



INECC

INSTITUTO NACIONAL
DE ECOLOGÍA
Y CAMBIO CLIMÁTICO

SEMARNAT

SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES



INFORME NACIONAL DE CALIDAD DEL AIRE 2014, MÉXICO



INSTITUTO NACIONAL DE
ECOLOGÍA Y CAMBIO
CLIMÁTICO

COORDINACIÓN GENERAL
DE CONTAMINACIÓN Y
SALUD AMBIENTAL

2015

Periférico Sur, No. 5000, Col. Insurgentes Cuicuilco, Del.
Coyoacán, México, D.F. C.P. 04530. Tel. +52 (55) 54246400.
Fax. +52 (55) 54245404. www.inecc.gob.mx

INFORME NACIONAL DE CALIDAD DEL AIRE 2014, MÉXICO



Diseño y formación

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)

Fotografía de la portada: Oscar Alfredo Fentanes Arriaga

Fotografía contraportada: José Miguel Noyola Poblete

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)

Periférico Sur 5000. Col. Insurgentes Cuicuilco.

C.P. 04530. Delegación Coyoacán, Ciudad de México.

<http://www.inecc.gob.mx>

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

Ing. Sergio Zirath Hernández Villaseñor

Director de Investigación sobre la Calidad del Aire y los Contaminantes Climáticos de Vida Corta

COORDINADORES

Biól. Rodolfo Iniestra Gómez

Subdirector de Estudios Estratégicos de Calidad del Aire

Act. María Guadalupe Tzintzun Cervantes

Jefa del Departamento de Análisis Estadístico sobre la Calidad del Aire

ELABORACIÓN

Act. María Guadalupe Tzintzun Cervantes

Jefa del Departamento de Análisis Estadístico sobre la Calidad del Aire

Biól. Rodolfo Iniestra Gómez

Subdirector de Estudios Estratégicos de Calidad del Aire

APOYO Y COLABORACIÓN TÉCNICA

Ing. Ingrid Katherine Pérez Rivas

Jefa del Departamento de Estudios sobre Emisiones por Fuentes Estacionarias

Ing. Carmen Alejandra Sánchez Soto

Jefa del Departamento del Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire

Marian Itzel Domínguez Quiza

Técnico especializado

CONTENIDO

CONTENIDO	II
SIGLAS Y ACRÓNIMOS	VI
AGRADECIMIENTOS	VIII
RESUMEN EJECUTIVO	IX
INTRODUCCIÓN	XVI
1. ANTECEDENTES	1
2. METODOLOGÍA PARA LA GENERACIÓN DE INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AIRE	5
2.1 Procedimiento de verificación de las bases de datos de calidad del aire	5
2.1.1 Limpieza de datos.....	5
2.1.2 Identificación de datos extremos y comportamientos anómalos	6
2.1.3 Verificación de la validez de los datos sospechosos	7
2.2 Construcción de indicadores.....	7
2.2.1 Herramientas y bases de datos utilizadas en la generación de indicadores	8
2.2.2 Indicadores.....	8
2.2.2.1 Evaluación del cumplimiento de las NOM	8
2.2.2.2 Comportamiento temporal.....	13
2.2.2.2.1 Comportamiento horario.....	13
2.2.2.2.2 Comportamiento mensual	13
2.2.2.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala	14
3. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE BAJA CALIFORNIA	16
3.1 Información general.....	16
3.2 Diagnóstico de la calidad del aire.....	17
3.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire	17
3.2.2 Comportamiento temporal.....	20
3.2.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala	22
4. SISTEMAS DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE CHIHUAHUA	26
4.1 Información general.....	26
4.2 Diagnóstico de la calidad del aire.....	27
4.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire	27
4.2.2 Comportamiento temporal.....	32
4.2.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala	37
5. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE CIUDAD JUÁREZ	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	42
5.2.2 Comportamiento temporal.....	45
5.2.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala	46
6. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE LA CIUDAD DE MÉXICO Y SU ZONA CONURBADA	48

6.1 Información general.....	48
6.2 Diagnóstico de la calidad del aire.....	50
6.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire	50
6.2.2 Comportamiento temporal.....	58
6.2.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala	59
7. SISTEMAS DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE COAHUILA	63
7.1 Información general.....	63
7.2 Diagnóstico de la calidad del aire.....	64
7.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire	64
7.2.2 Comportamiento temporal.....	65
7.2.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala	67
8. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE COLIMA.....	71
8.1 Información general.....	71
8.2 Diagnóstico de la calidad del aire.....	72
8.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire	72
8.2.2 Comportamiento temporal.....	75
8.2.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala	76
9. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE DURANGO.....	79
9.1 Información general.....	79
9.2 Diagnóstico de la calidad del aire.....	80
9.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire	80
9.2.2 Comportamiento temporal.....	85
9.2.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala	87
10. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL ESTADO DE MÉXICO.....	91
10.1 Información general.....	91
10.2 Diagnóstico de la calidad del aire	92
10.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire	92
10.2.2 Comportamiento temporal.....	98
10.2.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala	100
11. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE GUANAJUATO	103
11.1 Información general.....	103
11.2 Diagnóstico de la calidad del aire	105
11.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire.	105
11.2.2 Comportamiento temporal.....	112
11.2.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala	117
12. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE HIDALGO.....	121
12.1 Información general.....	121
12.2 Diagnóstico de la calidad del aire	123
12.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire	123
12.2.2 Comportamiento temporal.....	132
12.2.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala	136
13. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE JALISCO.....	139
13.1 Información general.....	139
13.2 Diagnóstico general de la calidad del aire	140
13.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire	140

13.2.2 Comportamiento temporal.....	146
13.2.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala	148
14. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE MICHOACÁN	151
14.1 Información general.....	151
14.2 Diagnóstico de la calidad del aire	152
14.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire	152
14.2.2 Comportamiento temporal.....	153
14.2.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala	154
15. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE MORELOS	157
15.1 Información general.....	157
15.2 Diagnóstico de la calidad del aire	158
15.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire	158
15.2.2 Comportamiento temporal.....	161
15.2.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala	162
16. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE NUEVO LEÓN	165
16.1 Información general	165
16.2 Diagnóstico de la calidad del aire	166
16.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire	166
16.2.2 Comportamiento temporal.....	171
16.2.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala	173
17. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE OAXACA.....	176
17.1 Información general	176
17.2 Diagnóstico de la calidad del aire	177
17.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire	177
17.2.2 Comportamiento temporal.....	180
17.2.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala	182
18. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE PUEBLA.....	185
18.1 Información general.....	185
18.2 Diagnóstico de la calidad del aire	186
18.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire	186
18.2.2 Comportamiento temporal.....	192
18.2.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala	194
19. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE QUERÉTARO.....	197
19.1 Información general.....	197
19.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire	198
19.2.2 Comportamiento temporal.....	203
19.2.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala	204
20. SISTEMAS DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE TAMAULIPAS	208
20.1 Información general.....	208
20.2 Diagnóstico de la calidad del aire	209
20.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire	210
20.2.2 Comportamiento temporal.....	212
20.2.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala	212
21. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE VERACRUZ	214

21.1 Información general.....	214
21.2 Diagnóstico de la calidad del aire	215
21.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire	215
21.2.2 Comportamiento temporal.....	218
21.2.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala	220
22. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE YUCATÁN.....	223
22.1 Información general.....	223
22.2 Diagnóstico de la calidad del aire	224
22.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire	224
22.2.2 Comportamiento temporal.....	226
22.2.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala	228
23. CONCLUSIONES.....	231
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	236
ANEXO 1.....	239
ANEXO 2.....	242

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AMM	Área Metropolitana de Monterrey
Aut	Equipo automático
CFR	Code of Federal Regulations
CIMAV	Centro de Investigación en Materiales Avanzados
CO	Monóxido de carbono
CONAPO	Consejo Nacional de Población
D.I.	Datos insuficientes
DGCENICA	Dirección General del Centro de Investigación y Capacitación Ambiental
DOF	Diario Oficial de la Federación
Edomex	Estado de México
FO	Fuera de operación
INE	Instituto Nacional de Ecología
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
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
SEMARNAT	Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales

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
µg/m ³	Microgramos por metro cúbico

AGRADECIMIENTOS

Las dependencias que se listan a continuación proporcionaron los datos horarios y los muestreos de 24 horas empleados para elaborar este Informe Nacional de Calidad del Aire. Su apoyo para integrar y validar dicha información, así como para resolver las dudas que surgieron durante la generación de los indicadores respectivos resultó de gran valor en la elaboración del informe.

- Secretaría de Protección al Ambiente del Gobierno del Estado de Baja California.
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología del Gobierno del Estado de Chihuahua.
- Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología del Municipio de Chihuahua.
- Centro de Investigación en Materiales Avanzados de Chihuahua.
- Dirección de Ecología del Municipio de Juárez, 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.
- Instituto para el Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Colima.
- Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente de Durango.
- 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 Urbanismo y Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Michoacán.
- Secretaría de Desarrollo Sustentable del Gobierno del Estado de Morelos.
- 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 Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Tamaulipas.
- 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 2014, sobre 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 22 Sistemas de Monitoreo de la Calidad del Aire (SMCA), distribuidos en 19 entidades federativas de nuestro país. Estas entidades son: Baja California, Chihuahua, Ciudad de México (y su zona conurbada), Coahuila, Colima, Durango, México, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán.

Para cada zona metropolitana, ciudad o municipio cubierto 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. Es oportuno indicar que aunque las NOMs correspondientes a ozono y partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) fueron actualizadas en octubre del año 2014, la evaluación de cumplimiento de dichas normas se realizó con base en la normatividad vigente hasta antes de la actualización, debido a que dicha evaluación debe realizarse por año calendario y en la mayor parte del año 2014 las normas vigentes fueron las existentes antes de la actualización referida.

Entre los hallazgos más relevantes de esta evaluación destacan los siguientes:

- En su conjunto, los 22 SMCA incluidos en este informe agrupan a un total de 176 estaciones de monitoreo, de las cuales 98 son automáticas, 53 son manuales y 25 son mixtas, esto es, cuentan con capacidad de medición tanto automática como manual.
- De las 176 estaciones de monitoreo incluidas en el informe, 160 tienen capacidad para llevar a cabo la medición de PM_{10} , 79 de $PM_{2.5}$, 123 de ozono, 111 de dióxido de azufre, 119 de dióxido de nitrógeno y 118 de monóxido de carbono.
- De las 160 estaciones de monitoreo capaces de medir PM_{10} , en 60 se registraron concentraciones inferiores al valor límite de 24 horas y en 23 concentraciones superiores a dicho valor. En las 77 estaciones restantes (48% del total) no fue posible evaluar el cumplimiento de norma ya sea porque no generaron información suficiente (54), porque fueron declaradas fuera de operación (16), porque los datos generados fueron invalidados

por las autoridades responsables (6) o porque la información no estuvo disponible en el INECC (1).

- Las entidades en las que al menos en una estación de monitoreo se registró una concentración superior al límite normado de 24 horas de PM_{10} ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, percentil 98), fueron: Chihuahua con una concentración máxima de $405 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Ciudad Juárez, Nuevo León con una concentración máxima de $187 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Santa Catarina, Jalisco con una concentración máxima de $184 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en El Salto, México con una concentración máxima de $170 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Toluca, Hidalgo con una concentración máxima de $157 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Ajacuba, Guanajuato con una concentración máxima de $154 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Celaya y Coahuila con una concentración máxima de $127 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Torreón.
- En 47 de las 160 estaciones de monitoreo que midieron PM_{10} se registraron concentraciones promedio anuales inferiores al límite normado, en 36 se presentaron concentraciones superiores a dicho límite y en las restantes 77 (48% del total) no fue posible evaluar el cumplimiento de norma ya sea porque no generaron información suficiente (54), porque estuvieron fuera de operación (16), porque los datos generados fueron invalidados por las autoridades responsables (6) o porque la información no estuvo disponible en el INECC (1).
- Las entidades en las que al menos en una estación de monitoreo se rebasó el límite normado anual de PM_{10} ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, promedio anual) fueron: Chihuahua con una concentración promedio anual máxima de $131 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Ciudad Juárez, Nuevo León con una concentración promedio anual máxima de $88 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Santa Catarina, Jalisco con una concentración promedio anual máxima de $87 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Tlajomulco de Zúñiga, México con una concentración promedio anual máxima de $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Toluca, Guanajuato con una concentración promedio anual máxima de $77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Celaya, Coahuila con una concentración promedio anual máxima de $63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Torreón, Puebla con una concentración promedio anual máxima de $61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Coronango, Ciudad de México y su zona conurbada con una concentración promedio anual máxima de $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Villa de las Flores y Tamaulipas con una concentración promedio anual máxima de $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Ciudad Victoria.
- De las 79 estaciones capaces de medir $PM_{2.5}$, en 29 se registraron concentraciones inferiores al valor límite de 24 horas y tres de ellas registraron concentraciones superiores a dicho valor. En las restantes 47 (59% del total) no fue posible evaluar el cumplimiento de la

Norma ya sea porque no generaron información suficiente (30), porque estuvieron fuera de operación (7) o porque los datos generados fueron invalidados por las autoridades responsables (10).

- Las entidades en las que al menos en una estación de monitoreo se registró una concentración superior al límite normado de 24 horas de $PM_{2.5}$ ($65 \mu\text{g}/\text{m}^3$, percentil 98), fueron: Hidalgo con una concentración máxima de $294 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Atitalaquia, Ciudad de México y su zona conurbada con una concentración máxima de $83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Álvaro Obregón (estación Pedregal) y en México con una concentración máxima de $74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Toluca.
- En tres de las 79 estaciones de monitoreo con capacidad para medir $PM_{2.5}$ se registraron concentraciones promedio anuales inferiores al límite normado, en 29 se presentaron concentraciones superiores a dicho límite y en las restantes 47 (59% del total) no fue posible evaluar el cumplimiento de norma ya sea porque no generaron información suficiente (30), porque estuvieron fuera de operación (7) o porque los datos generados fueron invalidados por las autoridades responsables (10).
- Las entidades en las que al menos en una estación de monitoreo se rebasó el límite normado anual de $PM_{2.5}$ ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, como promedio anual) fueron: Hidalgo con una concentración promedio anual máxima de $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Atitalaquia, Estado de México con una concentración promedio anual máxima de $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Toluca, Puebla con una concentración promedio anual máxima de $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Coronango, Ciudad de México y su zona conurbada con una concentración promedio anual máxima de $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Azcapotzalco (estación Camarones), Guanajuato con una concentración promedio anual máxima de $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Salamanca, Baja California con una concentración promedio anual máxima de $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Mexicali, Jalisco con una concentración promedio anual máxima de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Tlajomulco de Zúñiga y Veracruz con una concentración promedio anual máxima de $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Xalapa.
- De las 123 estaciones capaces de medir O_3 , en 26 se registraron concentraciones inferiores al valor límite de una hora y en 56 concentraciones superiores a dicho valor. En las restantes 41 (33% del total) no fue posible evaluar el cumplimiento de norma ya sea porque no generaron información suficiente (27), porque estuvieron fuera de operación (11),

porque los datos generados fueron invalidados por las autoridades responsables (2), o porque la información no estuvo disponible en el INECC (1).

- Las entidades en las que al menos en una estación de monitoreo se rebasó el límite normado de una hora de O₃ (0.110 ppm, máximo horario) fueron: Ciudad de México y su zona conurbada con una concentración máxima de 0.185 ppm en Tlalpan, Nuevo León con una concentración máxima de 0.167 ppm en García, Puebla con una concentración máxima de 0.165 ppm en Coronango, Guanajuato con una concentración máxima de 0.164 ppm en Irapuato, Hidalgo con una concentración máxima de 0.145 ppm en Pachuca, Estado de México y Jalisco con una concentración máxima de 0.136 ppm en Toluca y El Salto, respectivamente, Morelos con una concentración máxima de 0.130 ppm en Cuernavaca y Veracruz con una concentración máxima de 0.122 ppm en Minatitlán.
- De las 123 estaciones con capacidad para medir O₃, en 37 (30% del total) se registraron concentraciones inferiores al valor límite de ocho horas y en 37 concentraciones superiores a dicho valor. En las restantes 49 estaciones (40% del total) no fue posible evaluar el cumplimiento de norma ya sea porque no generaron información suficiente (35), porque estuvieron fuera de operación (11), porque los datos generados fueron invalidados por las autoridades responsables (2), o porque la información no estuvo disponible en el INECC (1).
- Las entidades en las que al menos en una estación de monitoreo se rebasó el límite normado de ocho horas de O₃ (0.08 ppm, quinto máximo) fueron: Guanajuato con una concentración máxima de 0.115 ppm en Irapuato, Ciudad de México y su zona conurbada con una concentración máxima de 0.109 ppm en Cuajimalpa, Nuevo León con una concentración máxima de 0.097 ppm en García y Santa Catarina, Jalisco con una concentración máxima de 0.090 ppm en El Salto y México con una concentración máxima de 0.084 ppm en Toluca.
- De las 111 estaciones capaces de medir SO₂, 64 generaron información suficiente para evaluar el cumplimiento del límite normado de ocho horas (0.200 ppm, segundo máximo de los promedios móviles de ocho horas), en tanto que 63 lo hicieron para evaluar el cumplimiento de los límites de 24 horas (0.110 ppm, máximo de los promedios de 24 horas) y anual (0.025 ppm, como promedio anual). De ellas, ninguna registró una concentración superior a los límites normados de 24 horas y anual. Sólo una registró una

concentración superior al límite de ocho horas. Esta fue la estación ubicada en el municipio de Atitalaquia, en el estado de Hidalgo y la concentración registrada fue de 0.255 ppm. En las estaciones restantes no fue posible evaluar el cumplimiento de norma ya sea porque no generaron información suficiente (35 en el caso del límite de ocho horas y 36 en los casos de los límites de 24 horas y anual), porque fueron declaradas fuera de operación (11 en todos los casos) o porque la información no estuvo disponible en el INECC (1 en todos los casos).

- De las 119 estaciones capaces de medir NO₂, 62 (51% del total) generaron información suficiente para evaluar el cumplimiento del límite normado de una hora. De ellas, sólo una registró una concentración superior al límite normado (0.21 ppm, segundo máximo horario). Esta estación fue la ubicada en el municipio de El Marqués, en el estado de Querétaro y la concentración registrada fue 0.231 ppm. En las 57 estaciones de monitoreo restantes no fue posible evaluar el cumplimiento de norma ya sea porque no generaron información suficiente (32), porque fueron declaradas fuera de operación (21), porque los datos generados fueron invalidados por las autoridades responsables (3), o porque la información no estuvo disponible en el INECC (1).
- De las 118 estaciones capaces de medir CO, 65 de ellas (55% del total) generaron información suficiente para evaluar el cumplimiento de la Norma y en ninguna se superó el límite normado que es de 11 ppm, estimado como segundo máximo de los promedios móviles de ocho horas. En las 53 estaciones restantes (45% del total) no fue posible evaluar el cumplimiento de norma ya sea porque no generaron información suficiente (27), porque fueron declaradas fuera de operación (20) o porque los datos generados fueron invalidados por las autoridades responsables (6).
- La principal razón, que manifiestan los responsables de la gestión de los diferentes SMCA en el país, por la que una gran cantidad de estaciones de monitoreo estuvieron fuera de operación o no generaron información con calidad y suficiencia para permitir la evaluación del cumplimiento de la normatividad mexicana en la materia, es la falta de recursos para la compra de refacciones para el mantenimiento de los equipos de medición.
- La Tabla RE1 resume el estatus de cumplimiento de las NOM a nivel de red de monitoreo o municipio. El análisis por estación de monitoreo se puede consultar en cada capítulo.

Tabla RE1 Estatus de cumplimiento o incumplimiento de las NOM de calidad del aire, a nivel de red de monitoreo o municipios, en 2014

Entidad	Nombre del SMCA	Red o Municipio*	PM ₁₀ NOM-025-SSA1-1993			PM _{2.5} NOM-025-SSA1-1993			O ₃ NOM-020-SSA1-1993			SO ₂ NOM-022-SSA1-2010				NO ₂ NOM-023-SSA1-1993		CO NOM-021-SSA1-1993	
			Límite 24 hrs (120 µg/m ³)	Límite anual (50 µg/m ³)	Cumple NOM	Límite 24 hrs (65 µg/m ³)	Límite anual (15 µg/m ³)	Cumple NOM	Límite 1 hr (0.110 ppm)	Límite 8 hrs (0.080 ppm)	Cumple NOM	Límite 8 hrs (0.200 ppm)	Límite 24 hrs (0.110 ppm)	Límite anual (0.025 ppm)	Cumple NOM	Límite 1 hr (0.21 ppm)	Cumple NOM	Límite 8 hrs (11 ppm)	Cumple NOM
Baja California	Baja California	Ensenada	DI	DI	NO	FO	FO	NA	DI	DI	NO	NA	NA	NA	NA	FO	NA	DI	NA
		Mexicali	DI	DI	NO	61	23	NO	DI	DI	NO	FO	FO	FO	NA	DI	NA	6.26	SI
		Rosarito	DI	DI	NO	NA	NA	NA	DI	DI	NO	FO	FO	FO	NA	FO	NA	FO	NA
		Tecate	DI	DI	NO	FO	FO	NA	DI	DI	NO	NA	NA	NA	NA	DI	NA	DI	NA
		Tijuana	DI	DI	NO	FO	FO	NA	DI	DI	NO	DI	DI	DI	NA	FO	NA	DI	NA
Chihuahua	Chihuahua Estatal	Chihuahua Estatal	DI	DI	NO	DI	DI	NO	0.072	0.058	SI	0.008	0.006	0.002	SI	DI	NA	4	SI
	Chihuahua municipal	Chihuahua municipal	97	46	SI	□	□	□	DI	DI	NO	DI	DI	DI	NA	0.078	SI	FO	NA
	Cd Juárez	Cd Juárez	405	131	NO	□	□	□	DI	DI	NO	□	□	□	□	□	□	4.6	SI
Ciudad de México y zona conurbada	Ciudad de México y zona conurbada	110	56	NO	83	27	NO	0.185	0.109	NO	0.134	0.059	0.008	SI	0.13	SI	3.5	SI	
Coahuila	Coahuila estatal	Torreón	127	63	NO	DI	DI	NO	DI	DI	NO	DI	DI	DI	NA	DI	NA	DI	NA
	Coahuila Municipal	Torreón	75	42	SI	FO	FO	NA	FO	FO	NA	FO	FO	FO	NA	FO	NA	FO	NA
Colima	Colima	Colima	FO	FO	NA	FO	FO	NA	0.037	0.027	SI	0.009	0.006	0.002	SI	0.163	SI	4	SI
Durango	Durango	Durango	107	48	SI	DI	DI	NO	0.101	0.063	SI	DI	DI	DI	NA	0.077	SI	9.4	SI
		Gómez Palacio	DI	DI	NO	□	□	□	DI	DI	NO	DI	DI	DI	NA	DI	NA	DI	NA
		Lerdo	DI	DI	NO	DI	DI	NO	DI	DI	NO	DI	DI	DI	NA	FO	NA	FO	NA
Estado de México	Estado de México	Zona Metropolitana del Valle de Toluca	170	82	NO	74	39	NO	0.136	0.084	NO	0.045	0.029	0.012	SI	0.120	SI	3.6	SI
Guanajuato	Guanajuato	Celaya	154	77	NO	39	19	NO	0.124	0.075	NO	0.023	0.018	0.008	SI	0.094	SI	4.8	SI
		Irapuato	103	47	SI	40	21	NO	0.164	0.115	NO	0.088	0.038	0.025	SI	0.087	SI	4.7	SI
		León	114	65	NO	□	□	□	0.110	0.079	SI	0.026	0.018	0.005	SI	0.080	SI	2.3	SI
		Salamanca	127	63	NO	45	24	NO	0.135	0.092	NO	0.126	0.072	0.020	SI	0.066	SI	3.0	SI
		Silao	80	43	SI	DI	DI	NO	0.098	0.078	SI	DI	DI	DI	NA	0.034	SI	2.4	SI
		San Miguel de Allende	DI	DI	NO	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
		Abasolo	DI	DI	NO	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
		Villagrán	DI	DI	NO	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
		Cortazar	DI	DI	NO	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
		Juventino Rosas	DI	DI	NO	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
		Acámbaro	DI	DI	NO	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
		Moroleón	DI	DI	NO	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
		San Fco. del Rincón	DI	DI	NO	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
Hidalgo	Hidalgo	Ajacuba	157	43	NO	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	
		Atitalaquia	INV	INV	NA	294	85	NO	0.083	0.060	SI	0.255	0.093	0.008	NO	FO	NA	INV	INV
		Atotonilco	INV	INV	NA	INV	INV	NA	0.111	DI	NO	DI	DI	DI	NA	0.077	SI	INV	INV
		Tepeapulco**	DI	DI	NO	DI	DI	NO	DI	DI	NO	DI	DI	DI	NA	DI	NA	DI	NA
		Huichapan**	DI	DI	NO	DI	DI	NO	DI	DI	NO	DI	DI	DI	NA	DI	NA	DI	NA
		Tepestitlán	□	□	□	DI	DI	NO	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
		Tepeji del Río	INV	INV	NA	DI	DI	NO	FO	FO	NA	FO	FO	FO	FO	FO	NA	FO	NA

