45	> 0.095	> 0.110	> 0.210	> 11

La distribución de los días con calidad del aire buena, regular y mala se obtuvo por estación de monitoreo para cada SMCA y se representa mediante una gráfica de barras acumulada, en la que cada barra representa un año completo de información que se llena con los colores descritos con antelación. En las barras, el espacio en blanco indica que no se contó con información suficiente para determinar la calidad del aire en ese día, mientras que los espacios vacíos (sin barra) indican que no se realizaron mediciones en esa estación de monitoreo (Figura 3.3). Esto es, el indicador califica la situación que se vivió en cada uno de los días del año en cada estación de monitoreo, de tal forma que para el año 2017 los 365 días quedan agrupados en la descripción de cada barra.

3.2.2.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores a los límites normados vigentes para cada contaminante en 2017.

El cálculo del porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y dióxido de nitrógeno, de 8 horas de monóxido de carbono y de 24 horas de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y dióxido de azufre en 2017 se generó a partir de los datos diarios representativos de cada ciudad o zona metropolitana. Se asume que el valor representativo de cada día del año corresponde a las peores condiciones registradas en la ciudad o zona metropolitana.

Figura 3.3 Ejemplo de la representación gráfica de la distribución de días con calidad del aire buena, regula y mala.



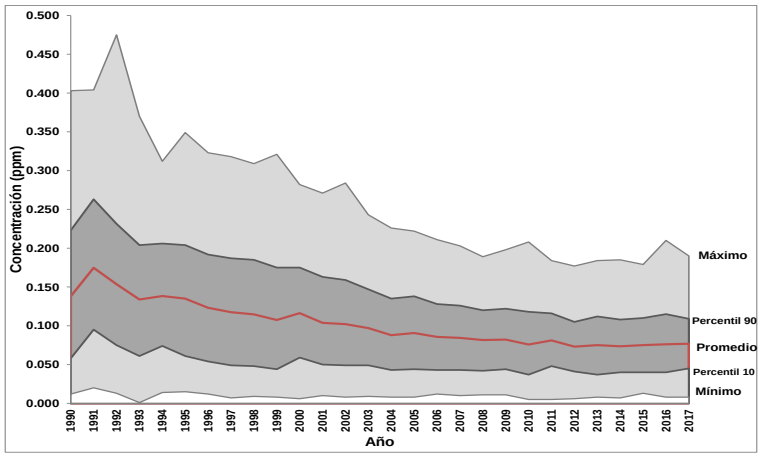
A diferencia del indicador anterior donde la calidad del aire de cada uno de los 365 días del año, o de cada uno de los días con muestreos manuales posibles en un año, es calificada como buena, regular, mala o con información insuficiente, este indicador muestra el porcentaje de días con concentraciones superiores a los límites normados, sobre la base del número de días del año con datos válidos y suficientes. Por ejemplo, suponiendo que en una ciudad que cuenta con monitoreo automático de ozono se reportan datos diarios válidos sólo para 200 días y 50 de ellos corresponden a días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora, el indicador sobre "días con calidad del aire buena, regular y mala" indicaría que en 50 de los 365 días del año, aproximadamente 14% de los días del año, hubo mala calidad del aire, mientras que este indicador señalaría que el 25% de los días con mediciones válidas (50/200) registraron mala calidad del aire. Cada indicador aporta diferente información y puede ser usada para diferentes propósitos.

3.2.2.4 Tendencias de los datos diarios.

La tendencia de los datos diarios, a nivel de ciudad y zona metropolitana, se presenta a través del mínimo, el máximo, el promedio y los percentiles 10 y 90 de todos los datos registrados en todas las estaciones de monitoreo de una zona metropolitana o ciudad durante el periodo de análisis. Con el fin de asegurar que el indicador muestre una tendencia confiable del comportamiento de los contaminantes, se consideraron dos criterios de suficiencia: la suficiencia diaria y la suficiencia anual de los datos diarios, por estación de monitoreo, de al menos el 75% de la información. Así, este indicador solo se presenta para aquellas ciudades o zonas metropolitanas que cumplen con los

criterios anteriores en cada uno de los años del periodo de análisis. En la Figura 3.4 se muestra un ejemplo de la representación gráfica de este indicador.

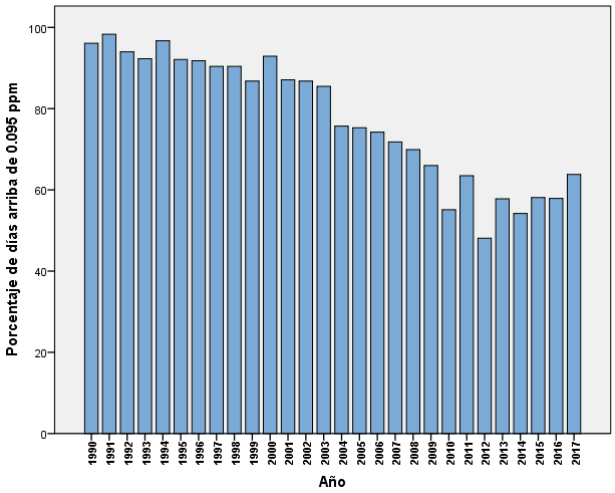
Figura 3.4 Ejemplo de la representación gráfica de las tendencias de los datos diarios



3.2.2.5 Tendencias del porcentaje de días, por año, en que se rebasa el límite normado de cada contaminante.

El cálculo del porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y dióxido de nitrógeno, de 8 horas de monóxido de carbono y de 24 horas de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y dióxido de azufre en el periodo analizado se generó a partir de los datos diarios representativos de cada ciudad o zona metropolitana. El valor representativo corresponde a las peores condiciones registradas en la ciudad o zona metropolitana en cada uno de los días en el periodo analizado. La Figura 3.5 se muestra un ejemplo de la representación gráfica de este indicador.

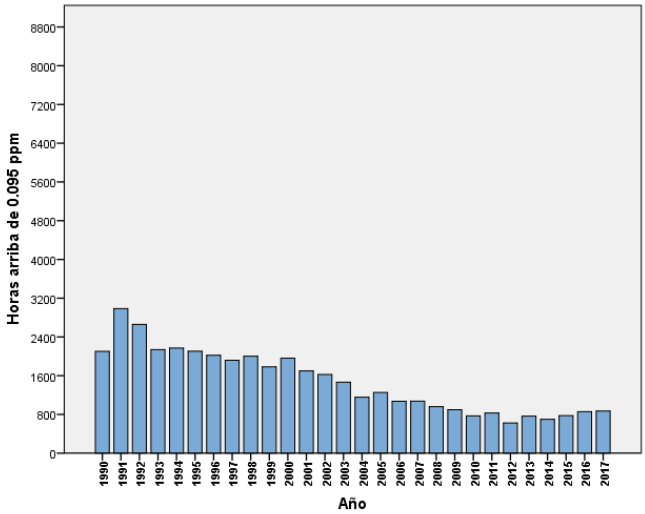
Figura 3.5 Ejemplo de la representación gráfica del porcentaje de días por año, en que se rebasa el límite normado de un contaminante



3.2.2.6 Número de horas por año en que se rebasa el límite normado de ozono

Este indicador muestra el número de horas por año en que se supera el límite normado de una hora de ozono a nivel de ciudad y zona metropolitana. Su uso permite identificar con mayor precisión, que el indicador sobre número de días con concentraciones superiores al límite normado, la evolución de la calidad del aire en una ciudad con respecto a este contaminante. Este indicador se generó a partir de los registros máximos de cada en cada ciudad o zona metropolitana y se asume como representativo de las peores condiciones registradas en la ciudad o zona metropolitana en cada una de las horas del día en el periodo analizado. La Figura 3.6 se muestra un ejemplo de la representación gráfica de este indicador.

Figura 3.6 Ejemplo de la representación gráfica del número de horas, por año, en que se rebasó norma vigente de calidad del aire para ozono.

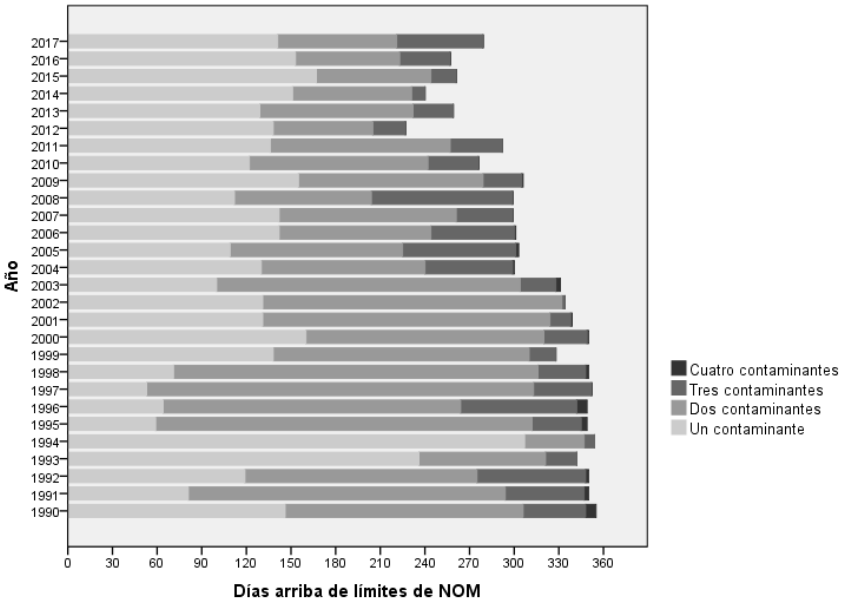


3.2.2.7 Tendencias del número de días, por año, en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante.

Este indicador muestra el número de días por año en que se supera cualquiera de los límites diarios de cualquier contaminante (límite de 1 hora de ozono y dióxido de nitrógeno, de 8 horas de monóxido de carbono y de 24 horas de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y dióxido de azufre) a nivel de ciudad y zona metropolitana. Además, permite identificar el número de días en que se rebasó, el límite de 1 o más contaminantes. Este indicador se generó a partir de los datos diarios representativos de cada ciudad o zona metropolitana y se asume que el valor representativo corresponde a las peores condiciones

registradas en la ciudad o zona metropolitana en cada uno de los días en el periodo analizado. La Figura 3.7 muestra un ejemplo de la representación gráfica de este indicador.

Figura 3.7 Ejemplo de la representación gráfica del número de días, por año, en que se rebasó cualquier norma vigente de calidad del aire.



4. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE BAJA CALIFORNIA.

4.1 Información general.

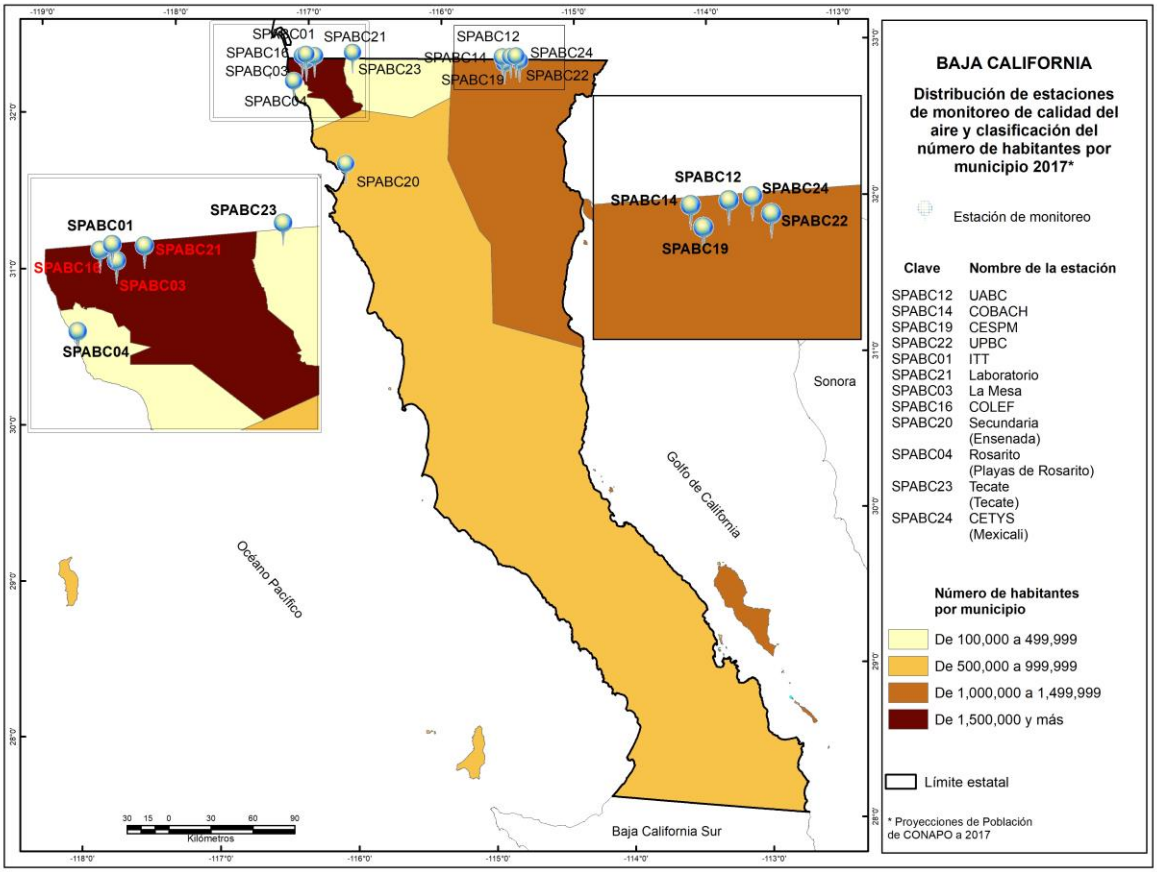
El sistema de monitoreo de la calidad del aire (SMCA) de Baja California, a cargo de la Secretaría de Protección al Ambiente del Gobierno del Estado, estuvo integrado en 2017 por las redes de monitoreo de Mexicali y Tijuana, así como por las estaciones de monitoreo de Ensenada, Playas de Rosarito y Tecate. La Tabla 4.1 muestra las capacidades de medición de contaminantes en cada estación de monitoreo y el año en que cada una de éstas inició su operación. Asimismo, la Figura 4.1, muestra la ubicación geográfica de cada una de las estaciones de monitoreo que conformaron este sistema en el año referido.

Tabla 4.1 Estaciones que conformaron el SMCA de Baja California en el año 2017 y capacidades de medición de contaminantes.

Red de monitoreo	Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes					
				PM_{10}	$PM_{2.5}$	O_3	SO_2	NO_2	CO
Mexicali	UABC	SPABC12	Aut. 2004	¤	✓	✓	✓	✓	✓
			Man. 2004	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	COBACH	SPABC14	Aut. 2004	¤	✓	✓	¤	✓	✓
			Man. 2004	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	CESPM	SPABC19	Aut. 2011	¤	✓	✓	¤	✓	✓
			Man. 2011	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	UPBC	SPABC22	Aut. 2012	¤	¤	✓	¤	✓	✓
	CETYS	SPABC24	Man 2017	✓	¤	¤	¤	¤	¤
Tijuana	ITT	SPABC01	Aut. 2004	¤	¤	✓	¤	¤	✓
			Man. 1995	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Laboratorio	SPABC21	Aut. 2011	¤	✓	✓	¤	✓	✓
			Man. 2011	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	La Mesa	SPABC03	Aut. 2004	✓	✓	✓	✓	✓	✓
			Man. 1996	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	COLEF	SPABC16	Man. 2004	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Secundaria (Ensenada)	SPABC20	Aut. 2011	¤	✓	✓	¤	✓	✓
			Man. 2011	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Rosarito (Playas de Rosarito)	SPABC04	Aut. 2005	✓	¤	✓	✓	✓	✓
			Man. 1996	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Tecate (Tecate)	SPABC23	Aut. 2004	¤	✓	✓	¤	✓	✓
			Man.2004	✓	¤	¤	¤	¤	¤

Aut. = Equipo automático.
Man. = Equipo manual.
¤ = No cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.
✓ = Cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.
Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la Secretaría de Protección al Ambiente del Gobierno del Estado de Baja California.
.

Figura 4.1 Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Baja California, 2017.



Es importante mencionar, que en este año salieron de operación las estaciones manuales SPABC11-CONALEP y SPABC15-Progreso que estaban ubicadas en Mexicali. Con el equipamiento de la estación SPABC15 inició operaciones la estación SPABC24-CETYS ubicada también en Mexicali.

4.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Baja California para el año 2017 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas (NOM) en la materia y la distribución del número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo. Así mismo, se incluye una descripción, a nivel de municipio, sobre las tendencias del año 1997 a 2017 con respecto al promedio, mínimo, máximo y percentiles 10 y 90 de las concentraciones diarias, número de días con concentraciones superiores a los límites normados vigentes para cada contaminante y, número de días en que se rebasa cualquier norma de calidad del aire.

4.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire.

En esta sección se analiza el cumplimiento de las NOM para cada contaminante y estación de monitoreo en el año 2017 en Baja California. Los resultados se presentan en la Figura 4.2 y en la Tabla 4.2 para aquellas estaciones de monitoreo donde se produjo información suficiente para hacer tal evaluación. Los valores normados usados como referencia para realizar la evaluación de cumplimiento son indicados en cada figura. La información analizada revela que:

- En 2017, Baja California contó con infraestructura para llevar a cabo la medición de PM_{10} con equipo manual en 11 estaciones de monitoreo, pero sólo se llevaron a cabo mediciones en 9 de ellas; 4 en Mexicali, 3 en Tijuana, 1 en Ensenada y 1 en Tecate. En 3 de estas 9 estaciones se generó información suficiente para evaluar el cumplimiento de los límites normados de este contaminante. En las 3 se incumplió con los mismos, al rebasar tanto el límite de 24 horas como el anual. La concentración más alta, tanto como promedio de 24 horas como anual, se registró en SPABC19 (CESPM) con 274 $\mu g/m^3$ y 95 $\mu g/m^3$, respectivamente. El primero equivale a 3.6 veces el valor normado y el segundo a 2.4 veces el límite respectivo.

- De las 7 estaciones con capacidad para medir $PM_{2.5}$, solo en 4 se realizó tal medición. Dos en la ciudad de Mexicali y dos en la ciudad de Tijuana. En ninguna se cumplió la Norma. La concentración más alta, como promedio de 24 horas, se registró en la estación SPABC14 (COBACH) ubicada en Mexicali y fue de 174 $\mu g/m^3$, que equivale a 3.9 veces el límite normado. El promedio anual más alto se registró en SPABC03 (La Mesa) ubicada en Tijuana y fue de 28 $\mu g/m^3$, que equivale a 2.3 veces el límite normado correspondiente.

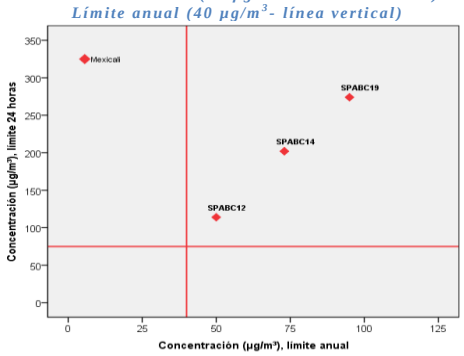
- El ozono sólo se midió en dos estaciones. En Mexicali (SPABC14, COBACH) se cumplió con los dos límites normados, mientras que la estación ubicada en Tijuana (SPABC21, Laboratorio) se incumplió el límite de 8 horas ya que en el mes de mayo se registró una concentración de 0.079 ppm, que equivale a 1.1 veces el límite normado.

- Las concentraciones de monóxido de carbono y dióxido de nitrógeno cumplieron con sus respectivos límites normados en todas las estaciones de monitoreo en donde se generó información suficiente para su evaluación. Por su parte el dióxido de azufre sólo se midió en la estación SPABC12-UABC ubicada en Mexicali y no generó información suficiente para la evaluación de sus límites normados.

Figura 4.2 Evaluación del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Baja California, en el año 2017.

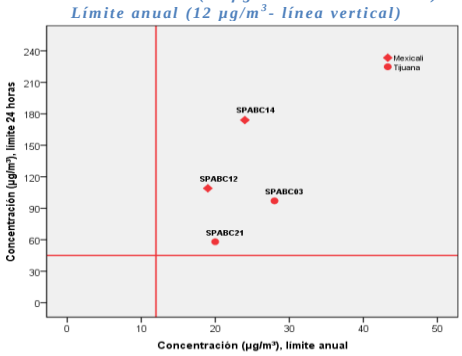
Partículas Suspendidas – PM_{10}

Límite de 24 horas (75 µg/m³- línea horizontal)
Límite anual (40 µg/m³- línea vertical)



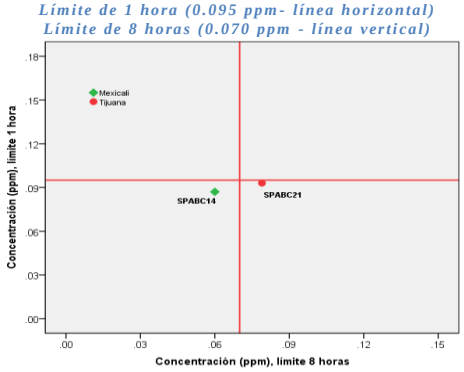
Partículas Suspendidas – $PM_{2.5}$

Límite de 24 horas (45 µg/m³- línea horizontal)
Límite anual (12 µg/m³- línea vertical)



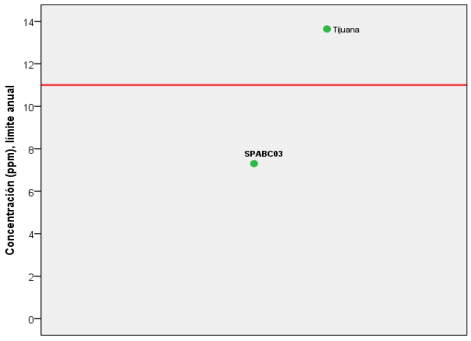
Ozono – O_3

Límite de 1 hora (0.095 ppm- línea horizontal)
Límite de 8 horas (0.070 ppm - línea vertical)



Monóxido de carbono - CO

Límite de 8 horas (11 ppm - línea horizontal)



Dióxido de nitrógeno – NO_2

Límite de 8 horas (0.210 ppm - línea horizontal)

Dióxido de azufre – SO_2

Límite de 8 horas (0.200 ppm- línea vertical)
Límite de 24 horas (0.110 ppm - línea horizontal)

En ninguna estación se contó con información suficiente para evaluar el cumplimiento de los límites

Dióxido de azufre – SO_2

Límite anual (0.025 ppm- línea horizontal)

En ninguna estación se contó con información suficiente para evaluar el cumplimiento de los límites

SPABC12 – UABC, Mexicali
SPABC14 – COBACH, Mexicali
SPABC19 – CESPM, Mexicali
SPABC03 – La Mesa, Tijuana
SPABC21 – Laboratorio, Tijuana

Tabla 4.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Baja California, en el año 2017.

Contaminante	Límite normado		Mexicali					Tijuana				Ensenada	Rosarito	Tecate
			SPABC 12	SPABC 14	SPABC 19	SPABC 22	SPABC 24	SPABC 01	SPABC 21	SPABC 03	SPABC 16	SPABC 20	SPABC 04	SPABC 23
(1)PM_{10}	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m^3	114	202	274	¤	DI	DI	DI	DI	FO	DI	FO	DI
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m^3	50	73	95	¤	DI	DI	DI	DI	FO	DI	FO	DI
(1)$PM_{2.5}$	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m^3	109	174	FO	¤	¤	¤	58	97	¤	FO	¤	FO
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m^3	19	24	FO	¤	¤	¤	20	28	¤	FO	¤	FO
(2)O_3	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	FO	0.087	FO	FO	¤	FO	DI	FO	¤	FO	FO	FO
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	FO	0.060	FO	FO	¤	FO	DI	FO	¤	FO	FO	FO
(3)CO	8 hrs	2°Máximo ≤ 11 ppm	DI	DI	FO	FO	¤	FO	FO	7	¤	FO	FO	FO
(4)NO_2	1 hr	2°Máximo ≤ 0.210 ppm	DI	0.063	FO	FO	¤	¤	FO	0.053	¤	FO	FO	FO
(5)SO_2	8 hrs	2°Máximo ≤ 0.200 ppm	DI	¤	¤	¤	¤	¤	¤	FO	¤	¤	FO	¤
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	DI	¤	¤	¤	¤	¤	¤	FO	¤	¤	FO	¤
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	DI	¤	¤	¤	¤	¤	¤	FO	¤	¤	FO	¤

(1) NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a);
(2) NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b);
(3) NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1993);
(4) NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994);
(5) NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010).

DI = Datos insuficientes; FO = Fuera de operación; ¤ = No cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante; Cumple con el límite normado; No cumple con el límite normado.

- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año, ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas, 24 horas o anual, de acuerdo al contaminante y límite normado.
- Las NOM de partículas, ozono y dióxido de azufre se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen todos los límites normados.

4.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala.

Este indicador, se generó tanto con la información proveniente de los equipos de medición automática como manual e ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo, en términos de la frecuencia con que se presentan días con calidad del aire buena, regular y mala con respecto a cada contaminante de acuerdo con los intervalos definidos en la sección 3.3.2 del capítulo de metodología. En la Figura 4.3 se puede observar que:

- En todas las estaciones de monitoreo de Baja California se registraron días con mala calidad del aire por PM_{10}, lo que indica que se trata de un problema generalizado en la entidad. En las estaciones SPABC19 y SPABC21 ubicadas en Mexicali y Tijuana respectivamente fue más frecuente la ocurrencia de días en esta condición, 24 y 21 días en cada una. Destaca también, que si bien en todas las estaciones hubo días en que no se registraron mediciones válidas, fue en las estaciones de Ensenada y Tecate donde más días se contabilizaron sin datos. En la Figura correspondiente a este contaminante, la escala sólo llega a 60 porque los datos analizados provienen del monitoreo manual que se realizó cada 6 días.

- Con respecto a las partículas suspendidas $PM_{2.5}$, en las 4 estaciones que midieron el contaminante, 2 en Mexicali y 2 en Tijuana, se registraron días con mala calidad del aire. Las estaciones SPABC14 y SPABC12 ubicadas en Mexicali registraron 44 y 25 días en rojo, mientras que SPABC03 y SPABC21 ubicadas en Tijuana registraron 34 y 3 días en esta condición, respectivamente.

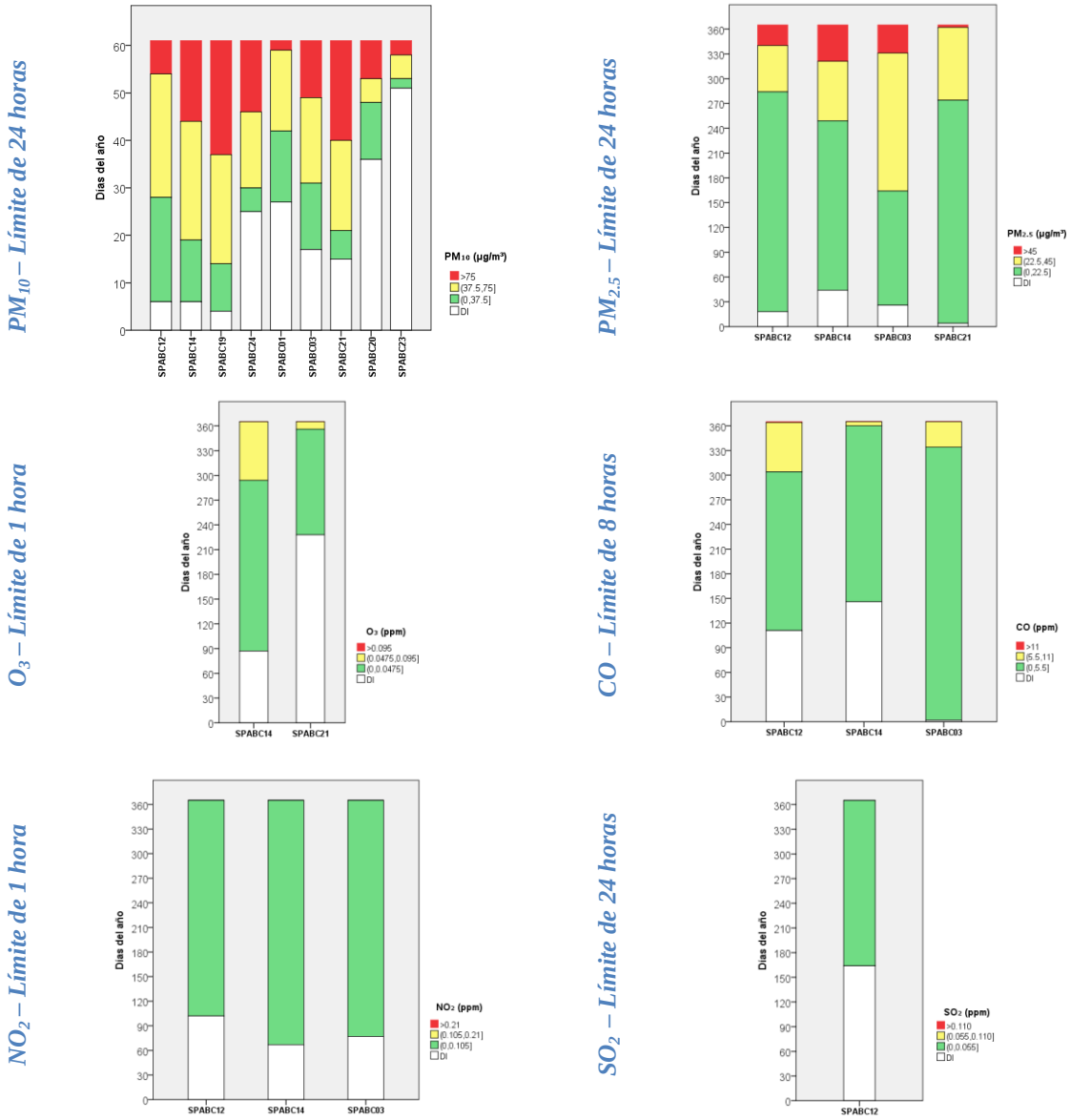
- En relación al ozono, en ninguna de las dos estaciones que midieron el contaminante, una en Mexicali y otra en Tijuana, se registraron días con mala calidad del aire. Sin embargo, es importante mencionar que en ambas hubo bastantes días con información insuficiente para tener un dato representativo del día o bien no se midió. En la estación de Tijuana por ejemplo, el 62% de los días del año no fue posible evaluar la calidad del aire.

- Para el dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre se observa que no se registró ni un día con mala calidad del aire por estos contaminantes en ninguna estación de monitoreo. En ambos casos predominaron los días con calidad del aire buena.

- El monóxido de carbono registró un día con mala calidad del aire en la estación SPABC12 ubicada en Mexicali. Esto, sin embargo, no se reflejó en incumplimiento de la norma

correspondiente porque para dicha evaluación se toma en consideración el segundo máximo.

Figura 4.3 Distribución de los días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo en Baja California, en el año 2017.



SPABC12 – UABC, Mexicali
SPABC14 – COBACH, Mexicali
SPABC19 – CESPM, Mexicali
SPABC24 – CETYS, Mexicali
SPABC03 – La Mesa, Tijuana
SPABC21 – Laboratorio, Tijuana
SPABC20 – Secundaria, Ensenada
SPABC23 – Tecate, Tecate

A nivel de ciudad, la Tabla 4.3 muestra el porcentaje de días del año 2017 con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y dióxido de nitrógeno, de 8 horas de monóxido de

carbono y de 24 horas de partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y dióxido de azufre. La escasa información disponible indica que el contaminante que con mayor frecuencia determina una condición de mala calidad del aire (que significan concentraciones por arriba del límite de norma) en Mexicali, Tijuana, Ensenada y Tecate, son las PM_{10}, en donde más del 30% de los días con información válida para cada ciudad indican esta condición. Le siguen las $PM_{2.5}$ en Mexicali y Tijuana con porcentajes de días con concentraciones por arriba de 45 µg/m³ de 3 y 9%, respectivamente. Así mismo, destaca el hecho de que en Mexicali se rebasó en 0.3% de los días el límite de 8 horas de monóxido de carbono.

Tabla 4.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de O_3 y NO_2, de 8 horas de CO y de 24 horas de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y SO_2 en Baja California en el año 2017.

Ciudad	PM_{10}**			$PM_{2.5}$*			O_3*		
	No. días con datos válidos	No. días > 75 µg/m³	% días > 75 µg/m³	No. días con datos válidos	No. días > 45 µg/m³	% días > 45 µg/m³	No. días con datos válidos	No. días > 0.095 ppm	% días > 0.095 ppm
Mexicali	58	26	45%	362	46	13%	278	0	0%
Tijuana	53	24	45%	365	34	9%	137	0	0%
Ensenada	25	8	32%	FO	FO	FO	FO	FO	FO
Rosarito	FO	FO	FO	¤	¤	¤	FO	FO	FO
Tecate	10	3	30%	FO	FO	FO	FO	FO	FO

Ciudad	CO*			NO_2*			SO_2*		
	No. días con datos válidos	No. días > 11 ppm	% días > 11 ppm	No. días con datos válidos	No. días > 0.210 ppm	% días > 0.210 ppm	No. días con datos válidos	No. días > 0.110 ppm	% días > 0.110 ppm
Mexicali	332	1	0.3%	348	0	0%	201	0	0%
Tijuana	363	0	0%	288	0	0%	FO	FO	FO
Ensenada	FO	FO	FO	FO	FO	FO	¤	¤	¤
Rosarito	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO
Tecate	FO	FO	FO	FO	FO	FO	¤	¤	¤

* Estimado con datos provenientes de monitoreo automático.
** Estimado con datos provenientes de monitoreo manual.
FO = Fuera de operación
¤ = No cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante

4.4 Tendencia de los datos diarios

Las Figuras 4.4 a 4.9 muestran la tendencia del mínimo, el máximo, el promedio y los percentiles 10 y 90 para PM_{10}, $PM_{2.5}$, O_3, CO, NO_2 y SO_2, respectivamente, a nivel de ciudad, en el periodo 1997 a 2017 de acuerdo con la disponibilidad de información. Para la mayoría de los contaminantes

es difícil establecer una tendencia puesto que en varios años no fue posible calcular el indicador por la falta de datos.

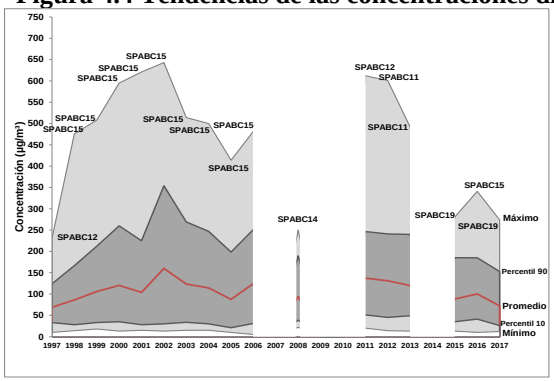
Con respecto de las PM_{10} se calculó el indicador a partir de los muestreos manuales. En Mexicali se contó con información suficiente en los periodos y años: 1997 a 2006, 2008, 2011 a 2012 y 2015 a 2017, en el primer periodo no se aprecia una tendencia clara; en cambio, en el último se aprecia una ligera baja en los valores del percentil 90, promedio y percentil 10. En Tijuana, los periodos con información suficiente fueron más cortos: 1997 a 2000, 2002 a 2006, 2011 a 2013, 2015 y 2017, lo anterior complica establecer una tendencia del contaminante a través del tiempo; sin embargo, por los valores alcanzados en el último año parece que van a la alza. Para Ensenada, Tecate y Rosarito fueron muy escasos los años en los que se logró generar el indicador.

En relación a las $PM_{2.5}$, Mexicali es la ciudad de la entidad en donde por más tiempo se ha medido el contaminante; sin embargo, fue escasa la información para calcular los indicadores y establecer una tendencia. Se contó con información suficiente en los periodos: 2006 a 2008, 2014 a 2015 y 2017. Tijuana cuenta con información suficiente en los dos últimos años y en estos los valores del percentil 10, 90 y promedio fueron prácticamente iguales.

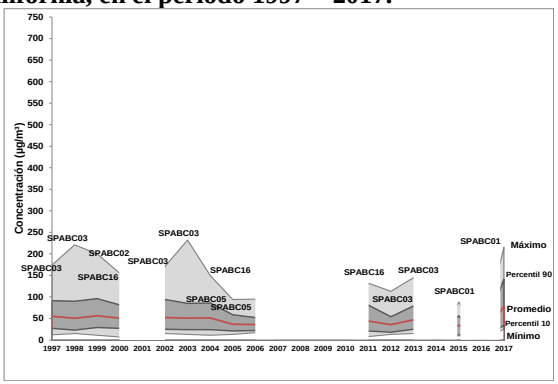
Para el ozono, se aprecia que en Tijuana se contó en un periodo de años consecutivos, 1998 a 2012, con información suficiente, se observa el 2011 como el año con las concentraciones más bajas de todo el periodo. En el resto del periodo no hay mucha variabilidad en los indicadores entre un año y otro. En Mexicali no se contó con información suficiente en periodos continuos, en los últimos dos años los valores de los indicadores son casi constantes. En Rosarito, para el periodo 2001 a 2010 se observa una tendencia a la baja, y por último en Tecate, debido a la escasa información, no es posible establecer una tendencia. En Ensenada no se generó información suficiente en ninguno de los años analizados.

Figura 4.4 Tendencias de las concentraciones diarias de PM_{10}, en Baja California, en el periodo 1997 – 2017.

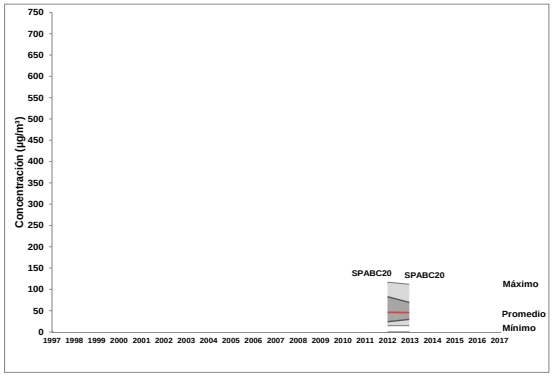
Mexicali *(1997– 2017)*



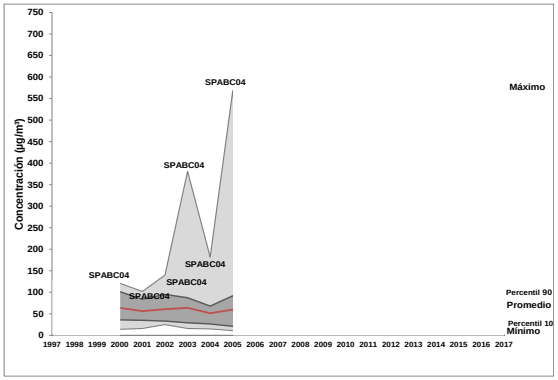
Tijuana *(1997-2017)*



Ensenada *(2011 – 2017)*



Rosarito *(2000 – 2017)*



Tecate *(1999 – 2017)*

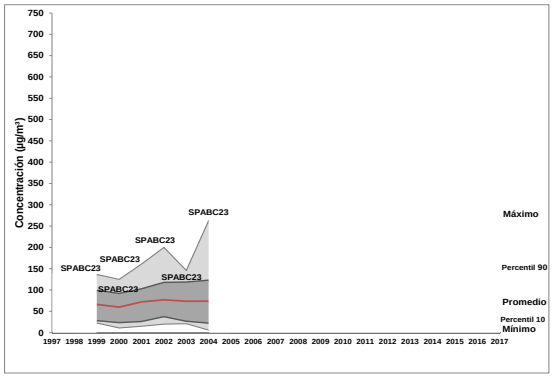
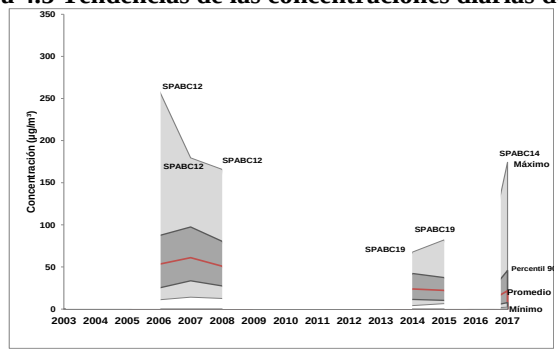


Figura 4.5 Tendencias de las concentraciones diarias de $PM_{2.5}$, en Baja California, en el periodo 2003 – 2017.

Mexicali (2003– 2017)



Tijuana (2015-2017)

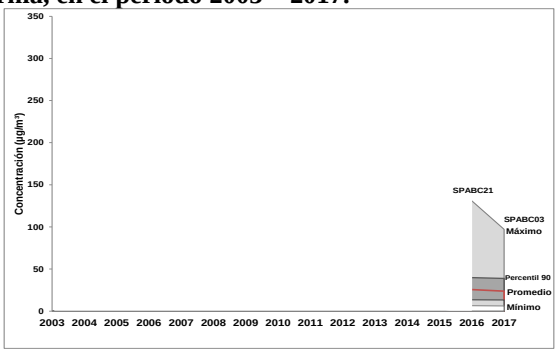
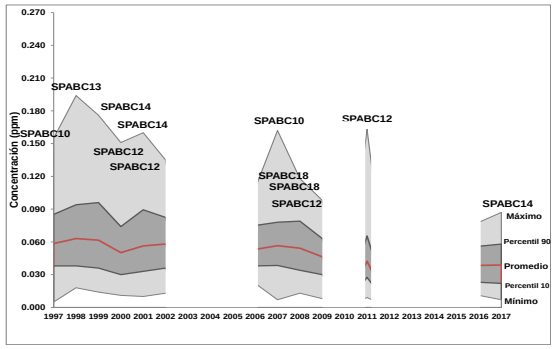
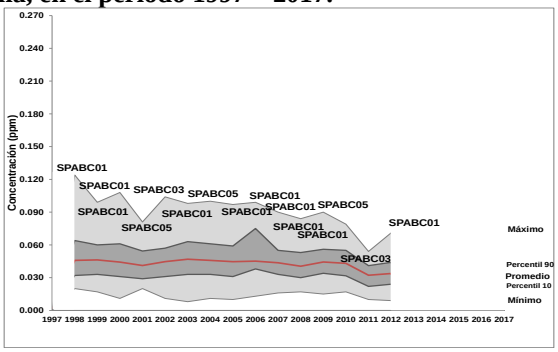


Figura 4.6 Tendencias de las concentraciones diarias de O_3, en Baja California, en el periodo 1997 – 2017.

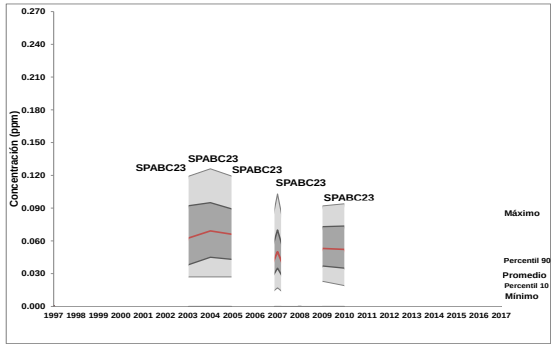
Mexicali (1997– 2017)



Tijuana (1997-2017)



Tecate (2000 – 2017)



Rosarito (2000 – 2017)

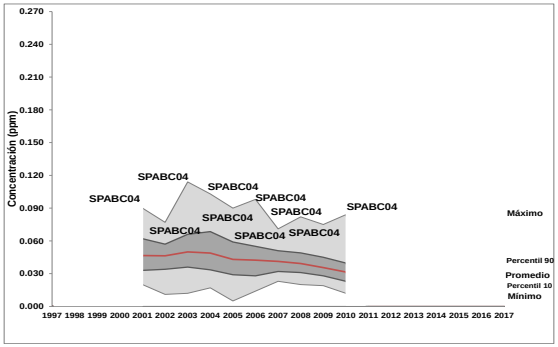
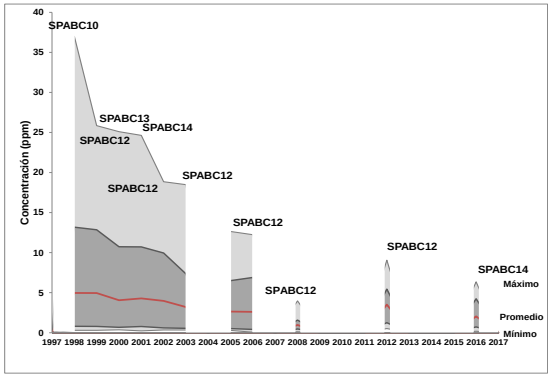
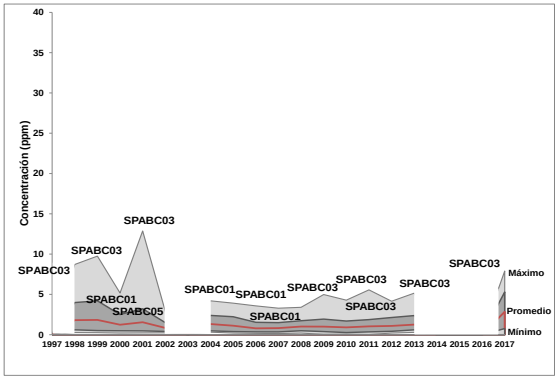


Figura 4.7 Tendencias de las concentraciones diarias de CO, en Baja California, en el periodo 1997 – 2017.

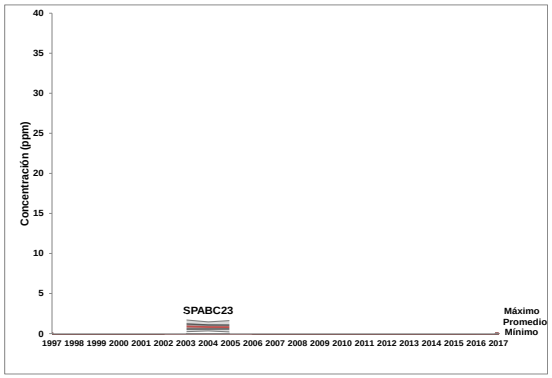
Mexicali *(1997– 2017)*



Tijuana *(1997-2017)*



Tecate *(2000 – 2017)*



Rosarito *(2000 – 2017)*

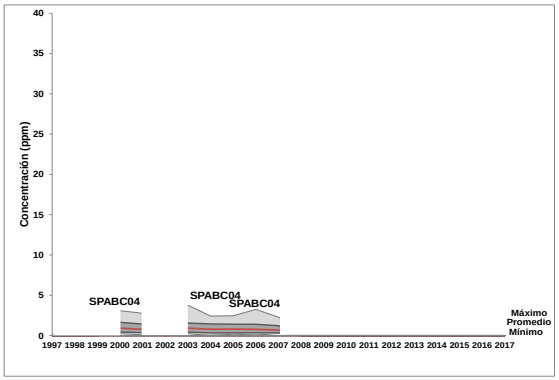
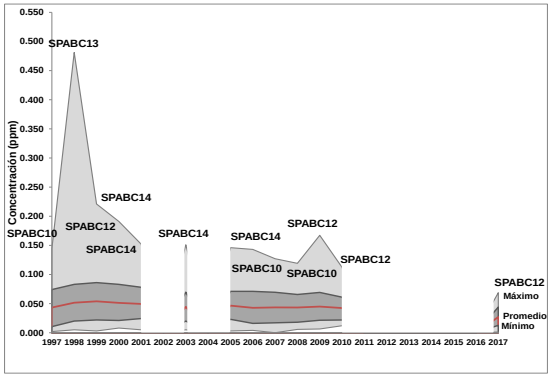
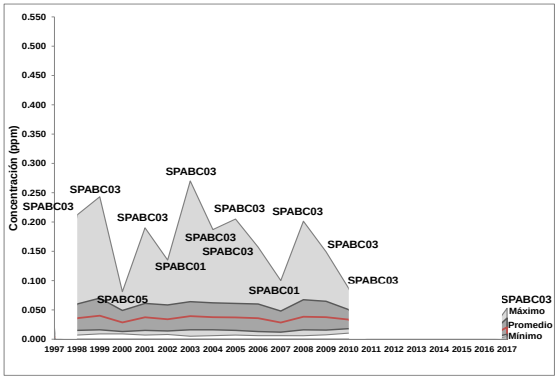


Figura 4.8 Tendencias de las concentraciones diarias de NO_2, en Baja California, en el periodo 1997 – 2017.

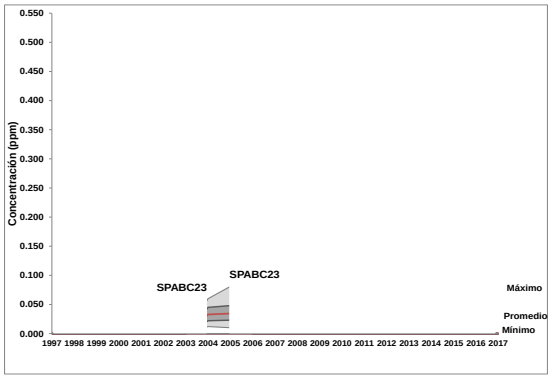
Mexicali *(1997– 2017)*



Tijuana *(1997-2017)*



Tecate *(2000 – 2017)*



Rosarito *(2000 – 2017)*

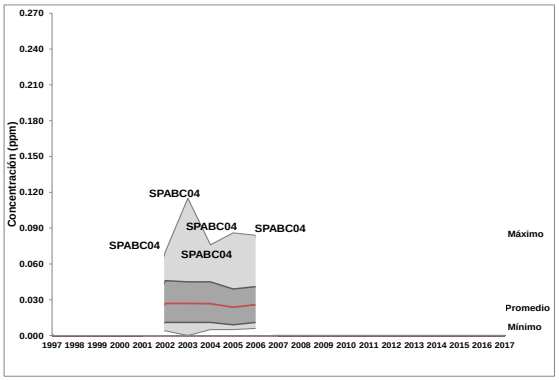
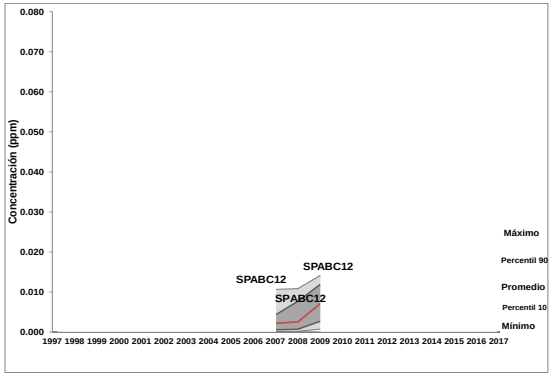
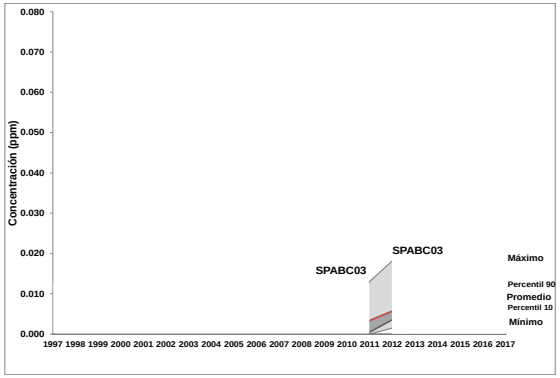


Figura 4.9 Tendencias de las concentraciones diarias de SO_2, en Baja California, en el periodo 1997 – 2017.

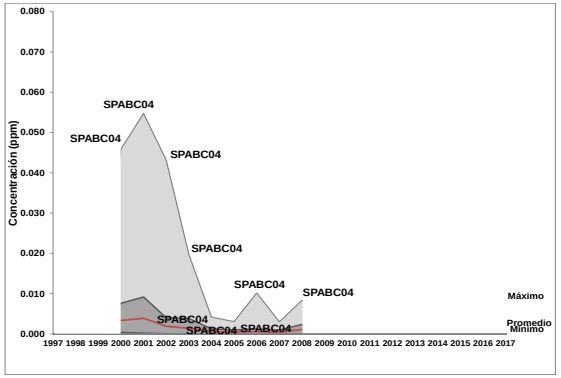
Mexicali *(1997– 2017)*



Tijuana *(1997-2017)*



Rosarito *(2000 – 2017)*



En el caso del monóxido de carbono, a pesar de los años sin información suficiente, se aprecia una tendencia a la baja en todos los indicadores de 1999 a 2008 en Mexicali, después de ese año parece que hay una tendencia a la alza, sin embargo, esto no se puede confirmar debido a la intermitencia de la información disponible. En Tijuana, en general, las concentraciones fueron bajas y con muy poca variabilidad hasta el año 2013. En 2017 los valores del percentil 10, el promedio, el percentil 90 y máximo son más altos que en el resto de los años. En Tecate y Rosarito la información fue muy escasa y en ambos casos las concentraciones del contaminante en todos los indicadores son menores a las de Mexicali y Tijuana. En Ensenada no se generó información suficiente en ningún año del periodo analizado.

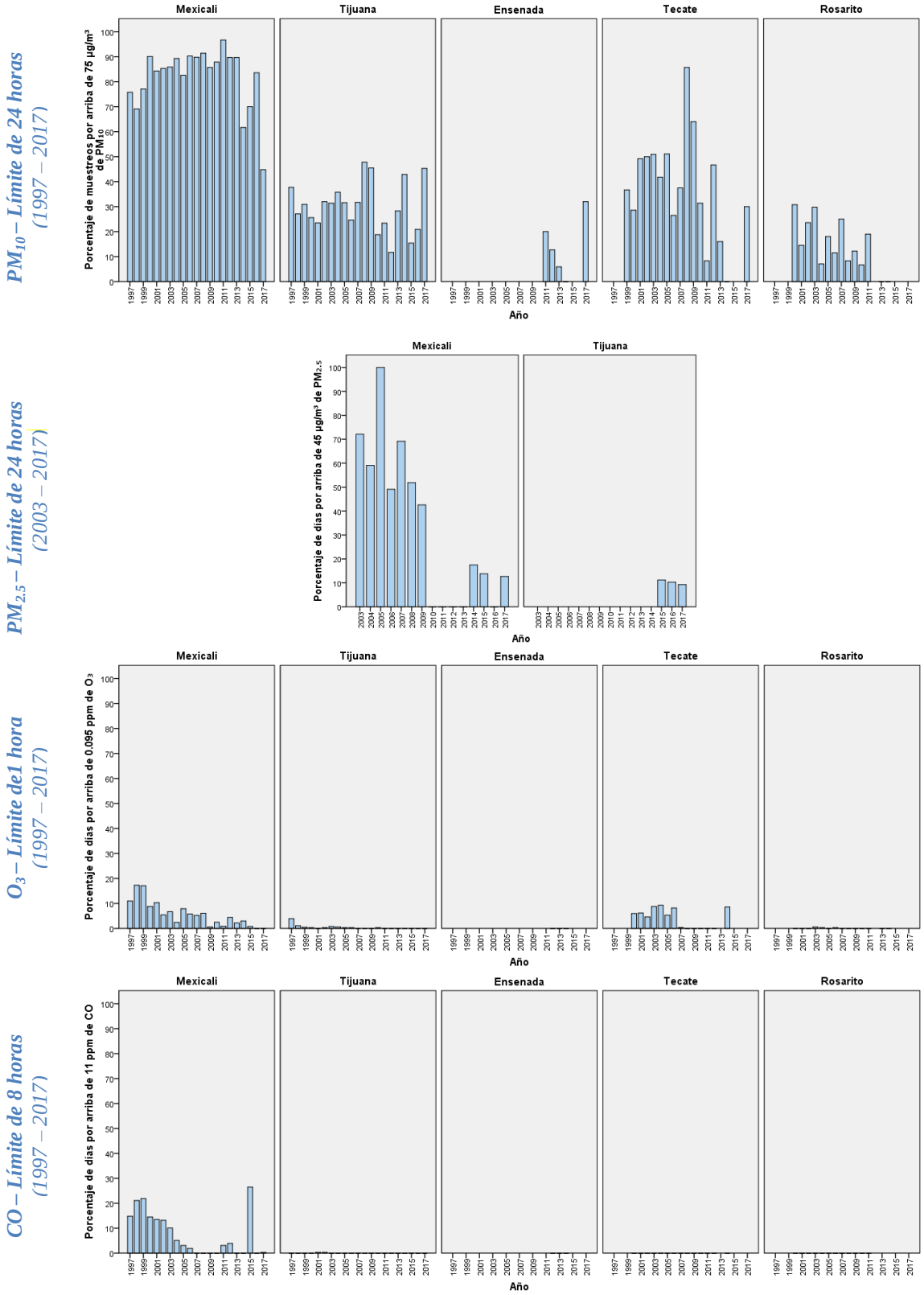
Para el dióxido de nitrógeno se contó con información suficiente para algunos años en Mexicali, Tijuana, Tecate y Rosarito. En las cuatro ciudades los indicadores del percentil 10, promedio y percentil 90 no muestran mucha variabilidad. En términos del máximo, en Mexicali se aprecia una disminución en las concentraciones, en Tijuana y Rosarito no se aprecia ninguna tendencia.

Por último, para el dióxido de azufre, la información fue más escasa todavía y se midió en Mexicali, Tijuana y Rosarito. Esta última ciudad cuenta con el mayor número de años con información suficiente en el periodo 2000 a 2008, para el cual se aprecia una clara tendencia decreciente hasta el año 2007 en el percentil 10, promedio y percentil 90.

4.5 Porcentaje de días por año en que se rebasa el límite normado de cada contaminante.

La Figura 4.10 presenta la evolución del porcentaje de días por año con concentraciones superiores al límite normado vigente para cada contaminante a nivel de ciudad. En el caso de las PM_{10}, el análisis se realizó con la información proveniente de los equipos manuales.

Figura 4.10 Tendencia del porcentaje de días, por año, con concentraciones superiores a los límites normados vigentes de cada uno de los contaminantes analizados, en el periodo 1997 – 2017.



Con respecto a las PM_{10} se observa que Mexicali es la ciudad que históricamente ha registrado más muestreos por año con concentraciones por arriba del límite normado, le siguen Tecate y Tijuana. En Mexicali, excepto por el año 2017, en todos los demás años el porcentaje de muestreos por arriba de 75 µg/m³ es superior al 60%. De 1998 a 2011 se aprecia una tendencia creciente, al igual que de 2014 a 2016. En Tijuana se observa que en los años 2008, 2009 y 2017 el porcentaje de muestreos por arriba del límite fueron más altos, alcanzando el 48% para el primer año y el 45% para los dos últimos. En Tecate, destaca una tendencia creciente en el porcentaje de muestreos por arriba del límite normado de 2007 a 2008 al pasar de 38% al 86%, levemente por debajo del alcanzado en Mexicali para el mismo año. En 2015 y 2016 no se midió el contaminante. En Rosarito no hay una tendencia clara, unos años a la alza y otros a la baja, los años con los mayores porcentajes de muestreos por arriba del límite normado fueron el 2000 y 2003 con porcentajes de 31 y 30%, respectivamente. En 2012 y de 2015 a 2017 no se midió el contaminante. En Ensenada, el contaminante se midió en el periodo 2011 a 2014 y en el año 2018, en este último el porcentaje de días por arriba del límite normado fue del 32%, superior a los registrados en el periodo 2011 a 2014, en donde incluso la tendencia fue decreciente.

En relación a las $PM_{2.5}$, se observa, en general, una tendencia decreciente en el porcentaje de días por arriba de 45 µg/m³ en los años en los que reportaron mediciones válidas; sin embargo, cabe destacar que el 100% del año 2005 correspondió a cinco días con promedios de 24 horas válidos. De 2010 a 2013 el equipo estuvo fuera de operación y en 2016 no se cuenta con información del contaminante en el INECC. En Tijuana el contaminante se empezó a medir recientemente (en 2015), se observa una muy leve tendencia decreciente en el porcentaje de días por arriba del límite normado, el cual pasó del 11% en 2015 al 9% en 2017.

En el caso del ozono, el indicador muestra un problema menos severo que en las PM_{10}. En general, para Mexicali, se observa una tendencia decreciente en el porcentaje de días por arriba del límite de 1 hora. En 1998 este fue de 17% y en el último año (2017) ningún día superó las 0.095 ppm.

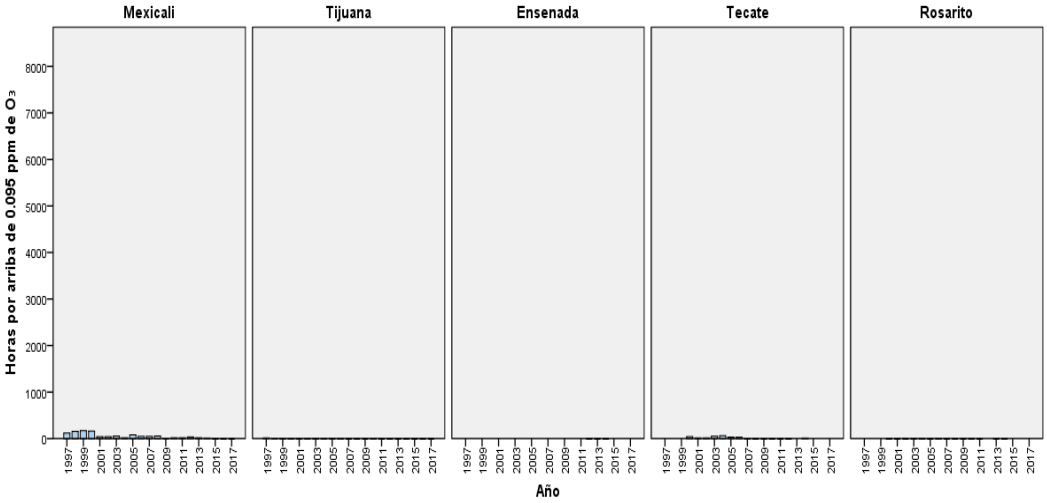
El monóxido de carbono ha presentado días por arriba del límite normado en Mexicali y Tijuana, aunque en esta última ciudad de manera muy poco frecuente, sólo en un día en el 2001 y 2002. En Mexicali se observa una clara tendencia decreciente de 1999 a 2006. De 2007 a 2010 no se excedió el límite, al igual que en 2013, 2014 y 2016. En 2015 el porcentaje por arriba de límite de 8 horas fue del 27% y en 2017 del 0.3%.

El dióxido de nitrógeno presentó de manera esporádica días por arriba del límite normado. No más de 3 días en algunos años en Mexicali y no más de 2 días en Tijuana. Debido a lo anterior no se muestra la gráfica con las tendencias del indicador en la Figura 4.10. Por su parte el dióxido de azufre se mantuvo dentro del límite normado de 24 horas en la entidad durante todo el periodo analizado.

4.6 Número de horas por año en que se rebasa el límite normado de ozono.

Otro indicador útil para visualizar con detalle la evolución de los problemas de calidad del aire por ozono a través de tiempo es el número de horas al año en el que se rebasa el límite normado de una hora. En este caso, el indicador se generó a nivel de ciudad y la Figura 4.11 muestra que en ninguna de las ciudades evaluadas se superó el 3% de las horas del año con concentraciones de ozono superiores al límite normado vigente. De manera particular por ciudad, destaca que en Mexicali el periodo de años con la mayor cantidad de horas con concentraciones por arriba del límite normado fue de 1997 a 2000 con 119 a 169 horas en esta condición, en tanto que en 2016 y 2017 no se registró ninguna hora por arriba de este umbral. En Tecate se observa que en muy pocas horas se superó el límite de 0.095 ppm, no más de 65 por año entre el 2000 y 2006, en 2014 fueron 10 horas. En Tijuana y Rosarito fueron muy pocas las horas que se excedió el umbral. En 1997 en Tijuana se presentó el mayor número de horas con esta condición con 15.

Figura 4.11 Tendencia del número de horas, por año, con concentraciones superiores a 0.095 ppm de ozono en el periodo 1997 – 2017.



4.7 Número de días por año en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante.

La Tabla 4.4 y la Figura 4.12 muestran la tendencia histórica del número de días por año en que se incumplió cualquier norma vigente de calidad del aire a nivel de ciudad. En ellas se puede observar que Mexicali es la ciudad en la que se presentó la peor situación en relación al indicador del número de días por año en que se incumplió cualquier norma vigente de calidad del aire en Baja California. El periodo más crítico fue de 1997 a 2009 con no menos de 92 días por año en esta condición. Los contaminantes que más han contribuido a la situación anterior son el O_3, las PM_{10}, el CO y las $PM_{2.5}$. Los años 2007 y 2008 registraron el mayor número de días con incumplimiento de al menos una norma de calidad del aire con un total de 240 y 212 días respectivamente, los cuales se debieron principalmente a las $PM_{2.5}$ (con 170 y 171 días en cada año), así como a combinaciones en un mismo día de las PM_{10} y $PM_{2.5}$ en 34 y 29 días en cada año. También se presentaron combinaciones de O_3 y PM_{10}, O_3 y $PM_{2.5}$, O_3 y CO, y hasta de tres contaminantes. De 2010 a 2017, si bien, el número de días en la condición referida disminuyó con respecto al periodo anterior, un número importante de días siguieron presentando dicha condición, desde 51 días en 2016 hasta 98 en 2015, sin mostrar una tendencia clara. Al igual que en el primer periodo, los contaminantes que más contribuyeron a la situación anterior fueron por orden de importancia PM_{10}, $PM_{2.5,}$ O_3 y CO.

En Tijuana también se incumplió la normatividad vigente de calidad del aire en todos los años del periodo analizado, los años con el mayor número de días en dicha condición fueron 2010 y 2011 con un total de 43 y 46 días, respectivamente. De ellos, en 40 y 43 se rebasó el límite normado de un solo contaminante (principalmente PM_{10} y $PM_{2.5}$), y en ambos años en 3 días se rebasaron los límites de dos contaminantes (PM_{10} y $PM_{2.5}$). A diferencia de Mexicali, en Tijuana el número de contaminantes que superan el límite normado en un mismo día fue de dos, mientras que en Mexicali fueron hasta tres.

Tecate también registró días con concentraciones superiores a los límites normados de calidad del aire para al menos un contaminante, así por ejemplo, en el periodo analizado la cantidad de días por año en esta condición varió entre 1 (en 2011) y 50 (en 2003). Los años 2003 y 2004 fueron en los que se rebasó con más frecuencia el límite normado tanto de un contaminante, principalmente PM_{10}, o bien, de dos contaminantes, PM_{10} y O_3.

Rosarito también presenta días donde se rebasan los límites normados de calidad del aire para al menos un contaminante; sin embargo, son menos frecuentes que en otras ciudades de la entidad (varían entre el 0.3% en 2008 y el 5% en 2003) y lo más común es que se rebase el límite de un solo contaminante, predominantemente PM_{10}.

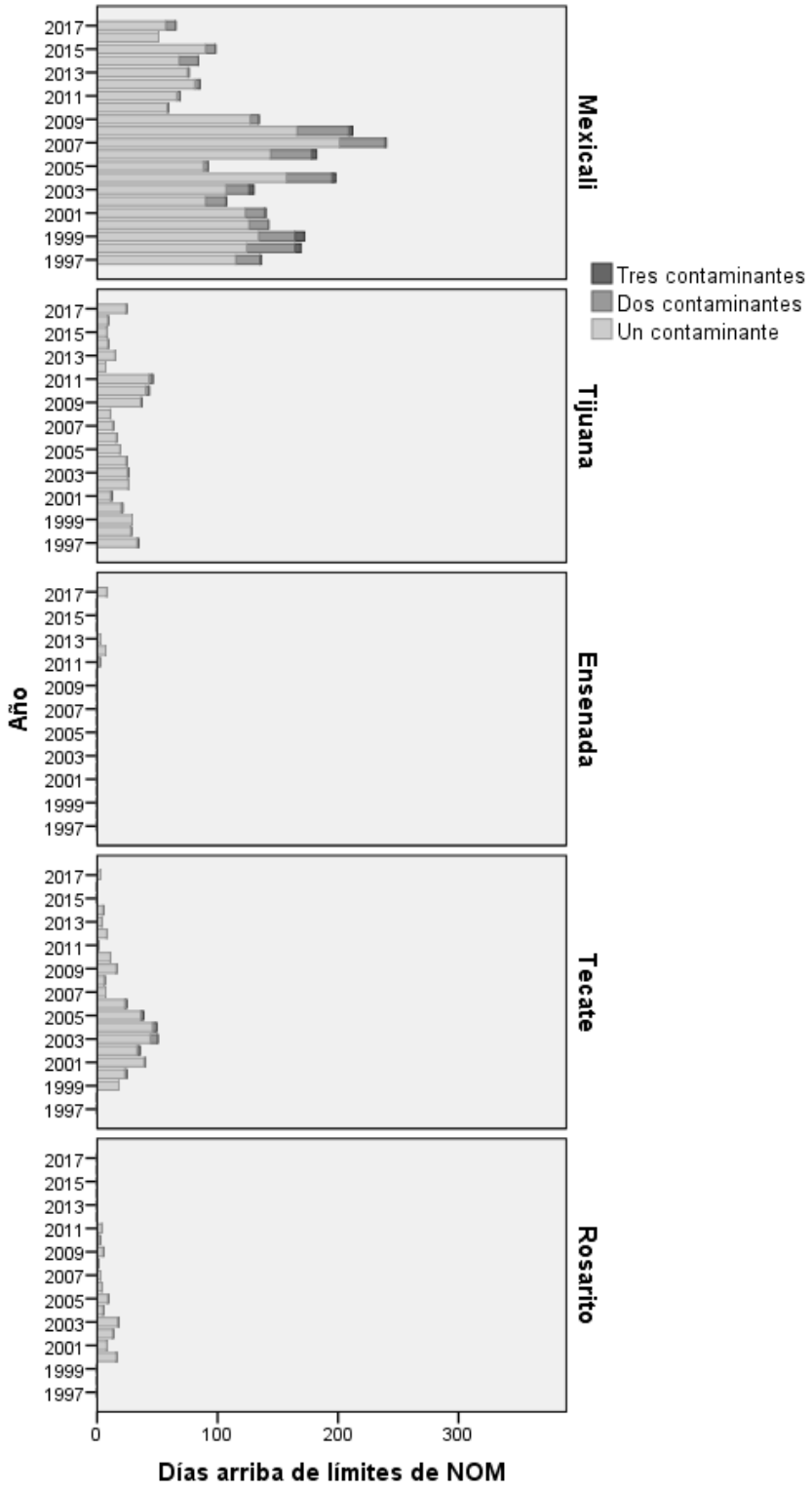
Por último, de los cinco años con mediciones en Ensenada, en cuatro de ellos se registraron días con concentraciones superiores a los límites normados de calidad del aire para un solo contaminante, las PM_{10}, en 2017 se alcanzó el mayor número de días con 8.

Tabla 4.4 Número de días, por año, en que se rebasa cualquier norma vigente de calidad del aire en Baja California, 1997 – 2017.

Ciudad	Año	No. de días con datos	No. de días > NOM	Número de días con concentraciones por arriba de los límites actuales de cualquier contaminante		
				1 Contaminante	2 Contaminantes	3 Contaminantes
Mexicali	1997	364	136	115	20	1
	1998	365	169	124	40	5
	1999	365	172	134	30	8
	2000	366	142	126	16	0
	2001	365	140	123	16	1
	2002	364	107	90	17	0
	2003	364	130	107	19	4
	2004	366	198	157	38	3
	2005	363	92	88	4	0
	2006	365	182	144	34	4
	2007	364	240	201	38	1
	2008	366	212	166	43	3
	2009	365	134	127	7	0
	2010	364	59	58	1	0
	2011	364	69	66	3	0
	2012	364	85	81	4	0
	2013	365	76	75	1	0
	2014	364	84	68	16	0
	2015	354	98	90	8	0
	2016	341	51	51	0	0
	2017	365	65	57	8	0
Tijuana	1997	201	34	33	1	0
	1998	365	28	28	0	0
	1999	365	29	29	0	0
	2000	366	21	20	1	0
	2001	365	12	11	1	0
	2002	365	26	26	0	0
	2003	365	26	25	1	0
	2004	366	25	24	1	0
	2005	365	19	19	0	0
	2006	365	16	16	0	0
	2007	364	13	13	0	0
	2008	366	11	11	0	0
	2009	365	37	36	1	0
	2010	365	43	40	3	0
	2011	365	46	43	3	0
	2012	366	7	7	0	0
	2013	365	15	15	0	0
	2014	202	9	9	0	0
	2015	190	8	8	0	0
	2016	311	9	9	0	0
	2017	364	24	24	0	0

Ciudad	Año	No. de días con datos	No. de días > NOM	Número de días con concentraciones por arriba de los límites actuales de cualquier contaminante		
				1 Contaminante	2 Contaminantes	3 Contaminantes
Ensenada	2011	10	2	2	0	0
	2012	243	7	7	0	0
	2013	217	3	3	0	0
	2014	32	0	0	0	0
	2017	25	8	8	0	0
Tecate	1999	49	18	18	0	0
	2000	193	24	23	1	0
	2001	229	40	39	1	0
	2002	243	35	33	2	0
	2003	326	50	44	6	0
	2004	323	49	46	3	0
	2005	333	38	36	2	0
	2006	218	24	23	1	0
	2007	292	7	7	0	0
	2008	311	6	6	0	0
	2009	361	16	16	0	0
	2010	328	11	11	0	0
	2011	248	1	1	0	0
	2012	296	8	8	0	0
	2013	25	4	4	0	0
	2014	58	5	5	0	0
	2017	10	3	3	0	0
Rosarito	2000	345	16	16	0	0
	2001	353	8	8	0	0
	2002	341	13	13	0	0
	2003	356	18	17	1	0
	2004	350	5	5	0	0
	2005	362	9	9	0	0
	2006	365	4	4	0	0
	2007	329	3	3	0	0
	2008	354	1	1	0	0
	2009	341	5	5	0	0
	2010	315	2	2	0	0
	2011	195	4	4	0	0
	2013	185	0	0	0	0
	2014	181	0	0	0	0

Figura 4.12 Número de días, por año, en que se rebasó cualquier norma vigente de calidad del aire en Baja California, 1997 – 2017.



El SMCA de Baja California cuenta con un total de 12 estaciones de monitoreo. En 2017 en todas ellas, al menos un analizador se encontró fuera de operación por falta de recursos suficientes para su correcto mantenimiento.

Los resultados indican el incumplimiento de las normas de PM_{10} en Mexicali y de $PM_{2.5}$ en Mexicali y Tijuana, siendo particularmente preocupante la situación de Mexicali por las concentraciones tan altas que registró en ambos contaminantes, los máximos registraron valores equivalentes a más de 3.6 veces el límite de 24 horas.

En Tijuana se incumplió la Norma de ozono, al superar el límite de 8 horas en una estación de monitoreo, aunque no así el límite de 1 hora.

Se cumplió con la Norma de ozono en Mexicali, la de monóxido de carbono en Tijuana y la de dióxido de nitrógeno en Mexicali y Tijuana.

No fue posible evaluar, por la poca información registrada, el cumplimiento de la norma de: PM_{10} en Tijuana, Ensenada y Tecate, así como la de monóxido de carbono y dióxido de azufre en Mexicali.

El indicador de número de días con calidad del aire buena, regular y mala en 2017 hace evidente la existencia de problemas de calidad del aire por PM_{10} en toda la entidad y de $PM_{2.5}$ en Mexicali y Tijuana.

Históricamente en Baja California, Mexicali es la ciudad que ha registrado más días por año con concentraciones por arriba de los límites normados vigentes, seguida de Tijuana y Tecate.

5. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE CHIHUAHUA.

5.1 Información general.

En 2017 Chihuahua contó, administrativamente, con cuatro sistemas de monitoreo de la calidad del aire (SMCA). Uno a cargo del Gobierno del Estado y tres más administrados por cada uno de los siguientes municipios: Chihuahua, Ciudad Juárez y Ojinaga.

La Tabla 5.1 muestra las estaciones de monitoreo que conformaron estos SMCA en el año 2017, los contaminantes que se midieron en las mismas y el año en que cada una de ellas inició su operación. Por otra parte, la Figura 5.1, muestra la ubicación geográfica de cada una de las estaciones referidas.

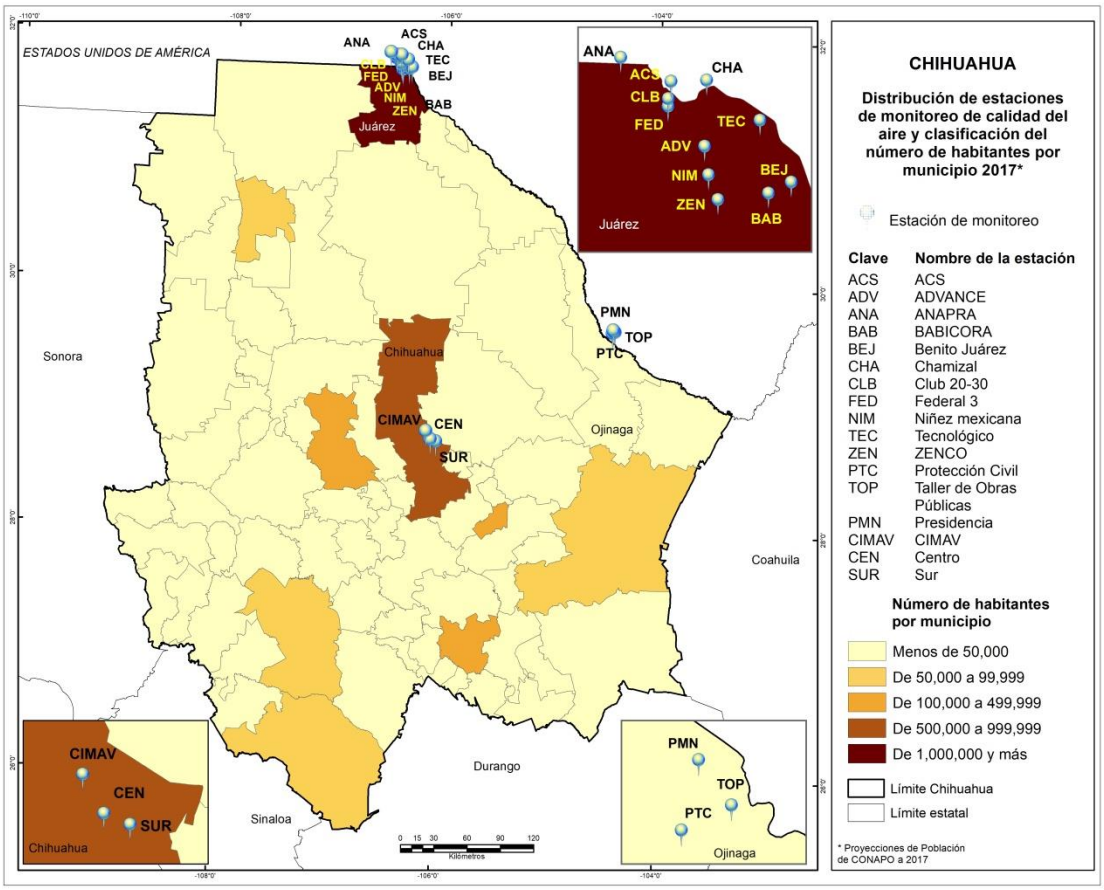
Tabla 5.1 Estaciones que conformaron el SMCA de Chihuahua en el año 2017 y capacidades de medición de contaminantes.

SMCA	Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes					
				PM_{10}	$PM_{2.5}$	O_3	SO_2	NO_2	CO
Chihuahua Estatal	SUR	SUR	Aut. 2012	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	CENTRO	CENTRO	Aut. 2015	✓	¤	✓	✓	✓	✓
Chihuahua Municipal	CIMAV	CIMAV	Aut. 2007	✓	¤	✓	✓	✓	✓
Ciudad Juárez	ACS	ACS	Man. 2008	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Advance	ADV	Aut. 1990	¤	¤	✓	¤	¤	✓
			Man. 1990	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	ANAPRA	ANA	Man. 2008	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	BABICORA	BAB	Man. 2010	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Benito Juárez	BEJ	Man. 2008	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Chamizal	CHA	Man. 2009	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Club 20-30	CLB	Aut. 1996	¤	¤	✓	¤	¤	✓
			Man. 1996	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Federal 3	FED 3	Man. 2008	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Niñez Mexicana	NIM	Man. 2008	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Tecnológico	TEC	Aut. 1995	¤	¤	✓	¤	¤	✓
			Man. 1995	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Zenco	ZEN	Man. 2010	✓	¤	¤	¤	¤	¤
Ojinaga	Presidencia Municipal	PMN	Man. 2015	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Taller de Obras Públicas	TOP	Man. 2015	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Protección Civil	PTC	Man. 2015	✓	¤	¤	¤	¤	¤

Aut. = Equipo automático; Man = Equipo manual; ¤ = No se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante; ✓= Se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología del Gobierno del Estado de Chihuahua, el Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV), la Dirección de Ecología del Municipio de Ciudad Juárez y la Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología del Municipio de Ojinaga.

Figura 5.1 Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Chihuahua, 2017.



Es importante destacar que en este capítulo sólo se incluye el análisis de la información generada por los SMCA de Chihuahua (Estatal y Municipal) hasta 2017 y de Ciudad Juárez hasta 2016. Los SMCA de Ciudad Juárez y Ojinaga no enviaron datos al INECC correspondientes al año 2017 para su análisis.

5.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Chihuahua para el año 2017 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las NOM en la materia y la distribución del número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo. Así mismo, se incluye una descripción, a nivel ciudad, sobre las tendencias del año 1997 al 2017 con respecto al promedio, mínimo, máximo y percentiles 10 y 90 de las concentraciones diarias, número de días con concentraciones superiores a los límites normados vigentes para cada contaminante y, número de días en que se rebasa cualquier norma de calidad del aire.

5.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire.

Los resultados de esta evaluación se presentan en la Figura 5.2 y en la Tabla 5.2. En general, se puede apreciar que:

- En la entidad durante el año 2017 se llevó a cabo la medición de PM_{10} en las estaciones SUR, CENTRO y CIMAV, en las tres se rebasó el límite de 24 horas y el límite anual. La concentración más alta como promedio de 24 horas fue de 169 µg/m^3 y como promedio anual de 64 µg/m^3, ambas concentraciones se registraron en la estación SUR y equivalen a 2.2 y 1.6 veces los límites normados respectivos.

- Las $PM_{2.5}$ sólo se midieron en la estación SUR y se incumplió la norma en 2017 al rebasar tanto el límite de 24 horas y como el límite anual. La concentración más alta registrada como promedio de 24 horas fue de 46 µg/m^3, ligeramente por arriba del límite normado, en tanto que el promedio anual fue de 22 µg/m^3, casi dos veces mayor que el límite anual.

- El ozono se midió en las estaciones de SUR y CENTRO, y en ambas estaciones sólo se rebasó el límite de 8 horas; pero suficiente para el incumplimiento de la norma. La concentración más alta como promedio de 8 horas se registró en la estación CENTRO y fue de 0.082 ppm, que equivale a 1.2 veces el limite normado (0.070 ppm).

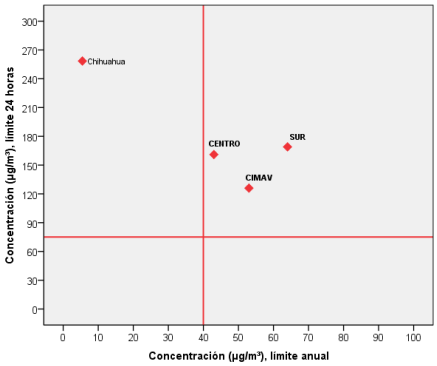
- El límite del CO se cumplió en la estación SUR, donde el segundo máximo de los promedios móviles de 8 horas fue de 6 ppm, que está muy por debajo del límite normado (11 ppm). En la estación CENTRO no se registraron datos suficientes para evaluar la norma.

- El NO_2 sólo se midió en la estación SUR y se cumplió con la norma. Para el caso de SO, se midió este contaminante en las estaciones SUR y CENTRO, en ambas se cumplió con la norma al no rebasarse ninguno de los tres límites (8 horas, 24 horas y anual).

Figura 5.2 Evaluación del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Chihuahua, en el año 2017.

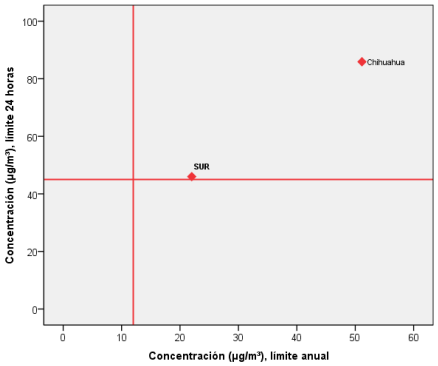
Partículas Suspendidas – PM_{10}

Límite de 24 horas (75 µg/m³- línea horizontal)
Límite anual (40 µg/m³- línea vertical)



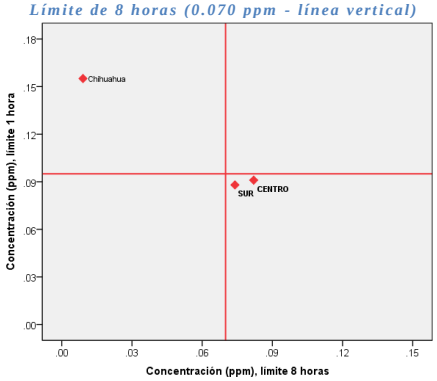
Partículas Suspendidas – $PM_{2.5}$

Límite de 24 horas (45 µg/m³- línea horizontal)
Límite anual (12 µg/m³- línea vertical)



Ozono – O_3

Límite de 1 hora (0.095 ppm- línea horizontal)
Límite de 8 horas (0.070 ppm - línea vertical)



Monóxido de carbono - CO

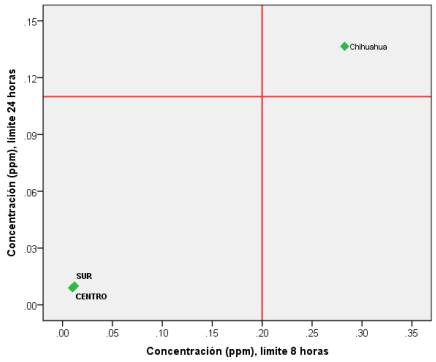
Límite de 8 horas (11 ppm - línea horizontal)

Dióxido de nitrógeno – NO_2

Límite de 8 horas (0.210 ppm - línea horizontal)

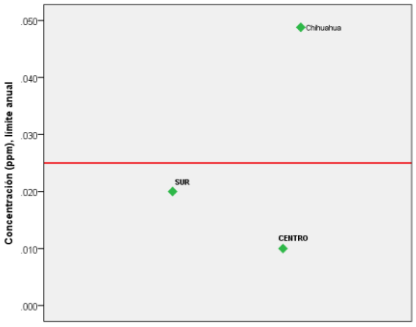
Dióxido de azufre – SO_2

Límite de 8 horas (0.200 ppm- línea vertical)
Límite de 24 horas (0.110 ppm - línea horizontal)



Dióxido de azufre – SO_2

Límite anual (0.025 ppm- línea horizontal)



Chihuahua estatal
SUR – Sur
CENTRO – Centro

Chihuahua municipal
CIMAV - CIMAV

Tabla 5.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Chihuahua, en el año 2017.

Contaminante	Límite normado		SMCA - Chihuahua Estatal		SMCA - Chihuahua Municipal	SMCA – Ciudad Juárez											SMCA - Ojinaga		
			SUR	CENTRO	CIMAV	ACS	ADV	ANA	BABI	BEJ	CHA	CLB	FED3	NIM	TEC	ZEN	PMN	TOP	PTC
(1)PM_{10}	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m^3	169	161	126	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m^3	64	43	53	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND
(1)$PM_{2.5}$	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m^3	46	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m^3	22	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤
(2)O_3	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	0.088	0.091	FO	¤	IND	¤	¤	¤	¤	IND	¤	¤	IND	¤	¤	¤	¤
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	0.074	0.082	FO	¤	IND	¤	¤	¤	¤	IND	¤	¤	IND	¤	¤	¤	¤
(3)CO	8 hrs	2°Máximo ≤ 11 ppm	6	DI	FO	¤	IND	¤	¤	¤	¤	IND	¤	¤	IND	¤	¤	¤	¤
(4)NO_2	1 hr	2°Máximo ≤ 0.210 ppm	0.054	FO	FO	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤
(5)SO_2	8 hrs	2°Máximo ≤ 0.200 ppm	0.012	0.010	FO	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	0.010	0.009	FO	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	0.020	0.010	FO	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤

(1) NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a); (2) NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b); (3) NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1993) (4) NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994); (5) NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010).

DI = Datos insuficientes; FO = Fuera de operación; IND = Información no disponible; ¤ = No se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante; = Cumple con el límite normado; = No cumple con el límite normado.

- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año, ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas, 24 horas o anual, de acuerdo al contaminante y límite normado.
- Las NOM de partículas, ozono y dióxido de azufre se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen todos los límites normados.

5.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala.

Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en el año 2017 en términos de la frecuencia con que se presentan días con calidad del aire buena, regular y mala con respecto a cada contaminante de acuerdo con los intervalos definidos en la sección 3.3.2 del capítulo de metodología. En este contexto, en la Figura 5.3 se puede observar que:

- En la ciudad de Chihuahua, se registraron días con mala calidad del aire por PM_{10} en las estaciones CENTRO, SUR y CIMAV. La estación SUR fue en la que se registró mayor cantidad de días en esta condición, 66 días, seguida por CIMAV con 52 días y CENTRO con 29 días. El resto del año predominaron los días con calidad del aire regular.

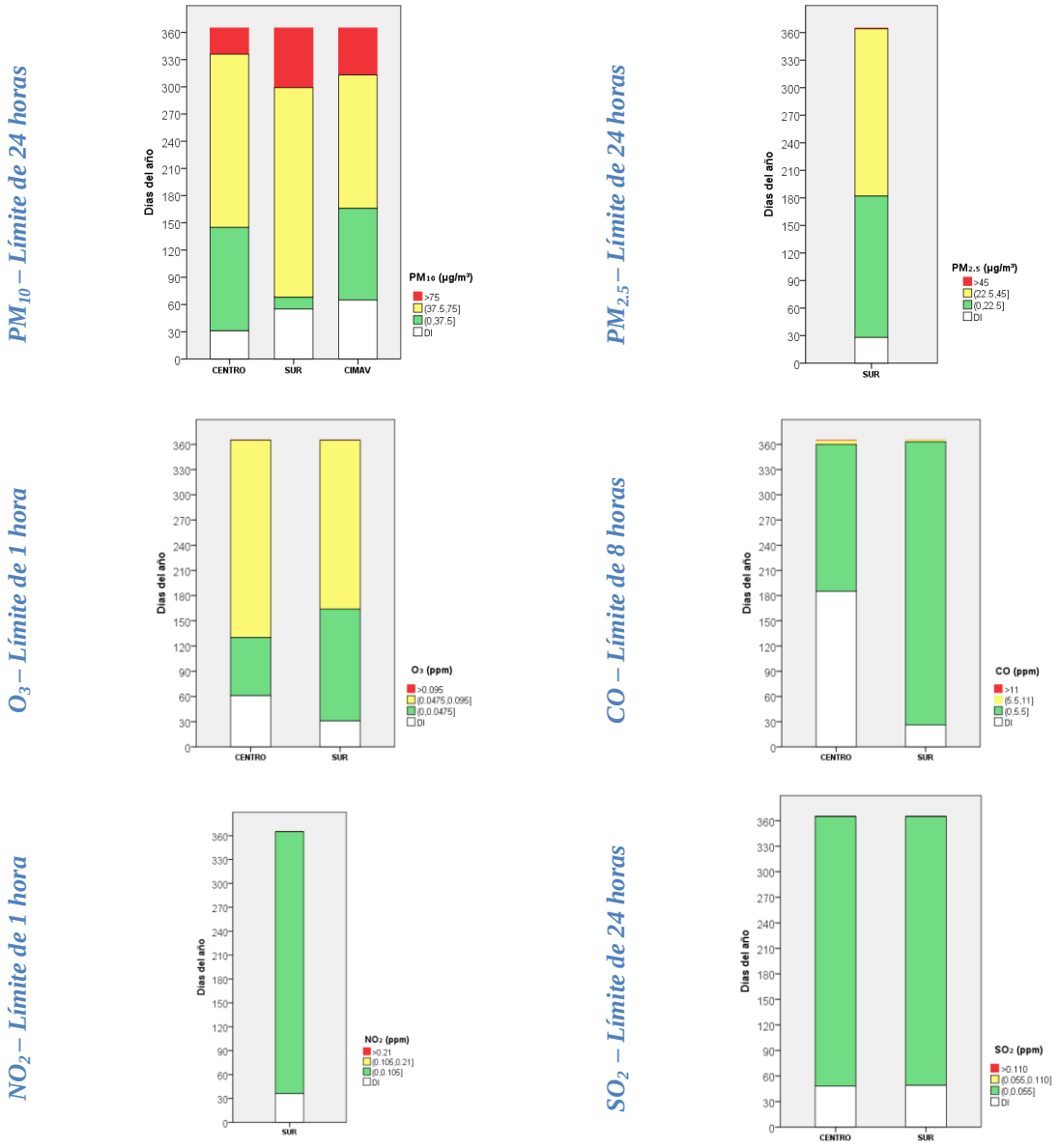
- Con respecto a las partículas suspendidas $PM_{2.5}$, en la estación SUR se registró solo un día con mala calidad del aire; en general predominaron los días con calidad del aire regular.

- En el caso del ozono, en las estaciones CENTRO y SUR no se presentó un solo día con mala calidad del aire, en ambas estaciones predominaron los días con calidad del aire regular, siendo más frecuentes en la estación CENTRO. Lo anterior, a pesar de que no se cumplió la norma, al superarse el límite de 8 horas en ambas estaciones.

- En relación al monóxido de carbono, se registró un día con calidad del aire mala en la estación CENTRO; ello a pesar de que no fue posible evaluar la norma en esta estación por insuficiencia de datos. En el resto de los días del año en las dos estaciones que midieron el contaminante (CENTRO Y SUR) predominaron los días con calidad del aire buena.

- En cuanto al NO_2 y SO_2, en ninguna estación se registraron días con mala calidad del aire, en ambos contaminantes predominaron los días con calidad del aire buena.

Figura 5.3 Distribución de los días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo en Chihuahua, en el año 2017.



Chihuahua estatal
SUR –Sur
CENTRO – Centro

Chihuahua municipal
CIMAV – CIMAV

La Tabla 5.3 muestra el porcentaje de días del año 2017 con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y dióxido de nitrógeno, de 8 horas de monóxido de carbono y de 24 horas de partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y dióxido de azufre en Chihuahua. En ella se aprecia que el

contaminante que con mayor frecuencia determina una condición de mala calidad del aire en la región son las partículas PM_{10}, seguido en menor medida por las partículas $PM_{2.5}$ y el CO.

Tabla 5.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de O_3 y NO_2, de 8 horas de CO y de 24 horas de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y SO_2 en Chihuahua en el año 2017.

PM_{10}	No días con datos válidos	365
	No días > 75 µg/m³	94
	% días > 75 µg/m³	**26%**
$PM_{2.5}$	No días con datos válidos	337
	No días > 45 µg/m³	1
	% días > 45 µg/m³	**0.3%**
O_3	No días con datos válidos	357
	No días > 0.095 ppm	0
	% días > 0.095 ppm	**0%**

CO	No días con datos válidos	353
	No días > 11 ppm	1
	% días > 11 ppm	**0.3%**
NO_2	No días con datos válidos	329
	No días > 0.210 ppm	0
	% días > 0.210 ppm	**0%**
SO_2	No días con datos válidos	358
	No días > 0.110 ppm	0
	% días > 0.110 ppm	**0%**

5.4 Tendencia de los datos diarios

Las Figuras 5.4 a 5.9 muestran la tendencia del mínimo, el máximo, el promedio y los percentiles 10 y 90 para PM_{10}, $PM_{2.5}$, O_3, CO, NO_2 y SO_2, respectivamente, para Ciudad Juárez y Chihuahua, en el periodo 1997 a 2017, de acuerdo con la disponibilidad de información en cada una de ellas.

Para el caso de las partículas PM_{10}, en ciudad Juárez desde al año 1997 y hasta en 2016 se observa que el promedio y el percentil 90 se mantuvo casi constante y por debajo de los 200 µg/m^3, excepto para el año 2006 donde se registra un aumento de ambos indicadores, en cuanto al valor máximo se observa un comportamiento variable en todo el periodo con concentraciones altas y bajas (Figura 5.4). En la ciudad de Chihuahua hay pocos años con datos suficientes y no es posible observar una tendencia clara para este contaminante.

Con respecto a las $PM_{2.5}$, no es posible observar tendencia en la ciudad de Chihuahua, ya que solo se registraron datos suficientes para generar los indicadores en el año 2017 (Figura 5.5).

En la Figura 5.6 se ilustra la tendencia de los máximos diarios del ozono en ciudad Juárez y a pesar de la escasez de información para construir los indicadores en algunos años, se observa de 2008 a

2013 una tendencia a la baja de todos los indicadores, el máximo pasó de 0.145 ppm en 2008 a 0.079 ppm en 2013. En la ciudad de Chihuahua se empezó a medir el contaminante en 2007, no se aprecia una tendencia clara; sin embargo, a partir de 2012 la tendencia del percentil 10, el percentil 90 y el máximo ha sido a la alza.

Para el caso del CO, tanto en Ciudad Juárez como en Chihuahua no se observa una tendencia clara, debido a que en muy pocos años del periodo analizado la información fue suficiente y además no fue en años consecutivos (ver Figura 5.7). De manera similar en cuanto al NO_2, en la ciudad de Chihuahua los años con información suficiente fueron escasos y no se define una tendencia clara (Figura 5.8).

Por último, con respecto al SO_2, en la Figura 5.9 se observa que para la ciudad de Chihuahua el promedio, el percentil 90 y el máximo de 2017 registraron concentraciones más altas con respecto a 2016 y 2014.

Figura 5.4 Tendencias de las concentraciones diarias de PM_{10} -promedio de 24 horas– en Chihuahua en el periodo 1997 – 2017.

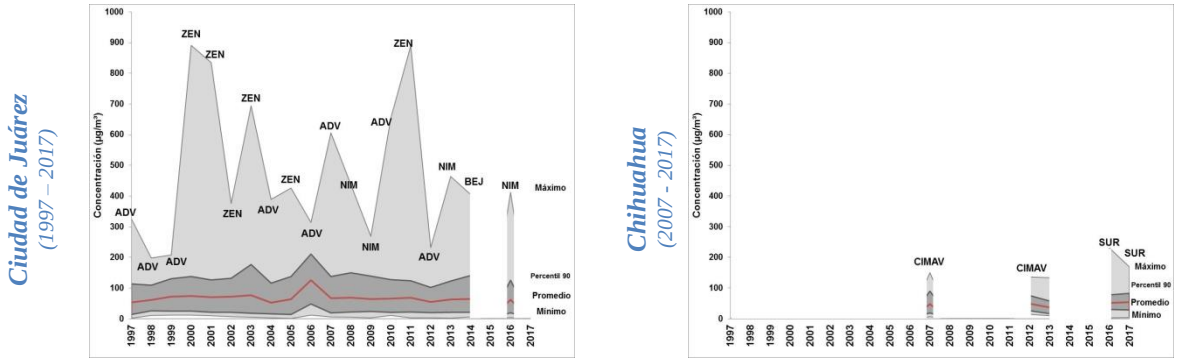


Figura 5.5 Tendencias de las concentraciones diarias de PM2.5 -promedio de 24 horas- en Chihuahua en el periodo 2014 – 2017.