Entidad	Nombre del SMCA	Red o Municipio*	PM ₁₀ NOM-025-SSA1-1993			PM _{2.5} NOM-025-SSA1-1993			O ₃ NOM-020-SSA1-1993			SO ₂ NOM-022-SSA1-2010				NO ₂ NOM-023-SSA1-1993		CO NOM-021-SSA1-1993	
			Límite 24 hrs (120 µg/m ³)	Límite anual (50 µg/m ³)	Cumple NOM	Límite 24 hrs (65 µg/m ³)	Límite anual (15 µg/m ³)	Cumple NOM	Límite 1 hr (0.110 ppm)	Límite 8 hrs (0.080 ppm)	Cumple NOM	Límite 8 hrs (0.200 ppm)	Límite 24 hrs (0.110 ppm)	Límite anual (0.025 ppm)	Cumple NOM	Límite 1 hr (0.21 ppm)	Cumple NOM	Límite 8 hrs (11 ppm)	Cumple NOM
		Thaxcoapan	DI	DI	NO	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
		Tula Allende de	DI	DI	NO	INV	INV	NA	INV	INV	NA	DI	DI	DI	NA	INV	NA	INV	NA
		Pachuca	DI	DI	NO	INV	INV	NA	0.145	DI	NO	0.019	0.008	0.003	SI	0.066	SI	INV	NA
		Tizayuca	DI	DI	NO	INV	INV	NA	0.110	DI	NO	0.079	0.031	0.004	SI	INV	NA	INV	NA
		Xochicoatlán	DI	DI	NO	DI	DI	NO	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
		Lolotla	□	□	□	DI	DI	NO	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
Jalisco	Jalisco	Zona Metropolitana de Guadalajara	184	87	NO	37	20	NO	0.136	0.090	NO	0.015	0.012	0.004	SI	0.148	SI	6.7	SI
Michoacán	Michoacán	Morelia	INV	INV	NA	□	□	□	DI	DI	NO	DI	DI	DI	NA	DI	NA	DI	NA
Morelos	Morelos	Cuautla	□	□	□	□	□	□	FO	FO	NA	FO	FO	FO	NA	FO	NA	FO	NA
		Ocuituco	DI	DI	NO	□	□	□	DI	DI	NO	DI	DI	DI	NA	DI	NA	FO	NA
		Cuernavaca	FO	FO	NA	□	□	□	0.13	DI	NO	DI	DI	DI	NA	0.057	SI	3.5	SI
		Zacatepec	DI	DI	NO	□	□	□	DI	DI	NO	DI	DI	DI	NA	DI	NA	DI	NA
Nuevo León	Nuevo León	Area Metropolitana de Monterrey	187	88	NO	DI	DI	NO	0.167	0.097	NO	0.049	0.022	0.008	SI	0.10	SI	4.9	SI
Oaxaca	Oaxaca	Oaxaca	64	38	SI	DI	DI	NO	0.094	0.064	SI	0.007	0.006	0.003	SI	DI	NA	1.6	SI
Puebla	Puebla	Puebla	115	61	NO	63	29	NO	0.165	0.066	NO	0.015	0.007	0.002	SI	0.080	SI	4.6	SI
Querétaro	Querétaro	Corregidora	DI	DI	NO	□	□	□	DI	DI	NO	DI	DI	DI	NA	DI	NA	DI	NA
		El Marqués	94	44	SI	□	□	□	0.071	0.053	SI	DI	DI	DI	NA	0.231	NO	DI	NA
		Santiago de Querétaro	DI	DI	NO	23	12	SI	0.049	0.031	SI	DI	DI	DI	NA	0.082	SI	10	SI
Tamaulipas	Tamaulipas	Nuevo Laredo	DI	DI	NO	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
		Reynosa	FO	FO	NA	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
		Matamoros	FO	FO	NA	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
		Victoria	100	53	NO	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
		El Mante	FO	FO	NA	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
		Tampico	120	25	SI	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
Veracruz	Veracruz	Minatitlán	DI	DI	NO	DI	DI	NO	0.122	DI	NO	0.090	0.039	0.013	SI	DI	NA	1.04	SI
		Xalapa	DI	DI	NO	37	17.5	NO	DI	DI	NO	0.025	0.012	0.004	SI	DI	NA	DI	NA
Yucatán	Yucatán	Mérida	□	□	□	29	14	SI	0.047	0.029	SI	DI	DI	DI	NA	DI	NA	1.9	SI

* En la columna Red o municipio, las redes se indican con letra negrilla, en tanto que en letra no negrilla se indica el nombre de aquellos municipios que sólo tienen una estación de monitoreo en su territorio.

** Las estaciones Huichapan y Tepeapulco presentan insuficiencia de datos porque empezaron a operar en agosto y septiembre de 2014, respectivamente

FO = Fuera de operación.

DI = Datos insuficientes

INV = Datos invalidados

□ = No se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante

SI = En todas las estaciones de monitoreo SI se cumple con la NOM correspondiente

NO = En al menos una estación de monitoreo NO se cumple con la NOM correspondiente (Celdas marcadas en color)

NA = No aplica

Notas:

- Los números indican la concentración más alta registrada en la Red o municipio, de acuerdo con el dato base empleado para evaluar cumplimiento de NOM (por ejemplo, percentil 98 de los promedios de 24 horas, máximo horario, segundo máximo, promedio móvil de ocho horas, promedio anual, etc.)
- En el caso de ozono, partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}) y SO₂ se asume que un sitio cumple con la Norma respectiva si acata todos los valores límite normados
- En el caso de ozono y partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}) se asume que la insuficiencia de datos lleva al incumplimiento de la Norma respectiva

INTRODUCCIÓN

El aire limpio es uno de los requisitos básicos de la salud y el bienestar de la sociedad. Sin embargo, la contaminación del aire, que es un problema causado principalmente por el desarrollo urbano, industrial y demográfico que demanda el uso de bienes y servicios con la consecuente generación de emisiones contaminantes a la atmósfera, sigue suponiendo una importante amenaza para la salud en todo el mundo (WHO, 2006).

Son muchos los efectos a corto y a largo plazo que la contaminación atmosférica puede ejercer sobre la salud de las personas. Por ejemplo, aumenta el riesgo de padecer enfermedades respiratorias agudas, como la neumonía; y crónicas, como el cáncer del pulmón y las enfermedades cardiovasculares. La contaminación atmosférica afecta de distintas formas a diferentes grupos de personas, los efectos más graves se producen en las personas que ya están enfermas. Además, los grupos más vulnerables, como los niños, los ancianos y las familias de pocos ingresos y con un acceso limitado a la asistencia médica, son más susceptibles a los efectos nocivos de dicho fenómeno (OMS, 2015). En cualquier caso, es claro que cuanto más bajo sean los niveles de contaminación del aire mejor será la salud de la población, tanto a largo como a corto plazo.

Dada la relación entre la contaminación atmosférica y sus efectos en la salud de la población el monitoreo de la calidad del aire debe ser una actividad prioritaria para las autoridades ambientales en México, ya que es una herramienta básica que ayuda a evaluar si una ciudad se aproxima o se aleja de lo que puede considerarse como sustentable en materia de calidad del aire, así como a estimar, en su caso, la magnitud del problema que se pretende atender. En este contexto, el Informe Nacional de la Calidad del Aire 2014 presenta información de 22 Sistemas de Monitoreo de la Calidad del Aire (SMCA) distribuidos en 19 estados de la República Mexicana que cuentan con datos para el año 2014 con respecto a, por lo menos, uno de los siguientes contaminantes: Partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$), 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 con respecto a las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en la materia y se incluye, para cada SMCA, la revisión de los siguientes indicadores:

- a. Evaluación del cumplimiento de las NOM de calidad del aire.
- b. Comportamiento temporal (horario y mensual).

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

El propósito del presente documento es proporcionar a las autoridades ambientales y de salud de los tres órdenes de gobierno, investigadores, estudiantes, organismos de la sociedad civil y otros interesados, un panorama de la calidad del aire en México durante el año 2014, con la finalidad de que cuenten con información robusta y confiable para diseñar y evaluar políticas públicas que permitan reducir los riesgos a la salud asociados con la exposición a los contaminantes atmosféricos.

En el primer capítulo de este documento se describen, de manera general, los antecedentes que ponen en contexto el análisis de datos presentado en este trabajo, lo cual incluye algunas definiciones relevantes sobre sistemas, redes y estaciones de monitoreo. Asimismo, se describe la capacidad actual de monitoreo de la calidad del aire en el país y se indican las entidades cuya información es incluida en este informe. El segundo capítulo describe la metodología utilizada para analizar y procesar los datos generados por los Sistemas de Monitoreo de Calidad del Aire (SMCA), así como los procedimientos para el cálculo de los diversos indicadores que son usados para elaborar el diagnóstico del estado de la calidad del aire en las diferentes entidades de nuestro país en el año 2014. Del capítulo 3 al 22 se presenta el estado de la calidad del aire en cada entidad con respecto a cada uno de los siguientes contaminantes: PM_{10} , $PM_{2.5}$, O_3 , SO_2 , NO_2 y CO . Para ello, se muestra la evaluación del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire, el comportamiento horario y mensual de los contaminantes y la distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala. En el capítulo 23 se presentan las conclusiones derivadas de los datos analizados. Finalmente, se incluye un conjunto de anexos donde el lector podrá conocer información detallada sobre las capacidades actuales de monitoreo de la calidad del aire en el país y los límites normados para cada contaminante tanto en México como en los Estados Unidos y en la Unión Europea, además de las guías de calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

1. ANTECEDENTES

En México, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente dispone, en su artículo 112 Fracción VI, que los gobiernos de los Estados, del Distrito Federal y de los Municipios, de conformidad con la distribución de atribuciones establecida en los artículos 7o., 8o. y 9o. de la misma Ley, establecerán y operarán, con el apoyo técnico, en su caso, de la SEMARNAT, sistemas de monitoreo de la calidad del aire. Asimismo, en la Norma Oficial Mexicana NOM-156-SEMARNAT-2012. Establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire (DOF, 2012), se especifican las condiciones mínimas que deben ser observadas para el establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire, indicando que tales condiciones rigen en todo el territorio nacional y son de observancia obligatoria para los gobiernos locales, según corresponda, en aquellas zonas o centros de población que cuenten con alguna de las condiciones siguientes:

- Asentamientos humanos con más de quinientos mil habitantes;
- Zonas metropolitanas;
- Asentamientos humanos con emisiones superiores a veinte mil toneladas anuales de contaminantes criterio primarios a la atmósfera;
- Conurbaciones; y
- Actividad industrial que por sus características se requiera del establecimiento de estaciones de monitoreo de calidad del aire y/o de muestreo de contaminantes atmosféricos.

Ahora bien, la NOM156-SEMARNAT-2012, establece las siguientes definiciones para los términos;

Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire: conjunto organizado de recursos humanos, técnicos y administrativos empleados para operar una o un conjunto de estaciones de monitoreo y/o muestreo que miden la calidad del aire en una zona o región.

Red de muestreo y/o monitoreo: red de medición conformada por más de una estación de muestreo y/o monitoreo. Representan el conjunto de estaciones que miden la calidad del aire en una región determinada.

Estación de monitoreo: uno o más instrumentos diseñados para medir, de forma continua, la concentración de contaminantes en aire ambiente, con el fin de evaluar la calidad del aire en un área determinada.

Estación de muestreo: uno o más instrumentos diseñados para recolectar muestras de aire ambiente con el fin de evaluar la calidad del aire en un área determinada.

Atendiendo a las definiciones anteriores y asumiendo que el concepto de Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire puede ser apropiadamente atendido tomando como indicador del “conjunto organizado de recursos humanos, técnicos y administrativos empleados para operar una o un conjunto de estaciones de monitoreo y/o muestreo que miden la calidad del aire en una zona o región”, a las unidades administrativas responsables de la gestión de un conjunto específico de estaciones de monitoreo y/o muestreo, se abre la posibilidad de tener más de un sistema de monitoreo de la calidad del aire en una misma entidad. Esto puede ocurrir, en el caso de que, en una entidad federativa determinada, un conjunto de estaciones de monitoreo/muestreo sea administrada por el gobierno estatal y otro conjunto de estaciones sea administrado por algún gobierno municipal. En este caso, el gobierno estatal y el gobierno municipal se identificarían como dos unidades administrativas distintas y por lo tanto se asumen como unidades que administran o gestionan dos SMCA distintos, dentro de una misma entidad.

Bajo la consideración antes descrita, al mes de noviembre del año 2015 el INECC tuvo registro de la existencia de 35 sistemas de monitoreo de la calidad del aire administrados por alguna autoridad gubernamental, ya fuera ésta estatal o municipal. Estos 35 SMCA están distribuidos en 30 entidades, incluyendo a la Ciudad de México. Los estados que bajo este principio poseen más de un sistema de monitoreo de la calidad del aire son: Coahuila con tres (un SMCA administrado por el estado y dos administrados por diferentes municipios) y Chihuahua con cuatro (un SMCA administrado por el estado y tres por diferentes municipios), en tanto que Quintana Roo y Baja California Sur son los únicos estados que no poseen un sistema de monitoreo de la calidad del aire en su territorio

El número de redes de muestreo/monitoreo identificado por el INECC, al mes de noviembre del año 2015, fue de 39. El criterio seguido en este documento para hacer tal identificación fue agrupar las estaciones de monitoreo por municipio, de tal forma que cuando en un municipio se cuenta con más de una estación de monitoreo se asumió la existencia de una red. Esto es, se consideró, sólo con

finés ilustrativos para este documento, al municipio como unidad espacial de interés, dado que en la definición de red de monitoreo/muestreo incluida en la NOM-156 sólo se indica de forma genérica que una red está conformada por *uno o más instrumentos diseñados para recolectar muestras de aire ambiente con el fin de evaluar la calidad del aire en un área determinada*. En este caso, el “área determinada” fue el municipio. Es importante destacar, sin embargo, que este criterio, no fue aplicado para las zonas metropolitanas de Valle de México, de Toluca, de Guadalajara y de Monterrey, dadas sus características particulares de densidad poblacional e intensidad de interacción comercial y económica que se da entre sus municipios y/o delegaciones. Este principio de definición de una red de monitoreo, en cualquier caso, se aplicó en este documento sólo como un ejercicio de comunicación que revela la necesidad de actualizar la NOM-156 a fin de hacerla más precisa.

También al mes de noviembre del año 2015, se contabilizaron un total de 236 estaciones de monitoreo/muestreo (124 automáticas, 75 manuales y 37 mixtas), distribuidas en los 35 SMCA existentes en el país. Este conteo de estaciones sólo incluyó aquellas que se encuentran en una ubicación fija y que cuentan con instrumentos diseñados para medir la concentración en aire ambiente de, al menos alguno de los siguientes contaminantes, Partículas (PM₁₀ y/o PM_{2.5}), Ozono (O₃), Dióxido de Azufre (SO₂), Dióxido de Nitrógeno (NO₂) y Monóxido de Carbono (CO), que son operados bajo la responsabilidad de alguna autoridad gubernamental, ya sea estatal o municipal. El Anexo 1 muestra el detalle de la información antes descrita.

La información de la calidad del aire contenida en este informe corresponde al análisis realizado con los datos validados del año 2014 que proporcionaron las instancias encargadas de la administración de cada una de los SMCA que se muestran en la Tabla 1.1. En ella se muestra con detalle a las entidades federativas e instituciones 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 se incluyen en este documento. En total son 22, los cuales están distribuidos en 19 Estados y en su conjunto albergaron, en 2014, a 176 estaciones de monitoreo (98 automáticas, 53 manuales y 25 mixtas).

Tabla 1.1 SMCA Incluidos en este informe

Entidad	SMCA	¿Entregó información?	¿Se usó la información?	Razones por las que no se utilizó la información
Aguascalientes	Aguascalientes	Sí	No	B
Baja California	Baja California	Sí	Sí	----
Campeche	Campeche	No	NA	C
Chiapas	Chiapas	Sí	No	B
Chihuahua	Chihuahua estatal	Sí	Sí	----
	Chihuahua municipal	Sí	Sí	----
	Cd Juárez	Sí	Sí	----
	Ojinaga	No	NA	D
Ciudad de México y zona conurbada del Estado de México	Ciudad de México y zona conurbada	Sí	Sí	----
Coahuila	Coahuila estatal	Sí	Sí	----
	Coahuila municipal	Sí	Sí	----
	Cd Acuña	No	NA	E
Colima	Colima	Sí	Sí	----
Durango	Durango	Sí	Sí	----
Estado de México	Estado de México	Sí	Sí	----
Guanajuato	Guanajuato	Sí	Sí	----
Guerrero	Guerrero	No	NA	C
Hidalgo	Hidalgo	Sí	Sí	----
Jalisco	Jalisco	Sí	Sí	----
Michoacán	Michoacán	Sí	Sí	----
Morelos	Morelos	Sí	Sí	----
Nayarit	Nayarit	No	NA	C
Nuevo León	Nuevo León	Sí	Sí	----
Oaxaca	Oaxaca	Sí	Sí	----
Puebla	Puebla	Sí	Sí	----
Querétaro	Querétaro	Sí	Sí	----
San Luis Potosí	San Luis Potosí	No	NA	E
Sinaloa	Sinaloa	No	NA	E
Sonora	Sonora	Sí	No	A
Tabasco	Tabasco	No	NA	E
Tamaulipas	Tamaulipas	Sí	Sí	----
Tlaxcala	Tlaxcala	No	NA	A
Veracruz	Veracruz	Sí	Sí	----
Yucatán	Yucatán	Sí	Sí	----
Zacatecas	Zacatecas	No	NA	C

NA = No se aplica.

A = Datos insuficientes (comunicado vía telefónica por el responsable de este SMCA)

B = La información que se recibió no corresponde al año que se analizó en el Informe

C = SMCA de reciente creación sin consolidar sus procesos operativos.

D = SMCA fuera de operación.

E = No se respondió a la solicitud de información

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

Los indicadores presentados en este informe son resultado de la aplicación de varios procedimientos, herramientas y metodologías a los datos validados de calidad del aire que el INECC recibió de los diferentes SMCA que operan en el país. Por ello, a continuación se describen los procedimientos utilizados para realizar la verificación de las bases de datos validadas entregadas por los SMCA al INECC; así como las herramientas y metodología usadas para generar los indicadores que permiten evaluar el cumplimiento de las NOM de calidad del aire publicadas por la Secretaría de Salud, analizar las tendencias temporales y la distribución de los días con calidad del aire buena, regular o mala con respecto a PM_{10} , $PM_{2.5}$, O_3 , SO_2 , NO_2 y CO .

2.1 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.

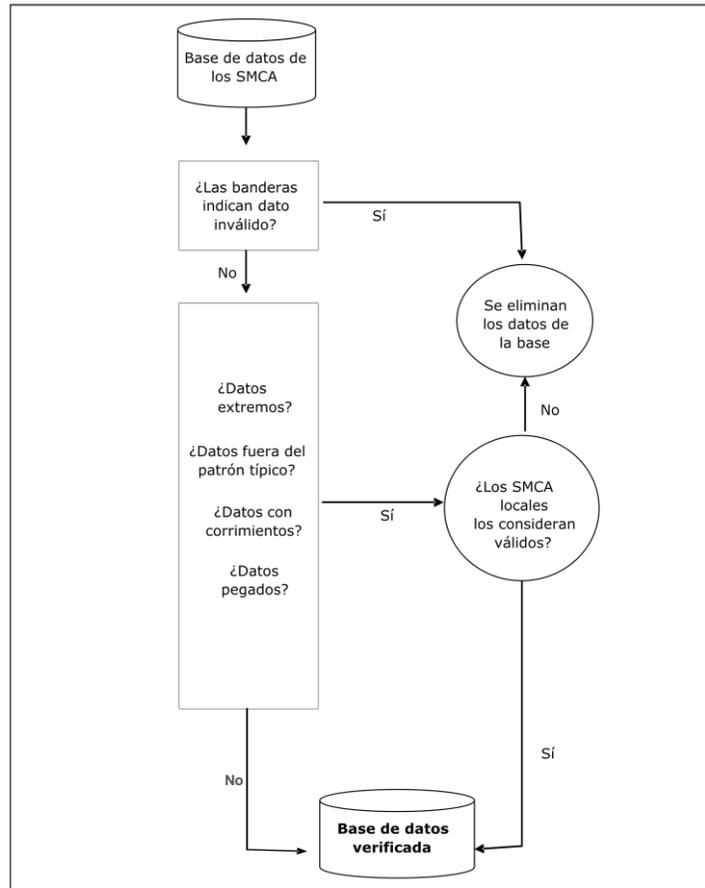
En general, la verificación de datos consta de tres etapas secuenciales: 1) limpieza de las bases de datos, 2) identificación de datos extremos y comportamientos anómalos y 3) verificación de la validez de los datos sospechosos (Figura 2.1). A continuación se describe cada una de las etapas:

2.1.1 Limpieza de datos

Se eliminan valores etiquetados como *no válidos* de acuerdo con las banderas¹ 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.

¹ Es un código alfanumérico que califica el estado de cada dato y que define si éste puede ser utilizado para reportes con un mayor o menor grado de certidumbre.