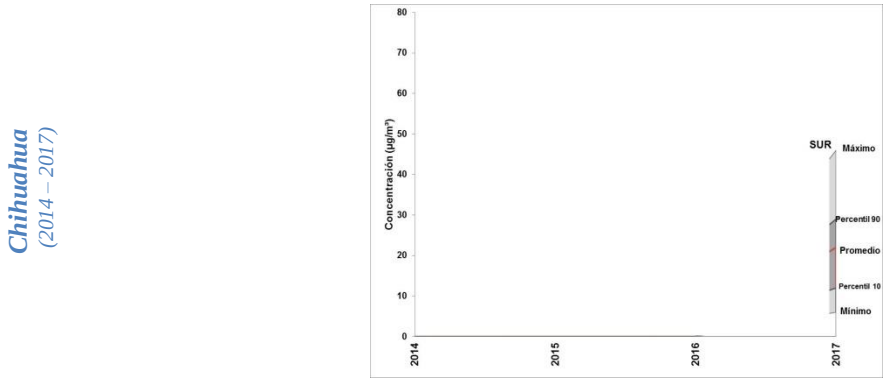


Figura 5.6 Tendencias de las concentraciones diarias de O_3 –máximo diario de una hora- en Chihuahua en el periodo 1997 – 2017.

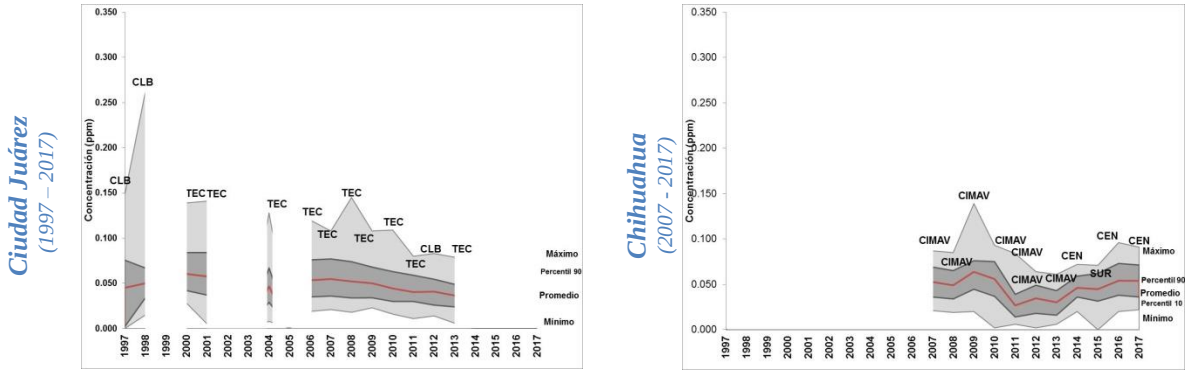


Figura 5.7 Tendencias de las concentraciones diarias de CO –máximo diario de 8 horas- en Chihuahua en el periodo 1997 – 2017.

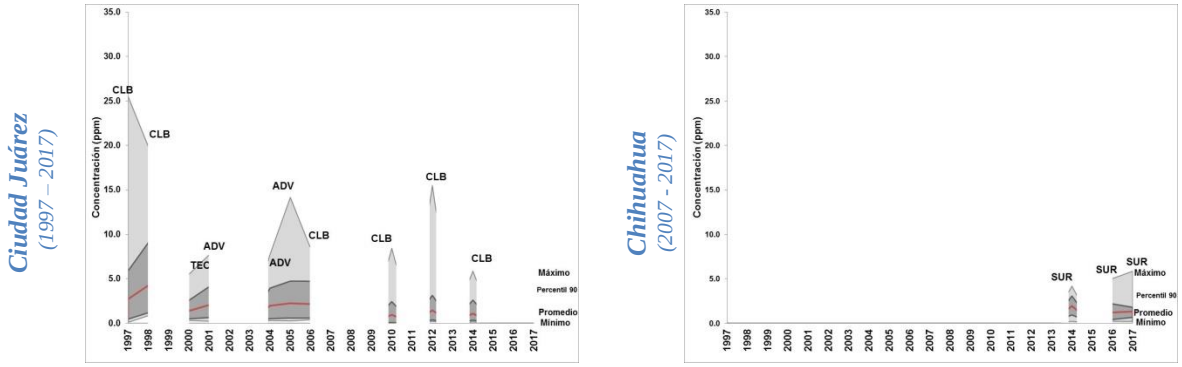


Figura 5.8 Tendencias de las concentraciones diarias de NO_2–máximo diario de una hora - en Chihuahua en el periodo 2007 – 2017.

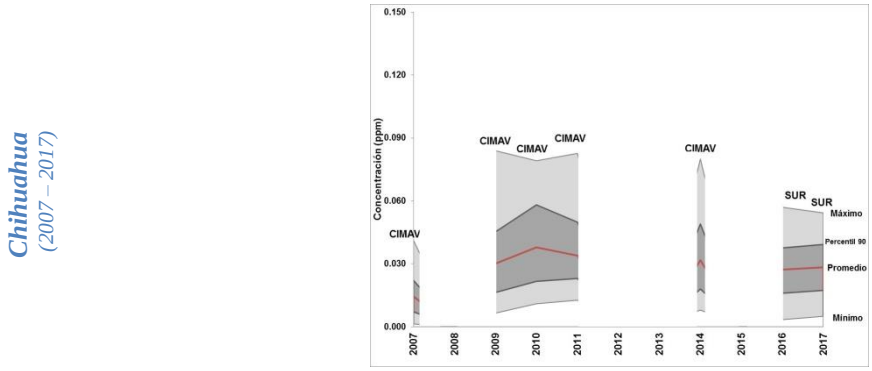
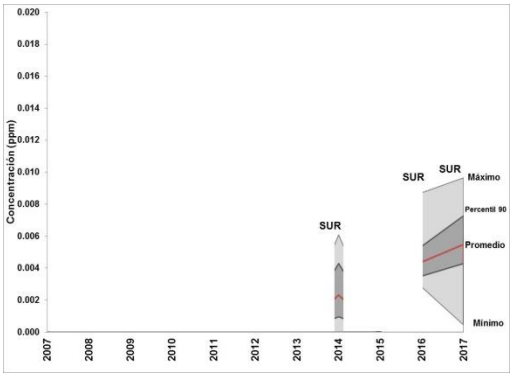


Figura 5.9 Tendencias de las concentraciones diarias de SO_2 –promedio de 24 horas- en Chihuahua en el periodo 2007 – 2017.

Chihuahua
(2007 – 2017)



5.5 Porcentaje de días por año en que se rebasa el límite normado de cada contaminante.

En la Figura 5.10 se presenta la evolución del porcentaje de días por año con concentraciones superiores al límite normado vigente para cada contaminante. En relación a las PM_{10} se observa que en general el porcentaje de días en que se rebasó el límite de PM_{10} en Ciudad Juárez fue en aumento, pasó del 54% al 82% de 1997 a 2016. De manera similar en la ciudad de Chihuahua, se aprecia en los últimos cuatro años un aumento en el indicador, paso de 3% en 2009 a 26% en 2017.

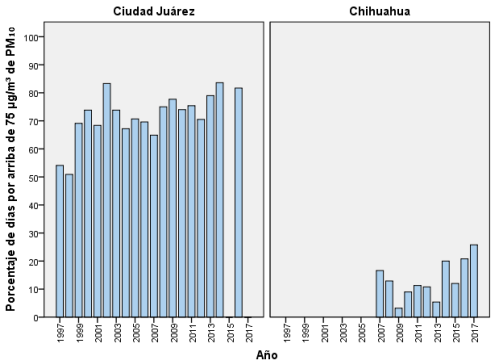
Con respecto a las $PM_{2.5}$, en la ciudad de Chihuahua no se observa una tendencia clara, además de que son pocos los días que superaron el límite de 24 horas en los años que lleva de medición, 2, 3 y 1 días en los años 2014, 2015 y 2017, respectivamente.

Para el ozono, en Ciudad Juárez se aprecia una clara tendencia a la baja en el porcentaje de días por año con concentraciones superiores al límite de 1 hora, pasó de 5% en 1997 a 0% en 2014, último año con registros del contaminante. En la ciudad de Chihuahua desde 2007 que empezaron las mediciones del contaminante se ha rebasado el umbral esporádicamente, 2% y 0.03 % en 2007 y 2016, respectivamente.

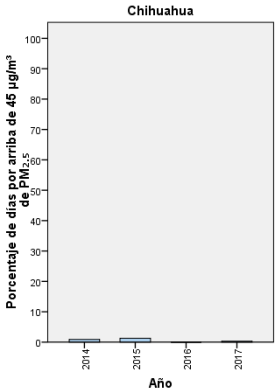
En Ciudad Juárez se superó el límite de 8 horas de CO en los primeros 4 años de medición con porcentajes de días que van de 7% a 0.3% en el periodo de 1997 a 2000, se volvió a superar el umbral en 2 y 1 días en 2008 y 2012. En cambio, en la ciudad de Chihuahua el límite sólo se ha superado en el año 2017 con un día en esta condición.

Figura 5.10 Tendencia del porcentaje de días, por año, con concentraciones superiores a los límites normados vigentes de cada uno de los contaminantes analizados, en Chihuahua en el periodo 1997 – 2017.

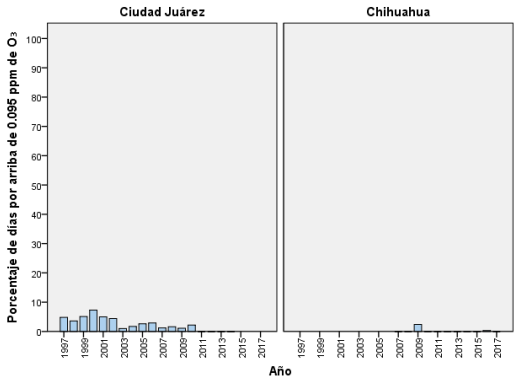
PM_{10} – Límite de 24 horas
(1997 – 2017)



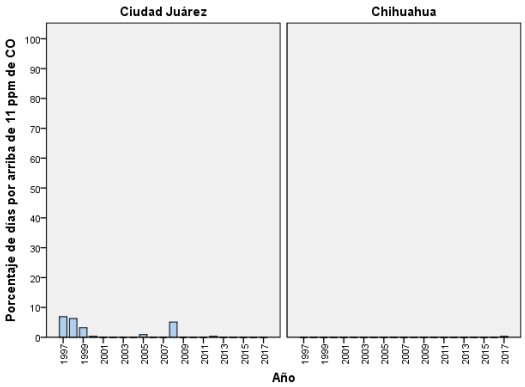
$PM_{2.5}$ – Límite de 24 horas
(2014 – 2017)



O_3 – Límite de 1 hora
(1997 – 2017)



CO – Límite de 8 horas
(1997 – 2017)



Por último, es de destacar que el NO_2 y SO_2, en los años que llevan de medición en la ciudad de Chihuahua no han registrado concentraciones superiores a los límites respectivos.

5.6 Número de horas por año en que se rebasa el límite normado de ozono.

Otro indicador útil para visualizar con detalle la evolución de los problemas de calidad del aire por ozono a través del tiempo es el número de horas al año en el que se rebasa el límite normado de una hora. En este caso el indicador se generó para Ciudad Juárez y para la ciudad de Chihuahua. En la Figura 5.11 se observa que en ambas ciudades son pocas las horas que rebasaron el límite de una hora del contaminante y no hay una tendencia clara, en el caso de Ciudad Juárez las horas en esta condición van de 6 en 2009 a 54 en 1998, en el periodo de años de 1997 a 2010. En la ciudad de Chihuahua, el límite se superó en 2009 y 2016 en 11 y 1 hora, respectivamente.

Figura 5.11 Tendencia del número de horas, por año, con concentraciones superiores a 0.095 ppm de ozono en el periodo 1997 – 2017.

5.7 Número de días por año en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante.

Finalmente, la Tabla 5.4 y la Figura 5.12 muestran la tendencia histórica del número de días por año en que se incumplió cualquier norma vigente de calidad del aire, tanto en Ciudad Juárez como en la ciudad de Chihuahua. En el caso de Ciudad Juárez, en el año 2009 se presentaron las peores condiciones de calidad del aire, ya que se incumplió en 89 días al menos una de las normas de

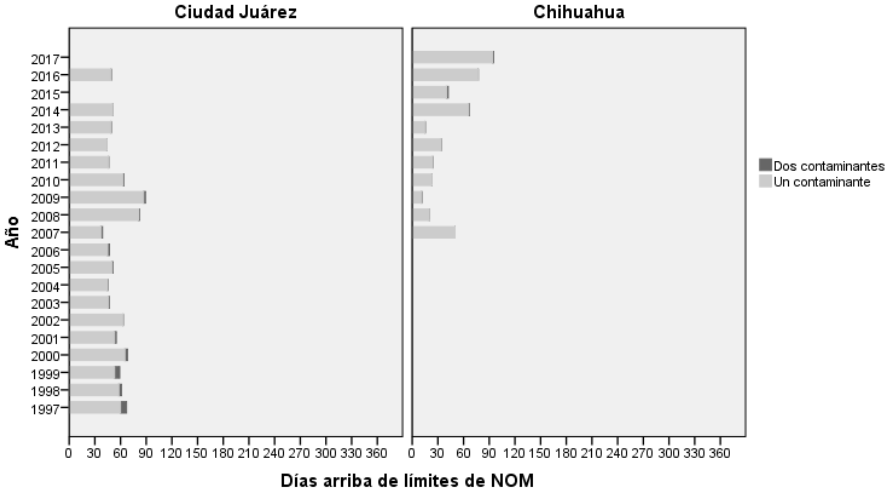
calidad del aire, de estos, en 87 días se rebasó el límite de un contaminante (principalmente las PM_{10}), y dos días el límite de 2 contaminantes (PM_{10} y O_3). En el resto de los años con mediciones la situación es similar en términos de que el incumplimiento de los límites se debió la mayor parte de las veces a las PM_{10}, seguido del O_3, este último sobre todo en los primeros 6 años de mediciones. Con respecto a la ciudad de Chihuahua, en años recientes ha aumentado la cantidad de días en que rebasa el límite de al menos un contaminante, mientras que en 2013 fueron 15 días en esta condición, en 2016 y 2017 fueron 77 y 95 días respectivamente, mismos que se debieron principalmente a las PM_{10}. En los años 2014, 2015 y 2017 se rebasaron el mismo día los límites para dos contaminantes (PM_{10} y $PM_{2.5}$).

Tabla 5.4 Número de días, por año, en que se rebasa cualquier norma vigente de calidad del aire en Ciudad de Juárez y Chihuahua, 1997 – 2017.

	Año	No. de días con datos	No. de días > NOM	Número de días con concentraciones por arriba de los límites actuales de cualquier contaminante			
				1 Contaminante	2 Contaminantes	3 Contaminantes	4 Contaminantes
Ciudad Juárez	1997	360	67	60	7	0	0
	1998	365	61	58	3	0	0
	1999	350	59	53	6	0	0
	2000	349	68	65	3	0	0
	2001	364	55	53	2	0	0
	2002	309	63	63	0	0	0
	2003	357	47	46	1	0	0
	2004	365	45	45	0	0	0
	2005	364	51	50	1	0	0
	2006	365	47	45	2	0	0
	2007	354	39	37	2	0	0
	2008	366	82	81	1	0	0
	2009	364	89	87	2	0	0
	2010	365	64	63	1	0	0
	2011	360	46	46	0	0	0
	2012	366	44	44	0	0	0
	2013	365	49	49	0	0	0
	2014	327	51	51	0	0	0
	2015	IND	IND	IND	IND	IND	IND
	2016	60	49	49	0	0	0
	2017	IND	IND	IND	IND	IND	IND
Chihuahua	2008	334	20	334	20	0	0
	2009	346	11	346	11	0	0
	2010	359	23	359	23	0	0
	2011	345	24	345	24	0	0
	2012	362	34	362	34	0	0
	2013	333	15	333	15	0	0
	2014	363	67	363	66	1	0
	2015	359	42	359	40	2	0
	2016	366	77	366	77	0	0
	2017	365	95	365	94	1	0

IND = Información no disponible

Figura 5.12 Número de días, por año, en que se rebasó cualquier norma vigente de calidad del aire en Ciudad Juárez y Chihuahua, 1997 – 2017.



En Chihuahua, en 2017 se presentan problemas de calidad del aire tanto por partículas, principalmente PM_{10}, como por $PM_{2.5}$ y ozono. La Norma de PM_{10} se incumplió en las tres estaciones localizadas en la ciudad de Chihuahua. Las concentraciones más altas, como promedio de 24 horas y como promedio anual, de las PM_{10} se registraron en la estación SUR. En cuanto a los límites normados de las $PM_{2.5}$, estos se rebasaron en la única estación que midió el contaminante (SUR). El ozono se midió en las estaciones SUR y CENTRO, y en ambas se rebasó el límite de 8 horas; la concentración más alta del contaminante se registró en la estación Centro. Los límites normados de monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre se cumplieron en todas las estaciones de monitoreo donde fueron medidos.

El límite de 24 horas de PM_{10} se rebasó con más frecuencia en la estación SUR (66 días). Por el contrario, el límite de 1 hora de ozono no se superó en ningún día, a pesar de haber incumplido la norma al rebasar el límite de 8 horas.

Históricamente, Ciudad Juárez presenta días con concentraciones superiores a los límites normados de calidad del aire para al menos un contaminante, el incumplimiento de los límites se debió en la mayoría de los días y de los años a las PM_{10}, seguido del ozono, este último sobre todo en los primeros 6 años de mediciones, esporádicamente se presentan días con combinaciones de 2 contaminantes (PM_{10} y O_3). Con respecto a la ciudad de Chihuahua, en años recientes ha aumentado la cantidad de días en que se rebasó el límite de al menos un contaminante, mientras que en 2013 fueron 15 días en esta condición, en 2016 y 2017 fueron 77 y 95 días respectivamente, mismos que se debieron principalmente a las PM_{10}. En los años 2014, 2015 y 2017 se rebasaron el mismo día los límites para dos contaminantes con la combinación PM_{10} y $PM_{2.5}$.

6. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE LA CIUDAD DE MÉXICO Y SU ZONA CONURBADA.

6.1 Información general.

En el año 2017 el sistema de monitoreo de la calidad del aire (SMCA) de la Ciudad de México y su zona conurbada, a cargo de la Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México, estuvo integrado por 36 estaciones de monitoreo; 21 de estas estaciones se localizan en territorio de la Ciudad de México y 15 en la zona conurbada del Estado de México. Es importante destacar, sin embargo, que en septiembre dejaron de operar las estaciones Coyoacán (COY) y San Juan de Aragón (SJA), ambas como consecuencia de los daños provocados en los inmuebles que las albergaban por el sismo del día 19 de dicho mes.

En 25 estaciones se realizó monitoreo automático, en dos monitoreo manual y en nueve ambos tipos de medición. La Tabla 6.1 muestra las estaciones de monitoreo que conformaron este SMCA en el año 2017, los contaminantes que se midieron en las mismas y el año en que cada una de ellas inició su operación. Por otra parte, la Figura 6.1, muestra la ubicación geográfica de cada una de las estaciones referidas.

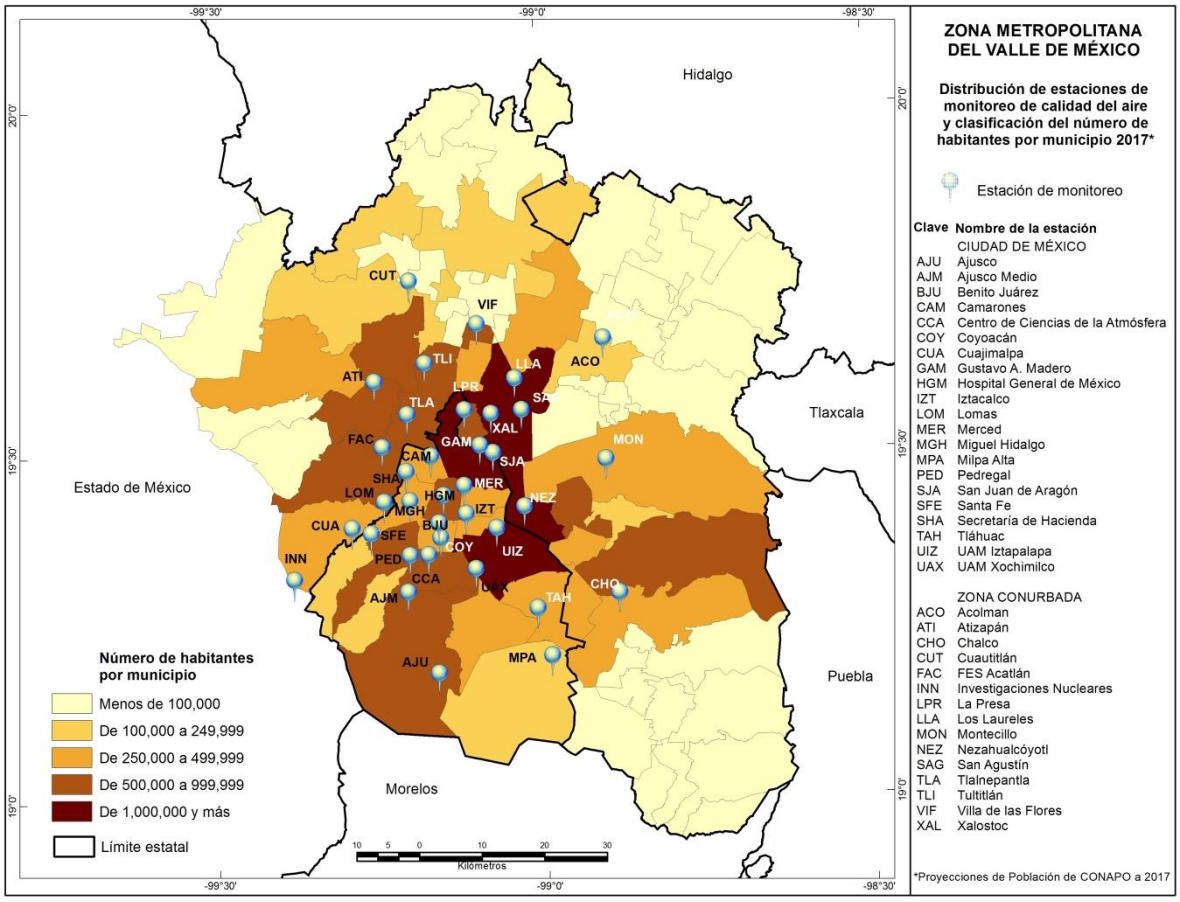
Tabla 6.1 Estaciones que conformaron el SMCA de la Ciudad de México y su zona conurbada en el año 2017 y capacidades de medición de contaminantes.

	Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes					
				PM_{10}	$PM_{2.5}$	O_3	SO_2	NO_2	CO
Ciudad de México	Ajusco	AJU	Aut. 2015	¤	✓	✓	¤	¤	¤
	Ajusco Medio	AJM	Aut. 2015	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Benito Juárez	BJU	Aut. 2015	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Camarones	CAM	Aut. 2003	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Centro de Ciencias de la Atmósfera	CCA	Aut. 2014	¤	✓	✓	✓	✓	✓
	Coyoacán	COY	Aut.2003	¤	✓	✓	¤	✓	¤
			Man.2003	¤	✓	¤	¤	¤	¤
	Cuajimalpa	CUA	Aut.1994	✓	¤	✓	✓	✓	✓
	Gustavo A. Madero	GAM	Aut. 2015	¤	✓	✓	¤	¤	¤
	Hospital General de México	HGM	Aut. 2012	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Iztacalco	IZT	Aut. 2007	✓	¤	✓	✓	✓	✓
	Lomas	LOM	Man. 1989	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Merced	MER	Aut. 1986	✓	✓	✓	✓	✓	✓

	Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes					
				PM_{10}	$PM_{2.5}$	O_3	SO_2	NO_2	CO
			Man. 1989	✓	✓	¤	¤	¤	¤
	Miguel Hidalgo	MGH	Aut. 2015	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Milpa Alta	MPA	Aut. 2016	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Pedregal	PED	Aut. 1986	✓	✓	✓	✓	✓	✓
			Man. 1989	✓	✓	¤	¤	¤	¤
	San Juan de Aragón	SJA	Aut. 2003	¤	✓	✓	✓	✓	✓
	Santa Fe	SFE	Aut. 2012	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Secretaría de Hacienda	SHA	Man. 1989	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Tláhuac	TAH	Aut. 1994	✓	¤	✓	✓	✓	✓
	UAM Iztapalapa	UIZ	Aut. 1987	✓	✓	✓	✓	✓	✓
			Man. 1989	✓	✓	¤	¤	¤	¤
	UAM Xochimilco	UAX	Aut. 2012	¤	✓	✓	✓	✓	✓
Zona Conurbada	Acolman	ACO	Aut. 2007	✓	¤	✓	✓	✓	✓
	Atizapán	ATI	Aut. 1994	✓	¤	✓	✓	✓	✓
	Chalco	CHO	Aut. 2007	✓	¤	✓	✓	✓	✓
	Cuautitlán	CUT	Aut. 2012	✓	¤	✓	✓	✓	¤
	FES Acatlán	FAC	Aut. 1986	✓	¤	✓	✓	✓	✓
	Investigaciones Nucleares	INN	Aut. 2015	✓	✓	✓	✓	¤	✓
	La Presa	LPR	Aut. 1986	¤	¤	✓	✓	✓	✓
			Man. 1989	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Los Laureles	LLA	Aut. 1986	¤	¤	✓	✓	✓	✓
	Montecillo	MON	Aut. 1994	¤	¤	✓	✓	✓	✓
	Nezahualcóyotl	NEZ	Aut. 2011	¤	✓	✓	✓	✓	✓
			Man. 1989	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	San Agustín	SAG	Aut. 1986	✓	✓	✓	✓	✓	✓
			Man. 2003	¤	✓	¤	¤	¤	¤
	Tlalnepantla	TLA	Aut. 1986	✓	✓	✓	✓	✓	✓
			Man. 1989	✓	✓	¤	¤	¤	¤
	Tultitlán	TLI	Aut. 1994	✓	¤	✓	✓	✓	✓
	Villa de las Flores	VIF	Aut. 1994	✓	¤	✓	✓	✓	✓
	Xalostoc	XAL	Aut. 1986	✓	✓	✓	✓	✓	✓
			Man. 1989	✓	✓	¤	¤	¤	¤

Aut. = Equipo automático; Man. = Equipo manual; ¤ = No se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante; ✓= Se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.
Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire de la Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México.

Figura 6.1 Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de la Ciudad de México y su zona conurbada, 2017.



6.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en la Ciudad de México y su zona conurbada para el año 2017 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las NOM en la materia y la distribución del número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo. Así mismo, se incluye una descripción, a nivel de toda la zona metropolitana, sobre las tendencias del año 1990 a 2017 con respecto al promedio, mínimo, máximo y percentiles 10 y 90 de las concentraciones diarias, número de días con concentraciones superiores a los límites normados vigentes para cada contaminante y, número de días en que se rebasa cualquier norma de calidad del aire.

6.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire.

En esta sección se analiza el cumplimiento de las NOM para cada contaminante y estación de monitoreo en el año 2017 en la Ciudad de México y su zona conurbada. Los resultados de esta evaluación se presentan en la Figura 6.2 y en la Tabla 6.2. En general, se puede apreciar que:

- En 2017 la ZMVM contó con infraestructura para llevar a cabo la medición de PM_{10} en 28 estaciones de monitoreo. En 3 de ellas (CUA, LOM y PED) se cumplió la Norma, en 18 no se cumplió con esta, en 6 no se contó con información suficiente para hacer la evaluación de cumplimiento y 1 más se reportó fuera de operación (SHA). De las 18 estaciones en las que se registró incumplimiento, en 11 se rebasaron los dos límites normados y en 7 sólo se rebasó el límite de 24 horas. La concentración más alta, tanto como promedio de 24 horas como promedio anual, se registró en Villa de las Flores – VIF. El promedio de 24 horas fue de 175 $\mu g/m^3$ y el promedio anual de 65 $\mu g/m^3$. El primero equivale a 2.3 veces el valor normado y el segundo a 1.6 veces el límite respectivo.

- En ninguna estación de monitoreo se cumplió la NOM de $PM_{2.5}$. De las 21 estaciones con capacidad para medir este contaminante, en 20 se realizó tal medición y una estación (SJA) se reportó fuera de operación. De las 20 estaciones con mediciones, 13 rebasaron tanto el límite de 24 horas como el anual, 3 sólo el límite anual (COY, PED y TLA) y en 4 no se cumplió el criterio de suficiencia de datos para llevar a cabo la evaluación de cumplimiento de norma. La concentración más alta, como promedio de 24 horas, se registró en la estación GAM y fue de 94 $\mu g/m^3$, que equivale a poco más de dos veces el límite normado. El promedio anual más alto se registró en Xalostoc y fue de 29 $\mu g/m^3$, que equivale a 2.4 veces el límite normado correspondiente.

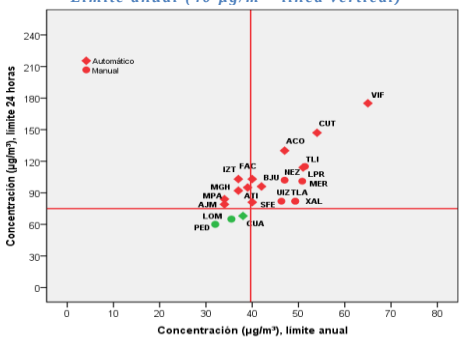
- El ozono se midió en 34 estaciones y en todas ellas se rebasaron los dos límites normados. La concentración más alta de una hora se registró en la estación Benito Juárez (BJU), en tanto que la de 8 horas ocurrió en Pedregal (PED). Dichas concentraciones fueron 0.190 ppm y 0.140 ppm, respectivamente. Estos valores equivalen a 2 veces el límite normado respectivo.

- Los límites normados de monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre se cumplieron en todas las estaciones de monitoreo donde estos contaminantes fueron medidos.

Figura 6.2 Evaluación del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en la Ciudad de México y su zona conurbada, en el año 2017.

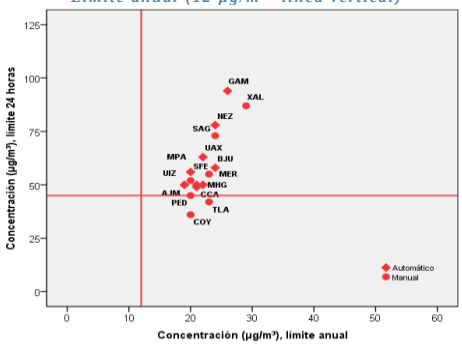
Partículas Suspendidas – PM_{10}

Límite de 24 horas (75 µg/m³- línea horizontal)
Límite anual (40 µg/m³- línea vertical)



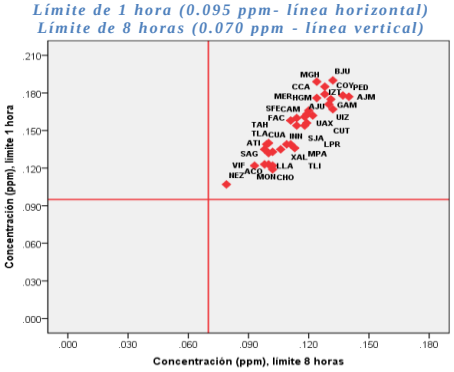
Partículas Suspendidas – $PM_{2.5}$

Límite de 24 horas (45 µg/m³- línea horizontal)
Límite anual (12 µg/m³- línea vertical)



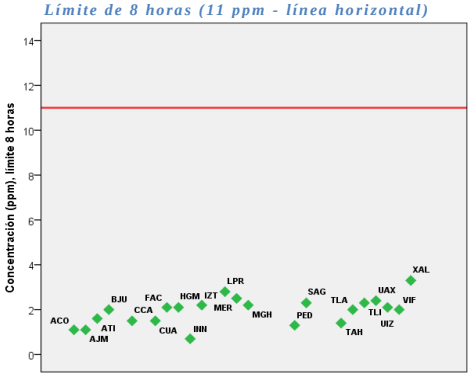
Ozono – O_3

Límite de 1 hora (0.095 ppm- línea horizontal)
Límite de 8 horas (0.070 ppm - línea vertical)



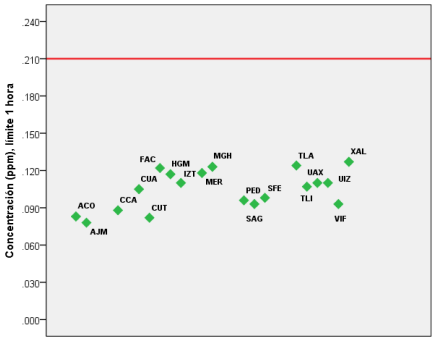
Monóxido de carbono - CO

Límite de 8 horas (11 ppm - línea horizontal)



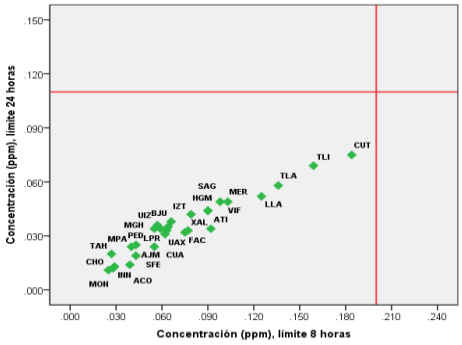
Dióxido de nitrógeno – NO_2

Límite de 8 horas (0.210 ppm - línea horizontal)



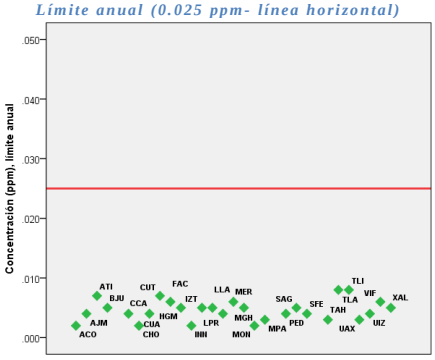
Dióxido de azufre – SO_2

Límite de 8 horas (0.200 ppm- línea vertical)
Límite de 24 horas (0.110 ppm - línea horizontal)



Dióxido de azufre – SO_2

Límite anual (0.025 ppm- línea horizontal)



ACO - Acolman
AJM – Ajusco Medio
AJU - Ajusco
ATI - Atizapán
BJU- Benito Juárez
CAM- Camarones
CCA – Centro de Ciencias de la Atmósfera
CHO – Chalco
COY - Coyoacán
CUA - Cuajimalpa
CUT – Cuautitlán
FAC – FES Acatlán
GAM – Gustavo A. Madero
HGM – Hospital General de México
INN – Investigaciones nucleares
IZT – Iztacalco
LLA – Los Laureles
LPR – La Presa
MER - Merced
MGH – Miguel Hidalgo
MON - Montecillo
MPA – Milpa Alta
NEZ – Nezahualcóyotl
PED - Pedregal
SAG – San Agustín
SFE – Santa Fe
SJA – San Juan de Aragón
TAH - Tláhuac
TLA - Tlalnepantla
TLI – Tultitlán
UAX – UAM Xochimilco
UIZ – UAM Iztapalapa
VIF – Villa de las Flores
XAL - Xalostoc

Tabla 6.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en la Ciudad de México y su zona conurbada, en el año 2017.

Contaminante	Límite normado		Ciudad de México																				
			AJU	AJM	BJU	CAM	CCA	COY	CUA	GAM	HGM	IZT	LOM	MER	MGH	MPA	PED	SJA	SFE	SHA*	TAH	UIZ	UAX
(1)PM_{10}	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m^3	¤	79	96	DI	¤	¤	68	¤	DI	103	65	101	92	84	60	¤	81	FO	DI	82	¤
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m^3	¤	34	42	DI	¤	¤	38	¤	DI	37	36	51	37	34	32	¤	40	FO	DI	46	¤
(1)$PM_{2.5}$	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m^3	DI	50	58	DI	49	36	¤	94	DI	¤	¤	55	50	56	45	FO	50	¤	¤	52	63
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m^3	DI	19	24	DI	21	20	¤	26	DI	¤	¤	23	22	20	20	FO	21	¤	¤	20	22
(2)O_3	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	0.163	0.178	0.190	0.161	0.185	0.175	0.139	0.171	0.176	0.179	¤	0.166	0.189	0.136	0.177	0.154	0.158	¤	0.154	0.167	0.162
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	0.119	0.137	0.132	0.118	0.128	0.131	0.099	0.130	0.124	0.128	¤	0.120	0.124	0.113	0.140	0.118	0.111	¤	0.114	0.132	0.122
(3)CO	8 hrs	2°Máximo ≤ 11 ppm	¤	1	2	DI	1	¤	1	¤	2	2	¤	2	2	DI	1	DI	DI	¤	1	2	2
(4)NO_2	1 hr	2°Máximo ≤ 0.210 ppm	¤	0.078	FO	DI	0.088	DI	0.105	¤	0.117	0.110	¤	0.118	0.123	FO	0.096	DI	0.098	¤	DI	0.110	0.110
(5)SO_2	8 hrs	2°Máximo ≤ 0.200 ppm	¤	0.043	0.066	0.120	0.064	¤	0.055	¤	0.090	0.079	¤	0.103	0.057	0.040	0.055	DI	0.043	¤	0.027	0.059	0.062
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	¤	0.025	0.038	DI	0.035	¤	0.024	¤	0.044	0.042	¤	0.049	0.036	0.024	0.034	DI	0.049	¤	0.020	0.034	0.031
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	¤	0.0039	0.0054	DI	0.0037	¤	0.0041	¤	0.0052	0.0050	¤	0.0060	0.0051	0.0029	0.0040	DI	0.0049	¤	0.0028	0.0041	0.0033

(1) NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a);
(2) NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b);
(3) NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1993);
(4) NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994);
(5) NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010).

DI = Datos insuficientes; FO = Fuera de operación; ¤ = No cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante; = Cumple con el límite normado; = No cumple con el límite normado.

Nota: La estación de monitoreo SHA no operó en 2017 debido al impacto que sobre sus mediciones tiene una construcción localizada frente a las instalaciones de la Casa de Moneda, donde se encuentra el colector de partículas.

- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año, ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas, 24 horas o anual, de acuerdo al contaminante y límite normado.
- Las NOM de partículas, ozono y dióxido de azufre se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen todos los límites normados.

Continua

Contaminante	Límite normado		Zona conurbada														
			ACO	ATI	CHO	CUT	FAC	INN	LPR	LLA	MON	NEZ	SAG	TLA	TLI	VIF	XAL
(1)PM_{10}	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m^3	130	95	DI	147	103	DI	115	¤	¤	102	DI	82	114	175	82
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m^3	47	39	DI	54	40	DI	51	¤	¤	47	DI	49	51	65	49
(1)$PM_{2.5}$	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m^3	¤	¤	¤	¤	¤	DI	¤	¤	¤	78	73	42	¤	¤	87
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m^3	¤	¤	¤	¤	¤	DI	¤	¤	¤	24	24	23	¤	¤	29
(2)O_3	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	0.123	0.135	0.119	0.156	0.160	0.139	0.139	0.133	0.123	0.107	0.132	0.140	0.122	0.122	0.135
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	0.098	0.098	0.102	0.119	0.114	0.109	0.111	0.102	0.100	0.079	0.100	0.100	0.102	0.093	0.106
(3)CO	8 hrs	2° Máximo ≤ 11 ppm	1	2	DI	¤	2	1	3	DI	DI	DI	2	2	2	2	3
(4)NO_2	1 hr	2° Máximo ≤ 0.210 ppm	0.083	DI	FO	0.082	0.122	¤	FO	DI	DI	DI	0.093	0.124	0.107	0.093	0.127
(5)SO_2	8 hrs	2° Máximo ≤ 0.200 ppm	0.039	0.092	0.025	0.184	0.075	0.029	0.063	0.125	0.028	DI	0.098	0.136	0.159	0.090	0.077
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	0.014	0.034	0.011	0.075	0.032	0.013	0.033	0.052	0.012	DI	0.049	0.058	0.069	0.044	0.033
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	0.0021	0.0067	0.0020	0.0067	0.0060	0.0023	0.0045	0.0052	0.0019	DI	0.0049	0.0083	0.0082	0.0062	0.0052

(1) NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a);
(2) NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b);
(3) NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1993);
(4) NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994);
(5) NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010).

DI = Datos insuficientes; FO = Fuera de operación; ¤ = No cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante; = Cumple con el límite normado; = No cumple con el límite normado.

- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año, ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas, 24 horas o anual, de acuerdo al contaminante y límite normado.
- Las NOM de partículas, ozono y dióxido de azufre se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen todos los límites normados.

6.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala.

Este indicador, que se generó sólo con información proveniente de equipos de medición automática por su mayor cobertura espacial y temporal, ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en el año 2017 en términos de la frecuencia con que se presentan días con calidad del aire buena, regular y mala con respecto a cada contaminante de acuerdo con los intervalos definidos en la sección 3.3.2 del capítulo de metodología. En este contexto, en la Figura 6.3 se puede observar que:

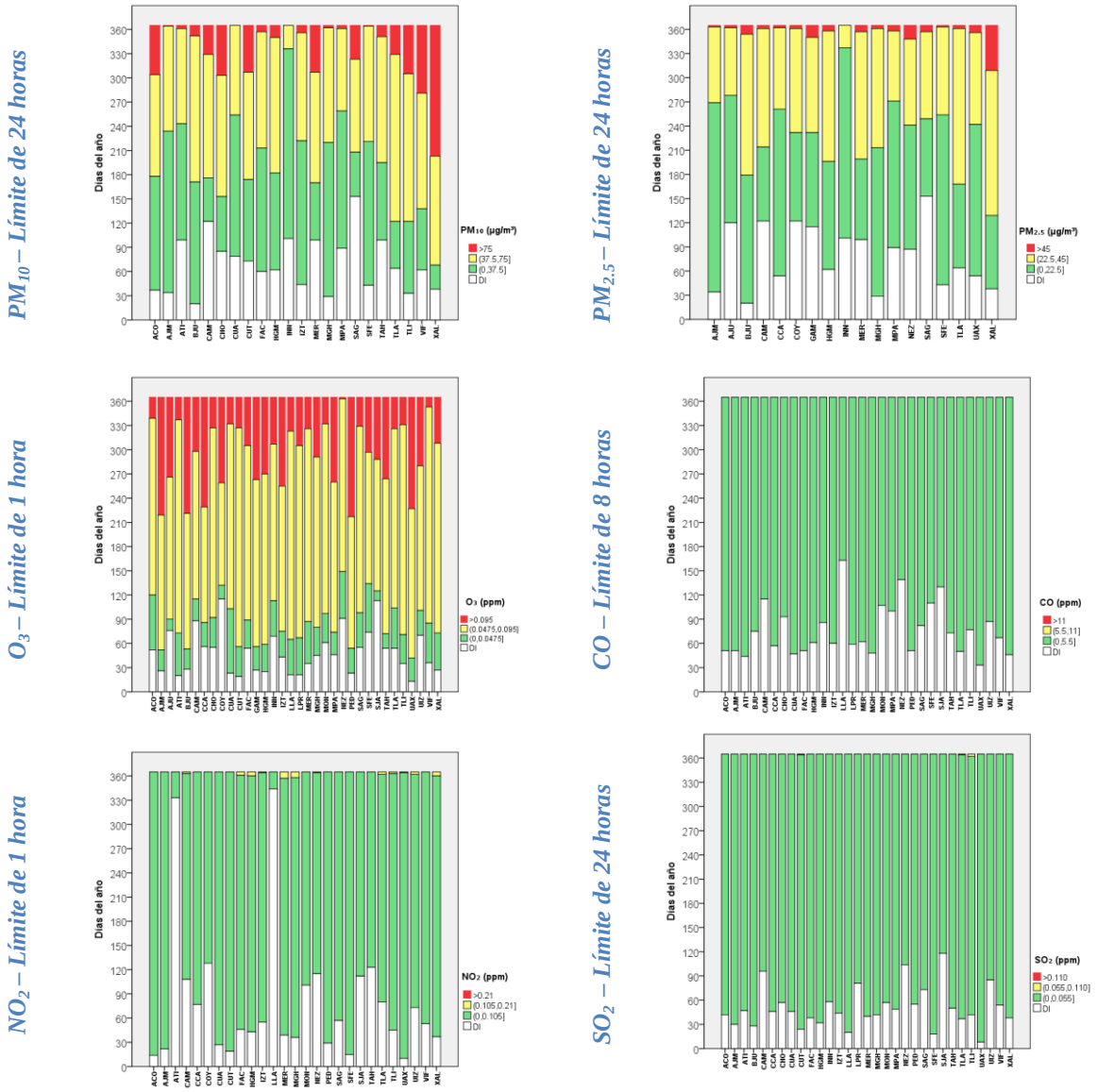
- Las estaciones Investigaciones Nucleares (INN) y Cuajimalpa (CUA) no registraron días con mala calidad del aire por PM_{10} en 2017, condición que si se presentó en el resto de las estaciones de monitoreo, siendo más frecuente en Xalostoc (XAL), Villa de las Flores (VIF), Chalco (CHO), Acolman (ACO) y Tultitlán (TLI) con un total de 162, 84, 62, 61 y 60 días, respectivamente.

- Con respecto a las partículas suspendidas $PM_{2.5}$, sólo la estación INN no registró días con mala calidad del aire en el año 2017, hecho que sí ocurrió en el resto de las estaciones con capacidad para medir este contaminante, siendo más frecuente su ocurrencia en Xalostoc (XAL), Nezahualcóyotl (NEZ), y Gustavo A Madero (GAM) con 56, 17 y 15, días respectivamente.

- En las 34 estaciones que midieron ozono se registraron días con mala calidad del aire, siendo las estaciones Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA), UAM Xochimilco (UAX), Benito Juárez (BJU), Ajusco Medio (AJM) y Pedregal (PED) donde esta condición se presentó en más de 130 días del año en cada caso. La mayor frecuencia de ocurrencia de estos días se registró en la estación PED con un total de 148 días (esto es, 41% de los días del año). Por el contrario, el sitio con la menor cantidad de días en esta condición fue Nezahualcóyotl (NEZ), con sólo dos.

- Con respecto a monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre se observa que no se registró ni un solo día con mala calidad del aire por estos contaminantes y que en la mayoría de las estaciones de monitoreo predominaron los días con buena calidad del aire.

Figura 6.3 Distribución de los días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo en la Ciudad de México y su zona conurbada, en el año 2017.



ACO - Acolman
AJM – Ajusco Medio
AJU - Ajusco
ATI - Atizapán
BJU- Benito Juárez
CAM- Camarones
CCA – Centro de Ciencias de la Atmósfera
CHO – Chalco
COY - Coyoacán
CUA - Cuajimalpa
CUT – Cuautitlán
FAC – FES Acatlán
GAM – Gustavo A. Madero
HGM – Hospital General de México
INN – Investigaciones nucleares
IZT – Iztacalco
LLA – Los Laureles
LPR – La Presa
MER - Merced
MGH – Miguel Hidalgo
MON - Montecillo
MPA – Milpa Alta
NEZ – Nezahualcóyotl
PED - Pedregal
SAG – San Agustín
SFE – Santa Fe
SJA – San Juan de Aragón
TAH - Tláhuac
TLA - Tlalnepantla
TLI – Tultitlán
UAX – UAM Xochimilco
UIZ – UAM Iztapalapa
VIF – Villa de las Flores
XAL - Xalostoc

La Tabla 6.3 muestra el porcentaje de días del año 2017 con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y dióxido de nitrógeno, de 8 horas de monóxido de carbono y de 24 horas de partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y dióxido de azufre a nivel de toda la zona metropolitana. En ella se aprecia que el contaminante que con mayor frecuencia determina una condición de mala calidad del aire en la región es el O_3, seguido de las PM_{10} y las $PM_{2.5}$, en tanto que CO, NO_2 y SO_2, no representaron un problema de calidad del aire al no registrar en ninguno de los días con información válida y suficiente concentraciones superiores al límite normado correspondiente.

Tabla 6.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de O_3 y NO_2, de 8 horas de CO y de 24 horas de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y SO_2 en la Ciudad de México y su zona conurbada en el año 2017.

PM_{10}*	No días con datos válidos	365
	No días > 75 µg/m³	173
	% días > 75 µg/m³	**47%**
$PM_{2.5}$*	No días con datos válidos	365
	No días > 45 µg/m³	69
	% días > 45 µg/m³	**19%**
O_3*	No días con datos válidos	365
	No días > 0.095 ppm	233
	% días > 0.095 ppm	**64%**

CO*	No días con datos válidos	364
	No días > 11 ppm	0
	% días > 11 ppm	0%
NO_2*	No días con datos válidos	365
	No días > 0.210 ppm	0
	% días > 0.210 ppm	**0%**
SO_2*	No días con datos válidos	365
	No días > 0.110 ppm	0
	% días > 0.110 ppm	**0%**

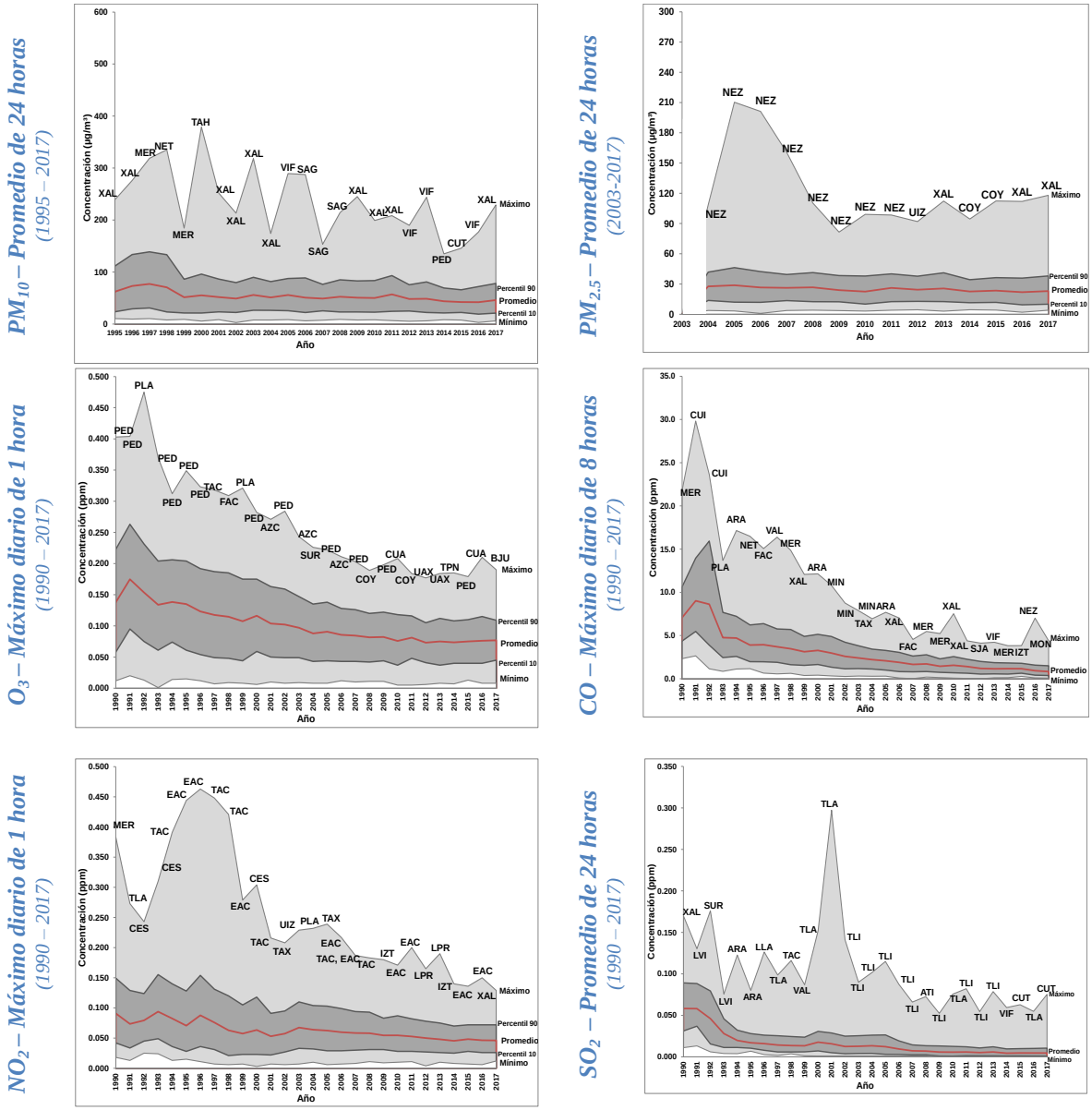
* Estimado con datos provenientes de monitoreo automático.

6.4 Tendencia de los datos diarios

La Figura 6.4 muestra la tendencia del mínimo, el máximo, el promedio y los percentiles 10 y 90 para cada contaminante, a nivel de toda la zona metropolitana, en el periodo 1990 a 2017 de acuerdo con la disponibilidad de información. En el caso de las PM_{10} se muestra la tendencia en el periodo 1995 a 2017, que corresponde al periodo con datos generados por monitoreo automático. En general, se observa una ligera tendencia decreciente entre 1997 y 2014 en todos los indicadores referidos, siendo más evidente en el promedio, el percentil 90 y los máximos; sin embargo, en los tres años más recientes se registra un repunte que es especialmente claro en el caso de las concentraciones máximas. En cuanto a las $PM_{2.5}$ el periodo mostrado es 2004 a 2017 y se aprecia que los percentiles 10 y 90 así como el mínimo y el promedio muestran un comportamiento con muy poca variación en el tiempo. Sólo las concentraciones máximas presentan una muy ligera tendencia a la alza entre 2014 y 2017. El ozono, por su parte, muestra una clara tendencia decreciente en todos sus indicadores, especialmente entre 1991 y 2012, en tanto que a partir del año

2013 y hasta 2017 se observa una condición más estable en el caso de los percentiles 10 y 90 y el promedio; en cuanto a los máximos, se aprecia un pequeño repunte en los años 2016 y 2017. La tendencia observada, en todos los indicadores es decreciente hasta 2006 en el caso de SO_2 y hasta 2017 en el caso del CO y NO_2. El SO_2 ha mostrado un comportamiento muy estable en todos sus indicadores en los 10 años más recientes.

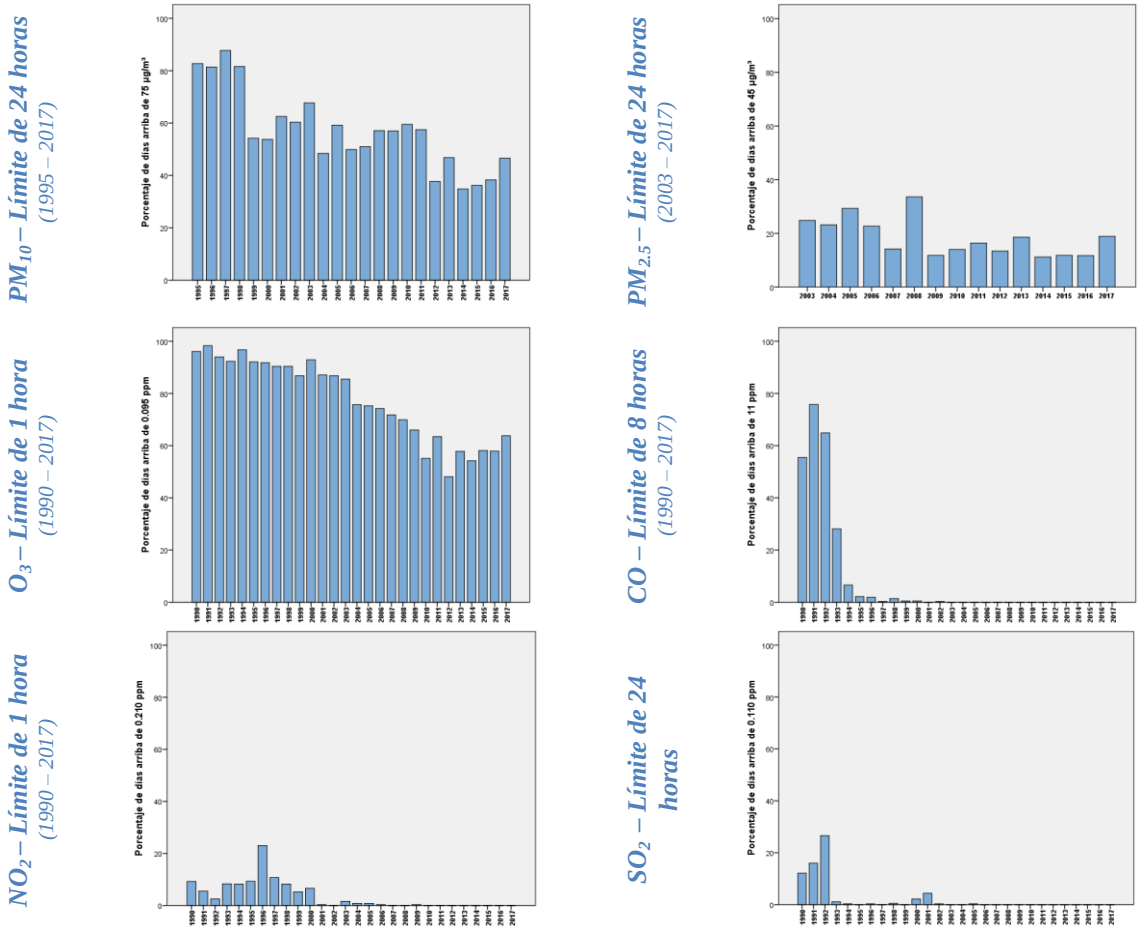
Figura 6.4 Tendencias de las concentraciones diarias, por contaminante, en la ZMVM en el periodo 1990 – 2017.



6.5 Porcentaje de días por año en que se rebasa el límite normado de cada contaminante.

La Figura 6.5 presenta la evolución del porcentaje de días por año con concentraciones superiores al límite normado vigente para cada contaminante. Se observa que las PM_{10} registran una tendencia decreciente en la que los días en esta condición pasaron de casi el 90% en 1997 a 35% en 2014. A pesar de ello, en los tres años más recientes se registra un ligero pero sostenido repunte. Las $PM_{2.5}$, por su parte, presentaron un repunte en 2017 para situarse en un 19% de los días en esta condición, después de tres años de haber permanecido casi constante en 12%. La tendencia del ozono es decreciente de 1991 a 2012, periodo en el que se pasó del 98% al 48% de los días del año con concentraciones superiores al límite normado, pero de 2013 a 2017 esta tendencia se invierte y el porcentaje de días en esta condición se sitúa en 68% en 2017. El CO, NO_2 y SO_2, no registran concentraciones superiores a los límites normados desde 2003, 2010 y 2006, respectivamente.

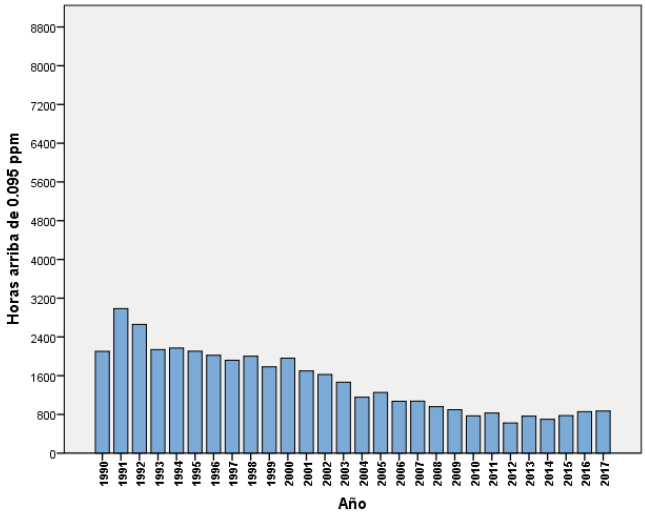
Figura 6.5 Tendencia del porcentaje de días, por año, con concentraciones superiores a los límites normados vigentes de cada uno de los contaminantes analizados, en el periodo 1990 – 2017.



6.6 Número de horas por año en que se rebasa el límite normado de ozono.

Otro indicador útil para visualizar con detalle la evolución de los problemas de calidad del aire por ozono a través de tiempo es el número de horas al año en el que se rebasa el límite normado de una hora. El indicador se generó a nivel de toda la zona metropolitana y la Figura 6.6 muestra una clara tendencia a la baja de 1991 a 2012, periodo en el que se pasó del 36% de las horas del año 1991 con concentraciones superiores al límite horario normado vigente a 7% de las horas en 2012. Sin embargo, a partir de 2013 esta tendencia se invierte y se observa un incremento de 2014 a 2017, situándose en poco más de 800 horas al año.

Figura 6.6 Tendencia del número de horas, por año, con concentraciones superiores a 0.095 ppm de ozono en el periodo 1990 – 2017.



6.7 Número de días por año en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante.

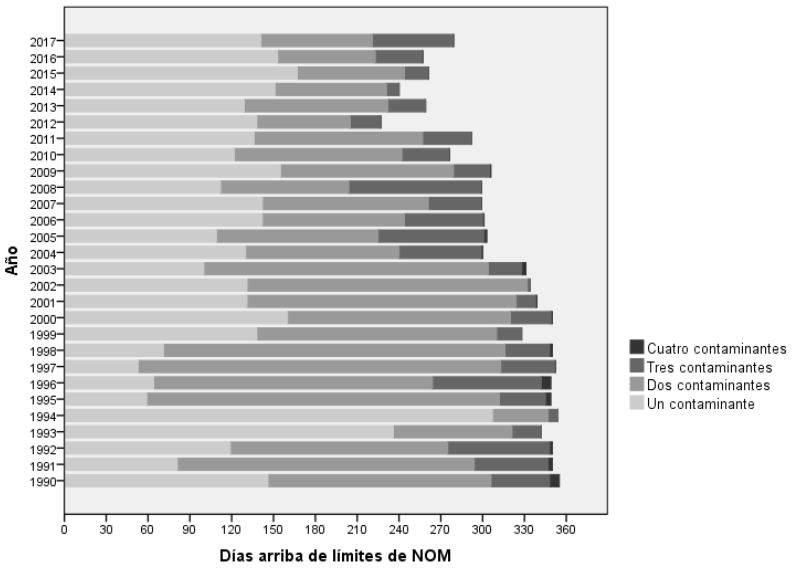
Finalmente, la Tabla 6.4 y la Figura 6.7 muestran la tendencia histórica del número de días por año en que se incumplió cualquier norma vigente de calidad del aire a nivel de toda la zona metropolitana. Así por ejemplo, en 1990 que es el año con las peores condiciones de acuerdo con este indicador, se incumplió al menos una de las normas de calidad del aire en 355 de los 363 días con datos. De ellos, en 146 días se rebasó el límite de 1 contaminante, en 160 días el límite de 2 contaminantes, en 42 días el límite de 3 contaminantes y en 7 días el límite de 4 contaminantes. En 2012, por el contrario, que se identifica como el año más limpio en el periodo analizado, se rebasó al menos uno de los límites normados vigentes en 227 de los 366 días con datos; en 138 días se rebasó el límite normado de 1 contaminante, en 67 días el de dos contaminantes y en 22 días el de

tres contaminantes. En 2017, que se ubica entre los 10 años con menos días en que se rebasó alguno de los límites normados, se presentó esta situación en 279 de los 366 días con datos.

Tabla 6.4 Número de días, por año, en que se rebasa cualquier norma vigente de calidad del aire en la Ciudad de México y su zona conurbada, 1990 – 2017.

Año	No. de días con datos	No. de días > NOM	Número de días con concentraciones por arriba de los límites actuales de cualquier contaminante			
			1 Contaminante	2 Contaminantes	3 Contaminantes	4 Contaminantes
1990	363	355	146	160	42	7
1991	355	350	81	213	53	3
1992	365	350	119	156	73	2
1993	365	342	236	85	21	0
1994	365	354	307	40	7	0
1995	365	349	59	253	33	4
1996	366	349	64	200	78	7
1997	365	352	53	260	39	0
1998	365	350	71	245	32	2
1999	365	328	138	172	18	0
2000	366	350	160	160	29	1
2001	365	339	131	193	14	1
2002	365	334	131	201	2	0
2003	365	331	100	204	24	3
2004	366	300	130	110	59	1
2005	365	303	109	116	76	2
2006	365	301	142	102	56	1
2007	365	299	142	119	38	0
2008	366	299	112	92	95	0
2009	365	306	155	124	26	1
2010	365	276	122	120	34	0
2011	365	292	136	121	35	0
2012	366	227	138	67	22	0
2013	365	259	129	103	27	0
2014	365	240	151	80	9	0
2015	365	261	167	77	17	0
2016	366	257	153	70	34	0
2017	365	279	141	80	58	0

Figura 6.7 Número de días, por año, en que se rebasó cualquier norma vigente de calidad del aire en la Ciudad de México y su zona conurbada, 1990 – 2017.



Es importante destacar que las combinaciones de contaminantes cuyo límite normado es rebasado en un mismo día ha ido variando en el tiempo, así mientras en los años 90's era común que se rebasaran en un mismo día los límites actuales de O_3 y CO, O_3 y NO_2 u O_3 y SO_2, en años más recientes las combinaciones más comunes suelen ser O_3 y PM_{10} o PM_{10} y $PM_{2.5}$. Esto se debe, entre otros factores, a que las PM_{10} se empezaron a medir con equipo automático en 1995 y las $PM_{2.5}$ en 2003.

En 2017 la Norma de PM_{10} se cumplió en las estaciones Cuajimalpa, Lomas y Pedregal, en tanto que en las otras 18 estaciones donde se pudo evaluar el cumplimiento de la misma al menos uno de los límites normados fue rebasado. Las concentraciones más altas de este contaminante se presentaron en Villa de las Flores.

Los límites normados de $PM_{2.5}$ se rebasaron en todas las estaciones de monitoreo donde se llevó a cabo su medición en 2017. Las concentraciones más altas se registraron en las estaciones Gustavo A Madero (promedio de 24 horas) y Xalostoc (promedio anual).

El ozono se midió en 34 estaciones de monitoreo y en todas ellas se incumplió la Norma respectiva, registrándose las concentraciones más altas en las estaciones Benito Juárez (promedio de una hora) y Pedregal (promedio de 8 horas).

Los límites normados de monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre se cumplieron en todas las estaciones de monitoreo donde fueron medidos.

La Norma de PM_{10} y $PM_{2.5}$ se rebasó con más frecuencia en Xalostoc (162 y 56 días, respectivamente), en tanto que la de ozono se rebasó más frecuentemente en Pedregal (148 días). A nivel de toda la zona metropolitana la Norma de ozono se rebasó en el 64% de los días del año, la de PM_{10} en el 47% de los días y la de $PM_{2.5}$ en el 19% de los días.

La tendencia histórica tanto de las concentraciones máximas como del número de días con concentraciones superiores a los límites normados vigentes de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y O_3 muestran una tendencia a la baja que se ha invertido en los tres años más recientes, periodo en el cual se observó un repunte en ambos indicadores.

7. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE COAHUILA.

7.1 Información general.

En el año 2017 el Estado de Coahuila contó, administrativamente, con dos sistemas de monitoreo de la calidad del aire (SMCA). Uno a cargo del Gobierno del Estado (SMCA – Coahuila Estatal) y otro a cargo del gobierno del municipio de Torreón (SMCA – Torreón municipal). El SMCA Estatal estuvo integrado por las estaciones de monitoreo de Torreón, Saltillo, Monclova y Piedras Negras, en tanto que el SMCA municipal estuvo integrado por tres estaciones de monitoreo manuales, todas ubicadas en el municipio de Torreón. La Tabla 7.1 muestra las capacidades de medición de cada estación, en tanto que la Figura 7.1 ilustra su ubicación geográfica.

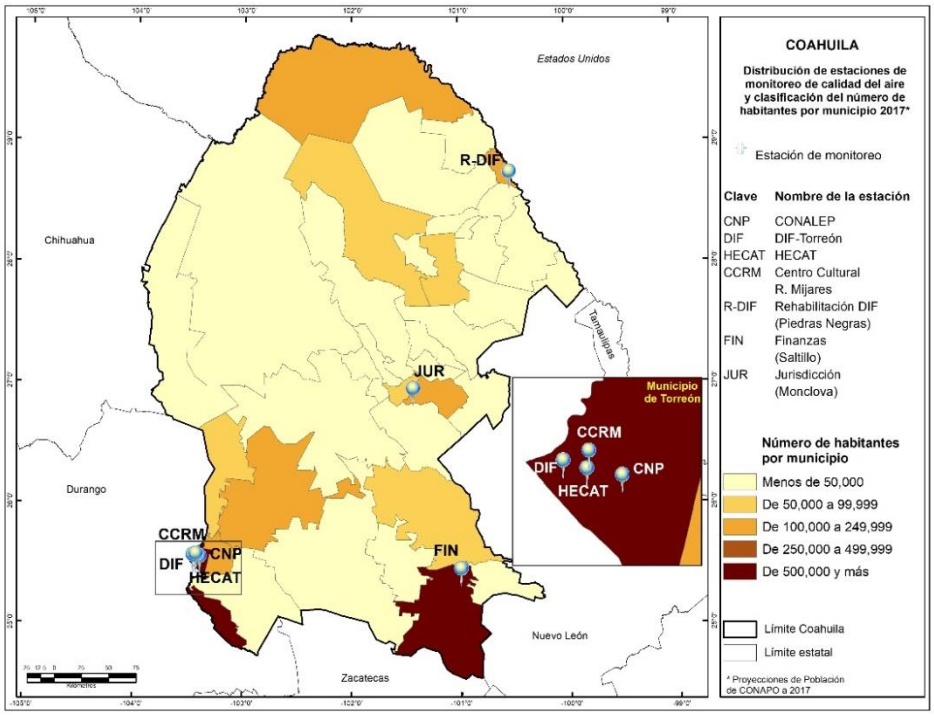
Cabe destacar que con respecto a 2016, la estación Hospital Infantil (HOS) que se encontraba en comodato a cargo del SMCA Municipal, dejo de operar y fue regresada al gobierno del Estado de Coahuila.

Tabla 7.1 Estaciones que conformaron los SMCA de Coahuila en el año 2017 y capacidades de medición de contaminantes.

SMCA	Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes medidos					
				PM_{10}	$PM_{2.5}$	O_3	SO_2	NO_2	CO
Coahuila Estatal	CONALEP (Torreón)	CNP	Aut. 2013	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Finanzas (Saltillo)	FIN	Aut. 2015	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Jurisdicción Sanitaria (Monclova)	JUR	Aut. 2015	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Centro de Rehabilitación DIF (Piedras Negras)	R-DIF	Aut. 2015	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Torreón Municipal	DIF – Torreón	DIF	Man. 1999	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	HECAT	HECAT	Man. 2015	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Centro Cultural R. Mijares	CCRM	Man. 2016	✓	¤	¤	¤	¤	¤

* En el caso de las estaciones que por definición no forman parte de una red de monitoreo, entre paréntesis se indica el nombre de la ciudad donde se encuentra ubicada.
Aut. = Equipo automático.
Man. = Equipo manual.
¤ = No cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.
✓ = Cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.
Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Coahuila y la Dirección General de Medio Ambiente del Gobierno Municipal de Torreón.

Figura 7.1 Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Coahuila, 2017.



7.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Coahuila para el año 2017 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las NOM en la materia y la distribución del número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo. Así mismo, se incluye una descripción, a nivel de ciudad, sobre las tendencias del año 2013 a 2017 con respecto al promedio, mínimo, máximo y percentiles 10 y 90 de las concentraciones diarias, número de días con concentraciones superiores a los límites normados vigentes para cada contaminante y, número de días en que se rebasa cualquier norma de calidad del aire.

7.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire.

En esta sección se analiza el cumplimiento de las NOM para cada contaminante en cada una de las estaciones de monitoreo que conforman el SMCA de Coahuila. Los resultados de esta evaluación se presentan en la Figura 7.2 y en la Tabla 7.2, en las cuales se puede apreciar que:

- En 2017 la Norma de PM_{10} se incumplió en todas las estaciones de monitoreo localizadas en Torreón. En las cuatro estaciones de monitoreo se rebasaron los dos límites normados

(cuadrante superior derecho de la figura). Las concentraciones más altas de este contaminante, tanto como promedio de 24 horas como promedio anual se registraron en la estación de monitoreo CONALEP (CNP), con concentraciones de 276 µg/m^3 y 78 µg/m^3, respectivamente. El primero equivale a casi 4 veces el límite de 24 horas y el segundo a casi 2 veces el límite anual. En el resto de las estaciones de la entidad, la estación de monitoreo Finanzas (FIN) ubicada en Saltillo cumplió durante el 2017 con los dos límites normados de calidad de aire para PM_{10}, en tanto que las estaciones de Monclova (JUR) y Piedras Negras (R-DIF) no registraron información suficiente para generar los indicadores.

- La Norma de $PM_{2.5}$ no pudo ser evaluada en ninguna de las estaciones de monitoreo debido a la insuficiencia de datos.

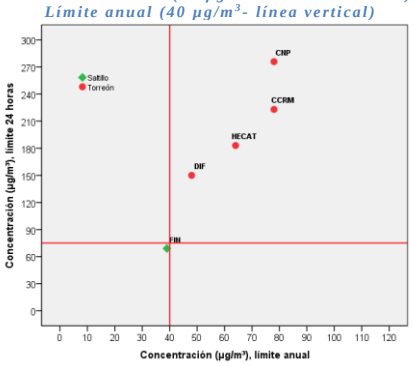
- La Norma de ozono se incumplió en las estaciones de monitoreo de las ciudades de Saltillo, Torreón y Monclova, en las dos primeras se rebasaron los dos límites normados, mientras que en la tercera se rebasó el límite de 1 hora. Las concentraciones más altas de ozono, tanto como promedio de una hora como de 8 horas, se registraron en Saltillo, con valores de 0.124 ppm y 0.098 ppm, respectivamente, que equivalen a 1.3 y 1.03 veces el límite normado respectivo. En Piedras Negras no se evaluaron los límites normados de ozono por insuficiencia de información.

- Los límites normados de monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre se cumplieron en todas las estaciones de monitoreo. Sólo en la estación de monitoreo ubicada en Torreón no se realizó la evaluación de dióxido de nitrógeno por falta de información.

Figura 7.2 Evaluación del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Coahuila, en el año 2017.

Partículas Suspendidas – PM_{10}

Límite de 24 horas (75 µg/m³- línea horizontal)
Límite anual (40 µg/m³- línea vertical)



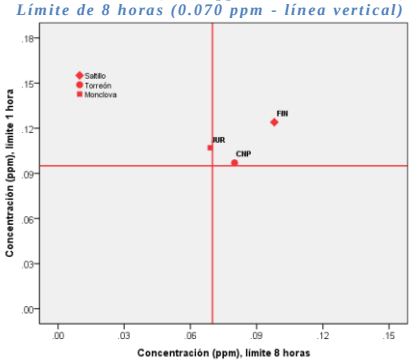
Partículas Suspendidas – $PM_{2.5}$

Límite de 24 horas (45 µg/m³- línea horizontal)
Límite anual (12 µg/m³- línea vertical)

No se cumplió con los criterios de suficiencia de información para generar los indicadores

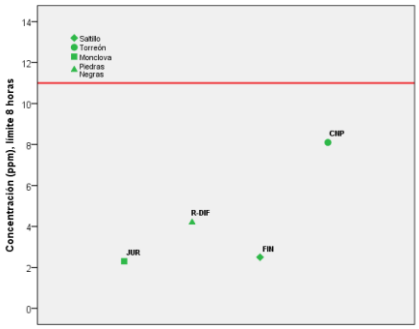
Ozono – O_3

Límite de 1 hora (0.095 ppm- línea horizontal)
Límite de 8 horas (0.070 ppm - línea vertical)



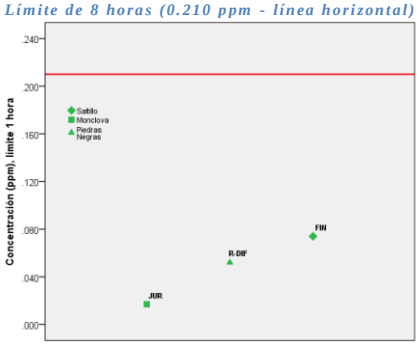
Monóxido de carbono - CO

Límite de 8 horas (11 ppm - línea horizontal)



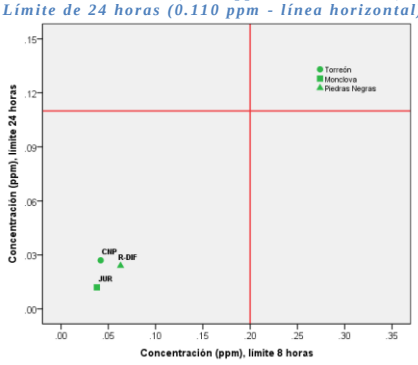
Dióxido de nitrógeno – NO_2

Límite de 8 horas (0.210 ppm - línea horizontal)



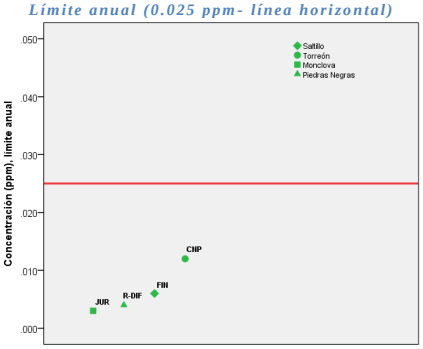
Dióxido de azufre – SO_2

Límite de 8 horas (0.200 ppm- línea vertical)
Límite de 24 horas (0.110 ppm - línea horizontal)



Dióxido de azufre – SO_2

Límite anual (0.025 ppm- línea horizontal)



Monclova
JUR – Jurisdicción Sanitaria

Piedras Negras
R-DIF – Centro de Rehabilitación DIF

Saltillo
FIN – Finanzas

Torreón
CNP – Conalep
DIF – DIF-Torreón
HECAT – HECAT
CCRM – Centro Cultural R. Mijares

Tabla 7.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Coahuila, en el año 2017.

Contaminante	Límite normado		Monclova	Piedras Negras	Saltillo	Torreón			
			JUR	R-DIF	FIN	CNP	DIF	HECAT	CCRM
(1)PM_{10}	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m^3	DI	DI	69	276	150	183	223
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m^3	DI	DI	39	78	48	64	78
(1)$PM_{2.5}$	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m^3	DI	DI	DI	DI	¤	¤	¤
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m^3	DI	DI	DI	DI	¤	¤	¤
(2)O_3	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	0.107	DI	0.124	0.097	¤	¤	¤
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	0.069	DI	0.098	0.080	¤	¤	¤
(3)CO	8 hrs	2°Máximo ≤ 11 ppm	2	4	3	8	¤	¤	¤
(4)NO_2	1 hr	2°Máximo ≤ 0.210 ppm	0.017	0.052	0.074	DI	¤	¤	¤
(5)SO_2	8 hrs	2°Máximo ≤ 0.200 ppm	0.038	0.063	0.026	0.042	¤	¤	¤
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	0.012	0.024	0.020	0.027	¤	¤	¤
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	0.003	0.004	0.006	0.012	¤	¤	¤

(1) NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a);
(2) NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b);
(3) NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1993);
(4) NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994);
(5) NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010).

DI = Datos insuficientes.
¤ = No cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.
= Cumple con el límite normado.
= No cumple con el límite normad.

- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas o 24 horas, de acuerdo al contaminante y límite normado.
- Las NOM de partículas, ozono y dióxido de azufre se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen todos los límites normados.

7.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala.

Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en el año 2017 en términos de la frecuencia con que se presentan días con calidad del aire buena, regular y mala con respecto a cada contaminante de acuerdo con los intervalos definidos en la sección 3.3.2 del capítulo de metodología. En este contexto, en la Figura 7.3 se puede observar que:

- En todas las ciudades de Coahuila donde se midió PM_{10} en 2017 se registraron días con mala calidad del aire, siendo más frecuentes en Torreón, Monclova y Piedras Negras. A nivel de estación de monitoreo, la mayor cantidad de días con mala calidad del aire por PM_{10} se registró en CONALEP (CNP), localizada en la ciudad de Torreón, con un total de 137, lo que representa el 37% de los días del año. La ciudad con un menor número de días con mala calidad del aire por partículas PM_{10} fue Saltillo con 3, que representan menos del 1% de los días del año.

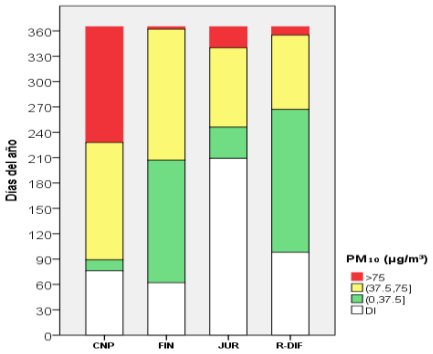
- No se presentó ningún día con mala calidad del aire por $PM_{2.5}$ en las estaciones de monitoreo ubicadas en Monclova, Piedras Negras y Saltillo, predominando los días con calidad del aire buena. Por el contrario, en Torreón se presentaron 10 días con mala calidad del aire por este contaminante, los que representan casi el 3% de los días del año. Otro aspecto que destaca es la gran cantidad de días con información insuficiente para generar este indicador en todas las estaciones de monitoreo.

- Respecto a los días con mala calidad del aire por ozono, destaca el registro de la estación Finanzas localizada en Saltillo con 41 días, seguido por Monclova con 2 y Torreón con 1. En Piedras Negras no se presentaron días con mala calidad del aire por este contaminante durante el 2017.

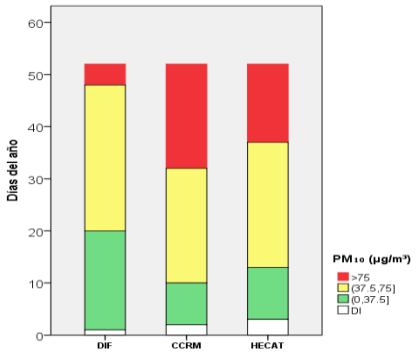
- Finalmente, con respecto a monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre prácticamente la totalidad de los días del año, en todas las estaciones de monitoreo, registraron concentraciones que los ubicaron en la categoría de buena calidad del aire.

Figura 7.3 Distribución de los días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo en Coahuila, en el año 2017.

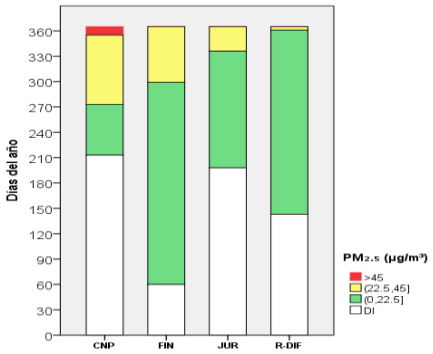
PM_{10} – Límite de 24 horas Automático



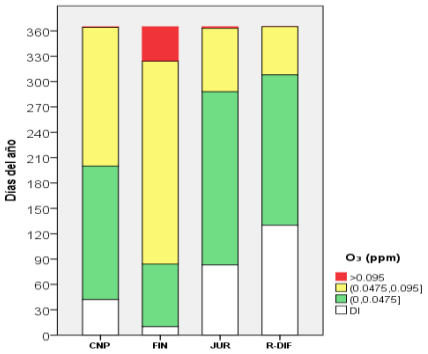
PM_{10} – Límite de 24 horas manual



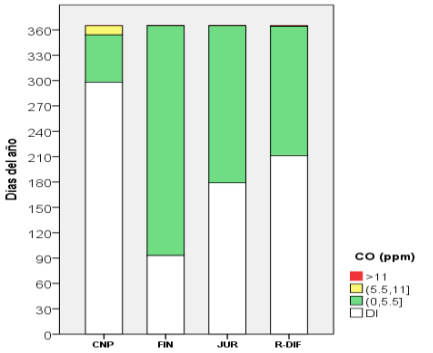
$PM_{2.5}$ – Límite de 24 horas



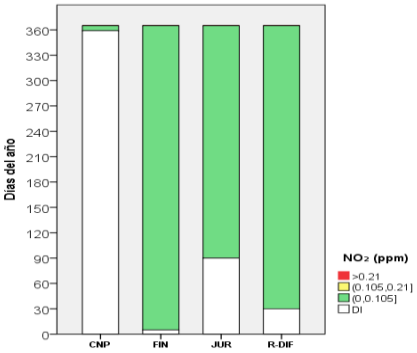
O_3 – Límite de 1 hora



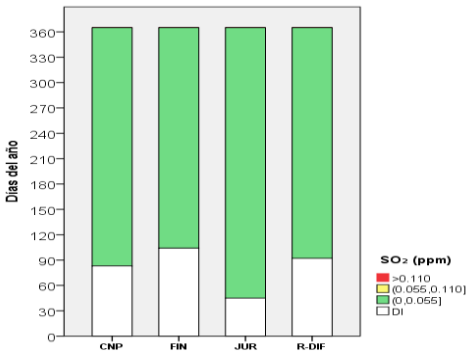
CO – Límite de 8 horas



NO_2 – Límite de 1 hora



SO_2 – Límite de 24 horas



Monclova
JUR – Jurisdicción Sanitaria

Piedras Negras
R-DIF – Centro de Rehabilitación DIF

Saltillo
FIN – Finanzas

Torreón
CNP – Conalep
DIR – DIF-Torreón
HECAT – HECTA
CCRM – Centro Cultural R. Mijares

La Tabla 7.3 muestra el porcentaje de días del año 2017 con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y dióxido de nitrógeno, de 8 horas de monóxido de carbono y de 24 horas de partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y dióxido de azufre a nivel de ciudad. En ella se aprecia que los contaminantes que con mayor frecuencia determinan una condición de mala calidad del aire son las PM_{10} y el ozono. En el caso de las PM_{10}, se presenta dicha condición con más frecuencia en Monclova, Piedras Negras y Torreón, en este último municipio se registraron 47% de los días del 2017 con concentraciones superiores al límite de 24 horas. En lo que respecta al ozono, en Saltillo se registraron más del 11% de los días del año con concentraciones superiores al límite de 1 hora.

Tabla 7.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de O_3 y NO_2, de 8 horas de CO y de 24 horas de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y SO_2 en Coahuila en el año 2017.

Ciudad	PM_{10}			$PM_{2.5}$			O_3		
	No. días con datos válidos	No. días > 75 µg/m³	% días > 75 µg/m³	No. días con datos válidos	No. días > 45 µg/m³	% días > 45 µg/m³	No. días con datos válidos	No. días > 0.095 ppm	% días > 0.095 ppm
Monclova	156	25	16%	167	0	0%	282	2	1%
Piedras Negras	267	10	4%	222	0	0%	235	0	0%
Saltillo	303	3	1%	305	0	0%	355	41	12%
Torreón*	289	137	47%	152	10	7%	323	1	0.3%

Ciudad	CO			NO_2			SO_2		
	No. días con datos válidos	No. días > 11 ppm	% días > 11 ppm	No. días con datos válidos	No. días > 0.210 ppm	% días > 0.210 ppm	No. días con datos válidos	No. días > 0.110 ppm	% días > 0.110 ppm
Monclova	186	0	0%	275	0	0%	320	0	0%
Piedras Negras	154	0	0%	335	0	0%	273	0	0%
Saltillo	272	0	0%	360	0	0%	261	0	0%
Torreón	67	0	0%	6	0	0%	282	0	0%

*El porcentaje de las PM_{10} se calculó a partir de los datos horarios de la estación CONALEP

7.4 Tendencia de los datos diarios.

Las Figuras 7.4 a 7.9 muestran la tendencia del mínimo, el máximo, el promedio y los percentiles 10 y 90 para PM_{10}, $PM_{2.5}$, O_3, CO, NO_2 y SO_2, respectivamente, a nivel de ciudad, en el periodo 2013 a 2017 de acuerdo con la disponibilidad de información.

En el caso de las PM_{10} se cuenta con información para Torreón y Saltillo. Respecto a los datos para Torreón, se puede observar un incremento en las concentraciones máximas alcanzadas del año 2014 al 2017. En Saltillo no se puede realizar el análisis de tendencia de los datos diarios debido a que sólo se cuenta con información del 2017. Comparativamente hablando, tanto los promedios como los máximos más elevados en 2017 se presentaron en Torreón (Figura 7.4)

En cuanto a las $PM_{2.5}$ (Figura 7.5), sólo hay datos para el año 2017 para la ciudad de Saltillo. Otras ciudades como Monclova, Piedras Negras y Torreón no han generado información suficiente para este indicador en ninguno de los años.

Respecto al ozono (Figura 7.6), sólo fue posible construir los indicadores para los años 2013 en Torreón y 2017 Saltillo y Monclova, razón por la cual no es posible establecer una tendencia definida. Al comprar los diferentes indicadores entre ciudades para el año 2017, se observa que el promedio, el máximo y el percentil 90 suelen ser ligeramente más elevados en Saltillo.

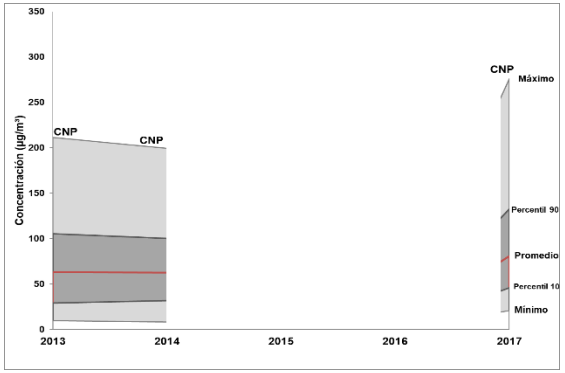
Las estaciones de monitoreo atmosférico localizadas en Coahuila registraron información histórica escasa con respecto a CO, por lo que no es posible establecer alguna tendencia. Únicamente se reportó información de este contaminante para el año 2017 en Saltillo (Figura 7.7).

En el caso del dióxido de nitrógeno (Figura 7.8), la irregularidad con la que se ha generado información suficiente sobre este contaminante impide identificar alguna tendencia histórica de las concentraciones en Coahuila, los registros fueron suficientes sólo para el cálculo de los indicadores del año 2013 para Torreón y del 2017 para Saltillo, Monclova y Piedras Negras. Una comparación entre estas tres últimas ciudades muestra que el promedio, el máximo y el percentil 90 suelen ser ligeramente más elevados en Saltillo.

Finalmente, con respecto al SO_2 se generaron indicadores del 2013 y 2017 para Torreón y sólo del 2017 para Monclova. En Torreón se observa un incremento importante en los valores del promedio, el máximo y el percentil 90 del año 2013 al 2017. Una comparación entre los valores reportados para Torreón y Monclova durante el año 2017 muestra mayores concentraciones para Torreón.

Figura 7.4 Tendencias de las concentraciones diarias de PM_{10}, en Coahuila, en el periodo 2013 – 2017.

Torreón *(2013-2017)*



Saltillo *(2013-2017)*

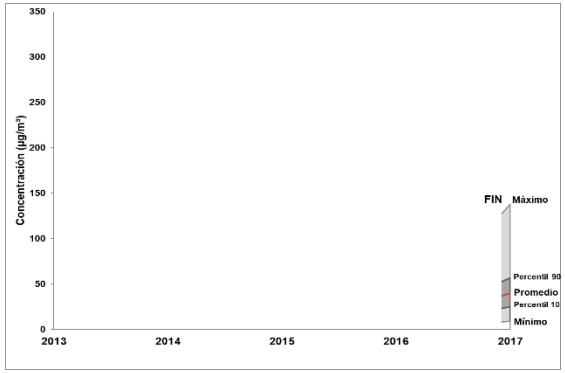


Figura 7.5 Tendencias de las concentraciones diarias de $PM_{2.5}$, en Coahuila, en el periodo 2013 – 2017.

Saltillo *(2013– 2017)*

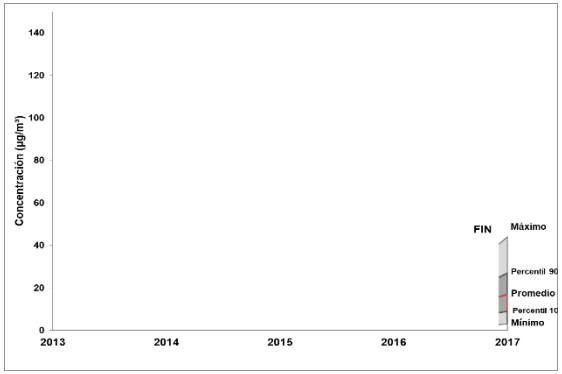
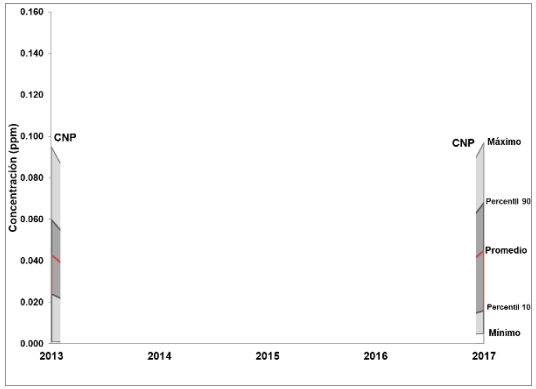
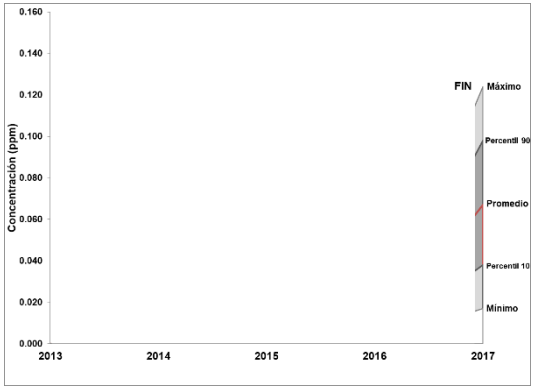


Figura 7.6 Tendencias de las concentraciones diarias de O_3, en Coahuila, en el periodo 2013 – 2017.

Torreón
(2013– 2017)



Saltillo
(2013-2017)



Monclova
(2013 – 2017)

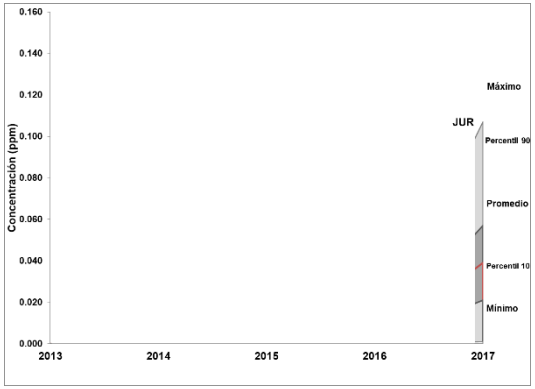


Figura 7.7 Tendencias de las concentraciones diarias de CO, en Coahuila, en el periodo 2013 – 2017.

Saltillo *(2013– 2017)*

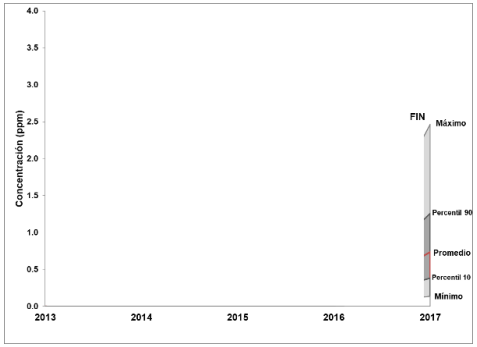
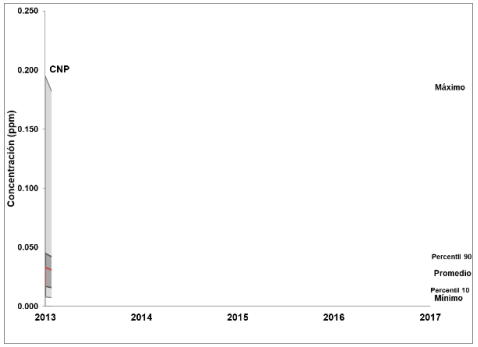
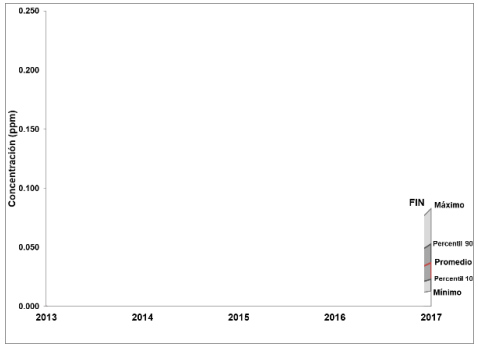


Figura 7.8 Tendencias de las concentraciones diarias de NO_2, en Coahuila, en el periodo 2013 – 2017.

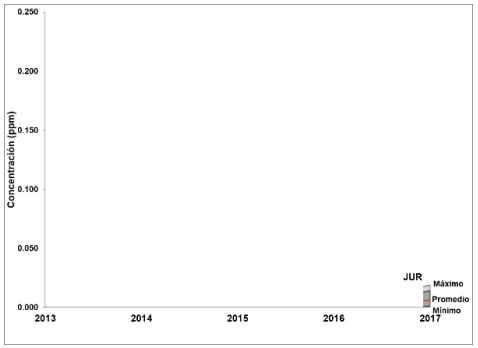
Torreón *(2013 – 2017)*



Saltillo *(2013 – 2017)*



Monclova *(2013 – 2017)*



Piedras Negras *(2013 – 2017)*

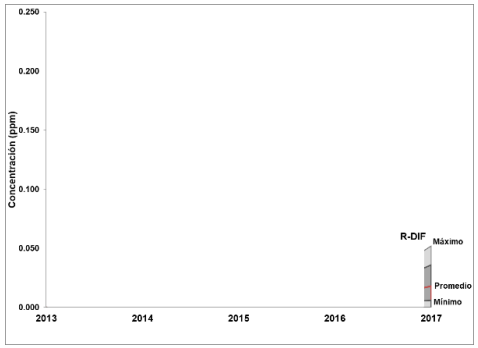
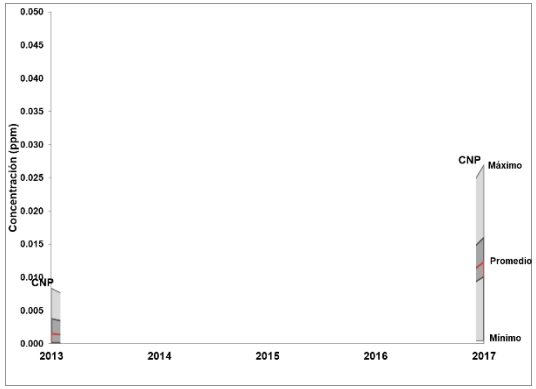
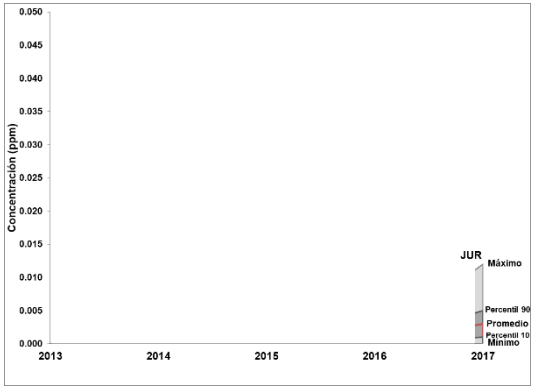


Figura 7.9 Tendencias de las concentraciones diarias de SO_2, en Coahuila, en el periodo 2013 – 2017.