Figura 2.1. Procedimiento de verificación de las bases de datos



2.1.2 Identificación de datos extremos y comportamientos anómalos

Se identifican los datos que presentan un comportamiento temporal diferente del patrón típico de los contaminantes atmosférico, mismo que se comentaron con los responsables de los SMCA para la revisión y, en su caso, rectificación o ratificación de la validez de los datos, este procedimiento incluyó 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 y a mayor radiación solar resulta una mayor concentración de ozono, 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.

2.1.3 Verificación de la validez de los datos sospechosos

Una vez identificados los datos sospechosos se realizaron consultas directas 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. Se asume 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 para tomar decisiones respecto a dichos datos.

Una vez verificados los datos sospechosos con 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 los SMCA del año 2014 que se incluyen en este Informe.

2.2 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 los datos horarios o en los datos diarios, dependiendo de las especificaciones de las correspondientes normas de calidad del aire. Asimismo, se tomó en cuenta el criterio de suficiencia de al menos 75% de datos 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 y cada SMCA.

2.2.1 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 mencionadas 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, segundos máximos, quintos máximos, percentiles 98 y promedios anuales), la distribución de días buenos, regulares y malos, y el comportamiento de los contaminantes hora a hora y mes a mes.

2.2.2 Indicadores

En este documento se evalúan los SMCA en términos de su cumplimiento con las NOM de salud por estación de monitoreo, siguiendo las especificaciones contenidas en las mismas. De manera complementaria, se obtuvo información que, si bien no representa una evaluación del cumplimiento de las normas, proporciona datos valiosos sobre la calidad del aire y su cuantificación en un año calendario. Éste es el caso de la distribución de los días buenos, regulares y malos con respecto a la concentración de contaminantes en la atmósfera.

2.2.2.1 Evaluación del cumplimiento de las NOM

Se evaluó el cumplimiento de las NOM de salud con relación al tiempo especificado para calcular el promedio de la concentración (una hora, ocho horas y 24 horas) y la frecuencia tolerada de cada límite (por ejemplo, no se permite, se permite una vez o cuatro veces o en 2% de las veces). La Tabla 2.1 resume los indicadores con los que se evaluó el cumplimiento de las NOM de salud 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 2.1. Indicadores calculados para evaluar el cumplimiento de las NOM de salud.

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 PM₁₀	Promedio 24 horas	Aguda	2% de veces en un año	120 µg/m³ Percentil 98	Por lo menos tres trimestres con al menos el 75% de los promedios de 24 horas válidas (DOF, 2005)	Modificación a la NOM-025-SSA1-1993 (DOF, 2005)
		Crónica	---	50 µg/m³ Promedio anual		
Partículas PM_{2.5}	Promedio 24 horas	Aguda	2% de veces en un año	65 µg/m³ Percentil 98		
		Crónica	---	15 µg/m³ Promedio anual		
Ozono (O₃)	Dato horario	Aguda	No se permite	0.110 ppm Máximo	Al menos 75% de los datos horarios ^a	Modificación a la NOM-020-SSA1-1993 (DOF, 2002)
	Máximo diario de los promedios móviles de 8 horas		4 veces en un año	0.080 ppm Quinto máximo	Al menos 75% de los máximos diarios de los promedios móviles de ocho horas (DOF, 2002)	
Dióxido de azufre (SO₂)	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 (NO₂)	Dato horario	Aguda	1 vez al año	0.210 ppm Segundo máximo	Al menos 75% de los datos horarios	NOM-023-SSA1-1993(DOF, 1994) ^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, 1994) ^c

^a En el caso del dato horario del ozono en el numeral 4.3.1.1 de la NOM se especifica que aún en el caso en el que no se cumpla el criterio del 75% de los valores horarios, se incumplirá la norma cuando al menos uno de los valores horarios sea mayor a 0.110 ppm.

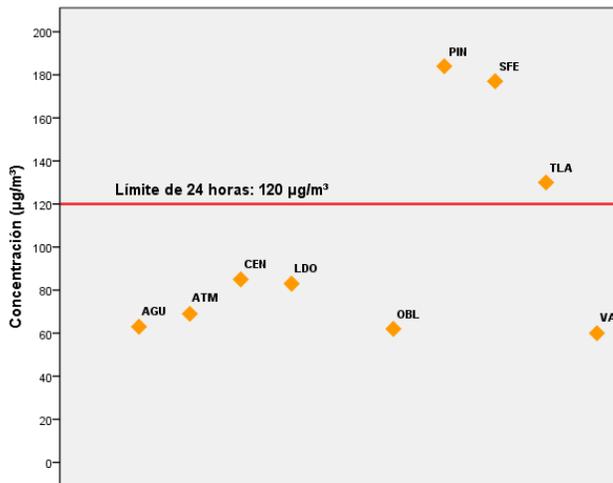
^b Calculado sin traslape de información con el que se obtuvo el máximo.

^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.

Es importante señalar que en el mes de agosto de 2014 se publicó la actualización de los límites de las normas para partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}) y Ozono (O₃) en el Diario Oficial de la Federación (DOF, 2014a; DOF, 2014b). En dichas normas se especifica que la evaluación de los límites se realizará por año calendario, es decir del 1° de enero al 31 de diciembre. Debido a que en la mayor parte del año 2014 las normas vigentes corresponden a las publicadas en 2002 y 2005 (ozono y partículas, respectivamente), se consideraron los límites de éstas para la evaluación de los datos correspondiente al año calendario 2014.

Las NOM para partículas y ozono especifican que el cumplimiento de los límites de concentración de estos contaminantes debe evaluarse por estación de monitoreo, en tanto que las normas para SO₂, NO₂ y CO no incluyen ninguna referencia espacial. Con el fin de ser congruentes con la evaluación que se hace por estación de monitoreo de partículas y ozono, en SO₂, NO₂ y CO se evaluó también el cumplimiento de sus límites por estación de monitoreo. En el documento, los resultados se presentan a través de gráficas de dispersión, cada símbolo corresponde a una estación de monitoreo y como referencia una línea del límite normado que permite identificar con facilidad cuando se rebasa o no tal valor. La Figura 2.2 ilustra el tipo de gráfico empleado para realizar la evaluación de cumplimiento de norma.

Figura 2.2. Ejemplo de la representación gráfica de la evaluación del cumplimiento de los límites de las NOM



Cabe destacar, que en el Informe se presenta sólo la evaluación del cumplimiento de los límites por estación de monitoreo. Sin embargo, para aquellos interesados en un dato representativo de toda una 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 especificados 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.

Partículas y ozono

Las normas de partículas y ozono presentan de manera muy clara el manejo de datos para generar los indicadores con los que se evalúan sus límites (DOF, 2005; DOF, 2002). Asimismo, el Protocolo de manejo de datos de la calidad del aire publicado por el INE (INE-DGCENICA, 2010) describe de manera detallada los indicadores de O₃ y partículas, así como un ejemplo paso a paso para el cálculo de los indicadores de las PM₁₀.

En adición a lo definido con anterioridad respecto al manejo de datos, es oportuno señalar que en la mayoría de los SMCA incluidos en esta publicación se miden las partículas con sólo un tipo de equipo, automático o manual. Sin embargo, también hay estaciones de monitoreo donde la medición se hace con ambos tipos de equipo. Debido a que en México no existen especificaciones sobre cuáles datos utilizar, cuando se cuenta con ambos tipos de medición, para evaluar el cumplimiento de la normatividad vigente para las PM₁₀ y PM_{2.5}, en el análisis realizado por el INECC 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. El monitoreo manual es considerado el método de referencia ya que es el que ofrece la mejor calidad de datos 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).

Por otra parte, en aquellos casos en los que sólo se contó con información proveniente de equipos automáticos, dichos datos fueron empleados para hacer la evaluación de cumplimiento de norma y de esta manera ampliar la cobertura espacial de tal análisis.

Dióxido de azufre

Límite de 8 horas

1. Se calcularon los promedios móviles de ocho horas a partir de los datos horarios en cada una de las estaciones de monitoreo, aplicando un criterio de suficiencia de al menos el 75% de datos.

2. Se calculó el segundo máximo a partir de los promedios móviles de ocho horas generados en el paso anterior, siempre y cuando en el año se hubieran obtenido al menos del 75% de los promedios móviles de ocho horas o bien si al menos uno de los valores disponibles se encontraba por arriba del límite de 0.200 ppm.

Límite de 24 horas

1. Se calcularon los promedios de 24 horas de cada día a partir de los datos horarios en cada una de las estaciones de monitoreo aplicando un criterio de suficiencia de 75% de datos.
2. Se calculó el valor máximo a partir de los promedios de 24 horas generados en el paso anterior por estación de monitoreo, siempre y cuando en el año se hubieran obtenido al menos el 75% de los promedios de 24 horas o bien al menos uno de los valores disponibles se encontraba por arriba del límite de 0.110 ppm.

Límite anual

1. Se calcularon los promedios de cada año a partir de los datos horarios en cada una de las estaciones de monitoreo aplicando un criterio de suficiencia de 75% de datos horarios en el año.

Dióxido de nitrógeno

Límite de 1 hora

1. Se calculó el valor máximo a partir de los datos horarios, cuando en el año se hubieran registrado al menos el 75% de los datos o bien al menos uno de los valores disponibles se encontraba por arriba de 0.210 ppm.

Monóxido de carbono

Límite de 8 horas

1. Se calcularon los promedios móviles de 8 horas a partir de los datos horarios en cada una de las estaciones de monitoreo, aplicando un criterio de suficiencia de 75% de datos.

2. Se calculó el valor del segundo máximo a partir de los promedios móviles de 8 horas calculados en el paso anterior, cuando en el año se hubieran registrado al menos el 75% de los datos o bien al menos uno de los valores disponibles se encontraba por arriba de 11 ppm. Es importante señalar que el segundo máximo se calcula sin traslape de la información con la que se obtiene el primer máximo.

2.2.2.2 Comportamiento temporal

Estos indicadores permiten visualizar el comportamiento de los contaminantes en distintos horizontes temporales. A continuación se describe como se generaron:

2.2.2.2.1 Comportamiento horario

El comportamiento horario se obtuvo mediante el cálculo del promedio de las concentraciones en cada una de las horas del día, de cada una de las estaciones de monitoreo de un SMCA durante 2014. Así, por ejemplo, para el cálculo de la concentración de ozono a las 10:00 horas se tomó el promedio de las concentraciones durante esa hora en cada una de las estaciones y durante todos los días del año 2014, considerando un criterio de suficiencia de información de 75% de los datos. El promedio del SMCA se calculó considerando sólo aquellas estaciones en las que para cada hora se cumplió con el criterio de suficiencia de información.

2.2.2.2.2 Comportamiento mensual

El comportamiento mensual se obtuvo a partir de los datos diarios (ver Tabla 2.2, de la sección 2.2.2.3) de cada uno de los meses del año en cada una de las estaciones durante el periodo de análisis. Cabe mencionar que para este indicador, adicional al criterio de suficiencia del 75% de datos para calcular las concentraciones diarias, se aplicó un criterio de suficiencia de información en cada estación de monitoreo para el cálculo del promedio de cada mes del año. El promedio mensual del SMCA se calculó para cada mes considerando sólo aquellas estaciones en las que se cumplió con el criterio de suficiencia ya mencionado.

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

El cálculo de esta distribución se generó a partir de los datos diarios (véase Tabla 2.2). Como puede observarse, en los seis contaminantes analizados se utilizó el criterio de suficiencia de 75% de los datos, tal como se especifica en las normas de calidad del aire para el ozono y las partículas (DOF, 2002; DOF, 2005). Cabe mencionar que para los demás contaminantes analizados, y al igual que en la evaluación del cumplimiento de las NOM de calidad del aire, en ausencia de los criterios de suficiencia de datos en su respectiva NOM y en congruencia con los criterios del ozono y las partículas, se utilizó el criterio de suficiencia de 75% de datos en cada nivel de agregación (p.e. promedio horario, promedio de ocho horas, promedio de 24 horas).

Tabla 2.2 Datos diarios y criterios de suficiencia de información utilizados para la generación de los días buenos, regulares y malos

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, 2005)
PM _{2.5}	Promedio de 24 horas	Al menos el 75% de los datos horarios (DOF, 2005)
O ₃	Máximo horario en un día	Al menos el 75% de los datos (DOF, 2002)
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
CO	Máximo diario del promedio móvil 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, a saber:

- **Días con calidad del aire buena:** cuando 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:** cuando 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:** cuando el dato diario obtenido rebasa el límite especificado en la NOM respectiva.

Para efectos de representación, a cada día se le asignó un color, dependiendo de la calidad del aire. En la Tabla 2.3 se muestran el color y calificativo asociado a cada intervalo, así como la definición de los intervalos por contaminante.

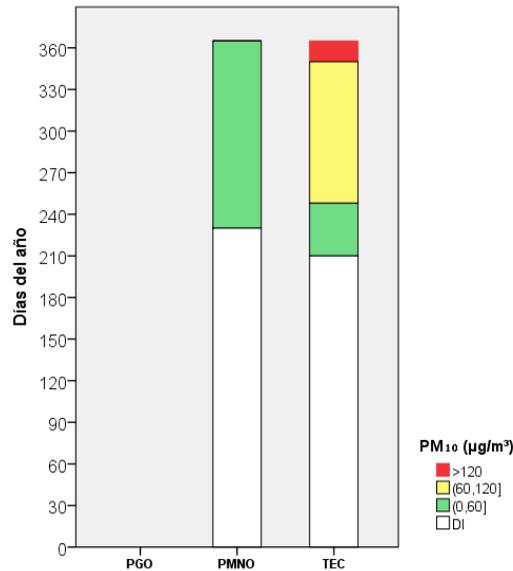
Tabla 2.3 Color, calificativo e intervalos de concentración por contaminante

Color	Calificativo de la calidad del aire	PM ₁₀ µg/m ³	PM _{2.5} µg/m ³	O ₃ ppm	SO ₂ ppm	NO ₂ ppm	CO ppm
Verde	Buena	(0,60]	(0,32.5]	(0,0.055]	(0,0.055]	(0,0.105]	(0,5.5]
Amarillo	Regular	(60,120]	(32.5,65]	(0.055,0.11]	(0.055,0.11]	(0.105,0.21]	(5.5, 11]
Rojo	Mala	> 120	> 65	> 0.11	> 0.11	> 0.21	> 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 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 2.3).

Figura 2.3 Ejemplo de la representación gráfica de la distribución de días con calidad del aire buena, regula y mala



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

3.1 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 2014 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 3.1 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 3.1, muestra la ubicación geográfica de cada una de las estaciones de monitoreo que conformaron este sistema en el año referido.

Tabla 3.1 Estaciones que conformaron el SMCA de Baja California en el año 2014 y capacidades de medición de contaminantes

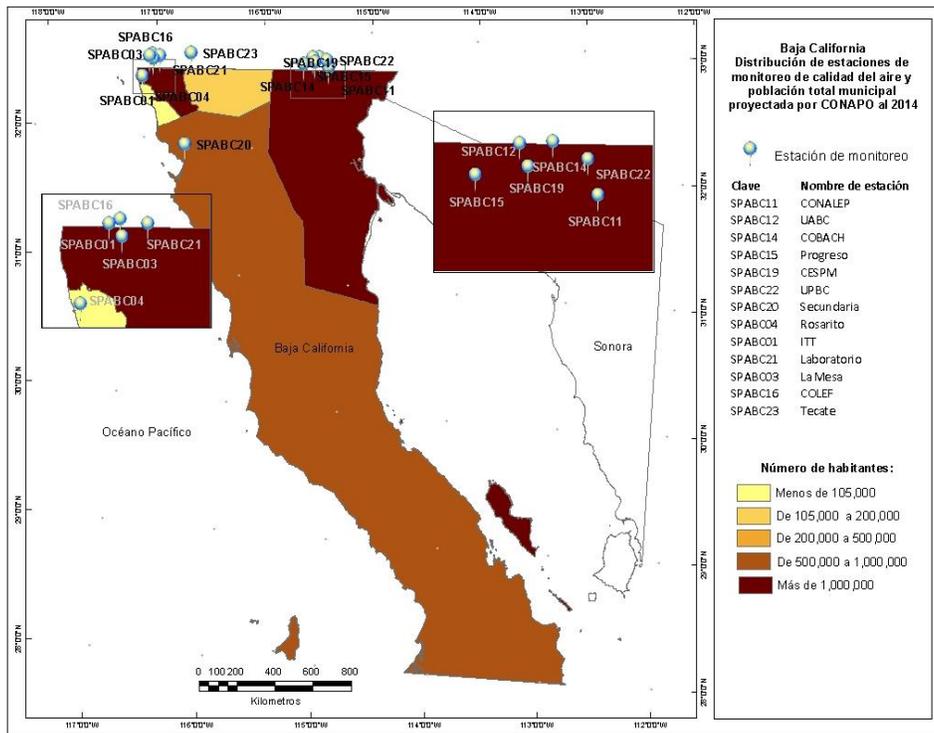
Red de monitoreo	Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes					
				PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	SO ₂	NO ₂	CO
Mexicali	CONALEP	SPABC11	Man. 2004	✓	☒	☒	☒	☒	☒
	UABC	SPABC12	Aut. 2004	☒	✓	✓	✓	✓	✓
			Man. 2004	✓	☒	☒	☒	☒	☒
	COBACH	SPABC14	Aut. 2004	☒	✓	✓	☒	✓	✓
			Man. 2004	✓	☒	☒	☒	☒	☒
	Progreso	SPABC15	Man. 2004	✓	☒	☒	☒	☒	☒
	CESPM	SPABC19	Aut. 2011	☒	✓	✓	☒	✓	✓
			Man. 2011	✓	☒	☒	☒	☒	☒
UPBC	SPABC22	Aut. 2012	☒	☒	✓	☒	✓	✓	
Tijuana	ITT	SPABC01	Aut. 2004	☒	☒	✓	☒	☒	✓
			Man. 2004	✓	☒	☒	☒	☒	☒
	Laboratorio	SPABC21	Aut. 2011	☒	✓	✓	☒	✓	✓
			Man. 2011	✓	☒	☒	☒	☒	☒
	La Mesa	SPABC03	Aut. 2004	✓	☒	✓	✓	✓	✓
			Man. 2004	✓	☒	☒	☒	☒	☒
COLEF	SPABC16	Man. 2004	✓	☒	☒	☒	☒	☒	
Ensenada, Rosarito y Tecate	Secundaria (Ensenada)	SPABC20	Aut. 2011	☒	✓	✓	☒	✓	✓
			Man. 2011	✓	☒	☒	☒	☒	☒
	Rosarito (Playas de Rosarito)	SPABC04	Aut. 2004	✓	☒	✓	✓	✓	✓
			Man. 2004	✓	☒	☒	☒	☒	☒
	Tecate (Tecate)	SPABC23	Aut. 2004	☒	✓	✓	☒	✓	✓
			Man. 2004	✓	☒	☒	☒	☒	☒

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 Secretaría de Protección al Ambiente del gobierno de Baja California.

Figura 3.1. Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Baja California, 2014.



3.2 Diagnóstico de la calidad del aire

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Baja California para 2014 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas (NOM) en la materia, el comportamiento temporal de los contaminantes y el número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo.

3.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire

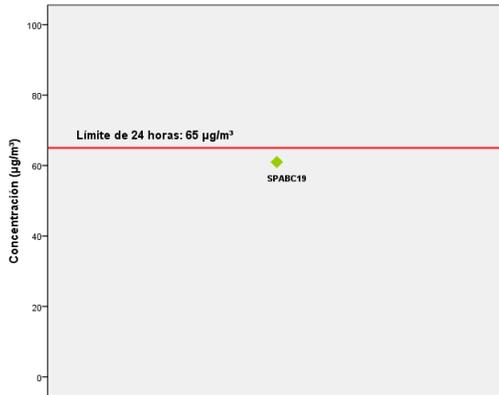
En esta sección se analiza el cumplimiento de las NOM para cada contaminante en Baja California. Los resultados se presentan para aquellas estaciones de monitoreo donde se produjo información suficiente para hacer tal evaluación. Los valores normados usados como referencia para realizar la evaluación de cumplimiento son indicados en cada figura.

En general, durante 2014 este sistema de monitoreo de calidad del aire registró problemas operativos que provocaron que diversos equipos estuvieran fuera de operación, o bien que generaran poca información, por lo que no se obtuvieron datos suficientes que permitieran evaluar

el cumplimiento de los límites normados para PM₁₀, O₃, SO₂ y NO₂ (ver Tabla 3.2). Para PM_{2.5} y CO sólo fue posible hacer tal evaluación en la estación de monitoreo SPABC19, que se localiza en Mexicali. Los resultados se presentan en las siguientes figuras.

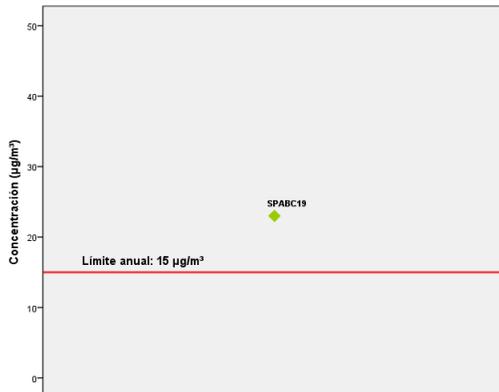
Partículas – PM_{2.5}

Límite de 24 horas
(Percentil 98)



El percentil 98 del límite de 24 horas de PM_{2.5} que se registró en la estación SPABC19, que se localiza en Mexicali, se ubicó por debajo del valor normado.

Límite anual
(Promedio anual)



Por otra parte, el promedio anual de PM_{2.5} que se registró en la estación SPABC19 fue de 23 µg/m³, el cual es 53% superior al valor de la norma. En el resto de las estaciones de monitoreo de este SMCA no fue posible evaluar este indicador.

Monóxido de carbono – CO

Límite de 8 horas
(Segundo máximo)



La única estación de monitoreo con información suficiente para evaluar el cumplimiento de norma con respecto a CO fue SPABC19, que se localiza en Mexicali, y en ella se pudo observar que el segundo máximo de ocho horas se ubicó por debajo del límite normado.

Tabla 3.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Baja California, en el año 2014.

Contaminante	NOM	Límite permitido	Mexicali						Tijuana				Ensenada	Rosarito	Tecate
			SPABC11	SPABC12*	SPABC14	SPABC15	SPABC19	SPABC22	SPABC01	SPABC21	SPABC03	SPABC16	SPABC20	SPABC04	SPABC23
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Percentil 98 ≤ 120 µg/m ³	DI	DI	DI	DI	DI	□	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI
	Anual	Promedio ≤ 50 µg/m ³	DI	DI	DI	DI	DI	□	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Percentil 98 ≤ 65 µg/m ³	□	FO	DI	□	✓	□	□	FO	□	□	FO	□	FO
	Anual	Promedio ≤ 15 µg/m ³	□	FO	DI	□	X	□	□	FO	□	□	FO	□	FO
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.110 ppm	□	FO	DI	□	DI	DI	DI	FO	DI	□	DI	DI	DI
	8 hrs	Quinto máximo ≤ 0.080 ppm	□	FO	DI	□	DI	DI	DI	FO	DI	□	DI	DI	DI
⁽³⁾ SO ₂	8 hrs	Segundo máximo ≤ 0.200 ppm	□	FO	□	□	□	□	□	□	DI	□	□	FO	□
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	□	FO	□	□	□	□	□	□	DI	□	□	FO	□
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	□	FO	□	□	□	□	□	□	DI	□	□	FO	□
⁽⁴⁾ NO ₂	1 hr	Segundo máximo ≤ 0.21 ppm	□	FO	DI	□	FO	FO	□	FO	FO	□	FO	FO	DI
⁽⁵⁾ CO	8 hrs	Segundo máximo ≤ 11 ppm	□	FO	DI	□	✓	DI	DI	FO	DI	□	DI	FO	DI

* Los equipos de monitoreo automático de esta estación dejaron de operar en octubre del año 2013 por reubicación.

⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-1993 (DOF, 2005).

⁽²⁾ NOM-020-SSA1-1993 (DOF, 2002).

⁽³⁾ NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010).

⁽⁴⁾ NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994).

⁽⁵⁾ NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1994).

DI = Datos insuficientes.

FO = Fuera de operación.

□ = No se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.

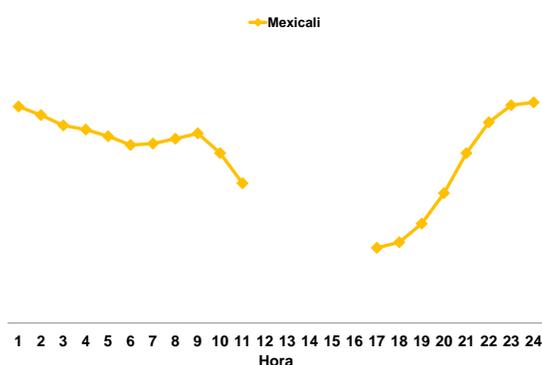
✓ = Cumple con el límite normado.

X = No cumple con el límite normado.

3.2.2 Comportamiento temporal

Las figuras presentadas en esta sección permiten visualizar el comportamiento promedio de los contaminantes a lo largo del día y de los meses del año. Para conocer los detalles sobre la construcción de este indicador véase la sección 2.2.2.2 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.

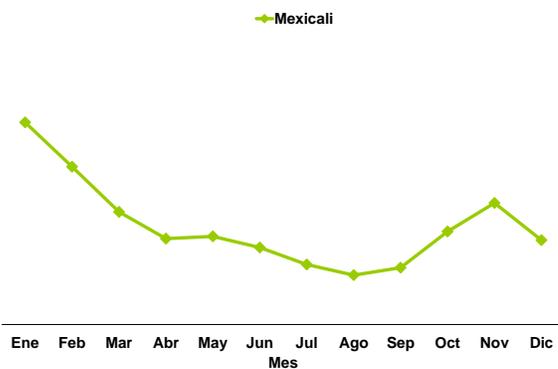
Comportamiento Horario



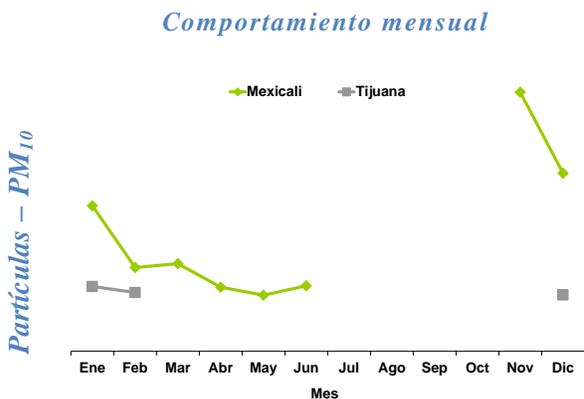
En Mexicali, único sitio en el que se pudo construir el gráfico, la información disponible de PM_{2.5} revela que las concentraciones horarias más elevadas ocurrieron antes de las 10:00 horas y después de las 21:00 horas.

Partículas – PM_{2.5}

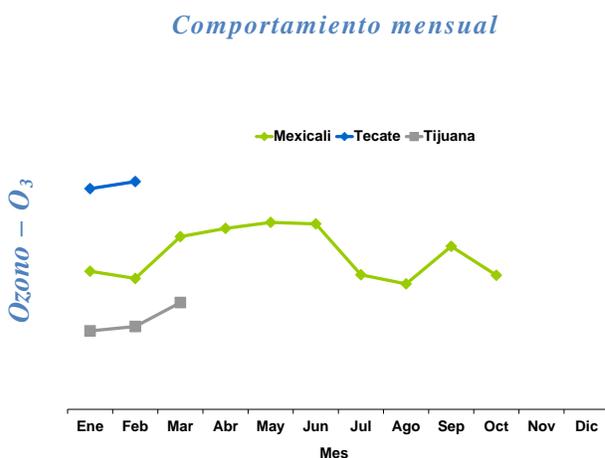
Comportamiento Mensual



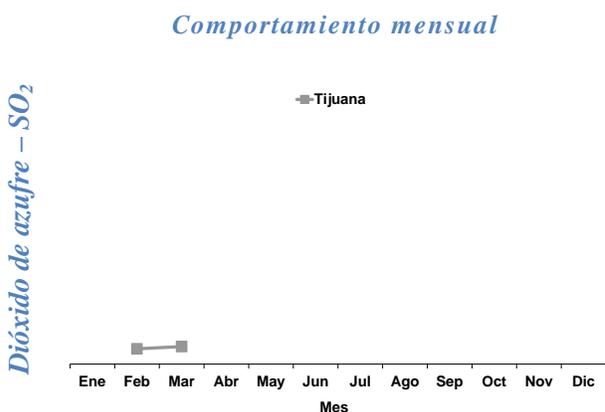
Por otra parte, el comportamiento mensual de PM_{2.5} muestra que, en Mexicali, las concentraciones más elevadas ocurrieron entre noviembre y febrero, cuando se registran las temperaturas más bajas del año.



No hubo información suficiente para generar las figuras que describieran el comportamiento horario de las PM₁₀; sin embargo, los datos disponibles permiten inferir, al menos para Mexicali, que las concentraciones más elevadas se presentaron entre noviembre y enero. Asimismo, se observa que las concentraciones registradas en Mexicali fueron más altas que en Tijuana.



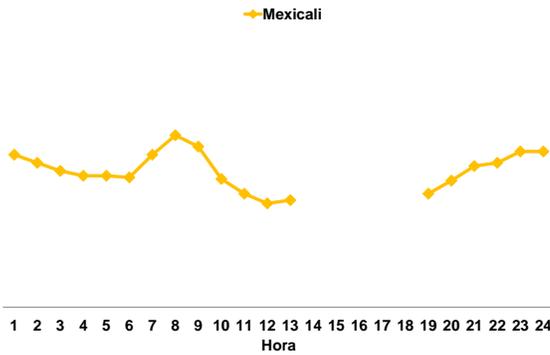
Con respecto a ozono sólo fue posible construir parcialmente los gráficos de comportamiento mensual y éste indica que la serie más completa de datos corresponde a Mexicali, donde las concentraciones más altas se registraron entre marzo y junio.



La información disponible para SO₂ no es suficiente como para identificar algún patrón de comportamiento a lo largo del año.

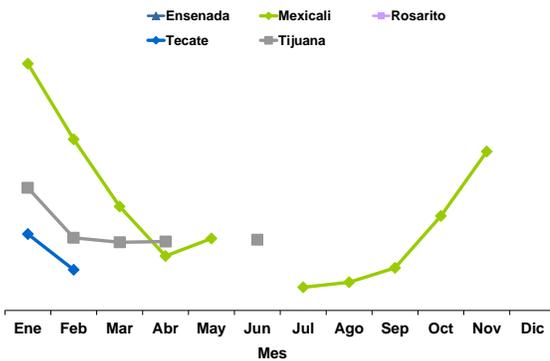
Monóxido de carbono - CO

Comportamiento horario



El comportamiento horario del CO fue posible evaluarlo de manera parcial en Mexicali y las concentraciones muestran la presencia de dos picos de concentración, uno por la mañana entre las 7:00 y las 9:00 horas y otro por la tarde, después de las 20:00 horas. Dicho patrón puede estar asociado al tránsito vehicular.

Comportamiento mensual



El comportamiento mensual, por su parte, indica que las mayores concentraciones de CO, en Mexicali, también ocurrieron en los meses fríos del año (diciembre a febrero).

En general, la información disponible, indica que las concentraciones más altas de CO se registraron en Mexicali, seguidas por las de Tijuana y Tecate.

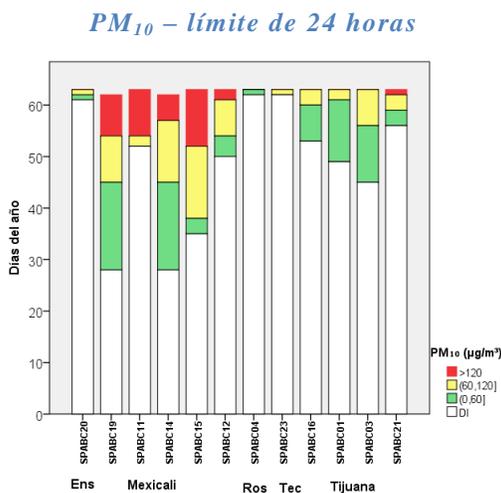
3.2.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala

Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo, en términos del número de días con concentraciones superiores a los límites normados, así como la tendencia que presentan las concentraciones inferiores, pero cercanas, a estos valores. Los colores indican el número de días en los que las concentraciones registradas durante el año cumplen con alguna de las siguientes condiciones:

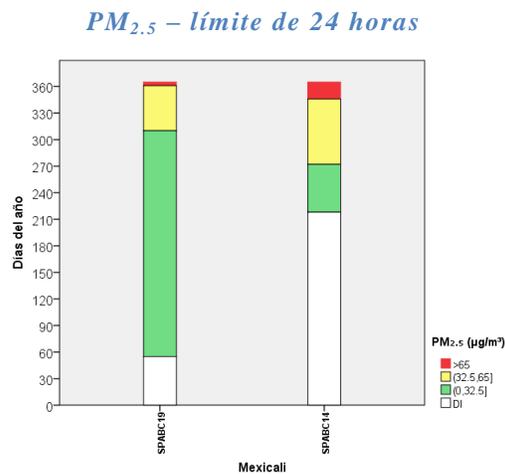
- ✓ No excedieron el valor diario normado (verde).
- ✓ No excedieron el valor diario normado, pero se encuentran cercanas a este valor (amarillo).
- ✓ Excedieron el valor diario normado (rojo).

- ✓ No se contó con información suficiente para evaluar el cumplimiento de alguna de las condiciones anteriores (blanco).

El dato base para construir este indicador es la concentración máxima del día (por ejemplo, promedio de una hora, ocho horas o 24 horas, dependiendo del contaminante que se trate), en cada estación de monitoreo. Para ver el detalle sobre la construcción de este indicador, diríjase a la sección 2.2.2.3 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.

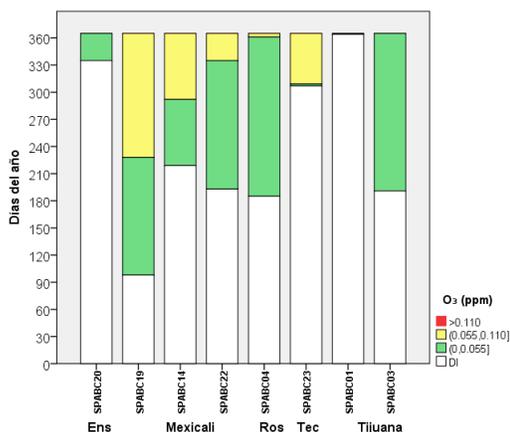


El porcentaje de días en los cuales no se realizó el muestro de PM₁₀ o éste fue invalidado por alguna razón, fue superior al 45% en todas las estaciones de muestreo, llegando a ser incluso de hasta el 98% en las estaciones SAPBC04 (ubicada en Rosarito) y SAPBC23 (localizada en Tecate). No obstante, la información disponible permite observar la ocurrencia de días con mala calidad del aire por PM₁₀ (rojo) en todas las estaciones de monitoreo de Mexicali que miden este contaminante (SPABC19, SPABC11, SPABC14, SPABC15 y SPABC12), así como en la estación SPABC21, que se localiza en Tijuana.



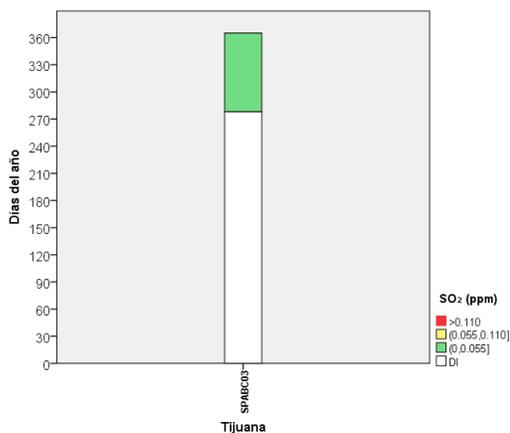
Para PM_{2.5}, el porcentaje de días con información insuficiente (blanco) para generar el indicador fue de 15% para SPABC19 y 60% para SPABC14. A pesar de ello, la información disponible indica la presencia de días con mala calidad del aire (rojo) por este contaminante en ambos sitios, siendo más evidente en la estación SPABC14, donde dicha condición se presentó en el 5% de los días del año, lo que señala la conveniencia de mejorar el desempeño del monitoreo de este contaminante.

O₃ - límite de 1 hora



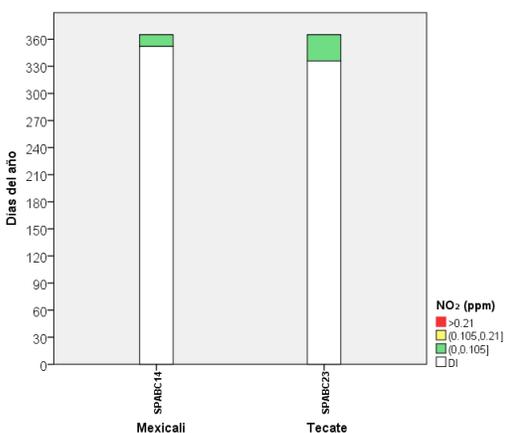
El porcentaje de días con información insuficiente (blanco) para generar el indicador de O₃ varió entre el 27% en la estación SPABC19 y el 100% en la estación SPABC01. No obstante, en la información disponible no se registraron días con mala calidad del aire (rojo) por ozono, por el contrario, dominaron los días con calidad del aire buena (verde) y regular (amarillo).

SO₂ - límite de 24 horas

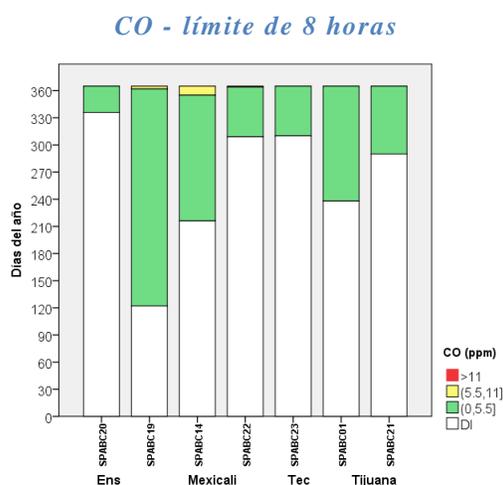


Con respecto a SO₂, sólo la estación SPABC03 ubicada en Tijuana produjo información útil y ésta indica que en el 27% de los días de 2014 se presentaron días con buena calidad del aire por este contaminante. El porcentaje restante corresponde a días con información insuficiente para generar el indicador.

NO₂ - límite de 1 hora



La estación de monitoreo SPABC14 ubicada en Mexicali y la estación SPABC23 localizada en Tecate, indican la ocurrencia de días con buena calidad del aire por NO₂ en el 4% y 8% de los días de 2014, respectivamente. El porcentaje restante en cada caso corresponde a días con información insuficiente para generar el indicador.



El porcentaje de días con información insuficiente de CO para generar el indicador varió entre el 33% en la estación SPABC19 (ubicada en Mexicali) y el 92% en la estación SPABC20 (localizada en Ensenada). El resto de la información en todos los casos indica la ocurrencia preponderantemente de días con buena calidad del aire (verde) por CO. Sólo en las estaciones SPABC14 y SPABC19 (ubicadas en Mexicali) presentaron un porcentaje muy bajo de días con calidad del aire regular (amarillo).

El SMCA de Baja California cuenta con un total de 13 estaciones de monitoreo. De todas ellas, sólo fue posible evaluar el cumplimiento de norma en una estación de monitoreo ubicada en Mexicali (SPABC19), tanto para $PM_{2.5}$ como para CO. Los resultados indican el cumplimiento tanto del límite normado de CO como del límite de 24 horas de $PM_{2.5}$, así como el incumplimiento del límite anual de este último contaminante.

En las 12 estaciones de monitoreo restantes, o no se realizaron mediciones en 2014 o no se cumplió con el criterio de suficiencia para evaluar el cumplimiento de ninguna NOM. Sin embargo, el indicador de número de días con calidad del aire buena, regular y mala hace evidente la existencia de problemas de calidad del aire tanto por PM_{10} como $PM_{2.5}$, especialmente en Mexicali y en Tijuana. Aparentemente, el caso de Mexicali es más severo que el de Tijuana, pues todas las estaciones de monitoreo que conforman esta Red reportaron días con concentraciones superiores al límite normado de PM_{10} y dos de ellas también para $PM_{2.5}$. Esto revela la necesidad de mejorar, a la brevedad, el desempeño de este SMCA y con ello estar en posibilidades de hacer un diagnóstico más robusto de la calidad del aire en la región.

De acuerdo con las autoridades encargadas de la gestión de este SMCA, las fallas operativas se deben a la falta de recursos para la compra de refacciones y para dar el mantenimiento apropiado a las estaciones de monitoreo.

4. SISTEMAS DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE CHIHUAHUA

4.1 Información general

En 2014 el municipio de Chihuahua contó, administrativamente, con dos sistemas de monitoreo de la calidad del aire (SMCA). Uno a cargo del gobierno del estado (SMCA – Chihuahua Estatal), que se encargó de la operación de la estación de monitoreo SUR, y otro a cargo del gobierno del municipio (SMCA – Chihuahua municipal), que en colaboración con el Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV), se encargó de la operación de la estación CIMAV.

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. En general, las dos estaciones de monitoreo cuentan con equipo automático de medición de partículas (PM₁₀ y PM_{2.5} en el caso de las estación SUR, y sólo PM₁₀ en el caso de la estación de monitoreo CIMAV, ozono (O₃), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂) y monóxido de carbono (CO).

Tabla 4.1 Estaciones que conformaron los SMCA de Chihuahua en el año 2014 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	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Chihuahua Municipal	CIMAV	CIMAV	Aut. 2007	✓	⊠	✓	✓	✓	✓

Aut. = Equipo automático.

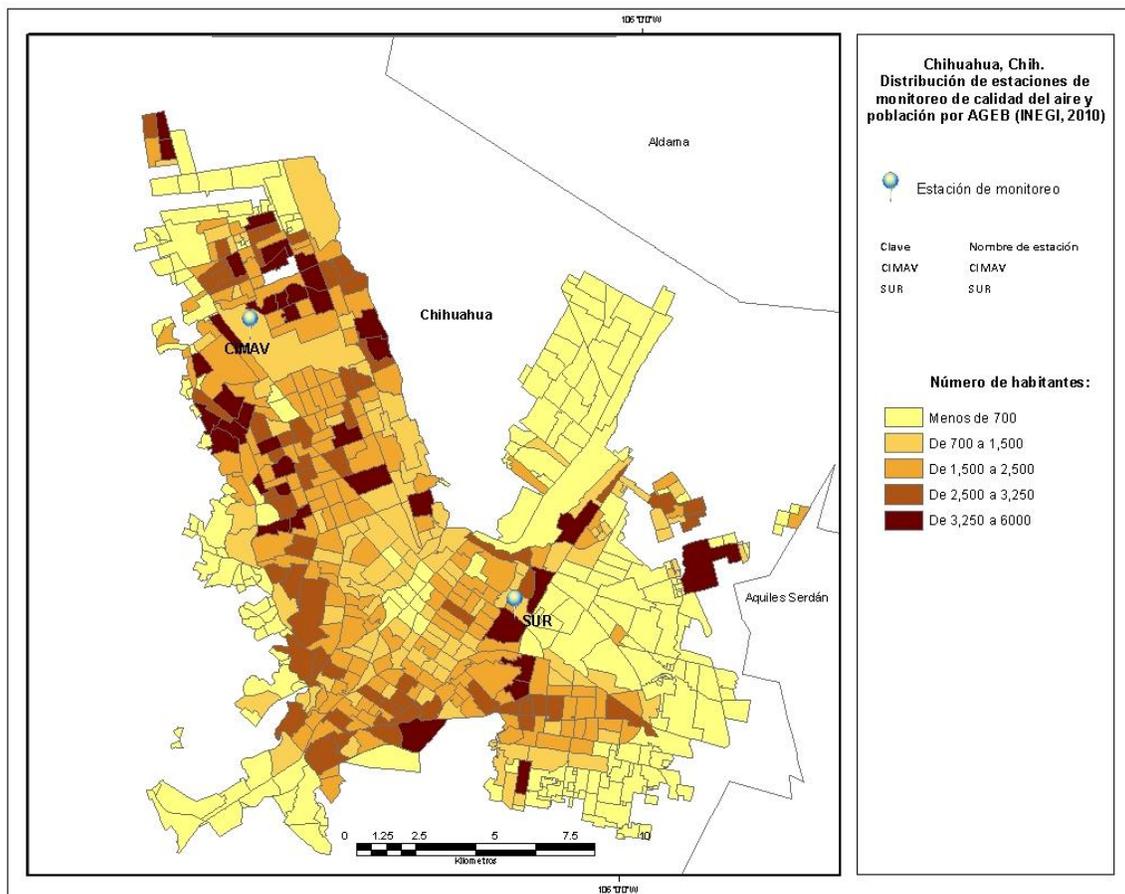
⊠ = No se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.

✓ = Se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología del Estado de Chihuahua y el Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV)

Por otra parte, la Figura 4.1, muestra la ubicación geográfica de cada una de las estaciones de monitoreo.

Figura 4.1. Sistemas de Monitoreo de la Calidad del Aire del municipio de Chihuahua, 2014



4.2 Diagnóstico de la calidad del aire

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Chihuahua para 2014 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas (NOM) en la materia, el comportamiento temporal de los contaminantes y el número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo.

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 en el municipio de Chihuahua. Los resultados se presentan 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.

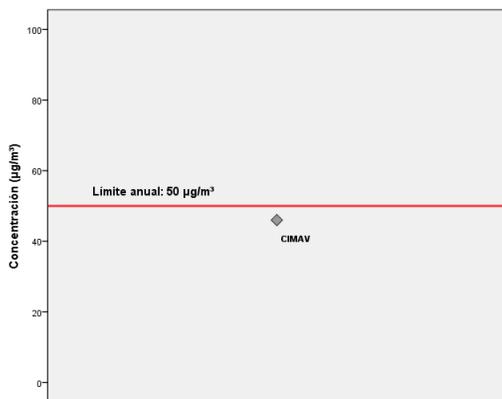
Partículas - PM₁₀

Límite de 24 horas
(Percentil 98)



El percentil 98 de las concentraciones promedio de 24 horas de PM₁₀ que se registró en la estación CIMAV se ubicó por debajo del valor normado, con una concentración de 97 µg/m³.