Torreón
(2013– 2017)



Monclova
(2013-2017)



7.5 Porcentaje de días por año en que se rebasa el límite normado de cada contaminante.

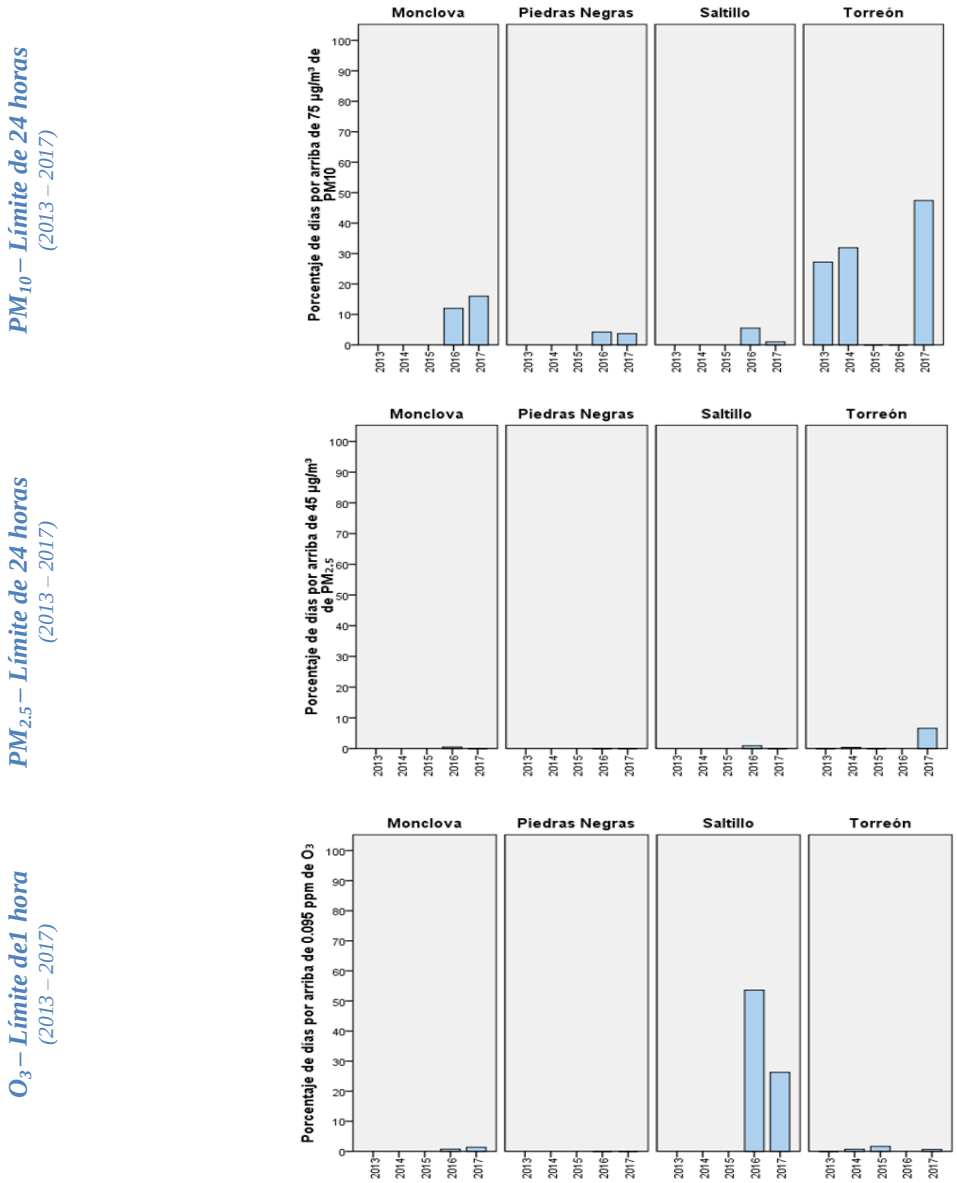
La Figura 7.10 presenta la evolución del porcentaje de días por año con concentraciones superiores al límite normado vigente para cada contaminante a nivel de ciudad. Con respecto a las PM_{10} se observa que en Monclova y Torreón se registra una tendencia a la alza en este indicador. En Monclova se pasó del 12% al 16% del año 2016 al 2017, mientras que en Torreón se pasó de 27% a 47% de días por año con concentraciones superiores al límite normado del 2013 al 2017. La ciudad que históricamente registra más días por año con concentraciones por arriba del límite normado de PM_{10} es Torreón.

Respecto a $PM_{2.5,}$ sólo en Torreón se observa una tendencia creciente del número de días por año con concentraciones superiores al límite normado vigente de este contaminante entre 2013 y 2017, ya que en 2014 registro menos del 1% de días con concentraciones por arriba de límite normado y en 2017 se incrementó a casi el 7% de días en esa condición.

En Coahuila, en los últimos años el municipio de Saltillo ha presentados la mayor cantidad de días con concentraciones superiores al límite normado de ozono. La tendencia histórica muestra que en el 2016, el porcentaje de días fue de 29%, mientras que en el 2017 disminuyó a casi el 12%. En Torreón el mayor porcentaje de días con concentraciones por arriba de la norma fue de 1.3% en 2015 y del 0.7% en Monclova en 2017.

El CO, NO_2 y SO_2 no han registrado concentraciones superiores al límite diario normado vigente.

Figura 7.10 Tendencia del porcentaje de días, por año, con concentraciones superiores a los límites normados vigentes de cada uno de los contaminantes analizados, en el periodo 2013 – 2017.

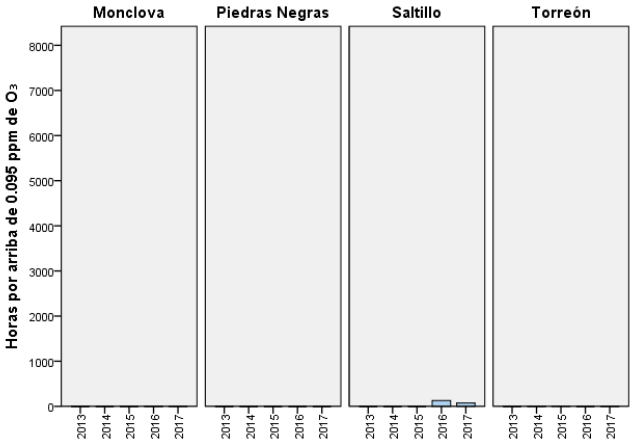


7.6 Número de horas por año en que se rebasa el límite normado de ozono.

Otro indicador útil para visualizar con detalle la evolución de los problemas de calidad del aire por ozono a través de tiempo es el número de horas al año en el que se rebasa el límite normado de una hora. En este caso, el indicador se generó a nivel de ciudad y la Figura 7.11 muestra que en ninguna de las ciudades evaluadas se superó más del 2% de las horas del año con concentraciones de ozono superiores al límite normado vigente. Es de destacar que en Saltillo el año con la mayor cantidad de

horas con concentraciones por arriba del límite normado fue 2016 con 130, en tanto que en 2017 se registraron 75.

Figura 7.11 Tendencia del número de horas, por año, con concentraciones superiores a 0.095 ppm de ozono en el periodo 2014 – 2017.



7.7 Número de días por año en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante.

Finalmente, la Tabla 7.4 y la Figura 7.12 muestran la tendencia histórica del número de días por año en que se incumplió cualquier norma vigente de calidad del aire a nivel de ciudad. En ellas se puede observar que en Torreón se registró un incremento considerable de días fuera de Norma para al menos un contaminante del año 2014 al 2017. En el año 2014 se registraron 99 días en esta condición, de los cuales 97 fueron por PM_{10}, uno por ozono y otro más por dos contaminantes (PM_{10} y $PM_{2.5}$). En 2015 hubo 2 días fuera de Norma; sin embargo, cabe precisar que se contó con concentraciones diarias válidas sólo en el 42 % de los días del año y en 2016 la estación estuvo fuera de operación. En 2017 se incrementó el número de días fuera de Norma 143 (133 por PM_{10}, 5 por $PM_{2.5}$, uno por ozono) y 5 más a dos contaminantes (PM_{10} y $PM_{2.5}$).

En Saltillo destaca 2016 como el año con más días en los que se incumple la normatividad vigente de calidad del aire con un total de 88. De ellos, en 84 se rebasó el límite normado de un solo contaminante (75 por ozono, 8 por PM_{10} y 1 por $PM_{2.5}$), en 4 se rebasaron los límites de dos contaminantes (3 ozono y PM_{10}, así como uno PM_{10} y $PM_{2.5}$). En 2017 se rebasaron en 44 días los límites normados, es decir, la mitad con respecto a 2016. Los 44 días que incumplieron la Norma fueron por un solo contaminante (41 por ozono y 3 por PM_{10}).

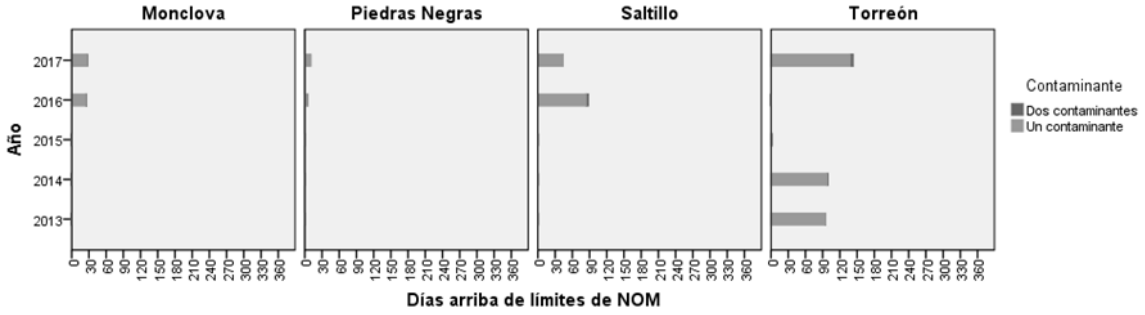
La ciudad de Monclova registró en 2017 la cantidad de 27 días fuera de norma (8% de los días del año con información suficiente), de los cuales 25 se debieron a las PM_{10} y 2 al ozono. En 2016 se presentaron 26 días fuera de norma, uno menos que 2017, pero hubo un día que se debió a la combinación de 2 contaminantes (PM_{10} y $PM_{2.5}$).

Piedras Negras incumplió durante el 2016 en 5 días al menos una norma de calidad del aire, mientras que en 2017 fue el doble, es decir, 10 días, mismos que representan el 3% de los días por arriba de Norma en el año con datos suficientes. En ambos años los días fuera de norma estuvieron relacionados con un solo contaminante, las PM_{10}.

Tabla 7.4 Número de días, por año, en que se rebasa cualquier norma vigente de calidad del aire en Coahuila, 2013 – 2017.

Ciudad	Año	No. de días con datos	No. de días > NOM	Número de días con concentraciones por arriba de los límites actuales de cualquier contaminante			
				1 Contaminante	2 Contaminantes	3 Contaminantes	4 Contaminantes
Torreón	2013	354	95	95	0	0	0
	2014	310	99	98	1	0	0
	2015	154	2	2	0	0	0
	2016	FO	FO	FO	FO	FO	FO
	2017	325	143	138	5	0	0
Saltillo	2013						
	2014						
	2015						
	2016	281	88	84	4	0	0
	2017	363	44	44	0	0	0
Monclova	2013						
	2014						
	2015						
	2016	274	26	25	1	0	0
	2017	340	27	27	0	0	0
Piedras Negras	2013						
	2014						
	2015						
	2016	266	5	5	0	0	0
	2017	337	10	10	0	0	0

Figura 7.12 Número de días, por año, en que se rebasó cualquier norma vigente de calidad del aire en Coahuila, 2013 – 2017.



En Coahuila se presentan problemas de calidad del aire tanto por partículas, principalmente PM_{10}, como por ozono. Las concentraciones de partículas PM_{10} rebasaron los dos límites normados en cuatro de las cinco estaciones de monitoreo evaluadas. El límite de 1 hora para ozono se rebasó en las 3 estaciones evaluadas y el límite de 8 horas en 2.

En 2017 los límites normados de PM_{10} y O_3 se incumplieron en Torreón, en tanto que en Saltillo y Monclova se incumplió con la Norma de ozono. En Piedras Negras no se evaluaron las Normas de $PM_{2.5}$, PM_{10} y O_3 por insuficiencia de información.

Las concentraciones más altas de PM_{10} y $PM_{2.5}$ se registraron en Torreón, en tanto que los niveles más altos de ozono tuvieron lugar en Saltillo.

Las concentraciones superiores al límite normado de 24 horas de PM_{10} se presentaron con mayor frecuencia en la ciudad de Torreón (47% de los días del año), seguida de Monclova (16%) y Piedras Negras (4%). En Torreón, el 7% de los días del año se presentaron concentraciones superiores al límite normado de $PM_{2.5}$. Finalmente, el límite de 1 hora de ozono se rebasó en el 11% de los días en Saltillo y en menos del 1% de los días en Monclova.

Los mayores problemas de calidad del aire en la entidad se presentaron en la ciudad de Torreón, no sólo se alcanzaron las concentraciones más altas de PM_{10}, sino que fue también el sitio donde con mayor frecuencia se presentan días con concentraciones superiores al límite normado de este contaminante (47%).

8. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL ESTADO DE MÉXICO.

8.1 Información general.

En el año 2017 el sistema de monitoreo de la calidad del aire (SMCA) del Estado de México, administrado por la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Estado, estuvo conformado por la Red de Monitoreo de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT), la cual está constituida por siete estaciones de monitoreo; cuatro de las cuales se localizan en el municipio de Toluca (Aeropuerto, Centro, Oxtotitlán y San Cristóbal), dos en el municipio de Metepec (Ceboruco y Metepec) y una más en el municipio de San Mateo Atenco (San Mateo Atenco). Es importante destacar, sin embargo, que la estación de monitoreo Aeropuerto está en proceso de reubicación y dejó de generar información desde el mes de septiembre del año 2015.

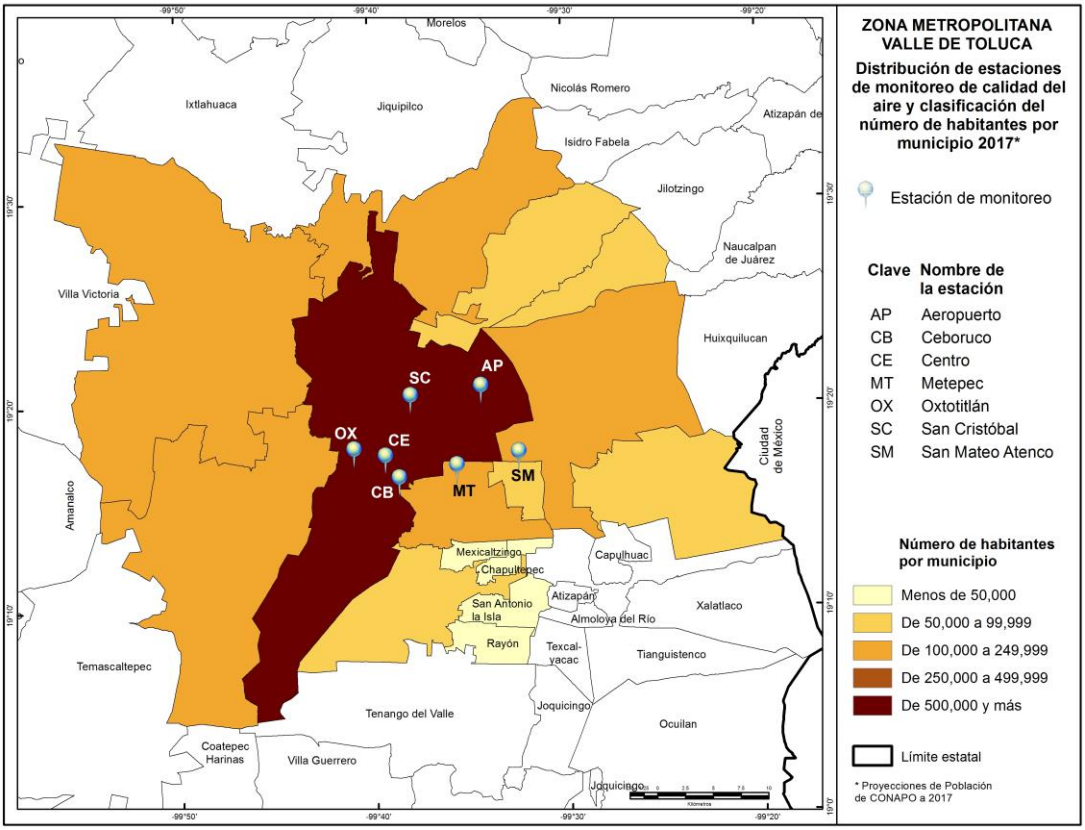
En todas las estaciones se realizó únicamente monitoreo automático. La Tabla 8.1 muestra las estaciones que conformaron este SMCA en el año 2017, los contaminantes que se pueden medir en las mismas y el año en que cada una de ellas inició su operación. Por otra parte, la Figura 8.1, muestra la ubicación geográfica de cada una de las estaciones referidas.

Tabla 8.1 Estaciones que conformaron el SMCA del Estado de México en el año 2017 y capacidades de medición de contaminantes.

Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes					
			PM_{10}	$PM_{2.5}$	O_3	SO_2	NO_2	CO
Aeropuerto*	AP	Aut. 1994	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ceboruco	CB	Aut. 2011	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Centro	CE	Aut. 1994	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Metepec	MT	Aut. 1994	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Oxtotitlán	OX	Aut. 1994	✓	✓	✓	✓	✓	✓
San Cristóbal Huichochitlán	SC	Aut. 1994	✓	✓	✓	✓	✓	✓
San Mateo Atenco	SM	Aut. 1994	✓	✓	✓	✓	✓	✓

*En proceso de reubicación. Dejó de operar desde el mes de septiembre del año 2015.
Aut. = Equipo automático.
✓= Se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.
Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México.

Figura 8.1 Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de la ZMVT, 2017.



8.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en la ZMVT para el año 2017 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las NOM en la materia y la distribución del número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo. Así mismo, se incluye una descripción, a nivel de toda la zona metropolitana, sobre las tendencias del año 1994 a 2017 con respecto al promedio, mínimo, máximo y percentiles 10 y 90 de las concentraciones diarias, número de días con concentraciones superiores a los límites normados vigentes para cada contaminante y, número de días en que se rebasa cualquier norma de calidad del aire.

8.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire.

En esta sección se analiza el cumplimiento de las NOM para cada contaminante y estación de monitoreo en el año 2017 en la ZMVT. Los resultados de esta evaluación se presentan en la Figura 8.2 y en la Tabla 8.2. En general se puede apreciar que:

- Los límites normados de 24 horas y anual, tanto de PM_{10} como de $PM_{2.5}$, se rebasaron en todas las estaciones de monitoreo.

- Las concentraciones más altas de PM_{10}, tanto como promedio de 24 horas como anual se registraron en la estación San Cristóbal – SC. El promedio de 24 horas fue de 208 µg/m^3 y el promedio anual de 80 µg/m^3. El primero equivale a 2.7 veces el valor normado y el segundo a 2.0 veces el límite respectivo.

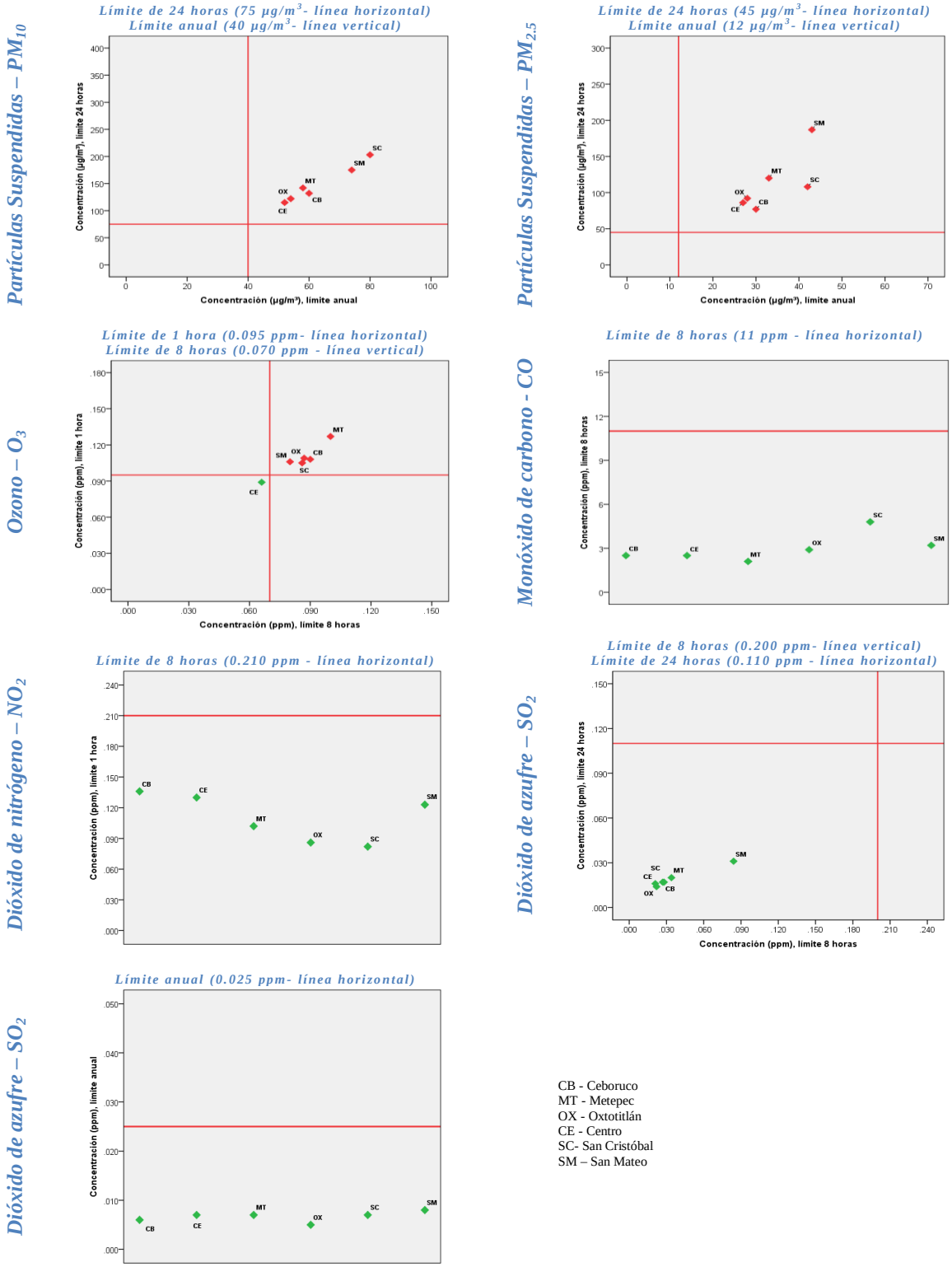
- Las concentraciones más altas de $PM_{2.5}$, tanto como promedio de 24 horas como anual se registraron en la estación San Mateo – SM. El promedio de 24 horas fue de 187 µg/m^3 y el promedio anual de 43 µg/m^3. El primero equivale a 4.1 veces el valor normado y el segundo a 3.6 veces el límite respectivo.

- Los límites de 1 y 8 horas de ozono sólo se cumplieron en la estación de monitoreo Centro (CE) que se ubica en el municipio de Toluca. En las cinco estaciones restantes (Oxtotitlán, San Cristóbal, Ceboruco, Metepec y San Mateo), los dos límites normados fueron rebasados, situación que indica el incumplimiento de la Norma correspondiente. Las concentraciones más altas de este contaminante se registraron en la estación Metepec (MT), y fueron de 0.127 ppm como promedio de una hora y 0.100 ppm como promedio de 8 horas. Estas concentraciones equivalen a 1.3 y 1.4 veces el límite normado respectivo.

- Los límites normados de monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre se cumplieron en todas las estaciones de monitoreo donde estos contaminantes fueron medidos.

- La estación Aeropuerto (AP) se reportó fuera de operación por reubicación y no reportó datos para ningún contaminante.

Figura 8.2 Evaluación del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en la ZMVT, en el año 2017.



CB - Ceboruco
MT - Metepec
OX - Oxtotitlán
CE - Centro
SC- San Cristóbal
SM – San Mateo

Tabla 8.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, en el año 2017.

Contaminante	Límite normado		Toluca				Metepec		San Mateo
			AP	CE	OX	SC	CB	MT	SM
(1)PM_{10}	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m^3	FO	115	122	203	132	142	175
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m^3	FO	52	54	80	60	58	74
(1)$PM_{2.5}$	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m^3	FO	86	92	108	77	120	187
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m^3	FO	27	28	42	30	33	43
(2)O_3	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	FO	0.089	0.109	0.105	0.108	0.127	0.106
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	FO	0.066	0.087	0.086	0.090	0.100	0.080
(3)CO	8 hrs	2°Máximo ≤ 11 ppm	FO	3	3	5	3	2	3
(4)NO_2	1 hr	2°Máximo ≤ 0.210 ppm	FO	0.130	0.086	0.082	0.136	0.102	0.123
(5)SO_2	8 hrs	2°Máximo ≤ 0.200 ppm	FO	0.021	0.022	0.028	0.027	0.034	0.084
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	FO	0.016	0.014	0.017	0.017	0.020	0.031
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	FO	0.007	0.005	0.007	0.006	0.007	0.008

(1) NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a);
(2) NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b);
(3) NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1993);
(4) NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994);
(5) NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010).

FO = Fuera de operación por reubicación.
= Cumple con el límite normado.
= No cumple con el límite normado.

- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas o 24 horas, de acuerdo al contaminante y límite normado.
- Las NOM de partículas, ozono y dióxido de azufre se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen todos los límites normados.

8.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala.

Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en el año 2017 en términos de la frecuencia con que se presentan días con calidad del aire buena, regular y mala con respecto a cada contaminante de acuerdo con los intervalos definidos en la sección 3.3.2 del capítulo de metodología. En este contexto, en la Figura 8.3 se puede observar que:

- La mala calidad del aire por PM_{10} (rojo) estuvo presente en al menos el 10% de los días del año en todas las estaciones de monitoreo de la ZMVT; sin embargo, esta situación fue más recurrente en las estaciones San Cristóbal (SC) y San Mateo (SM), donde tal condición se presentó en 162 y 160 días respectivamente, lo que representó el 44% de los días del año, en cada caso.

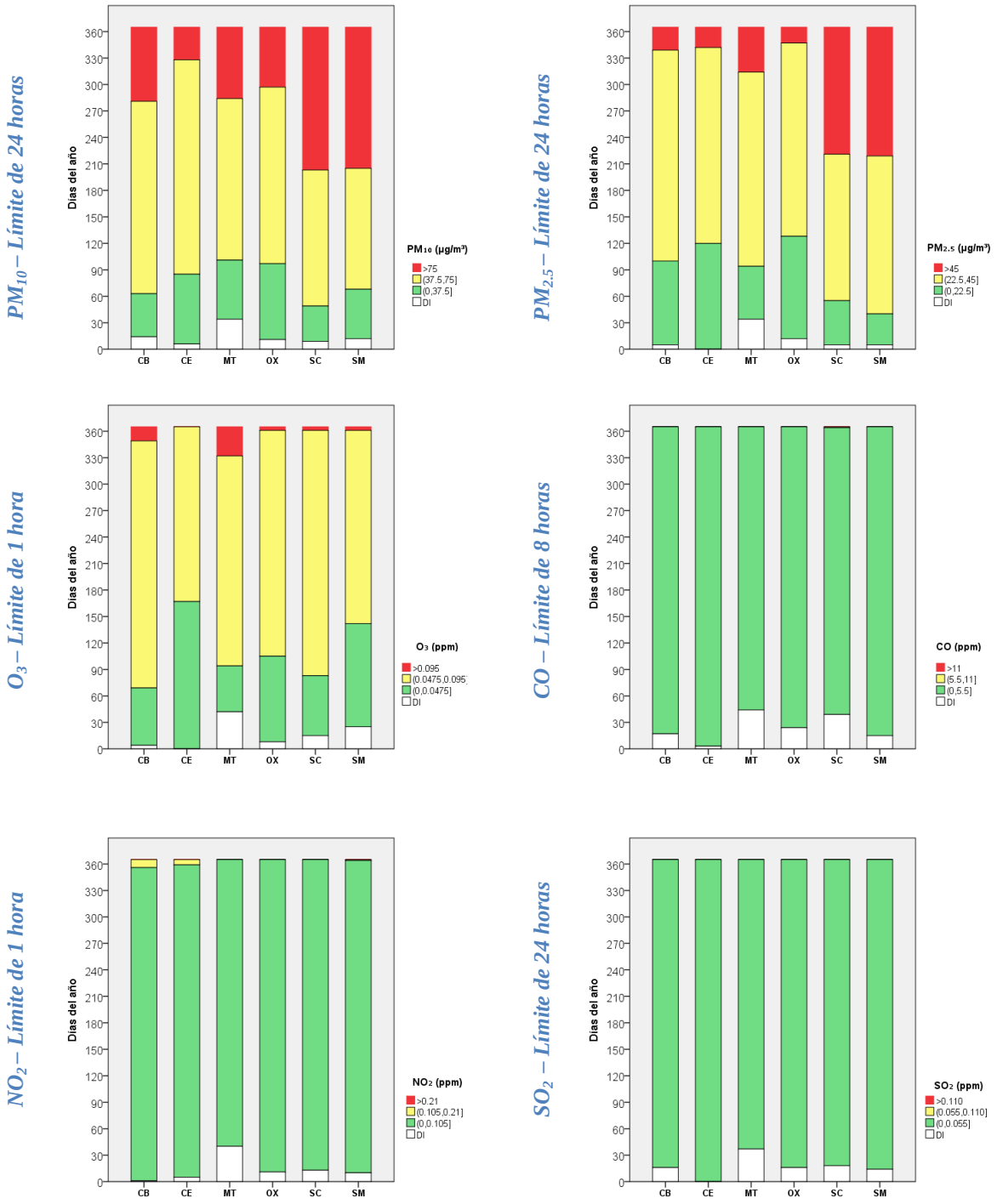
- Al igual que con las PM_{10}, las estaciones San Cristóbal (SC) y San Mateo (SM), fueron las que presentaron el mayor porcentaje de días con calidad del aire mala por $PM_{2.5}$, representando el 39% de los días del año en el caso de SC y el 40% de los días en el caso de SM.

- Los días con mala calidad del aire por ozono estuvieron presentes en el 1% de los días del año en las estaciones Oxtotitlán (OX), San Cristóbal (SC) y San Mateo (SM), así como en el 4% de los días del año en la estación Ceboruco (CB) y en el 9% de los días del año en Metepec (MT). La única estación que no presentó mala calidad del aire por este contaminante en el año 2017 fue la estación Centro (CE), donde el porcentaje de días con calidad del aire buena fue de 46% y regular 54%.

- Monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre no registraron ni un día con mala calidad del aire en ninguna estación de monitoreo y que en la mayoría de ellas predominaron los días con buena calidad del aire.

La Tabla 8.3 muestra el porcentaje de días del año 2017 con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y dióxido de nitrógeno, de 8 horas de monóxido de carbono y de 24 horas de partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y dióxido de azufre a nivel de toda la zona metropolitana. En ella se aprecia que el contaminante que con mayor frecuencia determina una condición de mala calidad del aire en la región son las PM_{10}, seguido de las $PM_{2.5}$ y el O_3, en tanto que CO, NO_2 y SO_2, no representaron un problema de calidad del aire al no registrar en ninguno de los días con información válida y suficiente concentraciones superiores al límite normado correspondiente.

Figura 8.3 Distribución de los días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo en la ZMVT, en el año 2017.



CB – Ceboruco; MT – Metepec; OX – Oxtotitlán; CE – Centro; SC- San Cristóbal; SM – San Mateo

Tabla 8.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de O_3 y NO_2, de 8 horas de CO y de 24 horas de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y SO_2 en la ZMVT en 2017.

PM_{10}*	No días con datos válidos	365
	No días > 75 µg/m³	184
	% días > 75 µg/m³	**50%**
$PM_{2.5}$*	No días con datos válidos	365
	No días > 45 µg/m³	178
	% días > 45 µg/m³	**49%**
O_3*	No días con datos válidos	365
	No días > 0.095 ppm	43
	% días > 0.095 ppm	**12%**

CO*	No días con datos válidos	365
	No días > 11 ppm	0
	% días > 11 ppm	0%
NO_2*	No días con datos válidos	365
	No días > 0.210 ppm	0
	% días > 0.210 ppm	0%
SO_2*	No días con datos válidos	365
	No días > 0.110 ppm	0
	% días > 0.110 ppm	0%

* Estimado con datos provenientes de monitoreo automático.

8.4 Tendencia de los datos diarios.

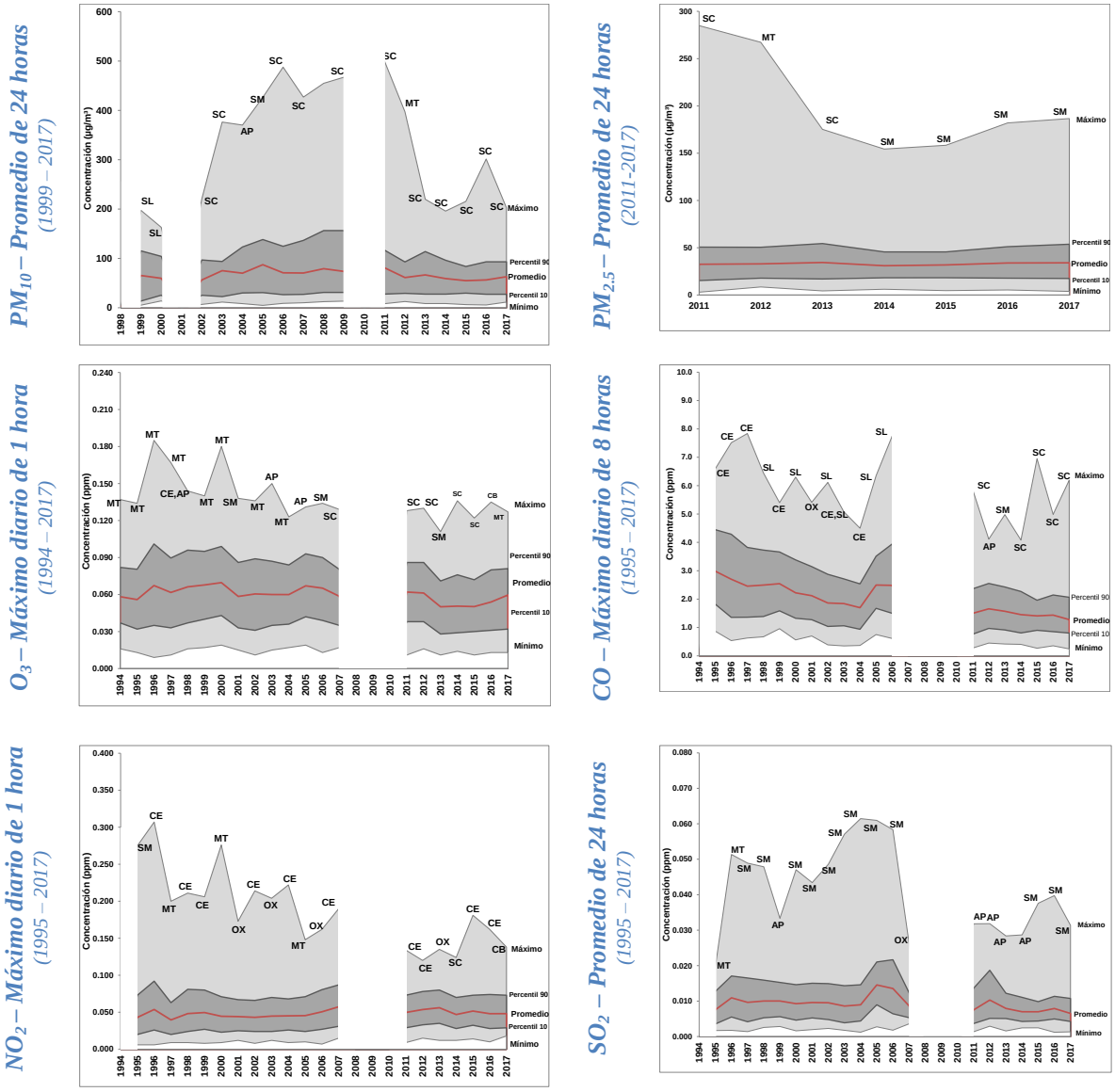
La Figura 8.4 muestra la tendencia del mínimo, el máximo, el promedio y los percentiles 10 y 90 para cada contaminante, a nivel de toda la zona metropolitana, en el periodo 1994 a 2017 de acuerdo con la disponibilidad de información.

En el caso de las PM_{10} se muestra la tendencia en el periodo 1999 a 2017, que corresponde al periodo con datos disponibles en el INECC. En general, se observa una ligera tendencia decreciente entre 2011 y 2017 en prácticamente todos los indicadores referidos, siendo más evidente este comportamiento en el caso de los máximos, los cuales pasaron en este periodo de concentraciones de casi 500 µg/m^3 a concentraciones cercanas a los 200 µg/m^3. En cuanto a las $PM_{2.5}$ el periodo mostrado es 2011 a 2017 y se aprecia que el promedio, el percentil 90 y el máximo muestran un comportamiento ligeramente a la alza entre 2014 y 2017.

En el caso del ozono no se observa una tendencia bien definida, pues de un año a otro las concentraciones aumentan o disminuyen aunque no de manera significativa.

Finalmente, con respecto a CO, NO_2 y SO_2 salvo en los máximos, en el resto de los indicadores se observa una tendencia a la baja, especialmente entre 2011 y 2017.

Figura 8.4 Tendencias de las concentraciones diarias, por contaminante, en la ZMVT en el periodo 1994 – 2017.



8.5 Porcentaje de días por año en que se rebasa el límite normado de cada contaminante.

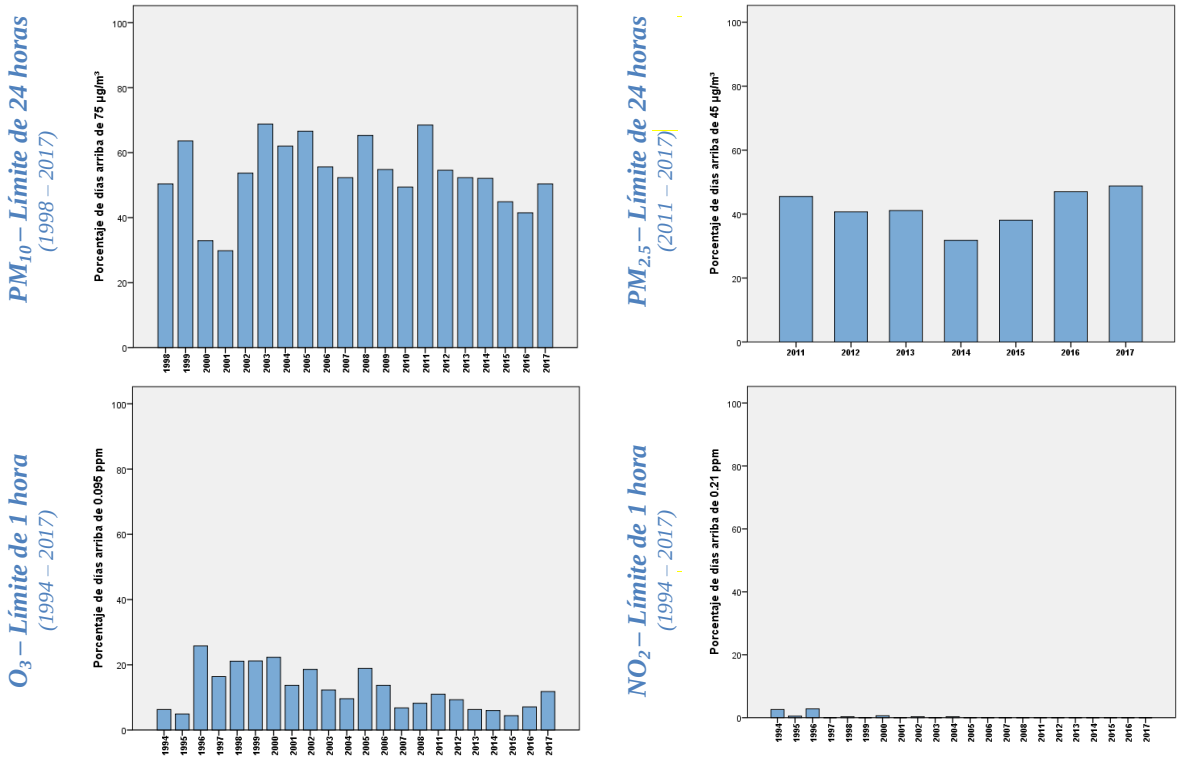
La Figura 8.5 presenta la evolución del porcentaje de días por año con concentraciones superiores al límite normado vigente para cada contaminante a nivel de toda la zona metropolitana. Con respecto a las PM_{10} se observa que el 2001 fue el año con el menor porcentaje de días en esta condición (21%) en tanto que el año con el porcentaje más alto fue 2003 (69%). Como tendencia, destaca que de 2011 a 2016 hay una disminución importante en el número de días con concentraciones

superiores al límite normado pero en 2017 dicha tendencia se ve interrumpida al registrarse un repunte en este indicador. Las $PM_{2.5,}$ por su parte, presentaron una tendencia a la alza entre 2014 y 2017. En este periodo de tiempo la ZMVT pasó de tener el 32% de los días del año 2014 con concentraciones superiores al límite normado vigente a 49% de los días en esta condición en 2017.

La tendencia histórica de este indicador con respecto al ozono ha sido irregular, con periodos de tiempo que muestran una tendencia decreciente y otros con una tendencia a la alza. Ejemplo de ello es lo que se observa en los años más recientes. De 2011 a 2015 hay una clara tendencia a la baja, la cual se invirtió en los años 2016 y 2017.

El CO y el SO_2, no han registrado concentraciones superiores al límite diario normado vigente en ninguno de los años con información disponible (1994-2017). Por esta razón no se incluyen las gráficas correspondientes en la Figura 9.5. Finalmente, el NO_2 no ha registrado concentraciones superiores al límite normado actual desde el año 2005.

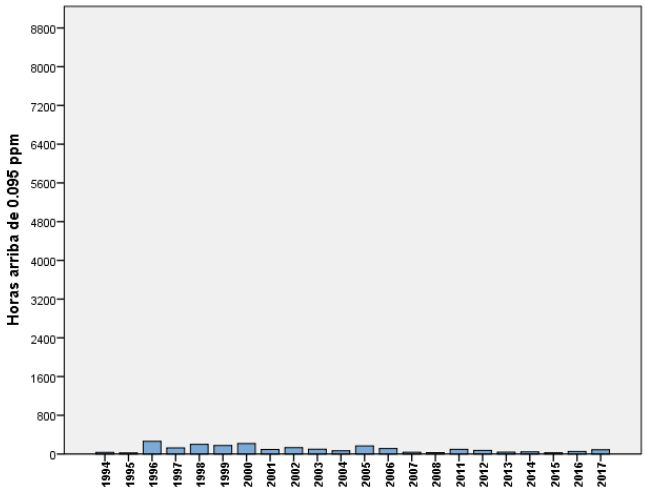
Figura 8.5 Tendencia del porcentaje de días, por año, con concentraciones superiores a los límites normados vigentes de cada uno de los contaminantes analizados, en el periodo 1994 – 2017.



8.6 Número de horas por año en que se rebasa el límite normado de ozono.

Otro indicador útil para visualizar con detalle la evolución de los problemas de calidad del aire por ozono a través de tiempo es el número de horas al año en el que se rebasa el límite normado de una hora. En este caso, el indicador se generó a nivel de toda la zona metropolitana y la Figura 8.6 muestra que en la ZMVT el año con la menor cantidad de horas con concentraciones superiores al límite normado actual fue 1995 con 25 y el año con la mayor cantidad de horas en esta condición fue el 2000 con un total de 216. Como tendencia se puede destacar que de 2011 a 2016 se registró una reducción consistente a la baja en la que se pasó de 97 a 26 horas con concentraciones horarias de ozono superiores al límite normado; sin embargo esta tendencia se invirtió marcadamente en los años 2016 y 2017.

Figura 8.6 Tendencia del número de horas, por año, con concentraciones superiores a 0.095 ppm de ozono en el periodo 1994 – 2017.



8.7 Número de días por año en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante.

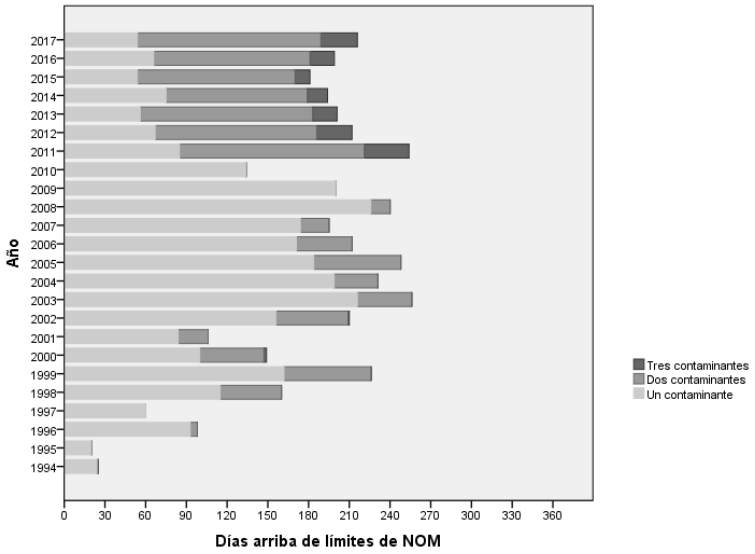
Finalmente, la Tabla 8.4 y la Figura 8.7 muestran la tendencia histórica del número de días por año en que se incumplió cualquier norma vigente de calidad del aire a nivel de toda la zona metropolitana. Así por ejemplo, en 2003 que es el año con las peores condiciones de acuerdo con este indicador, se incumplió al menos una de las normas de calidad del aire en 256 de los 365 días con datos. De ellos, en 216 días se rebasó el límite de 1 contaminante y en 40 días el límite de 2 contaminantes. 1995, por el contrario, se identifica como el año más limpio en el periodo analizado, pues sólo en 20 días se rebasó uno de los límites normados vigentes. Otro aspecto que destaca es

que de 2011 a la fecha aumentó de manera notoria la cantidad de días por año en los que se rebasó el límite diario normado de dos y tres contaminantes (ozono, PM_{10} y $PM_{2.5}$), aunque es importante señalar que en 2011 inició el monitoreo de $PM_{2.5}$ en esta región.

Tabla 8.4 Número de días, por año, en que se rebasa cualquier norma vigente de calidad del aire en la ZMVT, 1994 – 2017.

Año	No. de días con datos	No. de días > NOM	Número de días con concentraciones por arriba de los límites actuales de cualquier contaminante			
			1 Contaminante	2 Contaminantes	3 Contaminantes	4 Contaminantes
1994	365	25	24	1	0	0
1995	365	20	20	0	0	0
1996	360	98	93	5	0	0
1997	365	60	60	0	0	0
1998	365	160	115	45	0	0
1999	363	226	162	64	0	0
2000	363	149	100	47	2	0
2001	365	106	84	22	0	0
2002	365	210	156	53	1	0
2003	365	256	216	40	0	0
2004	366	231	199	32	0	0
2005	365	248	184	64	0	0
2006	365	212	171	41	0	0
2007	365	195	174	21	0	0
2008	366	240	226	14	0	0
2009	365	200	200	0	0	0
2010	271	134	134	0	0	0
2011	365	254	85	136	33	0
2012	366	212	67	119	26	0
2013	365	201	56	127	18	0
2014	365	194	75	104	15	0
2015	365	181	54	116	11	0
2016	366	199	66	115	18	0
2017	365	216	54	135	27	0

Figura 8.7 Número de días, por año, en que se rebasó cualquier norma vigente de calidad del aire en la ZMVT, 1994 – 2017.



En la entidad se mantienen los problemas de calidad del aire tanto por partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$), como por ozono y ello se refleja en el hecho de que en el año 2017, a nivel de toda la ZMVT, en el 50% de los días del año se rebasó el límite normado de 24 horas de PM_{10}, en el 40% de los días se rebasó el límite normado de $PM_{2.5}$ y en el 12% de los días el límite normado de ozono.

Las concentraciones más altas de PM_{10} se registraron en Toluca, las de $PM_{2.5}$ en San Mateo Atenco y las de Ozono en Metepec, alcanzando registros que fueron equivalentes a 2.7, 4.1 y 1.3 veces el límite normado respectivamente.

Las estaciones San Cristóbal y San Mateo son las estaciones en las que con mayor frecuencia se rebasa el límite normado de 24 horas de PM_{10}; San Mateo Atenco es el sitio donde con mayor frecuencia se rebasa el límite normado de $PM_{2.5}$ y Metepec donde se excede con más frecuencia el límite horario de ozono.

El indicador sobre el número de días por año con concentraciones superiores a los límites normados vigentes muestra que para PM_{10} se registró un repunte en 2017 después de haber mostrado una tendencia decreciente en el periodo 2011 a 2016; en el caso de las $PM_{2.5}$ destaca una tendencia a la alza de 2014 a 2017 y en el caso del ozono no se puede establecer con claridad alguna tendencia.

En los tres años más recientes el número de días por año en los que se rebasó el límite diario normado de al menos un contaminante presenta una tendencia a la alza después de haber registrado una tendencia constante a la baja entre 2011 y 2015.

9. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE GUANAJUATO.

9.1 Información general.

El sistema de monitoreo de la calidad del aire (SMCA) de Guanajuato, a cargo del Instituto de Ecología del Estado, estuvo integrado en el año 2017 por un total de 26 estaciones de monitoreo, distribuidas en las redes de monitoreo de Celaya, Irapuato, León y Salamanca, así como por las estaciones de monitoreo ubicadas en los municipios de Silao, Purísima del Rincón, San Luis de la Paz, Guanajuato, San Miguel de Allende, Abasolo, Villagrán, Dolores Hidalgo, Cortazar, Juventino Rosas, Acámbaro, Moroleón, San José Iturbide y San Francisco del Rincón. La Tabla 9.1 muestra las estaciones de monitoreo que conforman cada red, así como la capacidad de medición de contaminantes en cada estación y el año en que cada una de ellas inició su operación. Por otra parte, la Figura 9.1, muestra la ubicación geográfica de cada una de las estaciones de monitoreo listadas en la Tabla antes referida.

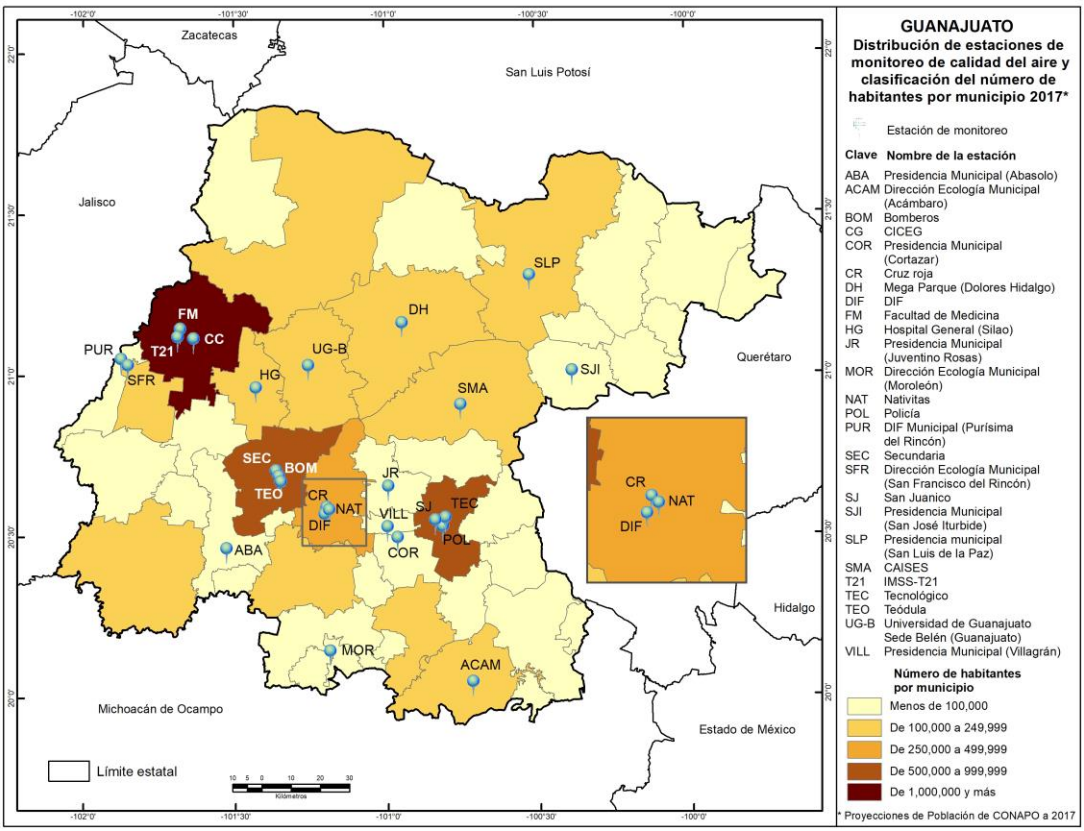
Tabla 9.1 Estaciones que conformaron el SMCA de Guanajuato en el año 2017 y capacidades de medición de contaminantes.

Red de monitoreo	Estación*	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes					
				PM_{10}	$PM_{2.5}$	O_3	SO_2	NO_2	CO
Celaya	Policía	POL	Aut. 2002	✓	✓	✓	✓	¤	✓
	San Juanico	SJ	Aut. 2001	✓	✓	✓	¤	✓	✓
	Tecnológico	TEC	Aut. 2002	✓	¤	✓	¤	✓	¤
Irapuato	Bomberos	BOM	Aut. 2000	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Secundaria	SEC	Aut. 2002	✓	¤	✓	✓	✓	✓
	Teódula	TEO	Aut. 2001	✓	✓	✓	✓	✓	✓
León	CICEG	CG	Aut. 2003	✓	¤	✓	✓	✓	✓
	Facultad de Medicina	FM	Aut. 2007	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	IMSS – T21	T21	Aut. 2006	✓	¤	✓	✓	✓	✓
Salamanca	Cruz Roja	CR	Aut. 1999	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	DIF	DIF	Aut. 2000	✓	¤	✓	✓	✓	✓
	Nativitas	NAT	Aut. 2002	✓	¤	✓	✓	✓	✓
	Hospital General (Silao)	HG	Aut. 2006	✓	¤	✓	✓	✓	✓
	DIF Municipal (Purísima del Rincón)	PUR	Aut. 2014	✓	¤	✓	¤	¤	¤
	Presidencia Municipal (San Luis de la Paz)	SLP	Aut. 2015	¤	✓	¤	¤	¤	¤

Red de monitoreo	Estación*	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes					
				PM_{10}	$PM_{2.5}$	O_3	SO_2	NO_2	CO
	Universidad de Guanajuato Sede Belén (Guanajuato)	UG-B	Aut. 2015	¤	✓	¤	¤	¤	¤
	CAISES (San Miguel de Allende)	SMA	Aut. 2005	¤	✓	¤	¤	¤	¤
	Presidencia municipal (Abasolo)	ABA	Aut. 2005	¤	✓	¤	¤	¤	¤
	Presidencia Municipal (Villagrán)	VILL	Man. 2005	¤	✓	¤	¤	¤	¤
	Mega Parque (Dolores Hidalgo)	DH	Man. 2005	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Presidencia Municipal (Cortazar)	COR	Man. 2005	¤	✓	¤	¤	¤	¤
	Presidencia Municipal (Juventino Rosas)	JR	Man. 2005	¤	✓	¤	¤	¤	¤
	Dirección Ecología Municipal (Acámbaro)	ACAM	Man. 2010	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Dirección Ecología Municipal (Moroleón)	MOR	Man. 2010	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Presidencia Municipal (San José Iturbide)	SJI	Man. 2014	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Dirección Ecología Municipal (San Francisco del Rincón)	SFR	Man. 2009	¤	✓	¤	¤	¤	¤

* En el caso de las estaciones que por definición no forman parte de una red de monitoreo, entre paréntesis se indica el nombre de la ciudad donde se encuentra ubicada.
Aut. = Equipo automático.
Man. = Equipo manual.
¤ = No cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.
✓ = Cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.
Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por el Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato.

Figura 9.1 Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Guanajuato, 2017.



9.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Guanajuato para el año 2017 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las NOM en la materia y la distribución del número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo. Así mismo, se incluye una descripción, a nivel de ciudad, sobre las tendencias del año 2006 a 2017 con respecto al promedio, mínimo, máximo y percentiles 10 y 90 de las concentraciones diarias, número de días con concentraciones superiores a los límites normados vigentes para cada contaminante y, número de días en que se rebasa cualquier norma de calidad del aire.

9.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire.

En esta sección se analiza el cumplimiento de las NOM para cada contaminante en cada una de las estaciones de monitoreo que conforman el SMCA de Guanajuato. Los resultados de esta evaluación se presentan en la Figura 9.2 y en la Tabla 9.2, en las cuales se puede apreciar que:

- En 2017 la Norma de PM_{10} se incumplió en todas las estaciones de monitoreo de Celaya, Irapuato, León, Salamanca y Silao. De hecho, en todas ellas se rebasaron los dos límites normados (cuadrante superior derecho de la figura). Igualmente destaca que las concentraciones más altas de este contaminante, tanto como promedio de 24 horas como promedio anual se registraron en Celaya, específicamente en la estación de monitoreo San Juanico (SJ). Dichas concentraciones fueron: 249 $\mu g/m^3$, como promedio de 24 horas y 76 $\mu g/m^3$, como promedio anual. El primero equivale a poco más de 3 veces el valor normado y el segundo a casi 2 veces el límite respectivo.

- La Norma de $PM_{2.5}$ se incumplió en todas las estaciones de monitoreo de Celaya, Irapuato, Salamanca, Abasolo y San Miguel de Allende. Salvo en esta última ciudad, en donde sólo se rebasó el límite anual, en todas las demás se rebasaron los dos límites normados (24 horas y anual). La concentración más alta, como promedio de 24 horas, se registró en Irapuato (TEO) y fue de 115 $\mu g/m^3$, el cual equivale a 2.6 veces el valor normado. Por otra parte, como promedio anual la concentración más elevada de $PM_{2.5}$ se registró en Celaya (SJ), Irapuato (TEO) y Salamanca (CR) y fue de 23 $\mu g/m^3$, equivalente a 1.9 veces el límite normado.

- No se dispuso en el INECC de la información generada por los equipos manuales de muestreo de partículas suspendidas. Situación que impidió diagnosticar la calidad de la aire con respecto a PM_{10} en Dolores Hidalgo, Acámbaro, Moroleón, San José de Iturbide y San Francisco del Rincón; y, con respecto a $PM_{2.5}$ en Villagrán, Cortazar, Juventino Rosas y San Francisco del Rincón.

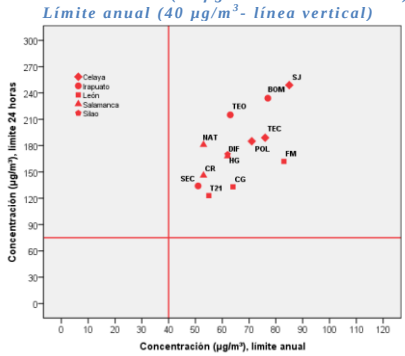
- La Norma de ozono se cumplió en una estación de monitoreo de cada una de las siguientes ciudades: Irapuato, León, Salamanca y Purísima del Rincón; sin embargo, ello no es suficiente para establecer cumplimiento a nivel de ciudad ya que salvo en Purísima del Rincón en el resto de las ciudades hubo al menos una estación de monitoreo en la que se rebasó al menos uno de los dos límites normados de este contaminante. La concentración más alta de ozono, tanto como promedio de una hora como de 8 horas, se registró en Irapuato. Estas concentraciones fueron 0.120 ppm y 0.108 ppm, respectivamente, las cuales son equivalentes a 1.3 y 1.5 veces el límite normado respectivo.

- Los límites normados de monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre se cumplieron en todas las estaciones de monitoreo.

Figura 9.2 Evaluación del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Guanajuato, en el año 2017.

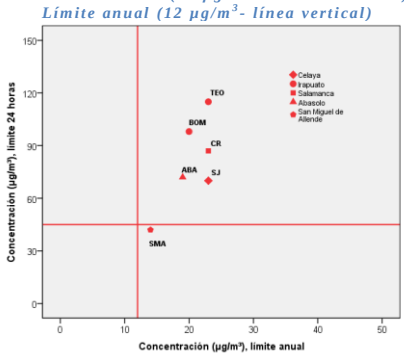
Partículas Suspendidas – PM_{10}

Límite de 24 horas (75 µg/m³- línea horizontal)
Límite anual (40 µg/m³- línea vertical)



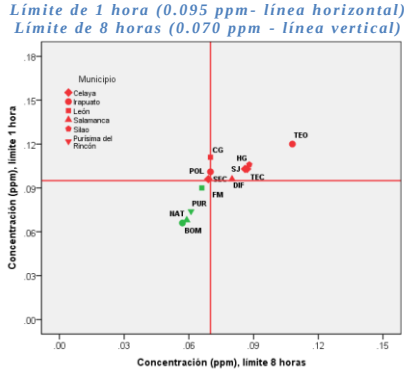
Partículas Suspendidas – $PM_{2.5}$

Límite de 24 horas (45 µg/m³- línea horizontal)
Límite anual (12 µg/m³- línea vertical)



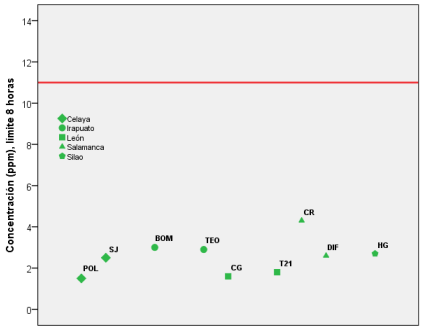
Ozono – O_3

Límite de 1 hora (0.095 ppm- línea horizontal)
Límite de 8 horas (0.070 ppm - línea vertical)



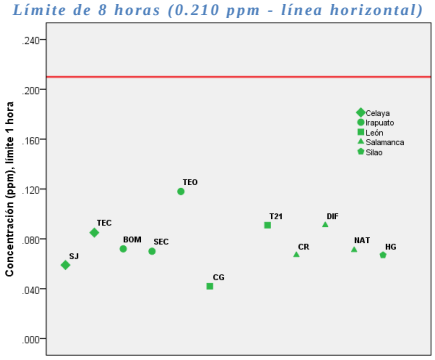
Monóxido de carbono - CO

Límite de 8 horas (11 ppm - línea horizontal)



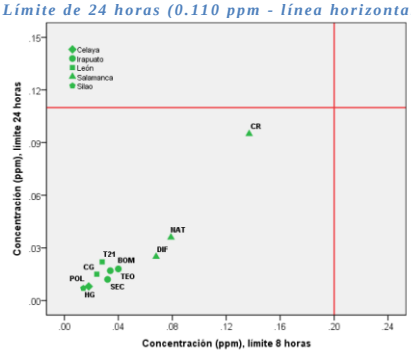
Dióxido de nitrógeno – NO_2

Límite de 8 horas (0.210 ppm - línea horizontal)



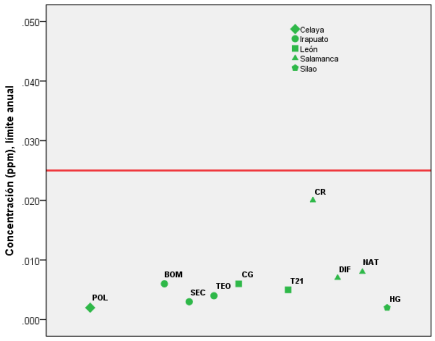
Dióxido de azufre – SO_2

Límite de 8 horas (0.200 ppm- línea vertical)
Límite de 24 horas (0.110 ppm - línea horizontal)



Dióxido de azufre – SO_2

Límite anual (0.025 ppm- línea horizontal)



Celaya
POL -Policía
SJ – San Juanico
TEC – Tecnológico

Irapuato
BOM - Bomberos
SEC- Secundaria
TEO – Teódula

León
CG – CICEG
FM – Facultad de Medicina
T21 – IMSS – T21

Salamanca
CR – Cruz Roja
DIF – DIF
NAT – Nativitas

Silao
HG – Hospital General

Purísima del Rincón
PUR – DIF Municipal

San Miguel de Allende
SMA – CAISES

Abasolo
ABA – Presidencia Municipal

Tabla 9.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Guanajuato, en el año 2017.

Contaminante	Límite normado		Celaya			Irapuato			León			Salamanca			Silao
			POL	SJ	TEC	BOM	SEC	TEO	CG	FM	T21	CR	DIF	NAT	HG
(1)PM_{10}	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m^3	185	249	189	234	134	215	133	162	123	146	168	181	170
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m^3	71	85	76	77	51	63	64	83	55	53	62	53	62
(1)$PM_{2.5}$	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m^3	DI	70	¤	98	¤	115	¤	DI	¤	87	¤	¤	¤
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m^3	DI	23	¤	20	¤	23	¤	DI	¤	23	¤	¤	¤
(2)O_3	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	0.096	0.103	0.103	0.066	0.101	0.120	0.111	0.090	DI	DI	0.096	0.068	0.106
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	0.069	0.086	0.087	0.057	0.070	0.108	0.070	0.066	0.079	DI	0.080	0.059	0.088
(3)CO	8 hrs	2°Máximo ≤ 11 ppm	2	3	¤	3	DI	3	2	DI	2	4	3	DI	3
(4)NO_2	1 hr	2°Máximo ≤ 0.210 ppm	¤	0.059	0.085	0.072	0.070	0.118	0.042	DI	0.091	0.067	0.091	0.071	0.067
(5)SO_2	8 hrs	2°Máximo ≤ 0.200 ppm	0.018	¤	¤	0.034	0.032	0.040	0.024	DI	0.028	0.137	0.068	0.079	0.014
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	0.008	¤	¤	0.017	0.012	0.018	0.015	DI	0.022	0.095	0.025	0.036	0.007
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	0.002	¤	¤	0.006	0.003	0.004	0.006	DI	0.005	0.020	0.007	0.008	0.002

(1) NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a);
(2) NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b);
(3) NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1993);
(4) NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994);
(5) NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010).

DI = Datos insuficientes.
¤ = No cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.
= Cumple con el límite normado.
= No cumple con el límite normad.

- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas o 24 horas, de acuerdo al contaminante y límite normado.
- Las NOM de partículas, ozono y dióxido de azufre se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen todos los límites normados.

Continua

Contaminante	Límite normado		Purísima del Rincón	San Luis de la Paz	Guanajuato	San Miguel de Allende	Abasolo	Villagrán	Dolores Hidalgo	Cortazar	Juventino Rosas	Acámbaro	Moroleón	San José Iturbide	San Francisco del Rincón
			PUR	SLP	UG-B	SMA	ABA	VILL	DH	COR	JR	ACAM	MOR	SJI	SFR
(1)PM_{10}	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m^3	DI	¤	¤	¤	¤	¤	IND	¤	¤	IND	IND	IND	¤
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m^3	DI	¤	¤	¤	¤	¤	IND	¤	¤	IND	IND	IND	¤
(1)$PM_{2.5}$	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m^3	¤	DI	DI	42	72	IND	¤	IND	IND	¤	¤	¤	IND
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m^3	¤	DI	DI	14	19	IND	¤	IND	IND	¤	¤	¤	IND
(2)O_3	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	0.074	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	0.061	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤
(3)CO	8 hrs	2°Máximo ≤ 11 ppm	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤
(4)NO_2	1 hr	2°Máximo ≤ 0.210 ppm	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤
(5)SO_2	8 hrs	2°Máximo ≤ 0.200 ppm	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤

(1) NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a);
(2) NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b);
(3) NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1993);
(4) NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994);
(5) NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010).

DI = Datos insuficientes.
IND= Información no disponible.
¤ = No cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.
= Cumple con el límite normado.
= No cumple con el límite normado.

- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas o 24 horas, de acuerdo al contaminante y límite normado.
- Las NOM de partículas, ozono y dióxido de azufre se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen todos los límites normados.

9.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala.

Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en el año 2017 en términos de la frecuencia con que se presentan días con calidad del aire buena, regular y mala con respecto a cada contaminante de acuerdo con los intervalos definidos en la sección 3.3.2 del capítulo de metodología. En este contexto, en la Figura 9.3 se puede observar que:

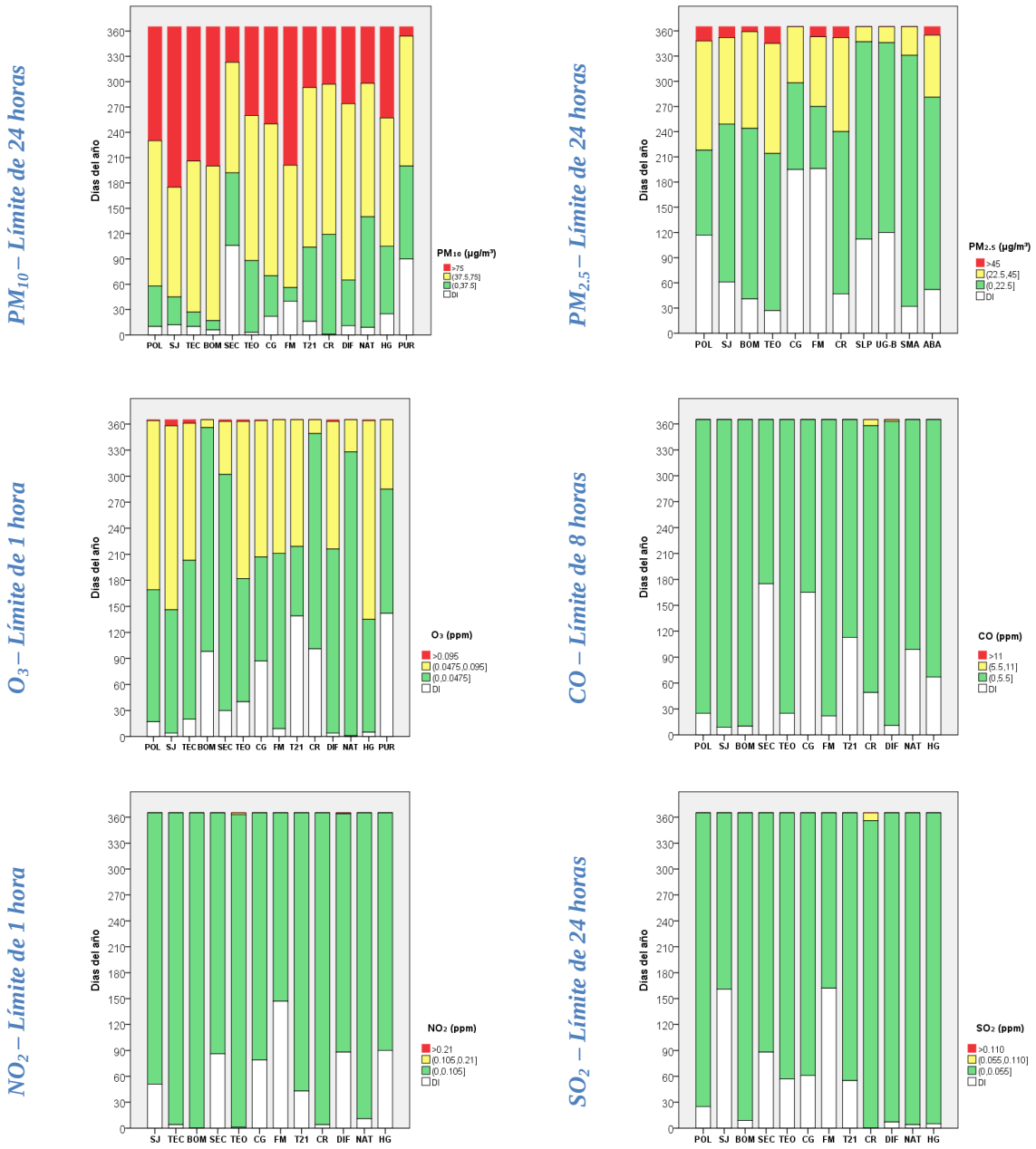
- Días con mala calidad del aire por PM_{10} se registraron en todas las ciudades donde este contaminante fue medido en 2017, siendo más frecuentes en Celaya, León e Irapuato. A nivel de estación de monitoreo la mayor cantidad de días con mala calidad del aire por PM_{10} se registró en San Juanico, en la ciudad de Celaya, con un total de 190, lo que representa el 52% de los días del año. En contraparte Purísima del Rincón fue la ciudad donde se registró la menor cantidad de días en esta condición con un total de 11, que representan el 3% de los días del año.

- No se presentó ningún día con mala calidad del aire por $PM_{2.5}$ en San Luis de la Paz, Guanajuato y San Miguel de Allende, situación que sí se presentó en Celaya, Irapuato, León, Salamanca y Abasolo, aunque en ninguna de las estaciones de monitoreo de estas ciudades los días en esta condición superaron el 5% de los días del año. Otro aspecto que destaca es la gran cantidad de días con información insuficiente para generar este indicador en las estaciones de monitoreo de la ciudad de León. Los días en esta condición representaron más del 50% de los días del año en esta ciudad.

- No se registró ni un sólo día con mala calidad del aire por ozono en Purísima del Rincón, en tanto que en Silao y en León ello ocurrió sólo en un día y en Salamanca en dos días. En todos estos casos dichos registros se dieron en una sola estación de monitoreo. Por otra parte Irapuato y Celaya presentaron días con mala calidad del aire en al menos dos de sus tres estaciones.

- Finalmente, con respecto a monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y bióxido de azufre prácticamente la totalidad de los días del año, en todas las estaciones de monitoreo, registraron concentraciones que los ubicaron en la categoría de buena calidad del aire.

Figura 9.3 Distribución de los días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo en Guanajuato, en el año 2017.



Celaya
POL -Policía
SJ – San Juanico
TEC – Tecnológico

Irapuato
BOM - Bomberos
SEC- Secundaria
TEO – Teódula

León
CG – CICEG
FM – Facultad de Medicina
T21 – IMSS – T21

Salamanca
CR – Cruz Roja
DIF – DIF
NAT – Nativitas

Silao
HG – Hospital General

Purísima del Rincón
PUR – DIF Municipal

Guanajuato
UG-B – Universidad de Guanajuato sede Belén

San Miguel de Allende
SMA – CAISES

Abasolo
ABA – Presidencia Municipal

La Tabla 9.3 muestra el porcentaje de días del año 2017 con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y dióxido de nitrógeno, de 8 horas de monóxido de carbono y de 24 horas de partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y dióxido de azufre a nivel de ciudad. En ella se aprecia que el contaminante que con mayor frecuencia determina una condición de mala calidad del aire en Celaya, Irapuato, León, Salamanca, Silao y Purísima del Rincón son las $PM_{10,}$ siendo el caso más llamativo el de la Ciudad de Celaya en donde en más del 50% de los días del año se registraron concentraciones superiores al límite normado de este contaminante, en al menos una estación de monitoreo. En Abasolo es de preocupar, el único contaminante que mide, las $PM_{2.5}$, registró concentraciones superiores al límite normado en el 3% de los días del año.

Tabla 9.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de O_3 y NO_2, de 8 horas de CO y de 24 horas de $PM_{10,}$ $PM_{2.5}$ y SO_2 en Guanajuato en el año 2017.

Ciudad	PM_{10}			$PM_{2.5}$			O_3		
	No. días con datos válidos	No. días > 75 µg/m³	% días > 75 µg/m³	No. días con datos válidos	No. días > 45 µg/m³	% días > 45 µg/m³	No. días con datos válidos	No. días > 0.095 ppm	% días > 0.095 ppm
Celaya	365	197	54%	325	20	6%	365	11	3%
Irapuato	365	167	46%	357	20	6%	365	4	1%
León	365	173	47%	198	12	6%	362	1	0.3%
Salamanca	365	108	30%	318	13	4%	365	2	0.5%
Silao	340	108	32%	¤	¤	¤	360	1	0.3%
Purísima del Rincón	275	11	4%	¤	¤	¤	223	0	0%
San Luis de la Paz	¤	¤	¤	253	0	0%	¤	¤	¤
Guanajuato	¤	¤	¤	245	0	0%	¤	¤	¤
San Miguel de Allende	¤	¤	¤	333	0	0%	¤	¤	¤
Abasolo	¤	¤	¤	313	10	3%	¤	¤	¤

Ciudad	CO			NO_2			SO_2		
	No. días con datos válidos	No. días > 11 ppm	% días > 11 ppm	No. días con datos válidos	No. días > 0.210 ppm	% días > 0.210 ppm	No. días con datos válidos	No. días > 0.110 ppm	% días > 0.110 ppm
Celaya	365	0	0%	365	0	0%	365	0	0%
Irapuato	365	0	0%	365	0	0%	365	0	0%
León	358	0	0%	362	0	0%	365	0	0%
Salamanca	365	0	0%	365	0	0%	365	0	0%
Silao	298	0	0%	275	0	0%	360	0	0%
Purísima del Rincón	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤
San Luis de la Paz	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤
Guanajuato	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤
San Miguel de Allende	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤
Abasolo	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤

¤ = No cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.

9.4 Tendencia de los datos diarios.

Las Figuras 9.4 a 9.9 muestran la tendencia del mínimo, el máximo, el promedio y los percentiles 10 y 90 para PM_{10}, $PM_{2.5}$, O_3, CO, NO_2 y SO_2, respectivamente, a nivel de ciudad, en el periodo 2006 a 2017 de acuerdo con la disponibilidad de información.

En el caso de las PM_{10} se puede observar un incremento importante en las concentraciones máximas alcanzadas en los años más recientes (2015 a 2017) en prácticamente todas las ciudades. Igualmente destaca el incremento en el percentil 90 en el mismo periodo de tiempo en Celaya, Irapuato y León, en tanto que en el promedio la tendencia creciente más notable se aprecia en la ciudad de Silao. Comparativamente hablando, tanto los promedios como los máximos más elevados entre 2006 y 2011 se presentaron comúnmente en León y en Salamanca, pero a partir del año 2012 y hasta el 2017, estos suelen presentarse con mayor frecuencia en la Ciudad de Celaya (Figura 9.4)

En cuanto a las $PM_{2.5}$ (Figura 9.5), el periodo de mediciones es más corto y sólo hay datos para los años 2013 a 2017 de manera regular para las ciudades de Celaya, Irapuato y Salamanca. Otras ciudades como León y Silao no han generado información suficiente para generar este indicador en ninguno de los años, en tanto que otras ciudades como San Luis de la Paz, Guanajuato, San Miguel de Allende y Abasolo iniciaron el monitoreo de este contaminante en 2017. Los datos disponibles muestran que el promedio y el percentil 90 tienen una tendencia a la alza en Celaya e Irapuato de 2015 a 2017 y en Salamanca sólo de 2016 a 2017. Los máximos por su parte suelen ser más elevados en Salamanca e Irapuato, especialmente en esta última ciudad en los años 2016 y 2017. En general, los indicadores aquí mostrados revelan que la situación de calidad del aire por $PM_{2.5}$ requiere una mayor atención en Salamanca e Irapuato.

Respecto al ozono (Figura 9.6) no es posible establecer una tendencia bien definida, pues de un año a otro se observan cambios tanto a la alza como a la baja respecto al año inmediato anterior en todas las ciudades y en todos los indicadores incluidos (mínimo, promedio, máximo, percentiles 10 y 90 y máximo). Incluso tampoco se observan diferencias significativas al comprar los diferentes indicadores entre ciudades; sin embargo, si se puede establecer que los promedios, los máximos y el percentil 90 suelen ser ligeramente más elevados en León, Irapuato y Silao.

Celaya y Silao tienen información histórica escasa con respecto a CO, por lo que no es posible establecer alguna tendencia. Por su parte Irapuato, León y Salamanca registran las concentraciones

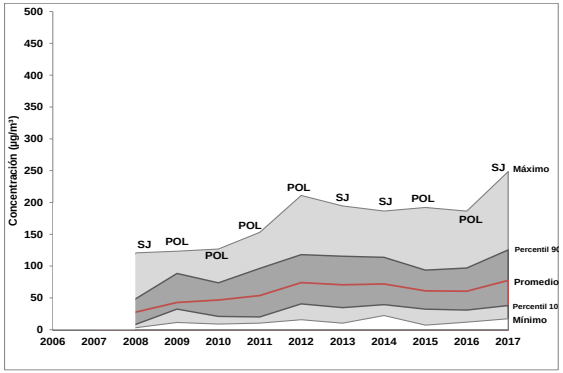
máximas más altas en 2008, 2009 y 2012, respectivamente. Después de dichos años, en todas las ciudades se registra una tendencia a la baja. Comparativamente hablando Irapuato es la ciudad que registra las concentraciones más altas asociadas tanto al promedio como al percentil 90 (Figura 9.7).

En el caso del dióxido de nitrógeno (Figura 9.8), la irregularidad con la que se ha generado información suficiente sobre este contaminante impide identificar alguna tendencia histórica de las concentraciones en Celaya, Irapuato y Silao. En León se observa una disminución en las concentraciones máximas y en el promedio de 2012 a 2017, en tanto que el percentil 90 experimenta una caída importante de 2012 a 2013. En Salamanca, por su parte, destaca el registro de las concentraciones máximas más elevadas de 2008 a 2010 y luego de 2015 a 2017. El promedio y el percentil 90 en esta ciudad registran un comportamiento relativamente estable de 2013 a 2017.

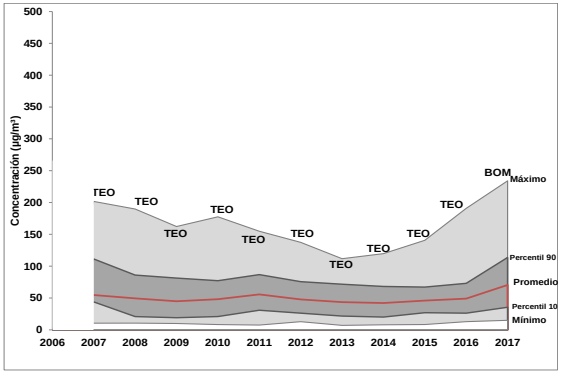
Finalmente, con respecto al SO_2 se observa que históricamente es la ciudad de Salamanca donde se registran las concentraciones más altas asociadas tanto al promedio como al percentil 90 y al máximo, registrándose incluso incumplimiento del límite normado (0.110 ppm) del año 2000 al 2008 y en 2012, año a partir del cual hay una tendencia descendente especialmente del promedio y del percentil 90. En Celaya, Irapuato, León y Silao se observa que predominan concentraciones muy bajas de este contaminante en todo el periodo analizado (Figura 9.9).

Figura 9.4 Tendencias de las concentraciones diarias de PM_{10}, en Guanajuato, en el periodo 2006 – 2017.

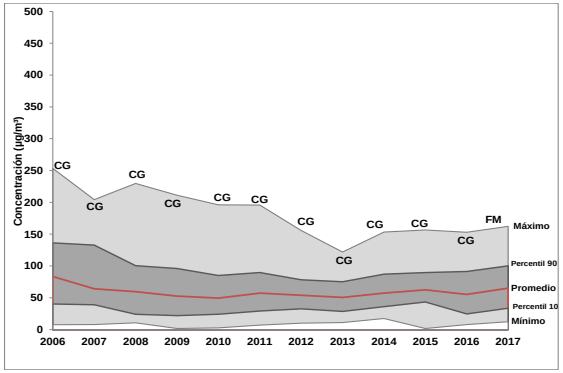
Celaya *(2008– 2017)*



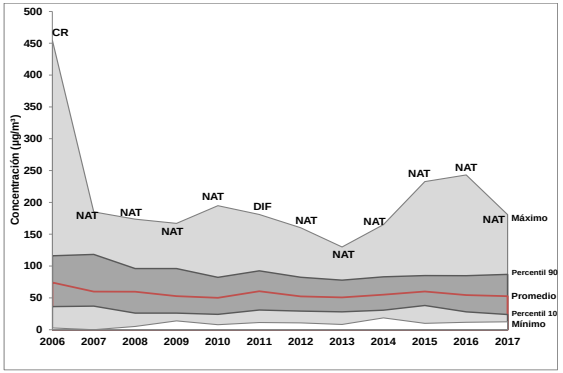
Irapuato *(2007-2017)*



León *(2006 – 2017)*



Salamanca *(2006 – 2017)*



Silao *(2006 – 2017)*

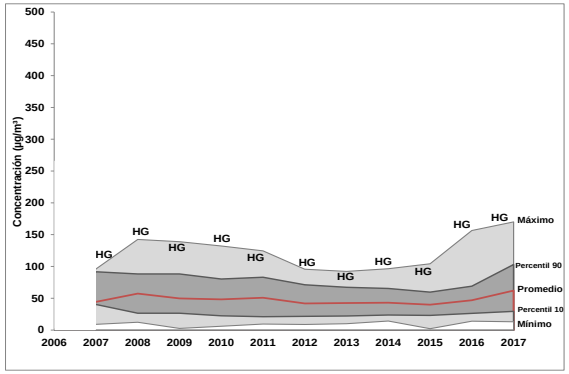
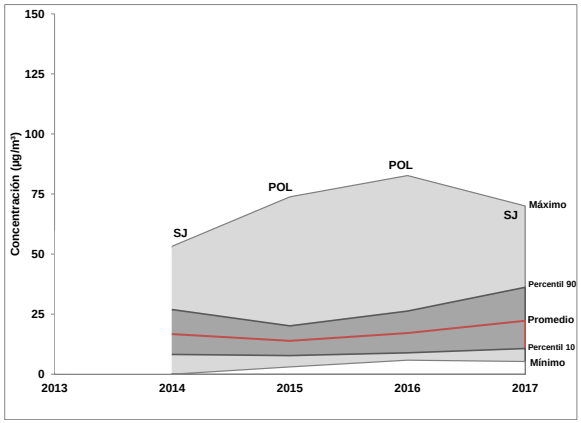
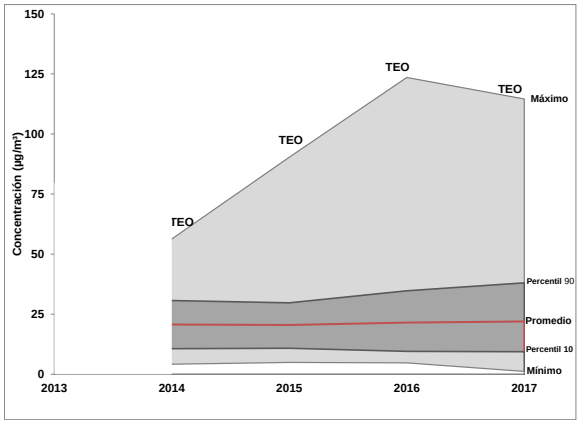


Figura 9.5 Tendencias de las concentraciones diarias de $PM_{2.5}$, en Guanajuato, en el periodo 2014 – 2017.

Celaya *(2014– 2017)*



Irapuato *(2014-2017)*



Salamanca *(2014– 2017)*

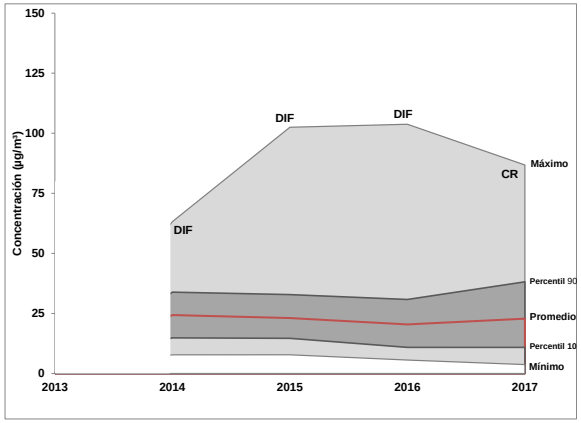
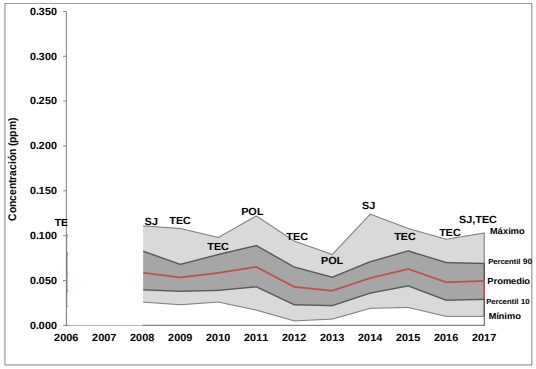
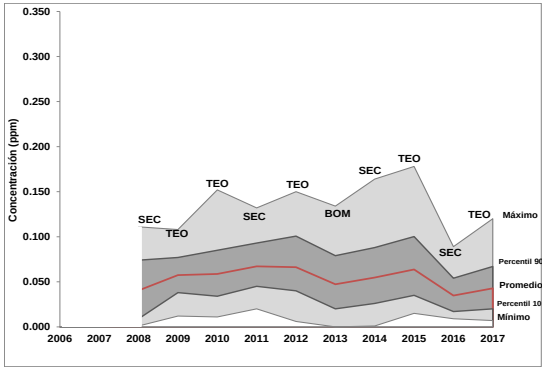


Figura 9.6 Tendencias de las concentraciones diarias de O_3, en Guanajuato, en el periodo 2006 – 2017.

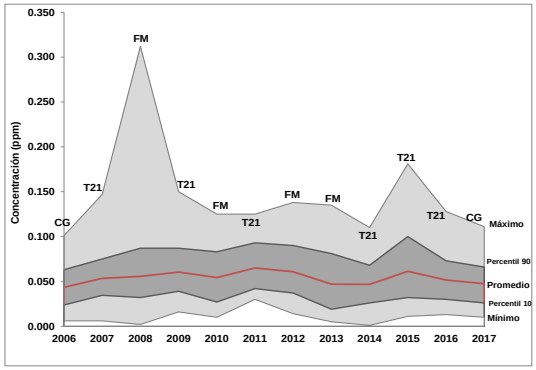
Celaya *(2008– 2017)*



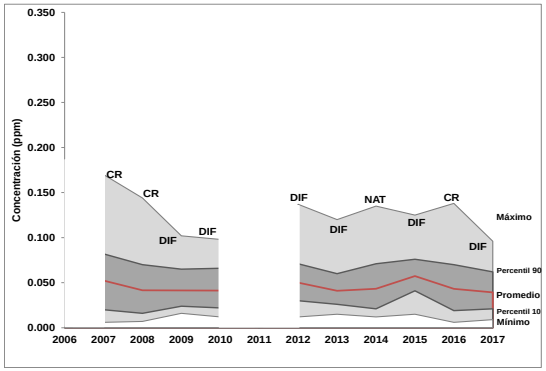
Irapuato *(2008-2017)*



León *(2006 – 2017)*



Salamanca *(2007 – 2017)*



Silao *(2007 – 2017)*

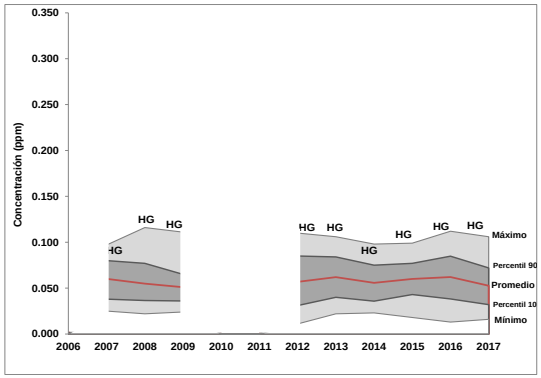
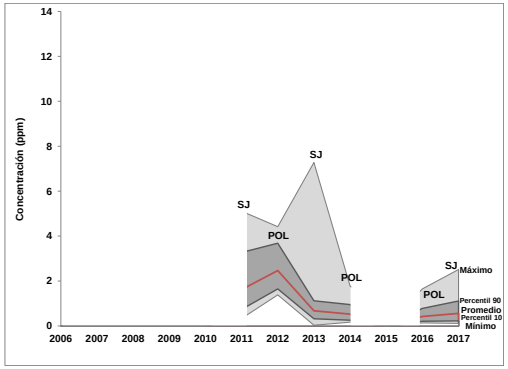
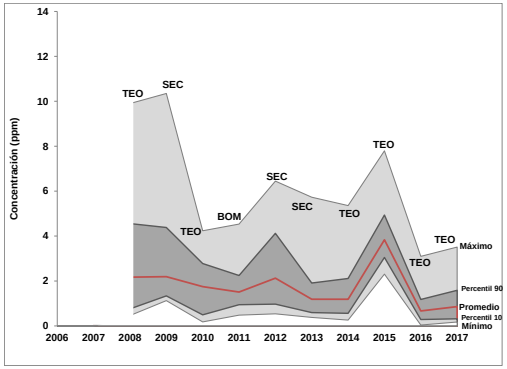


Figura 9.7 Tendencias de las concentraciones diarias de CO, en Guanajuato, en el periodo 2006 – 2017.

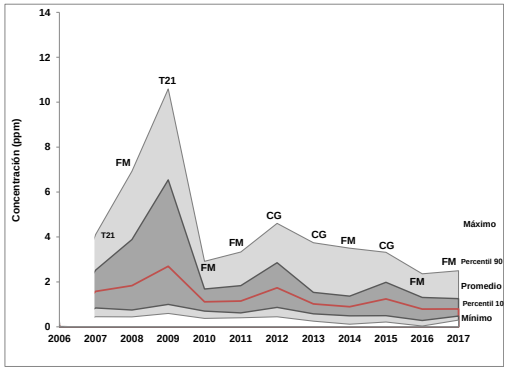
Celaya *(2008– 2017)*



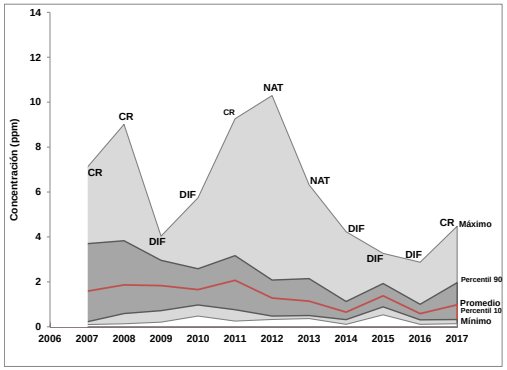
Irapuato *(2008-2017)*



León *(2006 – 2017)*



Salamanca *(2007 – 2017)*



Silao *(2007 – 2017)*

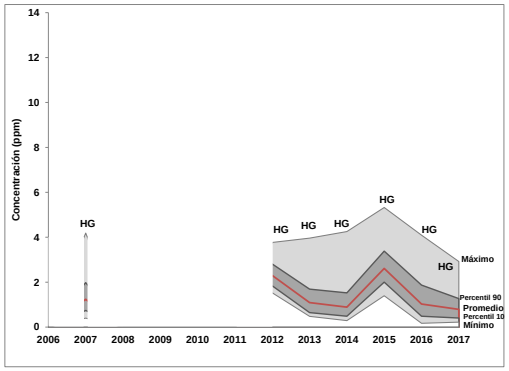
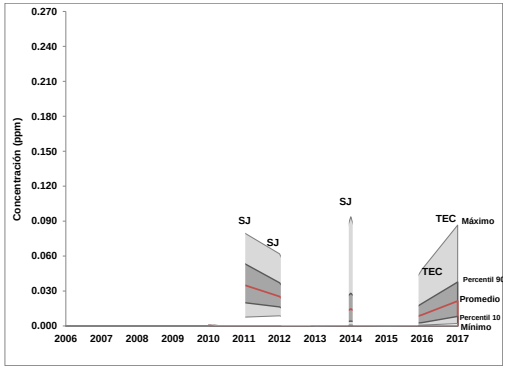
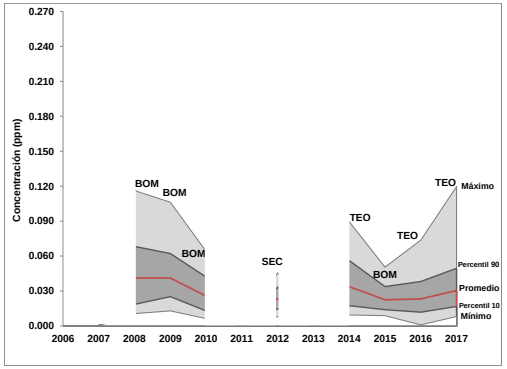


Figura 9.8 Tendencias de las concentraciones diarias de NO_2, en Guanajuato, en el periodo 2006 – 2017.

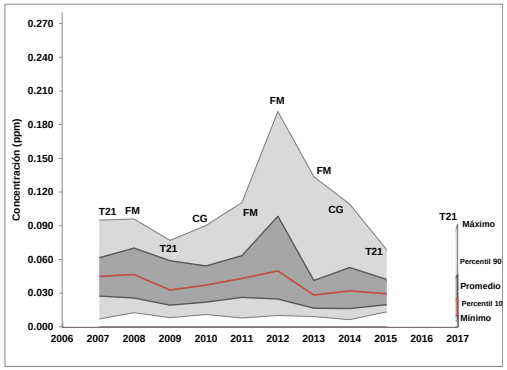
Celaya *(2008– 2017)*



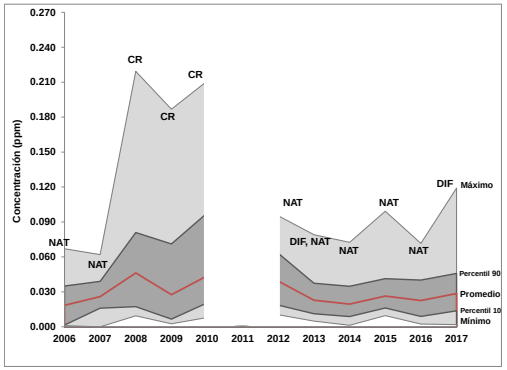
Irapuato *(2008-2017)*



León *(2006 – 2017)*



Salamanca *(2007 – 2017)*



Silao *(2007 – 2017)*

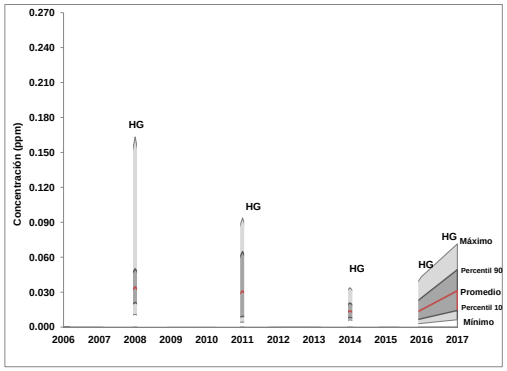
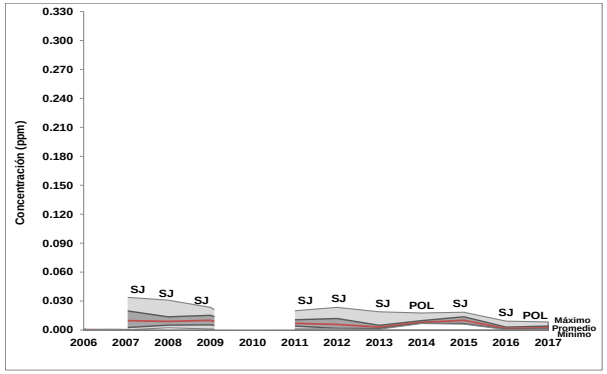
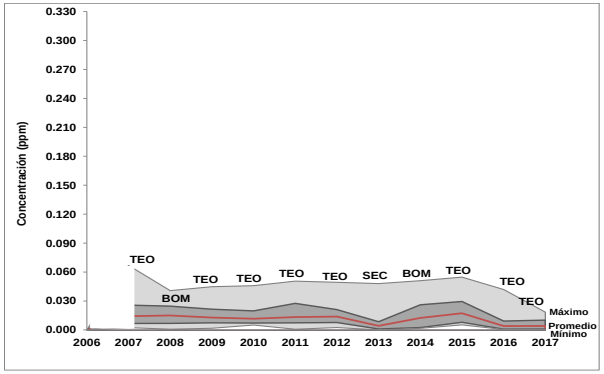


Figura 9.9 Tendencias de las concentraciones diarias de SO_2, en Guanajuato, en el periodo 2000 – 2017.