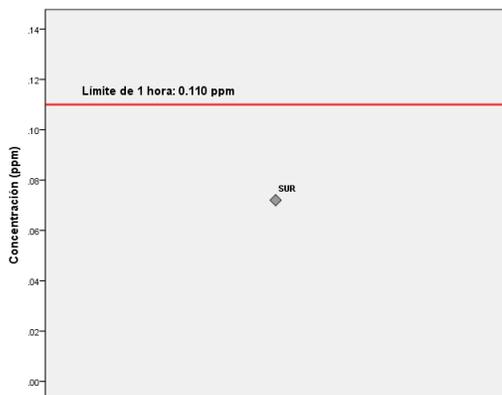
Límite anual
(Promedio anual)



Por otra parte, el promedio anual de PM₁₀ que se registró en la misma estación CIMAV fue de 46 µg/m³, que es ocho por ciento inferior al valor de la norma.

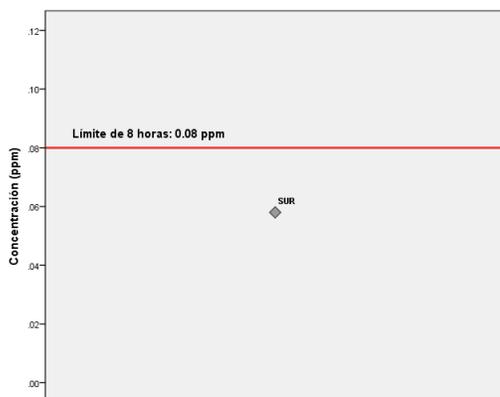
Ozono - O₃

Límite de 1 hora
(Máximo horario)



El máximo horario de ozono registrado en la estación SUR fue de 0.072 ppm, 45% inferior al límite normado.

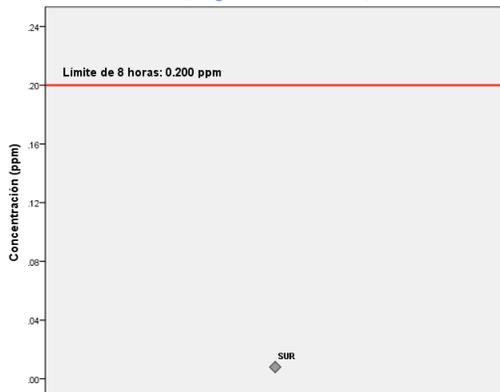
Límite de 8 horas
(Quinto máximo del promedio móvil de 8 horas)



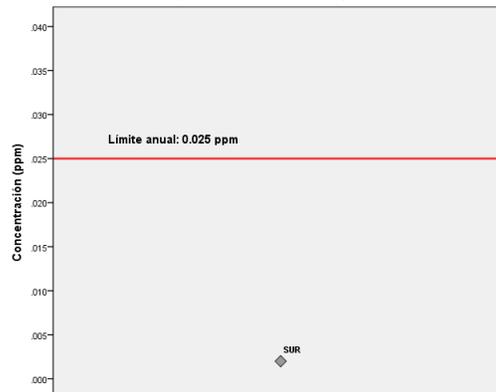
El quinto máximo del promedio móvil de ocho horas de ozono registrado en la estación SUR fue de 0.058 ppm, que es 28% inferior al límite normado.

Dióxido de azufre - SO₂

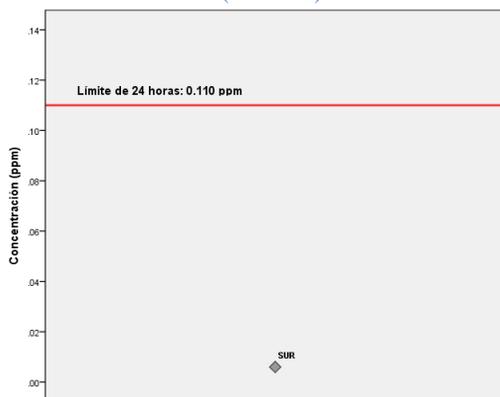
Límite de 8 horas
(Segundo máximo)



Límite anual
(Promedio anual)



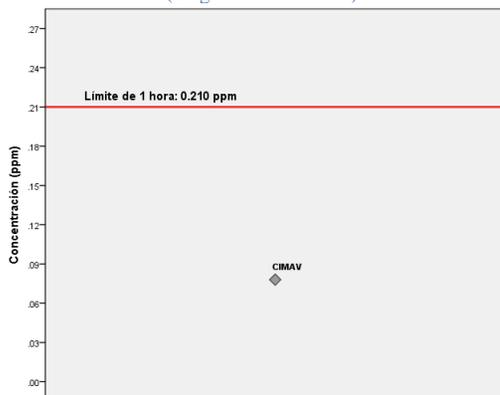
Límite de 24 horas
(Máximo)



Los valores límite de ocho horas, 24 horas y anual de dióxido de azufre se ubicaron por debajo de los límites normados. Para los tres indicadores, las concentraciones registradas correspondieron a valores que equivalen a menos del 8% del valor límite respectivo.

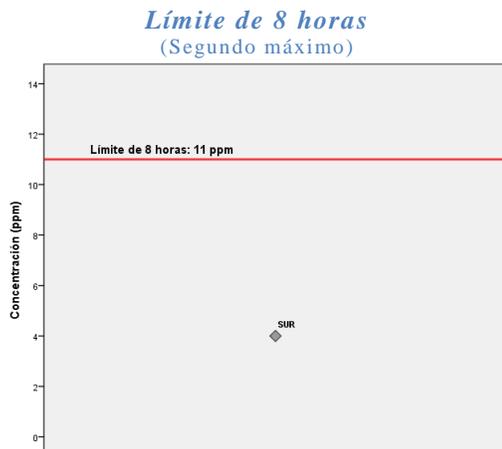
Dióxido de nitrógeno - NO₂

Límite de 1 hora
(Segundo máximo)



El cumplimiento de la NOM de NO₂ sólo se pudo evaluar en la estación CIMAV y el resultado fue que el segundo máximo horario de este contaminante se ubicó por debajo del límite normado.

Monóxido de carbono - CO



La concentración de monóxido de carbono registrada en la estación de monitoreo SUR se mantuvo por debajo de su límite normado; de hecho, la concentración registrada (segundo máximo) fue equivalente a menos del 38% de dicho límite.

La Tabla 4.2 resume el estatus de cumplimiento de cada uno de los valores normados por contaminante y estación de monitoreo. En ella se puede apreciar que:

- Los límites normados de 24 horas y anual de PM₁₀ se cumplieron en la estación de monitoreo CIMAV, en tanto que en la estación SUR no fue posible evaluar el indicador.
- Las PM_{2,5} sólo se monitorean en la estación SUR y para 2014 no se generó información suficiente para poder evaluar el cumplimiento de los límites normados correspondientes.
- Los límites de una y ocho horas de ozono se mantuvieron por debajo de los valores normados en la estación SUR, en tanto que en la estación CIMAV no hubo suficiencia de datos para evaluar el cumplimiento de NOM.
- Las concentraciones de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y monóxido de carbono se mantuvieron por debajo de los límites recomendados por sus respectivas normas oficiales mexicanas en las estaciones de monitoreo donde fue posible hacer la evaluación.

Tabla 4.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en el municipio de Chihuahua, durante el año 2014.

Contaminante	NOM	Límite permitido	Chihuahua Estatal	Chihuahua Municipal
			SUR	CIMAV
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Percentil 98 ≤ 120 µg/m ³	DI	✓
	Anual	Promedio ≤ 50 µg/m ³	DI	✓
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Percentil 98 ≤ 65 µg/m ³	DI	☐
	Anual	Promedio ≤ 15 µg/m ³	DI	☐
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.110 ppm	✓	DI
	8 hrs	Quinto máximo ≤ 0.080 ppm	✓	DI
⁽³⁾ SO ₂	8 hrs	Segundo máximo ≤ 0.200 ppm	✓	DI
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	✓	DI
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	✓	DI
⁽⁴⁾ NO ₂	1 hr	Segundo máximo ≤ 0.21 ppm	DI	✓
⁽⁵⁾ CO	8 hrs	Segundo máximo ≤ 11 ppm	✓	FO

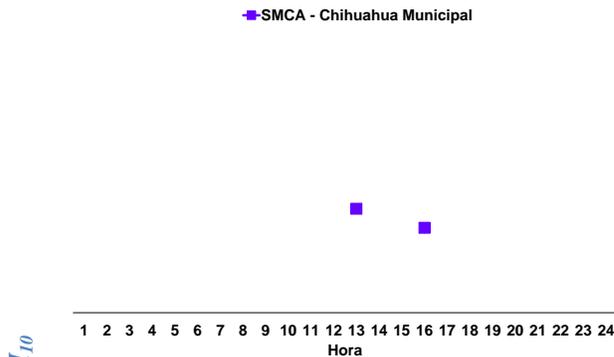
⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-1993 (DOF, 2005).
⁽²⁾ NOM-020-SSA1-1993 (DOF, 2002).
⁽³⁾ NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010).
⁽⁴⁾ NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994).
⁽⁵⁾ NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1994).

DI = Datos insuficientes.
 FO = Fuera de operación.
 ☐ = No se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.
 ✓ = Cumple con el límite normado.
 X = No cumple con el límite normado.

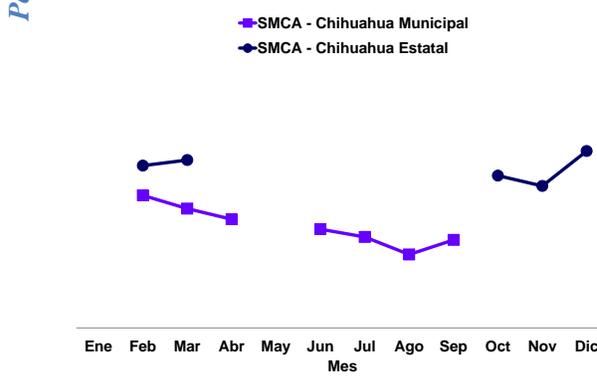
4.2.2 Comportamiento temporal

Las figuras mostradas en esta sección permiten visualizar el comportamiento promedio de los contaminantes a lo largo del día y de los meses del año. Para conocer los detalles sobre la construcción de las gráficas ver la sección 2.2.2.2 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.

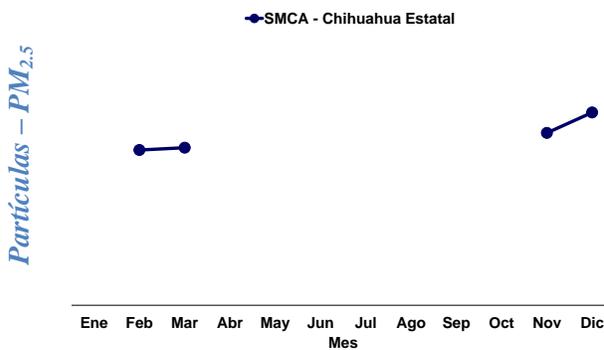
*Comportamiento horario
Chihuahua, 2014*



*Comportamiento mensual
Chihuahua, 2014*



*Comportamiento mensual
Chihuahua, 2014*



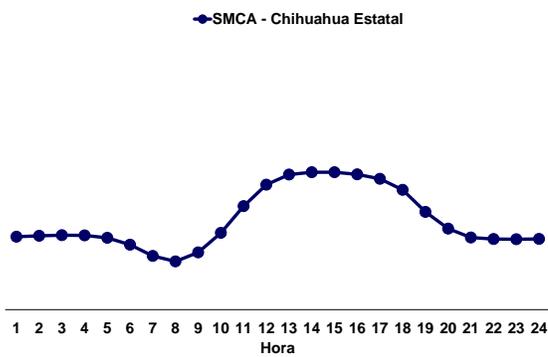
La información disponible sobre las concentraciones horarias de PM₁₀ no permitió establecer un patrón de comportamiento en la estación de monitoreo CIMAV, perteneciente al SMCA municipal.

En cuanto al comportamiento mensual, la información disponible permite establecer que las concentraciones de PM₁₀ más elevadas ocurrieron en los meses fríos del año y suelen ser mayores en la estación SUR (SMCA Estatal) que en la estación CIMAV (SMCA Municipal).

Las PM_{2.5} sólo se miden en el SMCA estatal (estación SUR), y durante 2014 no se generó información suficiente para construir el gráfico de comportamiento horario, en tanto que los datos sobre comportamiento mensual indican que las concentraciones más altas se presentaron en los meses de noviembre y diciembre. En cualquier caso, no es posible establecer ningún patrón de comportamiento claro dada la escasez de datos para la mayoría de los meses.

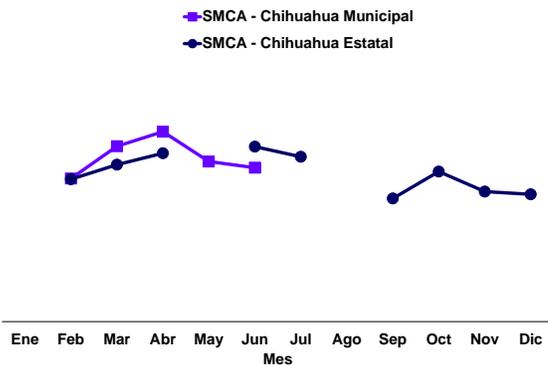
Ozono – O₃

*Comportamiento horario
Chihuahua, 2014*



El ozono se mide en las dos estaciones de monitoreo actualmente en funcionamiento en Chihuahua; sin embargo, sólo fue posible generar el gráfico del comportamiento horario para la estación SUR perteneciente al SMCA Estatal. Dicho gráfico muestra que las concentraciones promedio horarias de ozono tienen la característica distribución unimodal, donde las concentraciones máximas se registran por la tarde, entre las 12:00 y las 18:00 horas.

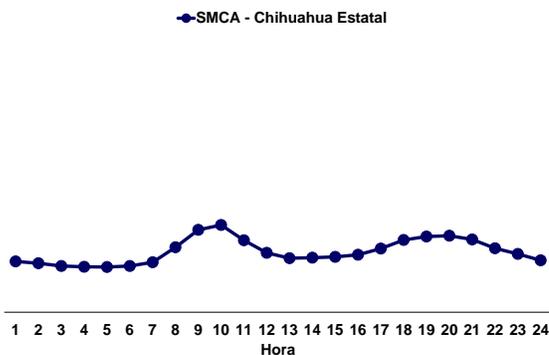
*Comportamiento mensual
Chihuahua, 2014*



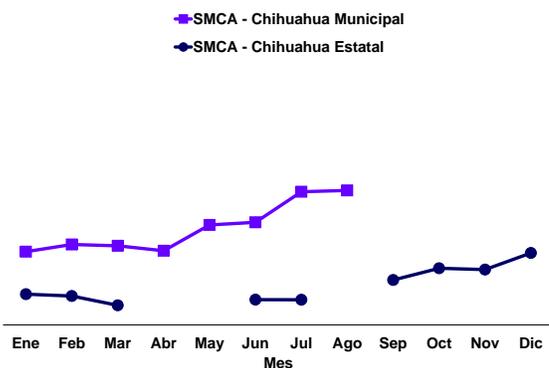
Por otro lado, con respecto a las concentraciones mensuales, no es posible identificar con claridad algún patrón de comportamiento pues no hay continuidad en las mediciones para todo el año. La serie de datos más completa es la de la estación SUR (SMCA Estatal) y en ella se observa que las concentraciones más altas se registran en los meses de junio y julio, en tanto que para la estación CIMAV (SMCA Municipal) hay datos para el periodo febrero – junio y las concentraciones más altas en dicho periodo ocurrieron en abril.

Dióxido de azufre – SO₂

*Comportamiento horario
Chihuahua, 2014*



*Comportamiento mensual
Chihuahua, 2014*

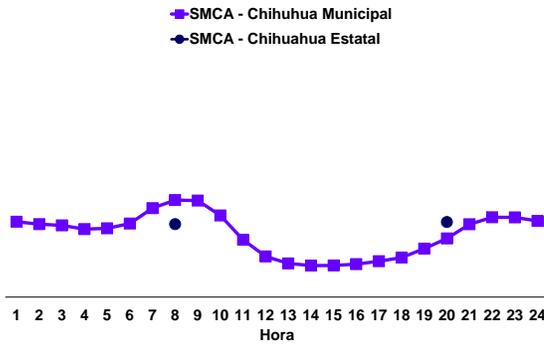


El comportamiento horario de las concentraciones de SO₂ en la estación SUR, perteneciente al SMCA Estatal, muestra que las concentraciones promedio horarias tienen una distribución bimodal, donde las concentraciones más elevadas se registran entre las 9:00 y las 11:00 horas por la mañana y entre las 18:00 y las 21:00 horas, por la tarde.

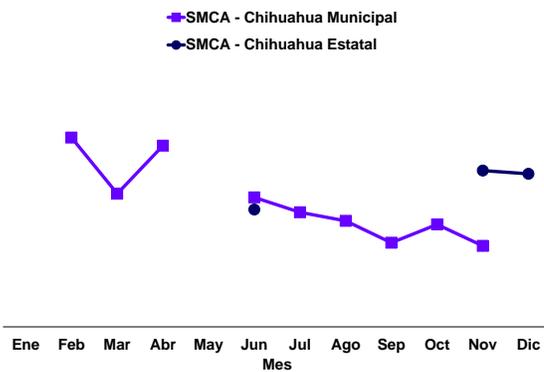
Con respecto a las concentraciones mensuales, en ninguna de las estaciones de monitoreo se obtuvo la serie de datos completa para todo el año. A pesar de ello, la información disponible revela que las concentraciones más altas de SO₂ se registran en los meses de julio y agosto en el caso de la estación CIMAV (SMCA – Municipal), y en los meses de noviembre y diciembre en el caso de la estación SUR (SMCA Estatal).

Dióxido de nitrógeno – NO₂

*Comportamiento horario
Chihuahua, 2014*



*Comportamiento mensual
Chihuahua, 2014*

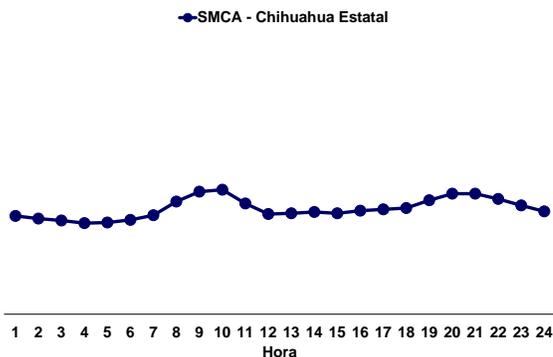


Las concentraciones de dióxido de nitrógeno muestran una distribución horaria bimodal en la estación CIMAV (SMCA Municipal). Los registros más altos se presentan por la mañana, entre las 7:00 y las 10:00 horas, y por la noche, después de las 20 horas. En la estación SUR (SMCA Estatal), por su parte, no es posible establecer ningún patrón de comportamiento.

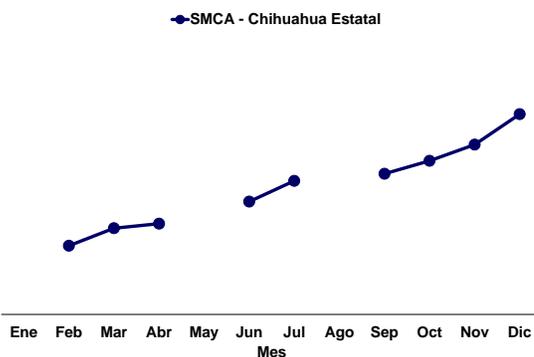
La escasa información disponible sobre las concentraciones mensuales de NO₂, no permiten identificar algún patrón de comportamiento a lo largo del año en ninguna de las estaciones de monitoreo. Sólo se puede destacar que en la estación CIMAV (SMCA Municipal) las concentraciones más altas se registraron en febrero y abril y en la estación SUR (SMCA Estatal) en los meses de noviembre y diciembre.

Monóxido de Carbono – CO

*Comportamiento horario
Chihuahua, 2014*



*Comportamiento mensual
Chihuahua, 2014*



Debido a fallas de operación con el equipo de medición de CO en la estación CIMAV (SMCA Municipal), éste contaminante sólo se midió en la estación de monitoreo SUR (SMCA Estatal) y los datos muestran una distribución horaria bimodal, la cual suele estar asociada con el patrón de tránsito vehicular. Los registros más altos se presentan por la mañana entre las 9:00 y las 11:00 horas y por la tarde entre las 19:00 y las 22:00 horas.

El comportamiento mensual, por su parte, indica que las mayores concentraciones ocurren entre los meses de octubre y diciembre.

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

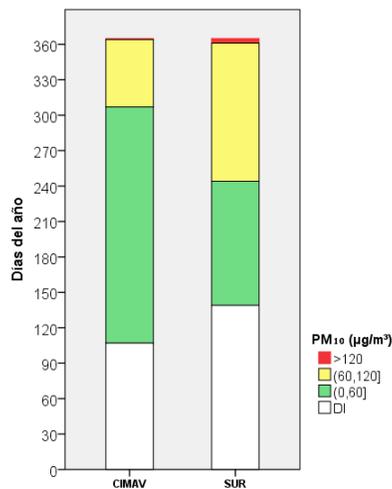
Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en términos del número de días con concentraciones superiores a los límites normados, así como la tendencia que presentan las concentraciones inferiores, pero cercanas, a estos valores. Los colores indican el número de días en los que las concentraciones registradas durante el año cumplen con alguna de las siguientes condiciones:

- ✓ No excedieron el valor diario normado (verde).
- ✓ No excedieron el valor diario normado, pero se encuentran cercanas a este valor (amarillo).
- ✓ Excedieron el valor diario normado (rojo).

- ✓ No se contó con información suficiente para evaluar el cumplimiento de alguna de las condiciones anteriores (blanco).

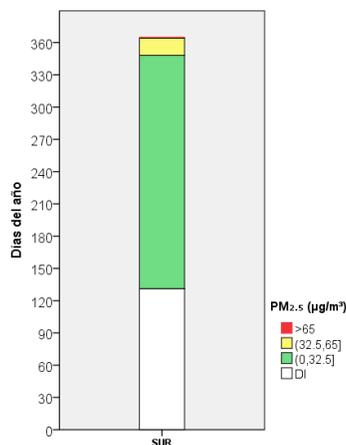
El dato base para construir este indicador es la concentración máxima del día (por ejemplo, promedio de una hora, ocho horas o 24 horas, dependiendo del contaminante que se trate), en cada estación de monitoreo. Para ver el detalle sobre la construcción de este indicador, diríjase a la sección 2.2.2.3 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.

PM₁₀ – límite de 24 horas



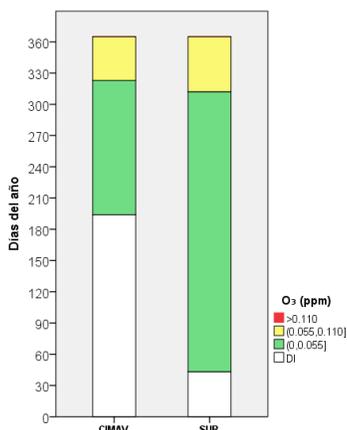
En la estación CIMAV, durante 2014, se presentó buena calidad del aire (verde) por PM₁₀ en el 55% de los días del año, calidad del aire regular (amarillo) en el 16% de días y no se presentó ningún día con mala calidad del aire (rojo), el porcentaje restante (29%) correspondió a días donde no se generó información suficiente para evaluar este indicador. En la estación SUR por su parte, se presentó buena calidad del aire en el 29% de los días del año, calidad del aire regular en el 32% de los días y mala calidad del aire en el 1%. El 38% restante correspondió a días con insuficiencia de datos.