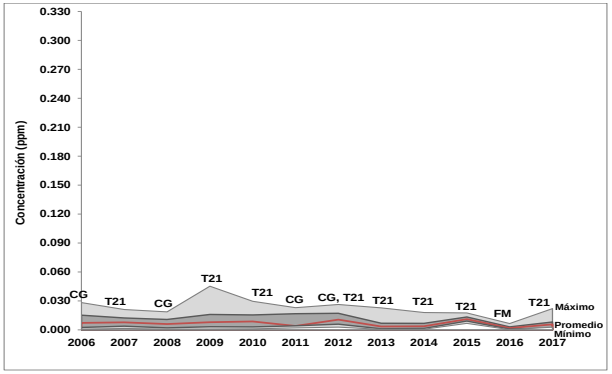
Celaya *(2008– 2017)*



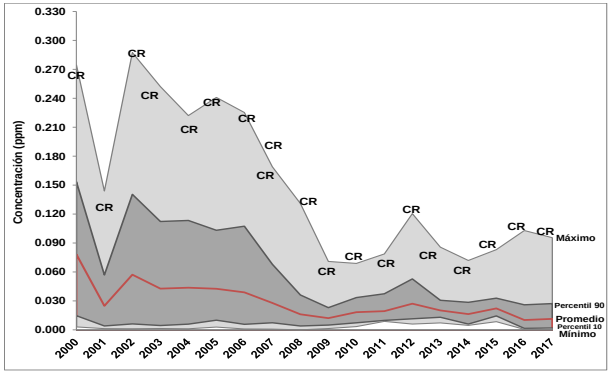
Irapuato *(2008-2017)*



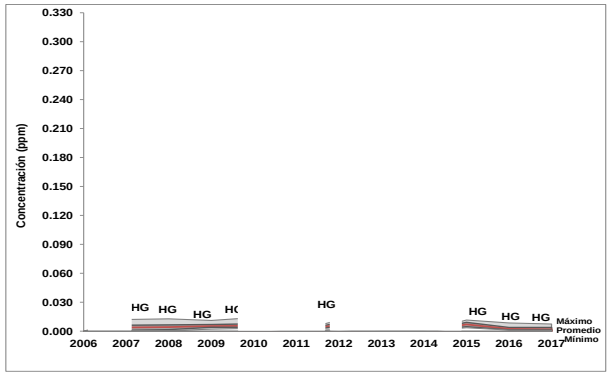
León *(2006 – 2017)*



Salamanca *(2000 – 2017)*



Silao *(2007 – 2017)*



9.5 Porcentaje de días por año en que se rebasa el límite normado de cada contaminante.

La Figura 9.10 presenta la evolución del porcentaje de días por año con concentraciones superiores al límite normado vigente para cada contaminante a nivel de ciudad. Con respecto a las PM_{10} se observa que de 2015 a 2017 en Celaya, Irapuato, León y Silao se registra una tendencia a la alza en este indicador. En estas ciudades se pasó, en este periodo de tiempo, de 36% a 47% (Celaya), de 44% a 47% (León), de 10% a 46% (Irapuato) y de 3% a 32% (Silao) de días por año con concentraciones superiores al límite normado. Es claro que el crecimiento de días en esta condición ha sido muy acentuado en Irapuato y en Silao. A pesar de ello, las ciudades que históricamente registran más días por año con concentraciones por arriba del límite normado de PM_{10} son Celaya (2006 a 2014) y León (2015 a 2017).

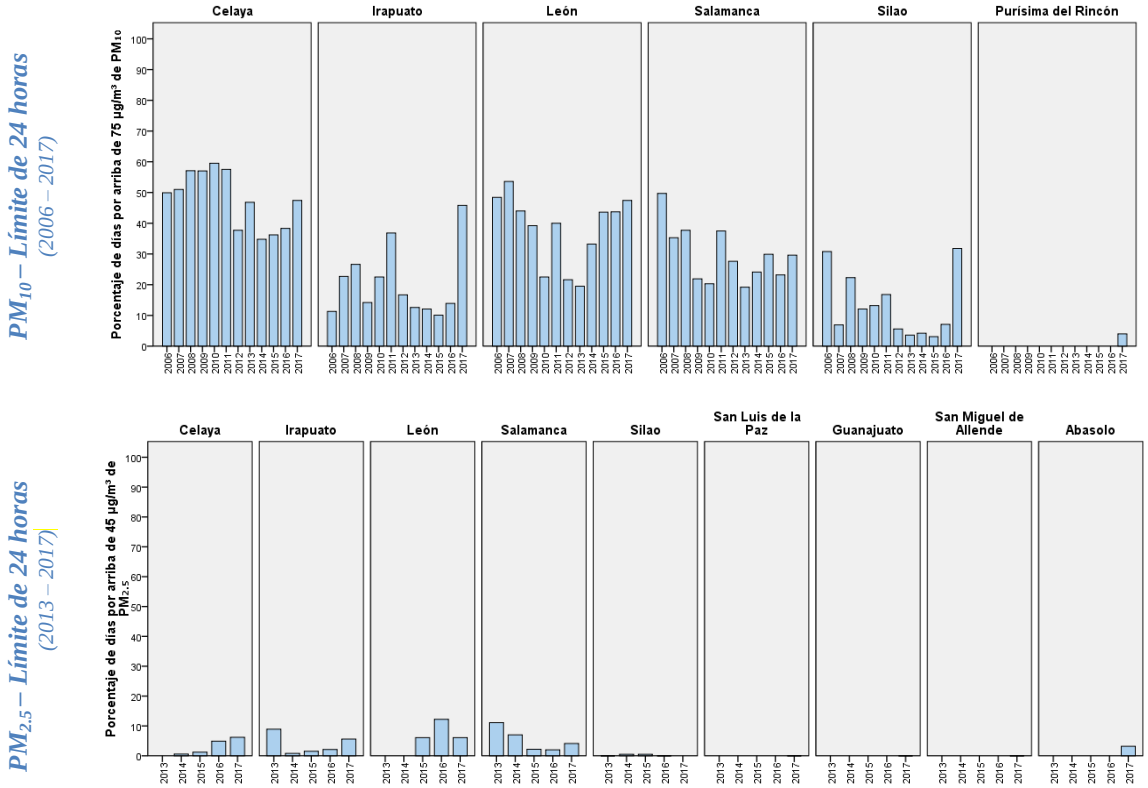
Respecto a $PM_{2.5,}$ sólo en Celaya e Irapuato se observa una tendencia creciente del número de días por año con concentraciones superiores al límite normado vigente de este contaminante entre 2014 y 2017. En León y Salamanca no hay una tendencia clara, en tanto que en Silao se observa un comportamiento estable con muy pocos días por año en esta condición. Por su parte en San Luis de la Paz, Guanajuato, San Miguel de Allende y Abasolo es muy escasa la información generada como para establecer tendencias en el tiempo.

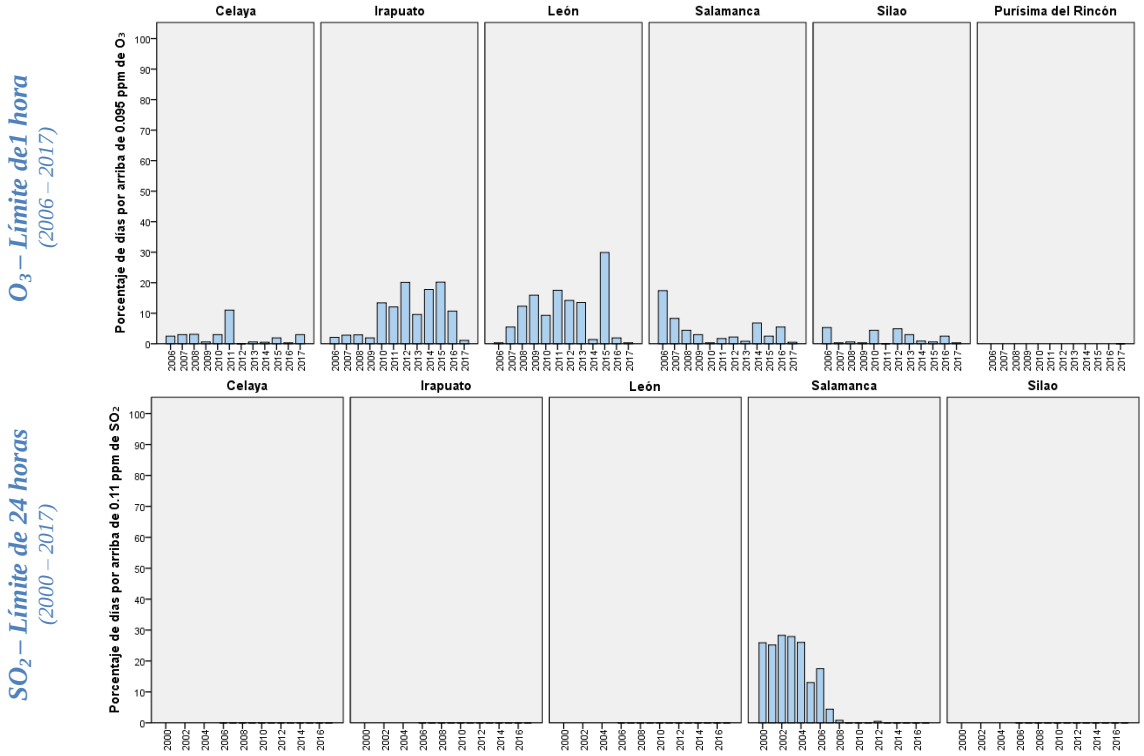
La tendencia histórica de este indicador con respecto al ozono muestra que en la ciudad de Celaya, del 2012 a la fecha, el porcentaje de días por año con concentraciones superiores al límite normado actual de este contaminante ha variado entre 1% y 3% sin que se pueda establecer una tendencia específica. En Irapuato por su parte se observa una reducción significativa del año 2015 al 2017, periodo en el que se pasó del 20% al 1% de días en esta condición. En la ciudad de León hay un comportamiento irregular de este indicador, con grandes cambios de un año a otro, así por ejemplo se observa un cambio de 14% a 1% de días en esta condición de 2013 a 2014 y luego a 30% en 2015 y a 2% en 2016. En Salamanca se registró una disminución significativa de 2006 a 2010, pero después de ese año el comportamiento ha sido regular con incrementos y decrementos de un año a otro. En Silao básicamente destaca el bajo porcentaje de días por año en esta condición. En general en la entidad, son las ciudades de Irapuato y León las que históricamente suelen registrar la mayor cantidad de días por año con concentraciones arriba del límite normado.

El CO sólo ha registrado concentraciones superiores al límite diario normado vigente en Irapuato y en León, en cada caso con un total de dos días, en Irapuato en 2010 y en León en 2008. Por cuestiones de escala esta situación no es observable en la Figura ya que corresponde con el 0.6% de los días de cada año. Ante esta situación y para evitar confusión se decidió no incluir dicha gráfica en la Figura 7.10. Esta misma situación se presenta con respecto al NO_2, contaminante que sólo ha presentado concentraciones superiores al límite normado correspondiente en la ciudad de Salamanca en 2008 y 2010. En cada año con un solo día en estas condiciones, por lo que la gráfica para este contaminante tampoco aparece en la Figura referida.

En lo que respecta al SO_2, destaca que en las ciudades de Celaya, Irapuato, León y Silao la información disponible indica que en el periodo analizado nunca se han presentado concentraciones de este contaminante superiores al límite normado vigente de 24 horas, en tanto que en la ciudad de Salamanca esta situación sólo ha ocurrido de 2009 a 2011 y de 2013 a 2017. Por el contrario, en esta última ciudad, del año 2000 al 2008 y nuevamente en 2012 se registraron días con concentraciones superiores al límite referido en un cantidad tal que representaron entre el 0.5% (en 2012) y 28% (en 2002 y 2003) de los días de cada año.

Figura 9.10 Tendencia del porcentaje de días, por año, con concentraciones superiores a los límites normados vigentes de cada uno de los contaminantes analizados, en el periodo 2000 – 2017.

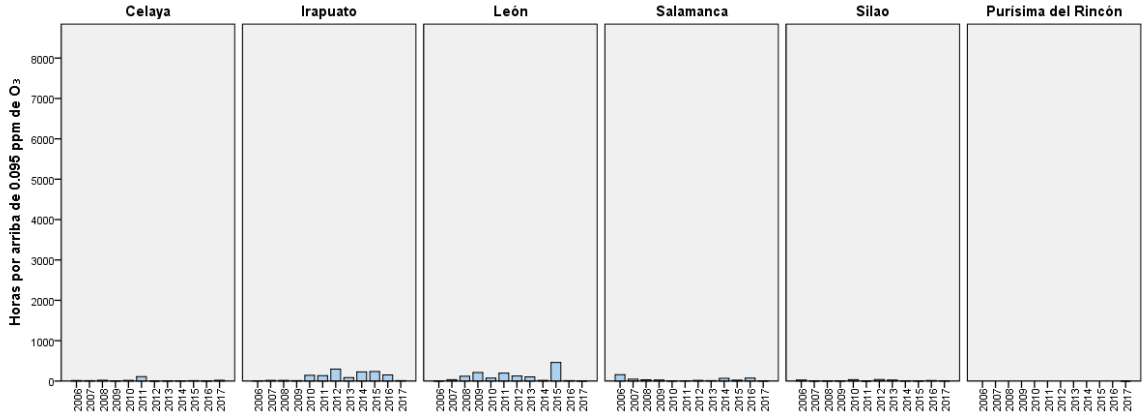




9.6 Número de horas por año en que se rebasa el límite normado de ozono.

Otro indicador útil para visualizar con detalle la evolución de los problemas de calidad del aire por ozono a través de tiempo es el número de horas al año en el que se rebasa el límite normado de una hora. En este caso, el indicador se generó a nivel de ciudad y la Figura 9.11 muestra que en ninguna de las ciudades evaluadas se superó el 5% de las horas del año con concentraciones de ozono superiores al límite normado vigente. De manera particular por ciudad destaca que en Celaya el año con la mayor cantidad de horas con concentraciones por arriba del límite normado fue 2011 con 110, en tanto que en 2012 no se registró ninguna hora por arriba de este umbral. En Irapuato se observa una notable disminución de este indicador de 2012 a 2017, periodo en el que se pasó de 297 a 12 horas en esta condición. Esta misma tendencia se observa en León pero en el periodo 2015 a 2017, donde se pasó de 461 horas a sólo 1 hora con concentraciones de ozono que superaron el valor normado. En Salamanca y Silao no se aprecia ninguna tendencia, pues hay variaciones a la baja y a la alza de un año a otro. Finalmente, en Purísima del Rincón sólo se tuvieron datos para el año 2017 en el cual no se registró ni una hora por arriba del umbral establecido en la Norma.

Figura 9.11 Tendencia del número de horas, por año, con concentraciones superiores a 0.095 ppm de ozono en el periodo 2006 – 2017.



9.7 Número de días por año en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante.

Finalmente, la Tabla 9.4 y la Figura 9.12 muestran la tendencia histórica del número de días por año en que se incumplió cualquier norma vigente de calidad del aire a nivel de ciudad. En ellas se puede observar lo siguiente:

En Celaya se registró un incremento considerable de días fuera de Norma para al menos un contaminante a partir del año 2011. A partir de este año en al menos 130 días de cada año se presentó esta situación y ello obedeció principalmente a las altas concentraciones de PM_{10}. Así mismo de 2013 a 2017 el número de días en los que se rebasa de manera simultánea el límite normado de dos contaminantes ha crecido de manera sostenida, pasando de dos días en 2013 a 26 días en 2017. El año 2017 no sólo es el que registró el mayor número de días con concentraciones superiores al límite normado de al menos un contaminante con un total de 198 (de los cuales en 169 esto se debió a las PM_{10}), sino también el año en el que se registró la mayor cantidad de días en los que se rebasaron los límites normados de dos contaminantes con un total de 26 (en ocho días dichos contaminantes fueron ozono y PM_{10} y en 16 días PM_{10} y $PM_{2.5}$) y tres contaminantes con un total de dos, donde los límites rebasados fueron los de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y Ozono .

En Irapuato también destaca el año 2017 como el año con más días en los que se incumple la normatividad vigente de calidad del aire con un total de 169. De ellos, en 148 se rebasó el límite normado de un solo contaminante (146 PM_{10} y dos ozono), en 20 se rebasaron los límites de dos contaminantes (19 PM_{10} y $PM_{2.5}$ y en uno ozono y PM_{10}), y en uno el de tres (PM_{10}, $PM_{2.5}$ y

Ozono). Otro hecho a destacar en esta ciudad es que del 2013 al 2017 en todos los años, excepto 2015, se ha registrado al menos un día en el que se han rebasado los límites normados de tres contaminantes distintos.

León es la ciudad del Estado de Guanajuato en la que con mayor frecuencia se presentan días con concentraciones superiores a los límites normados de calidad del aire para al menos un contaminante, así por ejemplo, en el periodo analizado la cantidad de días por año en esta condición varió entre el 28% (en 2013) y 65% (en 2015). 2015 fue el año en que se rebasó con más frecuencia el límite normado tanto de uno (principalmente PM_{10}, seguido de ozono) como de dos contaminantes (prioritariamente PM_{10} y ozono, seguido de PM_{10} y $PM_{2.5}$).

Salamanca es la ciudad que cuenta con la serie histórica más completa de datos, pues incluye el periodo 2000 a 2017. En dicho periodo, los años en los que se incumplió con más frecuencia al menos una norma de calidad del aire fueron 2006, 2007 y 2008, con 175, 136 y 146 días de cada año, respectivamente. En todos los años el contaminante que más contribuyó a esta situación fueron las PM_{10} con al menos el 60% de los casos. Por otra parte destaca que sólo en los años 2007, 2013, 2014 y 2016 se presentaron días en los que se rebasaron los límites normados de tres contaminantes.

La ciudad de Silao también presenta días donde se rebasan los límites normados de calidad del aire para al menos un contaminante; sin embargo, son menos frecuentes que en otras ciudades de la entidad (varían entre el 4% en 2015 y el 30% en 2017) y lo más común que se rebase el límite de un solo contaminante, predominantemente PM_{10}), siendo raros los casos donde esto ocurre para dos contaminantes distintos en el mismo día (en la mayoría de los casos PM_{10} y ozono).

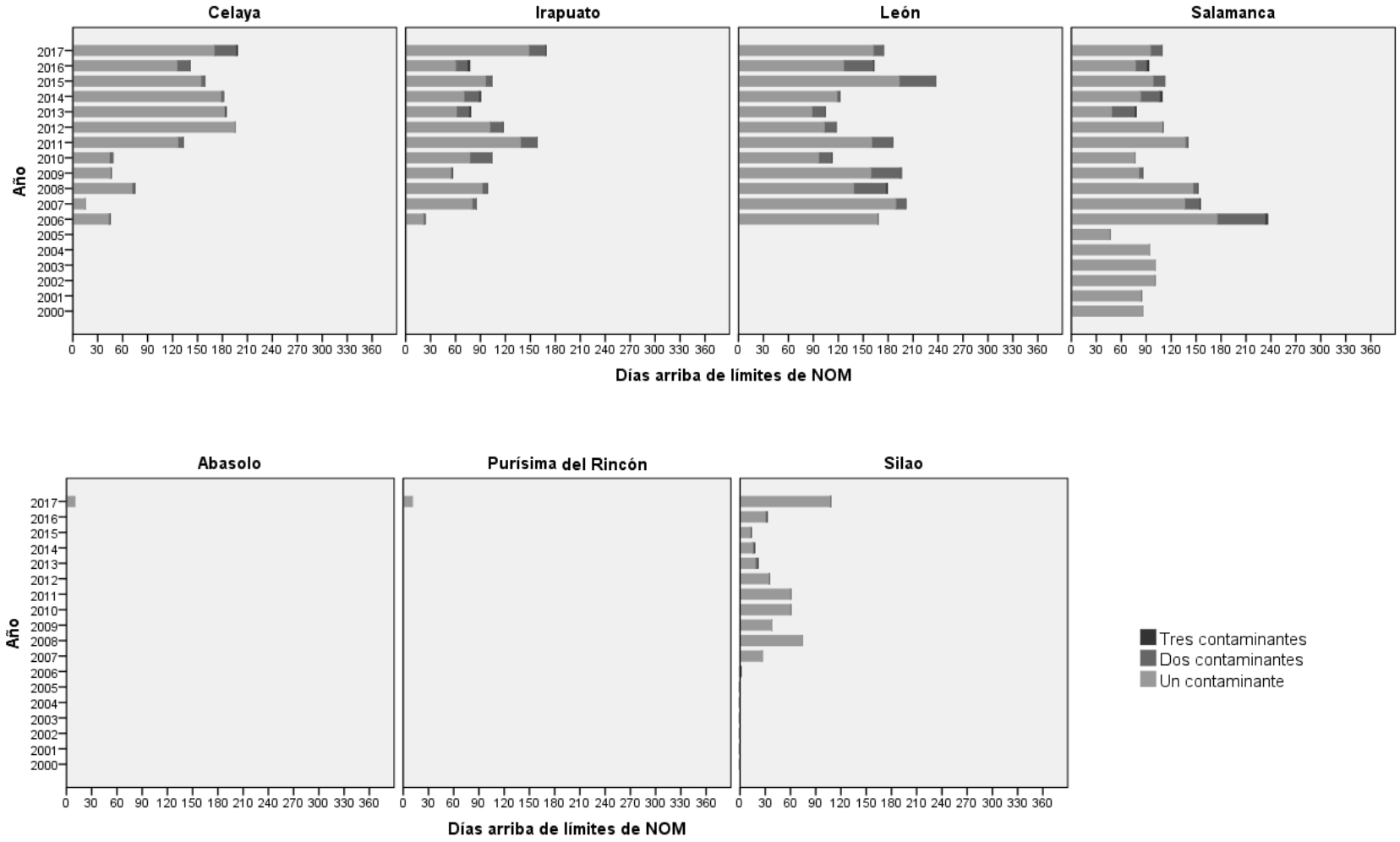
Purísima del Rincón, San Luis de la Paz, Guanajuato, San Miguel de Allende y Abasolo únicamente cuentan con datos para el año 2017 y ellos revelan que sólo en Purísima del Rincón y Abasolo se registraron 11 y 10 días, respectivamente en los cuales se rebasó el límite de calidad del aire de un solo contaminante, que fueron PM_{10} en el caso de la primera y $PM_{2.5}$ en la segunda.

Tabla 9.4 Número de días, por año, en que se rebasa cualquier norma vigente de calidad del aire en Guanajuato, 2000 – 2017.

Ciudad	Año	No. de días con datos	No. de días > NOM	Número de días con concentraciones por arriba de los límites actuales de cualquier contaminante			
				1 Contaminante	2 Contaminantes	3 Contaminantes	4 Contaminantes
Celaya	2006	365	45	43	2	0	0
	2007	345	15	15	0	0	0
	2008	366	75	71	4	0	0
	2009	365	46	45	1	0	0
	2010	365	48	44	4	0	0
	2011	365	133	126	7	0	0
	2012	366	195	195	0	0	0
	2013	365	184	182	2	0	0
	2014	365	181	178	3	0	0
	2015	365	159	154	5	0	0
	2016	366	141	125	16	0	0
	2017	365	198	170	26	2	0
Irapuato	2006	330	23	21	2	0	0
	2007	362	85	80	5	0	0
	2008	365	98	92	6	0	0
	2009	365	56	54	2	0	0
	2010	365	104	77	27	0	0
	2011	365	158	138	20	0	0
	2012	366	117	101	16	0	0
	2013	365	78	61	15	2	0
	2014	365	90	70	18	2	0
	2015	365	104	96	8	0	0
	2016	366	77	60	14	3	0
	2017	365	169	148	20	1	0
León	2006	356	168	167	1	0	0
	2007	364	201	189	12	0	0
	2008	366	179	138	39	2	0
	2009	365	196	159	36	1	0
	2010	365	112	96	16	0	0
	2011	365	185	160	25	0	0
	2012	366	117	103	14	0	0
	2013	365	104	88	16	0	0
	2014	365	122	118	4	0	0
	2015	365	237	193	44	0	0
	2016	366	163	126	36	1	0
	2017	365	174	162	12	0	0
Salamanca	2000	332	86	86	0	0	0
	2001	333	84	84	0	0	0
	2002	353	100	100	0	0	0
	2003	362	101	101	0	0	0
	2004	362	94	94	0	0	0
	2005	354	46	46	0	0	0
	2006	365	236	175	58	0	0
	2007	365	155	136	18	1	0
	2008	366	152	146	6	0	0
	2009	365	86	81	5	0	0
	2010	365	76	76	0	0	0
	2011	365	140	137	3	0	0
	2012	366	110	109	1	0	0
	2013	365	78	48	28	2	0
	2014	365	109	83	23	3	0
	2015	365	112	98	14	0	0
	2016	366	93	77	13	3	0
	2017	365	109	95	14	0	0
Silao	2006	227	19	18	1	0	0
	2007	365	26	26	0	0	0
	2008	350	74	74	0	0	0

Ciudad	Año	No. de días con datos	No. de días > NOM	Número de días con concentraciones por arriba de los límites actuales de cualquier contaminante			
				1 Contaminante	2 Contaminantes	3 Contaminantes	4 Contaminantes
	2009	322	38	38	0	0	0
	2010	364	60	60	0	0	0
	2011	359	60	30	0	0	0
	2012	361	35	34	1	0	0
	2013	363	21	18	3	0	0
	2014	364	17	15	2	0	0
	2015	361	13	12	1	0	0
	2016	363	32	30	2	0	0
	2017	362	108	107	1	0	0
Purísima del Rincón	2017	286	11	11	0	0	0
San Luis de la Paz	2017	253	0	0	0	0	0
Guanajuato	2017	245	0	0	0	0	0
San Miguel de Allende	2017	333	0	0	0	0	0
Abasolo	2017	313	10	10	0	0	0

Figura 9.12 Número de días, por año, en que se rebasó cualquier norma vigente de calidad del aire en Guanajuato, 2000 – 2017.



En la entidad se mantienen los problemas de calidad del aire tanto por partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) como por ozono. Los problemas por partículas aparentemente tienen un carácter más regional que los asociados a ozono, pues mientras en el caso de las partículas se rebasaron los dos límites normados en todas las estaciones de monitoreo de prácticamente todas las ciudades donde se pudo hacer la evaluación de cumplimiento de NOM, los límites de ozono sólo se rebasaron en algunas estaciones y se cumplieron en otras aún dentro de una misma ciudad.

En 2017 los límites normados de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y O_3 se rebasaron en Celaya, Irapuato y Salamanca, en tanto que en Silao y León se rebasaron los de PM_{10} y ozono y en San Miguel de Allende y Abasolo los de $PM_{2.5}$.

Las concentraciones más altas de PM_{10}, se registraron en Celaya, en tanto que las de $PM_{2.5}$ y ozono tuvieron lugar en Irapuato.

Las concentraciones superiores al límite normado de 24 horas de PM_{10} se presentaron con mayor frecuencia en la ciudad de Celaya (54% de los días del año), seguida de León (47%) e Irapuato (46%). En estas mismas ciudades el 6% de los días del año presentaron concentraciones superiores al límite normado de $PM_{2.5}$. El límite de 1 hora de ozono se rebasó en el 3% de los días en Celaya y en el 1% de los días en Irapuato.

A decir por los resultados del año 2017, los mayores problemas de calidad del aire en la entidad se presentaron en la ciudad de Celaya, pues en dicha ciudad no sólo se alcanzaron las concentraciones más altas de PM_{10} sino que fue también el sitio donde con mayor frecuencia se presentan días con concentraciones superiores al límite normado de este contaminante (54%). Además también se rebasaron los límites normados de $PM_{2.5}$ y ozono.

Históricamente León es la ciudad del Estado de Guanajuato en la que con mayor frecuencia se presentan días con concentraciones superiores a los límites normados de calidad del aire para al menos un contaminante, así por ejemplo, en el periodo analizado la cantidad de días por año en esta condición varió entre el 28% (en 2013) y 65% (en 2015).

10. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE HIDALGO.

10.1 Información general.

El sistema de monitoreo de la calidad del aire (SMCA) de Hidalgo, a cargo de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado, estuvo integrado en el año 2017 por la red de monitoreo de Pachuca así como por las estaciones de monitoreo instaladas en los municipios de Tula de Allende, Atitalaquia, Atotonilco, Tepetitlán, Tepeji del Río, Tlaxcoapan, Tizayuca, Lolotla, Tepeapulco, Huichapan, Tulancingo y Zapotlán. En su conjunto este SMCA estuvo integrado por 16 estaciones de monitoreo. La Tabla 10.1 muestra las estaciones de monitoreo que conformaron el SMCA de Hidalgo en el año 2017, su capacidad de medición de contaminantes y el año en que cada una de ellas inició su operación. Por otra parte, la Figura 10.1, muestra su ubicación geográfica.

Con respecto a 2016, se aprecian los siguientes cambios: en Atotonilco y Tizayuca dejaron de operar los analizadores automáticos de $PM_{2.5}$ y desapareció el monitoreo de PM_{10} con equipo automático en Tepeapulco. La clave de la estación DIF municipal en Tulancingo en el Informe 2016 se reportó con las siglas TUL, en consistencia con las siglas asignadas por los responsables del SMCA y del Sistema Nacional de Información de Calidad del Aire en este documento se reporta como TLN.

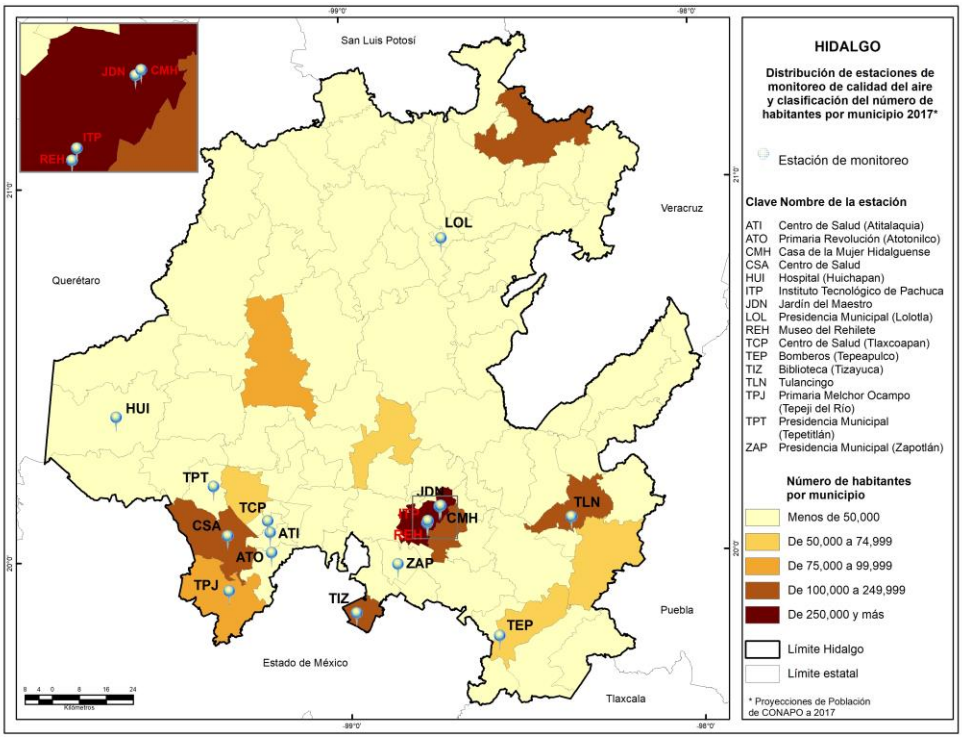
Tabla 10.1 Estaciones que conformaron el SMCA de Hidalgo en el año 2017 y capacidades de medición de contaminantes.

Red de monitoreo	Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes					
				PM_{10}	$PM_{2.5}$	O_3	SO_2	NO_2	CO
Pachuca	Jardín del Maestro	JDN	Aut. 2010	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Museo del Rehilete	REH	Aut. 2011	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Casa de la Mujer Hidalguense	CMH	Man. 2012	✓	¤	¤	¤	¤	¤
			Man. 2016	¤	✓	¤	¤	¤	¤
	Instituto Tecnológico de Pachuca	ITP	Man. 2012	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Centro de Salud (Tula de Allende)	CSA	Aut. 2006	✓	✓	✓	✓	✓	✓
			Man. 2016	✓	✓	¤	¤	¤	¤
	Centro de Salud (Atitalaquia)	ATI	Aut. 2009	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Red de monitoreo	Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes					
				PM_{10}	$PM_{2.5}$	O_3	SO_2	NO_2	CO
			Man. 2004	¤	✓	¤	¤	¤	¤
	Primaria Revolución (Atotonilco)	ATO	Aut. 2011	✓	¤	✓	✓	✓	✓
			Man. 2015	¤	✓	¤	¤	¤	¤
	Presidencia Municipal (Tepetitlán)	TPT	Man. 2012	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Primaria Melchor Ocampo (Tepeji del Río)	TPJ	Aut. 2010	✓	✓	✓	✓	✓	✓
			Man. 2004	¤	✓	¤	¤	¤	¤
	Centro de Salud (Tlaxcoapan)	TCP	Man. 2004	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Biblioteca (Tizayuca)	TIZ	Aut. 2010	✓	¤	✓	✓	✓	✓
			Man. 2012	✓	¤	¤	¤	¤	¤
			Man. 2016	¤	✓	¤	¤	¤	¤
	Presidencia Municipal (Lolotla)	LOL	Man. 2012	¤	✓	¤	¤	¤	¤
	Bomberos (Tepeapulco)	TEP	Aut. 2014	¤	✓	✓	✓	✓	✓
	Hospital (Huichapan)	HUI	Aut. 2014	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Tulancingo (Tulancingo)	TLN	Aut. 2015	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Presidencia Municipal (Zapotlán)	ZAP	Man. 2014	✓	¤	¤	¤	¤	¤

* En el caso de las estaciones que por definición no forman parte de una red de monitoreo, entre paréntesis se indica el nombre de la ciudad donde se encuentra ubicada.
Aut. = Equipo automático.
Man. = Equipo manual.
¤ = No cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.
✓ = Cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.
Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno del Estado de Hidalgo.

Figura 10.1 Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Hidalgo, 2017.



10.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Hidalgo para el año 2017 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las NOM en la materia y la distribución del número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo. Así mismo, se incluye una descripción, a nivel de ciudad y municipio, sobre las tendencias del año 2013 a 2017 con respecto al promedio, mínimo, máximo y percentiles 10 y 90 de las concentraciones diarias, número de días con concentraciones superiores a los límites normados vigentes para cada contaminante y, número de días en que se rebasa cualquier norma de calidad del aire.

10.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire.

En esta sección se analiza el cumplimiento de las NOM para cada contaminante en cada una de las estaciones de monitoreo que conforman el SMCA de Hidalgo. Los resultados de esta evaluación se presentan en la Figura 10.2 y en la Tabla 10.2, en las cuales se puede apreciar que:

- La norma de PM_{10} se incumplió en 7 de las 14 estaciones del estado que midieron el contaminante: en JDN e ITP ubicadas en Pachuca y ZAP en Zapotlán de Juárez, debido a que se rebasó el límite de 24 horas y en las estaciones de TPJ, TIZ, ATI y ATO ubicadas en Tepeji del Río, Tizayuca, Atitalaquia y Atotonilco respectivamente, debido a que se rebasaron tanto el límite de 24 horas como el promedio anual. Las concentraciones más altas de partículas PM_{10} se registraron en la estación Atotonilco (ATO), donde el máximo de los promedios de 24 horas fue de 173 $\mu g/m^3$ y el promedio anual fue de 60 $\mu g/m^3$, el primero equivale a 2.3 veces el valor del límite de 24 horas y el segundo a casi 1.5 veces el límite anual. En las estaciones REH, TPT, TCP, HUI ubicadas en Pachuca, Tepetitlán, Tlaxcoapan y Huichapan respectivamente, no hubo datos suficientes para evaluar el cumplimiento de la norma.

- De las 12 estaciones con capacidad para medir $PM_{2.5}$, la norma se incumplió en las estaciones CMH ubicada en Pachuca, TLN en Tulancingo, LOL en Lolotla, CSA en Tula de Allende y TIZ en Tizayuca al rebasar el límite anual, y en la estación ATI ubicada en Atitalaquia por rebasar los dos límites normados. Las concentraciones más altas se registraron en la estación Atitalaquia con 99 y 26 $\mu g/m^3$ para los límites de 24 horas y anual respectivamente, en ambos casos equivalentes a poco más de 2 veces los valores de norma. En las estaciones ATO, TPJ, TEP y HUI no hubo suficiencia de datos para evaluar el cumplimiento de norma.

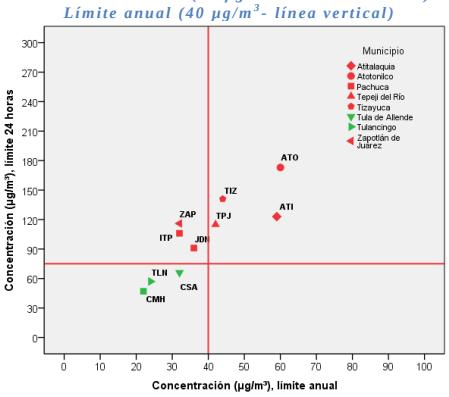
- En el caso del ozono se incumplió la norma en todas las estaciones. Se rebasaron los límites de una y ocho horas en las estaciones: TPJ, TIZ, ATI, ATO, JDN, CSA, REH y HUI. En la estación TLN solo se rebasó el límite de 8 horas y en TEP el límite de una hora. La concentración más alta de ozono, como promedio de una hora, se registró en Huichapan (HUI) y como promedio de 8 horas en Pachuca (estación Museo del Rehilete - REH) con valores de 0.128 ppm y 0.098 ppm respectivamente, que son equivalentes a 1.4 y 1.3 veces los limites normados correspondientes.

- Los límites normados de monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre se cumplieron en todas las estaciones de monitoreo, excepto en la estación de Tula de Allende (CSA) donde se rebasó el límite de 8 horas de SO_2.

Figura 10.2 Evaluación del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Hidalgo, en el año 2017.

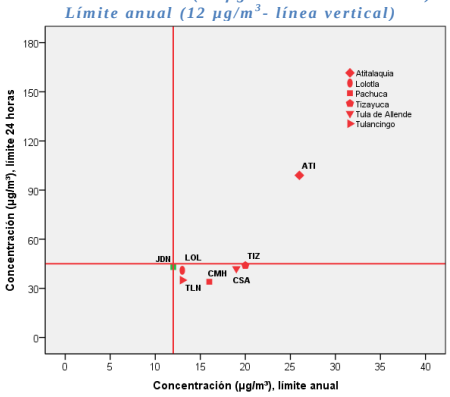
Partículas Suspendidas – PM_{10}

Límite de 24 horas (75 µg/m³- línea horizontal)
Límite anual (40 µg/m³- línea vertical)



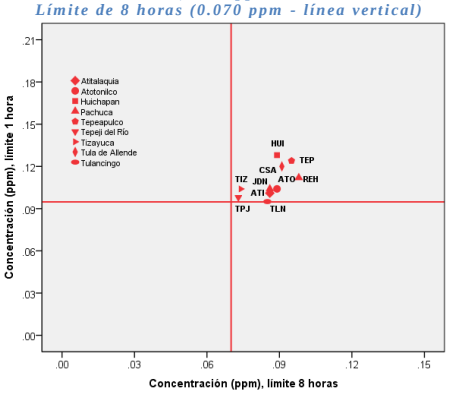
Partículas Suspendidas – $PM_{2.5}$

Límite de 24 horas (45 µg/m³- línea horizontal)
Límite anual (12 µg/m³- línea vertical)



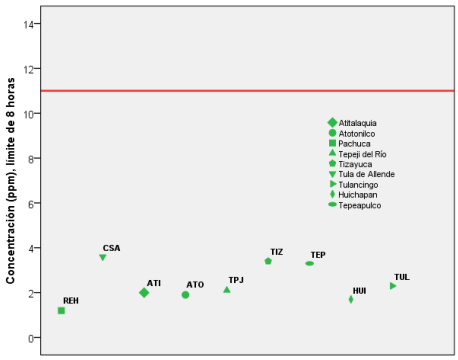
Ozono – O_3

Límite de 1 hora (0.095 ppm- línea horizontal)
Límite de 8 horas (0.070 ppm - línea vertical)



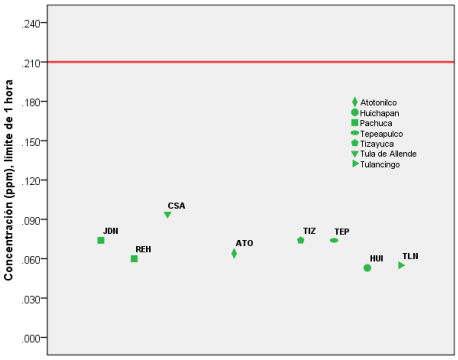
Monóxido de carbono - CO

Límite de 8 horas (11 ppm - línea horizontal)



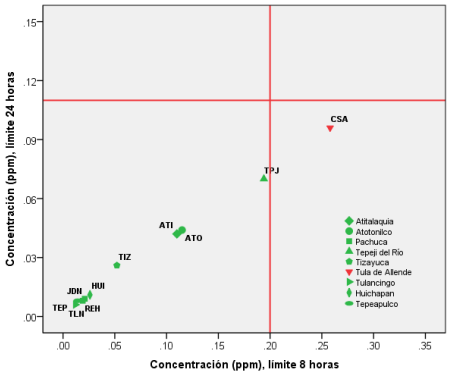
Dióxido de nitrógeno – NO_2

Límite de 8 horas (0.210 ppm - línea horizontal)



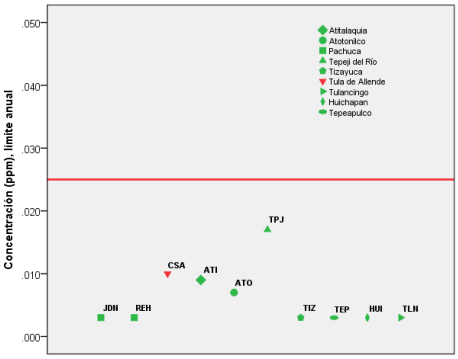
Dióxido de azufre – SO_2

Límite de 8 horas (0.200 ppm- línea vertical)
Límite de 24 horas (0.110 ppm - línea horizontal)



Dióxido de azufre – SO_2

Límite anual (0.025 ppm- línea horizontal)



Pachuca
JDN – Jardín del Maestro
REH – Museo del Rehilete
CMH – Casa de la Mujer Hidalguense

Tula de Allende
CSA – Tula de Allende

Atitalaquia
ATI – Centro de Salud

Atotonilco
ATO – Primaria Revolución

Tepetitlán
TPT – Presidencia Municipal

Tepeji del Río
TPJ – Primaria Melchor Ocampo

Tlaxcoapan
TCP – Centro de Salud

Tizayuca
TIZ – Biblioteca

Lolotla
LOL – Presidencia Municipal

Tepeapulco
TEP – Bomberos

Huichapan
HUI - Hospital

Tulancingo
TLN – Tulancingo

Zapotlán
ZAP – Presidencia municipal

Tabla 10.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Hidalgo, en el año 2017.

Contaminante	Limite normado		Pachuca				Tula de Allende	Atitalaquia	Atotonilco	Tepetitlán	Tepeji del Río	Tlaxcoapan	Tizayuca	Lolotla
			JDN	REH	CMH	ITP	CSA	ATI	ATO	TPT	TPJ	TCP	TIZ	LOL
(1)PM_{10}	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m^3	91	DI	47	106	66	123	173	DI	115	DI	141	¤
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m^3	36	DI	22	32	32	59	60	DI	42	DI	44	¤
(1)$PM_{2.5}$	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m^3	43	DI	34	¤	42	99	DI	¤	DI	¤	44	41
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m^3	12	DI	16	¤	19	26	DI	¤	DI	¤	20	13
(2)O_3	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	0.104	0.112	¤	¤	0.120	0.101	0.104	¤	0.098	¤	0.104	¤
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	0.086	0.098	¤	¤	0.091	0.086	0.089	¤	0.073	¤	0.074	¤
(3)CO	8 hrs	2°Máximo ≤ 11 ppm	DI	1.2	¤	¤	3.6	2.0	1.9	¤	2.1	¤	3.4	¤
(4)NO_2	1 hr	2°Máximo ≤ 0.210 ppm	0.074	0.060	¤	¤	0.094	DI	0.064	¤	DI	¤	0.074	¤
(5)SO_2	8 hrs	2°Máximo ≤ 0.200 ppm	0.021	0.019	¤	¤	0.258	0.110	0.115	¤	0.194	¤	0.052	¤
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	0.009	0.008	¤	¤	0.096	0.042	0.044	¤	0.070	¤	0.026	¤
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	0.003	0.003	¤	¤	0.010	0.009	0.007	¤	0.017	¤	0.003	¤

(1) NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a);
(2) NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b);
(3) NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1993);
(4) NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994);
(5) NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010).

DI = Datos insuficientes.

¤ = No cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.

= Cumple con el límite normado.

= No cumple con el límite normad.

- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas o 24 horas, de acuerdo al contaminante y límite normado.
- Las NOM de partículas, ozono y dióxido de azufre se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen todos los límites normados.

Continúa…

Contaminante	Límite normado		Tepeapulco	Huichapan	Tulancingo	Zapotlán
			TEP	HUI	TLN	ZAP
(1)PM_{10}	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m^3	¤	DI	57	116
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m^3	¤	DI	24	32
(1)$PM_{2.5}$	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m^3	DI	DI	35	¤
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m^3	DI	DI	13	¤
(2)O_3	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	0.124	0.128	0.095	¤
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	DI	0.089	0.085	¤
(3)CO	8 hrs	2°Máximo ≤ 11 ppm	3.3	1.7	2.3	¤
(4)NO_2	1 hr	2°Máximo ≤ 0.210 ppm	0.074	0.053	0.055	¤
(5)SO_2	8 hrs	2°Máximo ≤ 0.200 ppm	0.014	0.026	0.012	¤
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	0.008	0.011	0.006	¤
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	0.003	0.003	0.003	¤

(1) NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a);
(2) NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b);
(3) NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1993);
(4) NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994);
(5) NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010).

DI = Datos insuficientes.
¤ = No cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.
= Cumple con el límite normado.
= No cumple con el límite normad.

- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas o 24 horas, de acuerdo al contaminante y límite normado.
- Las NOM de partículas, ozono y dióxido de azufre se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen todos los límites normados.

10.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala.

Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en el año 2017 en términos de la frecuencia con que se presentan días con calidad del aire buena, regular y mala con respecto a cada contaminante de acuerdo con los intervalos definidos en la sección 3.3.2 del capítulo de metodología. En este contexto, en la Figura 10.3 se puede observar que:

- Se registraron días con mala calidad del aire por PM_{10} en las estaciones JDN y REH de Pachuca, así como en las estaciones de Tula de Allende, Atitalaquia, Atotonilco, Tepeji del Río y Tizayuca. En la estación de Huichapan no se registraron días con mala calidad, aunque es importante mencionar que hubo 224 días con información insuficiente, en tanto que en la estación de Tulancingo predominaron los días con calidad del aire buena.

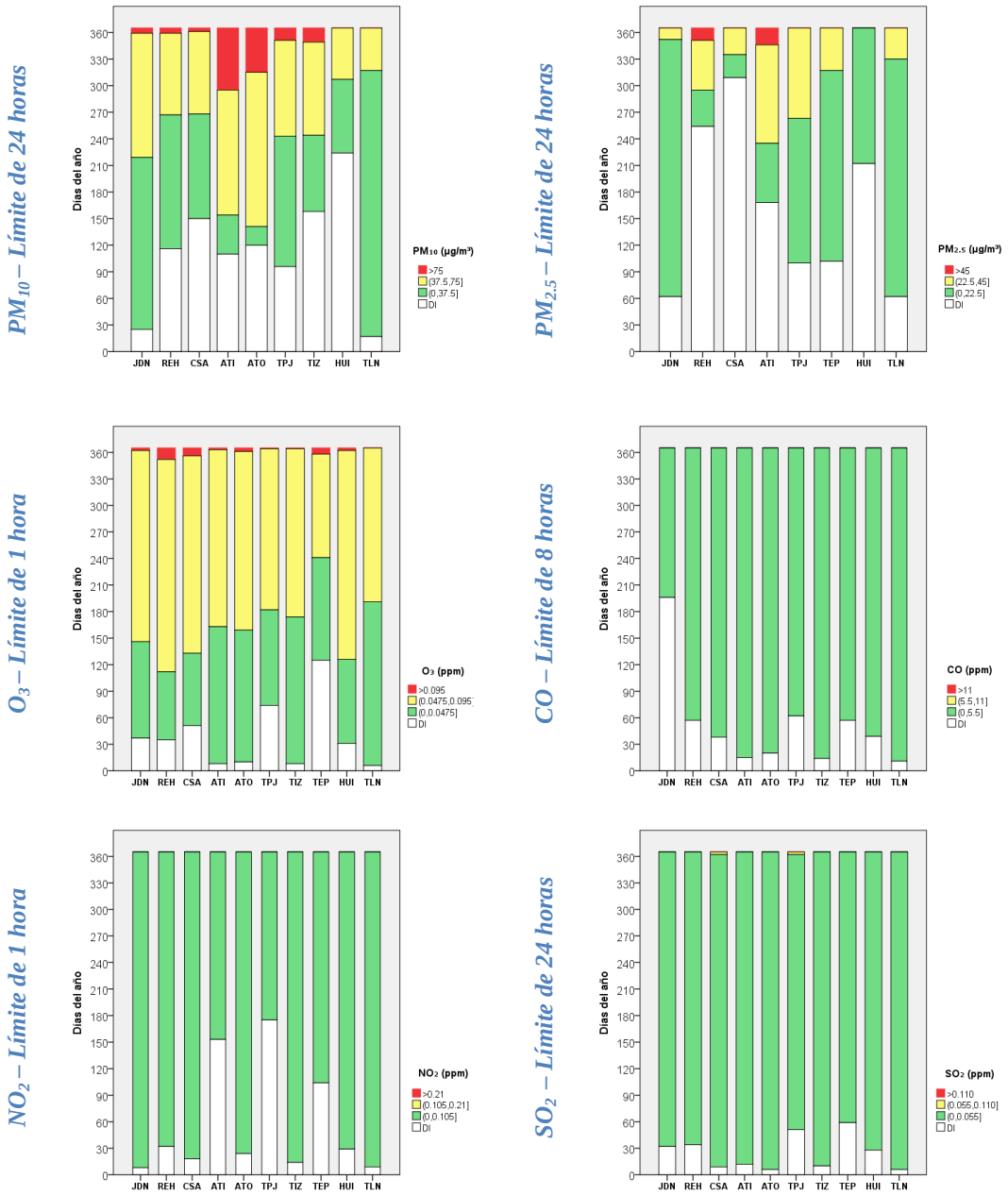
- En cuanto a las $PM_{2.5}$ se presentaron 14 días con mala calidad del aire en la estación REH ubicada en Pachuca y 19 días en la estación de Atitalaquia, aunque es de destacar que el 70% y el 46% de los días del año respectivamente los datos fueron insuficientes. En las estaciones JDN, TEP, TUL, TPJ y HUI ubicadas en Pachuca, Tepeapulco, Tulancingo, Tepeji del Río y Huichapan predominaron los días con calidad del aire buena: registraron 90, 215, 268, 163 y 153 días en esta condición respectivamente. La estación CSA ubicada en Tula de Allende registró 309 días sin datos, 26 días buenos y 30 regulares.

- Para el caso del ozono, excepto en la estación TUL, se registró al menos un día con mala calidad del aire, pero predominaron los días con calidad del aire regular, de 117 días en la estación de Tepeapulco a 240 en la estación REH en Pachuca. La mayor cantidad de días malos se presentaron en las estaciones REH y CSA, con 13 y 9 días respectivamente.

- Finalmente, con respecto a monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre prácticamente la totalidad de los días del año, en todas las estaciones de monitoreo, registraron concentraciones que los ubicaron en la categoría de buena calidad del aire.

La Tabla 10.3 muestra el porcentaje de días del año 2017 con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y dióxido de nitrógeno, de 8 horas de monóxido de carbono y de 24 horas de partículas (PM10 y PM2.5) y dióxido de azufre a nivel de ciudad.

Figura 10.3 Distribución de los días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo en Hidalgo, en el año 2017.



Pachuca
JDN – Jardín del Maestro
REH – Museo del Rehilete
CMH – Casa de la Mujer Hidalguense

Tula de Allende
CSA – Tula de Allende

Atitalaquia
ATI – Centro de Salud

Atotonilco
ATO – Primaria Revolución

Tepetitlán
TPT – Presidencia Municipal

Tepeji del Río
TPJ – Primaria Melchor Ocampo

Tlaxcoapan
TCP – Centro de Salud

Tizayuca
TIZ – Biblioteca

Lolotla
LOL – Presidencia Municipal

Tepeapulco
TEP – Bomberos

Huichapan
HUI - Hospital

Tulancingo
TLN – Tulancingo

Zapotlán
ZAP – Presidencia municipal

En ella se aprecia que el contaminante que con mayor frecuencia determinó una condición de mala calidad del aire fueron las PM_{10} en Atitalaquia y Atotonilco, con un 27.5 % y un 20.4 % de días en esta condición, seguido de las partículas $PM_{2.5}$ en Atotonilco con un 17.4 % de días por arriba de los 45 µg/m³. En Pachuca la mala calidad del aire se determinó por las $PM_{2.5}$, el ozono y las PM_{10}. En Tula de Allende, Tepeji del Río y Tizayuca es el O_3 y las PM_{10}. En Tlaxcoapan y Zapotlán son las PM_{10}, mientras que en Tepeapulco y Huichapan es por el ozono.

Tabla 10.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de O_3 y NO_2, de 8 horas de CO y de 24 horas de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y SO_2 en Hidalgo en el año 2017.

Ciudad	PM_{10}			$PM_{2.5}$			O_3		
	No. días con datos válidos	No. días > 75 µg/m³	% días > 75 µg/m³	No. días con datos válidos	No. días > 45 µg/m³	% días > 45 µg/m³	No. días con datos válidos	No. días > 0.095 ppm	% días > 0.095 ppm
Pachuca	355	10	2.8%	239	14	5.9%	364	14	3.8%
Tula de Allende	215	4	1.9%	50*	0	0%	314	9	2.9%
Atitalaquia	255	70	27.5%	197	19	9.6%	357	2	0.6%
Atotonilco	245	50	20.4%	46*	8	17.4%	355	4	1.1%
Tepetitlán	46*	0	0%	¤	¤	¤	¤	¤	¤
Tepeji del Río	269	14	5.2%	44*	0	0%	291	1	0.3%
Tlaxcoapan	46*	1	2.2%	¤	¤	¤	¤	¤	¤
Tizayuca	207	16	7.7%	57*	0	0%	357	1	0.3%
Lolotla	¤	¤	¤	53*	0	0%	¤	¤	¤
Tepeapulco	¤	¤	¤	263	0	0%	240	7	2.9%
Huichapan	141	0	0%	153	0	0%	334	3	0.9%
Tulancingo	348	0	0%	303	0	0%	359	0	0%
Zapotlán	58*	1	1.7%	¤	¤	¤	¤	¤	¤

Ciudad	CO			NO_2			SO_2		
	No. días con datos válidos	No. días > 11 ppm	% días > 11 ppm	No. días con datos válidos	No. días > 0.210 ppm	% días > 0.210 ppm	No. días con datos válidos	No. días > 0.110 ppm	% días > 0.110 ppm
Pachuca	320	0	0%	365	0	0%	365	0	0%
Tula de Allende	327	0	0%	347	0	0%	356	0	0%
Atitalaquia	350	0	0%	212	0	0%	353	0	0%
Atotonilco	345	0	0%	341	0	0%	359	0	0%
Tepetitlán	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤
Tepeji del Río	303	0	0%	190	0	0%	314	0	0%
Tlaxcoapan	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤
Tizayuca	351	0	0%	351	0	0%	355	0	0%

Ciudad	CO			NO_2			SO_2		
	No. días con datos válidos	No. días > 11 ppm	% días > 11 ppm	No. días con datos válidos	No. días > 0.210 ppm	% días > 0.210 ppm	No. días con datos válidos	No. días > 0.110 ppm	% días > 0.110 ppm
Lolotla	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤
Tepeapulco	308	0	0%	261	0	0%	306	0	0%
Huichapan	326	0	0%	336	0	0%	337	0	0%
Tulancingo	354	0	0%	356	0	0%	365	0	0%
Zapotlán	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤

¤ = No cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante
*Equipo manual.

10.4 Tendencia de los datos diarios.

Las Figuras 10.4 a 10.9 muestran la tendencia del mínimo, el máximo, el promedio y los percentiles 10 y 90 para PM_{10}, $PM_{2.5}$, O_3, CO, NO_2 y SO_2, respectivamente, a nivel de ciudad, en el periodo 2013 a 2017 de acuerdo con la disponibilidad de información. Cabe aclarar que este indicador se generó sólo con los datos provenientes de los equipos automáticos, a fin de contar con una mejor representatividad en todos los días de cada uno de los años.

En el caso de las PM_{10} se puede observar que en la ciudad de Pachuca y Tulancingo, del año 2016 al 2017, el promedio, percentil 90 y máximo permanecieron casi constantes. En las ciudades de Tula, Atitalaquia, Atotonilco, Tepeji del Río y Tizayuca no fue posible determinar alguna tendencia, debido a que sólo se cuenta con datos para el año 2016, donde el valor máximo fue mayor que el registrado en la ciudades de Pachuca y Tulancingo en ese mismo año (Figura 10.4).

En cuanto a las $PM_{2.5}$ (Figura 10.5), sólo se pudo determinar tendencias para la ciudad del Pachuca y Tulancingo. Del año 2016 al 2017, se observa que los indicadores permanecieron constantes excepto por el valor máximo de Pachuca que pasó de 53 $\mu g/m^3$ a 43 $\mu g/m^3$. En Tepeji del Río sólo hubo datos suficientes para el año 2016 y las concentraciones fueron menores que en Pachuca y Tulancingo.

Respecto al ozono (Figura 10.6), en la ciudad de Pachuca se observa que el promedio y el percentil 90 aumentaron ligeramente desde el año 2013 hasta el 2017; sin embargo, el valor máximo ha tenido una tendencia variable, es decir, los valores máximos de los años 2014 y 2016 fueron mayores que para los años 2013, 2015 y 2017, el valor máximo más grande en esta ciudad se presentó en el año 2016 y fue de 0.162 ppm. En la ciudad de Tizayuca la tendencia indica que el promedio, el percentil 90 y el máximo aumentaron del año 2015 al 2016, y para el 2017

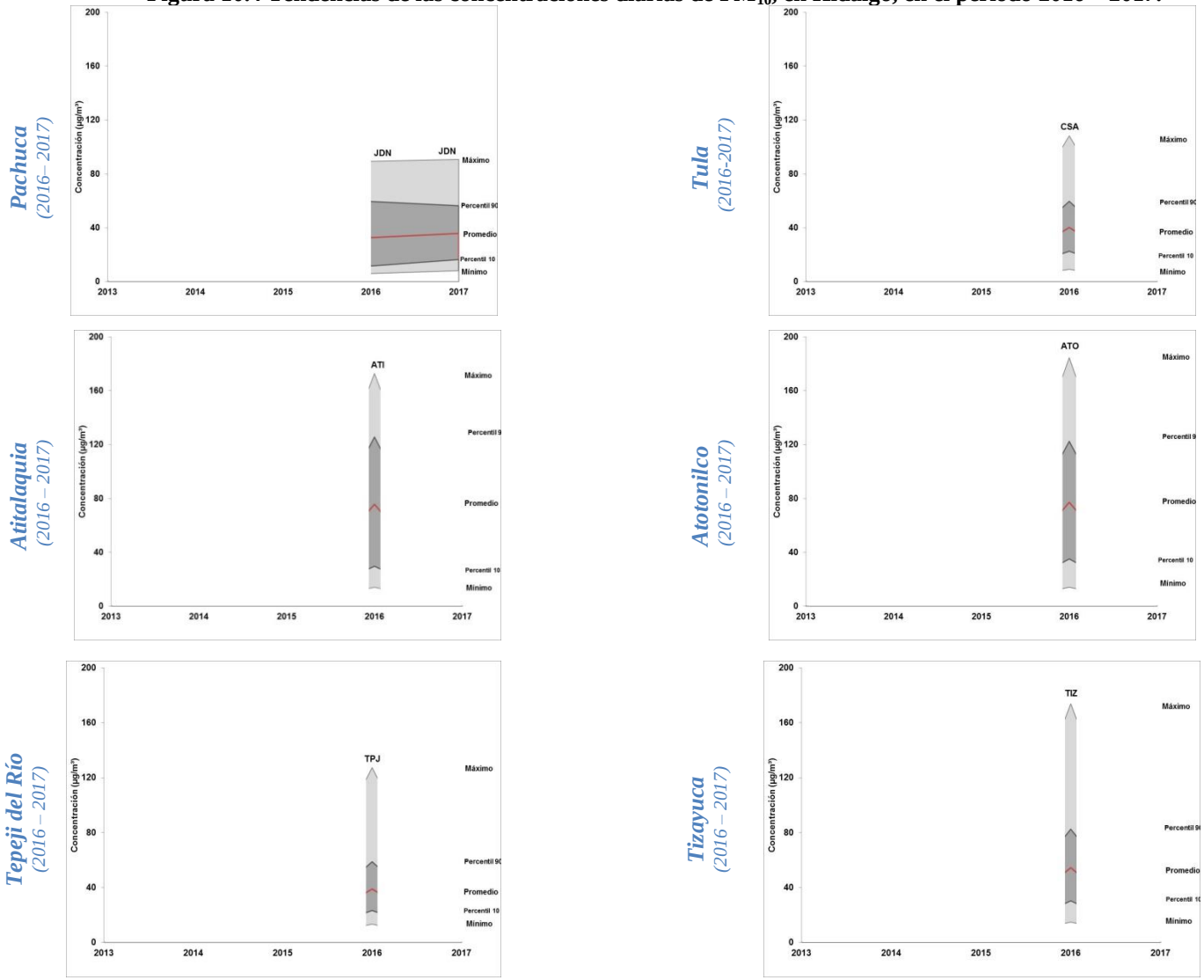
disminuyeron, el valor máximo de este último año es similar al valor máximo para el mismo año en la ciudad de Pachuca. En Atotonilco, del año 2013 al año 2014 los indicadores disminuyeron, pero de 2014 a 2016 aumentaron, sobre todo el máximo que pasó de 0.111 ppm (en 2014) a 0.146 ppm (en 2017). En la ciudad de Tula no hay una tendencia clara dado que los indicadores fueron menores en el año 2016 respecto a los años 2015 y 2017. Para las ciudades de Atitalaquia y Tulancingo solo es posible apreciar que del año 2016 al año 2017 la tendencia es a la baja, mientras que en Huichapan es a la alza, el máximo registrado en 2017 es el más grande de toda la entidad. En Tepeji del Río y Tepeapulco no fue posible establecer tendencias.

Para el CO (Figura 10.7), del año 2015 al 2017, en la ciudad de Pachuca se observa una ligera tendencia a la baja del promedio y el percentil 90, no así el valor máximo que fue mayor en el año 2016 que en el año 2015 y 2017. En Atotonilco, en estos mismos años, se aprecia una clara tendencia a la baja de todos los indicadores, por el contrario, en Tizayuca de 2016 a 2017 el promedio y el percentil 90 aumentaron, mientras que el máximo disminuyó. En la ciudad de Tula, del año 2016 al 2017 la tendencia es a la baja, mientras que en Tepeapulco y Tulancingo el promedio y percentil 90 permanecieron casi constantes, en Atitalaquia estos indicadores aumentaron, pero el máximo se mantuvo constante. Para el resto de las ciudades no fue posible identificar tendencias. Los valores máximos más grandes para el año 2017 se registraron en Tula.

En el caso del NO_2 (Figura 10.8), en Pachuca, Tula de Allende, Atotonilco y Tulancingo fue posible determinar una tendencia del año 2016 a 2017, en las últimas dos ciudades el promedio y el percentil 90 se mantuvieron casi constantes. En Tula la tendencia fue a la alza, pero el máximo disminuyó, y en Pachuca la tendencia de todos los indicadores es ligeramente a la baja. Para el caso de Tizayuca, de 2015 a 2017, el promedio y percentil 90 no mostraron cambio, en cambio, el máximo aumentó de 2015 a 2016. En Atitalaquia y Huichapan solo hubo información suficiente para un año, 2016 y 2017 respectivamente.

Finalmente, con respecto al SO_2 se observa que históricamente tanto en el año 2016 como en el año 2017, las concentraciones más altas asociadas al valor máximo se presentaron en Tula. En Pachuca y Tizayuca, el promedio y el percentil 90 se mantuvieron constantes del año 2014 al año 2017, el valor máximo más grande en este periodo no rebasó las 0.031 ppm (Figura 10.9). Para Atotonilco, del año 2015 al 2017, el promedio y percentil 90 se mantuvieron sin cambio, pero el máximo aumentó en el año 2017 respecto de 2016. En Huichapan se observa una clara tendencia a la baja en los años analizados, y por último en Tulancingo y Tepeapulco los indicadores se mantuvieron constantes del año 2016 al año 2017.

Figura 10.4 Tendencias de las concentraciones diarias de PM_{10}, en Hidalgo, en el periodo 2016 – 2017.



Tulancingo *(2016 – 2017)*

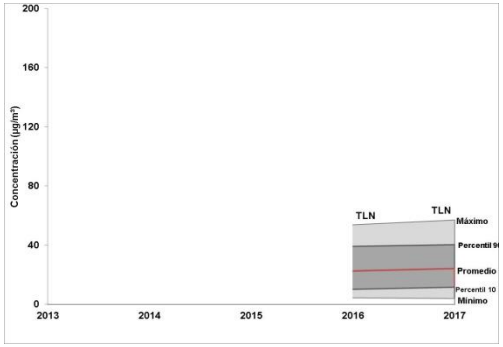
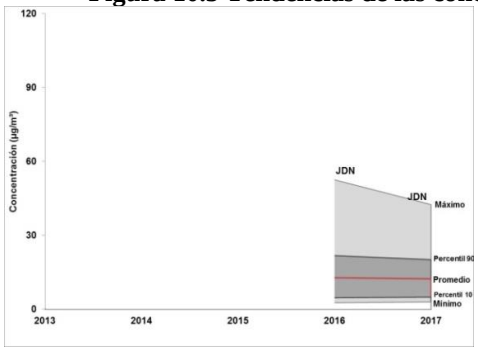
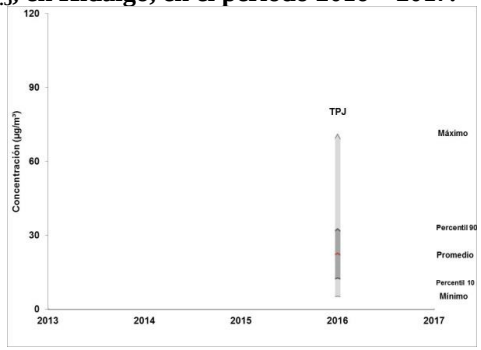


Figura 10.5 Tendencias de las concentraciones diarias de $PM_{2.5}$, en Hidalgo, en el periodo 2016 – 2017.

Pachuca *(2016– 2017)*



Tepeji del Río *(2016-2017)*



Tulancingo *(2016– 2017)*

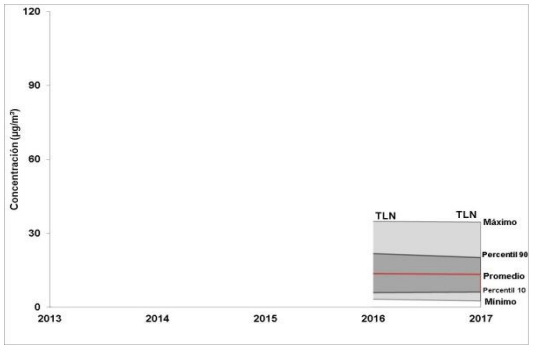
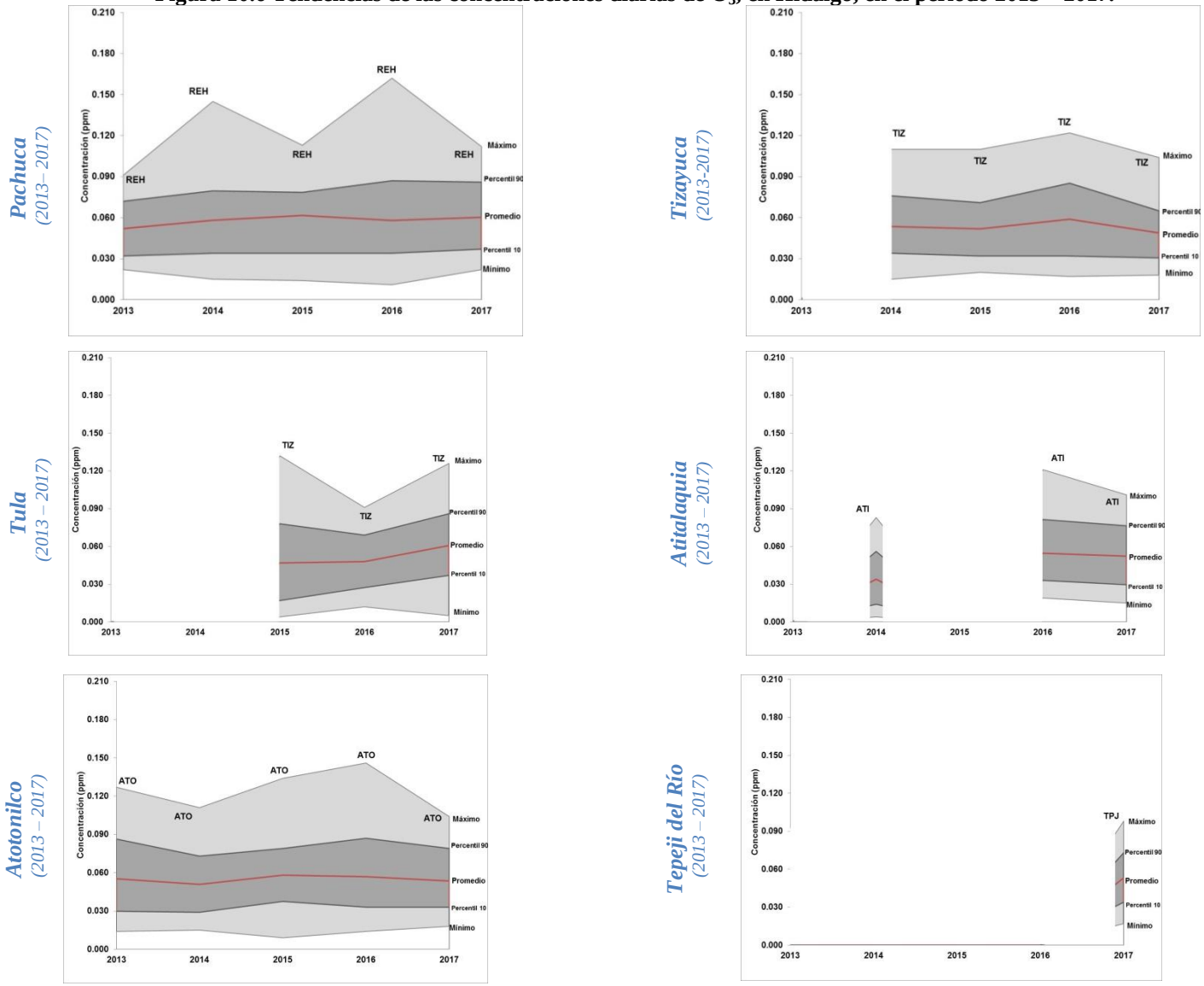
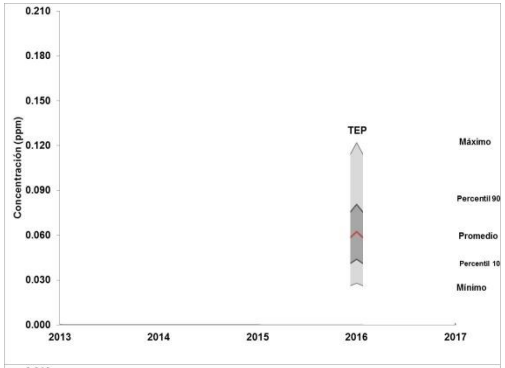


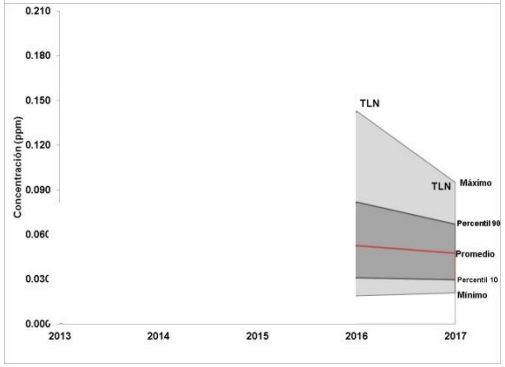
Figura 10.6 Tendencias de las concentraciones diarias de O_3, en Hidalgo, en el periodo 2013 – 2017.



Tepeapulco
(2013 – 2017)



Tulancingo
(2013 – 2017)



Huichapan
(2013 – 2017)

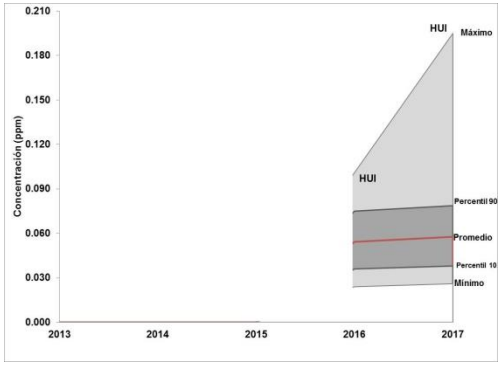
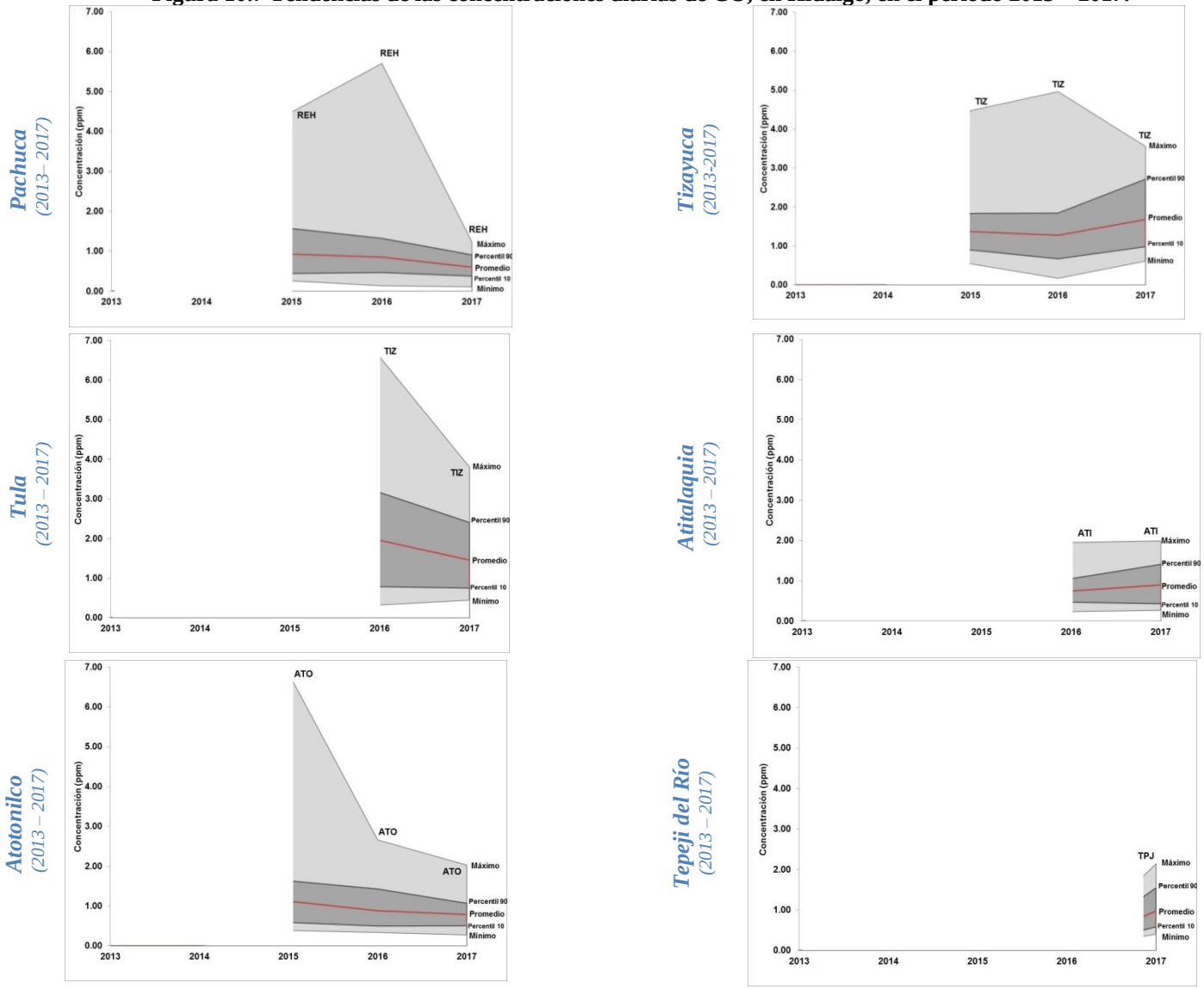
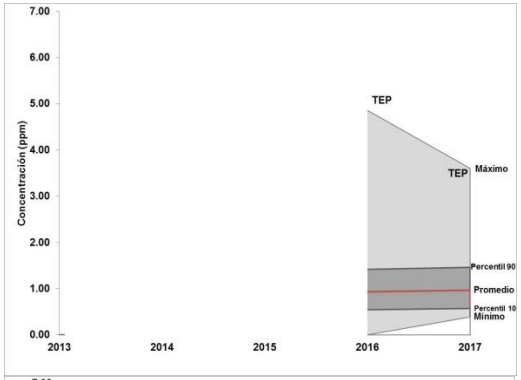


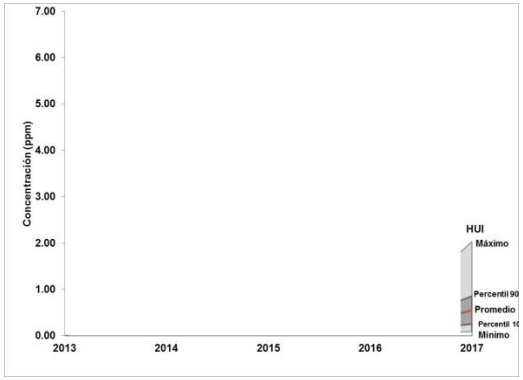
Figura 10.7 Tendencias de las concentraciones diarias de CO, en Hidalgo, en el periodo 2013 – 2017.



Tepeapulco
(2013 – 2017)



Huichapan
(2013 – 2017)



Tulancingo
(2013 – 2017)

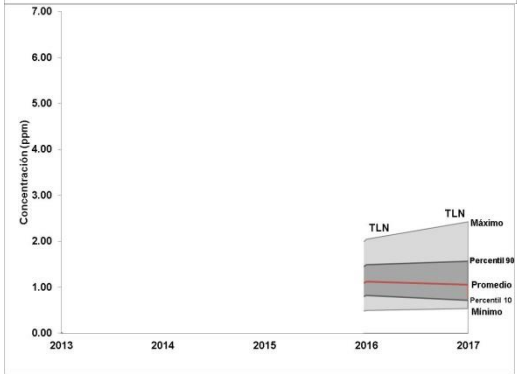
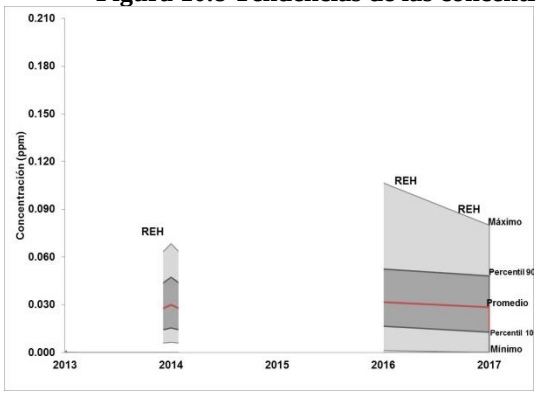
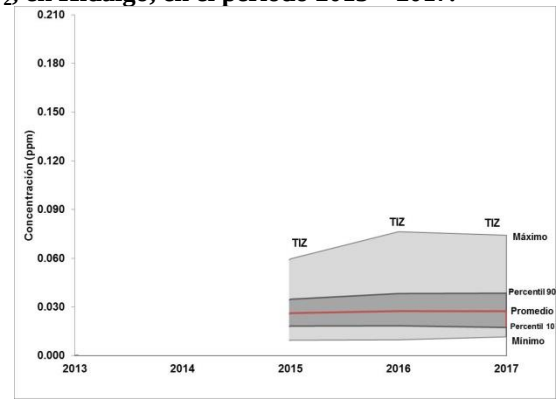


Figura 10.8 Tendencias de las concentraciones diarias de NO_2, en Hidalgo, en el periodo 2013 – 2017.

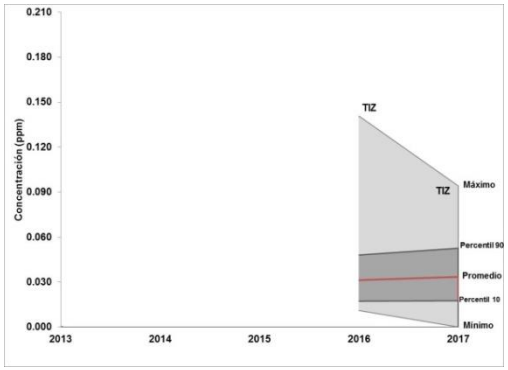
Pachuca *(2013 – 2017)*



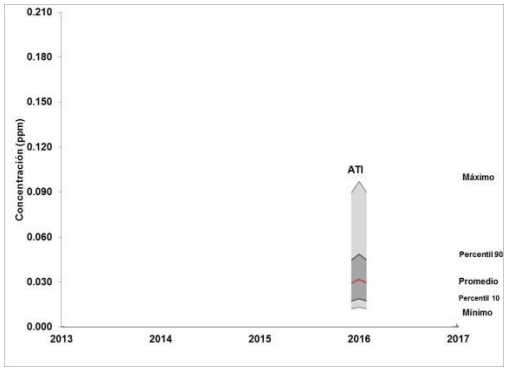
Tizayuca *(2013-2017)*



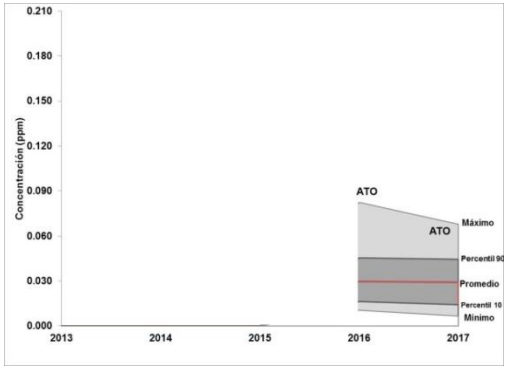
Tula *(2013 – 2017)*



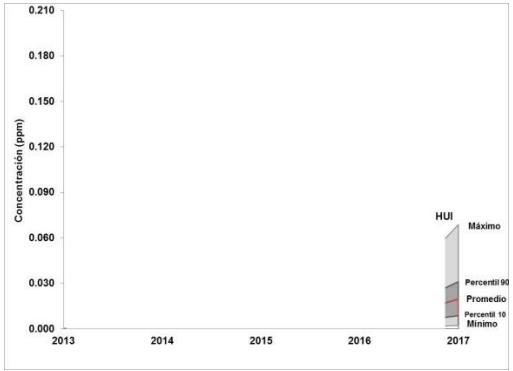
Atitalaquia *(2013 – 2017)*



Atotonilco
(2013 – 2017)



Huichapan
(2013 – 2017)



Tulancingo
(2013 – 2017)

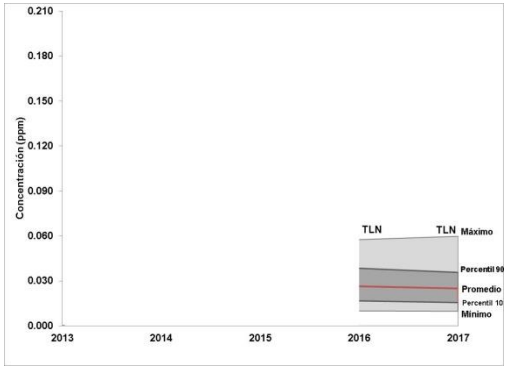
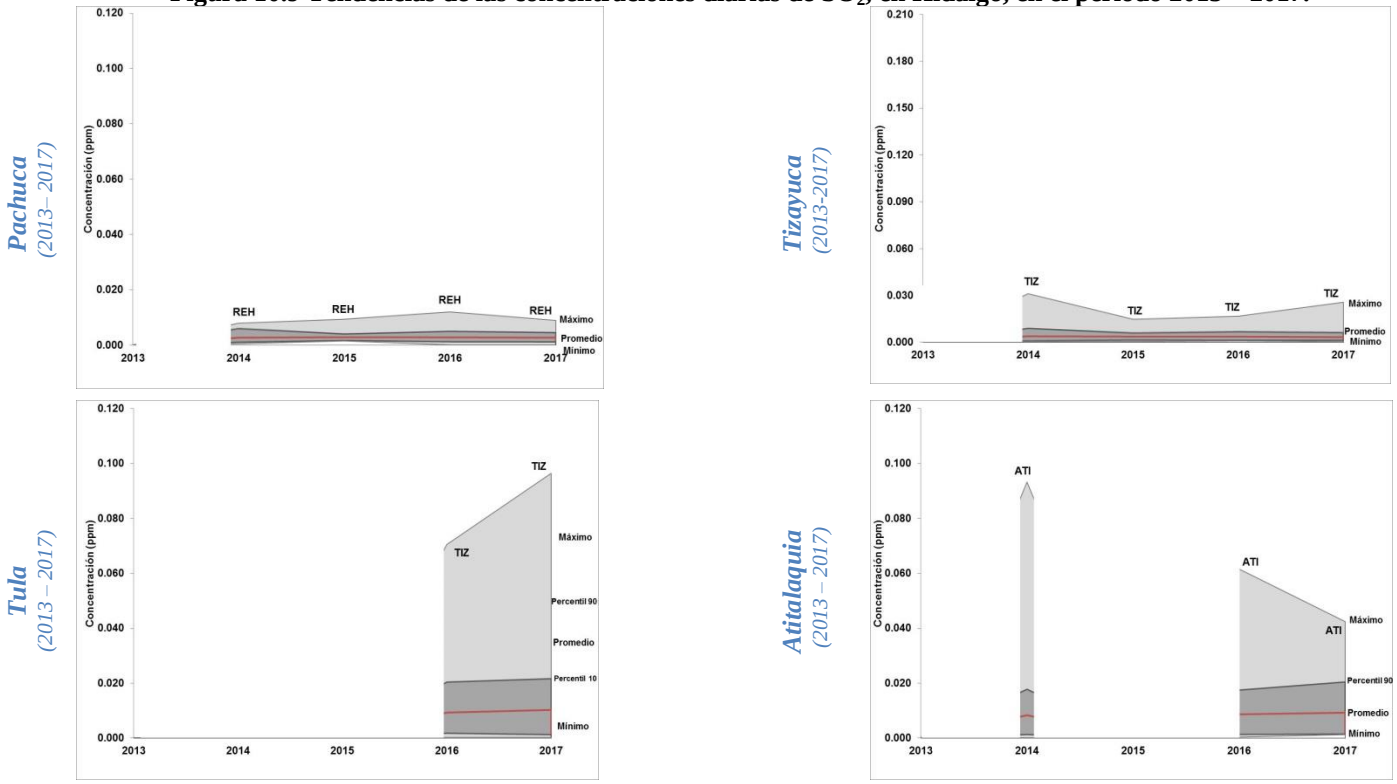
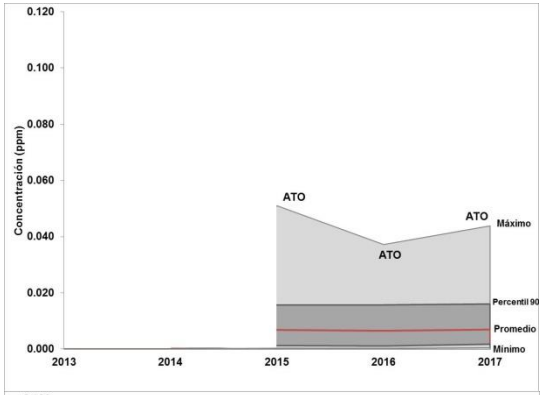


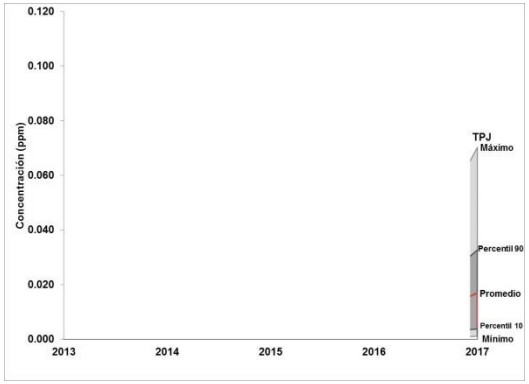
Figura 10.9 Tendencias de las concentraciones diarias de SO_2, en Hidalgo, en el periodo 2013 – 2017.



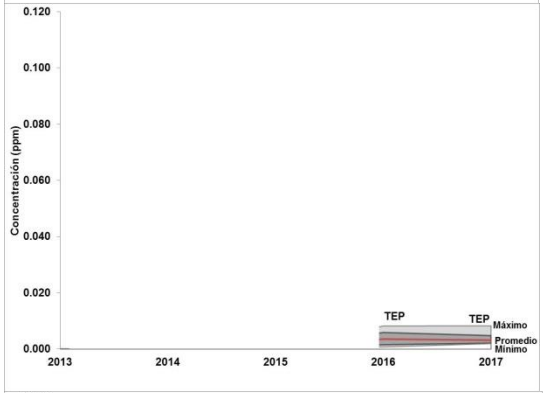
Atotonilco *(2013 – 2017)*



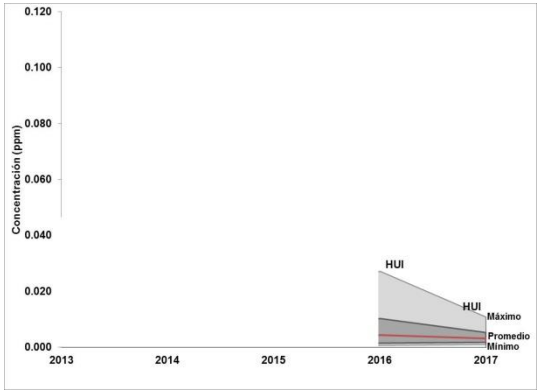
Tepeji del Río *(2013 – 2017)*



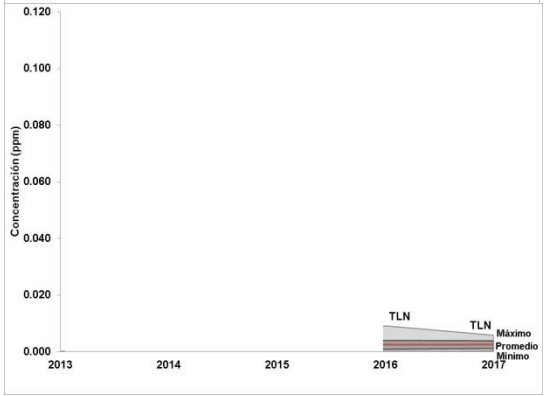
Tepeapulco *(2013 – 2017)*



Huichapan *(2013 – 2017)*



Tulancingo *(2013 – 2017)*



10.5 Porcentaje de días por año en que se rebasa el límite normado de cada contaminante.

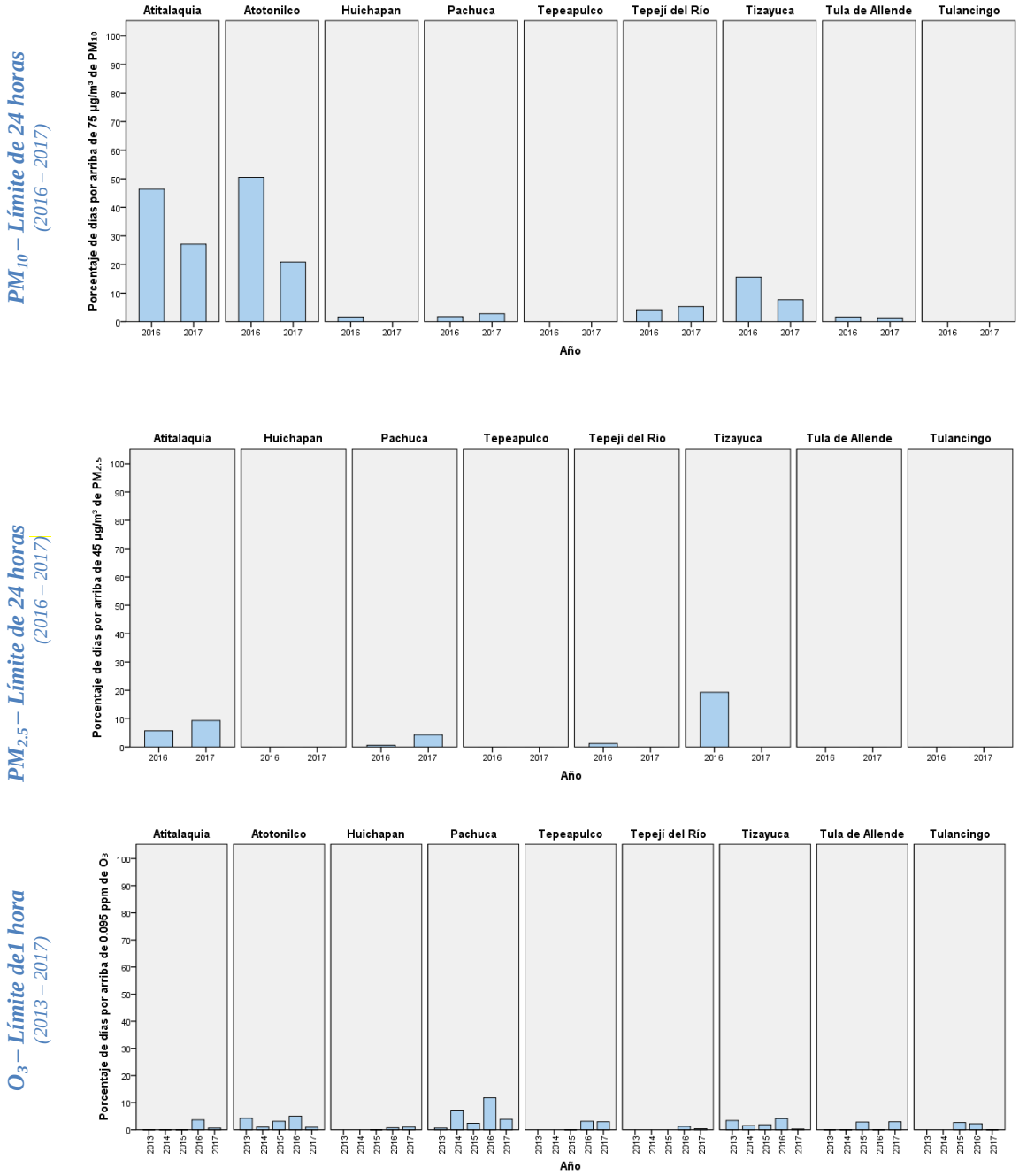
La Figura 10.10 presenta la evolución del porcentaje de días por año con concentraciones superiores al límite normado vigente para cada contaminante a nivel de ciudad. Cabe aclarar que este indicador se generó sólo con los datos provenientes de los equipos automáticos. Con respecto a las PM_{10}, en todas las ciudades, solo se cuenta con datos para los años 2016 y 2017; en Atitalaquia, Atotonilco y Tizayuca se registró una tendencia a la baja, los días con concentraciones superiores al límite normado pasaron de 46% a 27%, de 50% a21 % y de 16% a 8% respectivamente. En Pachuca y Tepeji del Río se aprecia una ligera tendencia a la alta, en el resto de las ciudades no se observa una tendencia.

En relación a $PM_{2.5}$, en la ciudad de Atitalaquia de 2016 al 2017 se aprecia un aumento de 6% a 9% en el número de días que rebasaron el límite de normado, en Pachuca aumentaron de 0.6% a 4.3%. Destaca Tizayuca en el 2016 con un 19% de días que superaron el límite de 24 horas.

Para el ozono se aprecia que Pachuca fue la ciudad en la que se superó en un mayor número de días el límite vigente de 1 hora en el periodo de 2013 a 2017. En 2016 se registró el mayor porcentaje de días en esta condición (12%). En Atotonilco, del año 2014 al 2016, los días que rebasaron el límite normado pasaron de 1% a 5%. En el caso de Tepeapulco y Tula de Allende para los años en que hubo información, el porcentaje de días que rebasaron el límite prácticamente no cambio, alrededor del 3% en ambos casos. Finalmente, en Tizayuca no se aprecia una tendencia en el periodo analizado, los porcentajes de días en esta condición van del 1.5% en 2014 hasta un 4% en 2016.

Por último en el CO, NO_2 y SO_2 no se presentó un solo día son concentraciones superiores a los limites respectivos en ninguna de las ciudades analizadas.

Figura 10.10 Tendencia del porcentaje de días, por año, con concentraciones superiores a los límites normados vigentes de cada uno de los contaminantes analizados, en el periodo 2013 – 2017.