PM_{2.5} – límite de 24 horas



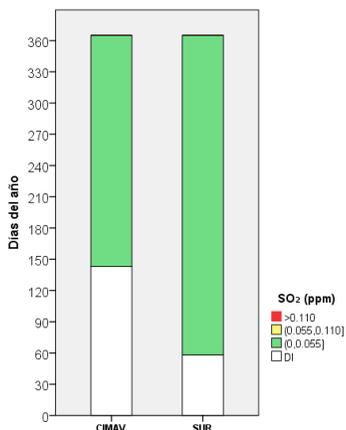
Las PM_{2.5} sólo se miden en la estación SUR y los datos revelan que en el año 2014 se presentó buena calidad del aire por este contaminante en el 60% de los días del año, en tanto que la calidad del aire regular se presentó en el 4%. El porcentaje restante (36%) correspondió a días con insuficiencia de datos para generar el indicador.

O₃ - límite de 1 hora



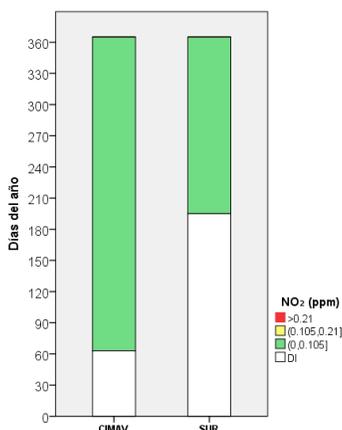
En la estación SUR claramente dominan los días con buena calidad del aire (74%) por ozono, en tanto que en la estación CIMAV dominan los días con información insuficiente (53%). Los días con calidad del aire regular (amarillo), representaron un poco más del 10% de los días del año en ambas estaciones. Finalmente, en ninguna de las estaciones de monitoreo se presentaron días con mala calidad del aire (rojo).

SO₂ - límite de 24 horas



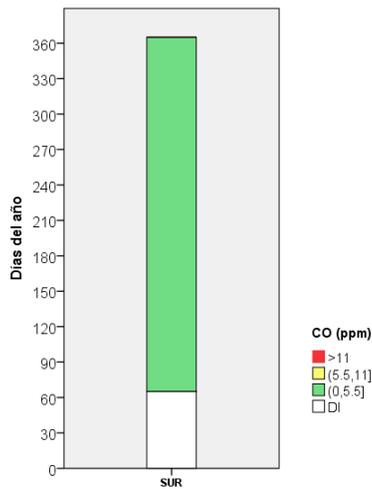
Tanto en la estación CIMAV como en la SUR dominaron los días con buena calidad del aire por SO₂. El porcentaje de días en esta condición fue de 61% en la primera y de 84% en la segunda. En ambos casos, el porcentaje restante corresponde a días donde no se generó información suficiente para generar este indicador.

NO₂ - límite de 1 hora



El porcentaje de días con buena calidad del aire por NO₂ en Chihuahua fue de 83% para la estación CIMAV y 47% para la estación SUR. El porcentaje restante, en ambos casos, correspondió a días con insuficiencia de datos para generar el indicador.

CO - límite de 8 horas



Más del 80% de los días del año 2014 presentaron buena calidad del aire por CO en la estación SUR. El porcentaje restante correspondió a días con insuficiencia de información.

Tanto el SMCA administrado por el gobierno del estado como el administrado por el gobierno municipal, presentan problemas operativos que se reflejan en la insuficiente generación de información, lo que dificulta la evaluación del cumplimiento de la normatividad en la materia. Sin embargo, de manera circunstancial, la información generada por ambos SMCA en 2014 se complementó y lo que no pudo ser medido con suficiencia en un sistema se midió en el otro. Así por ejemplo, si bien el SMCA Estatal no generó información suficiente para evaluar el cumplimiento de norma de contaminantes como las PM_{10} y el NO_2 , el SMCA municipal sí lo hizo. Por el contrario, el SMCA municipal no generó información suficiente para evaluar el cumplimiento de norma de contaminantes como el O_3 , el SO_2 y el CO, pero dicha evaluación fue posible realizarla con la información generada por el SMCA Estatal.

En general, los resultados de la evaluación referida indican buenas condiciones de calidad del aire por PM_{10} , O_3 , SO_2 , NO_2 y CO dado que hay cumplimiento de los valores normados; sin embargo, hay una ventana de oportunidad importante para mejorar el desempeño de ambos SMCA. Disponer de datos más completos en ambos SMCA permitirá robustecer los análisis realizados con dicha información.

5. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE CIUDAD JUÁREZ

5.1 Información general

En el año 2014 el sistema de monitoreo de la calidad del aire (SMCA) de Ciudad Juárez, a cargo de la Dirección de Ecología del Municipio, estuvo integrado por 11 estaciones de monitoreo. En todas ellas se realiza monitoreo manual de PM₁₀ y en tres se lleva a cabo también el monitoreo automático de ozono y monóxido de carbono. En ninguna estación de monitoreo se realiza medición de partículas PM_{2,5}, dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno. La Tabla 5.1 muestra las estaciones de monitoreo que conformaron el SMCA de Ciudad Juárez en el año 2014, 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 5.1, muestra la ubicación geográfica de cada una de las estaciones de monitoreo.

Tabla 5.1 Estaciones que conformaron el SMCA de Ciudad Juárez en el año 2014 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
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	Man. 2008	✓	☒	☒	☒	☒	☒
Niñez Mexicana	NIM	Man. 2008	✓	☒	☒	☒	☒	☒
Tecnológico	TEC	Aut. 1995	☒	☒	✓	☒	☒	✓
		Man. 1995	✓	☒	☒	☒	☒	☒
Zenco	ZEN	Man. 2010	✓	☒	☒	☒	☒	☒

Aut. = Equipo automático.

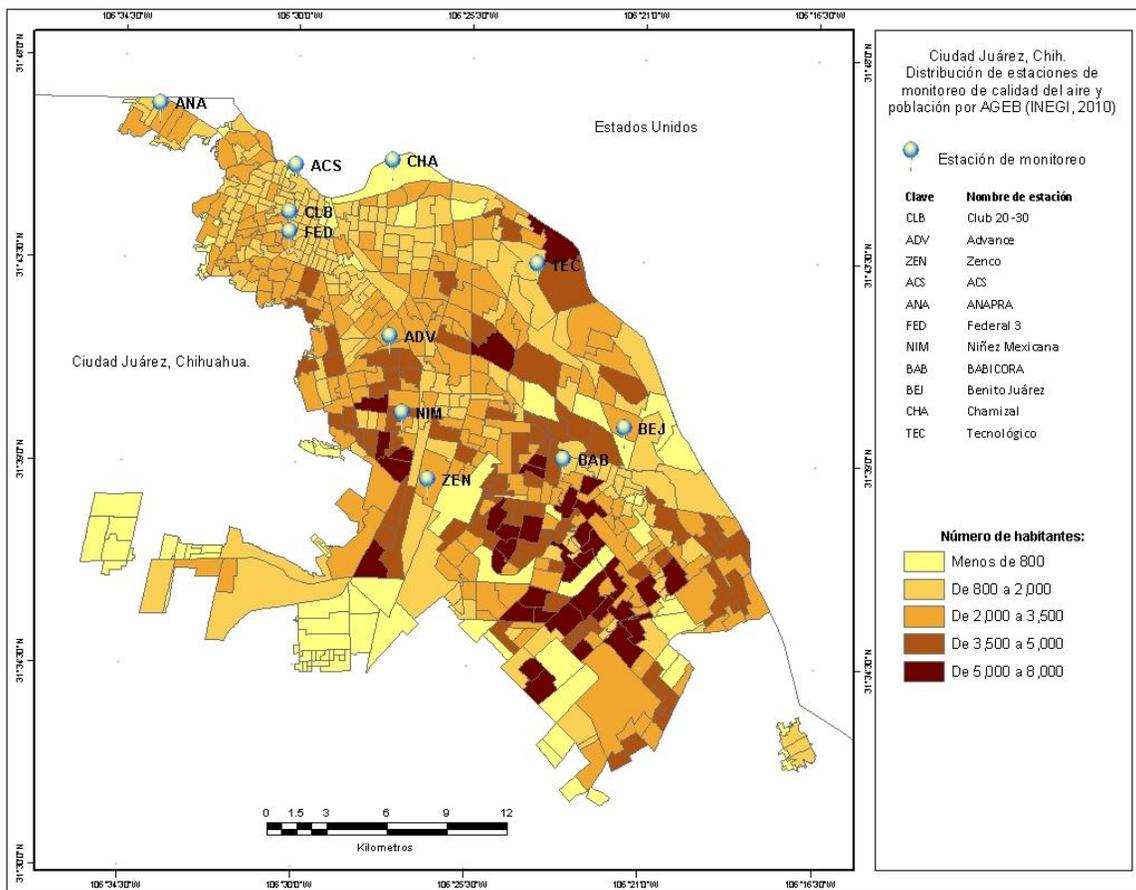
Man. = Equipo manual.

☒ = 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 Dirección de Ecología del Municipio de Ciudad Juárez.

Figura 5.1. Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Ciudad Juárez, 2014.



5.2 Diagnóstico de la calidad del aire

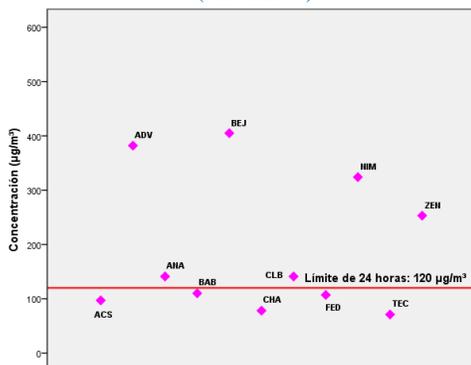
Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Ciudad Juárez para el año 2014 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas (NOM) en la materia, el comportamiento temporal de los contaminantes y el número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo.

5.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire

En esta sección se analiza el cumplimiento de las NOM para cada contaminante. Los resultados se presentan para aquellas estaciones de monitoreo donde se produjo información suficiente para hacer tal evaluación. Los valores normados usados como referencias para realizar la evaluación de cumplimiento son indicados en cada figura.

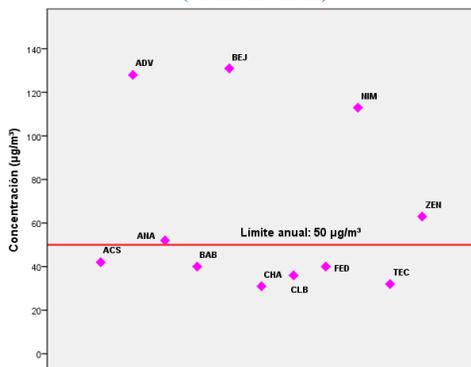
Partículas - PM₁₀

Límite de 24 horas
(Percentil 98)



El límite de 24 horas de PM₁₀ fue rebasado en seis de las 11 estaciones de monitoreo, destacando los casos de las estaciones ADV, BEJ y NIM donde las concentraciones asociadas al percentil 98 fueron de 382 µg/m³, 405 µg/m³ y 324 µg/m³, respectivamente. Dichos valores equivalen a alrededor de tres veces el valor normado.

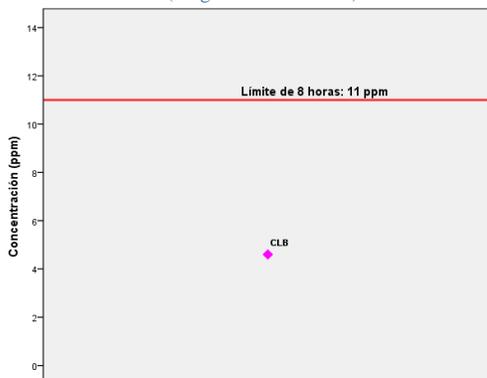
Límite anual
(Promedio anual)



El límite anual de PM₁₀ fue rebasado en cinco de las seis estaciones donde también se rebasó el límite de 24 horas y nuevamente las estaciones ADV, BEJ y NIM registraron las concentraciones más altas con valores de 128 µg/m³, 131 µg/m³ y 113 µg/m³, respectivamente, las cuales equivalen a más de dos veces el valor de la norma.

Monóxido de carbono - CO

Límite de 8 horas
(Segundo máximo)



En la estación de monitoreo denominada Club 20-30 (CLB) el segundo máximo de CO registrado se ubicó por debajo del límite normado.

La Tabla 5.2 resume el estatus de cumplimiento de cada uno de los valores normados por contaminante y estación de monitoreo. En ella se puede apreciar que:

- El monitoreo de PM_{10} se realizó en las 11 estaciones que conforman este sistema de monitoreo de la calidad del aire y en cinco de ellas (ACS, BAB, CHA, FED y TEC) se cumplió tanto el límite de 24 horas como el anual. En una estación (CLB), se cumplió el límite anual pero no el de 24 horas, y en las cinco restantes (ADV, ANA, BEJ, NIM y ZEN) se rebasaron ambos límites.
- Normalmente el ozono se mide en las estaciones ADV, CLB y TEC, sin embargo, en el año 2014 únicamente se realizaron mediciones en la estación TEC y éstas fueron insuficientes para poder evaluar el cumplimiento de norma.
- Al igual que el ozono, el monóxido de carbono se mide en las estaciones ADV, CLB y TEC. En la estación CLB se encontró que las concentraciones registradas fueron inferiores al límite normado. En la estación TEC los datos generados fueron insuficientes para generar el indicador y en la estación ADV no se reportaron mediciones.

Tabla 5.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Ciudad Juárez, durante el año 2014.

Contaminante	NOM	Límite permitido	Estación											
			ACS	ADV	ANA	BAB	BEJ	CHA	CLB	FED	NIM	TEC	ZEN	
⁽¹⁾ PM_{10}	24 hrs	Percentil 98 $\leq 120 \mu g/m^3$	✓	X	X	✓	X	✓	X	✓	X	✓	X	
	Anual	Promedio $\leq 50 \mu g/m^3$	✓	X	X	✓	X	✓	✓	✓	X	✓	X	
⁽²⁾ O_3	1 hr	Máximo ≤ 0.110 ppm	☐	FO	☐	☐	☐	☐	☐	FO	☐	☐	DI	☐
	8 hrs	Quinto máximo ≤ 0.080 ppm	☐	FO	☐	☐	☐	☐	☐	FO	☐	☐	DI	☐
⁽³⁾ CO	8 hrs	Segundo máximo ≤ 11 ppm	☐	FO	☐	☐	☐	☐	☐	✓	☐	☐	DI	☐

⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-1993 (DOF, 2005).

⁽²⁾ NOM-020-SSA1-1993 (DOF, 2002).

⁽³⁾ NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1994).

DI = Datos insuficientes.

☐ = No se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.

FO = Fuera de operación.

✓ = Cumple con el límite normado.

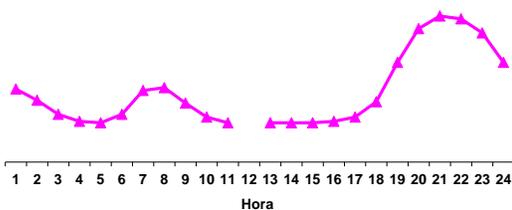
X = No cumple con el límite normado.

5.2.2 Comportamiento temporal

Las figuras mostradas en esta sección permiten visualizar el comportamiento promedio de los contaminantes a lo largo del día y de los meses del año. Para conocer los detalles sobre la construcción de este indicador ver la sección 2.2.2.2 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.

Comportamiento horario

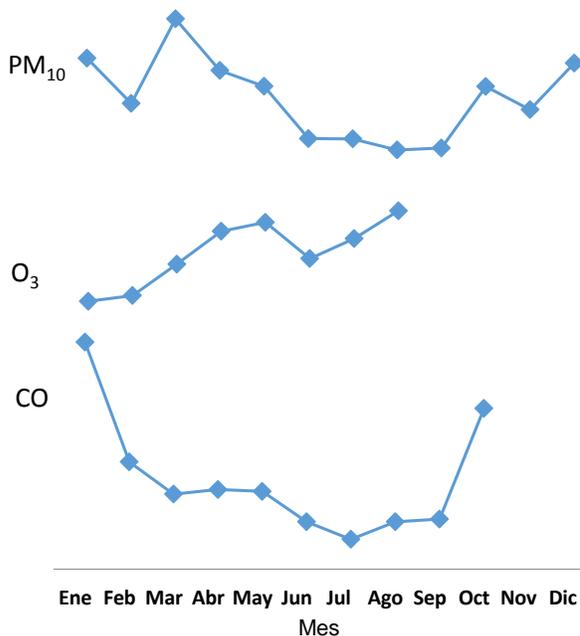
Ciudad Juárez 2014



El comportamiento de las concentraciones promedio horarias de CO es bimodal, donde el pico de concentraciones de la tarde es más pronunciado que el de la mañana. En general, las concentraciones más elevadas ocurren entre las 19:00 y las 24:00 horas.

Comportamiento mensual

Ciudad Juárez 2014



Las concentraciones de PM₁₀ y CO fueron más bajas entre junio y septiembre, en tanto que las más altas ocurrieron entre octubre y mayo. En el caso del ozono las mayores concentraciones se registraron entre abril y agosto.

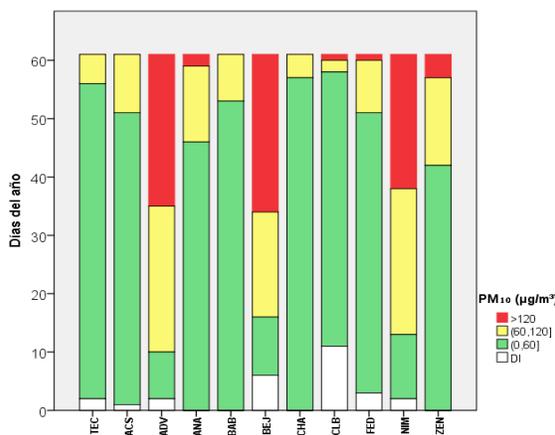
5.2.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala

Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en términos del número de días con concentraciones superiores a los límites normados, así como la tendencia que presentan las concentraciones inferiores, pero cercanas, a estos valores. Los colores indican el número de días en los que las concentraciones registradas durante el año cumplen con alguna de las siguientes condiciones:

- ✓ No excedieron el valor diario normado (verde).
- ✓ No excedieron el valor diario normado, pero se encuentran cercanas a este valor (amarillo).
- ✓ Excedieron el valor diario normado (rojo).
- ✓ No se contó con información suficiente para evaluar el cumplimiento de alguna de las condiciones anteriores (blanco).

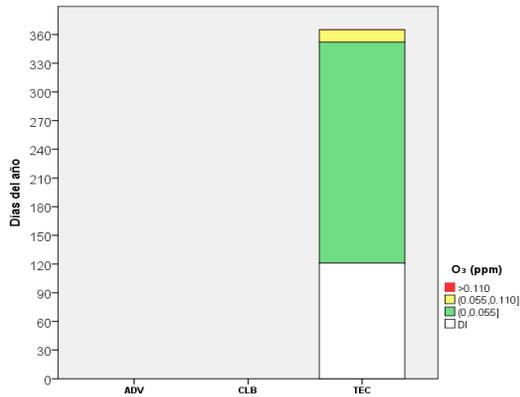
El dato base para construir este indicador es la concentración máxima del día (por ejemplo, promedio de una hora, ocho horas o 24 horas, dependiendo del contaminante que se trate), en cada estación de monitoreo. Para ver el detalle sobre la construcción de este indicador, diríjase a la sección 2.2.2.3 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.

PM₁₀ – límite de 24 horas



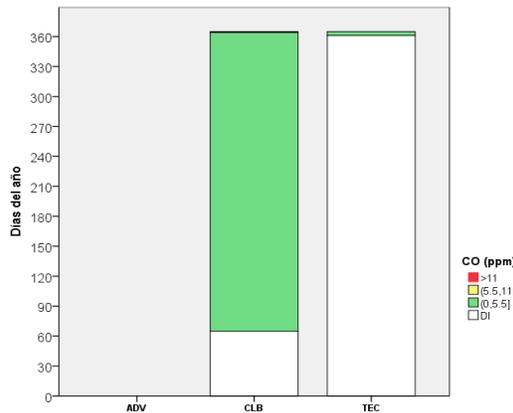
En siete de las 11 estaciones de monitoreo de Cd. Juárez se registraron días con mala calidad del aire (rojo) por PM₁₀; sin embargo, destacan los casos de las estaciones ADV, BEJ y NIM, donde entre el 38% y 44% de los muestreos realizados indican esta condición. En el resto de las estaciones predominan los días con buena calidad del aire (verde), el porcentaje de muestreos con esta condición variaron entre el 70% (ZEN) y 93% (CHA).

O₃ - límite de 1 hora



Esta figura revela que en la estación TEC predominaron los días con buena calidad del aire (verde), así como el hecho de que existe un número significativo de días (33%) en los que no fue posible estimar el indicador por insuficiencia de datos (blanco).

CO - límite de 8 horas



Prácticamente en la totalidad de los días del año 2014 se registró buena calidad del aire por monóxido de carbono. Sin embargo, destaca que en un porcentaje significativo de días (18% en el caso de CLB y 99% en el caso de TEC) no fue posible estimar el indicador por insuficiencia de datos (blanco).

Los datos generados en 2014 por el SMCA del aire de Cd. Juárez revelan un problema importante de contaminación por partículas, pues los límites de 24 horas y anual de PM₁₀ se rebasaron en casi el 50% de las estaciones que midieron este contaminante. Adicionalmente, en tres de estas estaciones se registraron concentraciones superiores a los límites antes referidos en más del 35% de los muestreos realizados a lo largo del año.

La falta de medición de algunos contaminantes como el ozono, aún con la existencia de equipo para hacerla, y el alto porcentaje de días con información insuficiente para generar los indicadores incluidos en este informe para otros contaminantes hacen evidente la necesidad de fortalecer el desempeño de este SMCA. De acuerdo con la Dirección de Ecología del Municipio de Juárez, la disminución del apoyo, en suministros y soporte técnico, por parte de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos ha provocado problemas operativos que se reflejan en la cantidad de información generada.

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 2014 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 del Distrito Federal, estuvo integrado por 31 estaciones de monitoreo; 17 de estas estaciones se localizan en territorio del Distrito Federal (DF) y 14 en la zona conurbada del Estado de México (Edomex).

En 20 estaciones se realizó monitoreo automático, en dos monitoreo manual y en nueve ambos tipos de medición. El monitoreo manual se emplea para la medición de partículas suspendidas (PM₁₀ y/o PM_{2.5}), en tanto que con el monitoreo automático se realiza la medición de ozono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y monóxido de carbono, además de partículas (PM₁₀ y/o PM_{2.5}). La Tabla 6.1 muestra las estaciones de monitoreo que conformaron este SMCA en el año 2014, 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 6.1, muestra de manera general la ubicación geográfica de cada una de las estaciones de monitoreo.

Tabla 6.1 Estaciones que conformaron el SMCA de la Ciudad de México y su zona conurbada en el año 2014 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	Camarones	CAM	Aut. 2003	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Centro de Ciencias de la Atmósfera	CCA	Aut. 2014	✗	✓	✓	✓	✓	✓
	Coyoacán	COY	Aut.2003	✗	✓	✓	✗	✓	✗
			Man.2003	✗	✓	✗	✗	✗	✗
	Cuajimalpa	CUA	Aut.1994	✓	✗	✓	✓	✓	✓
	Hospital General de México	HGM	Aut. 2012	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Iztacalco	IZT	Aut. 2007	✓	✗	✓	✓	✓	✓
	Lomas	LOM	Man. 1989	✓	✗	✗	✗	✗	✗
	Merced	MER	Aut. 1986	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Man. 1989			✓	✓	✗	✗	✗	✗	

	Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes					
				PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	SO ₂	NO ₂	CO
Zona Conurbada	Pedregal	PED	Aut. 1986	✓	✓	✓	✓	✓	✓
			Man. 1989	✓	✓	☒	☒	☒	☒
	San Juan de Aragón	SJA	Aut. 2003	☒	✓	✓	✓	✓	✓
	Santa Fe	SFE	Aut. 2012	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Santa Úrsula	SUR	Aut. 1986	✓	☒	✓	✓	✓	✓
	Secretaría de Hacienda	SHA	Man. 1989	✓	☒	☒	☒	☒	☒
	Tláhuac	TAH	Aut. 1994	✓	☒	✓	✓	✓	✓
	Tlalpan	TPN	Aut. 1994	☒	☒	✓	✓	✓	☒
	UAM Iztapalapa	UIZ	Aut. 1987	✓	✓	✓	✓	✓	✓
			Man. 1989	✓	✓	☒	☒	☒	☒
	UAM Xochimilco	UAX	Aut. 2012	☒	✓	✓	✓	✓	✓
	Acolman	ACO	Aut. 2007	✓	☒	✓	✓	✓	✓
	Atizapán	ATI	Aut. 1994	✓	☒	✓	✓	✓	✓
	Chalco	CHO	Aut. 2007	✓	☒	✓	✓	✓	✓
	Cuautitlán	CUT	Aut. 2012	✓	☒	✓	✓	✓	☒
	FES Acatlán	FAC	Aut. 1986	✓	☒	✓	✓	✓	✓
	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.

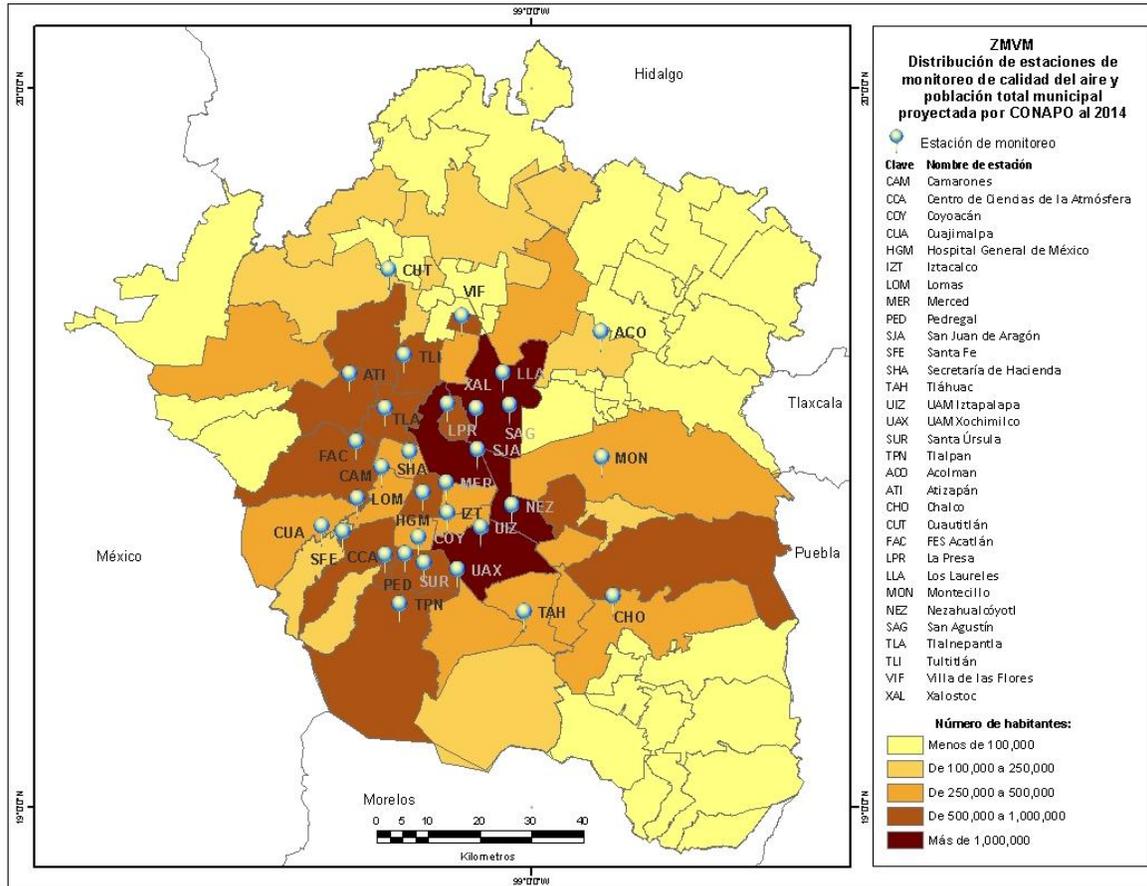
Man. = Equipo manual.

☒ = 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, 2014.



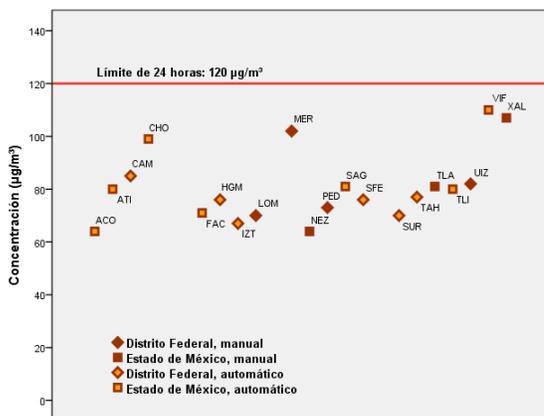
6.2 Diagnóstico de la calidad del aire

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en la Ciudad de México y su zona conurbada para el año 2014 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas (NOM) en la materia, el comportamiento temporal de los contaminantes y el número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo.

6.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire

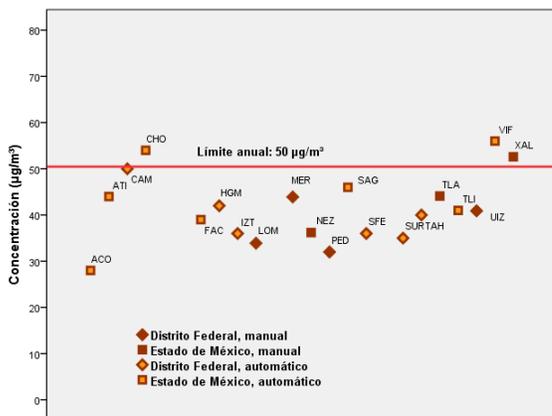
En esta sección se analiza el cumplimiento de las NOM para cada contaminante en la Ciudad de México y su zona conurbada. Los resultados se presentan para aquellas estaciones de monitoreo donde se produjo información suficiente para hacer tal evaluación. Los valores normados usados como referencia para realizar la evaluación de cumplimiento son indicados en cada figura.

Límite de 24 horas
(Percentil 98)



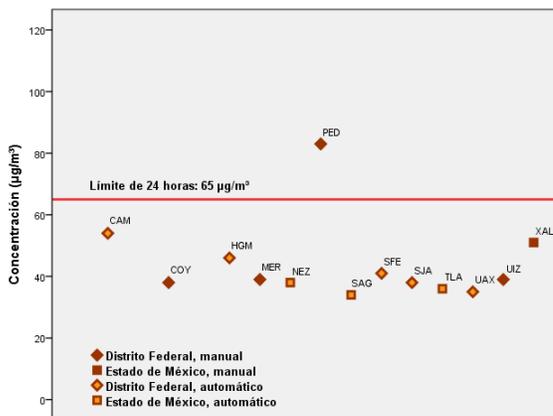
En ninguna estación de monitoreo, ya sea automática o manual, se rebasó el límite de 24 horas de PM₁₀ en el año 2014.

Límite anual
(Promedio anual)



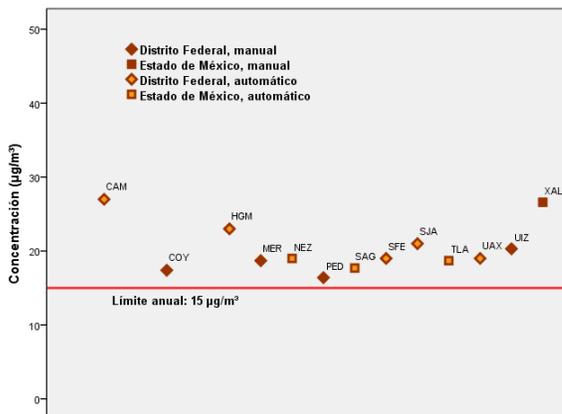
El límite anual de PM₁₀ se rebasó en las estaciones CHO, VIF y XAL. En estas estaciones el promedio anual fue de 54 µg/m³, 56 µg/m³ y 53 µg/m³, respectivamente. Estos valores son entre 6% y 12% superiores al valor normado. En la estación CAM el promedio anual fue idéntico al límite permitido (50 µg/m³).

Límite de 24 horas
(Percentil 98)



Las mediciones hechas de PM_{2.5} en el año 2014 indican que el límite de 24 horas se rebasó en la estación PED, donde el percentil 98 registrado fue de 83 µg/m³, concentración que es 28% superior al límite permitido.

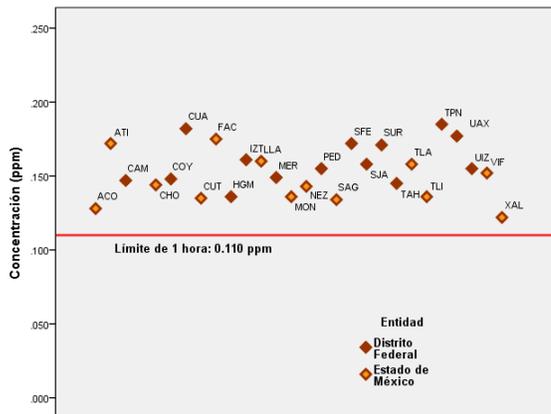
Límite anual
(Promedio anual)



El límite anual fue rebasado en todas las estaciones de monitoreo, tanto automático como manual, donde se midió este contaminante. El valor más alto corresponde al registrado en la estación CAM (27 µg/m³), seguido por el de la estación XAL (26.6 µg/m³). En ambos casos el promedio anual fue 80% superior al valor de la norma.

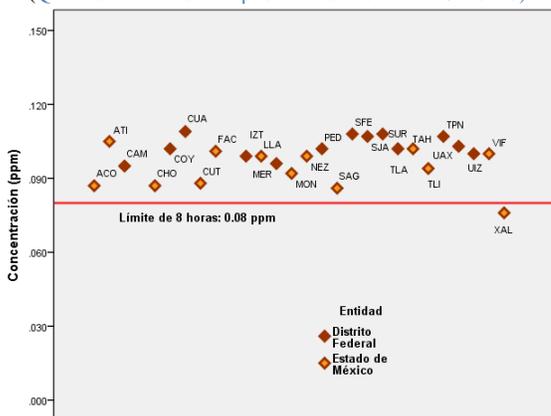
Ozono - O₃

Límite de 1 hora
(Máximo horario)



El valor límite de una hora de ozono se rebasó en todas las estaciones de monitoreo. Las concentraciones máximas horarias oscilaron entre 0.122 ppm y 0.185 ppm, esto es, entre 1.1 y 1.7 veces el valor de la norma.

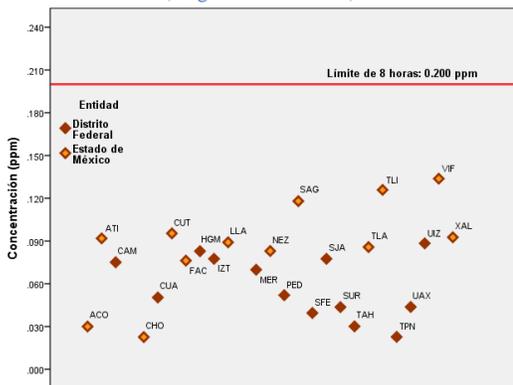
Límite de 8 horas
(Quinto máximo del promedio móvil de 8 horas)



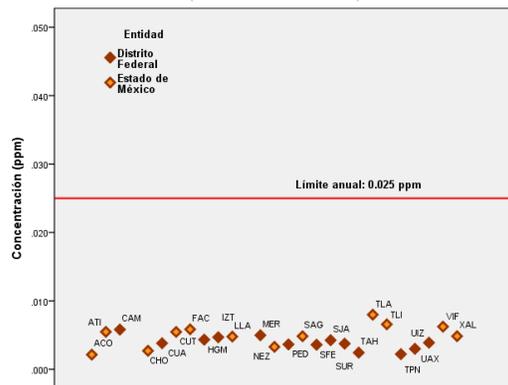
El límite de ocho horas se rebasó en 25 de las 26 estaciones de monitoreo y, en ellas, el quinto máximo registrado en el año 2014 osciló entre 0.086 ppm y 0.109 ppm, esto es, entre 1.1 y 1.4 veces el límite establecido en la NOM correspondiente.

Dióxido de azufre - SO₂

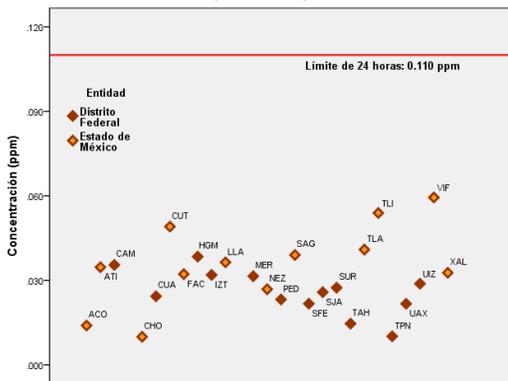
Límite de 8 horas
(Segundo máximo)



Límite anual
(Promedio anual)

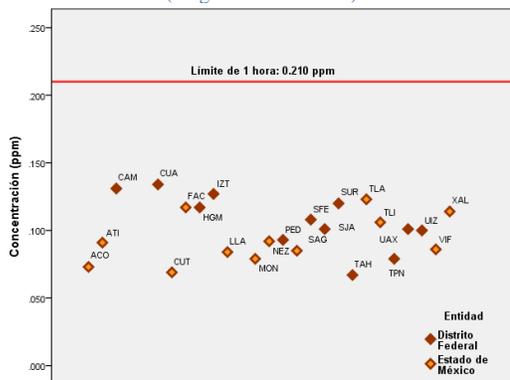


Límite de 24 horas
(Máximo)



Los valores de ocho horas, 24 horas y anual de dióxido de azufre se ubicaron por debajo de los límites normados en todas las estaciones de monitoreo. Las concentraciones registradas en la mayoría de las estaciones de monitoreo correspondieron a valores menores al 50% del valor límite respectivo.

Límite de 1 hora
(Segundo máximo)

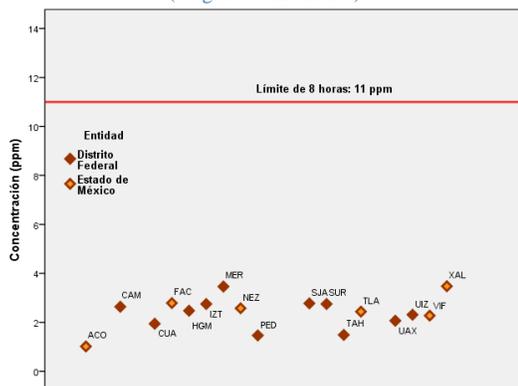


Dióxido de nitrógeno - NO₂

Las concentraciones de dióxido de nitrógeno se mantuvieron por debajo del límite normado, en las 24 estaciones de monitoreo que reportaron información suficiente para este contaminante.

Monóxido de carbono - CO

Límite de 8 horas
(Segundo máximo)



Las concentraciones de monóxido de carbono se mantuvieron por debajo del límite normado en todas las estaciones de monitoreo; de hecho, en todos los casos, las concentraciones registradas (segundo máximo) fueron equivalentes a menos del 35% del valor límite correspondiente.

La Tabla 6.2 resume el estatus de cumplimiento de cada uno de los valores normados por contaminante y estación de monitoreo. En ella se puede apreciar que:

El monitoreo de PM₁₀ se realizó en 24 estaciones de monitoreo. En 17 de ellas las concentraciones registradas se ubicaron por debajo tanto del límite de 24 horas como del anual. En tres, se cumplió el límite de 24 horas pero no el anual y en cuatro no se produjo información suficiente para generar el indicador correspondiente. En general, en el 13% de las estaciones que midieron este contaminante se rebasó el límite anual.

Las PM_{2.5} fueron medidas en 14 estaciones de monitoreo. En 12 de estas estaciones se cumplió con el límite normado de 24 horas, en 13 se rebasó el límite anual, en una (PED) se incumplieron ambos límites y en la estación CCA no fue posible generar los indicadores correspondientes por insuficiencia de datos debido a que entró en operación en el mes agosto del año 2014.

En 25 de las 28 estaciones que reportaron datos para ozono se rebasaron tanto el límite de una hora como el de ocho horas, en dos más se incumplió uno de los límites y en una no se produjo información suficiente para hacer esta evaluación. Esto es, en casi el 100% de las estaciones de monitoreo hubo incumplimiento en al menos uno de los límites normados.

Las concentraciones de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y monóxido de carbono se mantuvieron por debajo de los valores establecidos en sus respectivas normas oficiales mexicanas en todas las estaciones de monitoreo.

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, durante el año 2014.

Contaminante	NOM	Límite permitido	Ciudad de México																
			CAM	CCA*	COY	CUA	HGM	IZT	LOM	MER	PED	SJA	SFE	SUR	SHA	TAH	TPN	UIZ	UAX
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Percentil 98 ≤ 120 µg/m ³	✓	✗	✗	DI	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	DI	✓	✗	✓	✗
	Anual	Promedio ≤ 50 µg/m ³	✓	✗	✗	DI	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	DI	✓	✗	✓	✗
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Percentil 98 ≤ 65 µg/m ³	✓	DI	✓	✗	✓	✗	✗	✓	X	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✓
	Anual	Promedio ≤ 15 µg/m ³	X	DI	X	✗	X	✗	✗	X	X	X	X	✗	✗	✗	✗	X	X
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.110 ppm	X	DI	X	X	X	X	✗	X	X	X	X	X	✗	X	X	X	X
	8 hrs	Quinto máximo ≤ 0.080 ppm	X	DI	X	X	DI	X	✗	X	X	X	X	X	✗	X	X	X	X
⁽³⁾ SO ₂	8 hrs	Segundo máximo ≤ 0.200 ppm	✓	DI	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	✓	DI	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	✓	DI	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓
⁽⁴⁾ NO ₂	1 hr	Segundo máximo ≤ 0.21 ppm	✓	DI	DI	✓	✓	✓	✗	DI	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓
⁽⁵⁾ CO	8 hrs	Segundo máximo ≤ 11 ppm	✓	DI	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	DI	✓	✗	✓	✗	✓	✓

... continúa.

Contaminante	NOM	Límite permitido	Zona conurbada													
			ACO	ATI	CHO	CUT	FAC	LPR	LLA	MON	NEZ	SAG	TLA	TLI	VIF	XAL
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Percentil 98 ≤ 120 µg/m ³	✓	✓	✓	DI	✓	DI	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Anual	Promedio ≤ 50 µg/m ³	✓	✓	X	DI	✓	DI	✗	✗	✓	✓	✓	✓	X	X
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Percentil 98 ≤ 65 µg/m ³	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✓
	Anual	Promedio ≤ 15 µg/m ³	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	X	X	X	✗	✗	X
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.110 ppm	X	X	X	X	X	FO	X	X	X	X	X	X	X	X
	8 hrs	Quinto máximo ≤ 0.080 ppm	X	X	X	X	X	FO	X	X	X	X	X	X	X	✓
⁽³⁾ SO ₂	8 hrs	Segundo máximo ≤ 0.200 ppm	✓	✓	✓	✓	✓	DI	✓	DI	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	✓	✓	✓	✓	✓	DI	✓	DI	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	✓	✓	✓	✓	✓	DI	✓	DI	✓	✓	✓	✓	✓	✓
⁽⁴⁾ NO ₂	1 hr	Segundo máximo ≤ 0.21 ppm	✓	✓	FO	✓	✓	FO	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
⁽⁵⁾ CO	8 hrs	Segundo máximo ≤ 11 ppm	✓	DI	FO	✗	✓	FO	FO	FO	✓	FO	✓	DI	✓	✓

*La estación de monitoreo del Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA) inició su operación el 1 de agosto de 2014, razón por la cual no fue posible disponer de información suficiente para evaluar el cumplimiento de norma en ninguno de los contaminantes.

⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-1993 (DOF, 2005).

⁽²⁾ NOM-020-SSA1-1993 (DOF, 2002).

⁽³⁾ NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010).

⁽⁴⁾ NOM-023-SSA1-1993(DOF, 1994).

⁽⁵⁾ NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1994).

DI = Datos insuficientes.

FO = Fuera de operación

✗ = No se realiza monitoreo de este contaminante.

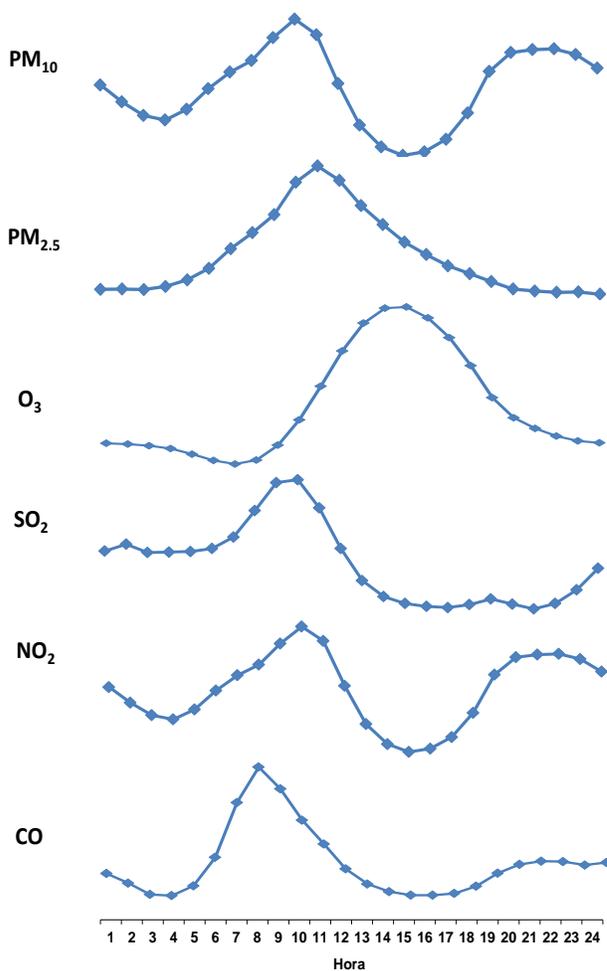
✓ = Cumple con el límite normado.