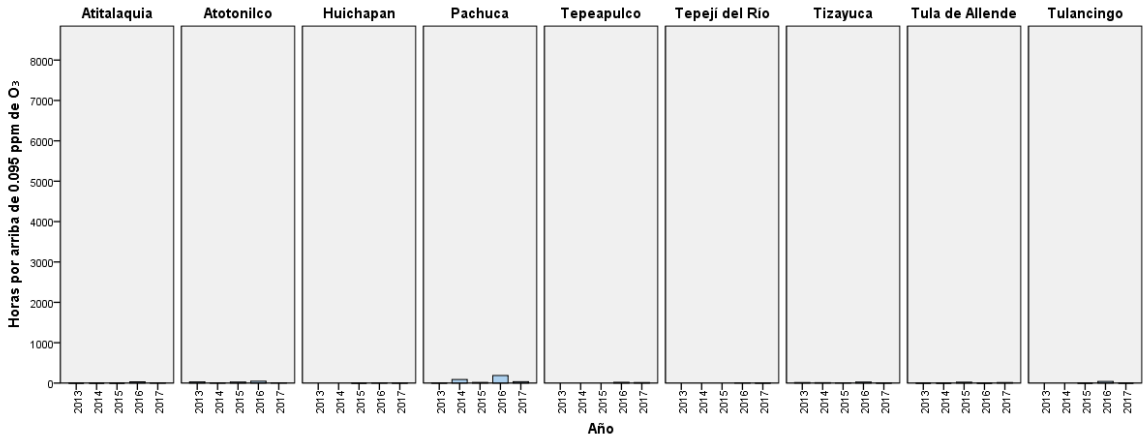


10.6 Número de horas por año en que se rebasa el límite normado de ozono.

Otro indicador útil para visualizar con detalle la evolución de los problemas de calidad del aire por ozono a través de tiempo es el número de horas al año en el que se rebasa el límite normado de una

hora. En este caso, el indicador se generó a nivel de ciudad y la Figura 10.11 muestra que en ninguna de las ciudades evaluadas se superó el 3% de las horas del año con concentraciones de ozono superiores al límite normado vigente. Destaca que en Pachuca se registraron la mayor cantidad de horas que rebasaron el límite, pero no se observa una tendencia, por ejemplo, 17 horas rebasaron el límite en 2015, 189 en 2016, y 34 en 2017.

Figura 10.11 Tendencia del número de horas, por año, con concentraciones superiores a 0.095 ppm de ozono en el periodo 2013 – 2017.



10.7 Número de días por año en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante.

Finalmente, la Tabla 10.4 y la Figura 10.12 muestran la tendencia histórica del número de días por año en que se incumplió cualquier norma vigente de calidad del aire a nivel de ciudad. En ellas se puede observar lo siguiente:

En general, en todas las ciudades analizadas, excepto en Tula, el año en que se rebasó con mayor frecuencia el límite para al menos un contaminante fue el año 2016. Se aprecia que en ese año en Atitalaquia se registraron 162 días en esta condición, de los cuales 141 fueron por un contaminante, en este caso 140 de ellos debido a las PM_{10}, y el resto a las combinaciones de O_3 y $PM_{10,}$ PM_{10} y $PM_{2.5}$ e incluso O_3, PM_{10} y $PM_{2.5}$. En Atotonilco se superaron los límites de las normas para al menos un contaminante en 148 días, de los cuales se rebasó el límite por un contaminante en 136 días, debido principalmente a las $PM_{10.,}$ las combinaciones de dos contaminantes se debieron al O_3 y PM_{10}. Para Tizayuca en 71 días se rebasó el límite para al menos un contaminante, de los cuales 32 se debieron a las partículas PM_{10}, 19 a las $PM_{2.5}$ y 10 días al ozono, cabe mencionar que hubo 14

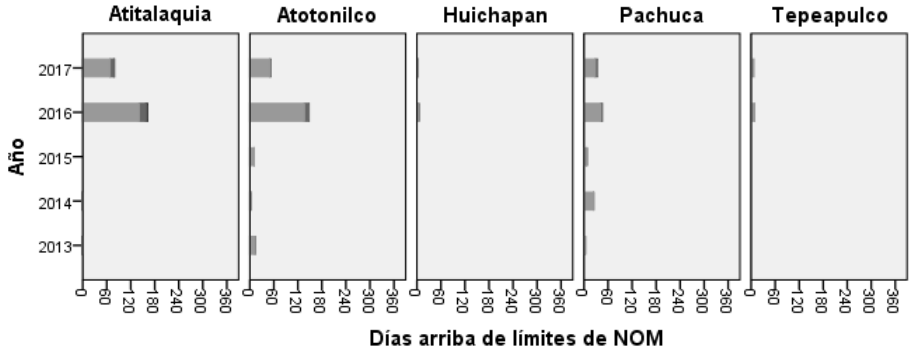
días en que se rebasaron simultáneamente los límites para dos contaminantes, siendo la combinación más frecuente PM_{10} y $PM_{2.5}$. En la ciudad de Pachuca, se registraron 46 días, de estos en 39 días se rebasó principalmente el límite de ozono, y las combinaciones O_3 y PM_{10}.

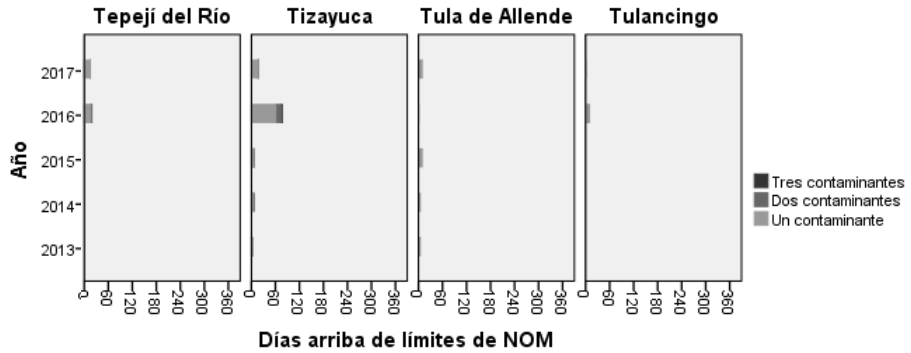
En el año 2017 se registró una menor cantidad de días en que se rebasaron los límites con respecto al año 2016, el contaminante cuyo límite se rebasó con mayor frecuencia fueron las PM_{10} y fue en las ciudades de Tizayuca, Atitalaquia, Atotonilco y Tepeji del Río, el segundo contaminante que se rebasó con mayor frecuencia fue el O_3 principalmente en las ciudades de Pachuca, Tula de Allende, Huichapan y Tepeapulco.

Tabla 10.4 Número de días, por año, en que se rebasa cualquier norma vigente de calidad del aire en Hidalgo, 2013 – 2017.

Ciudad	Año	No. de días con datos	No. de días > NOM	Número de días con concentraciones por arriba de los límites actuales de cualquier contaminante			
				1 Contaminante	2 Contaminantes	3 Contaminantes	4 Contaminantes
Pachuca	2013	359	3	3	0	0	0
	2014	333	24	24	0	0	0
	2015	355	7	7	0	0	0
	2016	366	46	41	5	0	0
	2017	365	33	28	5	0	0
Tula de Allende	2013	333	4	4	0	0	0
	2014	306	4	4	0	0	0
	2015	346	9	9	0	0	0
	2016	353	0	0	0	0	0
	2017	361	9	9	0	0	0
Tizayuca	2013	132	4	4	0	0	0
	2014	324	5	5	0	0	0
	2015	332	6	6	0	0	0
	2016	356	76	61	14	1	0
	2017	363	17	17	0	0	0
Atitalaquia	2013	208	0	0	0	0	0
	2014	350	0	0	0	0	0
	2015						
	2016	363	162	141	17	4	0
	2017	365	79	68	10	1	0
Atotonilco	2013	286	13	13	0	0	0
	2014	312	3	3	0	0	0
	2015	361	11	11	0	0	0
	2016	340	148	136	12	0	0
	2017	361	52	50	2	0	0
Tulancingo	2016	365	9	9	0	0	0
	2017	360	0	0	0	0	0
Huichapan	2016	311	5	4	1	0	0
	2017	340	3	3	0	0	0
Tepeapulco	2016	322	9	9	0	0	0
	2017	324	7	7	0	0	0
Tepeji del Río	2016	364	19	16	3	0	0
	2017	342	15	15	0	0	0

10.12 Número de días, por año, en que se rebasó cualquier norma vigente de calidad del aire en Hidalgo, 2013 – 2017.





En 2017 persisten los problemas de calidad del aire en Hidalgo, tanto por ozono como por partículas suspendidas (PM_{10} y $PM_{2.5}$). En cada una de las ciudades se rebasó al menos un límite normado de por lo menos uno de los contaminantes. Se incumplieron las normas de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y O_3 en Pachuca, Tizayuca y Atitalaquia; las de PM_{10} y O_3 en Atotonilco y Tepeji del Río; las de $PM_{2.5}$ y O_3 en Tulancingo y Tula de Allende, además en esta última también se incumplió la de SO_2. Las concentraciones más altas de PM_{10}, se registraron en Atotonilco, en tanto que las de $PM_{2.5}$ en Atitalaquia y las de O_3 en Pachuca.

En 2017, las concentraciones superiores al límite normado de 24 horas de PM_{10} se registraron con mayor frecuencia en Atitalaquia (28% de los días del año), seguida de Atotonilco (20 %) y Tizayuca (8 %). Para el caso de las $PM_{2.5}$ se presentaron con mayor frecuencia en Atitalaquia (10 %) y Atotonilco (8 %). En cuanto al O_3, las ciudades con mayor cantidad de días en que se rebasó el límite de 1 hora fueron Pachuca con 4 % y Tepeapulco con 3 %.

En el periodo 2013 a 2017, el indicador de número de días por año en que se rebasó el límite normado de al menos un contaminante, revela que en prácticamente todas las ciudades, el año con más días en esta condición fue el 2016, de manera más severa en Atitalaquia, Atotonilco y Tizayuca. En las tres ciudades se superó principalmente el límite de PM_{10}. En la ciudad de Pachuca se rebasó principalmente el límite de ozono.

11. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE JALISCO.

11.1 Información general.

En el año 2017 el sistema de monitoreo de la calidad del aire (SMCA) de Jalisco, a cargo de la Secretaria del Medio Ambiente y Desarrollo Territorial del Estado, estuvo conformado por la Red de Monitoreo de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) integrado por diez estaciones de monitoreo; tres de las cuales se localizan en el municipio de Guadalajara (Centro, Miravalle y Oblatos), tres más en el municipio de Zapopan (Atemajac, Las Águilas y Vallarta), y una en cada uno de los siguientes municipios: El Salto (Las Pintas), Tonalá (Loma Dorada), Tlajomulco de Zúñiga (Santa Fe) y Tlaquepaque (Tlaquepaque). En todas las estaciones se realiza el monitoreo de la calidad del aire con equipo automático.

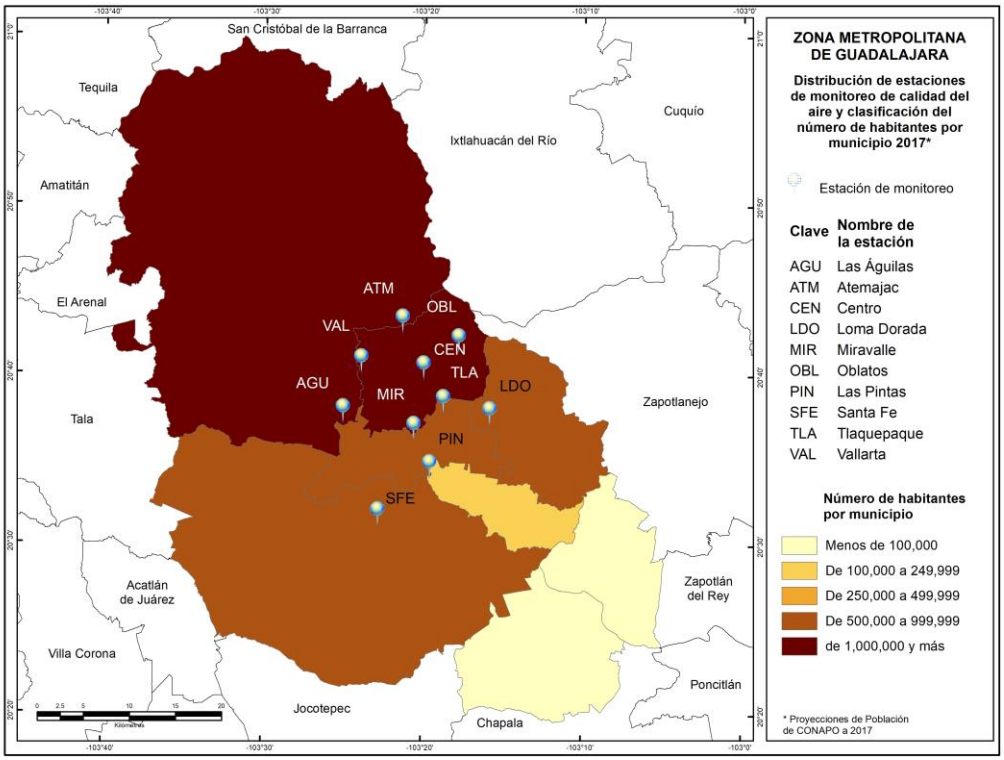
La Tabla 11.1 muestra las estaciones de monitoreo que conformaron este SMCA en el año 2017, los contaminantes que se midieron y el año en que cada una de ellas inició operación. Por otra parte, la Figura 11.1, muestra la ubicación geográfica de cada una de las estaciones referidas.

Tabla 11.1 Estaciones que conformaron el SMCA de Jalisco en el año 2017 y capacidades de medición de contaminantes.

Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes					
			PM_{10}	$PM_{2.5}$	O_3	SO_2	NO_2	CO
Centro	CEN	Aut. 1993	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Miravalle	MIR	Aut. 1993	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Oblatos	OBL	Aut. 1993	✓	¤	✓	✓	✓	✓
Atemajac	ATM	Aut. 1993	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Las Águilas	AGU	Aut. 1993	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Vallarta	VAL	Aut. 1993	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Las Pintas	PIN	Aut. 2011	✓	¤	✓	✓	✓	✓
Loma Dorada	LDO	Aut. 1993	✓	¤	✓	✓	✓	✓
Santa Fe	SFE	Aut. 2013	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tlaquepaque	TLA	Aut. 1993	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Aut. = Equipo automático; ¤ = No se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante; ✓= Se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.
Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la Secretaria de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial del Estado de Jalisco.

Figura 11.1 Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de la ZMG, 2017.



11.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en la ZMG para el año 2017 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las NOM en la materia y la distribución del número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo. Así mismo, se incluye una descripción, a nivel de toda la zona metropolitana, sobre las tendencias del año 1993 a 2017 con respecto al promedio, mínimo, máximo y percentiles 10 y 90 de las concentraciones diarias, número de días con concentraciones superiores a los límites normados vigentes para cada contaminante y, número de días en que se rebasa cualquier norma de calidad del aire.

11.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire.

En esta sección se analiza el cumplimiento de las NOM para cada contaminante y estación de monitoreo en el año 2017 en la ZMG. Los resultados de esta evaluación se presentan en la Figura 11.2 y en la Tabla 11.2. En general, se puede apreciar que:

- En 2017 la ZMG contó con infraestructura para llevar a cabo la medición de PM_{10} en 10 estaciones de monitoreo, en dos de ellas: Atemajac y Vallarta (ATM y VAL) no se contó con

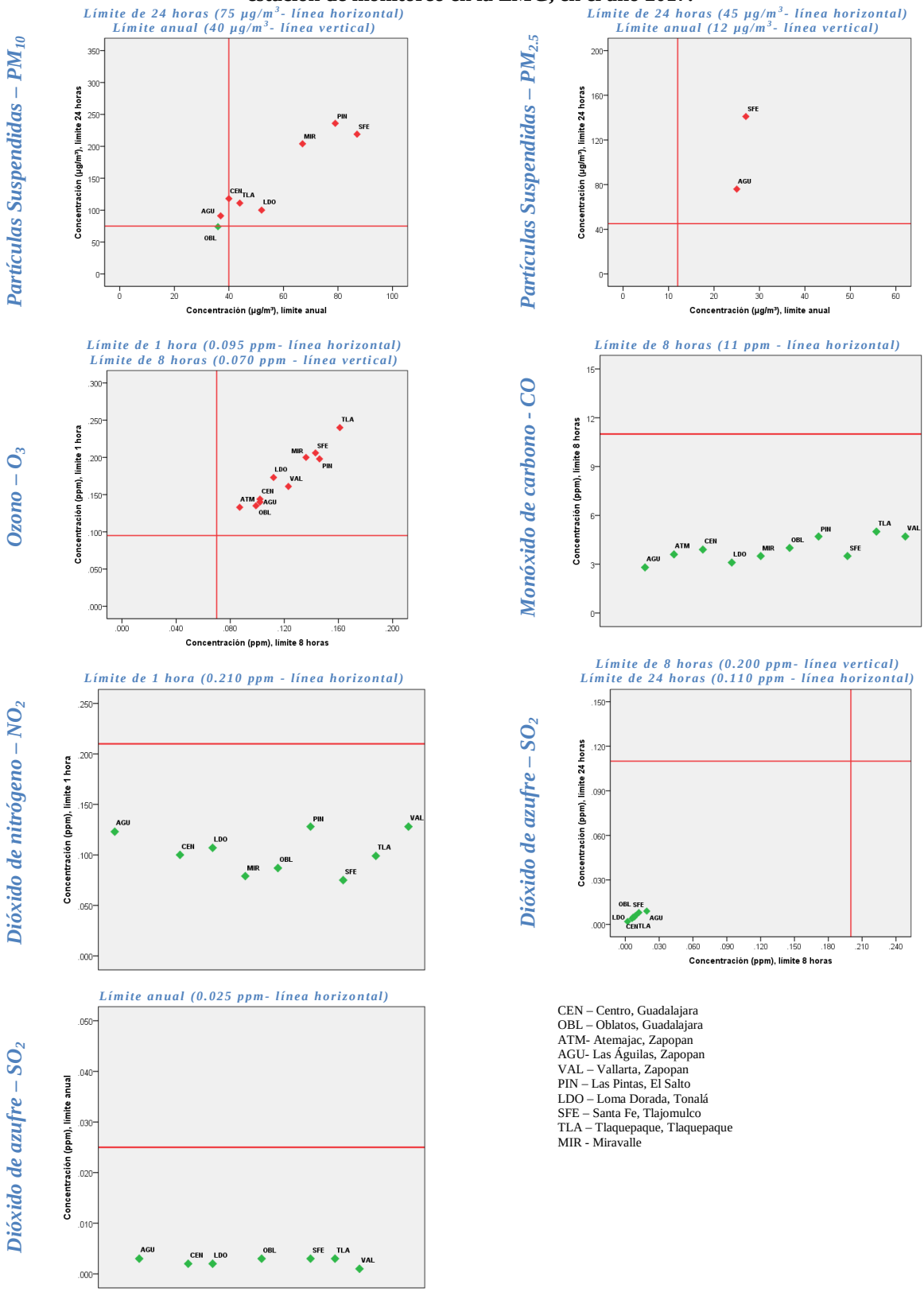
información suficiente para hacer la evaluación de cumplimiento de la norma. En la Figura 9.2 se aprecia que sólo en la estación de Oblatos (OBL) se cumplieron los dos límites de la norma (24 horas y anual). En las estaciones Águilas (AGU) y Centro (CEN) se cumplió con el límite anual, pero no con el de 24 horas, y en las estaciones de Loma Dorada, Miravalle, Las Pintas, Santa Fe y Tlaquepaque se rebasaron ambos límites. La concentración más alta como promedio de 24 horas se registró en la estación Las Pintas con un valor de 236 $\mu g/m^3$ (poco más de 3 veces el valor del límite normado) y la concentración más alta para el promedio anual se presentó en la estación Santa Fe con un valor de 87 $\mu g/m^3$ (poco más del doble del límite normado).

- En el caso de las $PM_{2.5}$ seis estaciones tienen la capacidad de medir el contaminante; sin embargo, sólo en las estaciones Águilas (AGU) y Santa Fe (SFE) se registraron datos suficientes para evaluar el cumplimiento de la norma, en ambas se incumplió debido a que se rebasaron los límites de 24 horas y anual (Figura 9.2). Las concentraciones más altas de ambos límites se presentaron en la estación Santa Fe con 141 y 27 $\mu g/m^3$ para el límite de 24 horas y anual respectivamente, esto es, poco más de 3 y 2 veces los valores especificados en la norma. En las estaciones Centro, Tlaquepaque y Vallarta, los datos no fueron suficientes para evaluar el cumplimiento de la NOM y de las estaciones Atemajac (ATM) y Miravalle (MIR) no se reportaron datos al INECC.

- El ozono se midió en las 10 estaciones y en todas ellas se rebasaron los dos límites normados. Las concentraciones más altas de los límites de una hora y de 8 horas se registraron en la estación Tlaquepaque (TLA), con valores de 0.240 ppm y 0.161 ppm respectivamente, lo cual equivale 2.5 veces el límite de 1 hora y 2.3 veces el límite de 8 horas.

- Todas las estaciones tienen la capacidad de medir monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre. Los límites de las normas de calidad del aire respectivas se cumplieron en todas las estaciones que contaron con información suficiente para su evaluación en los tres contaminantes, además de que los valores de los indicadores más altos que se comparan con los límites de las normas quedaron muy por debajo de dichos valores. Muy pocas estaciones presentaron insuficiencia de información para evaluar los límites de las normas, sólo una estación en el caso de NO_2 (Atemajac - ATM) y dos en el caso de SO_2 (Atemajac - ATM y Miravalle -MIR). En la estación Las Pintas (PIN) no se midió SO_2.

Figura 11.2 Evaluación del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en la ZMG, en el año 2017.



CEN – Centro, Guadalajara
OBL – Oblatos, Guadalajara
ATM- Atemajac, Zapopan
AGU- Las Águilas, Zapopan
VAL – Vallarta, Zapopan
PIN – Las Pintas, El Salto
LDO – Loma Dorada, Tonalá
SFE – Santa Fe, Tlajomulco
TLA – Tlaquepaque, Tlaquepaque
MIR - Miravalle

Tabla 11.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en la ZMG, en el año 2017.

Contaminante	Límite normado		Estación									
			Guadalajara			Zapopan			El Salto	Tonalá	Tlajomulco	Tlaquepaque
			CEN	MIR	OBL	ATM	AGU	VAL	PIN	LDO	SFE	TLA
(1)PM_{10}	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m^3	118	204	74	DI	91	DI	236	100	219	111
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m^3	40	67	36	DI	37	DI	79	52	87	44
(1)$PM_{2.5}$	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m^3	DI	FO	¤	FO	76	DI	¤	¤	141	DI
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m^3	DI	FO	¤	FO	25	DI	¤	¤	27	DI
(2)O_3	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	0.144	0.200	0.135	0.133	0.140	0.161	0.198	0.173	0.206	0.240
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	0.102	0.136	0.099	0.087	0.102	0.123	0.146	0.112	0.143	0.161
(3)CO	8 hrs	2°Máximo ≤ 11 ppm	4	4	4	4	3	5	5	3	3	5
(4)NO_2	1 hr	2°Máximo ≤ 0.210 ppm	0.100	0.079	0.087	DI	0.123	0.128	0.128	0.107	0.075	0.099
(5)SO_2	8 hrs	2°Máximo ≤ 0.200 ppm	0.006	DI	0.008	DI	0.019	0.002	FO	0.007	0.012	0.009
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	0.004	DI	0.005	DI	0.009	0.002	FO	0.005	0.008	0.006
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	0.002	DI	0.003	DI	0.003	0.001	FO	0.002	0.003	0.003

(1) NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a);
(2) NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b);
(3) NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1993);
(4) NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994);
(5) NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010).

DI = Datos insuficientes; FO = Fuera de operación; ¤ = No cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante; = Cumple con el límite normado; = No cumple con el límite normado.

- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año, ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas, 24 horas o anual, de acuerdo al contaminante y límite normado.
- Las NOM de partículas, ozono y dióxido de azufre se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen todos los límites normados.

11.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala.

Este indicador muestra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en el año 2017 en términos de la frecuencia con que se presentan días con calidad del aire buena, regular y mala con respecto a cada contaminante de acuerdo con los intervalos definidos en la sección 3.3.2 del capítulo de metodología. En este contexto, en la Figura 11.3 se puede observar que:

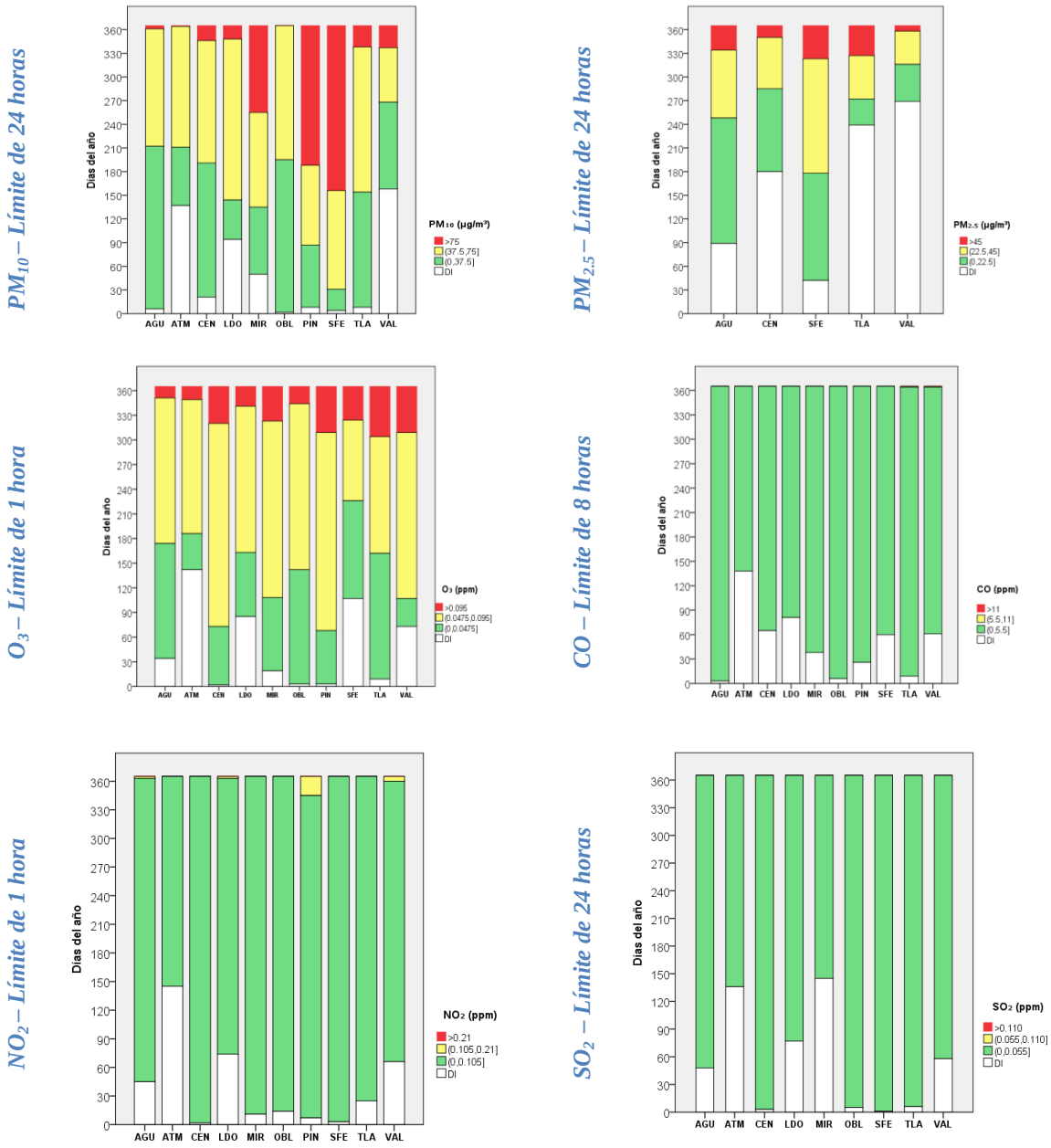
- De las 10 estaciones que miden PM_{10}, en la estación de Oblatos (OBL) ningún día se registró mala calidad del aire (color verde y amarillo); sin embargo, en el resto de las estaciones sí se presentaron desde 4 hasta 209 días con mala calidad del aire (color rojo), siendo Miravalle (MIR), Las Pintas (PIN) y Santa Fe (SFE) las que tienen la mayor cantidad de días en esta condición con 110, 177 y 209 días, respectivamente. Este último dato, representa el 58% de los días del año con datos válidos.

- En el caso de las partículas suspendidas $PM_{2.5}$, en todas las estaciones se presentaron días con mala calidad del aire (rojo), siendo Tlaquepaque y Santa Fe las que presentaron la mayor cantidad de días en esta condición con 38 y 42 días, respectivamente.

- Para el ozono en todas las estaciones se presentaron días en rojo, es decir con mala calidad del aire. La estación con menor cantidad de días en esta condición es Las Águilas (con 14 días), y aquellas con mayor cantidad de días rojos son Vallarta y Las Pintas con 56 días, y Tlaquepaque con 61 días, lo que representa un 15% y un 17% respecto de los días del año con datos válidos.

- Con respecto a monóxido de carbono y dióxido de azufre, en la Figura 9.3 se aprecia que todos los días con datos válidos presentaron buena calidad del aire (verde). Con respecto al dióxido de nitrógeno, en general, en casi todas las estaciones la calidad del aire es buena; sin embargo, en la estación Las Pintas se presentaron 20 días amarillos, es decir con una calidad del aire regular, y con esta misma condición se presentaron 2 días en Las Águilas y Loma Dorada.

Figura 11.3 Distribución de los días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo en la ZMG, en el año 2017.



CEN – Centro, Guadalajara
OBL – Oblatos, Guadalajara
ATM- Atemajac, Zapopan
AGU- Las Águilas, Zapopan
VAL – Vallarta, Zapopan
PIN – Las Pintas, El Salto
LDO – Loma Dorada, Tonalá
SFE – Santa Fe, Tlajomulco
TLA – Tlaquepaque, Tlaquepaque
MIR - Miravalle

La Tabla 11.3 muestra el porcentaje de días del año 2017 con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y dióxido de nitrógeno, de 8 horas de monóxido de carbono, y de 24 horas de partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y dióxido de azufre a nivel de toda la ZMG. En ella se aprecia que el contaminante que con mayor frecuencia determina una condición de mala calidad del aire en la región son las PM_{10}, seguido por el O_3 y las $PM_{2.5}$, en tanto que CO, NO_2 y SO_2, no representaron un problema de calidad del aire al no registrar en ninguno de los días con información válida y suficiente concentraciones superiores al límite normado correspondiente.

Tabla 11.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de O_3 y NO_2, de 8 horas de CO y de 24 horas de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y SO_2 en la ZMG y su zona conurbada en el año 2017.

PM_{10}	No días con datos válidos	365
	No días > 75 µg/m³	222
	% días > 75 µg/m³	**61%**
$PM_{2.5}$	No días con datos válidos	363
	No días > 45 µg/m³	68
	% días > 45 µg/m³	**19%**
O_3	No días con datos válidos	365
	No días > 0.095 ppm	134
	% días > 0.095 ppm	**37%**

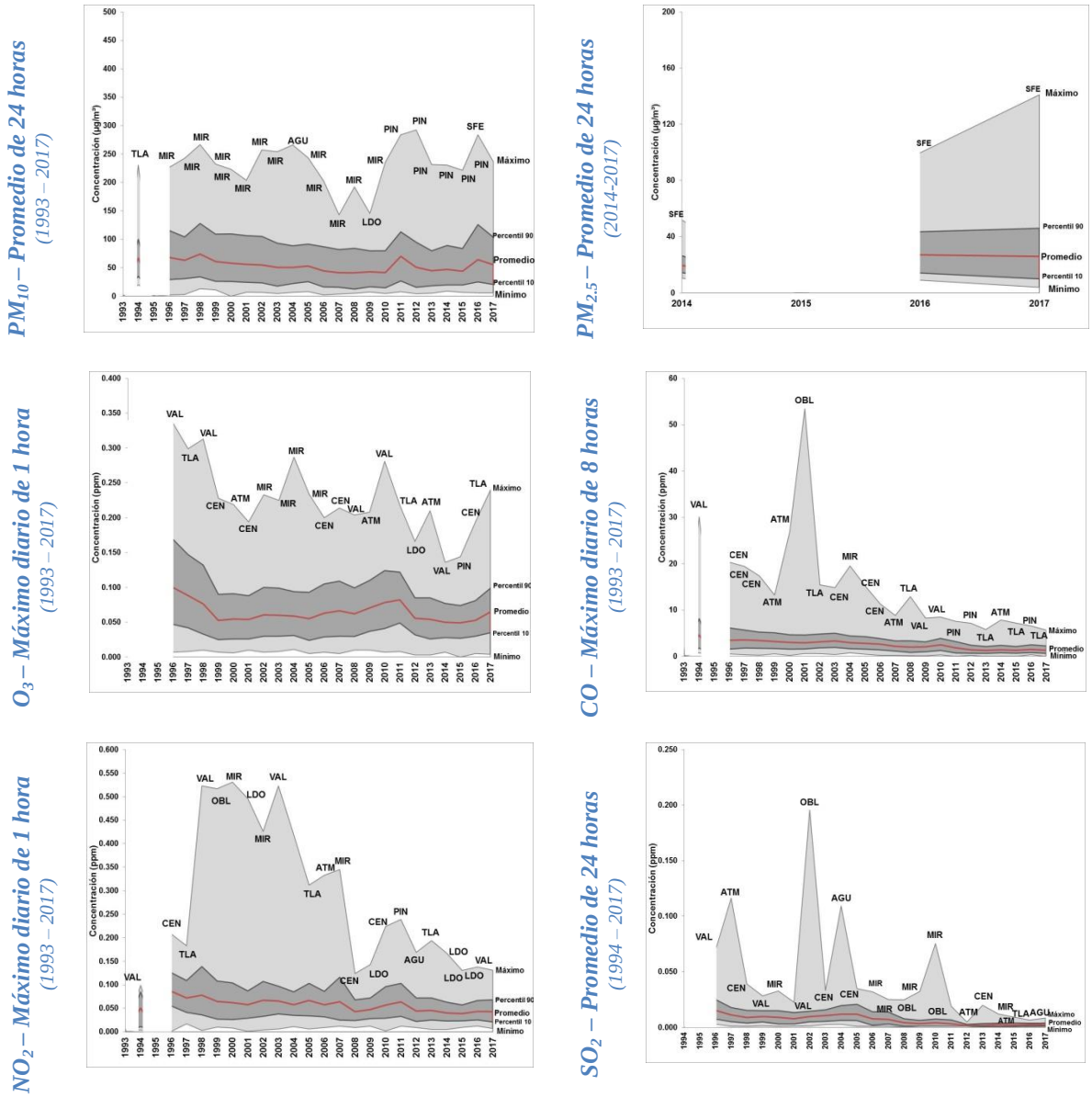
CO	No días con datos válidos	365
	No días > 11 ppm	0
	% días > 11 ppm	**0%**
NO_2	No días con datos válidos	365
	No días > 0.210 ppm	0
	% días > 0.210 ppm	**0%**
SO_2	No días con datos válidos	365
	No días > 0.110 ppm	0
	% días > 0.110 ppm	**0%**

11.4 Tendencia de los datos diarios

La Figura 11.4 muestra la tendencia del mínimo, el máximo, el promedio y los percentiles 10 y 90 para cada contaminante en la ZMG, del año 1993 al 2017. Para el caso de las PM_{10} la tendencia se analizó para el periodo de 1996 a 2017, que es cuando hubo suficiencia de datos para años consecutivos. Se observa que del año 1999 al 2010 el percentil 90 tuvo una tendencia a la baja y a partir de año 2011 aumentó ligeramente; sin embargo, el valor máximo de años recientes ha alcanzado valores superiores a los registrados en años anteriores al 2010, destaca que en los últimos 7 años la estación Las Pintas es en donde generalmente se presenta el valor máximo. En cuanto a las $PM_{2.5}$ se muestran las estadísticas para el año 2014, 2016 y 2017, ya que en 2015 no hubo datos suficientes para calcular los indicadores, se aprecia que el promedio y los percentiles se mantienen estables en los dos últimos años; sin embargo, el valor máximo aumentó de 100 µg/m³ en 2016 a 141 µg/m³ al 2017. Con respecto al ozono, sólo hubo suficiencia de datos a partir del año 1996, los indicadores para este contaminante han tenido un comportamiento variable, es decir, en algunos años bajaron y otros subieron, en los tres últimos años se aprecia que el valor máximo ha ido en

aumento. Para el caso del CO y el NO_2 hay datos suficientes para el año 1994 y para periodo 1996 a 2017, de manera general, se observa una leve tendencia a la baja de todos los indicadores para CO a partir de 2004. Para el NO_2 aunque también se observa una tendencia a la baja, en 2007, 2010 y 2011 el percentil 10, el promedio y el percentil 90 mostraron un leve incremento, en tanto que el máximo registró valores muy superiores al percentil 90 en el periodo 1998 a 2007. En cuanto al SO_2 la tendencia del percentil 10, el promedio y el percentil 90 en el periodo de 1996 a 2017 es a la baja.

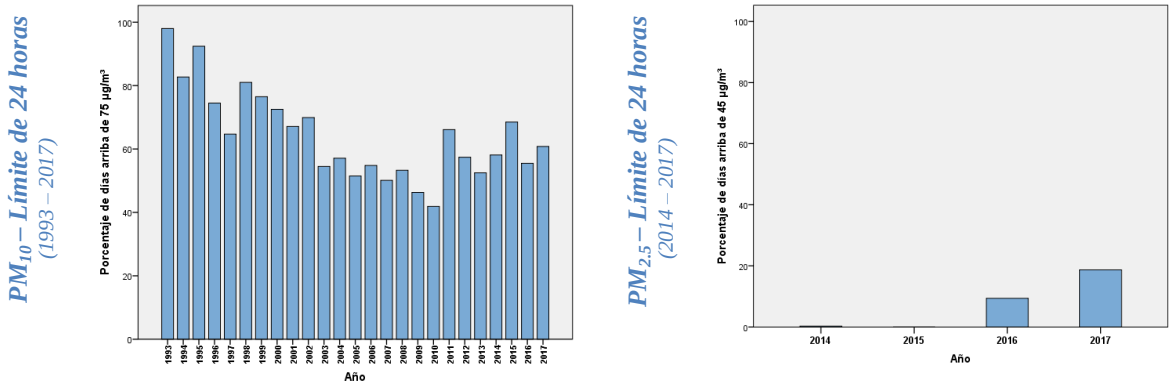
Figura 11.4 Tendencias de las concentraciones diarias, por contaminante, en la ZMG en el periodo 1993 – 2017.

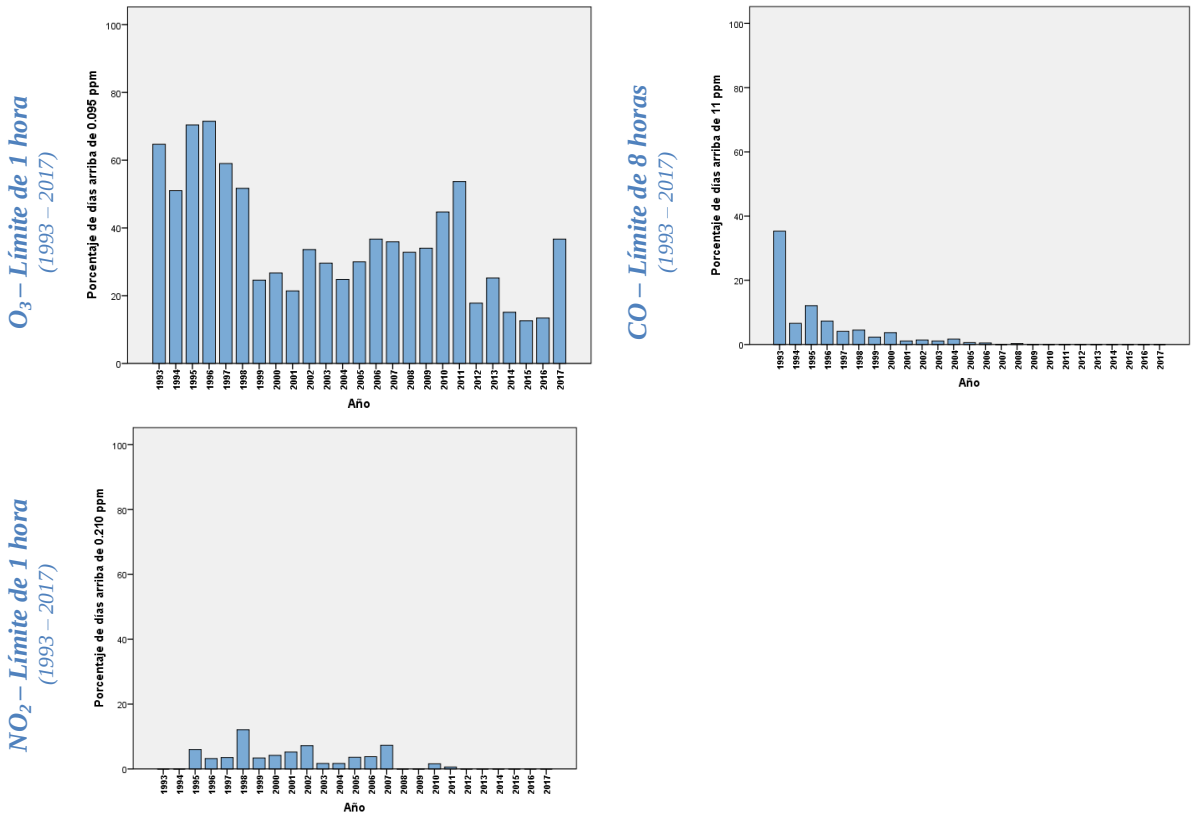


11.5 Porcentaje de días por año en que se rebasa el límite normado de cada contaminante.

En la Figura 11.5 se muestra la evolución del porcentaje de días por año con concentraciones superiores al límite normado vigente para cada contaminante. En el caso de las PM_{10}, del año 1993 al 2010 se observa una tendencia a la baja en el número de días que superaron el límite de 75 µg/m³, mientras que en 1993 un 98% de los días estuvo en esta condición. Para 2010 se redujo a 42%, a partir del año 2011 se observa un aumento en la cantidad de días que superan el límite llegando hasta 61% para el año 2017. Para las $PM_{2.5}$ se observa que de 2014 a 2017 ha aumentado el número de días que rebasan el límite de 45 µg/m³, siendo en 2017 del 19%. Con respecto del O_3, se observa un comportamiento a la baja en el número de días que rebasaron el límite de 0.095 ppm en un par de periodos (1996 a 2001 y 2012 a 2016), de 2002 a 2011 se aprecia un incremento, y en 2017 se presentó un aumento importante de días por arriba del límite de 1 hora con respecto del 2016, al pasar del 13% a un 37%. En cuanto al CO, para el periodo analizado (1993 a 2017), se observa una clara tendencia a la baja en el porcentaje de días por arriba de 11 ppm, incluso a partir del año 2009 este no se rebasó. En el NO_2 hay un comportamiento variable en el porcentaje de días por arriba de las 0.21 ppm en el periodo 1995 a 2010, a partir del 2012 y hasta 2017 no se rebasó dicho límite. Por último, el SO_2 sólo registro un porcentaje de días por arriba de 0.11 ppm menor al 1% en los años 1997 y 2002.

Figura 11.5 Tendencia del porcentaje de días, por año, con concentraciones superiores a los límites normados vigentes de cada uno de los contaminantes analizados, en el periodo 1993 – 2017.

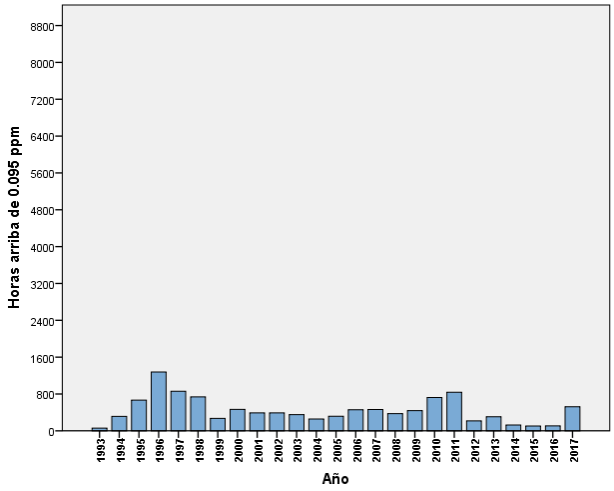




11.6 Número de horas por año en que se rebasa el límite normado de ozono.

Otro indicador útil para visualizar con detalle la evolución de los problemas de calidad del aire por ozono a través de tiempo es el número de horas al año en el que se rebasa el límite normado de una hora (0.095 ppm). El indicador se generó a nivel de toda la zona metropolitana del año 1993 al 2017, en la Figura 11.6 se muestra que no hay una tendencia clara para este indicador, se muestra una disminución de horas que rebasan el límite de 1 hora del año 1996 al 2005, de 2006 al 2011 hay un aumento, y de 2012 a 2016 nuevamente disminuye el número de horas que superan el límite, en tanto que en 2017 nuevamente aumenta el número de horas con esta condición, se registró alrededor de un 6% de las horas, porcentaje similar al registrado en 2007.

Figura 11.6 Tendencia del número de horas, por año, con concentraciones superiores a 0.095 ppm de ozono en el periodo 1993 – 2017.



11.7 Número de días por año en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante.

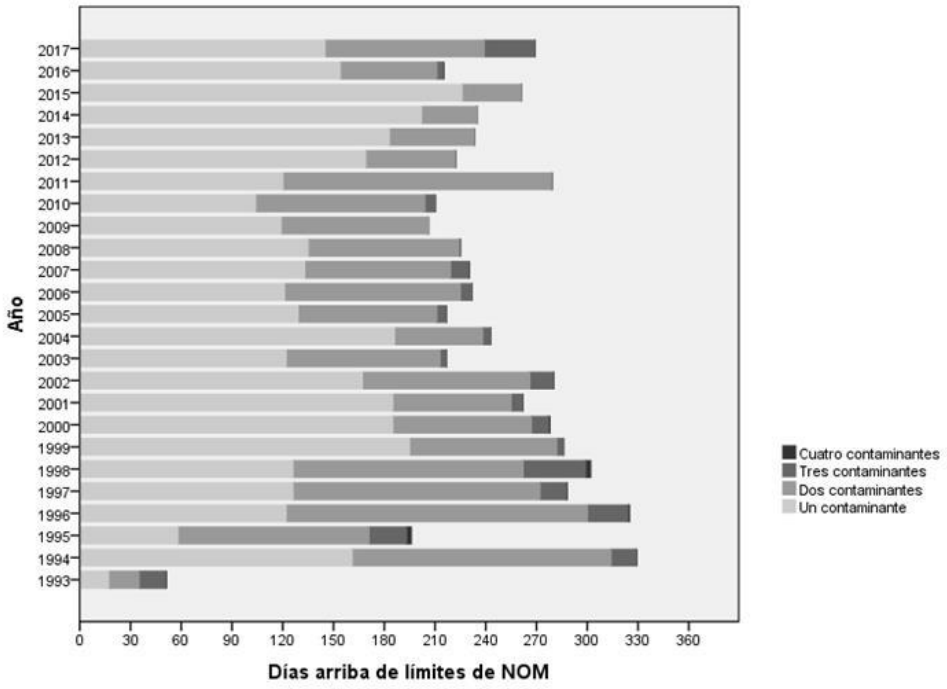
Finalmente, la Tabla 11.4 y la Figura 11.7 muestran la tendencia histórica del número de días por año en que se incumplió cualquier norma vigente de calidad del aire a nivel de toda la zona metropolitana. En el año 1994 se presentaron las peores condiciones de calidad del aire, ya que de 365 días en que hubo datos, en 161 de ellos se incumplió al menos una de las normas de calidad del aire, en 153 se incumplió con el límite de dos contaminantes, y en 15 días se incumplió con los límites para tres contaminantes, sumando en total 329 días. En cuanto a los años más limpios se identifica que fueron el 2009 y el 2010, donde de 365 días con datos, 206 y 210 días respectivamente se rebasó al menos uno de los límites normados vigentes.

El año 2017 no fue de los más limpios considerando que de 365 días con datos, en 269 se incumplió con al menos una de las normas analizadas en este informe, y de estos, 30 días se incumplió con los límites para tres contaminantes y 94 días para dos contaminantes.

Tabla 11.4 Número de días, por año, en que se rebasa cualquier norma vigente de calidad del aire en la ZMG y su zona conurbada, 1990 – 2017.

Año	No. de días con datos	No. de días > NOM	Número de días con concentraciones por arriba de los límites actuales de cualquier contaminante			
			1 Contaminante	2 Contaminantes	3 Contaminantes	4 Contaminantes
1993	51	51	17	18	16	0
1994	365	329	161	153	15	0
1995	205	196	58	113	22	3
1996	361	325	122	178	24	1
1997	361	288	126	146	16	0
1998	355	302	126	136	37	3
1999	359	286	195	87	4	0
2000	361	278	185	82	10	1
2001	365	262	185	70	7	0
2002	363	280	167	99	14	0
2003	365	217	122	91	4	0
2004	359	243	186	52	5	0
2005	363	217	129	82	6	0
2006	365	232	121	104	7	0
2007	365	230	133	86	11	0
2008	366	225	135	89	1	0
2009	365	206	119	87	0	0
2010	365	210	104	100	6	0
2011	365	279	120	159	0	0
2012	366	222	169	53	0	0
2013	365	233	183	50	0	0
2014	365	235	202	33	0	0
2015	365	261	226	35	0	0
2016	366	215	154	57	4	0
2017	365	269	145	94	30	0

Figura 11.7 Número de días, por año, en que se rebasó cualquier norma vigente de calidad del aire en la ZMG, 1993 – 2017.



Es importante destacar que las combinaciones de contaminantes cuyo límite normado es rebasado en un mismo día ha cambiado con el tiempo, así mientras en los años 90's era común que se rebasaran en un mismo día los límites actuales de O_3 y PM_{10} o PM_{10} y CO o PM_{10} y NO_2, en años más recientes las combinaciones más comunes suelen ser O_3 y PM_{10} o PM_{10} y $PM_{2.5}$; sin embargo, cabe mencionar que apenas a partir de 2014 se cuenta con registros válidos de las $PM_{2.5}$.

En 2017 la Norma de PM_{10} se cumplió sólo en la estación Oblatos. En las estaciones Santa Fe y Las Pintas se registraron las concentraciones más altas, como promedio de 24 horas y como promedio anual, respectivamente.

De las 6 estaciones con capacidad de medir $PM_{2.5}$ en 2017, solo en las Águilas y Santa Fe hubo datos suficientes para evaluar el cumplimiento de norma y en ambas se incumplió, al rebasar en ambos casos los límites de 24 horas y anual.

En todas las estaciones que midieron el O_3 se incumplieron los dos límites de la norma (promedio de una hora y promedio de 8 horas). La concentración más alta de una hora y de 8 horas se presentó en la estación Tlaquepaque.

Los límites normados de monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre se cumplieron en todas las estaciones de monitoreo donde fueron medidos.

El límite de 24 horas de PM_{10} y $PM_{2.5}$ se rebasó con más frecuencia en la estación Santa Fe (209 y 42 días, respectivamente), en tanto que el límite de 1 hora de O_3 se rebasó más frecuentemente en Tlaquepaque (61 días). A nivel de toda la ZMG, el límite de 0.095 ppm de ozono se rebasó en el 37% de los días del año, el de 24 horas de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el 61% y 19% de los días, respectivamente.

Desde 1993 y hasta 2010, la tendencia tanto de las concentraciones diarias como del número de días con concentraciones superiores a los límites normados vigentes de PM_{10} fue a la baja, a partir de 2011 la tendencia es a la alza. Para el O_3 no hay una tendencia clara en ambos indicadores; sin embargo, en 2017 con respecto de 2016 se aprecia un incremento en los valores de las concentraciones diarias.

12. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE MORELOS.

12.1 Información general.

En el año 2017 el sistema de monitoreo de la calidad del aire (SMCA) de Morelos, a cargo de la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Gobierno del Estado, estuvo integrado por las estaciones de monitoreo automático localizadas en los municipios de Cuernavaca (Palacio de gobierno), Cuautla (Palacio municipal), Ocuituco (Palacio municipal) y Zacatepec (Instituto Tecnológico). Es importante destacar, sin embargo, que en este informe sólo se presenta la información relativa a la ciudad de Cuernavaca, ello debido a que en 2017 no operaron las estaciones de monitoreo ubicadas en Ocuituco y Zacatepec, en tanto que en Cuautla no se tuvo acceso a la información generada por la estación de monitoreo debido a que el edificio en el que se encuentra alojada fue afectado seriamente por el sismo del 19 de septiembre y no se tuvo acceso a él por cuestiones de seguridad.

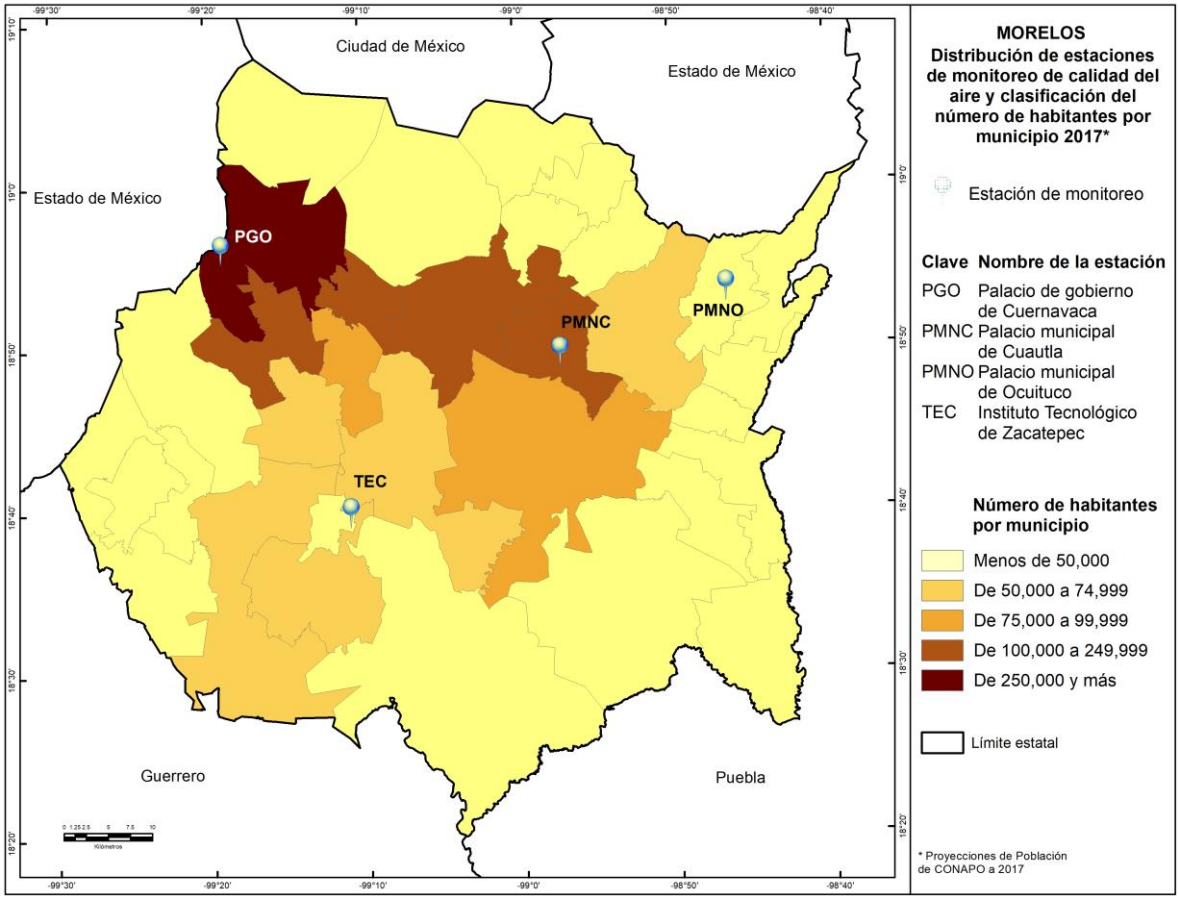
La Tabla 12.1 muestra las capacidades de medición de contaminantes en cada estación de monitoreo y el año en que cada una de ellas inició su operación. Por otra parte, la Figura 12.1, muestra la ubicación geográfica de cada estación de monitoreo en 2017.

Tabla 12.1 Estaciones que conformaron el SMCA de Morelos en el año 2017 y capacidades de medición de contaminantes.

Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes					
			PM_{10}	$PM_{2.5}$	O_3	SO_2	NO_2	CO
Palacio de gobierno de Cuernavaca	PGO	Aut. 2000	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Palacio municipal de Cuautla	PMNC	Aut. 2006	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Palacio municipal de Ocuituco	PMNO	Aut. 2001	✓	¤	✓	✓	✓	✓
Instituto Tecnológico de Zacatepec	TEC	Aut. 2007	✓	¤	✓	✓	✓	✓

Aut. = Equipo automático.
¤ = No se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.
✓ = Se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.
Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Gobierno del Estado de Morelos.

Figura 12.1. Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Morelos, 2017.



12.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

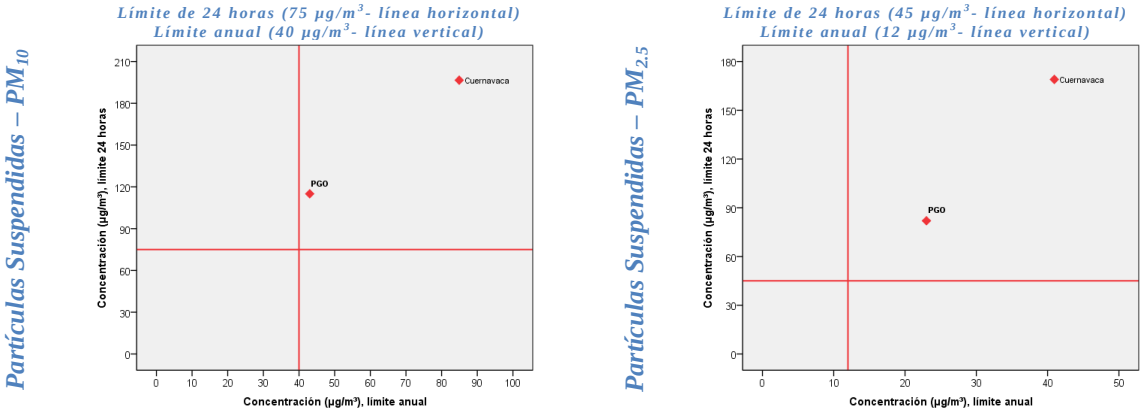
Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Morelos, específicamente en la ciudad de Cuernavaca, para el año 2017 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las NOM en la materia y la distribución del número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo. Así mismo, se incluye una descripción, a nivel de ciudad, sobre las tendencias del año 2014 a 2017 con respecto al promedio, mínimo, máximo y percentiles 10 y 90 de las concentraciones diarias, número de días con concentraciones superiores a los límites normados vigentes para cada contaminante y, número de días en que se rebasa cualquier norma de calidad del aire.

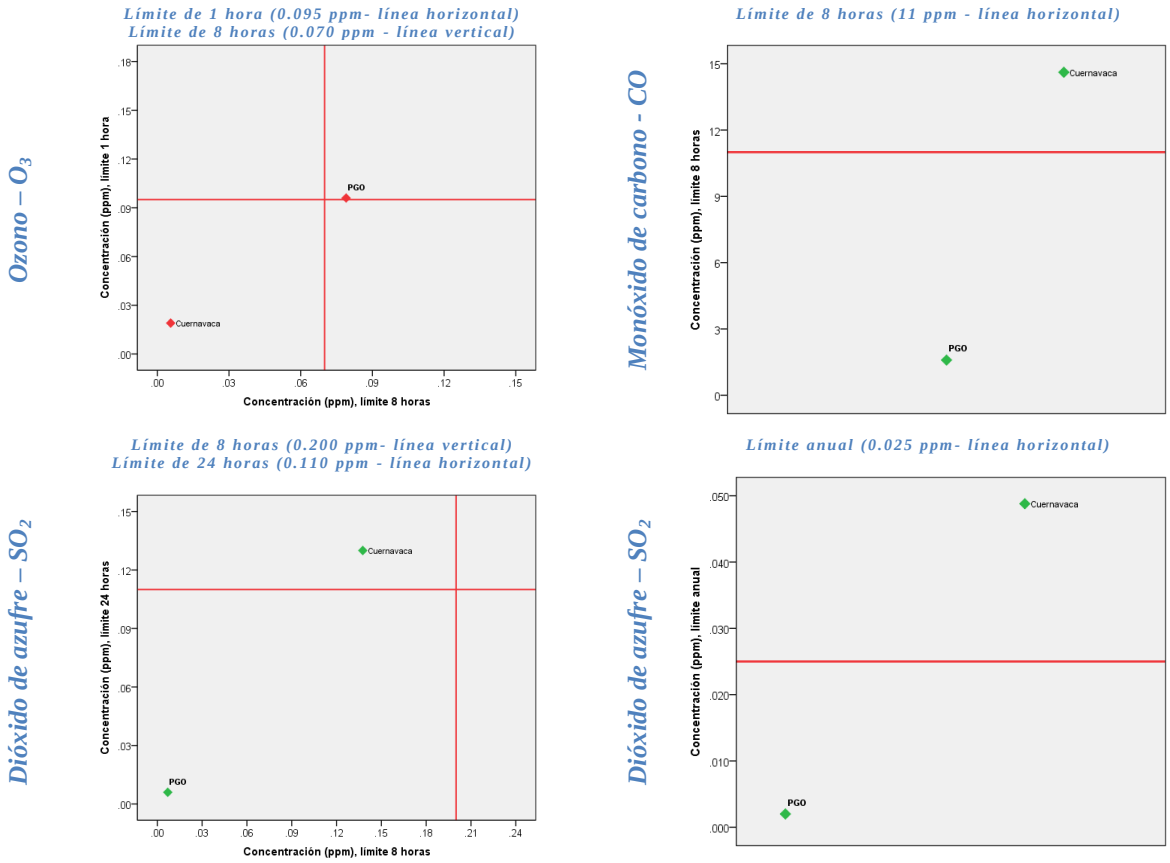
12.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire.

En esta sección se analiza el cumplimiento de las NOM para cada contaminante y estación de monitoreo en el año 2017 en Morelos. Los resultados de esta evaluación se presentan en la Figura 12.2 y en la Tabla 12.2. En ellas se puede apreciar que en la ciudad de Cuernavaca se incumplieron las normas de partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y de ozono como consecuencia de haber registrado concentraciones superiores a los dos límites normados de cada contaminante, en tanto que los límites normados de monóxido de carbono y dióxido de azufre si se cumplieron. Asimismo es conveniente decir que el cumplimiento de la Norma de dióxido de nitrógeno no pudo ser evaluado por insuficiencia de información.

En el caso de las PM_{10} las concentraciones máximas registradas fueron 115 µg/m^3, como promedio de 24 horas, y de 43 µg/m^3, como promedio anual. Dichas concentraciones son equivalentes a 1.5 y 1.08 veces el límite normado respectivo. Para $PM_{2.5}$ las concentraciones máximas fueron de 82 µg/m^3 como promedio de 24 horas y de 23 µg/m^3 como promedio anual, las cuales equivalen a 1.8 y 1.9 veces el límite normado correspondiente. Para ozono los registros máximos fueron de 0.096 ppm como promedio de una hora y de 0.079 ppm como promedio de ocho horas, las cuales son 1% y 13% superiores al límite normado respectivo.

Figura 12.2 Evaluación del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Morelos, en el año 2017.





Cuernavaca
PGO – Palacio de Gobierno

Tabla 12.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Morelos, en el año 2017.

Contaminante	Límite normado		Cuernavaca	Cuautla	Ocuituco	Zacatepec
			PGO	PMNC	PMNO	TEC
(1)PM_{10}	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m^3	115	FO	FO	FO
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m^3	43	FO	FO	FO
(1)$PM_{2.5}$	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m^3	82	FO	¤	¤
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m^3	23	FO	¤	¤
(2)O_3	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	0.096	FO	FO	FO
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	0.079	FO	FO	FO
(3)CO	8 hrs	2°Máximo ≤ 11 ppm	2	FO	FO	FO
(4)NO_2	1 hr	2°Máximo ≤ 0.210 ppm	DI	FO	FO	FO
(5)SO_2	8 hrs	2°Máximo ≤ 0.200 ppm	0.007	FO	FO	FO
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	0.006	FO	FO	FO
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	0.002	FO	FO	FO

(1) NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a);
(2) NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b);
(3) NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1993);
(4) NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994);
(5) NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010).

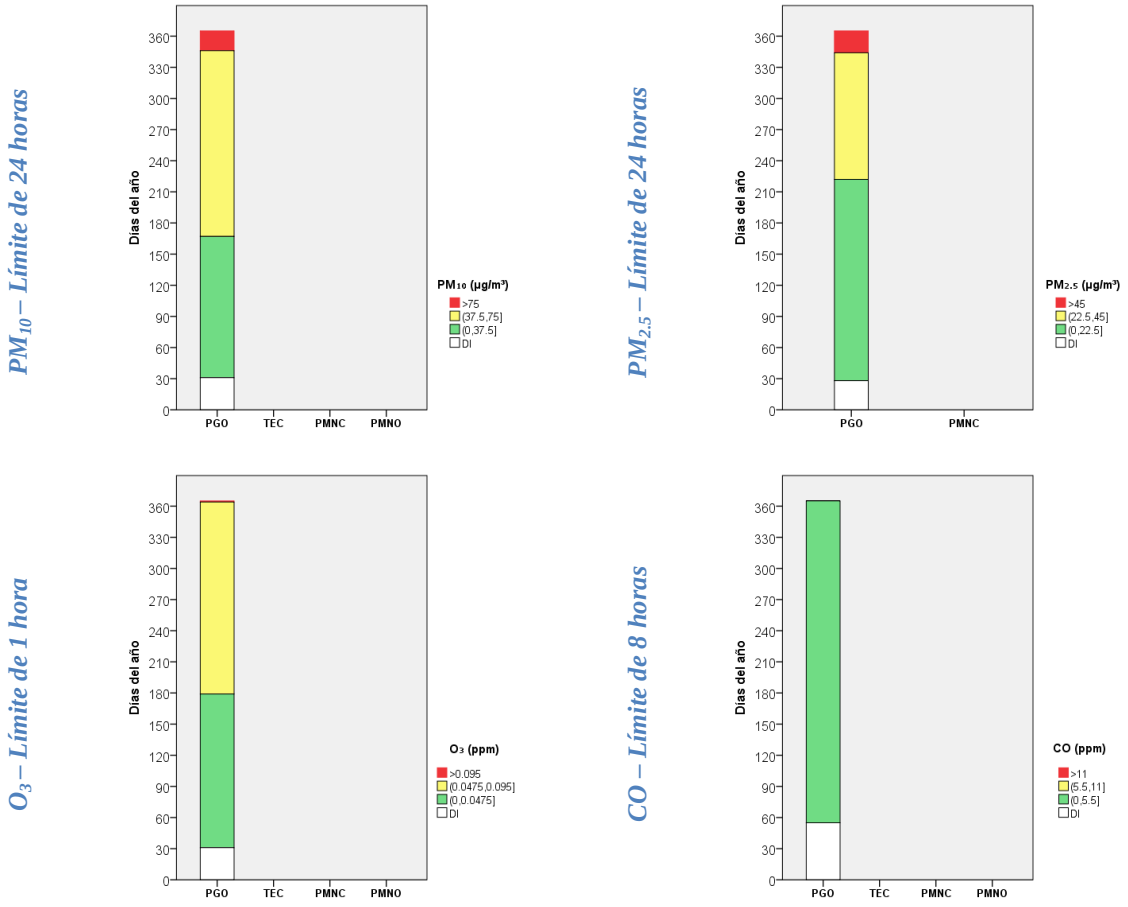
FO = Fuera de operación por reubicación.
= Cumple con el límite normado.
= No cumple con el límite normado.
¤ = No cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.

- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año, ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas, 24 horas o anual, de acuerdo al contaminante y límite normado.
- Las NOM de partículas, ozono y dióxido de azufre se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen todos los límites normados.

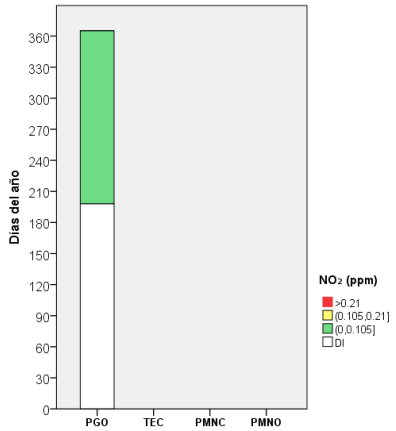
12.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala.

Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en el año 2017 en términos de la frecuencia con que se presentan días con calidad del aire buena, regular y mala con respecto a cada contaminante de acuerdo con los intervalos definidos en la sección 3.3.2 del capítulo de metodología. En la Figura 12.3 se puede observar que en Cuernavaca 19 de los 365 días del año 2017 presentaron mala calidad del aire por PM_{10} y en 21 por $PM_{2.5}$, en tanto que para el ozono se registró un sólo día en esta condición (rojo). Los días con calidad del aire regular (amarillo) fueron los que predominaron a lo largo del año en términos de PM_{10} y ozono, en tanto que para el caso de $PM_{2.5}$ y sobre todo para CO y SO_2 predominaron los días con buena calidad del aire (verde). Para NO_2, la condición más recurrente fue la de los días con información insuficiente para generar este indicador (blanco).

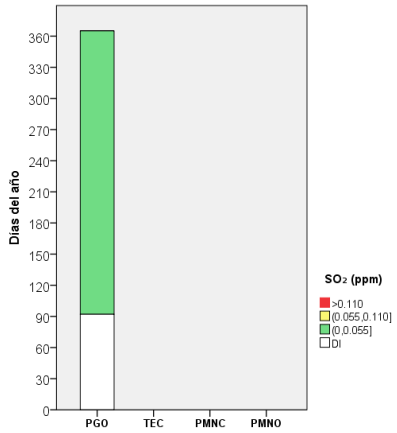
Figura 12.3 Distribución de los días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo en Morelos, en el año 2017.



NO_2 – Límite de 1 hora



SO_2 – Límite de 24 horas



Cuernavaca
PGO – Palacio de Gobierno

Zacatepec
TEC – Instituto Tecnológico

Cuautla
PMNC – Palacio Municipal

Ocuituco
PMNO – Palacio Municipal

La Tabla 12.3 muestra el porcentaje de días del año 2017 con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y dióxido de nitrógeno, de 8 horas de monóxido de carbono y de 24 horas de partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y dióxido de azufre a nivel de toda la ciudad. En ella se aprecia que el contaminante que con mayor frecuencia determina una condición de mala calidad del aire en la región son las partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$), seguidas del ozono, en tanto que CO, NO_2 y SO_2, no representaron un problema de calidad del aire al no registrar en ninguno de los días con información válida y suficiente concentraciones superiores al límite normado correspondiente.

Tabla 12.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de O_3 y NO_2, de 8 horas de CO y de 24 horas de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y SO_2 en Cuernavaca, Morelos en 2017.

PM_{10}*	No días con datos válidos	334
	No días > 75 µg/m³	19
	% días > 75 µg/m³	**6%**
$PM_{2.5}$*	No días con datos válidos	337
	No días > 45 µg/m³	21
	% días > 45 µg/m³	**6%**
O_3*	No días con datos válidos	334
	No días > 0.095 ppm	1
	% días > 0.095 ppm	**0.3%**

CO*	No días con datos válidos	310
	No días > 11 ppm	0
	% días > 11 ppm	**0%**
NO_2*	No días con datos válidos	167
	No días > 0.210 ppm	0
	% días > 0.210 ppm	**0%**
SO_2*	No días con datos válidos	273
	No días > 0.110 ppm	0
	% días > 0.110 ppm	**0%**

* Estimado con datos provenientes de monitoreo automático.

12.4 Tendencia de los datos diarios.

La Figura 12.4 muestra la tendencia del mínimo, el máximo, el promedio y los percentiles 10 y 90 para cada contaminante, a nivel de ciudad, en el periodo 2014 a 2017 de acuerdo con la disponibilidad de información. En dicha figura se observa que:

Sólo fue posible generar el análisis de tendencias para Cuernavaca debido a que fue la única ciudad que generó información suficiente para ello en algunos años. Zacatepec, Ocuituco y Cuautla, no cumplieron con el criterio de suficiencia de datos del 75% para ninguno de los contaminantes en ninguno de los años con información disponible.

Con respecto a las PM_{10} los datos disponibles revelan que en el año 2017 se registró en Cuernavaca un incremento significativo en la magnitud de las concentraciones mínima, máxima y la asociada al percentil 90, respecto a lo ocurrido en 2016. Sin embargo, será necesario esperar a que la estación de monitoreo opere con mayor regularidad en los próximos años para poder determinar alguna tendencia.

Las $PM_{2.5}$ se empezaron a medir recientemente en las ciudades de Cuernavaca y Cuautla, sin embargo, la información se ha generado con intermitencia y como consecuencia de ello sólo se incluye la información disponible para la ciudad de Cuernavaca, la cual corresponde a los dos años más recientes y al igual que en las PM_{10} se observa un incremento importante del percentil 90 y del máximo en 2017, respecto a lo observado en 2016.

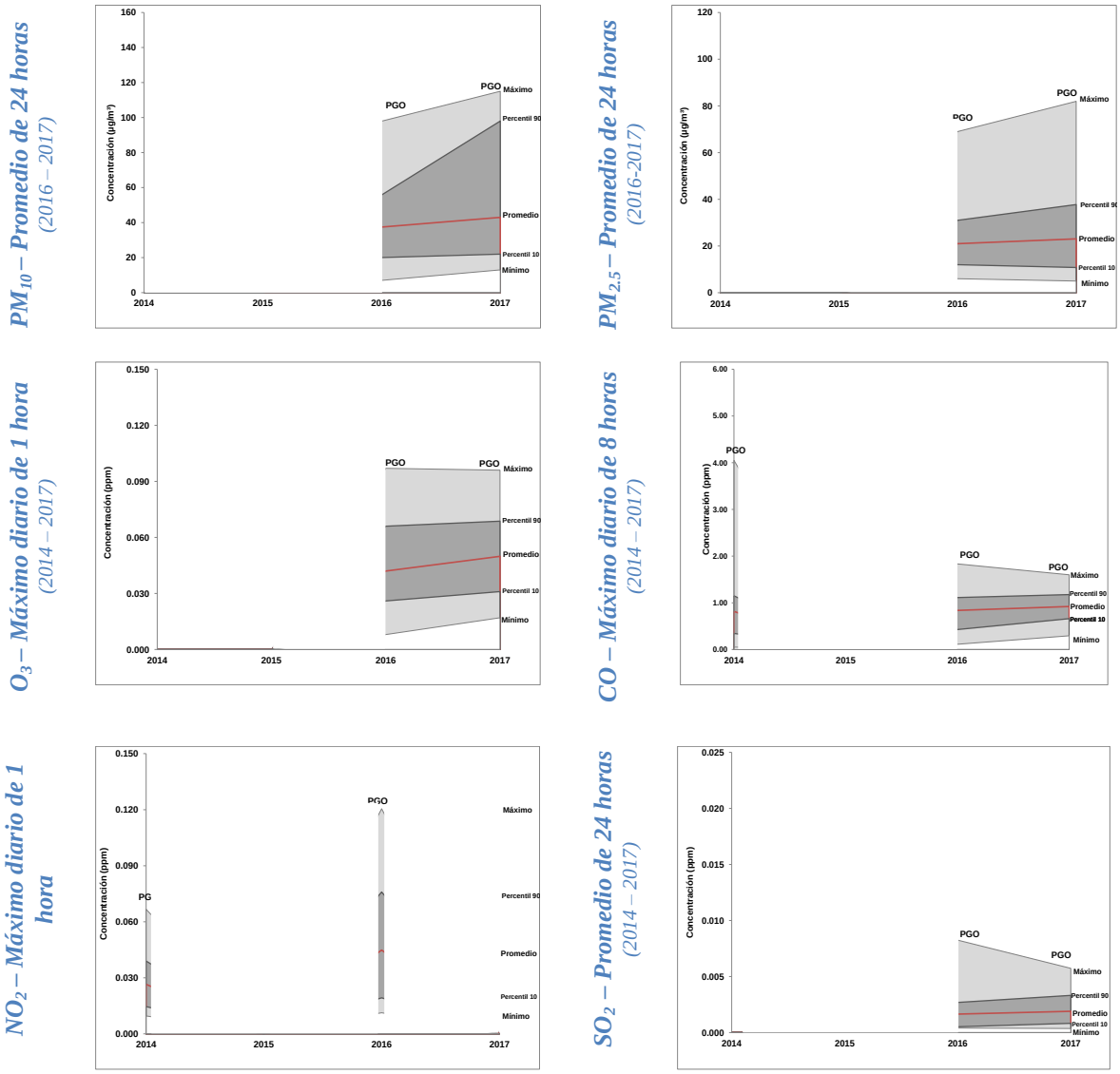
El ozono se ha monitoreado desde hace varios años, sin embargo, sólo su contó con información suficiente para generar los indicadores aquí mostrados para los años 2016 y 2017. Los datos para estos años muestran que la concentración máxima y el percentil 90 son prácticamente iguales, en tanto que el mínimo, el percentil 10 y el promedio experimentaron un incremento de más del 10% de un año a otro.

Para el monóxido de carbono se tuvieron datos para tres años, sin embargo, estos no fueron consecutivos por lo que tampoco es posible establecer alguna tendencia. Sólo se puede destacar la notable reducción de la concentración máxima registrada en 2014, que aunque fue inferior al valor normado, es de poco más del doble de las concentraciones máximas registradas en 2016 y 2017. El

promedio y el percentil 90 muestran poca variación en los tres años, en tanto que el mínimo y el percentil 10 registraron un ligero incremento entre 2016 y 2017.

Para NO_2 no es posible establecer ninguna tendencia dada la existencia de datos sólo para los años 2014 y 2016, en tanto que para el SO_2 destaca la reducción de la concentración máxima entre 2016 y 2017.

Figura 12.4 Tendencias de las concentraciones diarias, por contaminante, en Morelos en el periodo 2014 – 2017.



12.5 Porcentaje de días por año en que se rebasa el límite normado de cada contaminante.

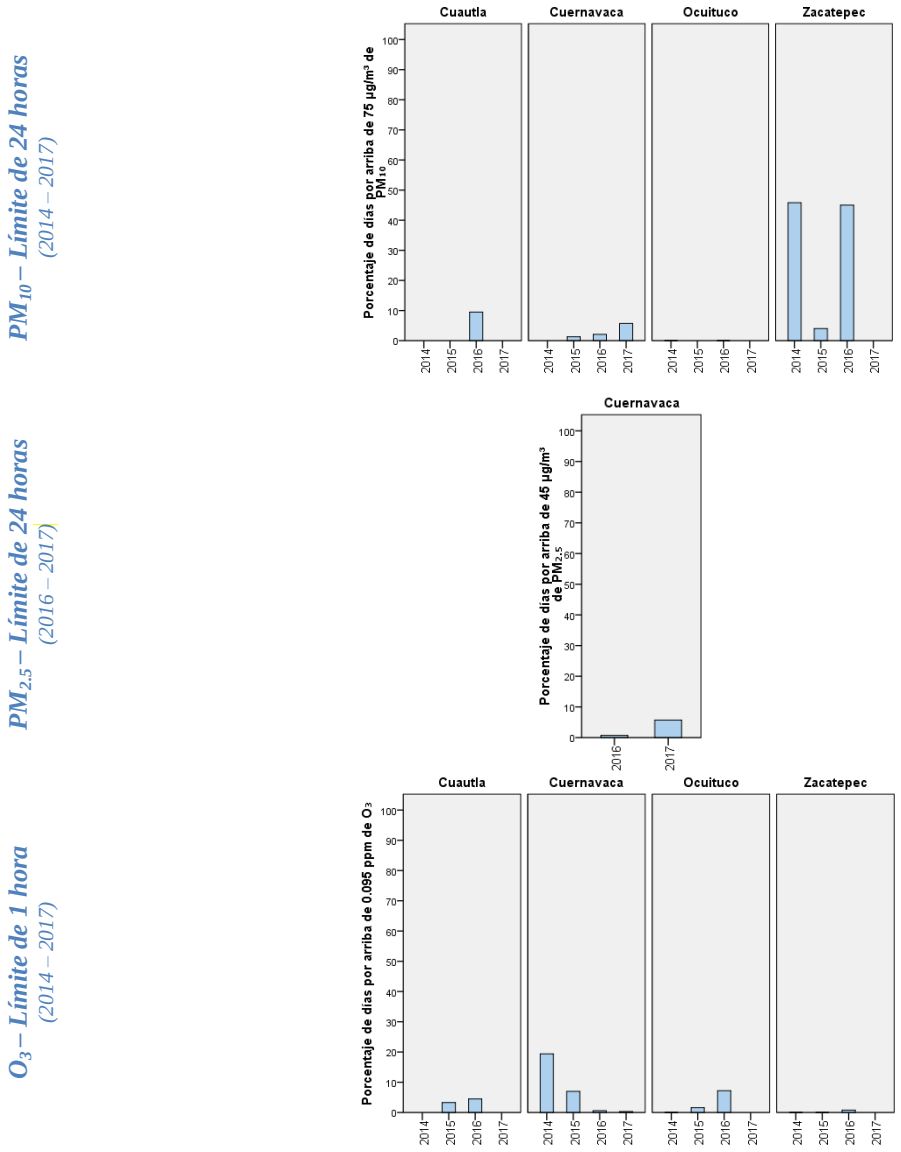
La Figura 12.5 presenta la evolución del porcentaje de días por año con concentraciones superiores al límite normado vigente para cada contaminante a nivel de ciudad. Con respecto a las PM_{10} se observa que Zacatepec es la ciudad que suele rebasar con mayor frecuencia el límite normado, llegando a representar hasta el 45% de los días con datos suficientes (2014 y 2016). En Cuernavaca destaca que aunque son pocos los días con concentraciones superiores al valor normado se presenta una tendencia creciente de este indicador entre 2015 y 2017. Así mismo, se observa que en Ocuituco no se ha registrado ningún día en esta condición en el periodo analizado.

Con respecto a las $PM_{2.5}$, el indicador sólo se pudo generar para la ciudad de Cuernavaca y en ella se observa que el porcentaje de días del año en el que se registraron concentraciones superiores al límite normado pasó de 1% en 2016 a 6% en 2017.

La tendencia histórica de este indicador con respecto al ozono muestra que en Cuernavaca ha habido una reducción constante del año 2014 al 2017, periodo en el que porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado pasaron del 14% al 0.3%. Tendencia que es contraria a lo que se observa en Cuautla y Ocuituco, donde la información disponible deja ver un incremento en el número de días en esta condición entre 2015 y 2016. En Zacatepec sólo se registró un día con concentraciones superiores a la norma en el año 2016.

El CO, el NO_2 y el SO_2, no han registrado concentraciones superiores al límite diario normado vigente en ninguno de los años con información disponible (2014-2017). Por esta razón no se incluyen las gráficas correspondientes en la Figura 12.5.

Figura 12.5 Tendencia del porcentaje de días, por año, con concentraciones superiores a los límites normados vigentes de cada uno de los contaminantes analizados, en el periodo 2014 – 2017.

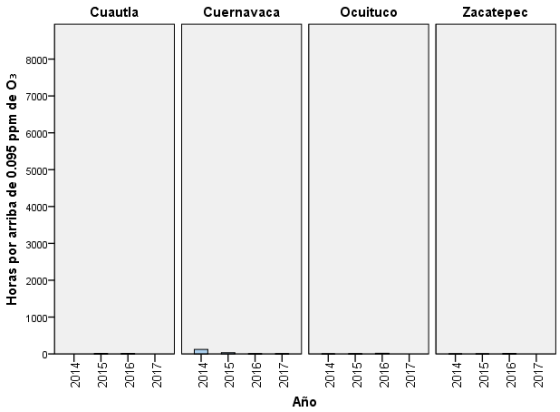


12.6 Número de horas por año en que se rebasa el límite normado de ozono.

Otro indicador útil para visualizar con detalle la evolución de los problemas de calidad del aire por ozono a través de tiempo es el número de horas al año en el que se rebasa el límite normado de una hora. Este indicador se generó a nivel de ciudad y en la Figura 12.6 se observa que Cuernavaca es la ciudad en la que con más frecuencia se suele rebasar el límite normado, sin embargo, esto ha ido disminuyendo a través del tiempo, así por ejemplo mientras en el año 2014 se tuvo un registro de 121 horas con concentraciones superiores al límite normado, en 2017 sólo se registró una hora con

esta condición. En Zacatepec, Ocuituco y Cuautla el año con la mayor cantidad de horas con registros superiores al valor de norma ha sido 2016 con 6, 16 y 9 horas en esta condición, respectivamente. En 2017, sin embargo, ninguna de estas ciudades registró una sola hora con concentraciones superiores al límite referido.

Figura 12.6 Tendencia del número de horas, por año, con concentraciones superiores a 0.095 ppm de ozono en el periodo 2014 – 2017.



12.7 Número de días por año en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante.

La Tabla 12.4 y la Figura 12.7 muestran la tendencia histórica del número de días por año en que se incumplió cualquier norma vigente de calidad del aire a nivel de ciudad en el estado de Morelos. En ellas se observa que, salvo en Cuernavaca en el resto de las ciudades y en prácticamente todos los años, la cantidad de días con información disponible es inferior al 75% y a pesar de ello en todas se registró al menos 1 día por año en el que se superó el límite normado de al menos un contaminante. En el caso de Cuernavaca se observa que el número de días con registros superiores a los límites normados disminuyó de 2014 a 2016 pasando de 40 a 8; sin embargo, en 2017 se registró un repunte al registrar un total de 26 días en esta condición, de ellos en 11 se rebasó el límite de un solo contaminante (ozono 1, PM_{10} 4 y $PM_{2.5}$ 6) y en 15 el límite de dos contaminantes distintos (PM_{10} y $PM_{2.5}$).

Zacatepec es la ciudad que registra, en el periodo analizado, la mayor cantidad de días con concentraciones superiores al límite normado de un contaminante en un año con un total de 71 en el año 2014. En todos los casos se rebasó el límite normado de PM_{10}.

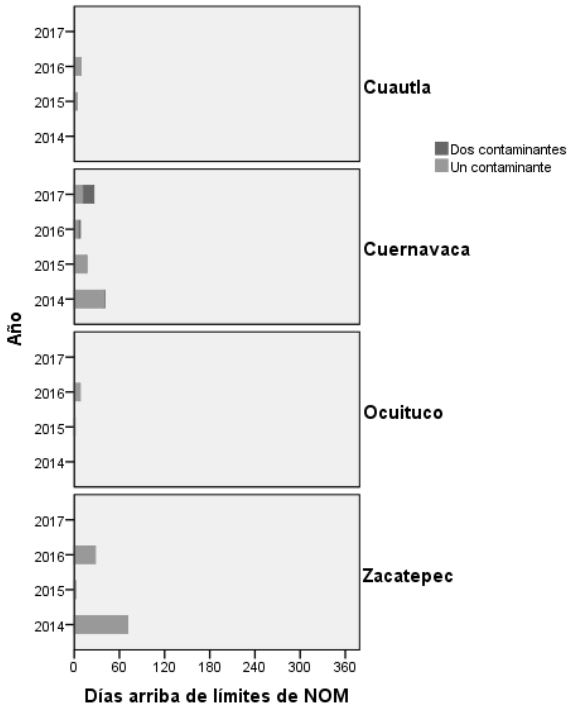
Ocuituco y Cuautla sólo reportaron datos para dos años y en ambos casos la cantidad de días con concentraciones superiores a los límites normados actuales para los diferentes contaminantes fue inferior a 10, registrándose la mayor cantidad de eventos en el año 2016 a causa de las altas concentraciones de ozono (ocho días) en Ocuituco y $PM_{2.5}$ en Cuautla (5 días).

Tabla 12.4 Número de días, por año, en que se rebasa cualquier norma vigente de calidad del aire a nivel de ciudad en el estado de Morelos, 2014 – 2017.

Ciudad	Año	No. de días con datos	No. de días > NOM	Número de días con concentraciones por arriba de los límites actuales de cualquier contaminante			
				1 Contaminante	2 Contaminantes	3 Contaminantes	4 Contaminantes
Cuernavaca	2014	341	40	40	0	0	0
	2015	216	16	16	0	0	0
	2016	347	8	5	3	0	0
	2017	350	26	11	15	0	0
Zacatepec	2014	326	71	71	0	0	0
	2015	195	2	2	0	0	0
	2016	141	28	28	0	0	0
	2017	SM	SM	SM	SM	SM	SM
Ocuituco	2014	150	0	0	0	0	0
	2015	63	1	1	0	0	0
	2016	136	8	8	0	0	0
	2017	SM	SM	SM	SM	SM	SM
Cuautla	2014	SM	SM	SM	SM	SM	SM
	2015	181	4	4	0	0	0
	2016	289	9	8	1	0	0
	2017	IND	IND	IND	IND	IND	IND

SM: sin medición
IND: información no disponible. No se tuvo acceso a la información generada por la estación de monitoreo debido a que el edificio en el que se encuentra alojada fue afectado seriamente por el sismo del 19 de septiembre.

Figura 12.7 Número de días, por año, en que se rebasó cualquier norma vigente de calidad del aire a nivel de ciudad en el estado de Morelos, 2014 – 2017.



En 2017, los problemas operativos de este SMCA se reflejaron en el hecho de que de las cuatro estaciones que la conforman sólo una generó datos para todo el año (Cuernavaca), dos no operaron (Ocuituco y Zacatepec) y una (Cuautla) vio afectada su operación por el sismo de 19 de septiembre, lo que impidió tener acceso a la información que generó hasta antes de dicho evento.

La información disponible para Cuernavaca en 2017 revela incumplimiento de las normas de calidad de aire para ozono y partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$), siendo las $PM_{2.5}$ las que alcanzaron las concentraciones más altas en comparación con su límite normado y las que con mayor frecuencia excedieron dicho límite a lo largo del año.

El análisis de la escasa información histórica disponible indica que en Zacatepec se suele rebasar el límite normado de PM_{10} con más frecuencia que en cualquier otra ciudad y que en Cuernavaca se registró un incremento en el porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de $PM_{2.5}$, mientras que la tendencia de este indicador para el ozono es la baja de 2014 a 2017.

13. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE NAYARIT.

13.1 Información general.

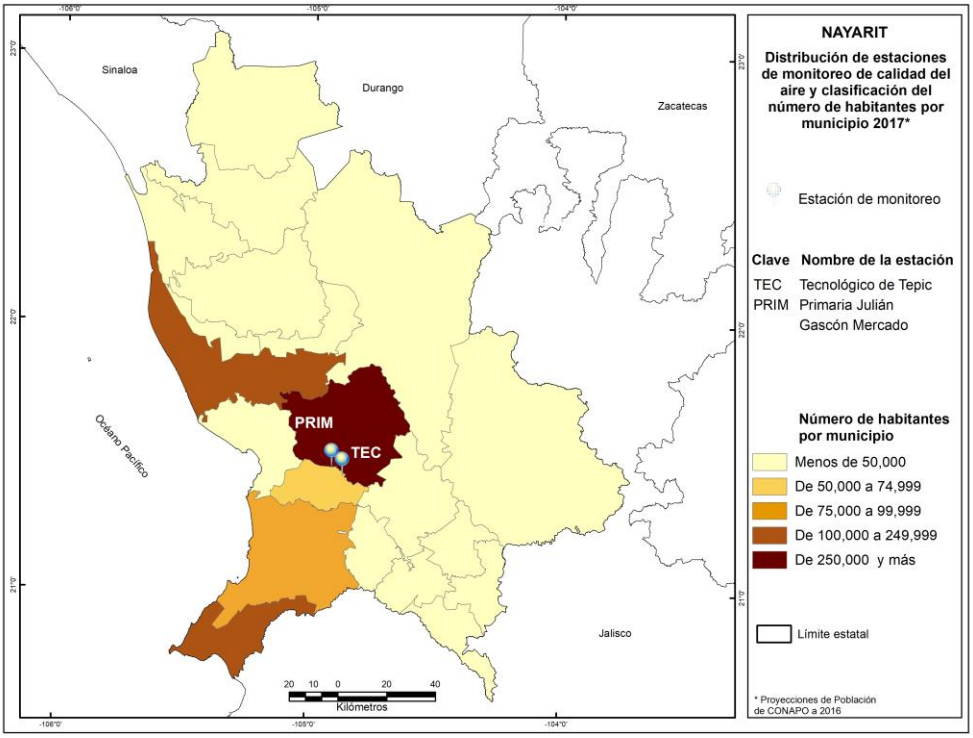
En el año 2017 el sistema de monitoreo de la calidad del aire (SMCA) de Nayarit, a cargo de la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Estado, estuvo integrado por dos estaciones de monitoreo automático, localizadas en la ciudad de Tepic. La Tabla 13.1 muestra las capacidades de medición de contaminantes en cada estación de monitoreo, y el año en que cada una de ellas inició su operación. La Figura 13.1, por su parte, muestra la ubicación geográfica de dichas estaciones.

Tabla 13.1 Estaciones que conformaron el SMCA de Nayarit en el año 2017 y capacidades de medición de contaminantes.

Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes					
			PM_{10}	$PM_{2.5}$	O_3	SO_2	NO_2	CO
Tecnológico de Tepic	TEC	Aut. 2015	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Primaria Julián Gascón Mercado	PRIM	Aut. 2015	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Aut. = Equipo automático; ✓= Cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.
Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Nayarit.

Figura 13.1 Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Nayarit, 2017.



13.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Nayarit para el año 2017 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las NOM en la materia y el número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo. Así mismo, se incluye una descripción sobre las tendencias del año 2015 a 2017 con respecto al promedio, mínimo, máximo y percentiles 10 y 90 de las concentraciones diarias, número de días con concentraciones superiores a los límites normados vigentes para cada contaminante y, número de días en que se rebasa cualquier norma de calidad del aire.

13.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire.

Los resultados de esta evaluación se presentan en la Figura 13.2 y en la Tabla 13.2. En general, se puede apreciar lo siguiente:

- Se contó con infraestructura para llevar a cabo la medición de PM_{10} en 2 estaciones de monitoreo y en ambas estaciones (PRIM y TEC) se incumplió con la Norma. En una estación (TEC) se rebasaron los dos límites normados y en la otra (PRIM) sólo el límite de 24 horas. La concentración más alta, tanto como promedio de 24 horas como promedio anual, se registró en la estación TEC, en donde el promedio de 24 horas fue de 125 $\mu g/m^3$ y el promedio anual de 51 $\mu g/m^3$. El primero equivale a 1.7 veces el valor normado y el segundo a 1.3 veces el límite respectivo.

- En ninguna de las 2 estaciones de monitoreo se cumplió la NOM de $PM_{2.5}$, debido a que rebasaron tanto el límite de 24 horas como el anual. Las concentraciones más altas se registraron en la estación PRIM: como promedio de 24 horas el valor fue de 60 $\mu g/m^3$; y el promedio anual de 16 $\mu g/m^3$. En ambos casos, las concentraciones más altas equivalen a 1.3 veces el límite normado correspondiente.

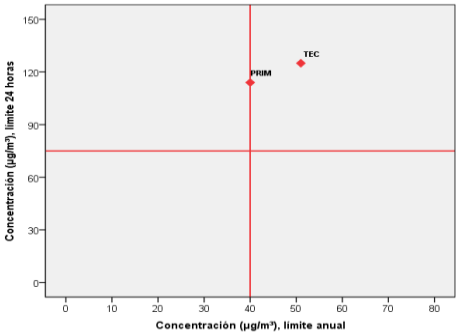
- El ozono también se midió en las 2 estaciones y sólo en una de ellas, TEC, se rebasaron los dos límites normados. La concentración más alta de una hora fue de 0.097 ppm, y la anual de 0.079 ppm, ambos valores ligeramente por arriba de los límites normados.

- Los límites normados de monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre se cumplieron en las 2 estaciones de monitoreo.

Figura 13.2 Evaluación del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Nayarit, en el año 2017.

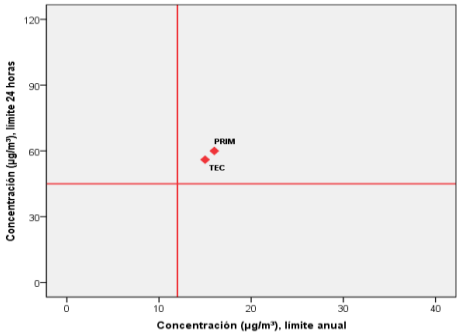
Partículas Suspendidas – PM_{10}

Límite de 24 horas (75 µg/m³- línea horizontal)
Límite anual (40 µg/m³- línea vertical)



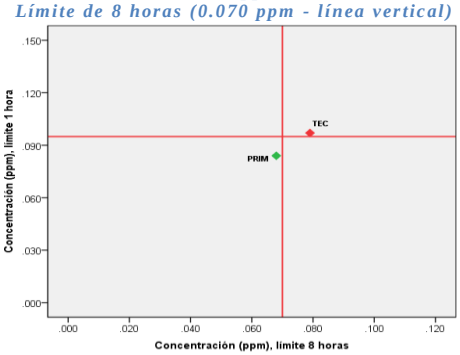
Partículas Suspendidas – $PM_{2.5}$

Límite de 24 horas (45 µg/m³- línea horizontal)
Límite anual (12 µg/m³- línea vertical)



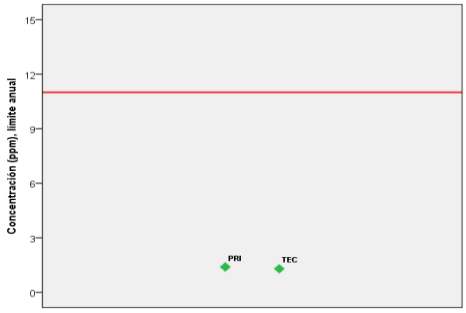
Ozono – O_3

Límite de 1 hora (0.095 ppm- línea horizontal)
Límite de 8 horas (0.070 ppm - línea vertical)



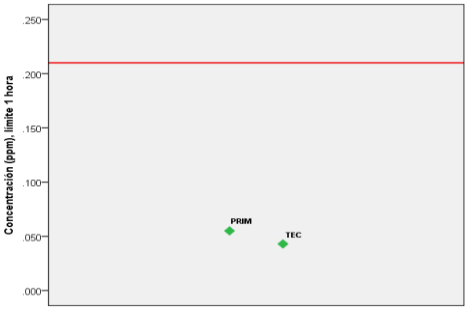
Monóxido de carbono - CO

Límite de 8 horas (11 ppm - línea horizontal)



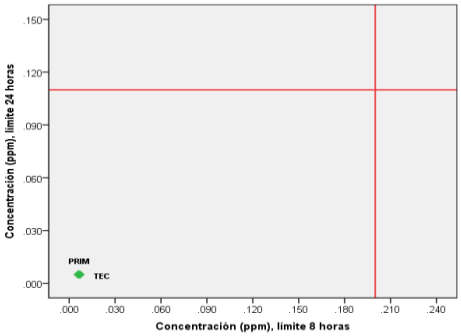
Dióxido de nitrógeno – NO_2

Límite de 8 horas (0.210 ppm - línea horizontal)



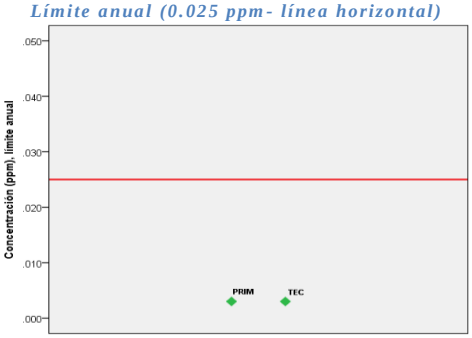
Dióxido de azufre – SO_2

Límite de 8 horas (0.200 ppm- línea vertical)
Límite de 24 horas (0.110 ppm - línea horizontal)



Dióxido de azufre – SO_2

Límite anual (0.025 ppm- línea horizontal)



PRIM – Primaria Julián Gascón Mercado
TEC – Tecnológico de Tepic

Tabla 13.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Nayarit, en el año 2017.

Contaminante	Límite normado		PRIM	TEC
(1)PM_{10}	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m^3	114	125
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m^3	40	51
(1)$PM_{2.5}$	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m^3	60	56
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m^3	16	15
(2)O_3	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	0.084	0.097
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	0.068	0.079
(3)CO	8 hrs	2°Máximo ≤ 11 ppm	1	1
(4)NO_2	1 hr	2°Máximo ≤ 0.210 ppm	0.055	0.043
(5)SO_2	8 hrs	2°Máximo ≤ 0.200 ppm	0.006	0.007
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	0.005	0.005
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	0.003	0.003

(1) NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a);
(2) NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b);
(3) NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1993);
(4) NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994);
(5) NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010).

= Cumple con el límite normado.
= No cumple con el límite normado.

- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año, ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas, 24 horas o anual, de acuerdo al contaminante y límite normado.
- Las NOM de partículas, ozono y dióxido de azufre se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen todos los límites normados.

13.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala

Este indicador, ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en el año 2017 en términos de la frecuencia con que se presentan días con calidad del aire buena, regular y mala con respecto a cada contaminante de acuerdo con los intervalos definidos en la sección 3.3.2 del capítulo de metodología. En este contexto, en la Figura 13.3 se puede observar que:

- Las dos estaciones de monitoreo: Tecnológico de Tepic (TEC) y Primaria Julián Gascón Mercado (PRIM) registraron días con mala calidad del aire (rojo) por PM_{10} en 2017, con un

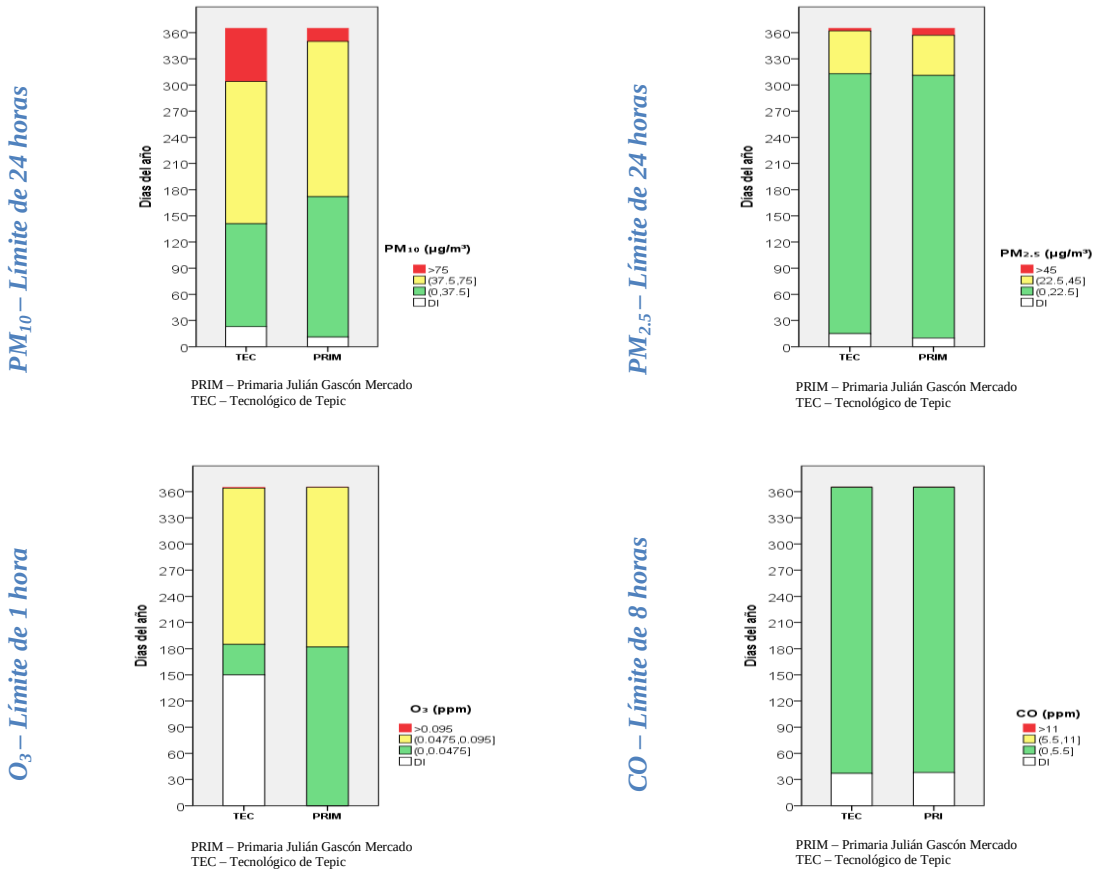
total de 61 y 15 días, respectivamente. En ambas también se presenta un número importante días con calidad del aire regular, 163 y 178 respectivamente.

- Con respecto a las partículas suspendidas $PM_{2.5}$, también registraron durante el año 2017 días con mala calidad en las 2 estaciones. La estación PRIM registró 8 días con mala calidad del aire y la estación Tecnológico (TEC) 3 días.

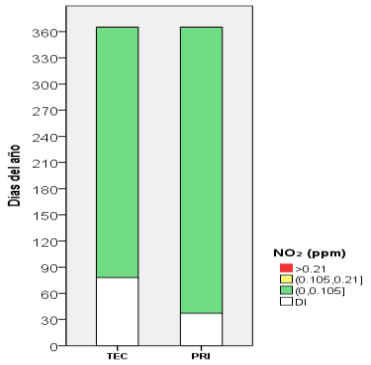
- Sólo la estación Tecnológico (TEC) registró un día con mala calidad del aire por ozono durante el 2017.

- Con respecto al monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre se observa que no se registró ni un día con mala calidad del aire por estos contaminantes en ninguna estación de monitoreo y que en la mayoría de ellas predominaron los días con buena calidad del aire.

Figura 13.3 Distribución de los días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo en Nayarit, en el año 2017.

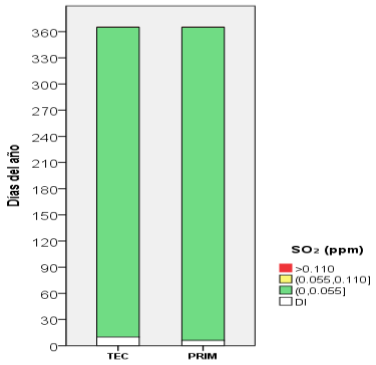


NO_2 – Límite de 1 hora



PRIM – Primaria Julián Gascón Mercado
TEC – Tecnológico de Tepic

SO_2 – Límite de 24 horas



PRIM – Primaria Julián Gascón Mercado
TEC – Tecnológico de Tepic

La Tabla 13.3 muestra el porcentaje de días del año 2017 con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y dióxido de nitrógeno, de 8 horas de monóxido de carbono y de 24 horas de partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y dióxido de azufre. En ella se aprecia que el contaminante que con mayor frecuencia determina una condición de mala calidad del aire en la región son las PM_{10} y las $PM_{2.5}$, seguidas por el O_3, en tanto que CO, NO_2 y SO_2, no representaron un problema de calidad del aire al no registrar concentraciones superiores al límite normado correspondiente en ninguno de los días con información válida y suficiente.

Tabla 13.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de O_3 y NO_2, de 8 horas de CO y de 24 horas de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y SO_2 en Nayarit, 2017.

PM_{10}	No días con datos válidos	363
	No días > 75 µg/m³	64
	% días > 75 µg/m³	**18%**
$PM_{2.5}$	No días con datos válidos	365
	No días > 45 µg/m³	9
	% días > 45 µg/m³	**3%**
O_3	No días con datos válidos	365
	No días > 0.095 ppm	1
	% días > 0.095 ppm	**0.3%**

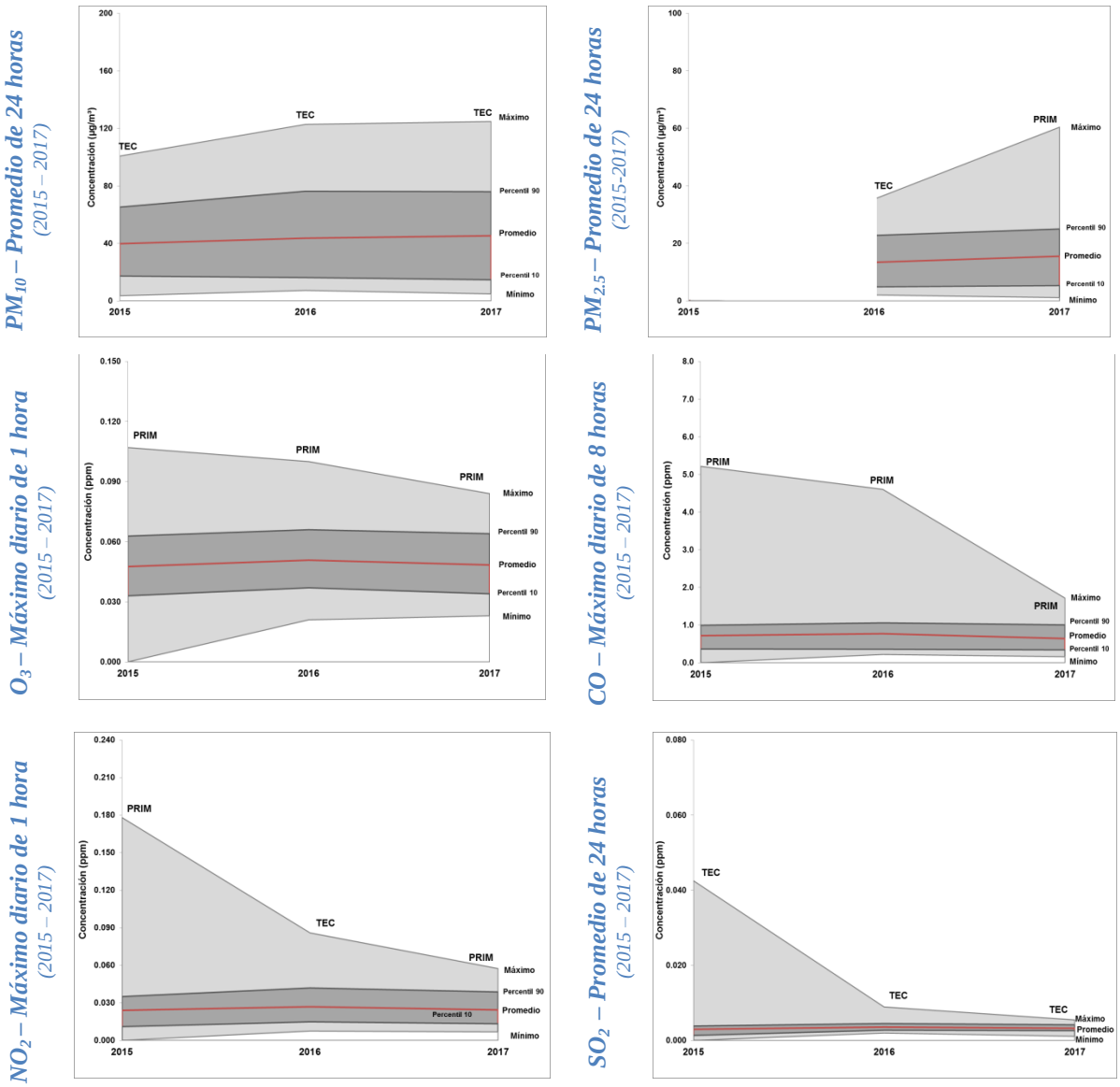
CO	No días con datos válidos	357
	No días > 11 ppm	0
	% días > 11 ppm	0%
NO_2	No días con datos válidos	364
	No días > 0.210 ppm	0
	% días > 0.210 ppm	**0%**
SO_2	No días con datos válidos	365
	No días > 0.110 ppm	0
	% días > 0.110 ppm	**0%**

13.4 Tendencia de los datos diarios

La Figura 13.4 muestra la tendencia del mínimo, el máximo, el promedio y los percentiles 10 y 90 para cada contaminante durante el periodo 2015 a 2017 de acuerdo con la disponibilidad de información. En el caso de las PM_{10} se observa una tendencia creciente entre 2015 y 2016 en todos los indicadores referidos, siendo más evidente en el promedio, el percentil 90 y los máximos; sin

embargo, del año 2016 al 2017 se observan valores similares en los indicadores analizados. En cuanto a las $PM_{2.5}$, del año 2016 al 2017 se aprecia que el promedio y el percentil 90 presentan una ligera tendencia al alza, pero el máximo muestra un crecimiento importante, en 2015 no se contó con información suficiente para generar los indicadores. El ozono, por su parte, muestra de 2016 a 2017 una tendencia decreciente en el percentil 10, el promedio, el percentil 90 y el máximo. Con respecto del SO_2, CO y NO_2 se observa una tendencia decreciente en el periodo analizado, principalmente para el valor máximo.

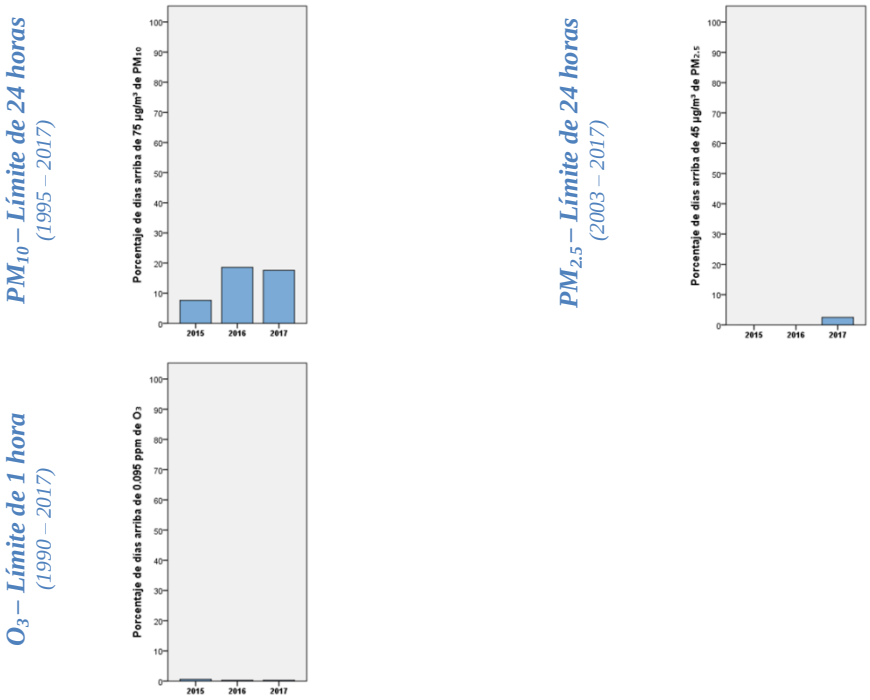
Figura 13.4 Tendencia de las concentraciones diarias, por contaminante, en Nayarit en el periodo 2015 – 2017.



13.5 Porcentaje de días por año en que se rebasa el límite normado de cada contaminante.

La Figura 13.5 presenta la evolución del porcentaje de días por año con concentraciones superiores al límite normado vigente para cada contaminante. En ella se observa que las PM_{10} registraron del 2015 al 2016 un alza, en donde el porcentaje de los días por arriba de norma pasaron del 8% al 19%, para el 2017 se presentó un ligero descenso, con un porcentaje de 18% de los días por arriba del límite de 24 horas (75 µg/m³). Las $PM_{2.5}$, por su parte, presentaron un incremento del 2015 al 2017 para situarse en un 3% de los días en esta condición, después de haber permanecido sin días fuera de norma durante el 2015 y 2016. El ozono muestra una tendencia decreciente desde el 2015 hasta 2017, periodo en el que se pasó del 0.6% al 0.3% de los días del año con concentraciones superiores al límite de 0.095 ppm. Finalmente, el CO, NO_2 y SO_2, no han registrado concentraciones superiores a los límites normados vigentes durante el periodo 2015 - 2017, más bien se observa una disminución constante de las concentraciones de estos contaminantes.

Figura 13.5 Tendencia del porcentaje de días, por año, con concentraciones superiores a los límites normados vigentes de cada uno de los contaminados analizados, en el periodo 2015 – 2017.



Nota: No se muestran gráficas de CO, NO_2 y SO_2 porque no se exceden los límites de estos contaminantes en ningún día durante el periodo evaluado (2015 – 2017).

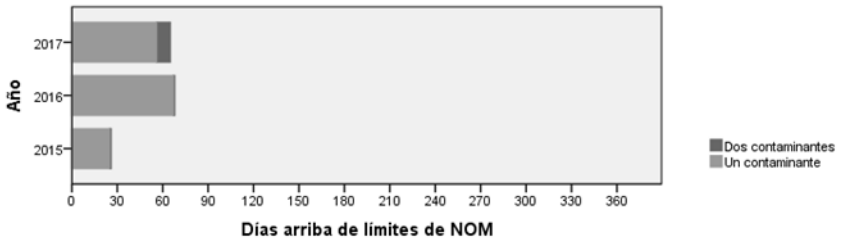
13.6 Número de días por año en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante.

Finalmente, la Tabla 13.4 y la Figura 13.6 muestran la tendencia histórica del número de días por año en que se incumplió cualquier norma vigente de calidad del aire en la ciudad de Tepic, Nayarit. Por ejemplo, en 2016 que es el año con las peores condiciones de acuerdo con este indicador, se incumplió al menos una de las normas de calidad del aire en 68 de los 366 días con datos. De ellos, en 67 días se rebasó el límite de 1 solo contaminante, y en 1 día el límite de 2 contaminantes. En 2015, por el contrario, que se identifica como el año más limpio en el periodo analizado, se rebasó al menos uno de los límites normados vigentes en 26 de los 336 días con datos; en 25 días se rebasó el límite normado de 1 contaminante, y en 1 día el de dos contaminantes. Sin embargo, se observa que para el 2017 se rebasó alguno de los límites normados en 65 de los 365 días con datos, de ellos, en 56 se rebasó el límite de 1 solo contaminante, pero en 9 días el límite de 2 contaminantes.

Tabla 13.4 Número de días, por año, en que se rebasa cualquier norma vigente de calidad del aire en Nayarit, 2015 – 2017.

Año	No. de días con datos	No. de días > NOM	Número de días con concentraciones por arriba de los límites actuales de cualquier contaminante			
			1 Contaminante	2 Contaminantes	3 Contaminantes	4 Contaminantes
2015	336	26	25	1	0	0
2016	366	68	67	1	0	0
2017	365	65	56	9	0	0

Figura 13.6 Número de días, por año, en que se rebasó cualquier norma vigente de calidad del aire en Nayarit, 2015 – 2017.



Las combinaciones de contaminantes cuyo límite normado es rebasado en un mismo día han permanecido casi constantes durante el periodo de 2015 – 2017 para el caso de la ciudad de Tepic, Nayarit. Cuando es un solo contaminante el que rebasa la norma es principalmente por PM_{10}, mientras que cuando se trata de 2 contaminantes las combinaciones más comunes han sido O_3 y PM_{10} o PM_{10} y $PM_{2.5}$.

En 2017 el estado de Nayarit contó con 2 estaciones de monitoreo de calidad del aire localizadas en la ciudad de Tepic. Con la información generada durante ese año, se pudo evaluar el cumplimiento de la Norma de PM_{10}, de las dos estaciones y en ambas se incumplió con la misma, al rebasar en ambas estaciones al menos uno de los límites normados. Las concentraciones más altas de este contaminante se presentaron en la estación Tecnológico de Tepic - TEC.

Por otra parte, los límites normados de $PM_{2.5}$ se rebasaron en las 2 estaciones de monitoreo donde se llevó a cabo su medición. Las concentraciones más altas, para el promedio de 24 horas y promedio anual, se presentaron en la estación Primaria Julián Gascón Mercado – PRIM.

En cuanto al ozono, medido en ambas estaciones de monitoreo, se incumplió la Norma en la estación Primaria Julián Gascón Mercado – PRIM, donde se superaron tanto el límite de 1 hora, como el de 8 horas.

Los límites normados de monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre se cumplieron en las 2 estaciones de monitoreo donde fueron medidos.

El límite normado de 24 horas de PM_{10} se rebasó con más frecuencia en la estación Tecnológico de Tepic (61 días), mientras que el límite de $PM_{2.5}$ fue rebasado más frecuentemente en la estación Primaria Julián Gascón Mercado con 8 días durante el 2017. La Norma de ozono se rebasó sólo un día y fue en la estación Tecnológico de Tepic. En menos del 1% de los días del año se rebasó el límite normado de 1 hora de ozono, en el 18% de los días el límite normado de 24 horas de PM_{10} y el 3% de los días el límite normado de 24 horas de $PM_{2.5}$.

La tendencia histórica tanto de las concentraciones máximas como del número de días con concentraciones superiores a los límites normados vigentes de $PM_{2.5}$ muestran una tendencia a la alza, mientras que para las PM_{10} se observa un comportamiento poco variable y para el O_3 una disminución en los indicadores.

14. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE NUEVO LEÓN.

14.1 Información general.

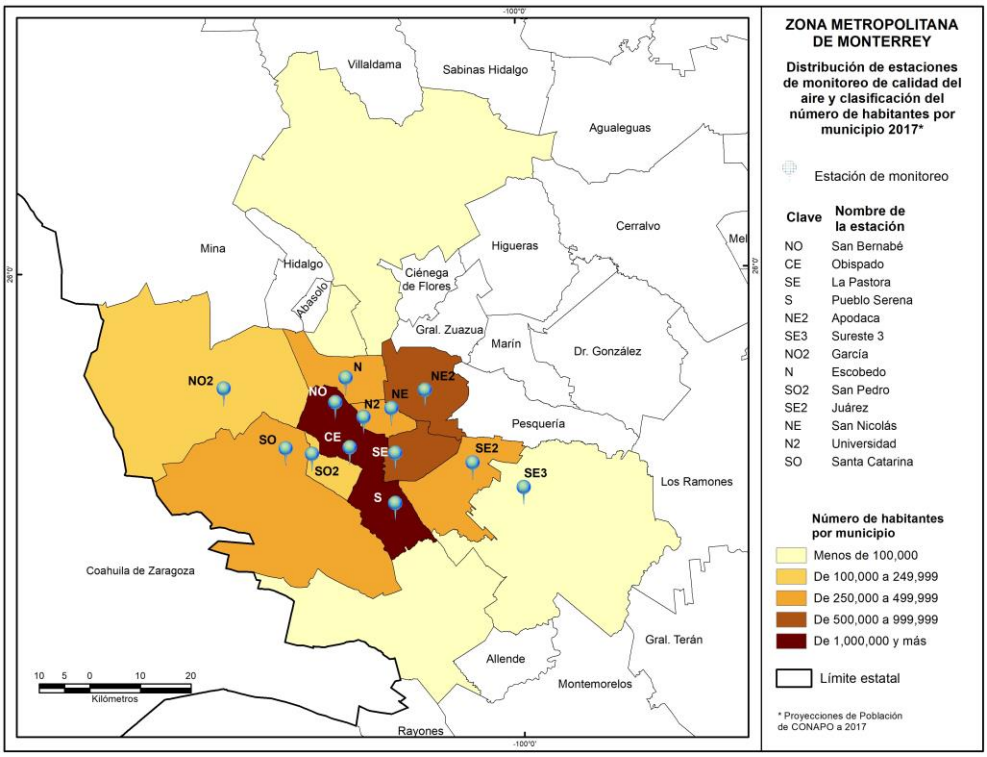
En el año 2017 el sistema de monitoreo de la calidad del aire (SMCA) de Nuevo León, a cargo de la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado, estuvo conformado por la Red de Monitoreo del Área Metropolitana de Monterrey (AMM), la cual quedó constituida por 13 estaciones de monitoreo automático. Tres estaciones se localizan en el municipio de Monterrey (Obispado – CE, San Bernabé – NO y Pueblo Serena - S), dos en San Nicolás de los Garza (San Nicolás – NE y Universidad – N2) y una más en cada uno de los siguientes municipios: Apodaca (Apodaca – NE2), General Escobedo (Escobedo – N), García (García – NO2), Cadereyta (Sureste 3- SE3), Juárez (Juárez - SE2), Guadalupe (La Pastora – SE), San Pedro Garza García (San Pedro – SO2) y Santa Catarina (Santa Catarina – SO). La Tabla 14.1 muestra las estaciones de monitoreo que conformaron el SMCA de Nuevo León en el año 2017, sus capacidades de medición de contaminantes y el año en que cada una de ellas inició su operación. Por otra parte, la Figura 14.1, muestra la ubicación geográfica de cada una de las estaciones de monitoreo antes referidas.

Tabla 14.1 Estaciones que conformaron el SMCA de Nuevo León en el año 2017 y capacidades de medición de contaminantes.

Municipio	Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes					
				PM_{10}	$PM_{2.5}$	O_3	SO_2	NO_2	CO
Monterrey	Obispado	CE	Aut. 1992	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	San Bernabé	NO	Aut. 1992	✓	¤	✓	✓	✓	✓
	Pueblo Serena	S	Aut. 2017	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Apodaca	Apodaca	NE2	Aut. 2012	✓	✓	✓	✓	✓	✓
General Escobedo	Escobedo	N	Aut. 2009	✓	¤	✓	✓	✓	✓
García	García	NO2	Aut. 2009	✓	¤	✓	✓	✓	✓
Cadereyta	Sureste 3	SE3	Aut. 2017	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Juárez	Juárez	SE2	Aut. 2012	✓	¤	✓	✓	✓	✓
Guadalupe	La Pastora	SE	Aut. 1992	✓	✓	✓	✓	✓	✓
San Nicolás	San Nicolás	NE	Aut. 1992	✓	¤	✓	✓	✓	✓
	Universidad	N2	Aut. 2017	✓	✓	✓	✓	✓	✓
San Pedro	San Pedro	SO2	Aut. 2014	✓	¤	✓	✓	✓	✓
Santa Catarina	Santa Catarina	SO	Aut. 1992	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Aut. = Equipo automático; ✓ = Cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante; ¤ = No se cuenta con equipo de medición de este contaminante
Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Gobierno del Estado de Nuevo León.

Figura 14.1 Red de Monitoreo de la Calidad del Aire del AMM, 2017.



14.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en el AMM para el año 2017 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las NOM en la materia y la distribución del número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo. Así mismo, se incluye una descripción, a nivel de toda el área metropolitana, sobre las tendencias del año 1993 a 2017 con respecto al promedio, mínimo, máximo y percentiles 10 y 90 de las concentraciones diarias, número de días con concentraciones superiores a los límites normados vigentes para cada contaminante y, número de días en que se rebasa cualquier norma de calidad del aire.

14.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire.

Los resultados de esta evaluación se presentan en la Figura 14.2 y en la Tabla 14.2. En ellas se puede apreciar que en AMM se incumplieron las normas de partículas (PM_{10}) y de ozono en todas las estaciones de monitoreo como consecuencia de haber registrado concentraciones superiores a los dos límites normados de cada contaminante. Por otra parte, los límites normados de monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre se cumplieron en todas las estaciones de

monitoreo donde fue posible su evaluación. El cumplimiento de la Norma de $PM_{2.5}$ no pudo ser evaluado en ninguna estación de monitoreo por insuficiencia de información. La estación Juárez (SE2), ubicada en el municipio del mismo nombre registró las concentraciones más altas de ozono (1 hora) y PM_{10} (24 horas). Dichas concentraciones fueron de 0.185 ppm y 243 µg/m^3, respectivamente, las cuales equivalen a 1.9 y 3.2 veces el límite normado correspondiente.

Figura 14.2 Evaluación del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en el AMM, en el año 2017.

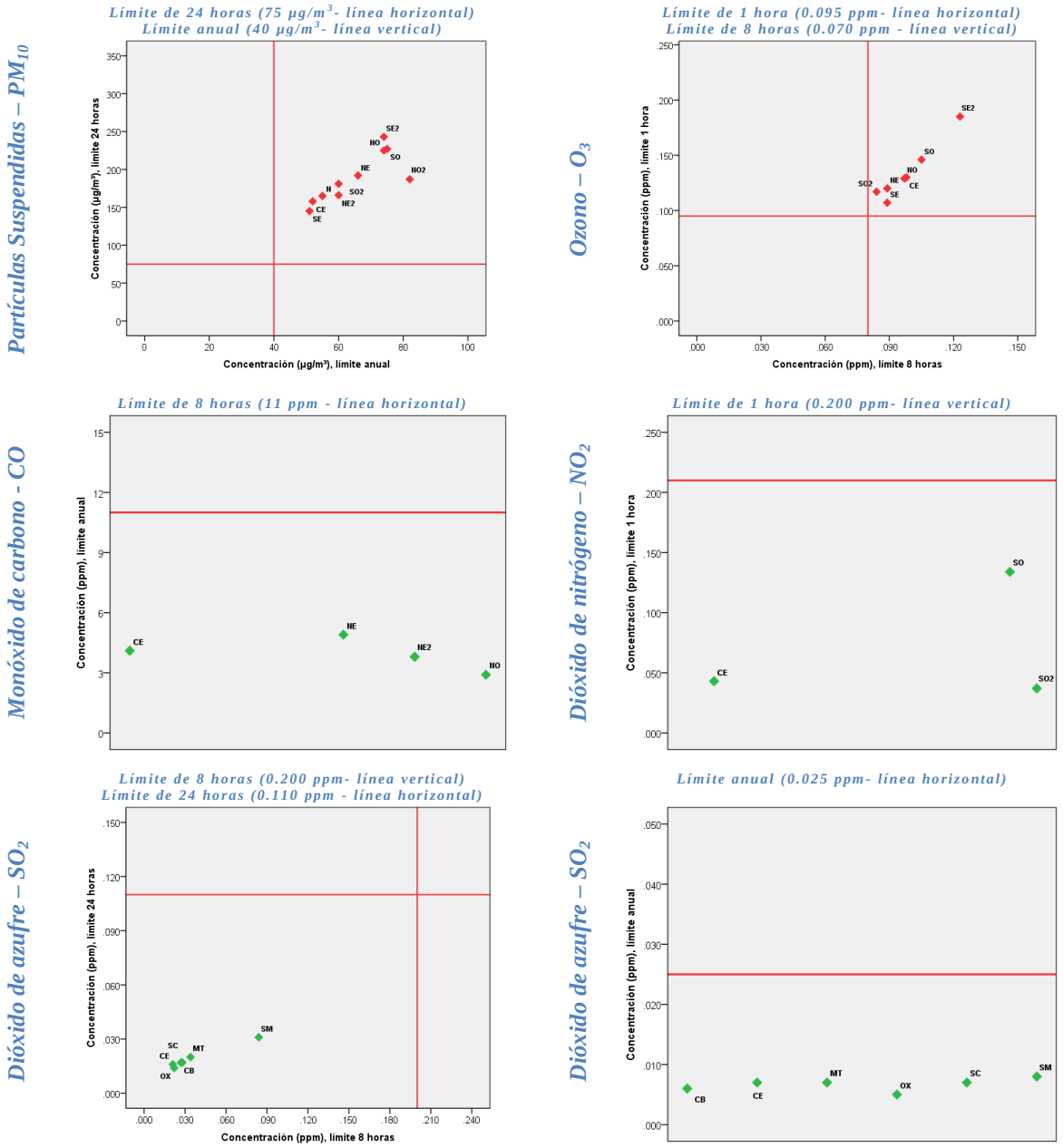


Tabla 14.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en el AMM, en el año 2017.

Contaminante	Límite normado		Estación												
			Monterrey			Apodaca	Escobedo	García	Cadereyta	Juárez	Guadalupe	San Nicolás		San Pedro	Santa Catarina
			CE	NO	S	NE2	N	NO2	SE3	SE2	SE	NE	N2	SO2	SO
(1)PM_{10}	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m^3	158	225	DI	166	165	187	DI	243	145	192	DI	181	227
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m^3	52	74	DI	60	55	82	DI	74	51	66	DI	60	75
(1)$PM_{2.5}$	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m^3	DI	¤	DI	DI	¤	¤	DI	¤	DI	¤	DI	¤	DI
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m^3	DI	¤	DI	DI	¤	¤	DI	¤	DI	¤	DI	¤	DI
(2)O_3	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	0.130	0.129	DI	FO	DI	DI	DI	0.185	0.107	0.120	DI	0.117	0.146
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	0.098	0.097	DI	FO	DI	DI	DI	0.123	0.089	0.089	DI	0.084	0.105
(3)CO	8 hrs	2°Máximo ≤ 11 ppm	4	3	DI	4	DI	3	DI	DI	3	5	DI	3	4
(4)NO_2	1 hr	2°Máximo ≤ 0.210 ppm	0.043	FO	DI	FO	DI	DI	DI	DI	FO	DI	DI	0.037	0.0134
(5)SO_2	8 hrs	2°Máximo ≤ 0.200 ppm	DI	0.022	DI	DI	DI	FO	DI	0.055	0.034	0.043	DI	0.018	0.017
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	DI	0.011	DI	DI	DI	FO	DI	0.027	0.018	0.023	DI	0.010	0.011
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	DI	0.006	DI	DI	DI	FO	DI	0.012	0.011	0.012	DI	0.005	0.006

(1) NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a);
(2) NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b);
(3) NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1993);
(4) NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994);
(5) NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010).

FO = Fuera de operación por reubicación.
DI = Datos insuficientes.
= Cumple con el límite normado.
= No cumple con el límite normado.
¤ = No cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.

- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año, ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas, 24 horas o anual, de acuerdo al contaminante y límite normado.
- Las NOM de partículas, ozono y dióxido de azufre se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen todos los límites normados.

14.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala.

Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en el año 2017 en términos de la frecuencia con que se presentan días con calidad del aire buena, regular y mala con respecto a cada contaminante de acuerdo con los intervalos definidos en la sección 3.3.2 del capítulo de metodología. En este contexto, en la Figura 14.3 se puede observar que:

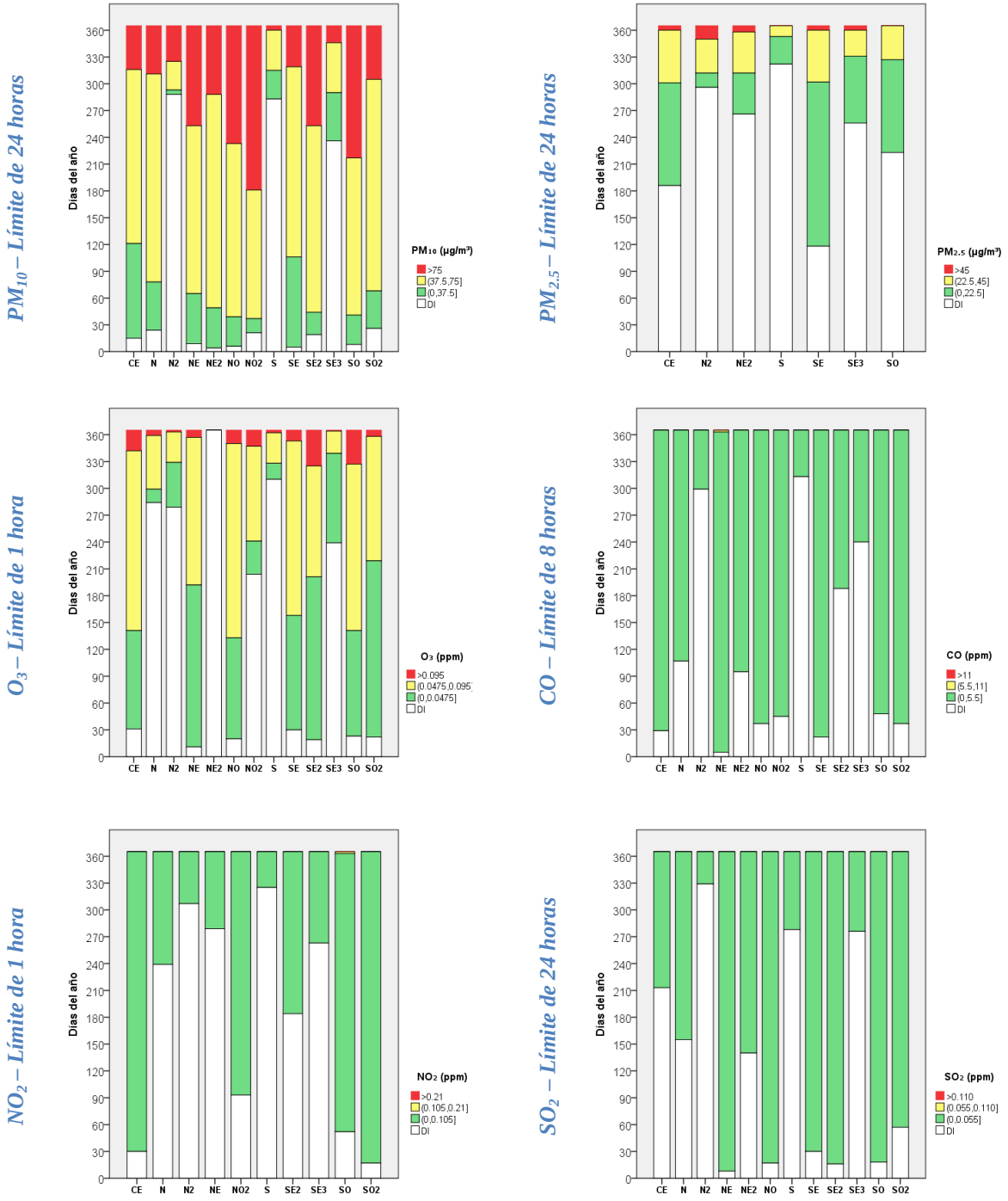
- En todas las estaciones de monitoreo se presentaron días con mala calidad del aire por PM_{10} (rojo). Sin embargo, son las estaciones NO2 (García) y SO (Santa Catarina) las que con mayor frecuencia presentaron esta condición (184 y 148 días del total de días del año 2017, respectivamente). Destaca también que en las tres estaciones que entraron en operación en 2017 (Universidad – N2, Pueblo Serena – S y Sureste 3 -SE3) se presentan días con mala calidad del aire aun cuando sólo tuvieron información disponible para menos del 40% de los días del año.

- En cuanto a las $PM_{2.5}$ se puede destacar la presencia de días con mala calidad del aire en la mayoría de las estaciones donde se mide este contaminante. Esta situación sin embargo, no se reflejó en incumplimiento de la NOM correspondiente debido a que no se generó información suficiente para poder llevar a cabo tal evaluación con los criterios de suficiencia de datos que se establecen en la misma. La mayor cantidad de días con mala calidad del aire por $PM_{2.5}$ se registró en San Nicolás de los Garza (N2).

- En todas las estaciones de monitoreo que midieron ozono en 2017 se presentaron días con mala calidad del aire por este contaminante, siendo las estaciones como SE2 (en Juárez), SO (Santa Catarina) y CE (en Monterrey) las que presentaron una mayor cantidad de días en esta condición con 40, 38 y 23 días, respectivamente.

- Las concentraciones de CO, NO_2 y SO_2 registradas en todas las estaciones de monitoreo se mantuvieron permanentemente por debajo de los límites normados, situación por la cual en 2017 no se registró ningún día con mala calidad del aire por estos contaminantes en el AMM.

Figura 14.3 Distribución de los días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo en el AMM, en el año 2017.



CE – Obispado;
NO – San Bernabé;
S – Pueblo Serena;
NE2 – Apodaca;
N – Escobedo;
NO2 – García;
SE3 – Sureste 3;
SE2 – Juárez;
SE – La Pastora;
NE – San Nicolás
N2 – Universidad;
SO2- San Pedro;
SO – Santa Catarina

La Tabla 14.3 muestra el porcentaje de días del año 2017 con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y dióxido de nitrógeno, de 8 horas de monóxido de carbono y de 24 horas de partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y dióxido de azufre a nivel de toda la zona metropolitana. En ella se aprecia que el contaminante que con mayor frecuencia determina una condición de mala calidad del aire en la región son las PM_{10} (60%) seguido del O_3 (21%) y las $PM_{2.5}$ (6%), en tanto que CO, NO_2 y SO_2, no representaron un problema de calidad del aire al no registrar en ninguno de los días con información válida y suficiente concentraciones superiores al límite normado correspondiente.

Tabla 14.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de O_3 y NO_2, de 8 horas de CO y de 24 horas de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y SO_2 en el AMM en 2017.

PM_{10}*	No días con datos válidos	365
	No días > 75 µg/m³	220
	% días > 75 µg/m³	**60%**
$PM_{2.5}$*	No días con datos válidos	325
	No días > 45 µg/m³	20
	% días > 45 µg/m³	**6%**
O_3*	No días con datos válidos	365
	No días > 0.095 ppm	77
	% días > 0.095 ppm	**21%**

CO*	No días con datos válidos	365
	No días > 11 ppm	0
	% días > 11 ppm	**0%**
NO_2*	No días con datos válidos	365
	No días > 0.210 ppm	0
	% días > 0.210 ppm	**0%**
SO_2*	No días con datos válidos	365
	No días > 0.110 ppm	0
	% días > 0.110 ppm	**0%**

* Estimado con datos provenientes de monitoreo automático.

14.4 Tendencia de los datos diarios.

La Figura 14.4 muestra la tendencia de las concentraciones mínima, máxima, promedio y percentiles 10 y 90 para cada contaminante, a nivel de toda el área metropolitana, en el periodo 1993 a 2017 de acuerdo con la disponibilidad de información.

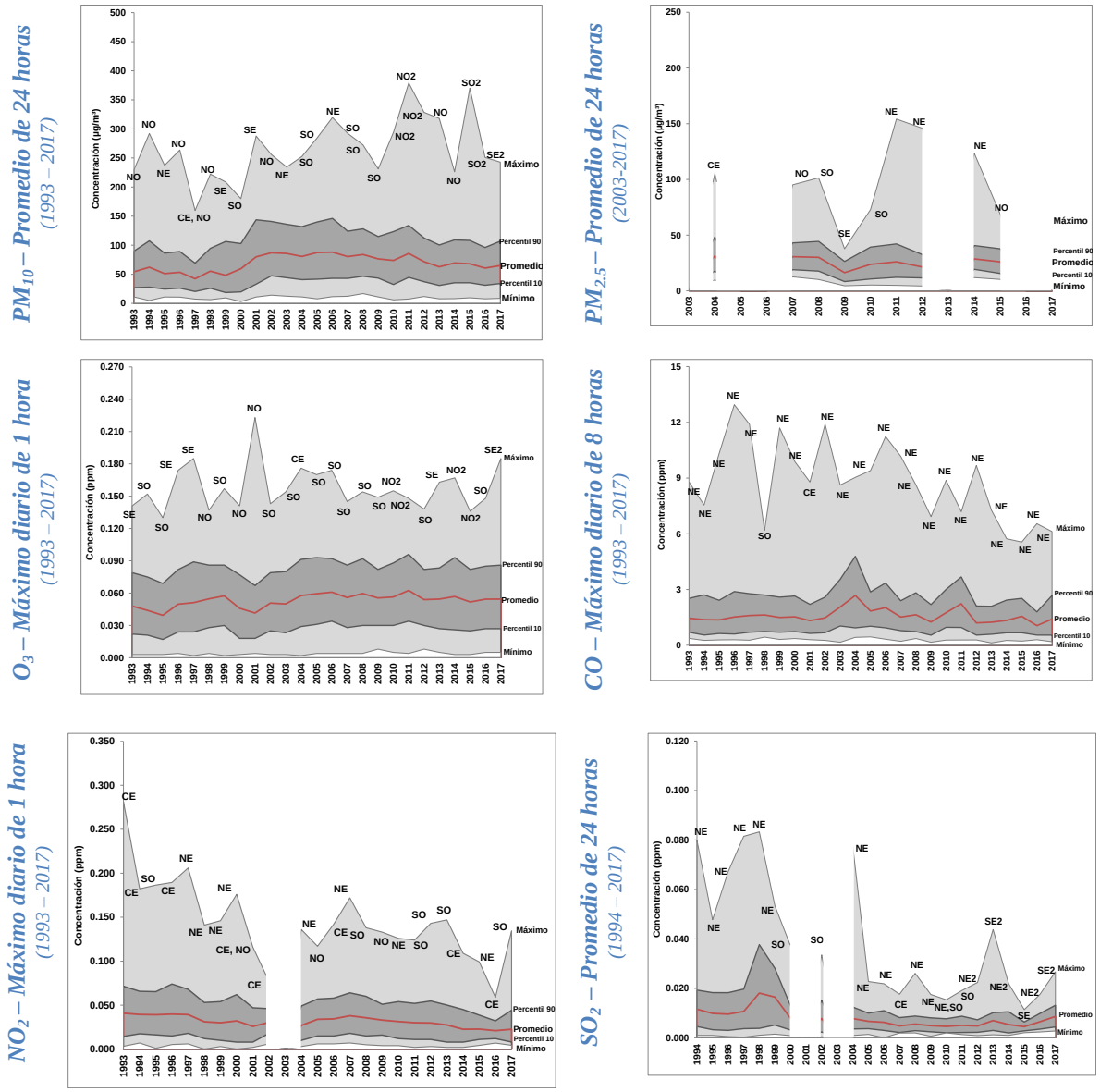
En el caso de las PM_{10} las concentraciones máximas muestran fluctuaciones aleatorias pero con una tendencia a la alza, especialmente entre 1997 y 2017, contrario a lo observado con el promedio y los percentiles 10 y 90 en los que se observa una tendencia decreciente entre 2001 y 2017, alcanzando cierta estabilización en los últimos cinco años.

En cuanto a las $PM_{2.5}$ no es posible establecer una tendencia para ningún indicador dada la escasez y la dispersión de la información disponible en el periodo analizado.

En el caso del ozono se observa, en todos los indicadores, una variación aleatoria pero con una tendencia ligeramente a la alza.

Finalmente, con respecto a CO, NO_2 y SO_2, aún en la variabilidad anual de las concentraciones es posible identificar una ligera tendencia a la baja en todos los indicadores, siendo especialmente claro en el caso de los máximos.

Figura 14.4 Tendencias de las concentraciones diarias, por contaminante, en el AMM en el periodo 1993 – 2017.



14.5 Porcentaje de días por año en que se rebasa el límite normado de cada contaminante.

La Figura 14.5 presenta la evolución del porcentaje de días por año con concentraciones superiores al límite normado vigente para cada contaminante a nivel de toda el área metropolitana. En ella destaca, con respecto a las PM_{10}, que mientras en el periodo 1993 a 2004 se registró una tendencia creciente de este indicador la misma cambió a decreciente en el periodo 2005 a 2017, ello a pesar de que en el año 2011 se registró la mayor cantidad de días en esta condición con un total de 318, lo que representó el 87% de los días del año.

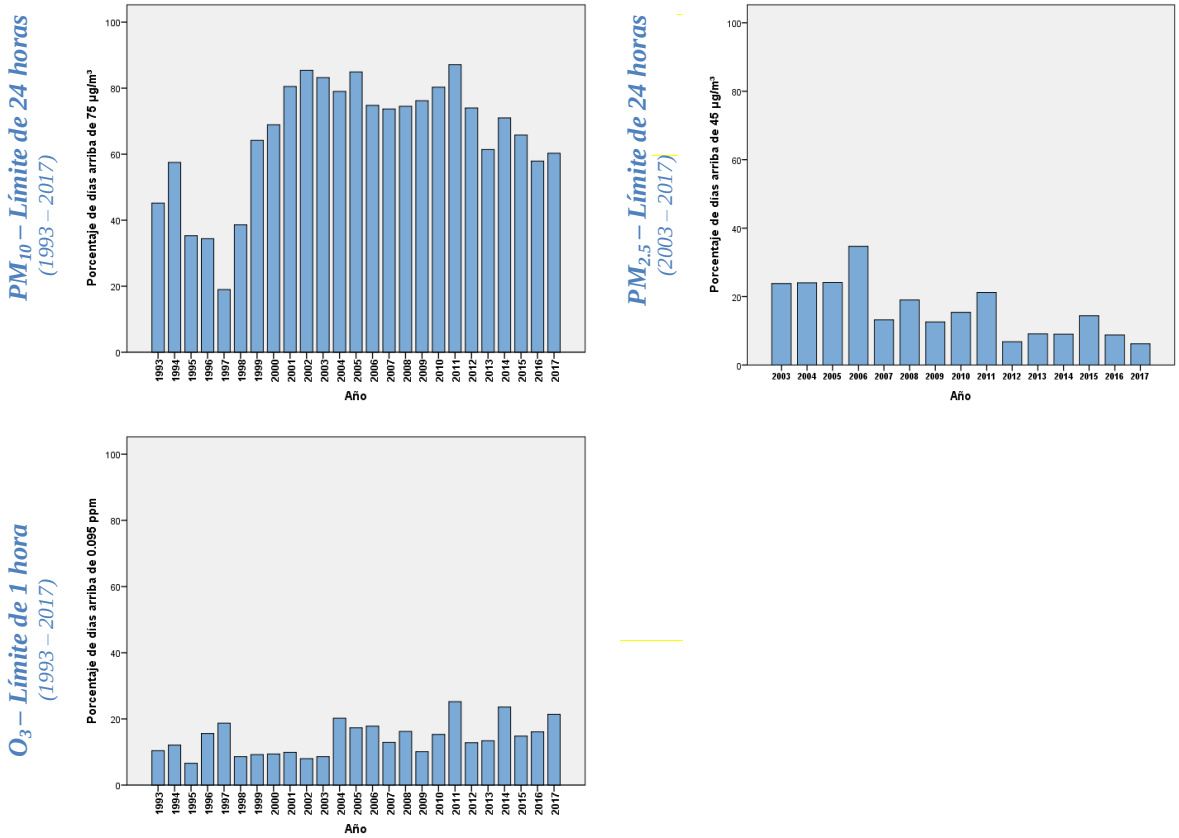
Las $PM_{2.5,}$ por su parte, presentaron una tendencia general a la baja, especialmente entre 2006 y 2017, después de haber experimentado tres años (2003 a 2005) con condiciones muy similares con respecto a este indicador.

La tendencia histórica general de este indicador con respecto al ozono ha sido a la alza, si bien es cierto que existen fluctuaciones a la alza y a la baja de un año a otro. En general, destaca también que en los tres años más recientes el número de días con concentraciones superiores al límite normado actual ha aumentado de manera consistente pasando de 54 días en 2015 a 78 días en 2017. Cifras que representaron el 15% y el 21% de los días de cada año. El año con las peores condiciones por ozono de acuerdo con este indicador ha sido 2011 con un total de 92 días con esta condición, los cuales equivalen al 25% de los días del año.

No se incluyeron las gráficas correspondientes a CO y NO_2 debido a que los límites respectivos se han rebasado en muy pocos días. En el caso del CO, el limite normado vigente se rebasó dos días en 1996, 1999 y 2002 y en un sólo día en 1997 y 2006, en tanto que el límite de NO_2 sólo se rebasó una sola vez en 1993.

Finalmente, es oportuno destacar que el SO_2 no ha registrado concentraciones superiores al límite diario vigente en ninguno de los años con información disponible (1993-2017).

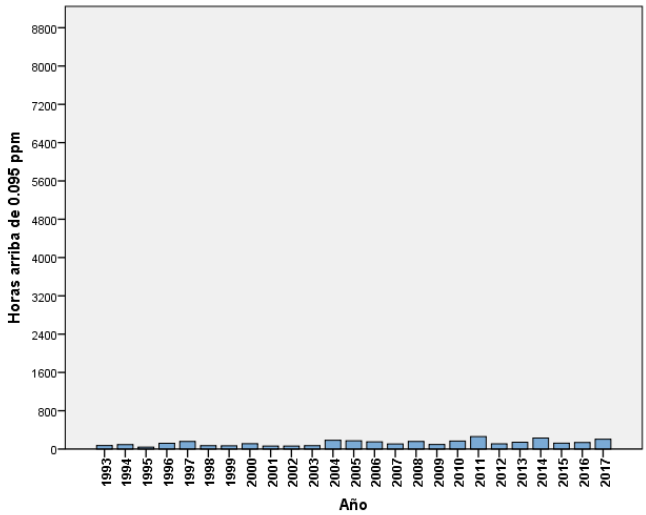
Figura 14.5 Tendencia del porcentaje de días, por año, con concentraciones superiores a los límites normados vigentes de cada uno de los contaminantes analizados, en el periodo 1993 – 2017.



14.6 Número de horas por año en que se rebasa el límite normado de ozono.

Otro indicador útil para visualizar con detalle la evolución de los problemas de calidad del aire por ozono a través de tiempo es el número de horas al año en el que se rebasa el límite normado de una hora. En este caso el indicador se generó a nivel de toda el área metropolitana y la Figura 14.6 muestra un comportamiento con fluctuaciones aleatorias pero sin tendencia en el periodo analizado. Además se puede observar que en los años 2011, 2014 y 2017 se superaron las 200 horas con concentraciones superiores al límite normado de ozono, lo que representa entre el 2.3% y el 3% de todas las horas en un año. En relación al número total de horas de un año estas cifras parecen poco significativas, sin embargo, para poner en su justa dimensión dichos números es necesario recordar que la norma de este contaminante establece que el valor normado no debe ser rebasado ni una sola vez.

Figura 14.6 Tendencia del número de horas, por año, con concentraciones superiores a 0.095 ppm de ozono en el periodo 1993 – 2017.



14.7 Número de días por año en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante.

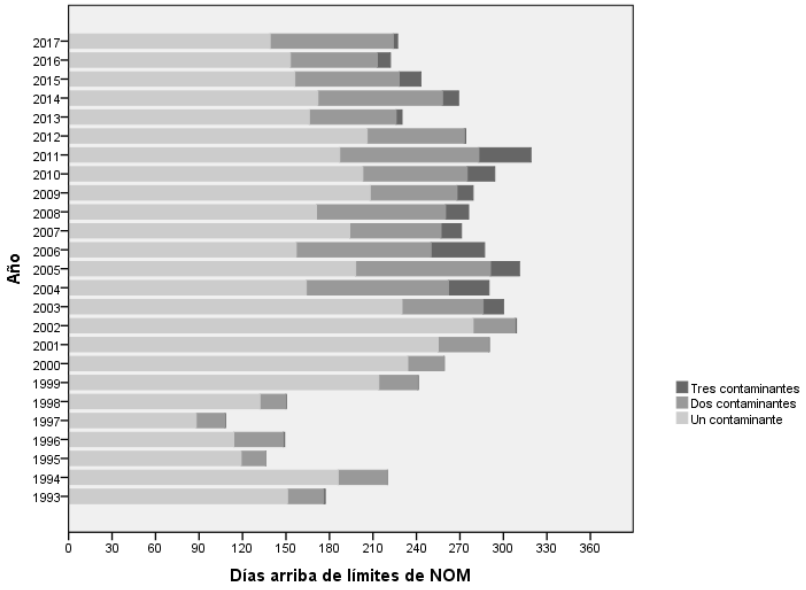
Finalmente, la Tabla 14.4 y la Figura 14.7 muestran la tendencia histórica del número de días por año en que se incumplió cualquier norma vigente de calidad del aire a nivel de toda el área metropolitana. De acuerdo con los datos disponibles, 2011 ha sido el año con las peores condiciones de calidad del aire al registrar en 319 de los 365 días del año concentraciones que superaron el límite normado de al menos un contaminante. De ellos en 187 días se rebasó el límite de un contaminante, en 96 días el límite de dos contaminantes y en 36 días en límite de tres contaminantes. Cuando sólo se rebasó el límite de un contaminante en la mayoría de las ocasiones (186 días) se debió a la superación del límite normado de PM_{10}, cuando se superaron dos límites la mayoría de las ocasiones correspondió a la combinación PM_{10}-O_3 con 55, seguido de la combinación PM_{10}-$PM_{2.5}$ con 41 y cuando se rebasaron tres límites normados la combinación siempre fue PM_{10}-$PM_{2.5}$-O_3.

Por otra parte, el año con las mejores condiciones de acuerdo con este indicador ha sido, hasta ahora, el año 1997, en el cual se incumplió al menos una de las normas de calidad del aire en 108 de los 362 días con datos. De ellos, en 88 días se rebasó el límite de 1 contaminante y en 20 días el límite de 2 contaminantes. Es importante destacar, sin embargo, que las $PM_{2.5}$ se empezaron a medir en el año 2003.

Tabla 14.4 Número de días, por año, en que se rebasa cualquier norma vigente de calidad del aire en el Área Metropolitana de Monterrey, 1993 – 2017.

Año	No. de días con datos	No. de días > NOM	Número de días con concentraciones por arriba de los límites actuales de cualquier contaminante			
			1 Contaminante	2 Contaminantes	3 Contaminantes	4 Contaminantes
1993	365	177	151	25	1	0
1994	365	220	186	34	0	0
1995	365	136	119	17	0	0
1996	366	149	114	34	1	0
1997	362	108	88	20	0	0
1998	365	150	132	18	0	0
1999	363	241	214	27	0	0
2000	363	259	234	25	0	0
2001	365	290	255	35	0	0
2002	362	309	279	29	1	0
2003	359	300	230	56	14	0
2004	366	290	164	98	28	0
2005	365	311	198	93	20	0
2006	365	287	157	93	37	0
2007	365	271	194	63	14	0
2008	365	276	171	89	16	0
2009	365	279	208	60	11	0
2010	365	294	203	72	19	0
2011	365	319	187	96	36	0
2012	366	274	206	67	1	0
2013	365	230	166	60	4	0
2014	365	269	172	86	11	0
2015	365	243	156	72	15	0
2016	366	222	153	60	9	0
2017	365	227	139	85	3	0

Figura 14.7 Número de días, por año, en que se rebasó cualquier norma vigente de calidad del aire en el Área Metropolitana de Monterrey, 1993 – 2017.



Se mantienen presentes los problemas de calidad del aire tanto por PM_{10} como por O_3 en el Área Metropolitana de Monterrey, pues en todas las estaciones de monitoreo en donde fue posible llevar a cabo la evaluación del cumplimiento de estas Normas se rebasaron los dos límites establecidos en las mismas.

A nivel de municipio, las concentraciones más elevadas de PM_{10}, como promedio de 24 horas se presentaron en Juárez, en tanto que como promedio anual esto ocurrió en García. Estas concentraciones fueron de 243 $\mu g/m^3$ y 82 $\mu g/m^3$, que equivalen a 3 y 2 veces el límite normado respectivo.

Por su parte, las concentraciones más altas de ozono tanto como promedio de 1 hora como de 8 horas, se presentaron en Juárez y fueron equivalentes a casi dos veces el límite normado correspondiente.

El cumplimiento o no de la Norma de $PM_{2.5}$ no se pudo evaluar en ninguna estación de monitoreo debido a que no se generó información suficiente para ello. Sin embargo, el problema de calidad del aire por este contaminante quedó revelado por el indicador sobre días con calidad del aire buena, regular y mala pues el mismo hizo patente la presencia de días con concentraciones superiores a la norma en la mayoría de las estaciones de monitoreo.

Las normas de monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre se cumplieron en todas las estaciones de monitoreo donde fue posible su evaluación.

En general, en 2017 en el 60% de los días del año se rebasó el límite normado para PM_{10}, en el 21% de los días el límite de ozono y en el 6% de los días el límite de $PM_{2.5}$.

Los indicadores de tendencia para las PM_{10} muestran que las concentraciones máximas han venido aumentado en los últimos 20 años aunque la tendencia de las concentraciones promedio y del percentil 90 ha disminuido. El ozono, por el contrario muestra una ligera tendencia a la alza en todos sus indicadores.

15. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE OAXACA.

15.1 Información general.

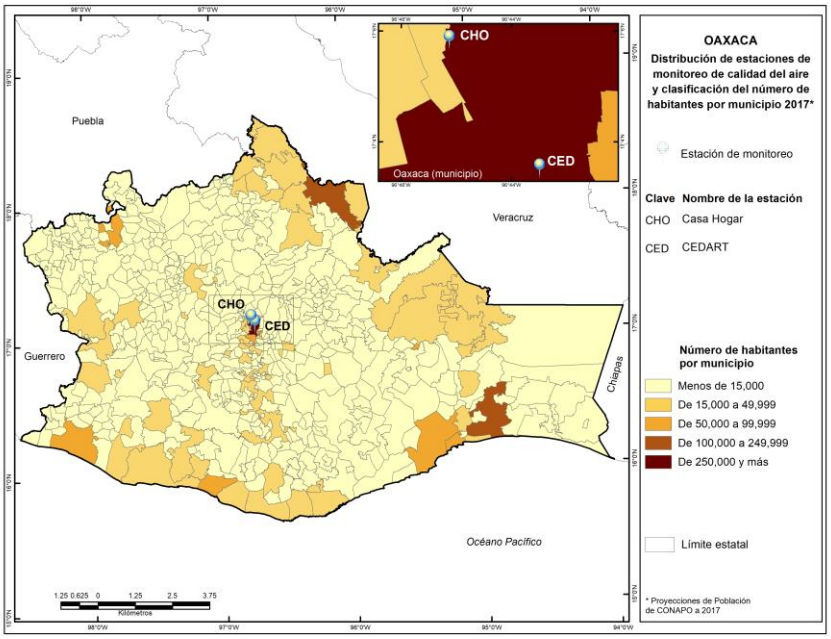
En el año 2017 el sistema de monitoreo de la calidad del aire (SMCA) de Oaxaca a cargo de la Secretaría del Medio Ambiente, Energías y Desarrollo Sustentable del Gobierno del Estado de Oaxaca, estuvo integrado por 2 estaciones de monitoreo automático, Casa Hogar (CHO) y CEDART (CED), ambas ubicadas en el municipio de Oaxaca de Juárez. La Tabla 15.1 muestra las estaciones de monitoreo que conformaron este SMCA en el año 2017, los contaminantes que se midieron en las mismas y el año en que cada una de ellas inició su operación. Por otra parte, la Figura 15.1, muestra la ubicación geográfica de cada una de las estaciones referidas.

Tabla 15.1 Estaciones que conformaron el SMCA de Oaxaca en el año 2017 y capacidades de medición de contaminantes.

Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes					
			PM_{10}	$PM_{2.5}$	O_3	SO_2	NO_2	CO
CEDART	CED	Aut. 2013	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Casa Hogar	CHO	Aut. 2015	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Aut. = Equipo automático; ✓= Se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.
Fuente: Elaboración propia con información proporcionada la Secretaría del Medio Ambiente, Energías y Desarrollo Sustentable del Gobierno del Estado.

Figura 15.1 Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire en Oaxaca, 2017.



15.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en el municipio de Oaxaca de Juárez para el año 2017 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las NOM en la materia y la distribución del número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo. Así mismo, se incluye una descripción, a nivel de municipio, sobre las tendencias del año 2014 a 2017 con respecto al promedio, mínimo, máximo y percentiles 10 y 90 de las concentraciones diarias, número de días con concentraciones superiores a los límites normados vigentes para cada contaminante y, número de días en que se rebasa cualquier norma de calidad del aire.

15.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire.

Los resultados de esta evaluación se presentan en la Figura 15.2 y en la Tabla 15.2. En general, se puede apreciar que:

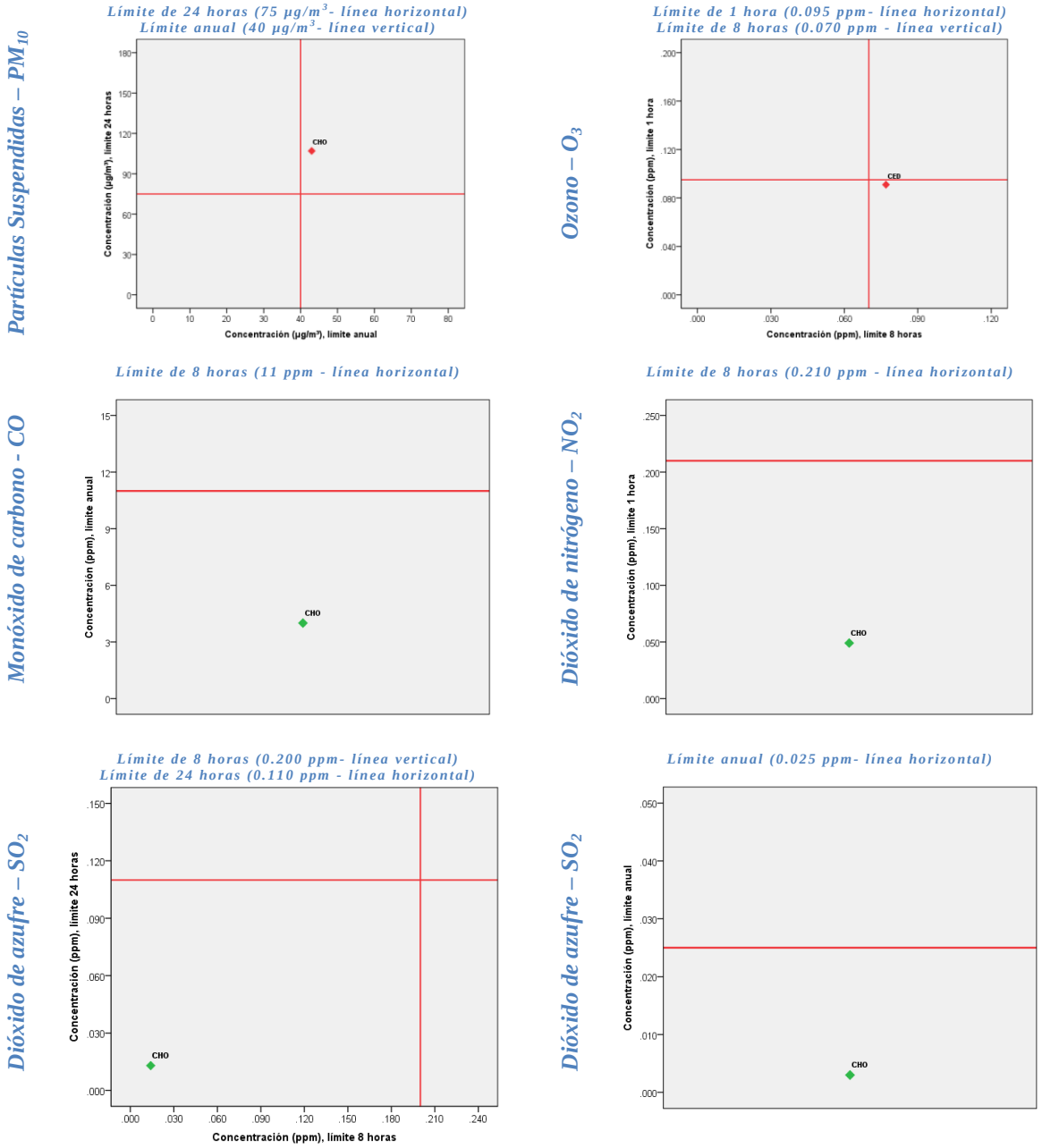
- Se incumplió la norma de las partículas suspendidas PM_{10} en la estación Casa Hogar (CHO) al superarse los dos límites normados. El máximo de los promedios de 24 horas fue de 107 $\mu g/m^3$, que equivale a 1.4 veces el límite de 24 horas, y el promedio anual fue de 43 $\mu g/m^3$, ligeramente por arriba del límite normado. En la estación CEDART no hubo datos suficientes para evaluar el cumplimiento de la norma.

- En el caso de las $PM_{2.5}$, en ninguna de las dos estaciones se registraron datos suficientes para evaluar el cumplimiento de la norma.

- En cuanto al ozono, se incumplió la norma en la estación CEDART, debido que el máximo de los promedios móviles de 8 horas fue de 0.077 ppm, que equivale a 1.4 veces el límite normado. El límite de una hora no se evaluó por insuficiencia de datos. Asimismo, en la estación CHO no fue posible evaluar el cumplimiento de la norma por insuficiencia de datos.

- Los límites normados de monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO_2) y dióxido de azufre (SO_2) se cumplieron en la estación Casa Hogar, mientras que en la estación CEDART no fue posible evaluar su cumplimiento por insuficiencia de datos.

Figura 15.2 Evaluación del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en el municipio de Oaxaca de Juárez, en el año 2017.



CED – CEDART
CHO – Casa Hogar

Tabla 15.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Oaxaca de Juárez, en el año 2017.

Contaminante	Limite normado		Oaxaca de Juárez	
			CED	CHO
(1)PM_{10}	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m^3	DI	107
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m^3	DI	43
(1)$PM_{2.5}$	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m^3	DI	DI
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m^3	DI	DI
(2)O_3	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	DI	DI
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	0.077	DI
(3)CO	8 hrs	2°Máximo ≤ 11 ppm	DI	4
(4)NO_2	1 hr	2°Máximo ≤ 0.210 ppm	DI	0.049
(5)SO_2	8 hrs	2°Máximo ≤ 0.200 ppm	DI	0.014
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	DI	0.013
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	DI	0.003

(1) NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a);
(2) NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b);
(3) NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1993);
(4) NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994);
(5) NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010).

DI = Datos insuficientes; = Cumple con el límite normado; = No cumple con el límite normado.

- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año, ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas, 24 horas o anual, de acuerdo al contaminante y límite normado.
- Las NOM de partículas, ozono y dióxido de azufre se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen todos los límites normados.

15.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala.

Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en el año 2017 en términos de la frecuencia con que se presentan días con calidad del aire buena, regular y mala con respecto a cada contaminante de acuerdo con los intervalos definidos en la sección 3.3.2 del capítulo de metodología. En este contexto, en la Figura 15.3 se puede observar que:

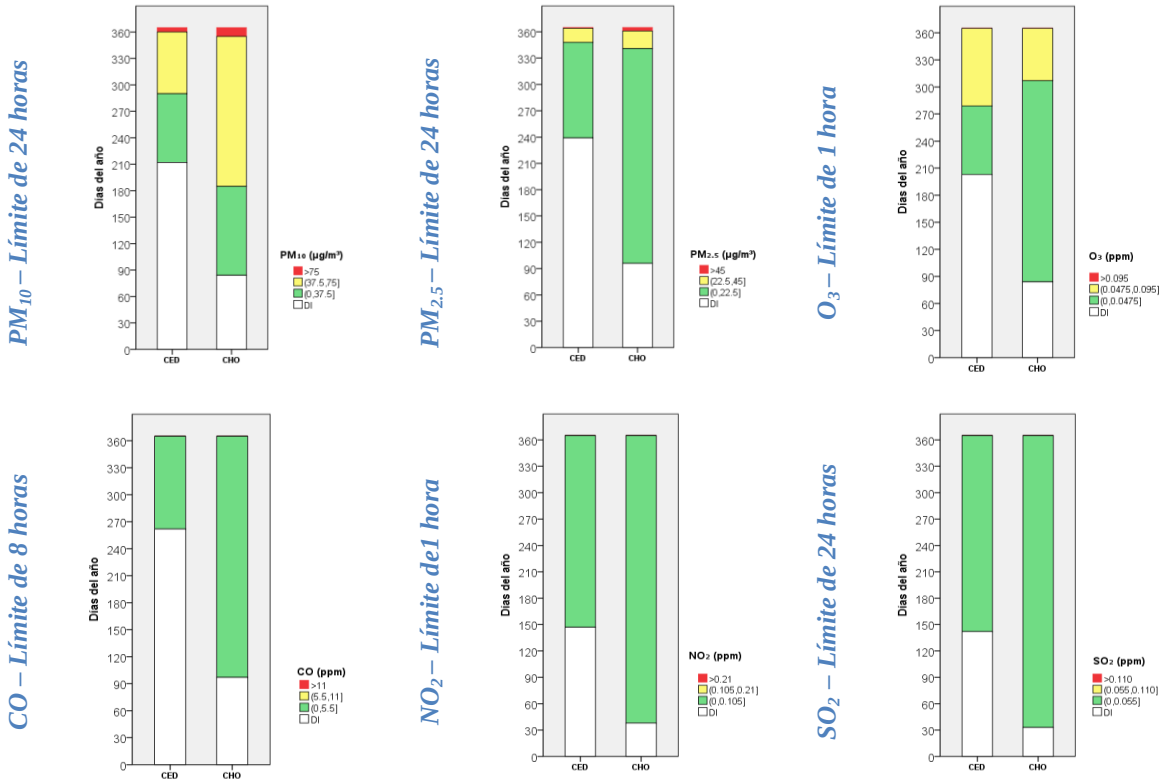
- Se registraron 5 y 10 días con mala calidad del aire por PM_{10} en las estaciones CEDART (CED) y Casa Hogar (CHO) respectivamente, en CHO predominaron los días con calidad del aire regular (170). Es importante destacar que en ambas estaciones un número significativo de días no se calificaron por insuficiencia de información: 212 días en CED y 84 en CHO.

- Con respecto a las partículas suspendidas $PM_{2.5}$, de los días con información suficiente, en la estación CED se presentó un día con mala calidad del aire, y 4 en CHO, en ambas estaciones predominaron los días con calidad del aire regular, aunque destaca el hecho de que en CED, 239 días no se calificaron por insuficiencia de datos.

- En cuanto al ozono, en ninguna de las dos estaciones se registraron días con mala calidad del aire. En CHO 223 se calificaron con buena calidad del aire y en CHO 66; sin embargo, es importante destacar que en la estación CED en 203 días los datos fueron no suficientes y en la misma condición se registraron 83 días en la estación CED.

- Con respecto a CO, NO_2 y SO_2 se observa que no se registraron días con mala calidad del aire por estos contaminantes en ninguna de las dos estaciones de monitoreo, en ambas todos los días con datos suficientes la calidad del aire fue buena.

Figura 15.3 Distribución de los días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo en Oaxaca de Juárez, en el año 2017.



CED – CEDART; CHO – Casa Hogar

La Tabla 15.3 muestra el porcentaje de días del año 2017 con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y dióxido de nitrógeno, de 8 horas de monóxido de carbono y de 24 horas de partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y dióxido de azufre a nivel del municipio. En ella se aprecia que

el contaminante que con mayor frecuencia determina una condición de mala calidad del aire en Oaxaca de Juárez son las partículas suspendidas PM_{10}, seguidas por las $PM_{2.5}$. En tanto que el CO, el NO_2 y el SO_2, no representaron un problema de calidad del aire al no registrar en ninguno de los días con información válida y suficiente concentraciones superiores al límite normado correspondiente.

Tabla 15.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de O_3 y NO_2, de 8 horas de CO y de 24 horas de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y SO_2 en Oaxaca de Juárez en el año 2017.

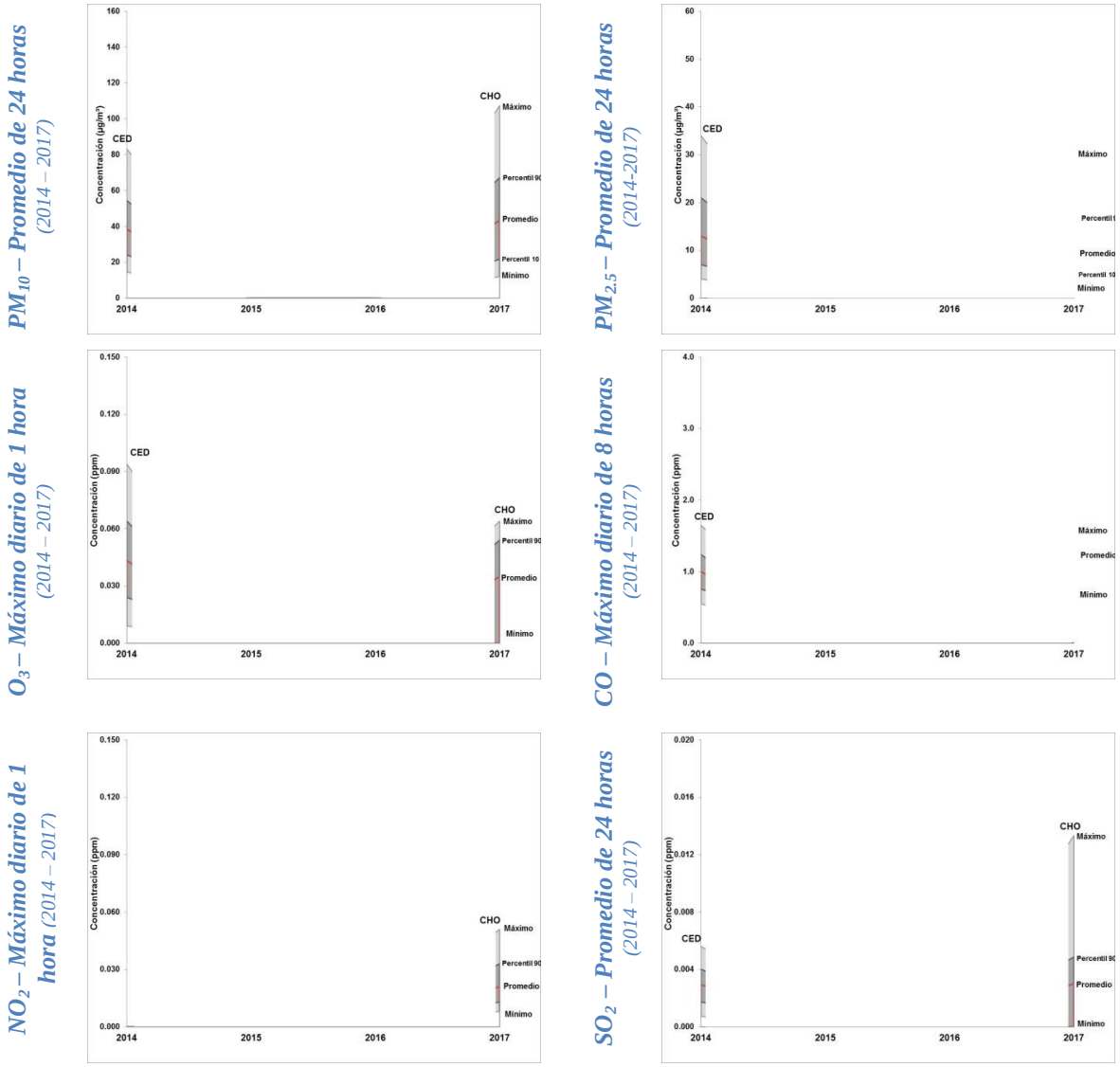
PM_{10}	No días con datos válidos	307
	No días > 75 µg/m³	10
	% días > 75 µg/m³	**3%**
$PM_{2.5}$	No días con datos válidos	302
	No días > 45 µg/m³	4
	% días > 45 µg/m³	**1%**
O_3	No días con datos válidos	311
	No días > 0.095 ppm	0
	% días > 0.095 ppm	**0%**

CO	No días con datos válidos	278
	No días > 11 ppm	0
	% días > 11 ppm	**0%**
NO_2	No días con datos válidos	346
	No días > 0.210 ppm	0
	% días > 0.210 ppm	**0%**
SO_2	No días con datos válidos	350
	No días > 0.110 ppm	0
	% días > 0.110 ppm	**0%**

15.4 Tendencia de los datos diarios

La Figura 15.4 muestra la tendencia del mínimo, el máximo, el promedio y los percentiles 10 y 90 para cada contaminante, a nivel del municipio de Oaxaca de Juárez, en el periodo 2014 a 2017 de acuerdo con la disponibilidad de información, en general no fue posible inferir alguna tendencia por lo escaso de la información en 2016 y porque en el INECC no se recibieron datos del año 2015. En el caso de las PM_{10} se tiene información sobre los indicadores para los años 2014 y 2017, por lo que no es posible determinar una tendencia; sin embargo, se aprecia que el percentil 90 y el máximo son mayores en el año 2017 que en el 2014. Para el caso del ozono se generaron los indicadores en los años 2014 y 2017, se observa que el máximo presentó una ligera disminución en el año 2017. En cuanto a las $PM_{2.5}$ y CO solo hubo información suficiente para el año 2014, para el NO_2 solo se calcularon los indicadores en el año 2017, y por último, para el SO_2 se aprecia que el máximo aumentó del año 2014 al año 2017.

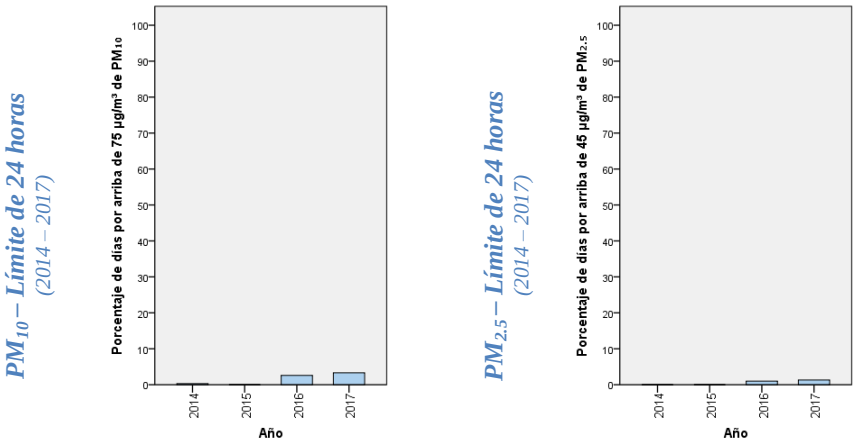
Figura 15.4 Tendencias de las concentraciones diarias, por contaminante, en Oaxaca de Juárez para el periodo 2014 – 2017.



15.5 Porcentaje de días por año en que se rebasa el límite normado de cada contaminante.

La Figura 15.5 presenta la evolución del porcentaje de días por año con concentraciones superiores al límite normado vigente para las PM_{10} y $PM_{2.5}$, únicos contaminantes que presentaron esta condición. Se observa que las PM_{10} registran una tendencia ligeramente a la alza, pasaron de 0.3% en 2014 a 3.3% en 2017. Para las $PM_{2.5}$, se observa que en el año 2016 y 2017 el porcentaje de días se mantuvo prácticamente constante, siendo de 1 y 1.3% de días en cada año respectivamente.

Figura 15.5 Tendencia del porcentaje de días, por año, con concentraciones superiores a los límites normados vigentes de cada uno de los contaminantes analizados, en el periodo 2014 – 2017.



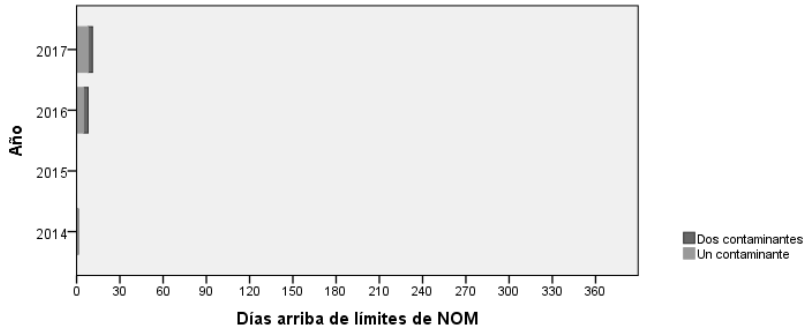
15.6 Número de días por año en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante.

Finalmente, la Tabla 15.4 y la Figura 15.6 muestran la tendencia histórica del número de días por año en que se incumplió cualquier norma vigente de calidad del aire en Oaxaca de Juárez. Se aprecia que el año 2017 es el año con las peores condiciones de acuerdo con este indicador, se registraron 11 días, de los cuales en 8 días se incumplió por 1 contaminante, principalmente PM_{10} y en los 3 días restantes por 2 contaminantes, por la combinación PM_{10} y $PM_{2.5}$.

Tabla 15.4 Número de días, por año, en que se rebasa cualquier norma vigente de calidad del aire en Oaxaca de Juárez, 2014 – 2017.

Año	No. de días con datos	No. de días > NOM	Número de días con concentraciones por arriba de los límites actuales de cualquier contaminante			
			1 Contaminante	2 Contaminantes	3 Contaminantes	4 Contaminantes
2014	348	1	1	0	0	0
2015	0	0	0	0	0	0
2016	316	8	5	3	0	0
2017	360	11	8	3	0	0

Figura 15.6 Número de días, por año, en que se rebasó cualquier norma vigente de calidad del aire en Oaxaca de Juárez, 2014 – 2017.



En Oaxaca de Juárez se determinó la existencia de problemas de calidad del aire por partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$, así como por ozono. En el caso de las PM_{10} se incumplió la norma en la estación Casa hogar. En el caso de las $PM_{2.5}$, a pesar de que no fue posible evaluar el cumplimiento de su norma debido a insuficiencia de datos, la información disponible sobre número de días con calidad del aire buena, regular y mala indica la posible existencia de problemas por este contaminante. Para el ozono, si bien no se registraron días con calidad del aire mala con respecto al límite horario, se incumplió con el límite de 8 horas en la estación CED.

Los límites normados de CO, NO_2 y SO_2 se cumplieron en la estación Casa hogar y en la estación CEDART no fue posible evaluar el cumplimiento por falta de datos.

No fue posible observar una tendencia clara de las concentraciones diarias por contaminantes en el periodo 2014 a 2017 debido a la falta de información, sobre todo en el año 2015 y 2016.

De acuerdo con el indicador número de días por año en que se incumplió cualquier norma vigente de calidad del aire en Oaxaca de Juárez, históricamente, la mayor cantidad de días en esta condición se deben a las PM_{10}, en menor medida al ozono y el resto por las combinaciones de las PM_{10} y $PM_{2.5}$.

En general, destaca la necesidad de mejorar el desempeño de las estaciones de monitoreo de Oaxaca de Juárez.

16. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE PUEBLA.

16.1 Información general.

En el año 2017 el sistema de monitoreo de la calidad del aire (SMCA) de Puebla, a cargo de la Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial (SSAOT) del Gobierno del Estado, estuvo integrado por 5 estaciones de monitoreo, cuatro de las cuales conforman la Red de Monitoreo de la Ciudad de Puebla: Benemérito Instituto Normal del Estado (BIN), Ninfas (NIN), Agua Santa (STA) y Universidad Tecnológica de Puebla (UTP), y la estación Velódromo (VEL) que se localiza en el municipio de Coronango. Todas las estaciones están equipadas exclusivamente con equipo de monitoreo automático.

La Tabla 16.1 muestra las estaciones de monitoreo que conformaron este SMCA en el año 2017, los contaminantes que se midieron en las mismas y el año en que cada una de ellas inició su operación. Por otra parte, la Figura 16.1, muestra la ubicación geográfica de cada una de las estaciones referidas.

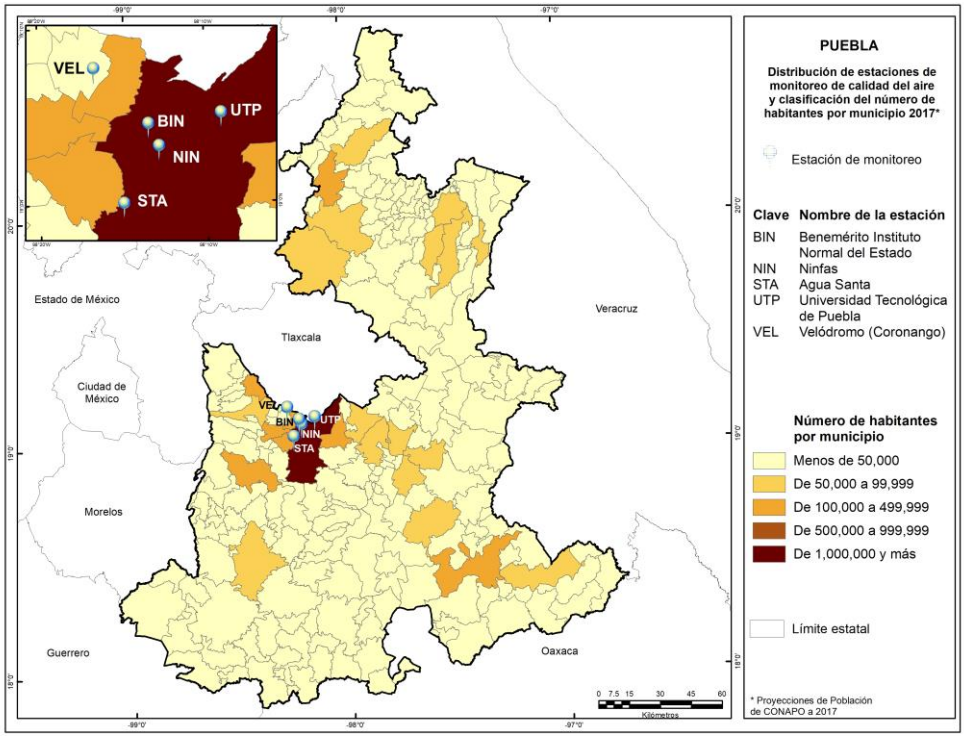
Tabla 16.1 Estaciones que conformaron el SMCA de Puebla en el año 2017 y capacidades de medición de contaminantes.

Red de monitoreo	Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes					
				PM_{10}	$PM_{2.5}$	O_3	SO_2	NO_2	CO
Puebla	Benemérito Instituto Normal del Estado	BIN	Aut. 2000	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Ninfas	NIN	Aut. 2000	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Agua Santa	STA	Aut. 2000	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Universidad Tecnológica de Puebla	UTP	Aut. 2010	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Velódromo (Coronango)*	VEL	Aut. 2012	✓	✓	✓	✓	✓	✓

*Municipio en el que se ubica la estación de monitoreo que por definición no forma parte de una red de monitoreo.

Aut. = Equipo automático; ¤ = No se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante; ✓= Se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.
Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial.

Figura 16.1 Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Puebla, 2017.



16.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Puebla para el año 2017 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las NOM en la materia y la distribución del número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo. Así mismo, se incluye una descripción, a nivel ciudad y municipio, sobre las tendencias del año 2000 al 2017 con respecto al promedio, mínimo, máximo y percentiles 10 y 90 de las concentraciones diarias, número de días con concentraciones superiores a los límites normados vigentes para cada contaminante y, número de días en que se rebasa cualquier norma de calidad del aire.

16.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire.

Los resultados de esta evaluación se presentan en la Figura 16.2 y en la Tabla 16.2. En ellas se puede apreciar que:

- Durante el año 2017 se llevó a cabo la medición de PM_{10} en las estaciones Benemérito Instituto Normal del Estado (BIN), Ninfas (NIN), Agua Santa (STA) y Universidad Tecnológica de

Puebla (UTP), la estación Velódromo (VEL) estuvo fuera de operación. En la estación STA no se registraron datos suficientes para realizar la evaluación del cumplimiento de la norma. En el resto de las estaciones se rebasó el límite de 24 horas y sólo en la estación Ninfas se rebasó también el límite anual. La concentración más alta como promedio de 24 horas fue de 111 $\mu g/m^3$ y se presentó en la estación BIN, lo cual corresponde a 1.5 veces el valor normado (75 $\mu g/m^3$), y para el promedio anual la concentración más alta se presentó en la estación Ninfas con 52 $\mu g/m^3$, es decir, 1.3 veces el valor normado.

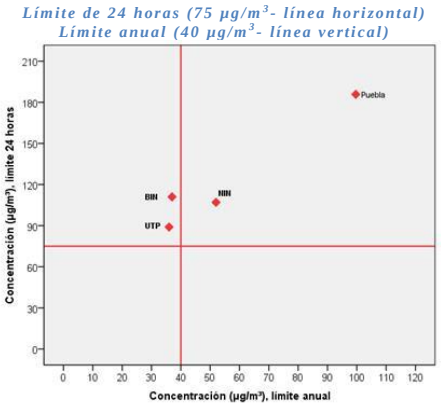
- Las $PM_{2.5}$ durante 2017 se midieron en las mismas estaciones que las PM_{10}. En las estaciones BIN, NIN y UTP se incumplió con la norma, en BIN y NIN se rebasaron ambos límites (24 horas y anual), y en la estación UTP solo se rebasó el límite anual. Las concentraciones más altas, como promedio de 24 horas y promedio anual se registraron en la estación BIN y fueron de 61 $\mu g/m^3$ y 22 $\mu g/m^3$ respectivamente, que equivalen a 1.4 veces y 1.8 veces el valor normado de cada límite.

- El ozono se midió en todas las estaciones de Puebla y la estación de Coronango, en todas se incumplió con la norma. En la estación BIN se rebasó el límite de 8 horas, mientras que en las estaciones NIN, STA, UTP y VEL se rebasaron los dos límites, 1 y 8 horas. La concentración más alta de una hora se registró en la estación NIN con un valor de 0.124 ppm, que equivale a 1.3 veces el límite de 1 hora y la más alta de 8 horas se presentó en la estación STA con 0.114 ppm, lo que equivale a 1.6 veces el valor de dicho límite.

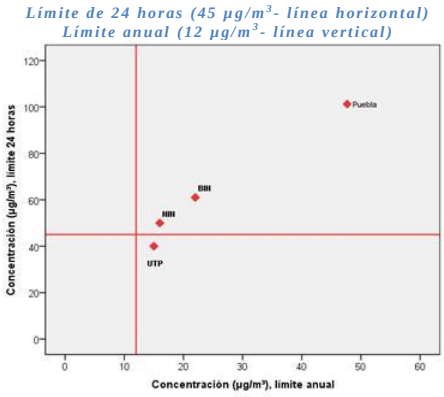
- Con respecto al CO, NO_2 y SO_2, la entidad cuenta con infraestructura para medir los tres contaminantes en todas las estaciones, solo el analizador de NO_2 en BIN estuvo fuera de operación. En todas las estaciones que contaron con información suficiente para la evaluación de las normas, estas se cumplieron.

Figura 16.2 Evaluación del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Puebla, en el año 2017.

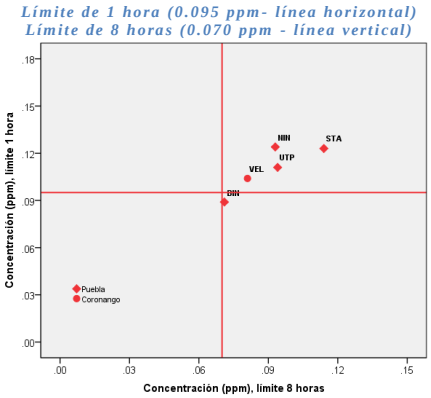
Partículas Suspendidas – PM_{10}



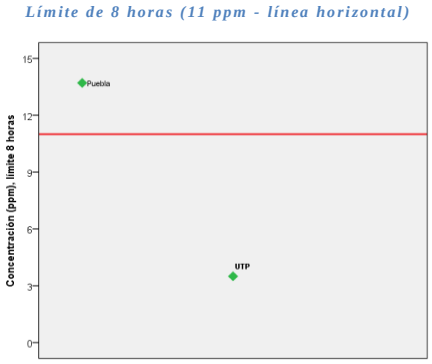
Partículas Suspendidas – $PM_{2.5}$



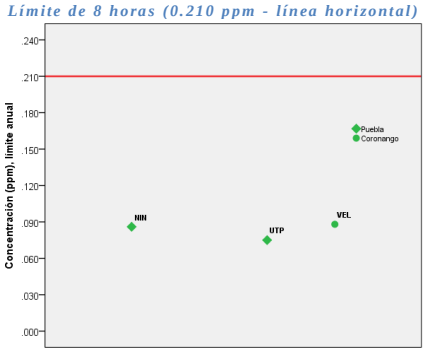
Ozono – O_3



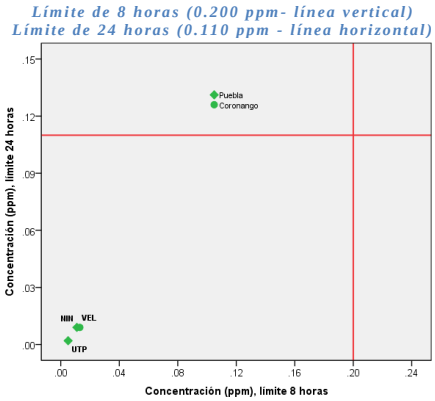
Monóxido de carbono - CO



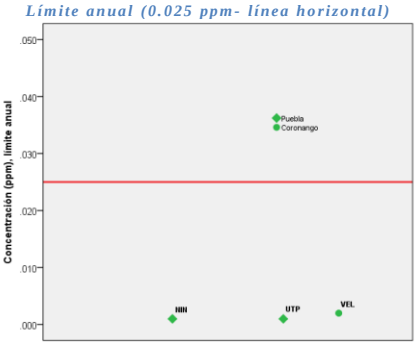
Dióxido de nitrógeno – NO_2



Dióxido de azufre – SO_2



Dióxido de azufre – SO_2



Puebla
BIN – Benemérito Instituto Normal del Estado
NIN – Ninfas
STA – Agua Santa
UTP – Universidad Tecnológica de Puebla

Coronango
VEL- Velódromo

Tabla 16.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Puebla, en el año 2017.

Contaminante	Límite normado		Puebla				Coronango
			BIN	NIN	STA	UTP	VEL
(1)PM_{10}	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m^3	111	107	DI	89	FO
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m^3	37	52	DI	36	FO
(1)$PM_{2.5}$	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m^3	61	50	DI	40	FO
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m^3	22	16	DI	15	FO
(2)O_3	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	0.089	0.124	0.123	0.111	0.104
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	0.071	0.093	0.114	0.094	0.081
(3)CO	8 hrs	2°Máximo ≤ 11 ppm	DI	DI	DI	4	DI
(4)NO_2	1 hr	2°Máximo ≤ 0.210 ppm	FO	0.086	DI	0.075	0.088
(5)SO_2	8 hrs	2°Máximo ≤ 0.200 ppm	DI	0.011	DI	0.005	0.013
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	DI	0.009	DI	0.002	0.009
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	DI	0.001	DI	0.001	0.002

(1) NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a);
(2) NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b);
(3) NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1993);
(4) NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994);
(5) NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010).

DI = Datos insuficientes; FO = Fuera de operación; = Cumple con el límite normado; = No cumple con el límite normado.

- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año, ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas, 24 horas o anual, de acuerdo al contaminante y límite normado.
- Las NOM de partículas, ozono y dióxido de azufre se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen todos los límites normados.

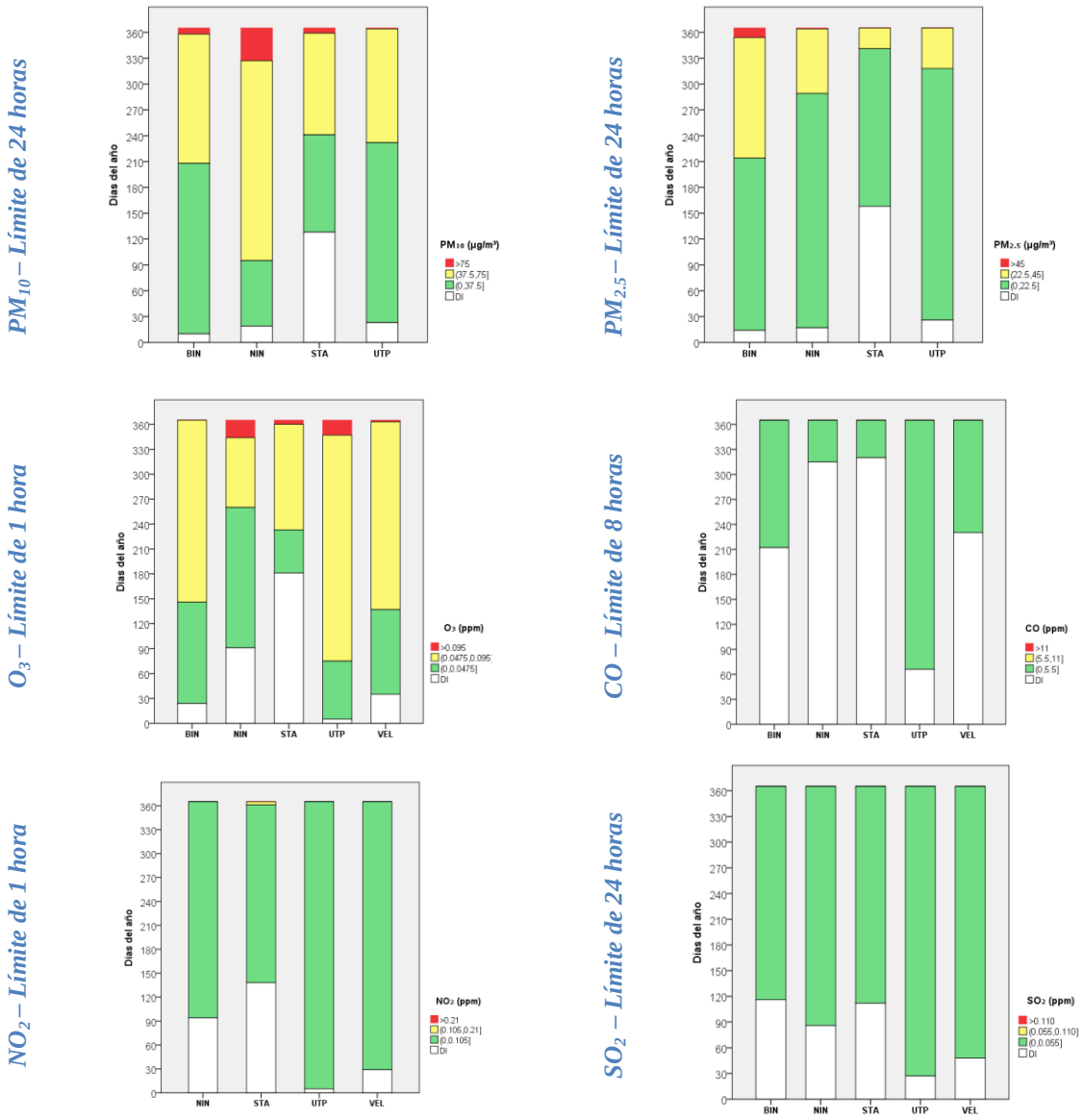
16.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala.

Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en el año 2017 en términos de la frecuencia con que se presentan días con calidad del aire buena, regular y mala con respecto a cada contaminante de acuerdo con los intervalos definidos en la sección 3.3.2 del capítulo de metodología. En este contexto, en la Figura 16.3 se puede observar que:

- Para el caso de las PM_{10}, se registraron días con mala calidad del aire en las estaciones BIN, NIN, STA y UTP, siendo Ninfas la que registró la mayor cantidad de días en esta condición (38 días). En la estación UTP solo se presentó un día con mala calidad del aire.

- Con respecto a las partículas suspendidas $PM_{2.5}$, en la estación BIN se registraron 11 días con mala calidad del aire, en la estación Ninfas se registró un día en esta condición .En la estación STA y UTP predominaron los días con buena calidad del aire.

Figura 16.3 Distribución de los días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo en Puebla, en el año 2017.



Puebla
BIN – Benemérito Instituto Normal del Estado
NIN – Ninfas
STA – Agua Santa
UTP – Universidad Tecnológica de Puebla

Coronango
VEL- Velódromo

- En relación al ozono, las estaciones VEL, STA, UTP y NIN registraron 2, 5, 18 y 21 días con mala calidad del aire, predominando en UTP y VEL los días regulares. En la estación BIN no se presentó un solo día con mala calidad del aire, predominaron los días con calidad del aire regular.

- Para el de CO, NO_2 y SO_2, no se registraron días con mala calidad del aire, predominaron en los tres contaminantes los días con buena calidad del aire. Cabe mencionar que para el CO, excepto en la estación UTP, en una gran cantidad de días (más del 58%) no se generaron datos horarios suficientes para obtener un dato representativo del día.

La Tabla 16.3 muestra el porcentaje de días del año 2017 con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y dióxido de nitrógeno, de 8 horas de monóxido de carbono y de 24 horas de partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y dióxido de azufre en la región Puebla. En ella se aprecia que el contaminante que con mayor frecuencia determina una condición de mala calidad del aire en la entidad son las partículas PM_{10}, seguido por el O_3 y las partículas $PM_{2.5}$, mientras que el CO, el NO_2 y el SO_2 no representaron un problema de calidad del aire, ya que no hubo un solo día con concentraciones superiores al límite normado correspondiente.

Tabla 16.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de O_3 y NO_2, de 8 horas de CO y de 24 horas de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y SO_2 en Puebla en el año 2017.

Ciudad		Puebla	Coronango
PM_{10}	No días con datos válidos	365	FO
	No días > 75 µg/m³	40	FO
	% días > 75 µg/m³	**11%**	FO
$PM_{2.5}$	No días con datos válidos	365	FO
	No días > 45 µg/m³	11	FO
	% días > 45 µg/m³	**3%**	FO
O_3	No días con datos válidos	365	330
	No días > 0.095 ppm	34	2
	% días > 0.095 ppm	**9%**	**0.06%**

Ciudad		Puebla	Coronango
CO	No días con datos válidos	318	318
	No días > 11 ppm	0	0
	% días > 11 ppm	**0%**	**0%**
NO_2	No días con datos válidos	365	336
	No días > 0.210 ppm	0	0
	% días > 0.210 ppm	**0%**	**0%**
SO_2	No días con datos válidos	365	317
	No días > 0.110 ppm	0	0
	% días > 0.110 ppm	**0%**	**0%**

FO = Fuera de operación

16.4 Tendencia de los datos diarios

Las Figuras 16.4 a 16.9 muestran la tendencia del mínimo, el máximo, el promedio y los percentiles 10 y 90 para PM_{10}, $PM_{2.5}$, O_3, CO, NO_2 y SO_2, respectivamente, para la ciudad de Puebla y el municipio de Coronango, desde el año 2000 al 2017, de acuerdo con la disponibilidad de información e inicio de operación de las estaciones.

Para el caso de las partículas PM_{10}, tanto en la ciudad de Puebla como en Coronango no fue posible observar una tendencia, debido a la insuficiencia de datos en varios de los años para generar los indicadores. Sin embargo, en los años en los que si fue posible generarlos: en la ciudad de Puebla se aprecia poca variabilidad en el promedio y el percentil 10, en cambio, en el máximo se observa un aumento considerable en el año 2016 con respecto de los demás años (alcanzó un valor de 364 $\mu g/m^3$ en la estación BIN), en Coronango se observa una tendencia a la baja en el promedio del año 2014 al 2016 (Figura 16.4).

Con respecto a las $PM_{2.5}$, en la ciudad de Puebla en el periodo 2015 al 2017, años en los que la información fue suficiente para generar los indicadores, se observa una tendencia a la baja del máximo, el resto de los indicadores se mantuvieron con muy poca variabilidad (Figura 16.5). En Coronango no fue posible establecer alguna tendencia ya que sólo se contó con información suficiente en 2014.

En la Figura 16.6 se muestra la tendencia para el ozono, en el caso de Puebla se contó con información suficiente en los periodos de información 2000 a 2008, 2011 a 2012 y 2014 a 2017. En general, en el primer periodo se aprecia una tendencia a la baja en todos los indicadores de 2000 a 2004 y de ese año a 2007 a la alza, bajando nuevamente al año 2008. Del año 2014 al 2017 el promedio y el percentil 90 muestran una clara tendencia a la alza. En Coronango no se aprecia una tendencia clara.

En relación al CO, en la Figura 16.7 se muestra que en la ciudad de Puebla la tendencia de todos los indicadores fue a la baja de 2000 a año 2008, en cambio de 2011 al 2017 no se aprecia una tendencia clara, aunque de 2016 a 2017 en el máximo, el percentil 90 y el promedio hay una baja importante en sus valores. En Coronango, en el periodo de 2013 a 2015 tampoco se observa una tendencia clara.

Figura 16.4 Tendencias de las concentraciones diarias de PM_{10} -promedio de 24 horas – en Puebla en el periodo 2000 – 2017.

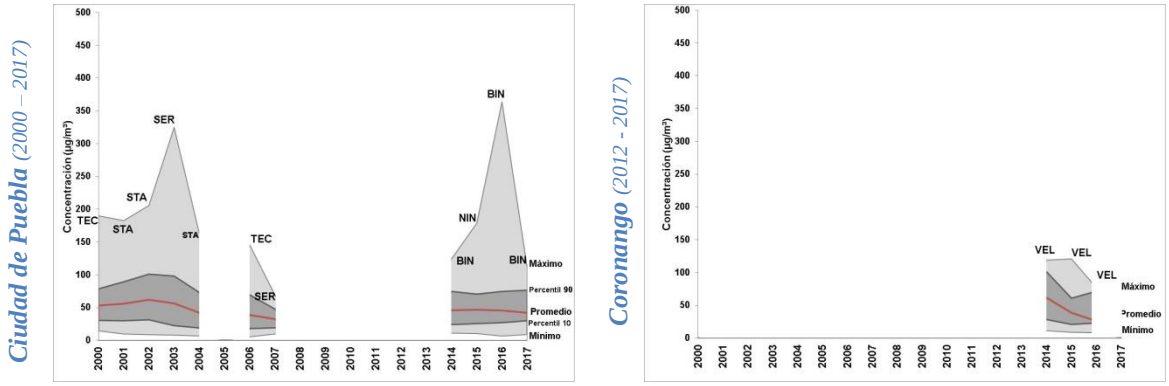


Figura 16.5 Tendencias de las concentraciones diarias de $PM_{2.5}$ -promedio de 24 horas - en Puebla en el periodo 2010 – 2017.

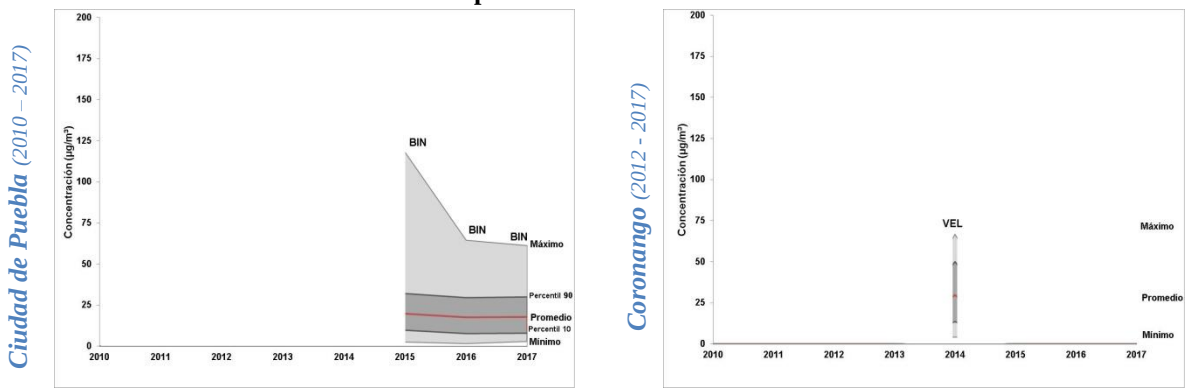


Figura 16.6 Tendencias de las concentraciones diarias de O_3 –máximo diario de una hora - en Puebla en el periodo 2000 – 2017.

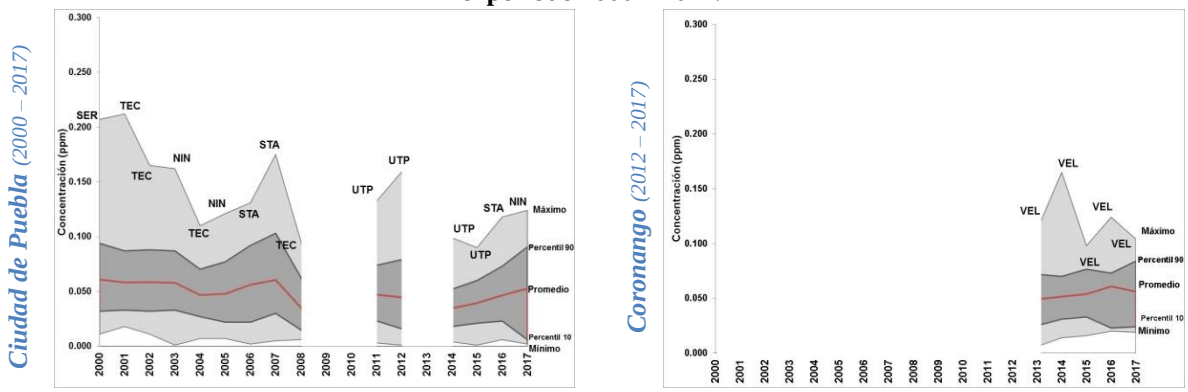


Figura 16.7 Tendencias de las concentraciones diarias de CO –máximo diario de 8 horas - en Puebla en el periodo 2000 – 2017.

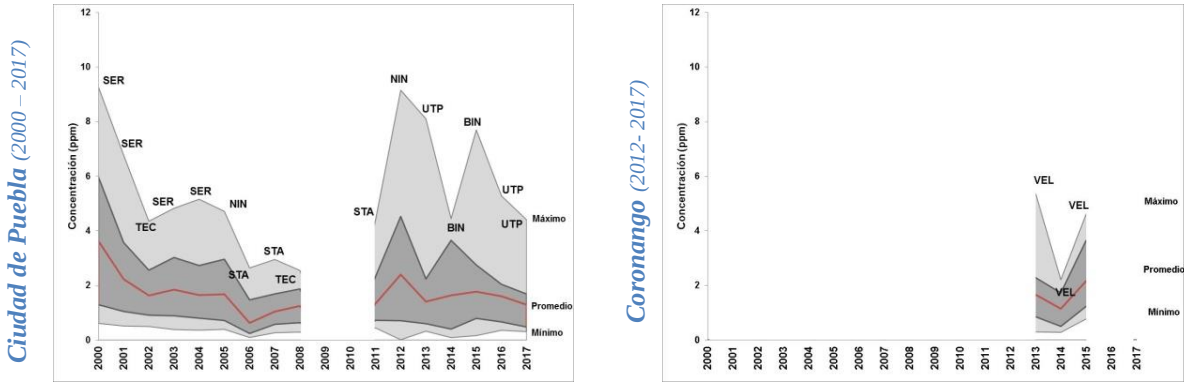


Figura 16.8 Tendencias de las concentraciones diarias de NO_2 –máximo diario de una hora - en Puebla en el periodo 2000 – 2017.

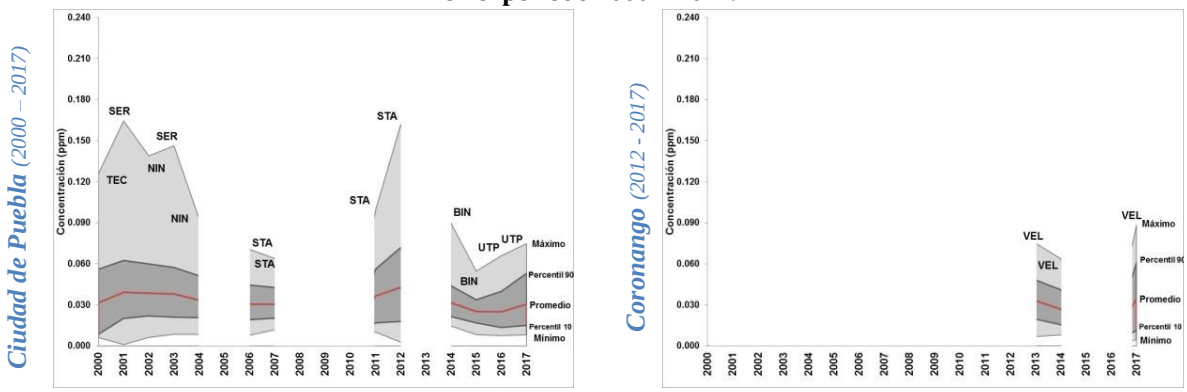
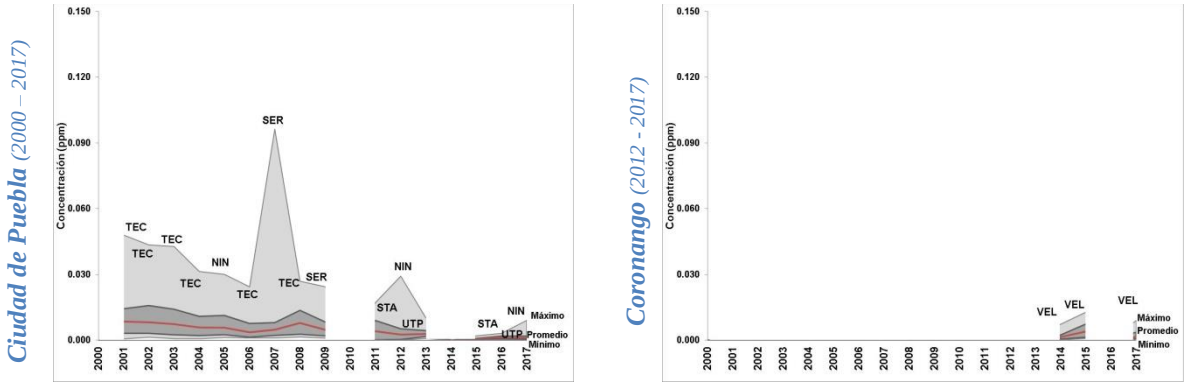


Figura 16.9 Tendencias de las concentraciones diarias de SO_2 –promedio de 24 horas - en Puebla en el periodo 2000 – 2017.



En la ciudad de Puebla con respecto al NO_2, de manera similar con el comportamiento del CO, no se observa una tendencia clara de los indicadores en todo el periodo analizado, además de la no

suficiencia de datos para generarlos en los años 2005, 2008 a 2010 y 2013. En Coronango tampoco se aprecia una tendencia clara de los indicadores (Figura 16.8.)

Por último, para el SO_2 del 2001 al 2016 y a pesar de la falta de información en los años 2010 y 2014 se observa, de manera general, una tendencia a la baja en el promedio y el percentil 90. En Coronango, al igual que para los demás contaminantes, no se aprecia una tendencia clara (Figura 16.9).

16.5 Porcentaje de días por año en que se rebasa el límite normado de cada contaminante.

En la Figura 16.10 se presenta la evolución del porcentaje de días por año con concentraciones superiores al límite normado vigente para cada contaminante. Se observa que la cantidad de días que se rebasó el límite de las PM_{10} en la ciudad de Puebla fue mayor en los años 2001 a 2003 con porcentajes que van del 32% al 41%. Cabe mencionar que en el periodo de 2010 a 2013 no se dispuso de datos validados para generar el indicador y en los últimos 4 años se volvieron a registrar días por arriba de 75 µg/m³ con porcentajes entre el 10% en 2016 a 17% en 2014. Por su parte en Coronango se observa que fue 2014 el año en el que más se rebasó el límite con un 35% de días, de 2012 a 2013 no se dispuso de datos validados para realizar el análisis.

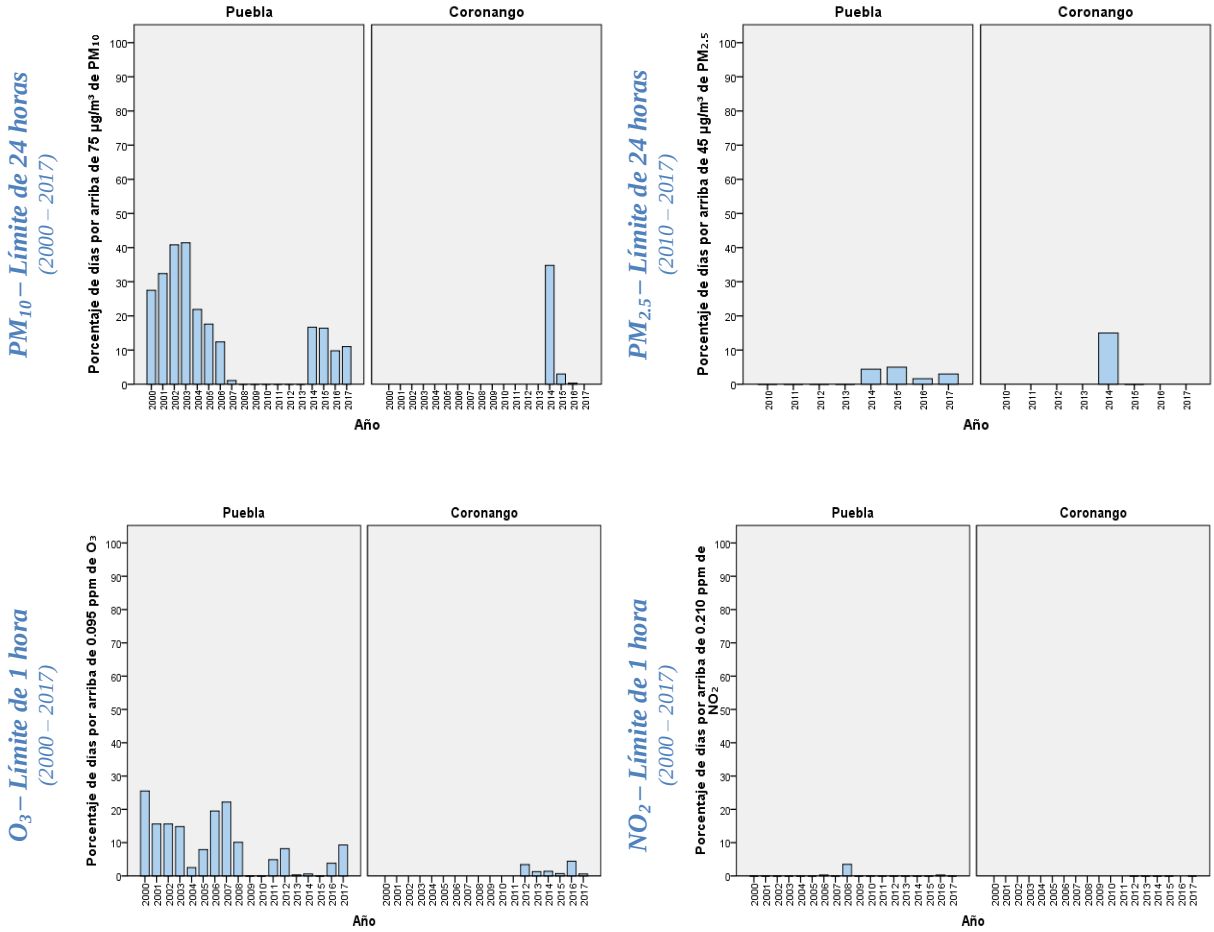
Para las $PM_{2.5}$, en la ciudad de Puebla se aprecia que el porcentaje de días que se rebasó el límite de 24 horas en el periodo 2014 a 2017 es menor o igual al 5%. Cabe precisar al igual que para las PM_{10} que no se dispuso de datos validados en el periodo de 2010 a 2013. En Coronango se encontró que en 2014 un 15% de los días rebasaron dicho límite, en 2015, de los 51 días con información válida, en ninguno de ellos se rebasó el límite, y en los años 2016 a 2017 la estación estuvo fuera de operación.

Con respecto al ozono, en la ciudad de Puebla el porcentaje de días en que se rebasó el límite vigente de 1 hora no muestra una tendencia clara. Las peores condiciones se observan en los primeros 9 años de medición, en el año 2000 el porcentaje de días válidos en esta condición fue del 25% y en el 2009 de 10%, similar al registrado en 2017 con un 9%. En Coronango las mediciones del contaminante inician en 2012 y desde entonces hasta el 2017 se han registrado muy pocos días que superan el límite, el más alto un 4% en 2016.

En el caso del NO_2, en la ciudad de Puebla destacan dos años con días que se superó el limite vigente de 1 hora, uno de ellos fue el 2008 con un 3.5% de los días, y el otro 2016 con menos del 1%. En el municipio de Coronango no se registraron días con concentraciones superiores a 0.21 ppm.

Por último, tanto para el CO como para el SO_2, no se registró en la entidad ningún día con valores superiores a sus respectivos límites normados.

Figura 16.10 Tendencia del porcentaje de días, por año, con concentraciones superiores a los límites normados vigentes de cada uno de los contaminantes analizados, en Puebla en el periodo 2000 – 2017.

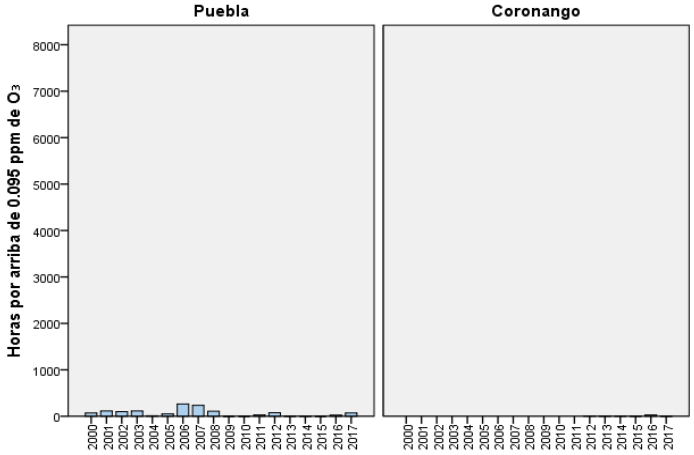


16.6 Número de horas por año en que se rebasa el límite normado de ozono.

Otro indicador útil para visualizar con detalle la evolución de los problemas de calidad del aire por ozono a través del tiempo es el número de horas al año en el que se rebasa el límite normado de una

hora. En la ciudad de Puebla no se aprecia una tendencia en el indicador, los años en los que se rebasó el límite en una mayor cantidad de horas fueron 2001 a 2003 y 2006 a 2008, con valores que van de 101 horas en 2002 a 264 horas en 2006, en los años posteriores la cantidad de horas fue menor de 80. En el caso de Coronango, y a partir de que inició mediciones, en el año 2012, la cantidad de horas que se superó el límite fue menor a 30 días (Figura 16.11).

Figura 16.11 Tendencia del número de horas, por año, con concentraciones superiores a 0.095 ppm de ozono en el periodo 2000 – 2017.



16.7 Número de días por año en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante.

La Tabla 16.4 y la Figura 16.12 muestran la tendencia histórica del número de días por año en que se incumplió cualquier norma vigente de calidad del aire, tanto en la ciudad de Puebla como en el municipio de Coronango. En el caso de la ciudad Puebla, en el año 2002 se presentaron las peores condiciones de calidad del aire, ya que se incumplió en 174 días al menos una de las normas de calidad del aire, de estos, en 142 días se rebasó el límite de 1 contaminante y en 32 días el límite de 2 contaminantes, los primeros se debieron principalmente a las PM_{10} y los segundos a la combinación O_3 y PM_{10}. Por el contrario, los años 2009 y 2010 fueron los más limpios al no rebasar en ningún día alguno de los límites normados vigentes, en 2017 se registraron 49 días en los que se rebasó el límite normado de 1 contaminante y 18 días los de dos contaminantes; los primeros se debieron a las PM_{10}, el O_3 y un día a las $PM_{2.5}$, los segundos a las combinaciones de O_3 y PM_{10}, así como PM_{10} y $PM_{2.5}$.

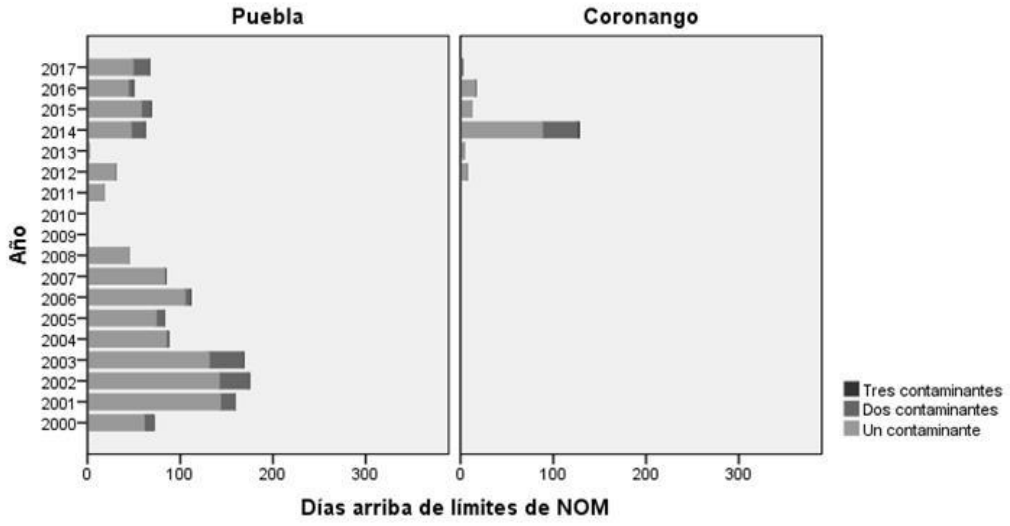
En el caso de Coronango, el año con la peor condición de calidad del aire fue el 2014, se registraron 88 días en los que se rebasó el limite normado de un contaminante (principalmente por PM_{10}), 38

días el límite de dos contaminantes (la mayoría de las veces por PM_{10} y $PM_{2.5}$) y 2 días el límite de 3 contaminantes (O_3, PM_{10} y $PM_{2.5}$).

Tabla 16.4 Número de días, por año, en que se rebasa cualquier norma vigente de calidad del aire en la ciudad de Puebla y Coronango, 2000 – 2017.

	Año	No. de días con datos	No. de días > NOM	Número de días con concentraciones por arriba de los límites actuales de cualquier contaminante			
				1 Contaminante	2 Contaminantes	3 Contaminantes	4 Contaminantes
Puebla	2000	154	71	61	10	0	0
	2001	365	159	143	16	0	0
	2002	365	174	142	32	0	0
	2003	365	168	131	37	0	0
	2004	366	87	85	2	0	0
	2005	365	83	74	9	0	0
	2006	365	111	105	6	0	0
	2007	365	84	83	1	0	0
	2008	360	45	45	0	0	0
	2009	358	0	0	0	0	0
	2010	365	0	0	0	0	0
	2011	365	18	18	0	0	0
	2012	366	30	30	0	0	0
	2013	358	1	1	0	0	0
	2014	365	62	47	15	0	0
	2015	365	68	58	10	0	0
	2016	366	50	44	5	1	0
	2017	365	67	49	18	0	0
Coronango	2012	209	7	7	0	0	0
	2013	356	4	4	0	0	0
	2014	348	128	88	38	2	0
	2015	355	12	12	0	0	0
	2016	358	16	16	0	0	0
	2017	361	2	2	0	0	0

Figura 16.12 Número de días, por año, en que se rebasó cualquier norma vigente de calidad del aire en la Ciudad de Puebla y Coronango, 2000 – 2017.



En 2017, la información disponible revela la presencia de problemas de calidad del aire tanto por partículas suspendidas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) como por ozono en la ciudad de Puebla, en tanto que en Coronango la mala calidad del aire es ocasionada por el ozono. En el caso de Puebla en ninguna de las estaciones de monitoreo donde fue posible la evaluación de cumplimiento de norma de partículas se cumplió con la misma, tanto para PM_{10} como para $PM_{2.5}$. En cuanto al ozono, la norma se incumplió en todas las estaciones. Los límites normados de monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre se cumplieron en todas las estaciones de monitoreo de la entidad donde fueron medidos.

En 2017, las Normas de PM_{10} y ozono se rebasaron con más frecuencia en la estación Ninfas, en tanto que la Norma de $PM_{2.5}$ se rebaso más frecuentemente en la estación BIN. A nivel de la ciudad de Puebla la norma de ozono se rebasó en un 9% de los días del año, la de PM_{10} en un 11% y la de $PM_{2.5}$ en un 3%.

En términos de la tendencia histórica de las concentraciones diarias en la ciudad de Puebla y Coronango, no fue posible definir tendencias claras debido a la falta de información en uno o más años en el periodo de análisis. Sin embargo, con respecto al indicador del número de días por año en que se incumplió cualquier norma vigente de calidad del aire, tanto en la ciudad de Puebla como en el municipio de Coronango, se identificó que para algunos años un número importante de días superaron al menos un límite de las normas (por ejemplo en el 2002 en la ciudad de Puebla se registraron 172 días), en el caso de un contaminante se debieron principalmente a las PM_{10} y O_3,

17. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE QUERÉTARO.

17.1 Información general.

El sistema de monitoreo de la calidad del aire (SMCA) de Querétaro, a cargo de la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado, estuvo integrado en el año 2017 por la red de monitoreo de Santiago de Querétaro, así como por las estaciones de monitoreo ubicadas en los municipios de Corregidora, El Marqués y San Juan del Río. La Tabla 17.1 muestra las estaciones de monitoreo que conforman la red, así como la capacidad de medición de contaminantes en cada estación y el año en que cada una de ellas inició su operación. Es importante mencionar que las claves de las estaciones que se utilizaron en este documento son diferentes a las utilizadas en el *Informe Nacional de Calidad del Aire 2016, México*. Con el fin de homologarlas con las que están definidas actualmente en el SMCA de Querétaro, en la Tabla 17.1 se incluye una columna para identificar la equivalencia de las claves con las usadas en el Informe 2016. Es de destacar que en 2017 salió de operación la estación Epigmenio González.

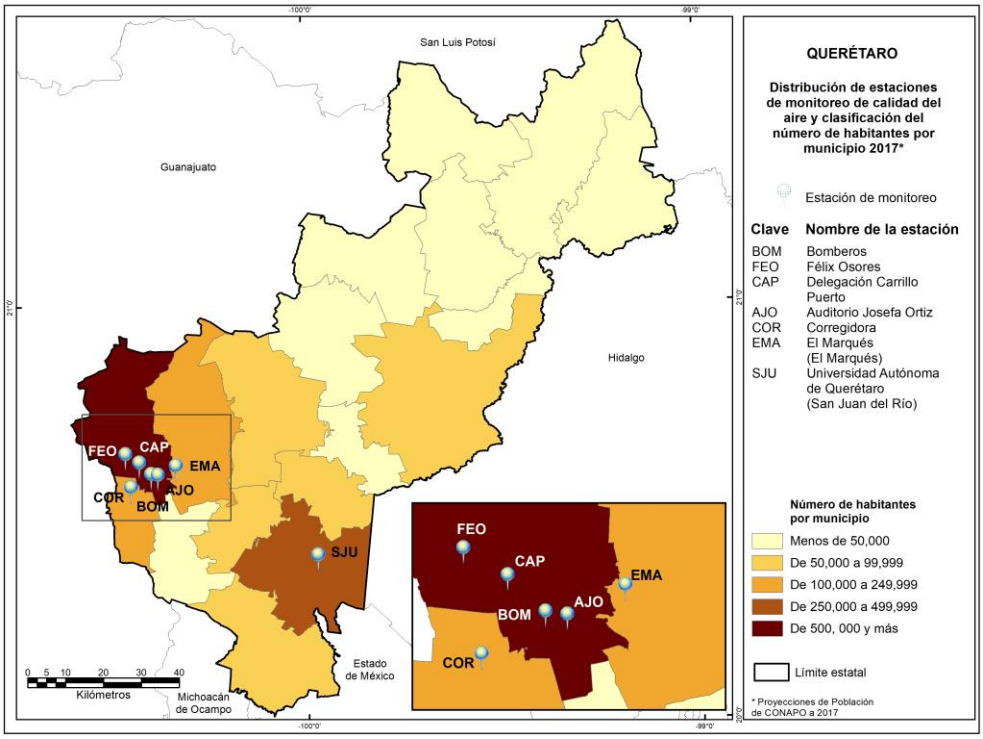
Tabla 17.1 Estaciones que conformaron el SMCA de Querétaro en el año 2017 y capacidades de medición de contaminantes.

Red de Monitoreo	Estación	Clave	Clave Informe 2016	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes					
					PM_{10}	$PM_{2.5}$	O_3	SO_2	NO_2	CO
Santiago de Querétaro	Bomberos	BOM	BOM	Aut. 2010	¤	✓	✓	✓	✓	✓
	Félix Osores	FEO	FEL	Aut. 2010	¤	✓	✓	✓	✓	✓
	Delegación Carrillo Puerto	CAP	UMMA1	Aut. 2000	✓	¤	✓	✓	✓	✓
	Auditorio Josefa Ortiz	AJO	UMMA2	Aut. 2013	¤	¤	✓	✓	✓	✓
	Corregidora (Corregidora)	COR	CAM	Aut. 2010	¤	✓	✓	✓	✓	✓
	El Marqués (El Marqués)	EMA	MAR	Aut. 2010	¤	✓	✓	✓	✓	✓
	Universidad Autónoma de Querétaro (San Juan del Río)	SJU	USRJ	Aut. 2015	✓	✓	✓	✓	✓	✓

* En el caso de las estaciones que por definición no forman parte de una red de monitoreo, entre paréntesis se indica el nombre de la ciudad donde se encuentra ubicada.
Aut. = Equipo automático.
¤ = No cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.
✓ = Cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.
Fuente: Elaboración propia con información proporcionada la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado.

La Figura 17.1, muestra la ubicación geográfica de cada una de las estaciones de monitoreo listadas en la Tabla antes referida.

Figura 17.1 Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Querétaro, 2017.



17.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Querétaro para el año 2017 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las NOM en la materia y la distribución del número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo. Así mismo, se incluye una descripción, a nivel de ciudad, sobre las tendencias del año 2011 a 2017 con respecto al promedio, mínimo, máximo y percentiles 10 y 90 de las concentraciones diarias, número de días con concentraciones superiores a los límites normados vigentes para cada contaminante y, número de días en que se rebasa cualquier norma de calidad del aire.

17.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire.

Los resultados se presentan en la Figura 17.2 y en la Tabla 17.2 para aquellas estaciones de monitoreo donde se produjo información suficiente para hacer tal evaluación. Los valores normados usados como referencia para realizar la evaluación de cumplimiento son indicados en cada figura. En general, se puede apreciar que:

- En 2017, Querétaro contó con infraestructura para llevar a cabo la medición de las partículas PM_{10} en 2 estaciones de monitoreo, una ubicada en Santiago de Querétaro y otra en San Juan del Río; sin embargo, los registros válidos no fueron suficientes para evaluar el cumplimiento de norma, por lo que no se incluye su gráfica en la Figura 17.2.

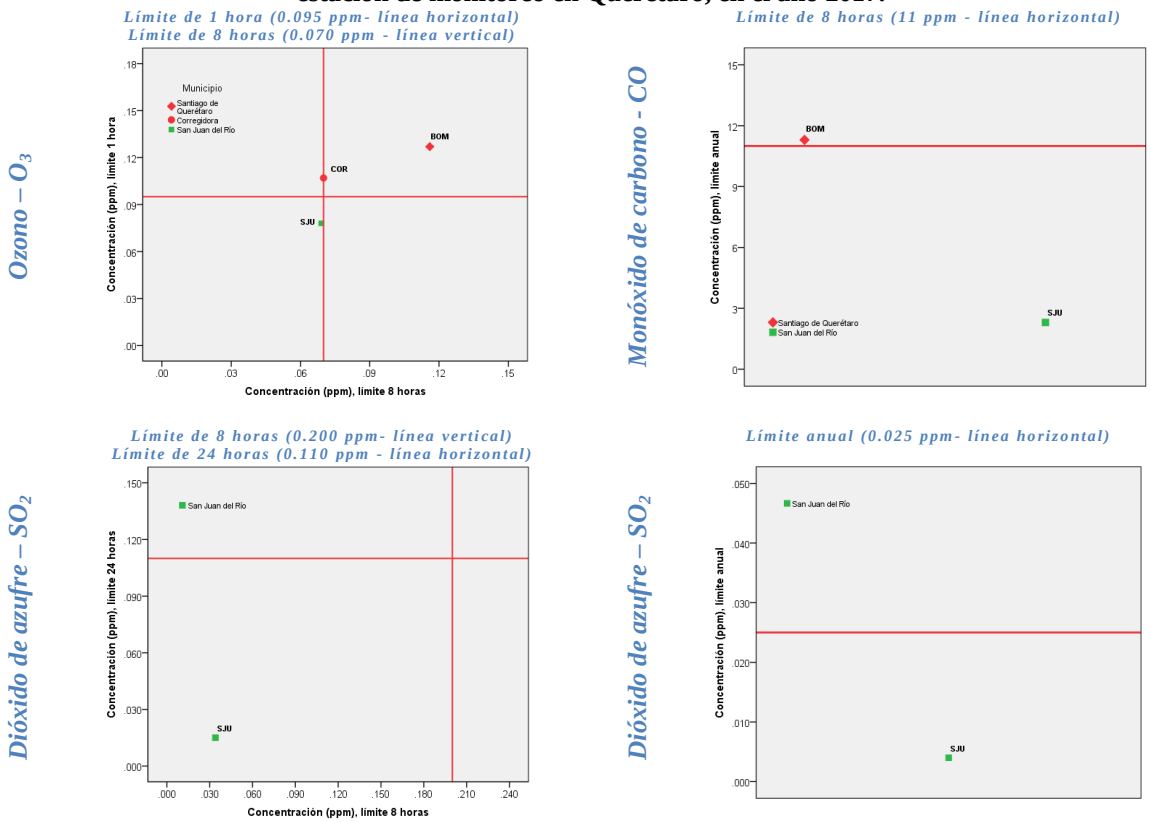
- Con respecto a las $PM_{2.5}$, de cinco estaciones con infraestructura para medir el contaminante, los datos de la estación Félix Osores fueron invalidados en el INECC por mostrar inconsistencias, en las cuatro estaciones restantes (BOM, COR, EMA y SJU) no fue posible evaluar el cumplimiento de la norma por insuficiencia de datos. Al igual que en el caso de las PM_{10}, no se incluye la gráfica del contaminante en la Figura 17.2.

- En relación al ozono, el sistema de monitoreo de la entidad cuenta con infraestructura para medir el contaminante en todas las estaciones. En cuatro estaciones (AJO, CAP, FEO, y EMA) no se registró información suficiente para evaluar el cumplimiento de la norma, en tanto que la estación ubicada en San Juan del Río (SJO) cumplió con los dos límites y en la estación ubicada en Corregidora (COR) se incumplió con la norma, debido a que se superó el límite de 1 hora, aunque no así el de 8 horas. Por último la estación Bomberos (BOM) ubicada en Santiago de Querétaro incumplió la norma y superó los dos límites, registró concentraciones de 0.127 ppm y 0.116 ppm para los límites de 1 hora y 8 horas respectivamente, las cuales equivalen a 1.3 y 1.8 veces el límite correspondiente.

- Al igual que para el ozono, la entidad cuenta con infraestructura para medir CO, NO_2, y SO_2 en todas las estaciones. En el caso del NO_2 no hubo datos suficientes para evaluar la norma en ninguna de las estaciones, debido a esto no se incluye la gráfica del contaminante en la Figura 17.2. Los límites normados de SO_2 y CO se cumplieron en la estación de monitoreo San Juan del Río (SJU), en cambio para CO se incumplió en la estación

Bomberos (BOM) con una concentración de 11.34 ppm, ligeramente por arriba del límite normado, en el resto de las estaciones de estos dos contaminantes no se pudieron evaluar las normas por insuficiencia de datos.

Figura 17.2 Evaluación del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Querétaro, en el año 2017.



Santiago de Querétaro
BOM -Bomberos
EO – Felix Osores
CAP – Delegación Carrillo Puerto
AJO – Auditorio Josefa Ortiz

Corregidora
COR - Corregidora

El Marqués
EMA – El Marqués

San Juan del Río
SJU – Universidad Autónoma de Querétaro

Tabla 17.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Querétaro, en el año 2017.

Contaminante	Límite normado		Santiago de Querétaro				Corregidora	El Marqués	San Juan del Río
			BOM	FEO	CAP	AJO	COR	EMA	SJU
(1)PM_{10}	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m^3	¤	¤	DI	¤	¤	¤	DI
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m^3	¤	¤	DI	¤	¤	¤	DI
(1)$PM_{2.5}$	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m^3	DI	INV	¤	¤	DI	DI	DI
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m^3	DI	INV	¤	¤	DI	DI	DI
(2)O_3	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	**0.127**	DI	DI	DI	**0.107**	DI	**0.078**
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	**0.116**	DI	DI	DI	**0.070**	DI	**0.069**
(3)CO	8 hrs	2°Máximo ≤ 11 ppm	**11**	DI	DI	DI	DI	DI	**2**
(4)NO_2	1 hr	2°Máximo ≤ 0.210 ppm	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI
(5)SO_2	8 hrs	2°Máximo ≤ 0.200 ppm	DI	DI	DI	DI	DI	DI	**0.034**
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	DI	DI	DI	DI	DI	DI	**0.015**
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	DI	DI	DI	DI	DI	DI	**0.004**

(1) NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a);
(2) NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b);
(3) NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1993);
(4) NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994);
(5) NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010).

DI = Datos insuficientes.
INV= Datos invalidados.
¤ = No cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.
FO = Fuera de operación
= Cumple con el límite normado.
= No cumple con el límite normado.

El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas o 24 horas, de acuerdo al contaminante y límite normado.
Las NOM de partículas, ozono y dióxido de azufre se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen todos los límites normados.

17.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala.

Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en el año 2017 en términos de la frecuencia con que se presentan días con calidad del aire buena, regular y mala con respecto a cada contaminante de acuerdo con los intervalos definidos en la sección 3.3.2 del capítulo de metodología. En este contexto, en la Figura 17.3 se puede observar que:

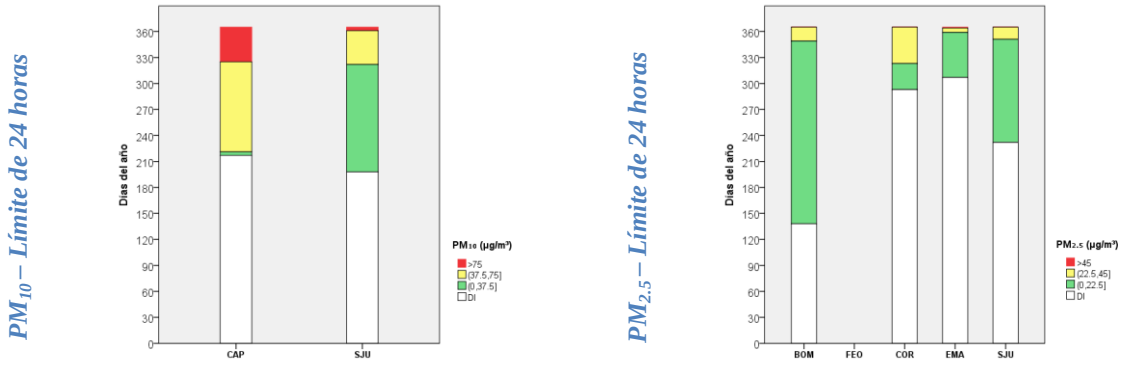
- Las partículas suspendidas PM_{10} se midieron en dos estaciones, la peor condición se presentó en la estación Delegación Carrillo Puerto (CAP) ubicada en Santiago de Querétaro

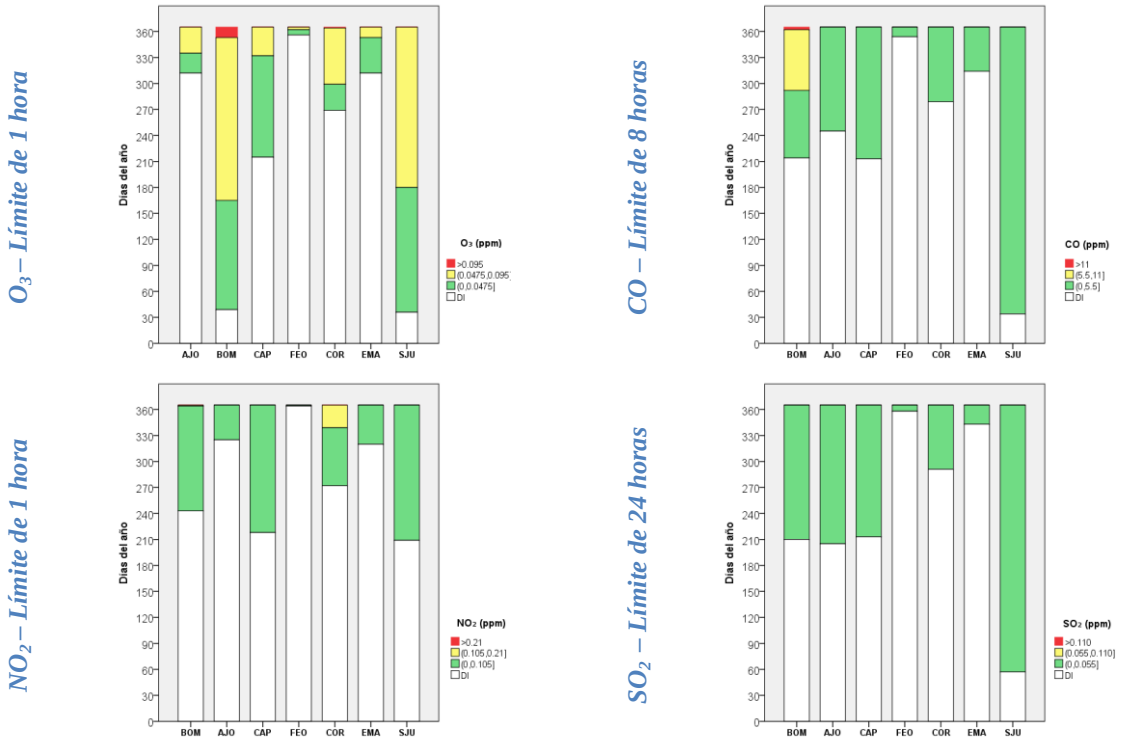
ya que registró 40 días con mala calidad del aire, mientras que en la estación San Juan del Río se registraron 4 días con esta condición.

- Para las partículas suspendidas $PM_{2.5}$, en la estación ubicada en El Marqués (EMA) se registró un día con calidad del aire mala. En las estaciones BOM, COR y SJU no se registraron días con mala calidad del aire. En las estaciones COR, EMA y SJU predominaron los días con información insuficiente para calificar su calidad del aire (más del 60 % de los días del año).

- En el caso del O_3, sólo en las estaciones BOM en Santiago de Querétaro y COR en Corregidora se registraron días con calidad del aire mala, 12 días y un día respectivamente. Son también las estaciones en las que se registró el mayor número de días con concentraciones válidas, en el resto de las estaciones se registraron menos del 50 % de días con concentraciones válidas.
- Con respecto a CO, se registraron 3 días con mala calidad del aire en la estación BOM ubicada en Santiago de Querétaro, en las seis estaciones restantes que midieron este contaminante predominaron los días con datos insuficientes o días con calidad del aire buena. Una situación similar se observa en el NO_2 y el SO_2. Con respecto a este último contaminante, todos con datos suficientes correspondieron a la categoría de buena calidad del aire.

Figura 17.3 Distribución de los días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo en Querétaro, en el año 2017.





Santiaao de Querétaro
BOM -Bomberos
EPG – Epigmenio González
FE0 – Felix Osores
CAP – Delegación Carrillo Puerto
AJO – Auditorio Josefa Ortiz

Corregidora
COR - Corregidora

El Marqués
EMA – El Marqués

San Juan del Río
SJU – Universidad Autónoma de Querétaro

La Tabla 17.3 muestra el porcentaje de días del año 2017 con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y dióxido de nitrógeno, de 8 horas de monóxido de carbono y de 24 horas de partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y dióxido de azufre a nivel de ciudad. En ella se aprecia que el contaminante que con mayor frecuencia determina una condición de mala calidad del aire en la ciudad de Santiago de Querétaro son las partículas PM_{10} con un porcentaje del 27%, seguido por el O_3 con un 4% de días. En el caso de la ciudad de Corregidora el contaminante que determina una mala calidad del aire es el ozono con un 1% de los días. En la ciudad de El Marqués el contaminante que determinó mala calidad del aire fueron las $PM_{2.5}$ (2% de días) y en la ciudad de San Juan del Río fueron las PM_{10} con un porcentaje de días de 2%.

Tabla 17.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de O_3 y NO_2, de 8 horas de CO y de 24 horas de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y SO_2 en Querétaro en el año 2017.

Ciudad	PM_{10}			$PM_{2.5}$			O_3		
	No. días con datos válidos	No. días > 75 µg/m³	% días > 75 µg/m³	No. días con datos válidos	No. días > 45 µg/m³	% días > 45 µg/m³	No. días con datos válidos	No. días > 0.095 ppm	% días > 0.095 ppm
Santiago de Querétaro	148	40	27 %	227	0	0%	327	12	4%
Corregidora	¤	¤	¤	72	0	0%	96	1	1%
El Marqués	¤	¤	¤	58	1	2%	53	0	0%
San Juan del Río	167	4	2%	133	0	0%	329	0	0%

Ciudad	CO			NO_2			SO_2		
	No. días con datos válidos	No. días > 11 ppm	% días > 11 ppm	No. días con datos válidos	No. días > 0.210 ppm	% días > 0.210 ppm	No. días con datos válidos	No. días > 0.110 ppm	% días > 0.110 ppm
Santiago de Querétaro	247	0	0%	155	0	0%	275	0	0%
Corregidora	86	0	0%	93	0	0%	74	0	0%
El Marqués	51	0	0%	45	0	0%	22	0	0%
San Juan del Río	331	0	0%	156	0	0%	308	0	0%

¤ = No cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.

17.4 Tendencia de los datos diarios.

Las Figuras 17.4 a 17.9 muestran la tendencia del mínimo, el máximo, el promedio y los percentiles 10 y 90 para PM_{10}, $PM_{2.5}$, O_3, CO, NO_2 y SO_2, respectivamente, a nivel de ciudad, en el periodo 2011 a 2017 de acuerdo con la disponibilidad de información. Para la mayoría de los contaminantes fue difícil establecer una tendencia puesto que en varios años no fue posible calcular los indicadores por la falta de datos.

En el caso de las PM_{10} solo fue posible generar los indicadores de los años 2014 y 2015 para la ciudad de El Marqués. Se observa que el promedio y el percentil 90 disminuyeron del año 2014 al año 2015, pero el máximo aumentó de 102 µg/m^3 a 129 µg/m^3 (Figura 17.4).

En cuanto a las $PM_{2.5}$ (Figura 17.6), al igual que en la PM_{10}, por la escasa información registrada, sólo fue posible generar los indicadores de los años 2014 y 2015, pero de la ciudad de Santiago de Querétaro. Se aprecia que el percentil 10, el promedio, el percentil 90 y valor máximo tuvieron un incremento del 2014 al 2015, el valor del máximo paso de 27 µg/m^3 a 37 µg/m^3.

Con respecto al ozono (Figura 17.5) fue posible generar los indicadores para seis de los siete años analizados en Santiago de Querétaro, un par de años en El Marques y un solo año en San Juan del

Río. En la ciudad de Santiago de Querétaro se observa en general para todos los indicadores una ligera tendencia a la baja del año 2011 al año 2014, con un aumento en 2015, y más marcado aún al 2017, la estación de monitoreo Bomberos fue la que registró los valores más altos en los últimos tres años con información suficiente, el incremento de 2015 a 2017 fue de un 61%. En la ciudad de El Marqués solo se aprecia que los indicadores en el año 2014 aumentaron respecto del año 2011, los indicadores del año 2014 son menores que los registrados en ese mismo año en la ciudad de Santiago de Querétaro. Para la ciudad de San Juan del Río, no fue posible graficar tendencias, solo hay indicadores para el año 2017, lo cuales son menores que los registrados, en ese mismo año, en la ciudad de Santiago de Querétaro.

En relación al CO, en la ciudad de Santiago de Querétaro hubo información suficiente para calcular los indicadores en 2011 y de manera continua del año 2013 al 2015, se observa en este periodo que los valores de los indicadores fueron a la baja de 2014 a 2015. En El Marqués solo hubo datos suficientes en el año 2011, mientras que en San Juan del Río solo fue posible generar los indicadores en el año 2017 (Figura 17.7).

En la Figura 17.8 se muestra que para el NO_2 hubo suficiencia de datos para generar los indicadores en la ciudad de Santiago de Querétaro en los años 2011 y 2014. Se aprecia que las concentraciones de los indicadores de 2011 a 2014 son más bajas; sin embargo, no se puede afirmar una tendencia a la baja, debido a que los datos no fueron continuos.

Finalmente, con respecto al SO_2 en la ciudad de Santiago de Querétaro hubo datos suficientes en el periodo 2011 al 2013 y en 2015. Se observa que en general los indicadores permanecieron estables, excepto por el máximo que fue variable, para el año 2015 todos los indicadores muestran valores más bajos que en 2013. En la ciudad de El Marqués hubo información suficiente en 2011 y 2015, con una considerable tendencia a la baja del primer al último año, el máximo pasó de 0.034 ppm a 0.012 ppm. La otra ciudad en la que fue posible generar los indicadores fue San Juan del Río, pero para el año 2017 (Figura 17.9).

Figura 17.4 Tendencias de las concentraciones diarias de PM_{10}, en Querétaro, en el periodo 2013 – 2017.

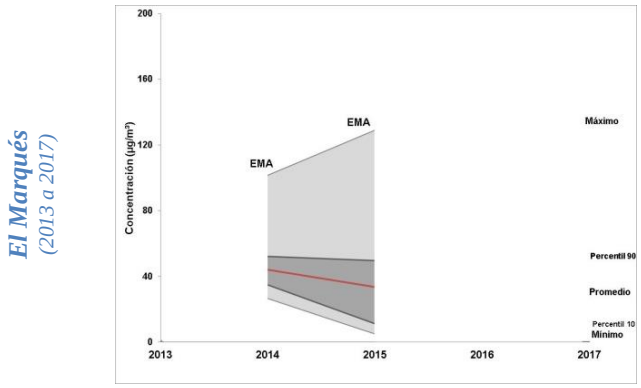


Figura 17.5 Tendencias de las concentraciones diarias de O_3, en Querétaro, en el periodo 2011 – 2017.

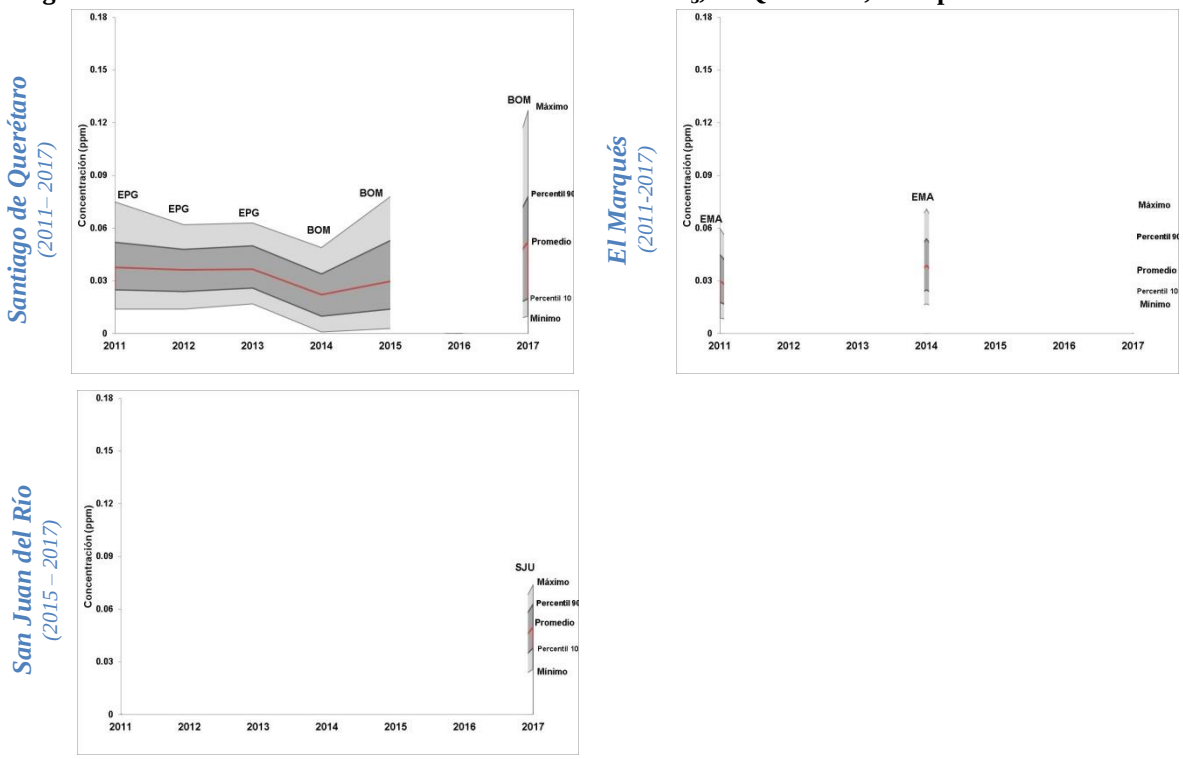


Figura 17.6 Tendencias de las concentraciones diarias de $PM_{2.5}$, en Querétaro, en el periodo 2013 – 2017.

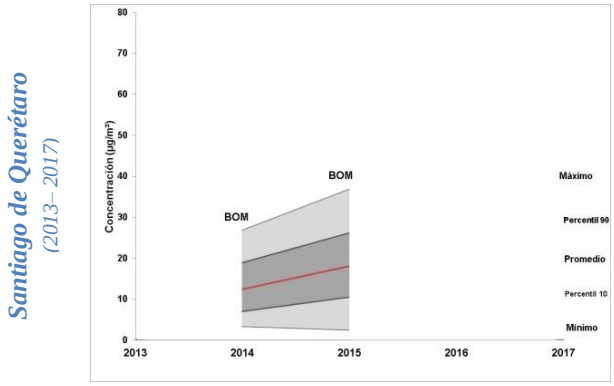


Figura 17.7 Tendencias de las concentraciones diarias de CO, en Querétaro, en el periodo 2011 – 2017.

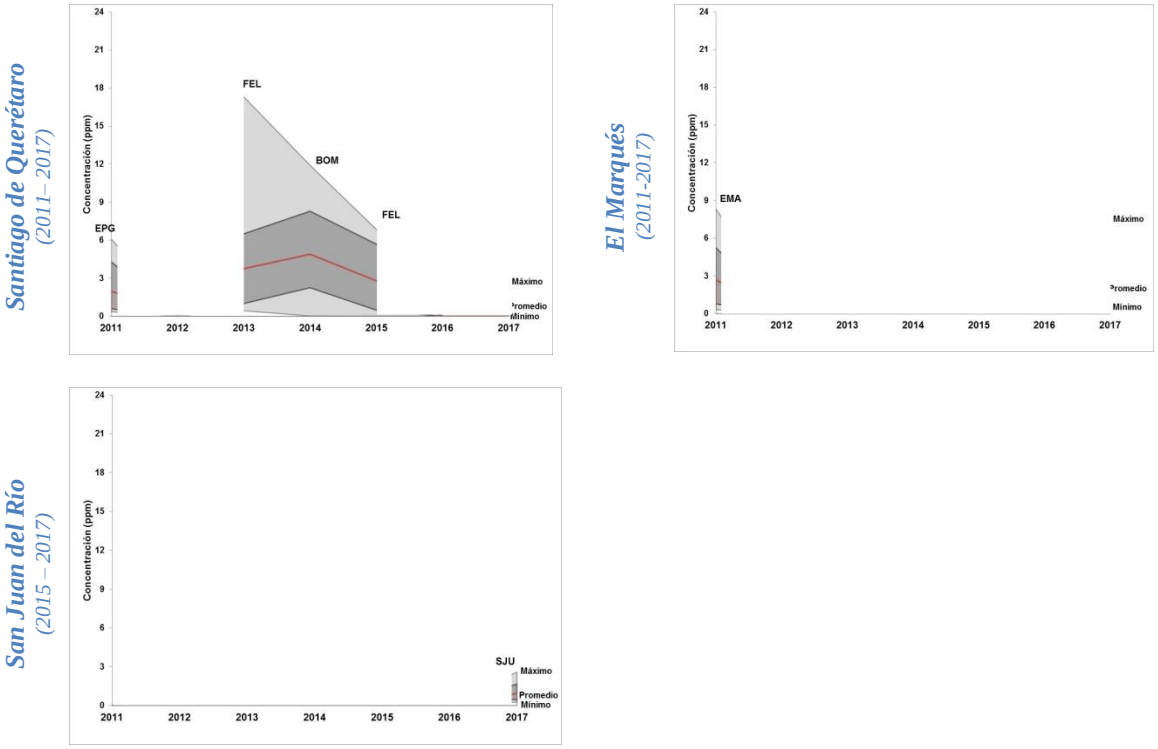


Figura 17.8 Tendencias de las concentraciones diarias de NO_2, en Querétaro, en el periodo 2011 – 2017.

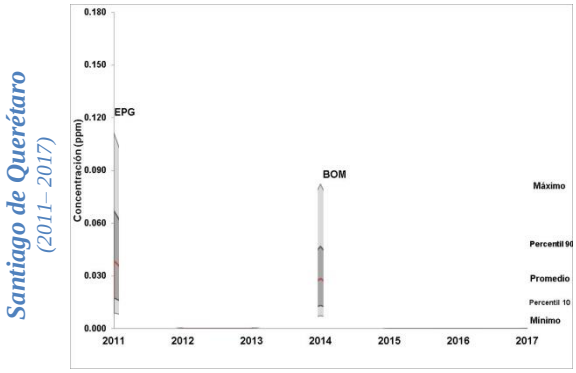
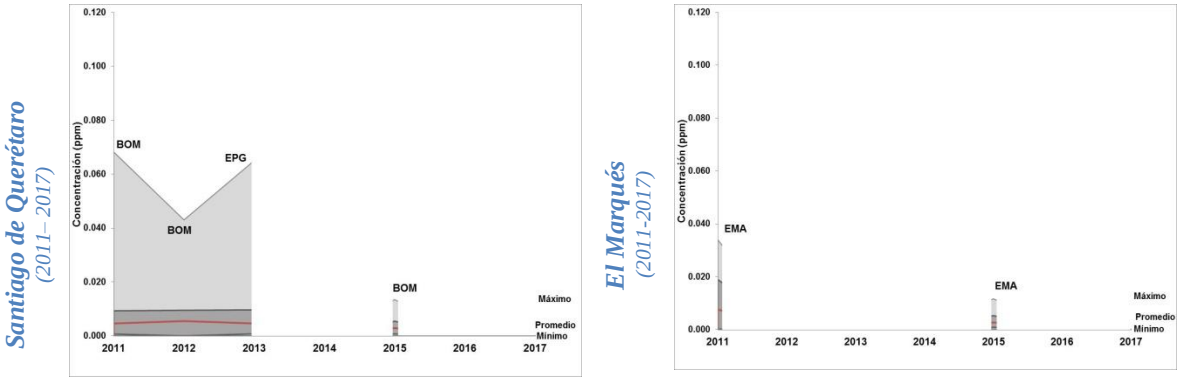
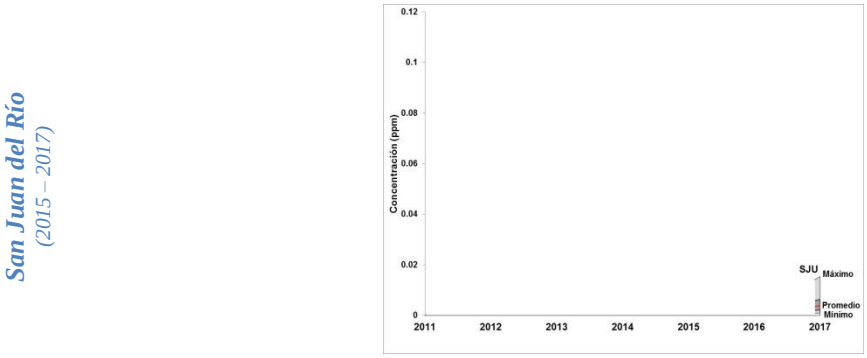


Figura 17.9 Tendencias de las concentraciones diarias de SO_2, en Querétaro, en el periodo 2011 – 2017.





17.5 Porcentaje de días por año en que se rebasa el límite normado de cada contaminante.

La Figura 17.10 presenta la evolución del porcentaje de días por año con concentraciones superiores al límite normado vigente para cada contaminante a nivel de ciudad. Para el caso de las partículas

suspendidas PM_{10}, se observa que en 2017 y 2015 Santiago de Querétaro registró el mayor número de días en esta condición, 27% y 16% respectivamente, lo que percibe como una tendencia a la alza. Cabe recordar, que en 2016 no se contó con registros válidos en ninguna de las estaciones de la entidad, por lo que no es posible saber cuál es la condición de la calidad del aire en ese año en ninguna de sus ciudades.

Para las partículas $PM_{2.5}$ la información es más escasa que para las PM_{10}. En Corregidora, El Marqués y San Juan del Río se contó con mediciones sólo en el año 2017, en Santiago de Querétaro de 2013 a 2015 y en 2017. Únicamente se excedió el límite normado en un 2% de días con información suficiente en El Marqués.

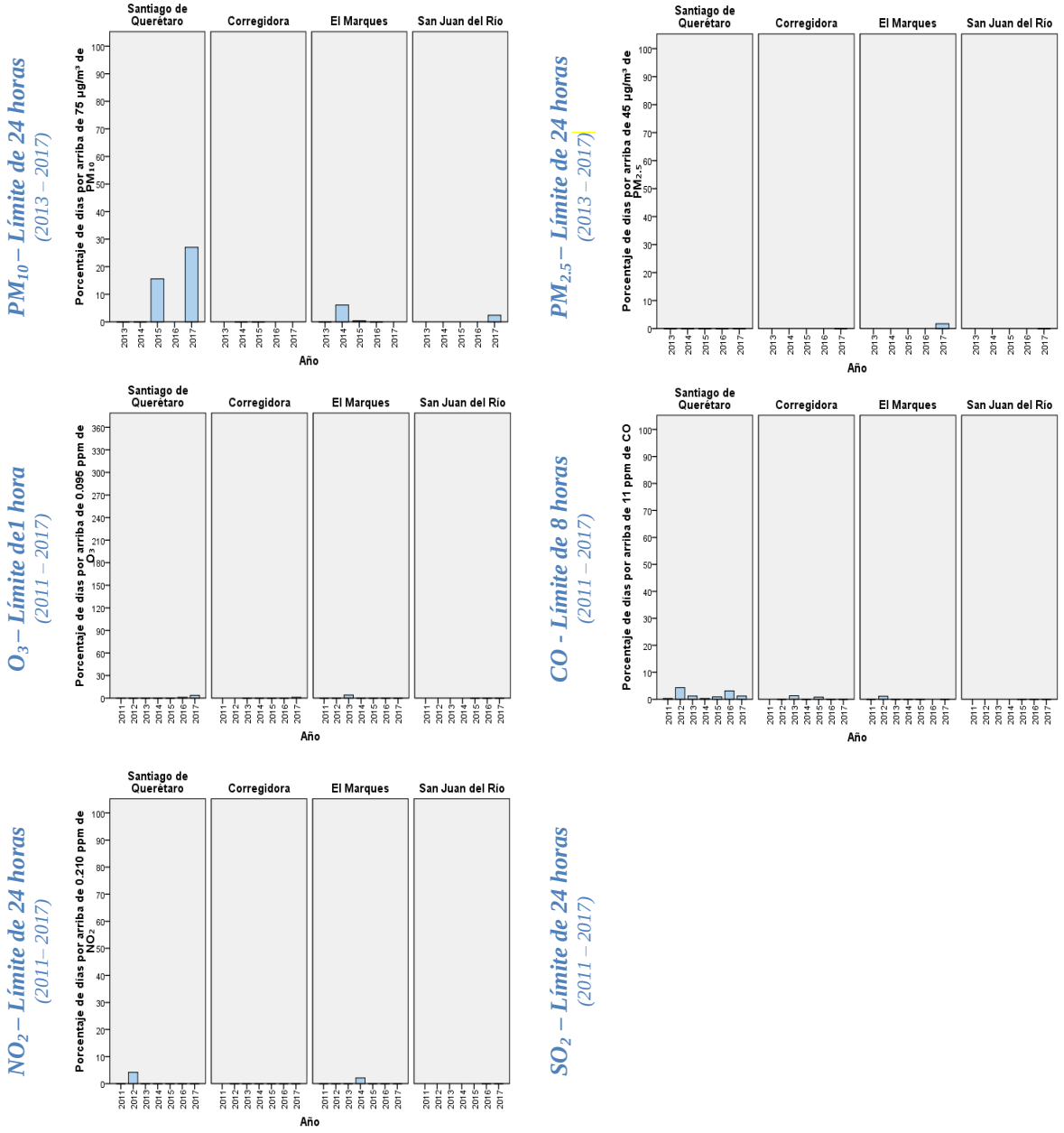
Con respecto al O_3, fueron Santiago de Querétaro en 2017 y El Marqués en 2013 las ciudades en donde se registró el mayor porcentaje de días con concentraciones por arriba del límite de 1 hora, alrededor del 4%. Para el resto de ciudades y años, o no se excede el límite o se excede máximo en 3 días.

En el caso del CO, de nueva cuenta en Santiago de Querétaro se aprecian días en los que se superó el límite normado, el mayor porcentaje de días con esta condición se registró en 2012 con poco más del 4 % de los días, seguido de 2016 con un 3%, no se observa una tendencia, pero sí que al menos en un día, en cada uno de los años se excede el límite correspondiente. Del resto de las ciudades se superó dicho límite en Corregidora y El Marqués, la primera en los años 2013 y 2015 con uno y dos días y la segunda en 2012 con 2 días.

Con respecto al NO_2, se superó el límite normado sólo en dos años en las ciudades de Santiago de Querétaro y El Marqués, en la primera en 2013 en un 4 % de días y en la segunda en 2014 en un 2%.

Por último, el SO_2 fue el único contaminante en el que no se superó su correspondiente límite normado en ninguna ciudad y ningún año.

Figura 17.10 Tendencia del porcentaje de días, por año, con concentraciones superiores a los límites normados vigentes de cada uno de los contaminantes analizados, en el periodo 2011 – 2017.

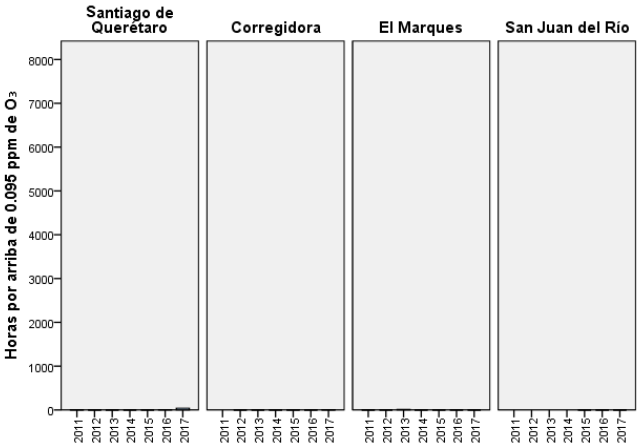


17.6 Número de horas por año en que se rebasa el límite normado de ozono.

Otro indicador útil para visualizar con detalle la evolución de los problemas de calidad del aire por ozono a través de tiempo es el número de horas al año en el que se rebasa el límite normado de una hora. En este caso, el indicador se generó a nivel de ciudad; sin embargo, la información es muy escasa para ver una tendencia, solo en la ciudad de Santiago de Querétaro podemos ver que del año

2016 al año 2017, el porcentaje de horas del año en que se rebasa el limite pasó de 0.1 a 0.5% (Figura 17.11).

Figura 17.11 Tendencia del número de horas, por año, con concentraciones superiores a 0.095 ppm de ozono en el periodo 2011 – 2017.



17.7 Número de días por año en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante.

Finalmente, la Tabla 17.4 y la Figura 17.12 muestran la tendencia histórica del número de días por año en que se incumplió cualquier norma vigente de calidad del aire a nivel de ciudad. En ellas se puede observar lo siguiente:

En Santiago de Querétaro se registró la mayor cantidad de días en los se rebasaron los límites normados para al menos un contaminante en el año 2017 con un total de 53 días. En 51 de ellos por un solo contaminante y 2 por dos contaminantes. De los 51 días por un contaminante, 38 se debieron a las PM_{10} y 11 al ozono. Las combinaciones de los días con dos contaminantes fueron PM_{10} con O_3, y PM_{10} con CO. Le siguió el año 2015 con 33 días, los cuales se debieron a las PM_{10}.

En la ciudad de Corregidora del año 2012 al año 2017 solo se registraron 4 días en que se rebasó el límite y fue debido a un solo contaminante, siendo el más frecuente CO con 3 días y ozono un día en el año 2017.

Para la ciudad de El Marqués durante el periodo de 2013 a 2017 se presentaron 30 días con concentraciones superiores a los límites normados de calidad del aire para al menos un

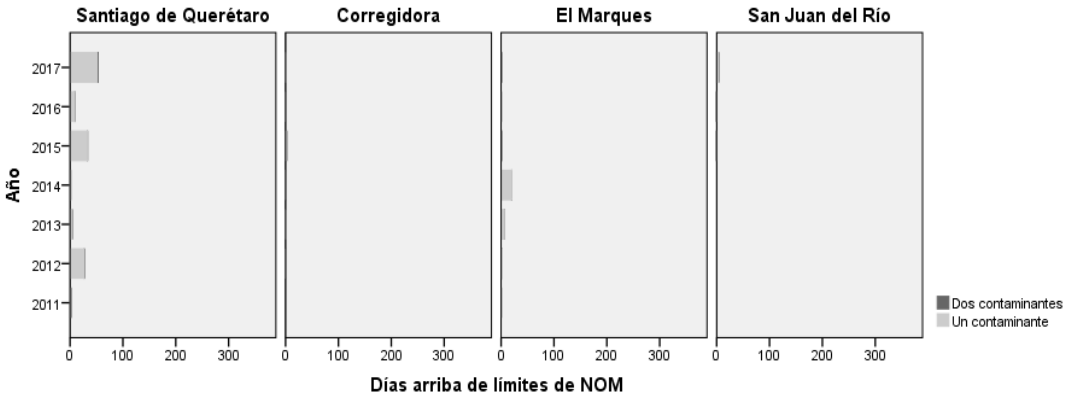
contaminante, siendo el año 2014 en el que se rebasó con mayor frecuencia el límite normado con un total de 20 días. De ellos, en 19 días se debió a las PM_{10} y un día al NO_2. En esta ciudad no hubo un solo día en que se rebasaron los límites para dos contaminantes distintos.

La ciudad de San Juan del Río, en el año 2017, registró 4 días con concentraciones superiores al límite del partículas PM_{10}, y no hubo días donde se superaran los límites de dos o más contaminantes

Tabla 17.4 Número de días, por año, en que se rebasa cualquier norma vigente de calidad del aire en Querétaro, 2011– 2017.

Ciudad	Año	No. de días con datos	No. de días > NOM	Número de días con concentraciones por arriba de los límites actuales de cualquier contaminante			
				1 Contaminante	2 Contaminantes	3 Contaminantes	4 Contaminantes
Santiago de Querétaro	2011	365	2	2	0	0	0
	2012	366	27	27	0	0	0
	2013	365	4	4	0	0	0
	2014	356	1	1	0	0	0
	2015	363	33	33	0	0	0
	2016	360	9	9	0	0	0
	2017	344	53	51	2	0	0
Corregidora	2012	71	0	0	0	0	0
	2013	93	1	1	0	0	0
	2014	76	0	0	0	0	0
	2015	288	2	2	0	0	0
	2016	140	0	0	0	0	0
	2017	98	1	1	0	0	0
El Marqués	2011	309	0	0	0	0	0
	2012	361	2	2	0	0	0
	2013	160	6	6	0	0	0
	2014	349	20	20	0	0	0
	2015	310	1	1	0	0	0
	2016	118	0	0	0	0	0
	2017	62	1	1	0	0	0
San Juan del Río	2015	14	0	0	0	0	0
	2016	228	0	0	0	0	0
	2017	331	4	4	0	0	0

Figura 17.12 Número de días, por año, en que se rebasó cualquier norma vigente de calidad del aire en Querétaro, 2000 – 2017.



Debido a la insuficiencia de datos no fue posible evaluar el cumplimiento de la norma de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y NO_2 en ninguna de las estaciones de la entidad. La norma de O_3 se cumplió en la estación San Juan del Río, por el contrario, en la estaciones Corregidora y Bomberos no se cumplió y en el resto de las estaciones no se evaluó por falta de datos. Los límites normados de SO_2 y CO se cumplieron en la estación de monitoreo San Juan del Río, en cambio, para CO se incumplió en la estación Bomberos, en el resto de las estaciones de estos dos contaminantes en la entidad no se pudieron evaluar las normas por insuficiencia de datos.

En relación a las tendencias, sólo para el caso del ozono en la Ciudad de Santiago de Querétaro fue posible apreciar una tendencia en un periodo de 5 años (2011 a 2015). El promedio, percentil 90 y máximo presentaron una tendencia a la baja del año 2011 al año 2014, en 2015 aumentaron y para el año 2017continuaron a la alza. El promedio y el percentil 90 aumentaron al doble respecto del año 2014, mientras que el máximo aumentó al triple respecto del mismo año.

En la entidad son evidentes los problemas de calidad del aire por PM_{10} y ozono. En el caso de las PM_{10} a pesar de que no fue posible evaluar el cumplimiento de la norma en 2017, en las cuatro ciudades se superó el límite de 24 horas.

En Santiago de Querétaro, en el año 2017, se registró la mayor cantidad de días en los se rebasaron los límites normados para al menos un contaminante, 53 días, 51 por un solo contaminante y 2 por dos contaminantes. De los 51 días por un contaminante, 38 se debieron a las PM_{10} y 11 al ozono. Las combinaciones de los días con dos contaminantes fueron PM_{10} con O_3, y PM_{10} con CO.

18. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE TABASCO.

18.1 Información general.

En el año 2017 el Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Tabasco, administrado por la Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Gobierno del Estado, estuvo conformado por la red de monitoreo del Centro, así como por las estaciones de monitoreo ubicadas en los municipios de Balancán, Huimanguillo, Centla, Comalcalco, Macuspana y Paraíso. La Tabla 18.1 muestra las estaciones de monitoreo que conformaron este SMCA en el año 2017, los contaminantes que se midieron en las mismas y el año en que cada una de ellas inició su operación.

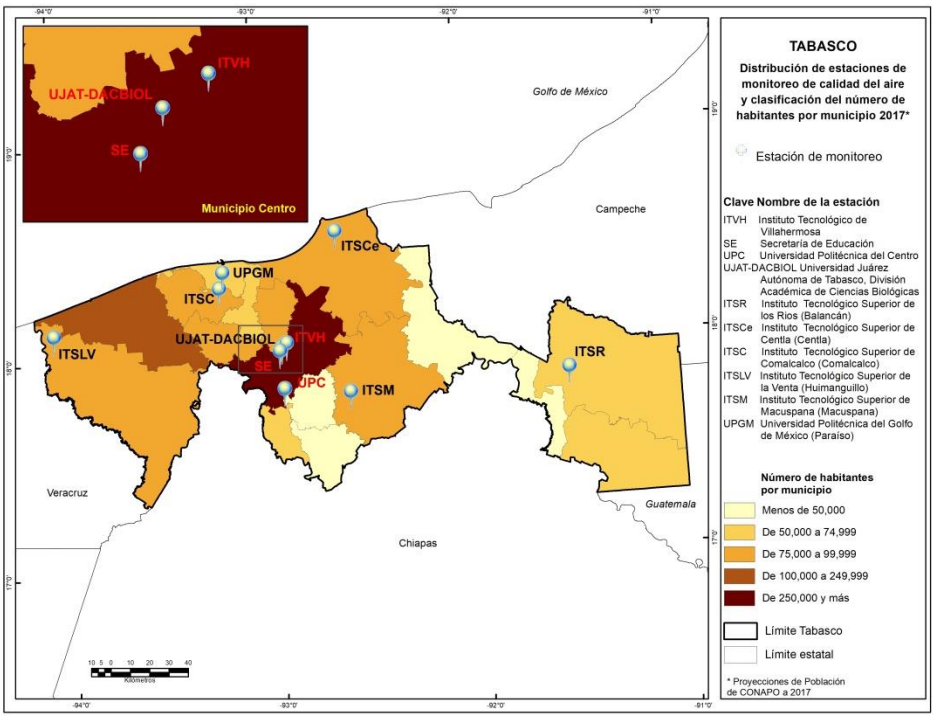
Tabla 18.1 Estaciones que conformaron el SMCA de Tabasco en el año 2017 y capacidades de medición de contaminantes.

SMCA	Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes					
				PM_{10}	$PM_{2.5}$	O_3	SO_2	NO_2	CO
Centro	Instituto Tecnológico de Villahermosa	ITVH	Aut. 2012	✓	¤	✓	✓	✓	✓
			Man. 2016	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Secretaría de Educación	SE	Aut. 2008	✓	¤	✓	✓	✓	✓
			Man. 2016	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Universidad Politécnica del Centro	UPC	Man. 2015	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Universidad Juárez Autónoma de Tabasco – División Académica de Ciencias Biológicas	UJAT-DACBIOL	Man. 2013	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Tecnológico superior de los Ríos (Balancán)	ITSR	Man. 2015	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Instituto Tecnológico Superior de la Venta (Huimanguillo)	ITSLV	Man. 2015	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Instituto tecnológico Superior de Centla (Centla)	ITSCe	Man. 2015	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Universidad Politécnica del Golfo de México (Paraíso)	UPGM	Man. 2015	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Instituto Tecnológico Superior de Macuspana (Macuspana)	ITSM	Man. 2017	✓	¤	¤	¤	¤	¤
	Instituto tecnológico superior de Comalcalco (Comalcalco)	ITSCO	Man.2018	✓	¤	¤	¤	¤	¤

* En el caso de las estaciones que por definición no forman parte de una red de monitoreo, entre paréntesis se indica el nombre de la ciudad donde se encuentra ubicada.
Aut. = Equipo automático; Man = Equipo manual; ¤ = No se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante; ✓= Se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.
Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Gobierno del Estado del Estado.

La Figura 18.1, muestra la ubicación geográfica de cada una de las estaciones referidas en la Tabla anterior.

Figura 18.1 Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Tabasco, 2017.



Es importante destacar que la información recibida en el INECC para el año 2017 con respecto a ozono, dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno no se consideró en el análisis que se presenta en este capítulo. La de ozono y dióxido de azufre, debido a inconsistencias en las fechas y las concentraciones. Por ejemplo, la base de datos tiene registrada más de una concentración con diferentes valores para el mismo día, a la misma hora en la misma estación.

18.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Tabasco para el año 2017 de las PM_{10} tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las NOM en la materia y la distribución del número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo. Se incluye una descripción, a nivel ciudad, sobre las tendencias de los años 2015 y 2017 con respecto al promedio, mínimo, máximo y percentiles 10 y 90 de las concentraciones diarias, número de días con concentraciones superiores a los límites normados vigentes para PM_{10}. Es

pertinente aclarar que para esta entidad no se incluye el indicador sobre número de días en que se rebasa cualquier norma de calidad del aire, debido a que sólo se analizó información de PM_{10}.

18.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire.

Durante el año 2017 sólo se contó con información suficiente para evaluar el cumplimiento de la norma de PM_{10} en la estación Instituto Tecnológico de Villa Hermosa (ITVH) a partir de datos automáticos. Los resultados de la evaluación se presentan en la Figura 18.2 y en la Tabla 18.2. Se aprecia que se incumplió la norma debido a que la concentración máxima del promedio de 24 horas superó el límite de 24 horas con un valor de 128 µg/m^3, esto es 70 % superior del límite.

Del cuadro destaca que en todas las estaciones que midieron con equipo manual, el número de muestreos realizados en el año fueron insuficientes para evaluar la norma.

Figura 18.2 Evaluación del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Tabasco, en el año 2017.

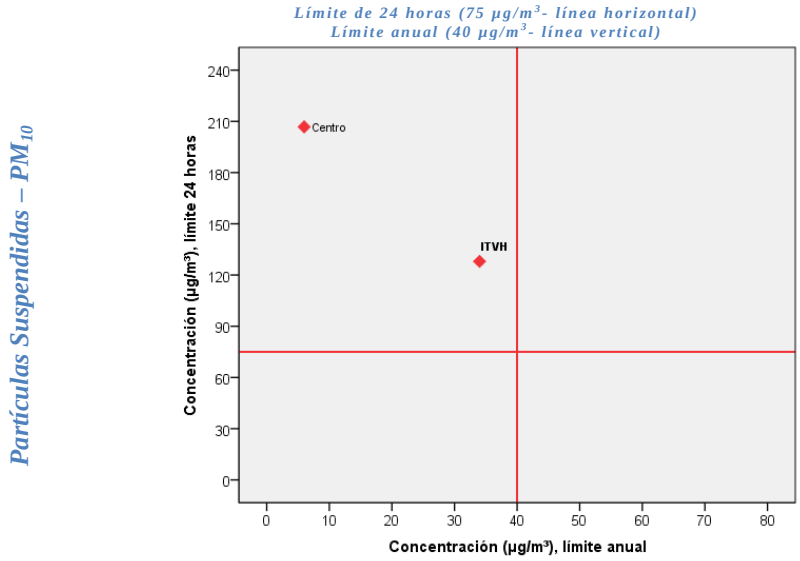


Tabla 18.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Tabasco, en el año 2017.

Contaminante	Límite normado		Centro				Balancán	Huimanguillo	Centla	Paraíso	Macuspana	Comalcalco
			ITVH	SE	UPC	UJAT-DACBIOL	ITSR	ITSLV	ITSCe	UPGM	ITSM	ITSCO
(1)PM_{10}	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m^3	128	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI	¤
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m^3	34	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI	¤
(1)$PM_{2.5}$	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m^3	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m^3	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤
(2)O_3	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	INV	IND	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	INV	IND	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤
(3)CO	8 hrs	2°Máximo ≤ 11 ppm	IND	IND	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤
(4)NO_2	1 hr	2°Máximo ≤ 0.210 ppm	INV	IND	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤
(5)SO_2	8 hrs	2°Máximo ≤ 0.200 ppm	INV	IND	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	INV	IND	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	INV	IND	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤

(1) NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a);
(2) NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b);
(3) NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1993);
(4) NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994);
(5) NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010).

DI = Datos insuficientes¤ = No se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante; Fuera de operación; = Cumple con el límite normado; = No cumple con el límite normado.
INV = Datos invalidados; IND = Información no disponible

- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año, ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas, 24 horas o anual, de acuerdo al contaminante y límite normado.
- Las NOM de partículas, ozono y dióxido de azufre se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen todos los límites normados.

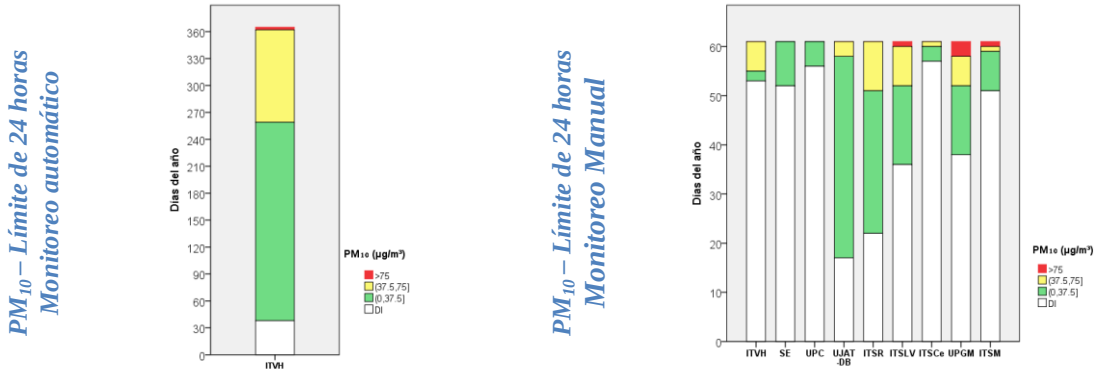
18.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala.

Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en el año 2017 en términos de la frecuencia con que se presentan días con calidad del aire buena, regular y mala con respecto a las PM_{10} de acuerdo con los intervalos definidos en la sección 3.3.2 del capítulo de metodología. En este contexto, en la Figura 18.3 se puede observar que:

- En el caso de las mediciones de PM_{10} con equipo manual, la información generada fue escasa en prácticamente todas las estaciones de monitoreo. Se realizaron menos del 50% de los muestreos posibles en 2017. Aun así, fue posible identificar problemas de calidad del aire en tres municipios de Tabasco. Se registraron días con mala calidad en las estaciones UPGM, ITSLV e ITSM: 3 en la primera y 1 en las dos últimas. Las estaciones están ubicadas en los municipios de Paraíso, Huimanguillo y Macuspana, respectivamente. Las estaciones con un mayor número de muestreos fueron ITSR y UJAT-DACBIOL, las cuales se encuentran en Balancán y Centro. En estas predominaron los días con calidad del aire buena.

- En relación a las mediciones con equipo automático, la estación ITVH ubicada en el municipio Centro registró 3 días con mala calidad del aire, 103 con calidad del aire regular y 221 con buena calidad del aire.

Figura 18.3 Distribución de los días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo en Tabasco, en el año 2017.



Centro	*Balancán*	*Centla*	*Macuspana*
ITVH	ITSR	ITSCe	ITSM
SE			
UPC	*Huimanguillo*	*Paraíso*	*Comalcalco*
UJACT-DACBIOL	ITSLV	UPG	ITSC

La Tabla 18.3 muestra el porcentaje de días del año con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y dióxido de nitrógeno, de 8 horas de monóxido de carbono y de 24 horas de partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y dióxido de azufre en Tabasco. En ella se aprecia que sólo para las PM_{10} fue posible determinar una condición de mala calidad del aire, al rebasarse el límite de 24 horas del contaminante en los municipios del Centro, Huimanguillo, Paraíso y Macuspana con porcentajes de días al año que van de 1% para el Centro al 13% en Paraíso.

Tabla 18.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de O_3 y NO_2, de 8 horas de CO y de 24 horas de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y SO_2 en Tabasco en el año 2017.

Ciudad	PM_{10}**			$PM_{2.5}$*			O_3*		
	No. días con datos válidos	No. días > 75 µg/m³	% días > 75 µg/m³	No. días con datos válidos	No. días > 45 µg/m³	% días > 45 µg/m³	No. días con datos válidos	No. días > 0.095 ppm	% días > 0.095 ppm
Centro	327	3	1%	¤	¤	¤	INV	INV	INV
Balancán	39	0	0%	¤	¤	¤	¤	¤	¤
Huimanguillo	10	1	10%	¤	¤	¤	¤	¤	¤
Centla	4	0	0%	¤	¤	¤	¤	¤	¤
Paraíso	23	3	13%	¤	¤	¤	¤	¤	¤
Macuspana	10	1	10%	¤	¤	¤	¤	¤	¤
Comalcalco	IND	IND	IND	¤	¤	¤	¤	¤	¤

Ciudad	CO*			NO_2*			SO_2*		
	No. días con datos válidos	No. días > 11 ppm	% días > 11 ppm	No. días con datos válidos	No. días > 0.210 ppm	% días > 0.210 ppm	No. días con datos válidos	No. días > 0.110 ppm	% días > 0.110 ppm
Centro	INV	INV	INV	INV	INV	INV	INV	INV	INV
Balancán	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤
Huimanguillo	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤
Centla	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤
Paraíso	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤
Macuspana	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤
Comalcalco	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤	¤

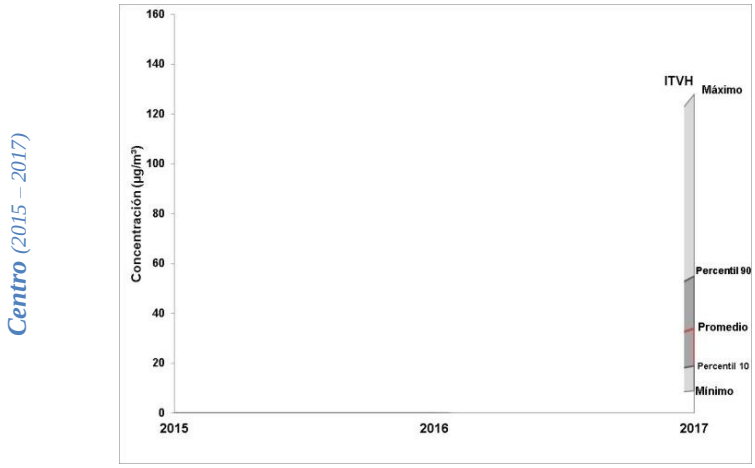
* Estimado con datos provenientes de monitoreo automático.
** Estimado con datos provenientes de monitoreo manual, excepto Centro.
INV = Datos invalidados.
IND = Información no disponible.
¤ = No cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.

18.4 Tendencia de los datos diarios

La Figuras 18.4 muestra la tendencia del mínimo, el máximo, el promedio y los percentiles 10 y 90 para PM_{10} del periodo 2015 a 2017 de acuerdo con la disponibilidad de información. En ella se observa que 2017 fue el único año en el que generó información suficiente para construir los

indicadores por lo que no es posible determinar una tendencia; sin embargo, es claro que por lo menos en el municipio Centro, en 2017, las concentraciones diarias de PM_{10} fueron altas.

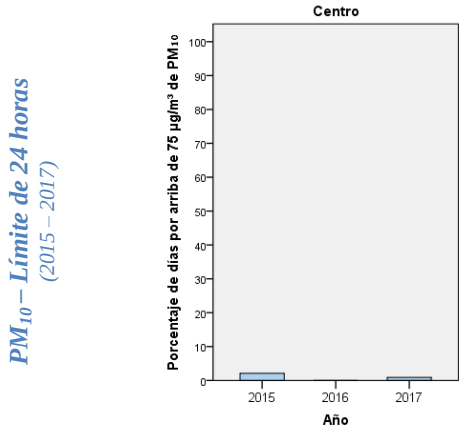
Figura 18.4 Tendencias de las concentraciones diarias de PM_{10} -promedio de 24 horas – en Tabasco en el periodo 2015 – 2017.



18.5 Porcentaje de días por año en que se rebasa el límite normado de cada contaminante.

En la Figura 18.5 se presenta la evolución del porcentaje de días por año con concentraciones superiores al límite normado vigente para las PM_{10}. Se observa que tanto en 2015 como 2017, años en los que recibieron datos horarios válidos en el INECC, se superó el límite de 24 horas en 2% y 1% de los días, respectivamente. Si bien, no es una gran cantidad de días, son suficientes para inferir una mala calidad del aire por este contaminante.

Figura 18.5 Tendencia del porcentaje de días, por año, con concentraciones superiores a los límites normados vigentes de PM_{10}, en Tabasco en el periodo 2015 – 2017.



En 2017, en Tabasco la mayoría de las estaciones, tanto automáticas como manuales que conforman este SMCA, no generaron información válida y suficiente para evaluar el cumplimiento de las normas de calidad del aire. Sólo fue posible evaluar la norma de PM_{10} a partir de datos generados en estaciones de monitoreo automáticas en la estación ITVH localizada en el municipio Centro.

Los resultados muestran que en el municipio Centro existen problemas de calidad del aire por $PM_{10,}$ ya que se incumplió la norma. En el año se registraron 3 días por arriba del límite normado, situación que ya se había presentado en el año 2015, cuando se reportó la ocurrencia de 5 días con concentraciones por arriba del límite de 24 horas.

No sólo en el municipio Centro se detectaron problemas de calidad del aire por $PM_{10,}$, también en las estaciones UPGM, ITSLV e ITSM localizadas en los municipios de Paraíso, Huimanguillo y Mascupana respectivamente, se registraron días con concentraciones por arriba del límite de 24 horas, sin embargo, ello no se refleja en incumplimiento de la norma correspondiente debido a que no se cumplió con el criterio de suficiencia de datos que establece la norma misma para hacer tal evaluación.

Ante esta situación resulta por demás conveniente que este SMCA mejore su desempeño y manejo de datos con el fin de que incremente el porcentaje de recuperación de datos y poder generar un análisis más robusto y confiable sobre la calidad del aire en la entidad.

19. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE TLAXCALA.

19.1 Información general.

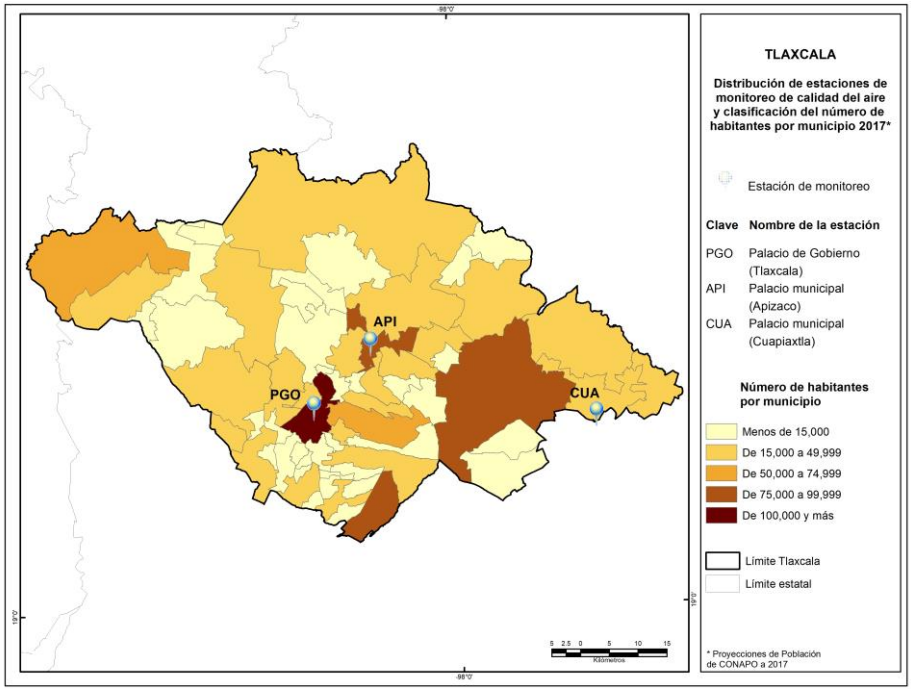
En el año 2017 el sistema de monitoreo de la calidad del aire (SMCA) de Tlaxcala, a cargo de la Coordinación General de Ecología del Gobierno del Estado, estuvo integrado por tres estaciones de monitoreo automáticas ubicadas en los municipios de Apizaco, Cuapiaxtla y Tlaxcala. En la Tabla 19.1 se muestran los contaminantes que se midieron y el año en que inició su operación. Por otra parte, la Figura 19.1 muestra la ubicación geográfica cada una de ellas.

Tabla 19.1 Estaciones que conforman el SMCA de la Ciudad de Tlaxcala en el año 2017 y capacidades de medición de contaminantes.

Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes					
			PM_{10}	$PM_{2.5}$	O_3	SO_2	NO_2	CO
Palacio Municipal (Apizaco)	API	Aut. 2017	¤	✓	¤	¤	¤	¤
Palacio Municipal (Cuapiaxtla)	CUA	Aut. 2017	¤	✓	¤	¤	¤	¤
Palacio de Gobierno (Tlaxcala)	PGO	Aut. 2016	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Aut. = Equipo automático; ✓= Se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante; ¤ = no se cuenta con equipo de medición de este contaminante.
Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la Coordinación General de Ecología del Estado de Tlaxcala.

Figura 19.1 Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Tlaxcala, 2017.



Cabe mencionar que el sistema cuenta con equipo manual para medir PM_{10} en el Palacio Municipal de Chiautempan y en Calpulalpan, sin embargo, en el caso del primero la estación de monitoreo aún no se instala y en el caso del segundo se reportó fuera de operación. Por otro lado, es importante acotar que en el INECC sólo se recibieron datos de la estación Palacio de Gobierno ubicada en la ciudad de Tlaxcala.

19.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en la Ciudad de Tlaxcala para el año 2017 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las NOM en la materia y la distribución del número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo. Así mismo, se incluye una tabla con el número de días con concentraciones superiores a los límites normados vigentes para cada contaminante y el número de días en que se rebasa cualquier norma de calidad del aire. A diferencia de los demás capítulos, en este no se incluye la descripción, a nivel ciudad y municipio sobre las tendencias con respecto al promedio, mínimo, máximo y percentiles 10 y 90 de las concentraciones diarias, debido a que sólo se cuenta con un año de información.

19.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire.

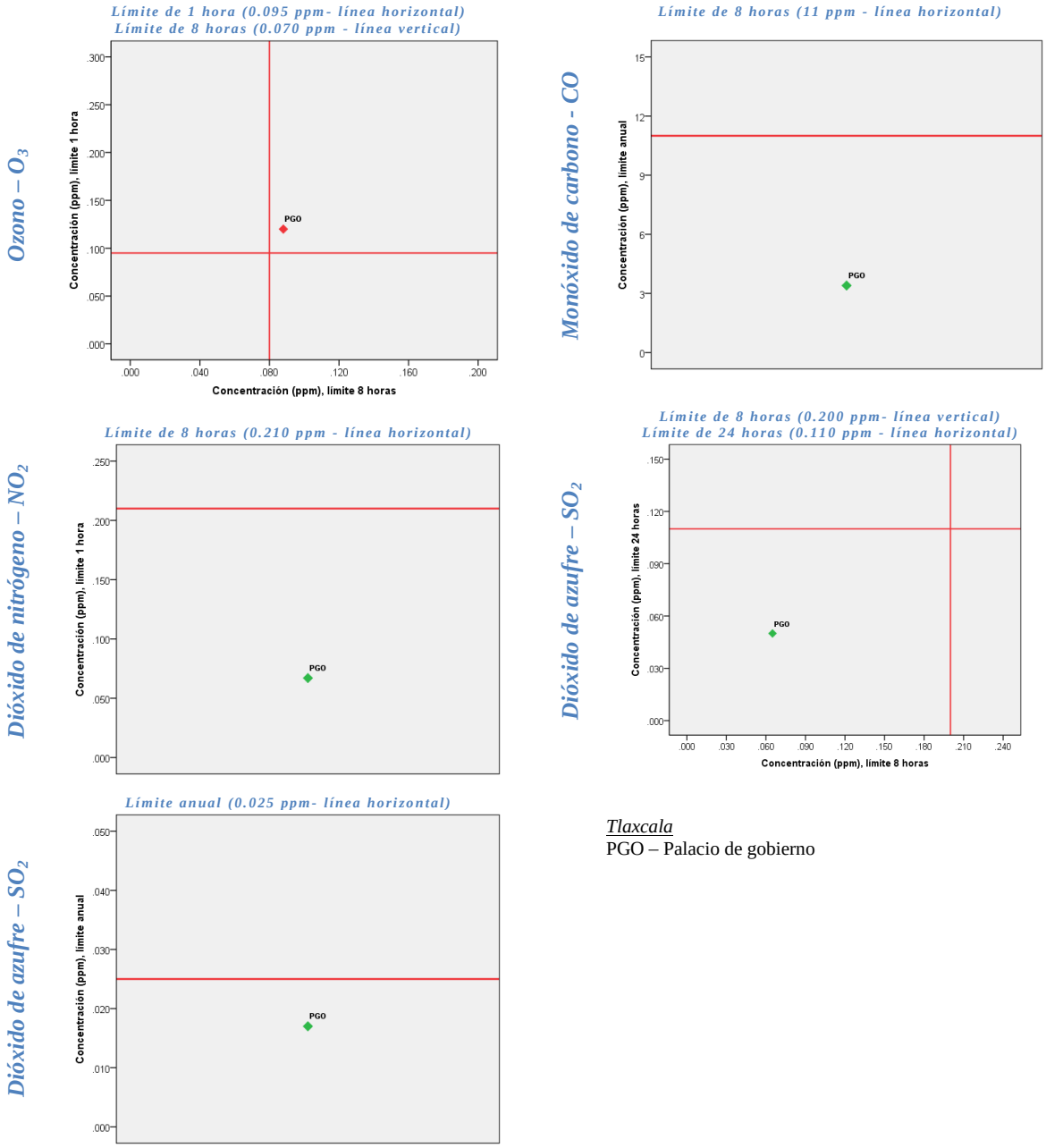
Los resultados de esta evaluación, de acuerdo a la suficiencia de datos, se presentan en la Figura 19.2 y en la Tabla 19.2. En ellas se puede apreciar que:

- Para las partículas $PM_{10,}$ no se evaluó el cumplimiento de sus límites en la estación PGO ubicada en la ciudad de Tlaxcala, debido a que los datos fueron insuficientes, misma situación que se presentó con respecto a las $PM_{2.5}$ en la misma estación, lo anterior a pesar de que la entidad cuenta con infraestructura para medir este último contaminante en dos estaciones más, pero que se encuentran fuera de operación.

- En relación al O_3 se incumplió la norma en la estación Palacio de Gobierno al superarse los límites de 1 hora y 8 horas, los valores registrados fueron de 0.120 ppm y 0.088 ppm respectivamente, en ambos casos equivalen a 1.2 veces su límite respectivo.

- En cuanto al CO, NO_2 y SO_2 se cumplieron los límites normados.

Figura 19.2 Evaluación del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Tlaxcala, en el año 2017.



Tlaxcala
PGO – Palacio de gobierno

Tabla 19.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Tlaxcala, en el año 2017.

Contaminante	Límite normado		Apizaco	Cuapiaxtla	Ciudad de Tlaxcala
			API	CUA	PGO
(1)PM_{10}	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m^3	¤	¤	DI
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m^3	¤	¤	DI
(1)$PM_{2.5}$	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m^3	FO	FO	DI
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m^3	FO	FO	DI
(2)O_3	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	¤	¤	**0.120**
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	¤	¤	**0.088**
(3)CO	8 hrs	2°Máximo ≤ 11 ppm	¤	¤	**4**
(4)NO_2	1 hr	2°Máximo ≤ 0.210 ppm	¤	¤	**0.067**
(5)SO_2	8 hrs	2°Máximo ≤ 0.200 ppm	¤	¤	**0.065**
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	¤	¤	**0.050**
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	¤	¤	**0.017**

(1) NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a);
(2) NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b);
(3) NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1993);
(4) NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994);
(5) NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010).

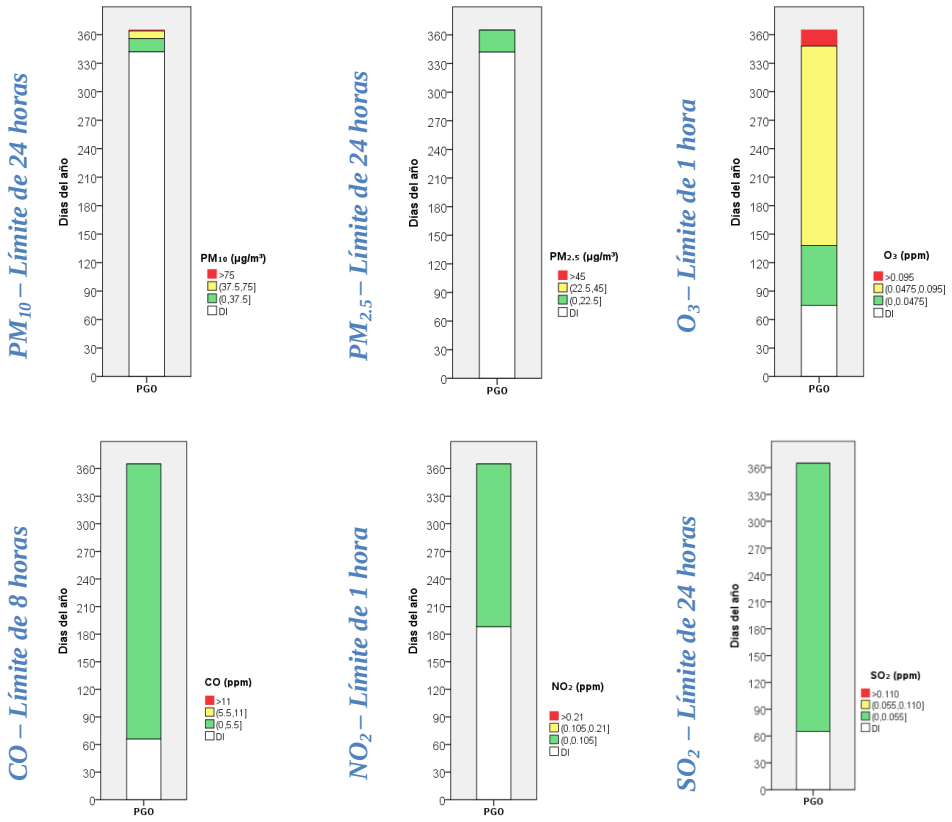
DI = Datos insuficientes; = Cumple con el límite normado; = No cumple con el límite normado; ¤ = no se cuenta con equipo de medición de este contaminante.

- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año, ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas, 24 horas o anual, de acuerdo al contaminante y límite normado.
- Las NOM de partículas, ozono y dióxido de azufre se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen todos los límites normados.

19.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala.

Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en el año 2017 en términos de la frecuencia con que se presentan días con calidad del aire buena, regular y mala con respecto a cada contaminante de acuerdo con los intervalos definidos en la sección 3.3.2 del capítulo de metodología. En la Figura 19.3 se observa que para las partículas PM_{10}, en la mayor parte de los días del año los datos no fueron suficientes (94%) para generar este indicador; sin embargo, se logró calificar la calidad del aire de 14 días como buena, 8 como regulares y uno como mala. De manera similar en las partículas $PM_{2.5}$, en 342 días los datos no fueron suficientes y el resto (23 días) presentaron buena calidad del aire. Para el caso del ozono hubo 63 días con calidad del aire buena, 210 regulares y 17 malos. Con respecto a monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre se observa que predominaron los días con calidad del aire buena.

Figura 19.3 Distribución de los días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo en Tlaxcala, en el año 2017.



Tlaxcala
PGO – Palacio de Gobierno

La Tabla 19.3 muestra el porcentaje de días del año 2017 con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y dióxido de nitrógeno, de 8 horas de monóxido de carbono y de 24 horas de partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y dióxido de azufre a nivel de ciudad calculados a partir de los datos válidos. En ella se aprecia, que el contaminante que con mayor frecuencia determina una condición de mala calidad del aire en la ciudad de Tlaxcala es el O_3, seguido de las $PM_{10,}$ en tanto que el CO, NO_2 y SO_2, no representaron un problema de calidad del aire, al no registrar en ninguno de los días con información válida y suficiente concentraciones superiores al límite normado correspondiente.

Tabla 19.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de O_3 y NO_2, de 8 horas de CO y de 24 horas de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y SO_2 en Tlaxcala en el año 2017.

Ciudad		Apizaco	Cuapiaxtla	Tlaxcala
PM_{10}*	No días con datos válidos	¤	¤	23
	No días > 75 µg/m³	¤	¤	1
	% días > 75 µg/m³	¤	¤	4%
$PM_{2.5}$*	No días con datos válidos	FO	FO	23
	No días > 45 µg/m³	FO	FO	0
	% días > 45 µg/m³	FO	O	0%
O_3*	No días con datos válidos	¤	¤	290
	No días > 0.095 ppm	¤	¤	17
	% días > 0.095 ppm	¤	¤	6%

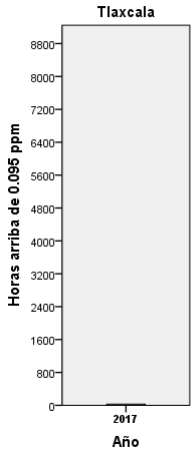
Ciudad		Apizaco	Cuapiaxtla	Tlaxcala
CO*	No días con datos válidos	¤	¤	299
	No días > 11 ppm	¤	¤	0
	% días > 11 ppm	¤	¤	0%
NO_2*	No días con datos válidos	¤	¤	177
	No días > 0.210 ppm	¤	¤	0
	% días > 0.210 ppm	¤	¤	0%
SO_2*	No días con datos válidos	¤	¤	300
	No días > 0.110 ppm	¤	¤	0
	% días > 0.110 ppm	¤	¤	0%

¤ = no se cuenta con equipo de medición de este contaminante.

19.4 Número de horas por año en que se rebasa el límite normado de ozono.

Otro indicador útil para visualizar los problemas de calidad del aire por ozono es el número de horas al año en el que se rebasa el límite normado de una hora, en este caso el indicador se generó para la ciudad de Tlaxcala (Figura 19.4), se registraron 29 horas en esta condición durante el 2017, menos del 1% de las horas del año.

Figura 19.4 Número de horas, por año, con concentraciones superiores a 0.095 ppm de ozono en 2017.



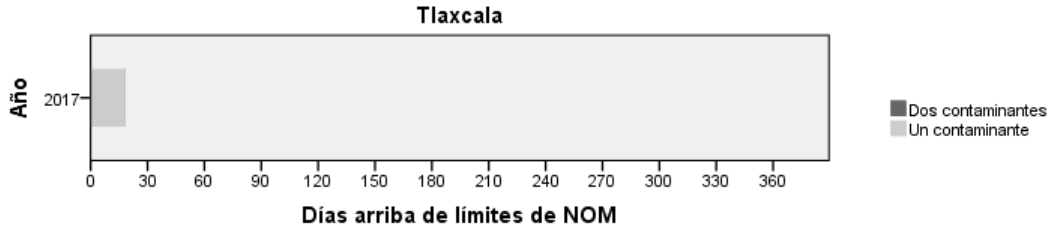
19.5 Número de días por año en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante.

Finalmente, la Tabla 19.4 y la Figura 19.5 muestran el número de días por año en que se incumplió cualquier norma vigente de calidad del aire en la ciudad de Tlaxcala, se observa que en el año 2017 se incumplió en 18 días al menos una de las normas de calidad del aire. En todos los días se rebasó el límite de 1 contaminante, debido principalmente al O_3 (17 días) y 1 día por PM_{10}.

Tabla 19.4 Número de días, por año, en que se rebasa cualquier norma vigente de calidad del aire en la ciudad de Tlaxcala, 2017.

Ciudad	Año	No. de días con datos	No. de días > NOM	Número de días con concentraciones por arriba de los límites actuales de cualquier contaminante			
				1 Contaminante	2 Contaminantes	3 Contaminantes	4 Contaminantes
Tlaxcala	2017	301	18	18	0	0	0

Figura 19.5 Número de días, por año, en que se rebasó cualquier norma vigente de calidad del aire en la ciudad de Tlaxcala, 2017.



En 2017, de tres municipios que cuentan con infraestructura para medir la calidad del aire en Tlaxcala, el INECC dispuso de datos solo para la estación ubicada en la ciudad de Tlaxcala. Dichos hicieron evidentes los problemas de calidad del aire por ozono y PM_{10}. En el caso del ozono se incumplió la norma para los dos límites con valores equivalentes a 1.2 veces sus respectivos valores. Además el límite de 1 hora se superó en 17 días. En el caso de las PM_{10}, a pesar de que no fue posible evaluar el cumplimiento de la norma, se superó el límite de 24 horas en uno de los 23 días con datos válidos y suficientes.

En el caso de las $PM_{2.5}$ debido a la insuficiencia de datos no fue posible evaluar el cumplimiento de la norma, y aunque no se rebasó en ningún día el límite de 24 horas, en el año solo se registraron 23 días con datos válidos.

Los límites normados de monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre se cumplieron.

20. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE VERACRUZ.

20.1 Información general.

El sistema de monitoreo de la calidad del aire (SMCA) de Veracruz, a cargo de la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Estado, estuvo integrado en el año 2017 por un total de 3 estaciones de monitoreo automático, localizadas en los municipios de Minatitlán (TEC), Xalapa (STP) y Poza Rica (PR-03).

La Tabla 20.1 muestra las estaciones de monitoreo que conforman el sistema, así como la capacidad de medición de contaminantes en cada estación y el año en que cada una de ellas inició su operación. Cabe aclarar que la clave de la estación Universidad Veracruzana localizada en el municipio de Poza Rica, que en el Informe 2016 se reportó con las siglas POZ, en este nuevo informe se reporta como PR-03 en consistencia con las siglas asignadas por los responsables del SMCA y las empleadas en el Sistema Nacional de Información de Calidad del Aire (SINAICA). De igual manera, la clave de la estación STPS localizada en el municipio de Xalapa, se reporta en este Informe como STP, mientras que en el Informe 2016 se reportó como STPS.

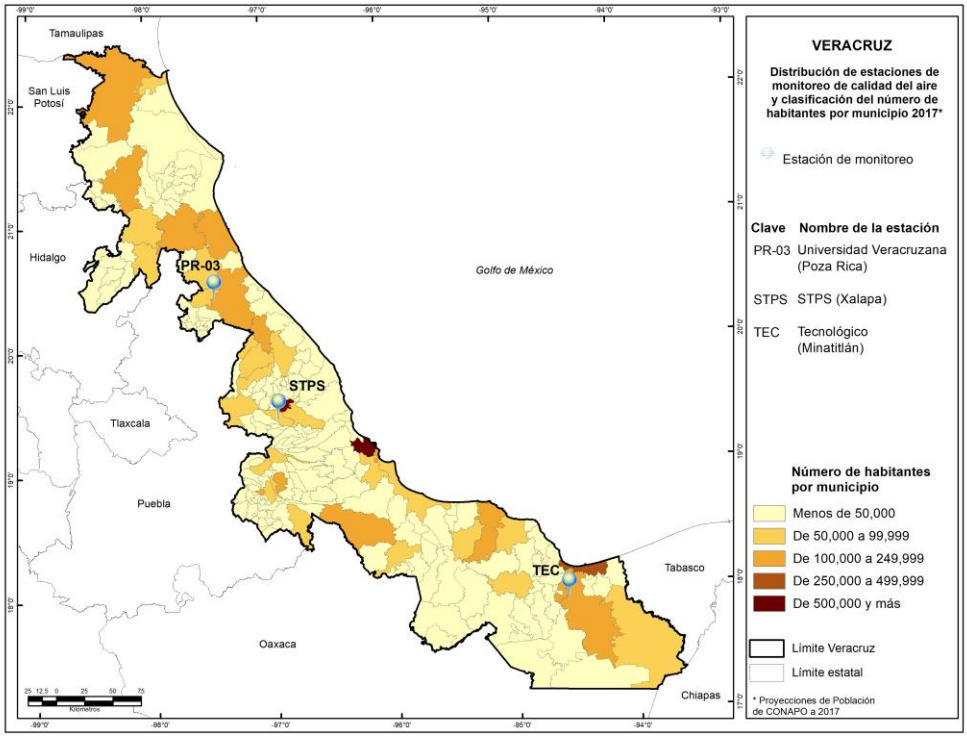
Tabla 20.1 Estaciones que conformaron el SMCA de Veracruz en el año 2017 y capacidades de medición de contaminantes.

Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes medidos					
			PM_{10}	$PM_{2.5}$	O_3	SO_2	NO_2	CO
Tecnológico (Minatitlán)	TEC	Aut. 2013	✓	✓	✓	✓	✓	✓
STPS (Xalapa)	STP	Aut.2013	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Universidad Veracruzana (Poza Rica)	PR-03	Aut.2015	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Aut. = Equipo automático.
✓ = Cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.
Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Estado.

La Figura 20.1, muestra la ubicación geográfica de cada una de las estaciones de monitoreo listadas en la Tabla antes referida.

Figura 20.1 Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Veracruz, 2017.



20.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Veracruz para el año 2017 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las NOM en la materia y la distribución del número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo. Así mismo, se incluye una descripción, a nivel de ciudad, sobre las tendencias del año 2014 a 2017 con respecto al promedio, mínimo, máximo y percentiles 10 y 90 de las concentraciones diarias, número de días con concentraciones superiores a los límites normados vigentes para cada contaminante y, número de días en que se rebasa cualquier norma de calidad del aire.

20.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire.

Los resultados de esta evaluación se presentan en la Figura 20.2 y en la Tabla 20.2, en las cuales se puede apreciar que:

- En 2017 las Normas de PM_{10} y $PM_{2.5}$ no se pudieron evaluar, debido a que no se cumplió con los criterios de suficiencia de información para generar los indicadores en ninguna de las 3 estaciones que integran el SMCA de esta entidad.

- La Norma de ozono se incumplió en Minatitlán y Poza Rica por rebasar los límites normados (1 y 8 horas) y en Xalapa por rebasar el límite promedio de 8 horas. La concentración más alta de ozono, tanto como promedio de una hora como de 8 horas, se registró en Poza Rica donde se alcanzaron valores de 0.148 ppm y 0.100 ppm, respectivamente. Dichos valores son equivalentes a 1.6 y 1.4 veces el límite normado correspondiente.

- Los límites normados de monóxido de carbono, bióxido de nitrógeno y bióxido de azufre no se evaluaron por insuficiencia de datos.

Figura 20.2 Evaluación del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Veracruz, en el año 2017.

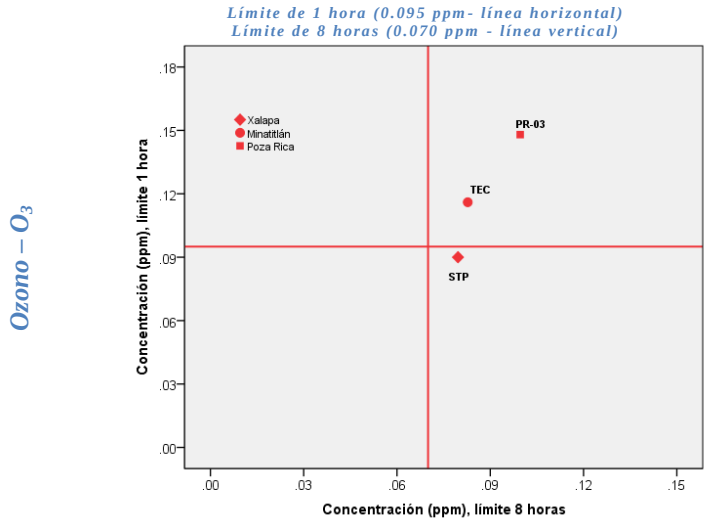


Tabla 20.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Veracruz, en el año 2017.

Contaminante	NOM	Límite normado	Minatitlán	Xalapa	Poza Rica
			TEC	STP	PR-03
(1)PM_{10}	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m^3	DI	DI	DI
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m^3	DI	DI	DI
(1)$PM_{2.5}$	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m^3	DI	DI	DI
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m^3	DI	DI	DI
(2)O_3	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	**0.116**	DI	**0.148**
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	**0.083**	**0.080**	**0.100**
(3)CO	8 hrs	2°Máximo ≤ 11 ppm	DI	DI	DI
(4)NO_2	1 hr	2°Máximo ≤ 0.210 ppm	DI	DI	DI
(5)SO_2	8 hrs	2°Máximo ≤ 0.200 ppm	DI	DI	DI
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	DI	DI	DI
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	DI	DI	DI

(1) NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a);
(2) NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b);
(3) NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1993);
(4) NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994);
(5) NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010).

DI = Datos insuficientes; = Cumple con el límite normado; = No cumple con el límite normado.

- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año, ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas, 24 horas o anual, de acuerdo al contaminante y límite normado.
- Las NOM de partículas, ozono y dióxido de azufre se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen todos los límites normados.

20.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala.

Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en el año 2017 en términos de la frecuencia con que se presentan días con calidad del aire buena, regular y mala con respecto a cada contaminante de acuerdo con los intervalos definidos en la sección 3.3.2 del capítulo de metodología. En la Figura 20.3 se puede observar lo siguiente:

- Días con mala calidad del aire por PM_{10} se registraron en Minatitlán (TEC) y Xalapa (STP), a pesar que en ambas ciudades no se refleja en incumplimiento de la norma correspondiente, dado que no se cumplió con el criterio de suficiencia de información para realizar la evaluación. La mayor cantidad de días con mala calidad del aire por PM_{10} se

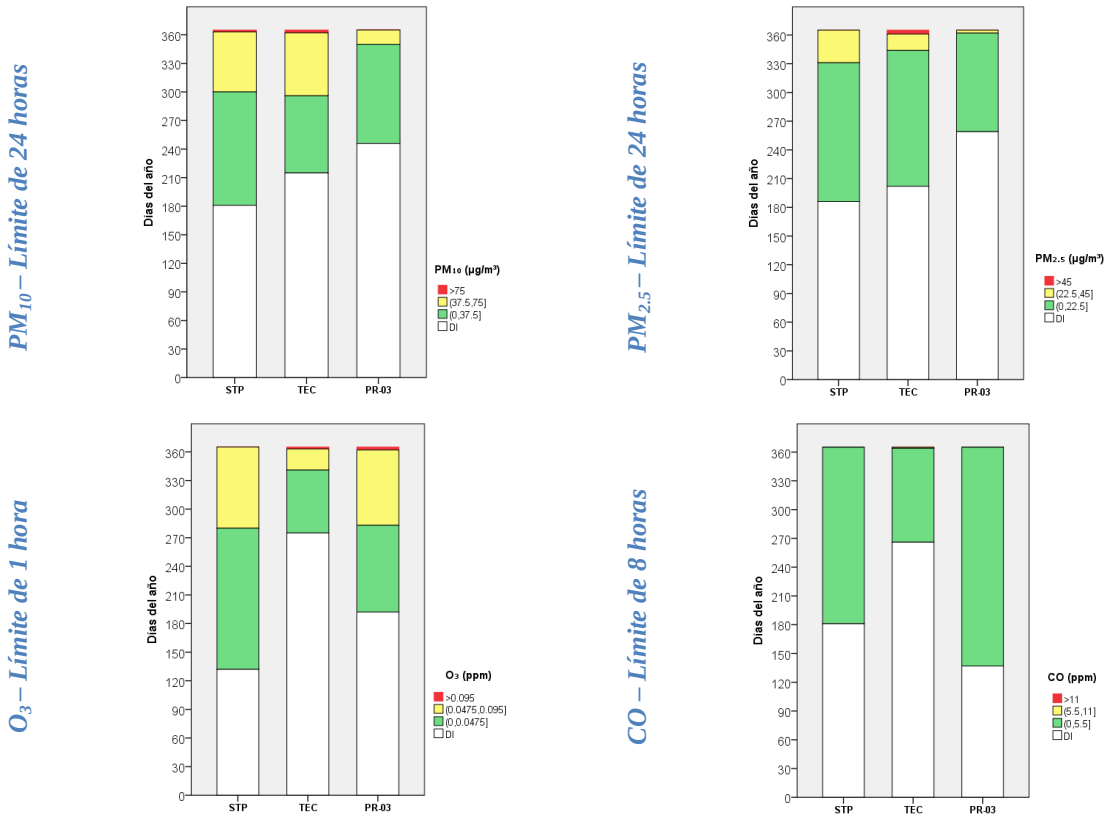
registró en Minatitlán con 3, seguido de Xalapa con 2 días. La ciudad de Poza Rica no registró de días con mala calidad del aire por PM_{10} aunque tampoco cumplió con el criterio de suficiencia de información para evaluar la norma correspondiente.

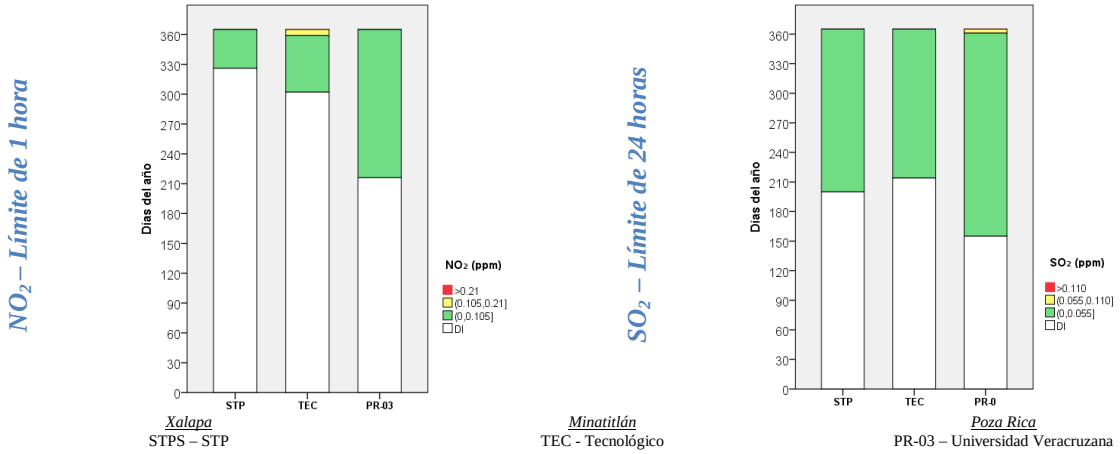
- Se presentaron 4 días con mala calidad del aire por $PM_{2.5}$ en la estación localizada en Minatitlán, por el contrario en las estaciones ubicadas en Xalapa y Poza Rica no se presentaron días con mala calidad del aire. Es importante destacar la gran cantidad de días con información insuficiente para generar este indicador en las estaciones de monitoreo de las tres ciudades Minatitlán (55%), Xalapa (51%) y Poza Rica (71%).

- Respecto al número de días con mala calidad del aire por ozono (O_3), se registraron 3 días en Poza Rica y 2 en Minatitlán. No se registraron días con mala calidad del aire por ozono en Xalapa.

- Finalmente, en cuanto al monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO_2) y dióxido de azufre (SO_2) no registraron días con mala calidad del aire durante el año 2017.

Figura 20.3 Distribución de los días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo en Veracruz, en el año 2017.





La Tabla 20.3 muestra el porcentaje de días del año 2017 con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y dióxido de nitrógeno, de 8 horas de monóxido de carbono y de 24 horas de partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y dióxido de azufre a nivel de ciudad. En ella se aprecia que el municipio de Minatitlán (TEC) es el que presenta con mayor frecuencia una condición de mala calidad del aire por PM_{10}, $PM_{2.5}$ y ozono, con el 2, 3 y 2 % de los días, respectivamente. En la ciudad de Xalapa el 1% de los días del año se registraron concentraciones superiores al límite normado de este contaminante, mientras que en Poza Rica el contaminante de mayor interés es el ozono, debido a que en 2017 registró concentraciones superiores al límite normado en el 2% de los días del año.

Tabla 20.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de O_3 y NO_2, de 8 horas de CO y de 24 horas de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y SO_2 en Veracruz en el año 2017.

Ciudad	PM_{10}			$PM_{2.5}$			O_3		
	No. días con datos válidos	No. días > 75 µg/m³	% días > 75 µg/m³	No. días con datos válidos	No. días > 45 µg/m³	% días > 45 µg/m³	No. días con datos válidos	No. días > 0.095 ppm	% días > 0.095 ppm
Minatitlán	150	3	2%	163	4	3%	90	2	2%
Xalapa	184	2	1%	179	0	0%	233	0	0%
Poza Rica	119	0	0%	106	0	0%	173	3	2%

Ciudad	CO			NO_2			SO_2		
	No. días con datos válidos	No. días > 11 ppm	% días > 11 ppm	No. días con datos válidos	No. días > 0.210 ppm	% días > 0.210 ppm	No. días con datos válidos	No. días > 0.110 ppm	% días > 0.110 ppm
Minatitlán	99	0	0%	63	0	0%	151	0	0%
Xalapa	184	0	0%	39	0	0%	165	0	0%
Poza Rica	228	0	0%	149	0	0%	210	0	0%

20.4 Tendencia de los datos diarios.

Las Figuras 20.4 a 20.9 muestran la tendencia del mínimo, el máximo, el promedio y los percentiles 10 y 90 para PM_{10}, $PM_{2.5}$, O_3, CO, NO_2 y SO_2, respectivamente, a nivel de ciudad, en el periodo 2014 a 2017 de acuerdo con la disponibilidad de información.

En el caso de las PM_{10} para la estación de monitoreo de Minatitlán se puede observar un decremento en la concentración máxima de este contaminante del año 2015 al 2016; sin embargo, para el año 2017 no se tuvo suficiencia de información. Para esta misma estación el percentil 90 permaneció prácticamente constante, mientras que el valor mínimo y percentil 10 incrementaron ligeramente. Para la estación Xalapa únicamente se cuenta con información del 2014 para las PM_{10}, por lo que no se puede realizar un análisis de tendencia de las concentraciones diarias.

Las tendencias de concentraciones diarias de $PM_{2.5}$ en Minatitlán muestran un incremento del 2014 al 2016 en el valor máximo, percentil 90 y el promedio. Para la estación de Xalapa únicamente se cuenta con las concentraciones para el año 2014, cuyo valor es similar al registrado en Minatitlán para el mismo año.

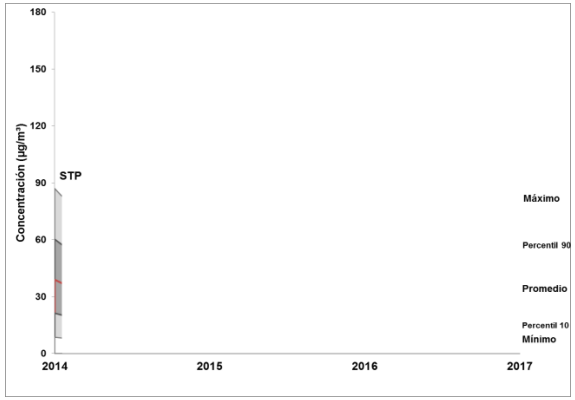
Respecto al ozono, no es posible establecer un análisis de la tendencia de concentraciones diarias, debido a que para las estaciones de Minatitlán y Xalapa únicamente se cuenta con información para el año 2016.

La información histórica de CO para Xalapa y Minatitlán no muestra una tendencia clara en el valor máximo durante el periodo de 2014 al 2016, pues de un año a otro se observan cambios tanto a la alza como a la baja respecto al año inmediato anterior. Sin embargo, del año 2015 al 2016 se observa un ligero incremento en todos los indicadores incluidos (promedio, máximo, percentiles 10 y 90 y máximo). Xalapa registra la concentración más alta asociada al máximo durante el 2015.

En el caso del dióxido de nitrógeno, no hay información suficiente sobre este contaminante, lo que no permite analizar una tendencia histórica de las concentraciones en Veracruz. Únicamente se contó con datos suficientes para el 2016 en la estación de Xalapa.

Figura 20.4 Tendencias de las concentraciones diarias de PM_{10}, en Veracruz, en el periodo 2014 – 2017.

Xalapa *(2014– 2017)*



Minatitlán *(2014-2017)*

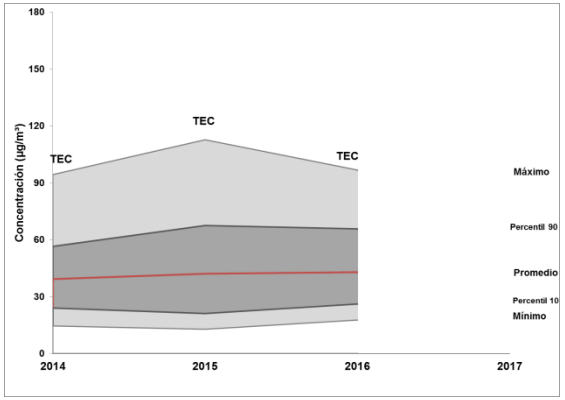


Figura 20.5 Tendencias de las concentraciones diarias de $PM_{2.5}$, en Veracruz, en el periodo 2014 – 2017.

Xalapa *(2014– 2017)*

Minatitlán *(2014-2017)*

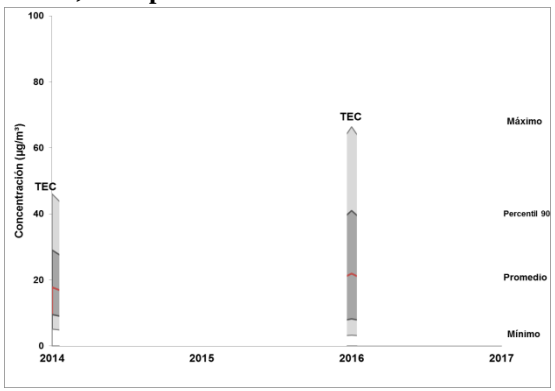
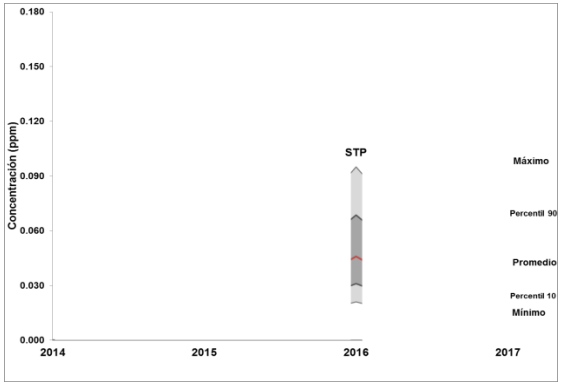


Figura 20.6 Tendencias de las concentraciones diarias de O_3, en Veracruz, en el periodo 2014 – 2017.

Xalapa *(2014– 2017)*



Minatitlán *(2014-2017)*

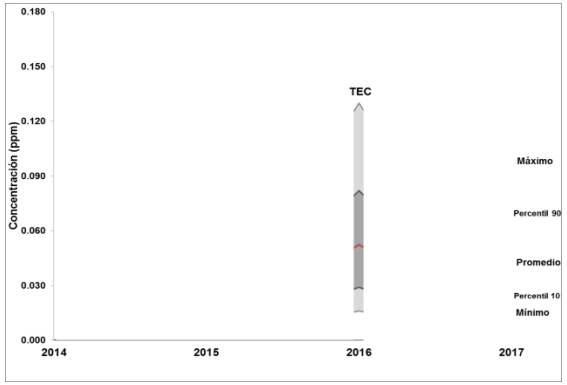
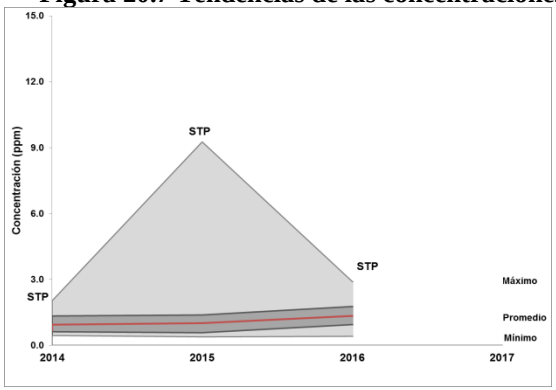


Figura 20.7 Tendencias de las concentraciones diarias de CO, en Veracruz, en el periodo 2014 – 2017.

Xalapa *(2014– 2017)*



Minatitlán *(2014-2017)*

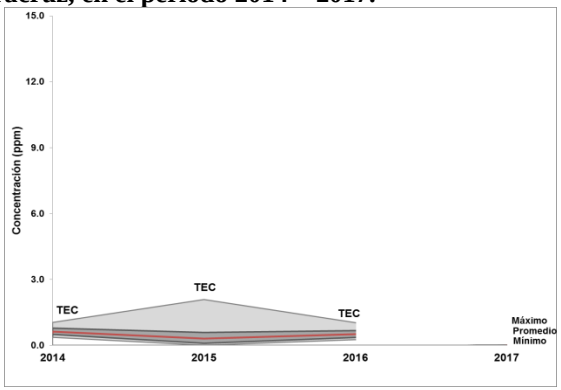


Figura 20.8 Tendencias de las concentraciones diarias de NO_2, en Veracruz, en el periodo 2014 – 2017.

Xalapa *(2014– 2017)*

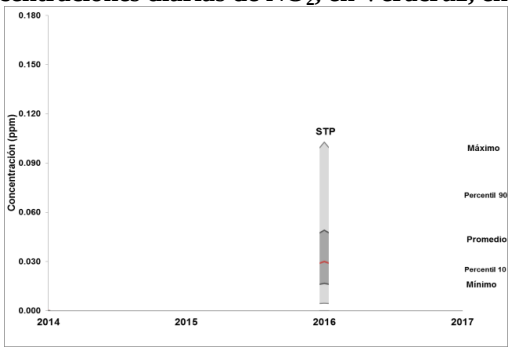
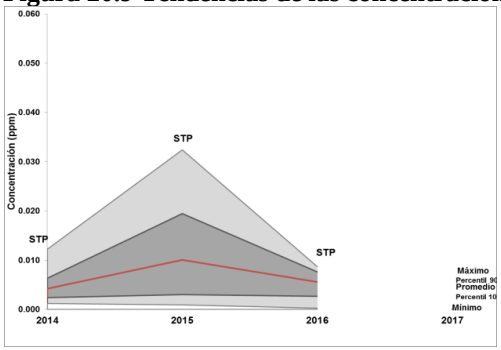
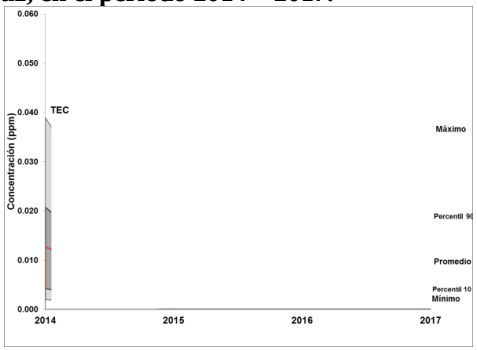


Figura 20.9 Tendencias de las concentraciones diarias de SO_2, en Veracruz, en el periodo 2014 – 2017.

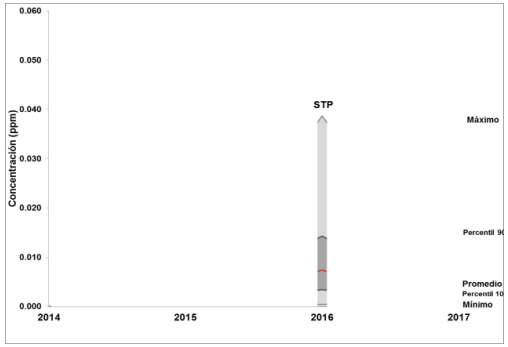
Xalapa *(2014– 2017)*



Minatitlán *(2014-2017)*



Poza Rica *(2014– 2017)*



Finalmente, con respecto al SO_2 se observa que las máximas concentraciones se registraron en las ciudades de Minatitlán y Poza Rica, durante el 2014 y 2016, respectivamente; sin embargo, no se puede realizar un análisis de tendencia dado que no se cuenta con información para un mayor periodo de años. En Xalapa, no existe una tendencia clara en cuanto al máximo, percentil 90 y el promedio, debido a que de un año a otro se observan cambios tanto a la alza como a la baja respecto al año inmediato anterior.

20.5 Porcentaje de días por año en que se rebasa el límite normado de cada contaminante.

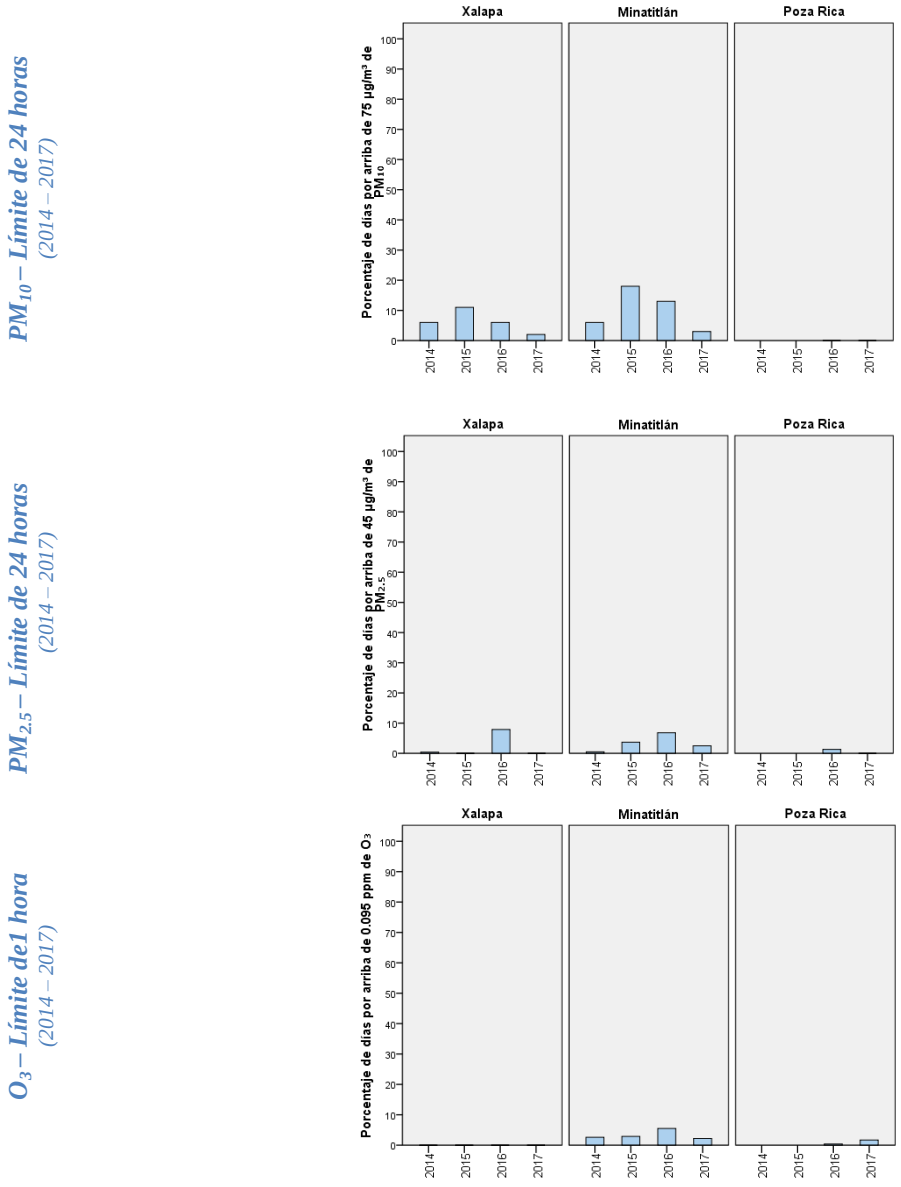
La Figura 20.10 presenta la evolución del porcentaje de días por año con concentraciones superiores al límite normado vigente para cada contaminante a nivel de ciudad. Con respecto a las PM_{10} se observa que de 2015 a 2017 en Xalapa y Minatitlán se registra una tendencia a la baja en este indicador. En Xalapa se pasó en este periodo de tiempo de 12% al 1% y en Minatitlán de 6% a 2% de días por año con concentraciones superiores al límite normado.

Respecto a $PM_{2.5,}$ en Minatitlán se observó una tendencia creciente del 2014 al 2016, de 0.5% hasta alcanzar el 7% de los días con concentraciones superiores al límite normado vigente de $PM_{2.5}$; sin embargo, del 2016 al 2017 hay una disminución al pasar de 7% a 3% de días. Para el caso de Xalapa, se observa en 2016 que el porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado fue de 7.9%, mientras que en 2017 no hubo días con concentraciones en esta condición, si bien es de destacar que los datos válidos fueron 50 % menos que en 2016. Poza Rica pasó en 2016 de 1.3% de días con concentraciones superiores al límite normado a cero en 2017.

Con respecto al ozono, la tendencia histórica de días por año en que se rebasa el límite normado muestra que en Minatitlán, del 2014 al 2016, el porcentaje de días se incrementó del 3% al 6%, pero del 2016 al 2017 decreció hasta llegar al 2%. Por su parte, en Poza Rica se incrementó el número de días con el límite normado vigente de ozono al pasar del 0.4% a 2% del 2016 al 2017. En general en Veracruz, la ciudad de Minatitlán es la que históricamente ha registrado la mayor cantidad de días por año en que se rebasa el límite normado de este contaminante.

En cuanto a SO_2, NO_2 y CO, en ninguna de las estaciones de monitoreo se registraron concentraciones superiores a los límites normados (Figura 17.10).

Figura 20.10 Tendencia del porcentaje de días, por año, con concentraciones superiores a los límites normados vigentes de cada uno de los contaminantes analizados, en el periodo 2014 – 2017.

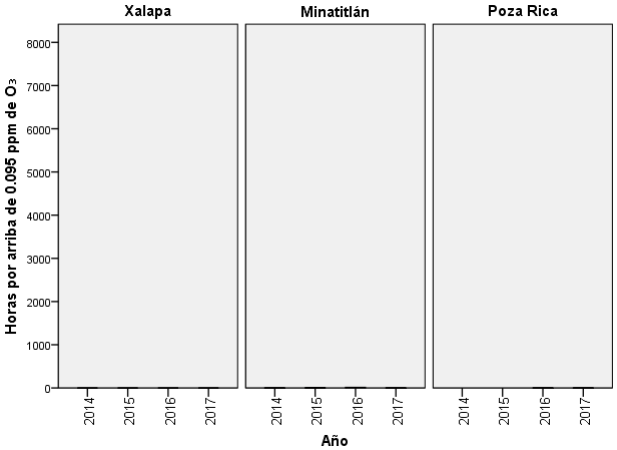


20.6 Número de horas por año en que se rebasa el límite normado de ozono.

Otro indicador útil para visualizar con detalle la evolución de los problemas de calidad del aire por ozono a través de tiempo es el número de horas al año en el que se rebasa el límite normado de una hora. En este caso, el indicador se generó a nivel de ciudad y la Figura 20.11 muestra que en Minatitlán es donde se presentó la mayor cantidad de horas por arriba de la norma vigente, ya que en 2016 fueron 30 horas, mientras que en 2017 bajó a 5. Respecto a Poza Rica, en 2017 se registró el máximo de 6 horas con valores por arriba del límite normado del periodo evaluado. En Xalapa no

se presentaron horas del año con concentraciones de ozono superiores al límite normado vigente durante el periodo de 2014 – 2017.

Figura 20.11 Tendencia del número de horas, por año, con concentraciones superiores a 0.095 ppm de ozono en el periodo 2014 – 2017.



20.7 Número de días por año en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante.

Finalmente, la Tabla 20.4 y la Figura 20.12 muestran la tendencia histórica del número de días por año en que se incumplió cualquier norma vigente de calidad del aire a nivel de ciudad. En ellas se puede observar que en Minatitlán, prácticamente se triplicó el número de días fuera de Norma para al menos un contaminante entre 2014 y 2016, al pasar de 11 días en 2014 a 37 en 2016. En 2017, sin embargo, decreció el número de días fuera de Norma a 6. El número de días en los que se rebasa de manera simultánea el límite normado de dos contaminantes alcanzó su máximo en el 2015 con 8 días (6 días con la combinación PM_{10} y $PM_{2.5}$) y disminuyó a 1 día en 2017. En el año 2016 se registró un máximo de 5 días con tres contaminantes que rebasaron los límites normados, estos fueron las PM_{10}, $PM_{2.5}$ y Ozono.

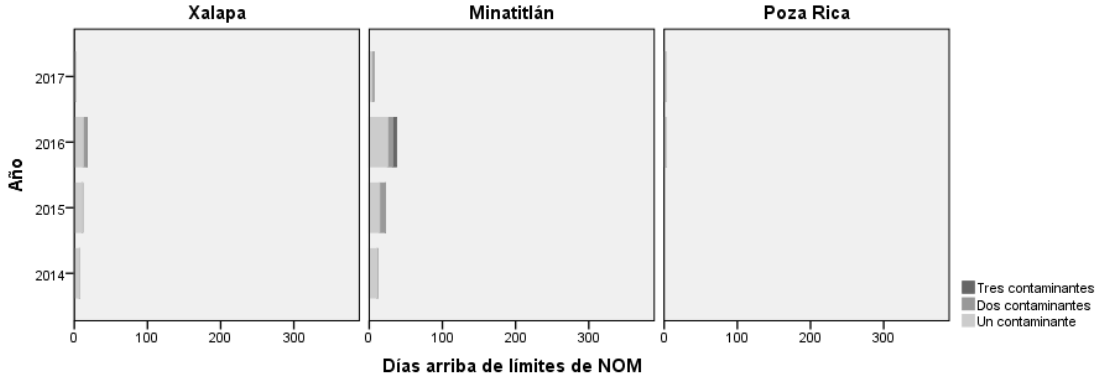
En Xalapa destacan los años 2015 y 2016 con más días en los que se incumple la normatividad vigente de calidad del aire con un total de 11 y 17, respectivamente. De ellos, en 2015 el total de días que rebasaron el límite normado fue por un solo contaminante (partículas PM_{10}). En 2016, 12 de los días fuera de norma fueron por un solo contaminante (11 por $PM_{2.5}$ y uno por PM_{10}), mientras que 5 días rebasaron los límites de dos contaminantes (PM_{10} y $PM_{2.5}$).

Poza Rica únicamente cuenta con datos para los años 2016 y 2017 y revelan que en cada año se han registrado 3 días en los cuales se rebasó el límite de calidad del aire de un solo contaminante. En 2016, dos días rebasaron el límite de $PM_{2.5}$ y uno por ozono, mientras que en 2016 los 3 días excedieron el límite normado por ozono.

Tabla 20.4 Número de días, por año, en que se rebasa cualquier norma vigente de calidad del aire en Veracruz, 2000 – 2017.

Ciudad	Año	No. de días con datos	No. de días > NOM	Número de días con concentraciones por arriba de los límites actuales de cualquier contaminante			
				1 Contaminante	2 Contaminantes	3 Contaminantes	4 Contaminantes
Minatitlán	2014	284	11	11	0	0	0
	2015	338	22	14	8	0	0
	2016	346	37	25	7	5	0
	2017	175	6	4	1	1	0
Xalapa	2014	360	7	7	0	0	0
	2015	361	11	11	0	0	0
	2016	319	17	12	5	0	0
	2017	280	2	2	0	0	0
Poza Rica	2014						
	2015						
	2016	290	3	3	0	0	0
	2017	232	3	3	0	0	0

Figura 20.12 Número de días, por año, en que se rebasó cualquier norma vigente de calidad del aire en Veracruz, 2014 – 2017.



En 2017, las normas de PM_{10} y $PM_{2.5}$ no se pudieron evaluar, debido a que no se cumplió con los criterios de suficiencia de información para generar el indicador en ninguna de las 3 estaciones que integran el SMCA de Veracruz, pero se identificaron días con concentraciones superiores al límite normado de 24 horas en Minatitlán y Xalapa. La concentración más alta de ozono, tanto como promedio de una hora como de 8 horas, se registró en Poza Rica, donde se alcanzaron valores de 0.148 ppm y 0.100 ppm, respectivamente, las cuales son equivalentes a 1.6 y 1.4 veces el límite normado correspondiente.

Los mayores problemas de calidad del aire en la entidad se presentaron en la ciudad de Minatitlán, ya que fue el sitio donde con mayor frecuencia se presentan días con concentraciones superiores al límite normado de PM_{10} (2%), $PM_{2.5}$ (3%) y ozono (2%).

Minatitlán es la ciudad del Estado de Veracruz en la que con mayor frecuencia se presentaron días con concentraciones superiores a los límites normados de calidad del aire para al menos un contaminante. En el periodo de 2014-2017 la cantidad de días por año en esta condición se triplicó, de 11 días en 2014 a 37 días en 2016.

21. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE YUCATÁN.

21.1 Información general.

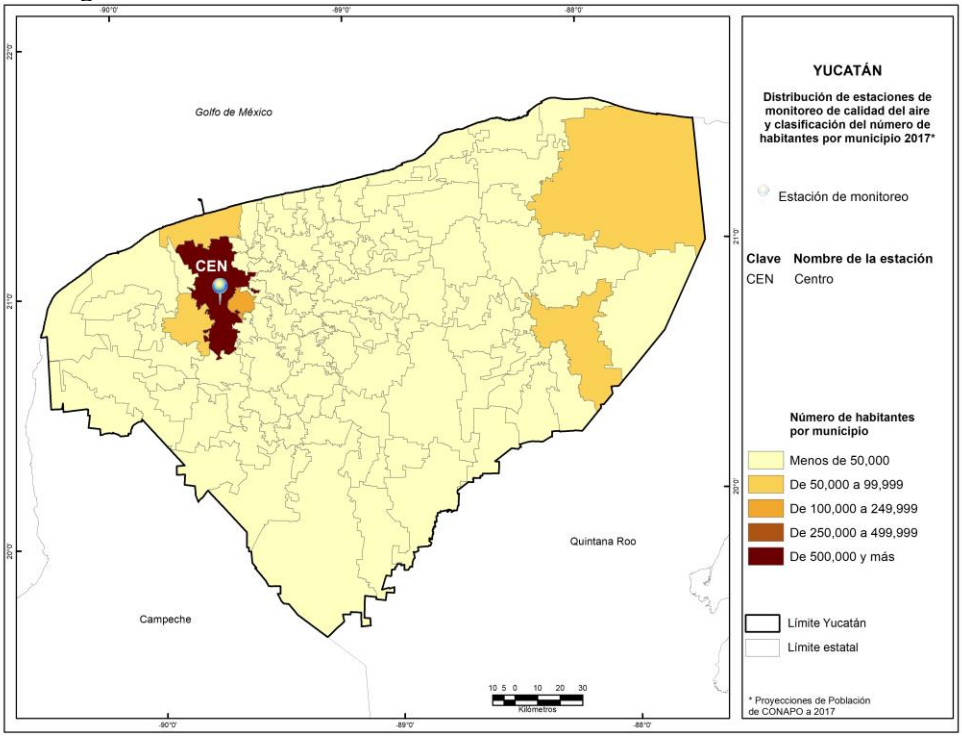
En el año 2017 el sistema de monitoreo de la calidad del aire (SMCA) de Yucatán, a cargo de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Gobierno del Estado, estuvo integrado por una estación de monitoreo automática ubicada en la Ciudad de Mérida. En la Tabla 21.1 se muestran los contaminantes que se midieron y el año en que inició su operación, por otra parte, la Figura 21.1 muestra la ubicación geográfica de dicha estación

Tabla 21.1 Estaciones que conformaron el SMCA de Yucatán en el año 2017 y capacidades de medición de contaminantes.

Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes					
			PM_{10}	$PM_{2.5}$	O_3	SO_2	NO_2	CO
Seduma01	CEN	Aut. 2012	¤	✓	✓	✓	✓	✓

Aut. = Equipo automático; ✓= Se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante. ¤ = No cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.
Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Estado.

Figura 21.1 Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Yucatán, 2017.



21.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en la Ciudad de Mérida para el año 2017 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las NOM en la materia y la distribución del número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo. Se incluye una descripción sobre las tendencias del año 2013 a 2017 con respecto al promedio, mínimo, máximo y percentiles 10 y 90 de las concentraciones diarias, número de días con concentraciones superiores a los límites normados vigentes para cada contaminante y, número de días en que se rebasa cualquier norma de calidad del aire.

21.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire.

Los resultados de esta evaluación se presentan en la Tabla 21.2, en la cual se aprecia que no fue posible realizar la evaluación del cumplimiento de las normas de calidad del aire para ningún contaminante, debido a que no se cumplió con los criterios de suficiencia de información. La estación registró mediciones de O_3, NO_2, CO y SO_2 de enero a mayo de 2017, el resto de año estuvo fuera de operación por problemas de suministro en la energía eléctrica. En el caso de las $PM_{2.5}$ el equipo estuvo fuera de operación durante todo el año.

Tabla 21.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Yucatán, en el año 2017.

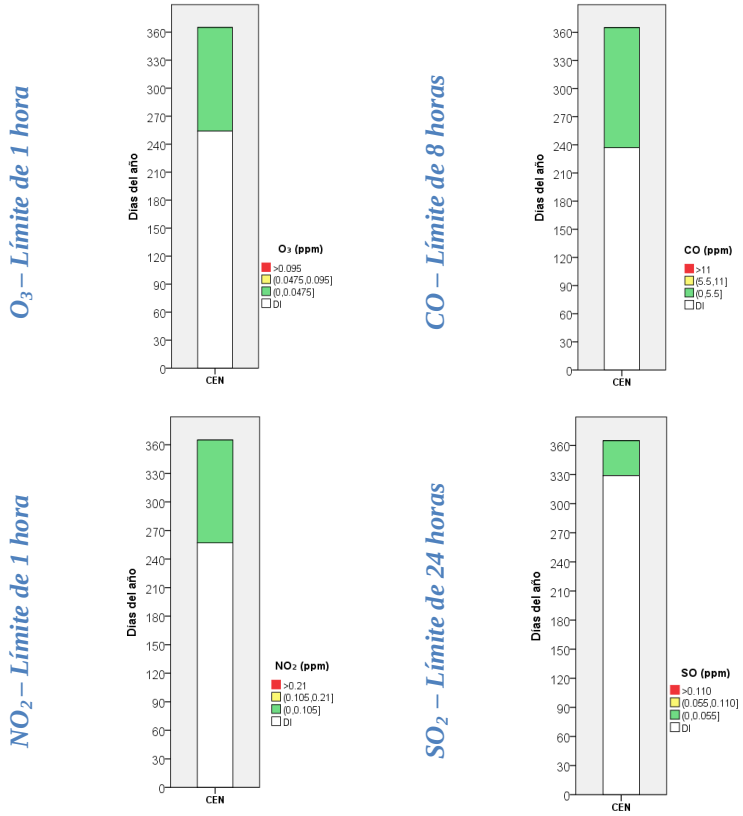
Contaminante	NOM	Límite normado	Mérida
			CEN
(1)$PM_{2.5}$	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m^3	FO
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m^3	FO
(2)O_3	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	DI
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	DI
(3)**CO**	8 hrs	2°Máximo ≤ 11 ppm	DI
(4)**NO_2**	1 hr	2°Máximo ≤ 0.210 ppm	DI
(5)**SO_2**	8 hrs	2°Máximo ≤ 0.200 ppm	DI
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	DI
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	DI

(1) NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a);
(2) NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b);
(3) NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1993);
(4) NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994);
(5) NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010).
DI = Datos insuficientes; FO = Fuera de operación normado.

21.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala.

Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire para el año 2017 en términos de la frecuencia con que se presentan días con calidad del aire buena, regular y mala con respecto a cada contaminante de acuerdo con los intervalos definidos en la sección 3.3.2 del capítulo de metodología. En la Figura 21.2 se observa que para el ozono, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre, en los pocos días con datos suficientes y válidos, la calidad del aire fue buena.

Figura 21.2 Distribución de los días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo en la Ciudad de Mérida, en el año 2017.



Mérida
CEN – Seduma01

La Tabla 21.3 muestra el porcentaje de días del año 2017 con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y dióxido de nitrógeno, de 8 horas de monóxido de carbono y de 24 horas de dióxido de azufre. Como se mencionó anteriormente, ninguno de los 4 contaminantes analizados con concentraciones válidas propició condiciones de mala calidad del aire en 2017.

Tabla 21.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de O_3 y NO_2, de 8 horas de CO y de 24 horas de $PM_{2.5}$ y SO_2 en la ciudad de Mérida en el año 2017.

$PM_{2.5}$	No días con datos válidos	FO
	No. días > 45 µg/m³	FO
	% días > 45 µg/m³	FO
O_3	No días con datos válidos	111
	No días > 0.095 ppm	0
	% días > 0.095 ppm	**0%**
CO	No días con datos válidos	128
	No días > 11 ppm	0
	% días > 11 ppm	**0%**
NO_2	No días con datos válidos	108
	No días > 0.210 ppm	0
	% días > 0.210 ppm	**0%**
SO_2	No días con datos válidos	36
	No días > 0.110 ppm	0
	% días > 0.110 ppm	**0%**

21.4 Tendencia de los datos diarios

La Figura 21.3 muestra la tendencia del mínimo, el máximo, el promedio y los percentiles 10 y 90 para cada contaminante en la ciudad de Mérida, en el periodo 2013 a 2017 de acuerdo con la disponibilidad de información.

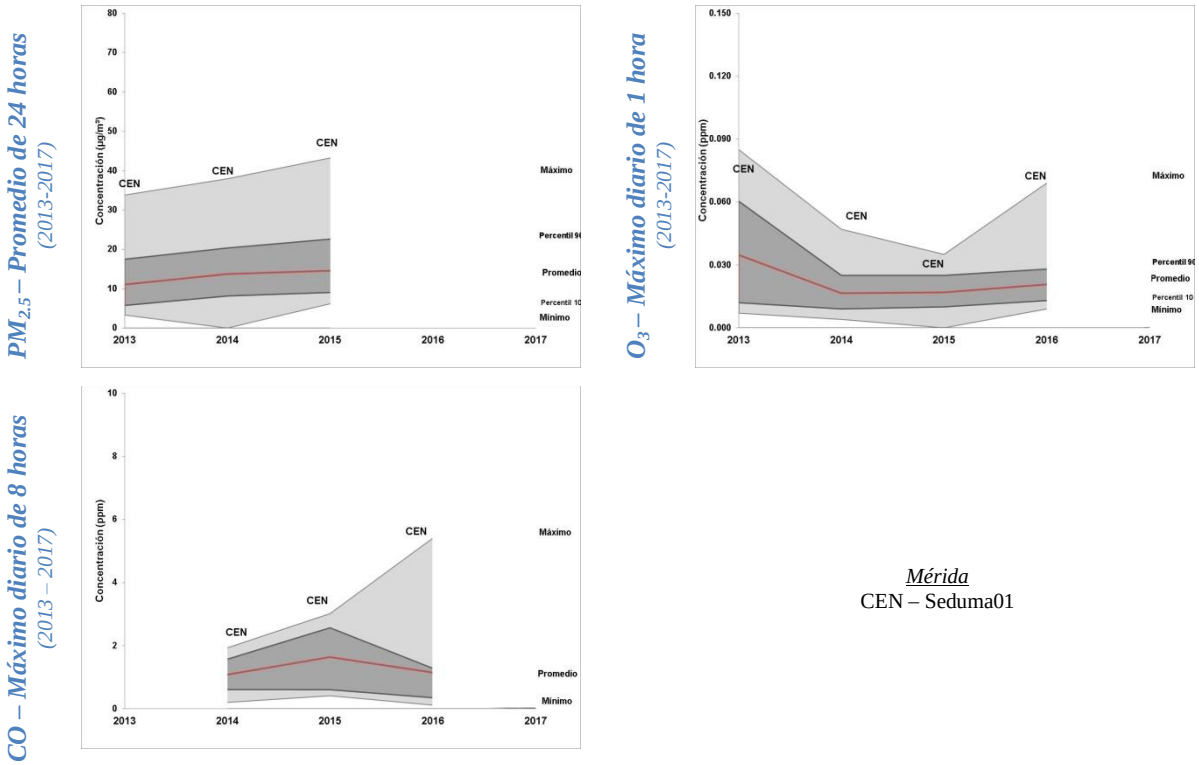
En el caso de las $PM_{2.5}$ fue posible generar los indicadores para el periodo 2013 a 2015, se aprecia una tendencia a la alza en el percentil 10, promedio, percentil 90 y máximo.

En relación al ozono, los indicadores se generaron para el periodo 2013 a 2016, no se aprecia una tendencia clara, se observa que de 2013 a 2014 los valores de todos los indicadores bajan, en 2015 el percentil 10, el promedio y el percentil 90 prácticamente no cambian, a diferencia del máximo que disminuye; sin embargo, para el 2016 todos los indicadores vuelven a subir.

En cuanto al CO, los indicadores se pudieron estimar en el periodo 2014 a 2016, el máximo exhibe una clara tendencia a la alza.

Por último, es de destacar que no se registraron datos suficientes para calcular los indicadores ni para NO_2 y ni para SO_2.

Figura 21.3 Tendencias de las concentraciones diarias, por contaminante, en la ciudad de Mérida para el periodo 2013 – 2017.



Mérida
CEN – Seduma01

21.5 Porcentaje de días por año en que se rebasa el límite normado de cada contaminante.

La evolución del porcentaje de días por año con concentraciones superiores al límite normado vigente en la ciudad de Mérida no se presenta, debido a que en ninguno de los contaminantes para ninguno de los años se rebasó el valor respectivo.

21.6 Número de horas por año en que se rebasa el límite normado de ozono.

Al igual que para indicador de la sección anterior, no se presenta en ésta la evolución del número de horas al año en el que se rebasa el límite normado de una hora de ozono debido a que dicho límite no se rebasó en ninguno de los años.

21.7 Número de días por año en que se rebasa el límite normado de cualquier contaminante.

La Tabla 21.4 muestra el número de días por año en que se incumplió cualquier norma vigente de calidad del aire a nivel de ciudad. En todos los años, en los días con concentraciones válidas no se rebasó ninguno de los límites. Destaca el porcentaje con días válidos en 2017 en Mérida, apenas el 35% (128 de los 365 días del año).

Tabla 21.4 Número de días, por año, en que se rebasa cualquier norma vigente de calidad del aire en la ciudad de Mérida, 2013 – 2017.

Ciudad	Año	No. De días con datos	No. De días > NOM	Número de días con concentraciones por arriba de los límites actuales de cualquier contaminante			
				1 Contaminante	2 Contaminantes	3 Contaminantes	4 Contaminantes
Mérida	2013	361	0	0	0	0	0
	2014	360	0	0	0	0	0
	2015	365	0	0	0	0	0
	2016	352	0	0	0	0	0
	2017	128	0	0	0	0	0

En 2017, en Yucatán no fue posible realizar la evaluación del cumplimiento de las normas de calidad del aire para ningún contaminante debido a que no se cumplió con los criterios de suficiencia de información. La estación CEN localizada en Mérida registró mediciones de O_3, NO_2, CO y SO_2 solo en los meses de enero a mayo, el resto de año estuvo fuera de operación. En el caso de las $PM_{2.5}$ el equipo estuvo fuera de operación durante todo el año.

En cuanto al número de días con calidad del aire buena, regular y mala, con la escasa información válida reportada del año, en todos los contaminantes la calidad del aire fue buena. Sin embargo, de acuerdo a las tendencias de las concentraciones diarias por contaminante de las $PM_{2.5}$, el O_3 y el CO, en los periodos que fue posible generar los indicadores, el valor máximo va a la alza. De lo anterior surge la imperiosa necesidad de mejorar de manera inmediata el desempeño de la estación de monitoreo en la ciudad de Mérida.

22. CONCLUSIONES.

El monitoreo de la calidad del aire en México muestra problemas operativos que se reflejan en el alto porcentaje de estaciones de monitoreo que no generan información suficiente para evaluar el cumplimiento de las NOMs. En 2017, del total de estaciones de monitoreo que conforman los 20 SMCA incluidos en este informe, el 23% de las que midieron ozono, el 37% de las que midieron PM_{10}, el 53% de las que midieron $PM_{2.5}$, el 45% de los que midieron NO_2, el 38% de los que midieron CO y el 30% de los que midieron SO_2 no fueron capaces de generar información que cumplieran con los criterios de suficiencia de datos que se establece en las normas oficiales mexicanas correspondientes.

En general, en 2017 persisten los problemas de calidad del aire por PM_{10}, $PM_{2.5}$ y O_3, en la mayoría de las ciudades evaluadas en este informe. Sin embargo, llama la atención que se registró incumplimiento de la norma de CO en la ciudad de Santiago de Querétaro y de SO_2 en la ciudad de Tula de Allende.

- De las ciudades que tuvieron capacidad de medición de ozono; 6% cumplieron la Norma correspondiente, 70% no lo hicieron y en el 23% no se pudo evaluar la misma.

- De las ciudades que tuvieron capacidad de medición de partículas suspendidas PM_{10}; 5% cumplieron la Norma correspondiente, 41% no lo hicieron y en el 54% no se pudo evaluar la misma.

- De las ciudades que tuvieron capacidad de medición de partículas suspendidas $PM_{2.5}$; 37% no cumplieron la norma correspondiente y en 63% no se pudo evaluar la misma.

- De las ciudades que tuvieron capacidad de medición de monóxido de carbono, sólo en Santiago de Querétaro se rebasó el límite normado.

- En todas las ciudades que tuvieron capacidad de medición de dióxido de nitrógeno, se cumplió con la norma correspondiente.

- De las ciudades que tuvieron capacidad de medición de dióxido de azufre, sólo en la ciudad de Tula de Allende se rebasó el límite normado.

A continuación se resumen las principales conclusiones, sobre la base de los resultados encontrados en cada uno de los SMCA incluidos en el presente documento.

Baja California: el SMCA de Baja California cuenta con un total de 12 estaciones de monitoreo. En todas ellas, en 2017, al menos un analizador se encontró fuera de operación por falta de recursos para su mantenimiento. La información disponible indica el incumplimiento de las normas de PM_{10} en Mexicali y de $PM_{2.5}$ en Mexicali y Tijuana, siendo particularmente preocupante la situación de Mexicali por las concentraciones tan altas que registró en ambos contaminantes, los máximos registraron valores equivalentes a más de 3.6 veces el límite de 24 horas. En Tijuana se incumplió la Norma de ozono. No fue posible evaluar, por la poca información registrada, el cumplimiento de la norma de: PM_{10} en Tijuana, Ensenada y Tecate, así como la de monóxido de carbono y dióxido de azufre en Mexicali.

Chihuahua: se presentan problemas de calidad del aire tanto por partículas como por ozono. La concentración más alta de PM_{10}, como promedio de 24 horas, fue equivalente a 2.2 veces el límite normado, en tanto que la de ozono fue 20% superior al límite respectivo. También destaca el hecho de que en años recientes ha aumentado la cantidad de días en que se rebasó el límite de al menos un contaminante, mientras que en 2013 fueron 15 días en esta condición, en 2016 y 2017 fueron 77 y 95 días respectivamente, mismos que se debieron principalmente a las PM_{10}.

Ciudad de México y su zona conurbada: la Norma de PM_{10} se cumplió en las estaciones Cuajimalpa, Lomas y Pedregal, en tanto que en las otras 18 estaciones donde se pudo evaluar el cumplimiento de la misma al menos uno de los límites normados fue rebasado. Las concentraciones más altas de este contaminante se presentaron en Villa de las Flores. Los límites normados de $PM_{2.5}$ se rebasaron en todas las estaciones de monitoreo donde se llevó a cabo su medición en 2017. Las concentraciones más altas se registraron en las estaciones Gustavo A Madero (promedio de 24 horas) y Xalostoc (promedio anual). El ozono se midió en 34 estaciones de monitoreo y en todas ellas se incumplió la Norma respectiva, registrándose las concentraciones más altas en las estaciones Benito Juárez (promedio de una hora) y Pedregal (promedio de 8 horas). La Norma de PM_{10} y $PM_{2.5}$ se rebasó con más frecuencia en Xalostoc (162 y 56 días, respectivamente), en tanto que la de ozono se rebasó más frecuentemente en Pedregal (148 días). A nivel de toda la zona metropolitana la Norma de ozono se rebasó en el 64% de los días del año, la de PM_{10} en el 47% de los días y la de $PM_{2.5}$ en el 19% de los días. En general, en el 76% de los días del año 2017 se incumplió al menos una norma de calidad del aire.

Coahuila: En 2017 los límites normados de PM_{10} y O_3 se incumplieron en Torreón, en tanto que en Saltillo y Monclova se incumplió con la Norma de ozono. Las concentraciones superiores al límite normado de 24 horas de PM_{10} se presentaron con mayor frecuencia en la ciudad de Torreón (47% de los días del año), seguida de Monclova (16%) y Piedras Negras (4%). En Torreón, el 7% de los días del año se presentaron concentraciones superiores al límite normado de $PM_{2.5}$. Finalmente, el límite de 1 hora de ozono se rebasó en el 11% de los días en Saltillo y en menos del 1% de los días en Monclova.

Los mayores problemas de calidad del aire en la entidad durante el 2017 se presentaron en la ciudad de Torreón, pues en dicha ciudad no sólo se alcanzaron las concentraciones más altas de PM_{10}, sino que fue también el sitio donde con mayor frecuencia se presentan días con concentraciones superiores al límite normado de este contaminante (47%).

Estado de México: en la entidad se mantienen los problemas de calidad del aire tanto por partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$), como por ozono, y ello se refleja en el hecho de que en el año 2017, a nivel de toda la ZMVT, en el 50% de los días del año se rebasó el límite normado de 24 horas de PM_{10}, en el 40% de los días se rebasó el límite normado de $PM_{2.5}$ y en el 12% de los días el límite normado de ozono. Las concentraciones más altas de PM_{10} se registraron en Toluca, las de $PM_{2.5}$ en San Mateo Atenco y las de Ozono en Metepec, alcanzando registros que fueron equivalentes a 2.7, 4.1 y 1.3 veces el límite normado respectivamente. En la entidad se incumplió al menos una norma de calidad del aire en el 59% de los días del año 2017.

Guanajuato: en la entidad se mantienen los problemas de calidad del aire tanto por partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) como por ozono. En 2017 los límites normados de $PM_{10,}$ $PM_{2.5}$ y O_3 se rebasaron en Celaya, Irapuato y Salamanca, en tanto que en Silao y León se rebasaron los de PM_{10} y ozono y en San Miguel de Allende y Abasolo sólo los de $PM_{2.5}$. Las concentraciones más altas de PM_{10}, se registraron en Celaya, en tanto que las de $PM_{2.5}$ y ozono tuvieron lugar en Irapuato. Las concentraciones superiores al límite normado de 24 horas de PM_{10} se presentaron con mayor frecuencia en la ciudad de Celaya (54% de los días del año), seguida de León (47%) e Irapuato (46%). En estas mismas ciudades el 6% de los días del año presentaron concentraciones superiores al límite normado de $PM_{2.5}$. Finalmente, el límite de 1 hora de ozono se rebasó en el 3% de los días en Celaya.

Hidalgo: se incumplieron las normas de $PM_{10,}$ $PM_{2.5}$ y ozono en Pachuca, Tizayuca y Atitalaquia, en tanto que las de PM_{10} y ozono en Atotonilco y Tepeji del Río, $PM_{2.5}$ y ozono en Tulancingo y Tula de Allende, además en esta última también se incumplió la de SO_2. Las concentraciones más altas de PM_{10}, se registraron en Atotonilco, en tanto que las de $PM_{2.5}$ en Atitalaquia y las de ozono en Pachuca.

En 2017, las concentraciones superiores al límite normado de 24 horas de PM_{10} se registraron con mayor frecuencia en la ciudad de Atitalaquia (28% de los días del año), seguida de Atotonilco (20%) y Tizayuca (8%). Para el caso de las $PM_{2.5}$ se presentaron con mayor frecuencia en Atitalaquia (10%) y Atotonilco (8%). En cuanto al ozono, las ciudades con mayor cantidad de días en que se rebasó el límite de 1 hora fueron Pachuca con 4% y Tepeapulco con 3%.

Jalisco: en la entidad persisten los problemas de calidad del aire tanto por ozono como por partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$). La Norma de ozono se incumplió en Guadalajara, Zapopan, El Salto, Tonalá, Tlajomulco y Tlaquepaque, donde se rebasaron los dos límites normados (1 y 8 horas). Las concentraciones más altas de este contaminante se registraron en Tlajomulco y Tlaquepaque, en tanto que la ocurrencia de concentraciones superiores al límite normado de 1 hora fue más frecuente en este último municipio con el 17% de los días del año. Con respecto a las partículas PM_{10}, la escasa información disponible permite visualizar la existencia de problemas de calidad del aire por este contaminante en Guadalajara, El Salto y Tlajomulco de Zúñiga. En el año 2017 se incumplió con al menos una de las normas de calidad del aire en 269 de los 365 días del año.

Morelos: en 2017, los problemas operativos de este SMCA se reflejaron en el hecho de que de las cuatro estaciones que la conforman sólo una generó datos para todo el año (Cuernavaca), dos no operaron (Ocuituco y Zacatepec) y una (Cuautla) vio afectada su operación por el sismo de 19 de septiembre, lo que impidió tener acceso a la información que generó hasta antes de dicho evento. La información disponible para Cuernavaca en 2017 revela incumplimiento de las normas de calidad de aire para ozono y partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$), siendo las $PM_{2.5}$ las que alcanzaron las concentraciones más altas en comparación con su límite normado y las que con mayor frecuencia excedieron dicho límite a lo largo del año.

El análisis de la escasa información histórica disponible indica que en Zacatepec se suele rebasar el límite normado de PM_{10} con más frecuencia que en cualquier otra ciudad y que en Cuernavaca se

registró un incremento en el porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de $PM_{2.5}$, mientras que la tendencia de este indicador para el ozono es la baja de 2014 a 2017.

Nayarit: se identificó el incumplimiento de las normas de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y O_3 en la ciudad de Tepic. En las dos estaciones de monitoreo que operaron en la ciudad se encontró que al menos uno de los dos límites normados para cada contaminante fue rebasado. De acuerdo con el indicador sobre porcentaje de días del año con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y de 24 horas de partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$), el contaminante que con mayor frecuencia determina una condición de mala calidad del aire en la ciudad son las PM_{10} con el 18% de los días con datos válidos en esta condición. La tendencia histórica tanto de las concentraciones máximas como del número de días con concentraciones superiores a los límites normados vigentes de $PM_{2.5}$ muestran una tendencia a la alza, mientras que para las PM_{10} se observa un comportamiento poco variable y para el O_3 una disminución en los indicadores. Respecto del número de días por año en que se incumplió cualquier norma vigente de calidad del aire, en 2017 se presentó esta situación en 65 de los 365 días del año. De ellos, en 56 se rebasó el límite de 1 solo contaminante, pero en 9 días el límite de 2 contaminantes.

Nuevo León: los datos generados en el año 2017 por las estaciones de monitoreo que se ubican en el Área Metropolitana de Monterrey, indican que se mantienen presentes los problemas de calidad del aire tanto por PM_{10} como por O_3, pues en todas las estaciones de monitoreo en donde fue posible llevar a cabo la evaluación del cumplimiento de estas Normas se rebasaron los dos límites establecidos en las mismas. En general, en 2017 en el 60% de los días del año se rebasó el límite normado para PM_{10}, en el 21% de los días el límite de ozono y en el 6% de los días el límite de $PM_{2.5}$. Los indicadores de tendencia para las PM_{10} muestran que las concentraciones máximas han venido aumentado en los últimos 20 años aunque la tendencia de las concentraciones promedio y del percentil 90 ha disminuido. El ozono, por el contrario muestra una ligera tendencia a la alza en todos sus indicadores. En general, en el 62% de los días del año 2017 se incumplió al menos una norma de calidad del aire.

Oaxaca: se determinó la existencia de problemas de calidad del aire por partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$, así como por ozono. En el caso de las PM_{10} se incumplió la norma en las dos estaciones que forman parte del SMCA, en tanto que para las $PM_{2.5}$, a pesar de que no fue posible evaluar el cumplimiento de su norma debido a insuficiencia de datos, la información disponible sobre número de días con calidad del aire buena, regular y mala indica la posible existencia de

problemas por este contaminante. Para el ozono, si bien no se registraron días con calidad del aire mala con respecto al límite horario, se incumplió con el límite de 8 horas. En general, en el 3% de los días con información válida y suficiente del año 2017 se incumplió al menos una norma de calidad del aire.

Puebla: en 2017, la información disponible revela la presencia de problemas de calidad del aire tanto por partículas suspendidas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) como por ozono en la ciudad de Puebla, en tanto que en Coronango la mala calidad del aire es ocasionada por el ozono. En el caso de Puebla en ninguna de las estaciones de monitoreo donde fue posible la evaluación de cumplimiento de norma de partículas se cumplió con la misma, tanto para PM_{10} como para $PM_{2.5}$. En cuanto al ozono, la norma se incumplió en todas las estaciones. A nivel de ciudad la norma de ozono se rebasó en un 9% de los días del año, la de PM_{10} en un 11% y la de $PM_{2.5}$ en un 3% en Puebla.

Querétaro: debido a la insuficiencia de datos no fue posible evaluar el cumplimiento de la norma de PM_{10}, $PM_{2.5}$ y NO_2 en ninguna de las estaciones de la entidad. Por otra parte, la norma de O_3 se cumplió en San Juan del Río, pero se incumplió en Santiago de Querétaro y en Corregidora. En general, es recomendable mejorar a la brevedad posible el desempeño de este sistema de monitoreo a fin de acrecentar la recuperación de datos y así permitir un diagnóstico confiable de la calidad del aire en la entidad.

Tabasco: la mayoría de las estaciones, tanto automáticas como manuales que conforman este SMCA, no generaron información válida y suficiente para evaluar el cumplimiento de las normas de calidad del aire. Sólo fue posible evaluar la norma de PM_{10} en el municipio Centro donde se registró incumplimiento de la norma correspondiente.

En los municipios de Paraíso, Huimanguillo y Mascupana, se registraron días con concentraciones por arriba del límite normado de 24 horas de PM_{10}, sin embargo, ello no se reflejó en incumplimiento de la norma correspondiente debido a que no se cumplió con el criterio de suficiencia de datos que establece la norma misma para hacer tal evaluación.

Tlaxcala: de tres municipios que cuentan con infraestructura para medir la calidad del aire en Tlaxcala, el INECC dispuso de datos solo para la estación ubicada en la ciudad de Tlaxcala. Dichos datos hicieron evidentes los problemas de calidad del aire por ozono y PM_{10}. En el caso del ozono se incumplió la norma para los dos límites con valores equivalentes a 1.2 veces sus respectivos

valores. Además el límite de 1 hora se superó en 17 días. En el caso de las PM_{10}, a pesar de que no fue posible evaluar el cumplimiento de la norma, se superó el límite de 24 horas en un día de los 23 con datos válidos. Dos de las tres estaciones de monitoreo incluidas en este informe iniciaron su operación a inicios del año 2017, por lo que se espera que en adelante mejore su desempeño y mejore la generación de información a fin de poder hacer un diagnóstico robusto de la calidad del aire en la entidad.

Veracruz: en la entidad se mantienen los problemas de calidad del aire tanto por partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) como por ozono. En 2017, las normas de PM_{10} y $PM_{2.5}$ no se pudieron evaluar, debido a que no se cumplió con los criterios de suficiencia de información para generar el indicador en ninguna de las 3 estaciones que integran el SMCA de Veracruz, pero se identificaron días con concentraciones superiores al límite normado de 24 horas en Minatitlán y Xalapa. La concentración más alta de ozono, tanto como promedio de una hora como de 8 horas, se registró en Poza Rica, donde se alcanzaron valores de 0.148 ppm y 0.100 ppm, respectivamente, las cuales son equivalentes a 1.6 y 1.4 veces el límite correspondiente normado. Minatitlán es la ciudad del Estado de Veracruz en la que con mayor frecuencia se presentaron días con concentraciones superiores a los límites normados de calidad del aire para al menos un contaminante. En el periodo de 2014-2017 la cantidad de días por año en esta condición se triplicó, de 11 días en 2014 a 37 días en 2016.

Yucatán: no fue posible realizar la evaluación del cumplimiento de las normas de calidad del aire para ningún contaminante debido a que no se cumplió con los criterios de suficiencia de información. La estación CEN localizada en Mérida registró mediciones de O_3, NO_2, CO y SO_2 solo en los meses de enero a mayo, el resto de año estuvo fuera de operación. En el caso de las $PM_{2.5}$ el equipo estuvo fuera de operación durante todo el año.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

CONAPO, 2012. Proyecciones de población 2010-2050. Disponible en: https://www.gob.mx/conapo/acciones-y-programas/proyecciones-de-la-poblacion-2010-2050

CONAPO, INEGI, SEDESOL 2012. Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2010. Disponible en: http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Delimitacion_zonas_metropolitanas_2010_Capitulos_I_a_IV

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2010. Secretaría de Salud. Norma Oficial NOM-022-SSA1-2010. Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO_2). Valor normado para la concentración de dióxido de azufre (SO_2) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5158348&fecha=08/09/2010

DOF (Diario Oficial de la Federación). 1994a. Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana NOM-023-SSA1-1993, salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al bióxido de nitrógeno (NO2). Valor normado para la concentración de bióxido de nitrógeno (NO_2) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de diciembre de 1994. Disponible en: http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/023ssa13.html

DOF (Diario Oficial de la Federación). 1994b. Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-1993. Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono (CO). Valor permisible para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de diciembre de 1994. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4780110&fecha=23/12/1994

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2014a. Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014, Salud ambiental. Valores límite permisible para la concentración de partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el aire ambiente y criterios para su evaluación. Publicada en el Diario

Oficial de la Federación el 20 de agosto de 2014. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5357042&fecha=20/08/2014

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2014b. Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2014, Salud ambiental. Valor límite permisible para la concentración de ozono (O_3) en el aire ambiente y criterios para su evaluación. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 19 de agosto de 2014. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5356801&fecha=19/08/2014

ANEXO 1

Sistemas de monitoreo de la calidad del aire, redes de muestreo/monitoreo y estaciones de muestreo/monitoreo existentes en México
(Información actualizada al mes de diciembre de 2017)

Entidad	Nombre del SMCA	Nombre de la Red/Municipio*	Número de Estaciones**			Número total de estaciones	
			Automática (A)	Manual (M)	Mixta*** (A y M)	Red/entidad	SMCA
Aguascalientes	**Aguascalientes**	**Aguascalientes**	3	2	1	6	6
Baja California	**Baja California**	Ensenada	---	---	1	1	13
		Mexicali	1	2	3	6	
		Rosarito	---	---	1	1	
		Tecate	---	---	1	1	
		Tijuana	---	1	3	4	
Campeche	**Campeche**	Campeche	---	---	1	1	1
Chiapas	**Chiapas**	**Tuxtla Gutiérrez**	1	1	---	2	2
Chihuahua	**Chihuahua Estatal**	**Chihuahua Estatal**	2	---	---	2	2
	Chihuahua municipal	Chihuahua	1	---	---	1	1
	Cd Juárez	**Cd Juárez**	---	7	4	11	11
	Ojinaga	**Ojinaga**	---	3	---	3	3
Ciudad de México y zona conurbada del Estado de México	**Ciudad de México y zona conurbada**	**Ciudad de México y zona conurbada**	25	2	9	36	36
Coahuila	**Torreón Municipal**	**Torreón**	0	3	---	3	8
	Coahuila estatal	**Torreón**	1	1	---	2	
		Saltillo	1	---	---	1	
		Monclova	1	---	---	1	
		Piedras Negras	1	---	---	1	
Colima	**Colima**	Villa de Álvarez	1	---	---	1	1
Durango	**Durango**	**Durango**	3	3	---	6	11
		Gómez Palacio	2	1	---	3	
		Lerdo	2	---	---	2	
Estado de México	**Estado de México**	**Zona Metropolitana del Valle de Toluca**	7	---	---	7	7
Guanajuato	**Guanajuato**	**Celaya**	3	---	---	3	26
		Irapuato	3	---	---	3	
		León	3	---	---	3	
		Salamanca	3	---	---	3	

Entidad	Nombre del SMCA	Nombre de la Red/Municipio*	Número de Estaciones**			Número total de estaciones	
			Automática (A)	Manual (M)	Mixta*** (A y M)	Red/entidad	SMCA
		Silao	1	---	---	1	
		San Miguel de Allende	1	---	---	1	
		Abasolo	1	---	---	1	
		San Luis de la Paz	1	---	---	1	
		Guanajuato	---	---	1	1	
		Villagrán	---	1	---	1	
		Dolores Hidalgo	---	1	---	1	
		Cortazar	---	1	---	1	
		Juventino Rosas	---	1	---	1	
		Acámbaro	---	1	---	1	
		Moroleón	---	1	---	1	
		San José Iturbide	---	1	---	1	
		San Fco. del Rincón	---	1	---	1	
		Purísima del Rincón	1	---	---	1	
Guerrero	**Guerrero**	Acapulco	1	---	---	1	1
Hidalgo	**Hidalgo**	Atitalaquia	---	---	1	1	16
		Atotonilco	---	---	1	1	
		Tepeapulco	1	---	---	1	
		Huichapan	1	---	---	1	
		Tepetitlán	---	1	---	1	
		Tepeji del Río	---	---	1	1	
		Tlaxcoapan	---	1	---	1	
		Tula de Allende	---	---	1	1	
		Pachuca	2	2	---	4	
		Tizayuca	---	---	1	1	
		Zapotlán de Juárez	---	1	---	1	
		Lolotla	---	1	---	1	
		Tulancingo	1	---	---	1	
Jalisco	**Jalisco**	**Zona Metropolitana de Guadalajara**	10	---	---	10	10
Michoacán	**Michoacán**	**Morelia**	3	---	---	3	3
Morelos	**Morelos**	Cuautla	1	---	---	1	4
		Ocuituco	1	---	---	1	
		Cuernavaca	1	---	---	1	
		Zacatepec	1	---	---	1	
Nayarit	**Nayarit**	**Tepic**	2	---	---	2	2

Entidad	Nombre del SMCA	Nombre de la Red/Municipio*	Número de Estaciones**			Número total de estaciones	
			Automática (A)	Manual (M)	Mixta*** (A y M)	Red/entidad	SMCA
Nuevo León	**Nuevo León**	**Zona Metropolitana de Monterrey**	13	---	---	13	13
Oaxaca	**Oaxaca**	**Oaxaca**	2	---	---	2	2
Puebla	**Puebla**	**Puebla**	4	---	---	4	5
		Coronango	1			1	
Querétaro	**Querétaro**	Corregidora	1	---	---	1	8
		El Marqués	1	---	---	1	
		Santiago de Querétaro	5	---	---	5	
		San Juan del Río	1			1	
San Luis Potosí	**San Luis Potosí**	**San Luis Potosí**	4	---	---	4	4
Sinaloa	**Sinaloa**	**Culiacán**	1	1	---	2	8
		Mazatlán	1	1	---	2	
		Ahome	1	1	---	2	
		Guasave	---	1	---	1	
		Salvador Alvarado	---	1	---	1	
Sonora	**Sonora**	Agua Prieta	---	---	1	1	4
		Cajeme	---		1	1	
		Hermosillo	---	---	1	1	
		Nogales	---	---	1	1	
Tabasco	**Tabasco**	**Centro**	---	2	2	4	10
		Balancán	---	1	---	1	
		Huimanguillo	---	1	---	1	
		Centla	---	1	---	1	
		Comalcalco	---	1	---	1	
		Paraíso	---	1	---	1	
		Macuspana	---	1	---	1	
Tamaulipas	**Tamaulipas**	**Nuevo Laredo**	---	4	---	4	18
		Reynosa	---	4	---	4	
		Matamoros	---	4	---	4	
		Ciudad Victoria	---	2	---	2	
		El Mante	---	2	---	2	
		Ciudad Madero	---	1	---	1	
		Tampico	---	1	---	1	
Tlaxcala	**Tlaxcala**	Tlaxcala	1	---	---	1	5
		Calpulalpan	---	1	---	1	
		Chiautempan	---	1	---	1	

Entidad	Nombre del SMCA	Nombre de la Red/Municipio*	Número de Estaciones**			Número total de estaciones	
			Automática (A)	Manual (M)	Mixta*** (A y M)	Red/entidad	SMCA
		Cuapiaxtla	1	---	---	1	
		Apizaco	1	---	---	1	
Veracruz	**Veracruz**	Minatitlán	1	---	---	1	3
		Xalapa	1	---	---	1	
		Poza Rica	1	---	---	1	
Yucatán	**Yucatán**	Mérida	1	---	---	1	1
Zacatecas	**Zacatecas**	Guadalupe	---	1	---	1	4
		Zacatecas	1	2	--	3	

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por los responsables de la gestión de cada SMCA referido en la tabla.

*En esta columna se indica el nombre de la Red de monitoreo en negritas o el nombre del municipio en la que se ubican las estaciones de monitoreo referidas en las siguientes columnas. En este documento sólo se habla de Red de monitoreo cuando hay más de una estación de monitoreo en una región determinada, en este caso un municipio.

** El número de estaciones indicado en esta tabla no toma en cuenta las estaciones en las que se miden contaminantes distintos a los contemplados por las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire emitidas por la Secretaría de Salud, tales como Benceno, Tolueno, Xileno o Partículas Suspendidas Totales.

***En este documento se habla de una estación de monitoreo mixta cuando en ella se cuenta con equipo de medición tanto automático como manual.