X = No cumple con el límite normado.

6.2.2 Comportamiento temporal

Las figuras mostradas en esta sección permiten visualizar el comportamiento promedio de los contaminantes a lo largo del día y de los meses del año. Para conocer los detalles sobre la construcción de las gráficas ver la sección 2.2.2.2 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.

*Comportamiento horario
Ciudad de México y zona conurbada, 2014*

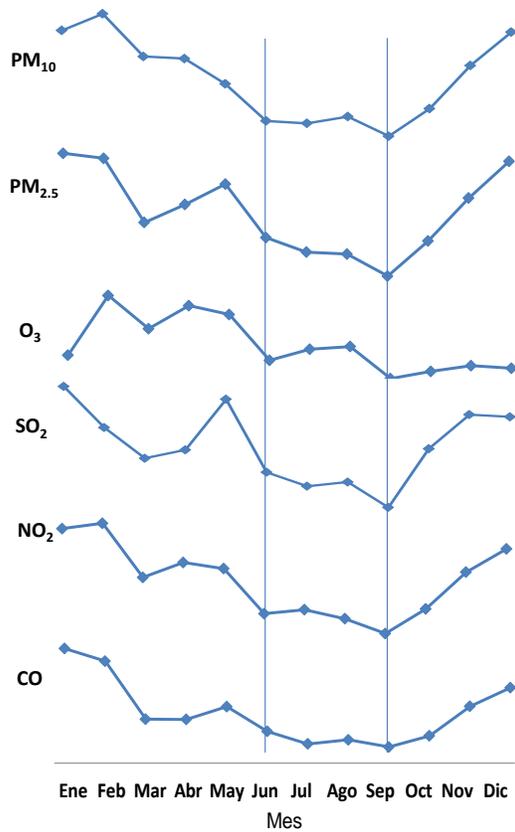


El comportamiento de las concentraciones promedio horarias de las PM₁₀ es claramente bimodal. El primer pico de concentraciones se observa entre las 8:00 y las 12:00 horas y el segundo entre las 18:00 y 20:00 horas.

Las PM_{2.5}, el O₃ y el SO₂ muestran una distribución horaria unimodal en el que las concentraciones más elevadas se registraron entre las 9:00 y las 13:00 horas en el caso de las partículas PM_{2.5}; entre las 12:00 y las 17:00 horas en el caso del ozono; y, entre las 7:00 y las 12:00 horas en el caso del dióxido de azufre.

El dióxido de nitrógeno y el monóxido de carbono muestran una distribución bimodal, donde el pico de concentración de la mañana fue más pronunciado que el observado por la tarde.

*Comportamiento mensual
Ciudad de México y zona conurbada, 2014*



En general, los contaminantes en la ciudad de México y su zona conurbada muestran un comportamiento estacional típico, donde las mayores concentraciones se registran en la temporada seca (octubre a mayo) y las menores durante la temporada de lluvia (junio a septiembre).

En el caso de las partículas las mayores concentraciones se registraron entre diciembre y febrero y en el caso del ozono entre febrero y marzo.

También destaca la similitud en el comportamiento estacional del dióxido de nitrógeno y el monóxido de carbono, que en alguna medida puede explicarse por el hecho de que ambos contaminantes son generados por fuentes comunes.

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

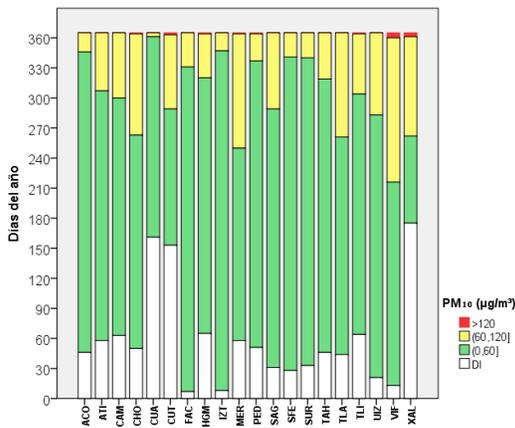
Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en términos del número de días con concentraciones superiores a los límites normados, así como la tendencia que presentan las concentraciones inferiores, pero cercanas, a estos valores. Los colores indican el número de días en los que las concentraciones registradas durante el año cumplen con alguna de las siguientes condiciones:

- ✓ No excedieron el valor diario normado (verde).
- ✓ No excedieron el valor diario normado, pero se encuentran cercanas a este valor (amarillo).
- ✓ Excedieron el valor diario normado (rojo).

- ✓ No se contó con información suficiente para evaluar el cumplimiento de alguna de las condiciones anteriores (blanco).

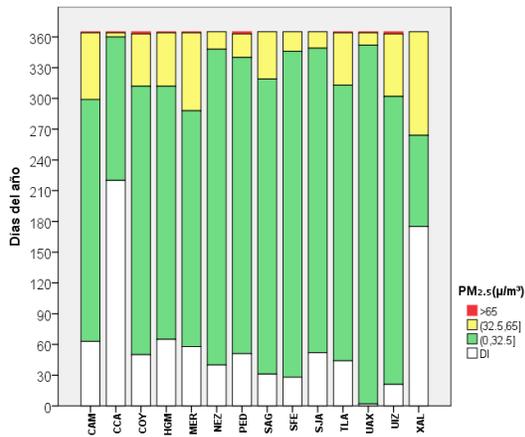
El dato base para construir este indicador es la concentración máxima del día (por ejemplo, promedio de una hora, ocho horas o 24 horas, dependiendo del contaminante que se trate), en cada estación de monitoreo. Para ver el detalle sobre la construcción de este indicador, diríjase a la sección 2.2.2.3 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.

PM₁₀ – límite de 24 horas



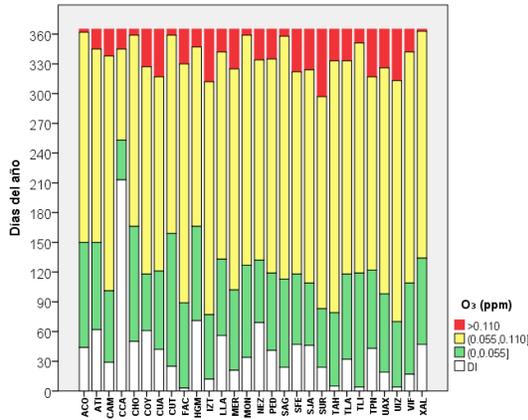
Los días con mala calidad del aire por PM₁₀ (rojo) se presentaron con mayor frecuencia en las estaciones VIF y XAL localizadas en el Estado de México (cinco y cuatro días, respectivamente). En el resto de las estaciones de monitoreo claramente predominaron los días con calidad del aire buena (verde) y regular (amarillo). Igualmente destaca el número de días con información insuficiente para generar el indicador (blanco), en particular en las estaciones CUA, CUT y XAL.

PM_{2.5} – límite de 24 horas



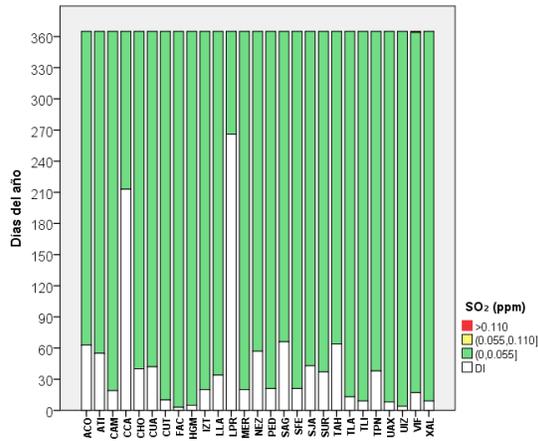
En las estaciones de monitoreo CAM, CCA, COY, HGM, MER, PED, TLA, UAX y UIZ se presentó al menos un día con mala calidad del aire (rojo) por PM_{2.5}, en tanto que en las cinco restantes (NEZ, SAG, SFE, SJA y XAL), sólo se presentaron días con calidad del aire regular y buena, dominando claramente esta última. Al igual que en el caso de PM₁₀, resulta evidente la necesidad de reducir el número de días con información insuficiente (blanco), especialmente en la estación XAL. La estación CCA, como ya se mencionó anteriormente, inició su operación en agosto de 2014.

O₃ - límite de 1 hora



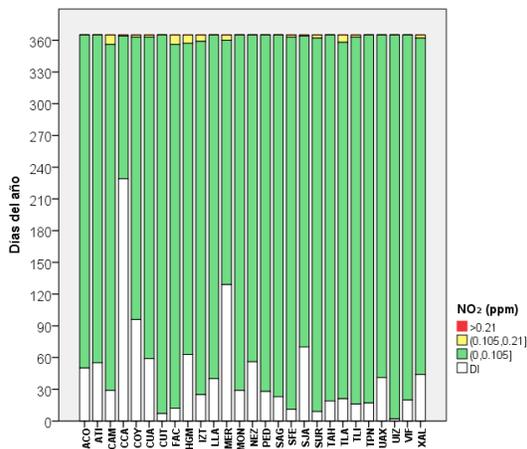
En todas las estaciones de monitoreo se registraron al menos un par de días con mala calidad del aire (rojo) por ozono. Las estaciones con el mayor número de días con mala calidad del aire fueron SUR, UIZ, IZT y TPN, donde hubo al menos 45 días en esta condición.

SO₂ - límite de 24 horas



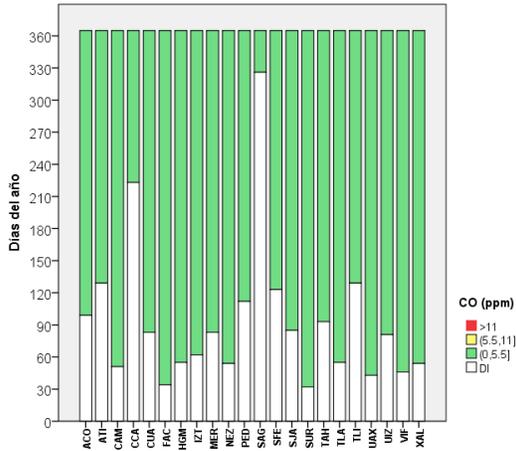
Con respecto al dióxido de azufre se observa una clara dominancia de días con buena calidad del aire (verde). De hecho, sólo en la estación VIF se registró un día con calidad del aire regular. Destaca también la necesidad de reducir el número de días con información insuficiente.

NO₂ - límite de 1 hora



Las concentraciones de dióxido de nitrógeno en todas las estaciones de monitoreo muestran un claro dominio de los días con buena calidad del aire (verde) y que los días con calidad del aire regular (amarillo) fueron menores a diez durante el 2014. Al igual que en otros contaminantes se observan áreas de oportunidad para mejorar el tema de la suficiencia de datos.

CO - límite de 8 horas



En el caso del monóxido de carbono la totalidad de los días con información suficiente para generar este indicador, en todas las estaciones de monitoreo, muestran que hay cumplimiento de la norma correspondiente lo que les lleva a presentar buena calidad del aire. Sin embargo, hay estaciones que muestran un número significativo de días con datos insuficientes para generar este indicador.

Los límites normados de una hora y ocho horas de ozono fueron rebasados, respectivamente, en el 100% y 96% de las estaciones de monitoreo que generaron información suficiente para evaluar el cumplimiento de norma.

El límite anual de PM_{2.5} fue rebasado en el 100% de la estaciones de monitoreo que generaron información suficiente para evaluar este indicador, en tanto que el de PM₁₀ se rebasó en el 13% de dichas estaciones.

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

7.1 Información general

En el año 2014 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), que se encargó de la operación de la estación de monitoreo CONALEP (CNP), y otro a cargo del gobierno del municipio (SMCA – Coahuila municipal), que se encargó de la operación de las estaciones de monitoreo DIF Torreón (DIF) y Hospital Infantil (HOS). La Tabla 7.1 muestra las capacidades de medición de cada estación, en tanto que la figura 7.1 ilustra su ubicación geográfica.

Tabla 7.1 Estaciones que conformaron los SMCA de Coahuila en el año 2014 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	CNP	Aut. 2013	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Coahuila Municipal	DIF Torreón	DIF	Man. 1999	✓	✗	✗	✗	✗	✗
	Hospital Infantil	HOS	Aut.*	✓	✓	✓	✓	✓	✓

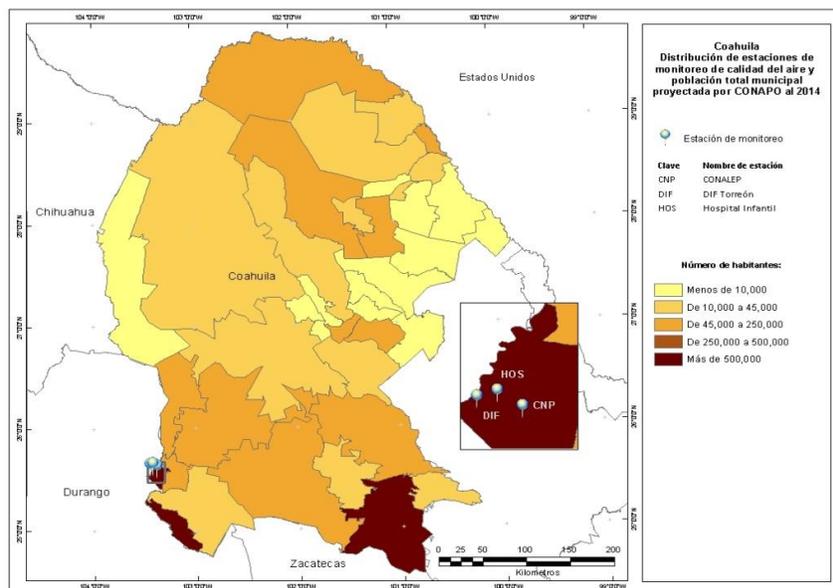
Aut. = Equipo automático
Man. = Equipo manual

✗ = No se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.
✓ = Se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.

* El año de inicio de operación de esta estación de monitoreo no fue identificado con certeza por los responsables de este SMCA

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 Sistemas de Monitoreo de la Calidad del Aire de Coahuila

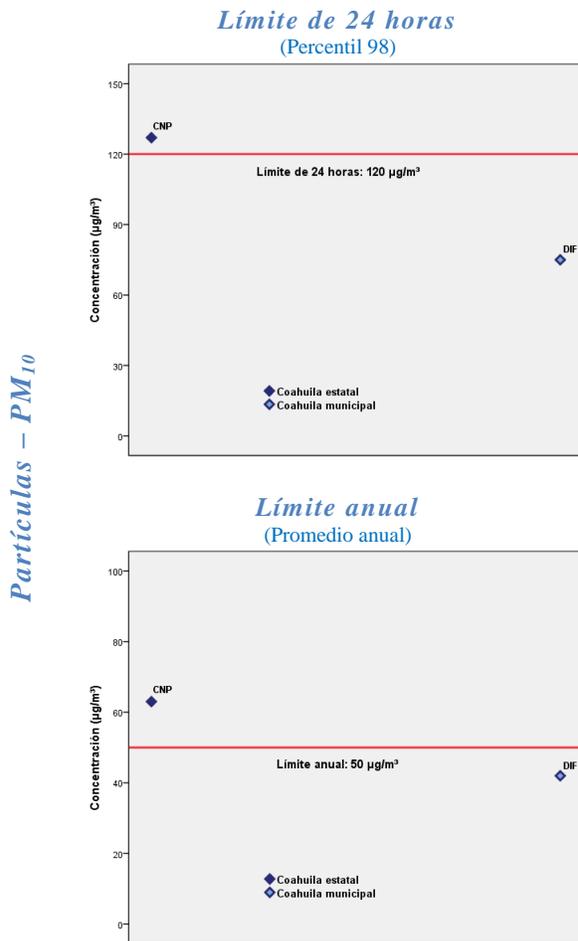


7.2 Diagnóstico de la calidad del aire

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Coahuila para el año 2014 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas (NOM) en la materia, el comportamiento temporal de los contaminantes y el número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo.

7.2.1 Evaluación del cumplimiento de las normas de calidad del aire

En esta sección se analiza el cumplimiento de las NOM para cada contaminante en Coahuila. Los resultados se presentan 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.



El percentil 98 de las concentraciones promedio de 24 horas de PM₁₀ que se registró en la estación CNP (SMCA – Coahuila Estatal), se ubicó por arriba del valor normado, con una concentración de 127 µg/m³, en tanto que la estación DIF (SMCA – Coahuila municipal), fue inferior a dicho valor con una concentración de 75 µg/m³.

Por otra parte, el promedio anual de PM₁₀ que se registró en la misma estación CNP fue de 63 µg/m³, que es 26 por ciento superior al valor de la norma. En la estación DIF, el promedio anual de PM₁₀ se ubicó por debajo del límite normado.

La Tabla 7.2 resume el estatus de cumplimiento de cada uno de los valores normados por contaminante y estación de monitoreo. En ella se puede apreciar que sólo fue posible hacer la evaluación de cumplimiento de los límites normados de PM₁₀ en las estaciones CNP y DIF. Los resultados indican que ambos límites fueron rebasados en la estación CNP, en tanto en la estación DIF, las concentraciones obtenidas fueron inferiores a dichos límites.

Tabla 7.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Coahuila, durante el 2014.

Contaminante	NOM	Límite permitido	Coahuila Estatal	Coahuila Municipal	
			CNP	DIF	HOS
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs.	Percentil 98 ≤ 120 µg/m ³	X	✓	FO
	Anual	Promedio ≤ 50 µg/m ³	X	✓	FO
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs.	Percentil 98 ≤ 65 µg/m ³	DI	☐	FO
	Anual	Promedio ≤ 15 µg/m ³	DI	☐	FO
⁽²⁾ O ₃	1 hr.	Máximo ≤ 0.110 ppm	DI	☐	FO
	8 hrs.	Quinto máximo ≤ 0.080 ppm	DI	☐	FO
⁽³⁾ SO ₂	8 hrs.	Segundo máximo ≤ 0.200 ppm	DI	☐	FO
	24 hrs.	Máximo ≤ 0.110 ppm	DI	☐	FO
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	DI	☐	FO
⁽⁴⁾ NO ₂	1 hr.	Segundo máximo ≤ 0.21 ppm	DI	☐	FO
⁽⁵⁾ CO	8 hrs.	Segundo máximo ≤ 11 ppm	DI	☐	FO

⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-1993 (DOF, 2005).

⁽²⁾ NOM-020-SSA1-1993 (DOF, 2002).

⁽³⁾ NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010).

⁽⁴⁾ NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994).

⁽⁵⁾ NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1994).

DI = Datos insuficientes.

FO = Fuera de operación.

☐ = No se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.

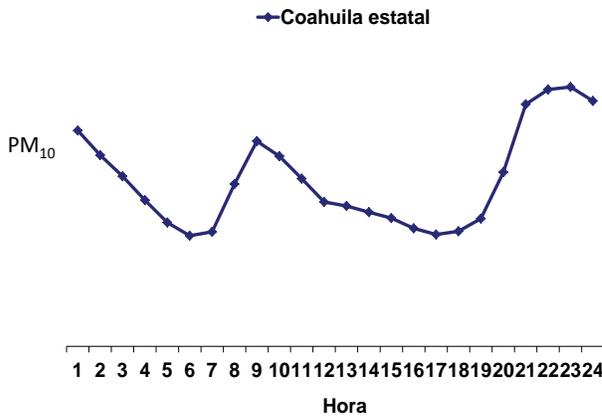
✓ = Cumple con el límite normado.

X = No cumple con el límite normado.

7.2.2 Comportamiento temporal

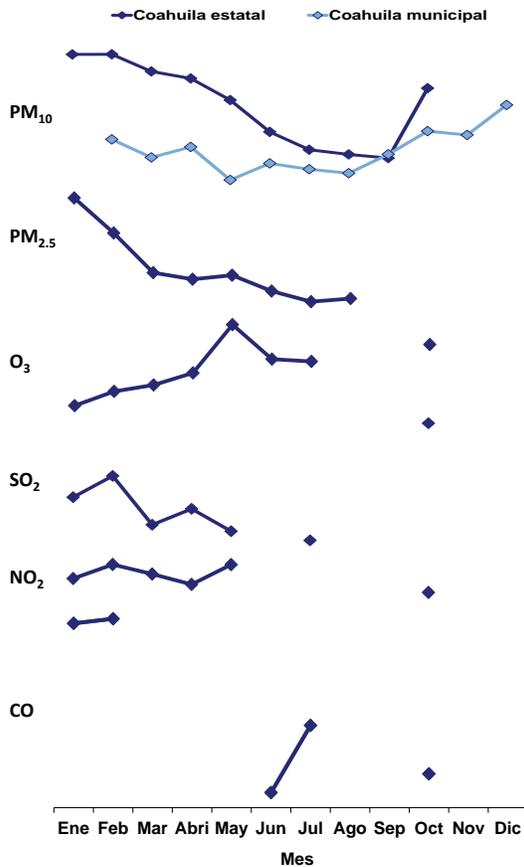
Las figuras mostradas en esta sección permiten visualizar el comportamiento promedio de los contaminantes a lo largo del día y de los meses del año. Para conocer los detalles sobre la construcción de las gráficas ver la sección 2.2.2.2 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.

*Comportamiento horario
Coahuila, 2014*



En la estación CNP, perteneciente al SMCA Coahuila estatal, el comportamiento horario de las PM₁₀, único contaminante para el que fue posible construir el gráfico, muestra una distribución bimodal, en el que el primer pico de concentraciones se presenta entre las 8:00 y las 11:00 horas y el segundo después de las 20:00 horas.

*Comportamiento mensual
Coahuila 2014*



Las concentraciones más altas de PM₁₀, tanto en la estación de monitoreo CNP (SMCA – Coahuila estatal) como en la estación DIF (SMCA – Coahuila municipal), ocurrieron entre octubre y abril, en tanto que las más bajas se registraron entre mayo y septiembre.

El comportamiento temporal a lo largo del año para el resto de los contaminante sólo fue posible evaluarlo de manera parcial en la estación de monitoreo CNP y aquí las concentraciones de PM_{2.5}, mostraron una tendencia decreciente entre enero y agosto; el ozono registró sus concentraciones más altas entre mayo y julio, y para el resto de los contaminantes no es posible establecer ninguna tendencia dada la escasez y discontinuidad de la información disponible.

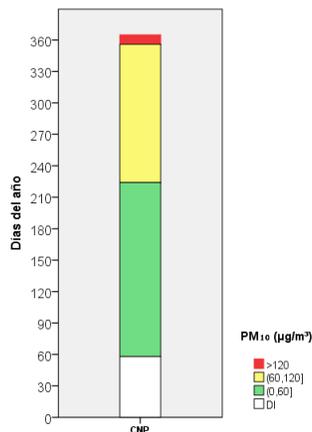
7.2.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala

Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en términos del número de días con concentraciones superiores a los límites normados, así como la tendencia que presentan las concentraciones inferiores, pero cercanas, a estos valores. Los colores indican el número de días en los que las concentraciones registradas durante el año cumplen con alguna de las siguientes condiciones:

- ✓ No excedieron el valor diario normado (verde).
- ✓ No excedieron el valor diario normado, pero se encuentran cercanas a este valor (amarillo).
- ✓ Excedieron el valor diario normado (rojo).
- ✓ No se contó con información suficiente para evaluar el cumplimiento de alguna de las condiciones anteriores (blanco).

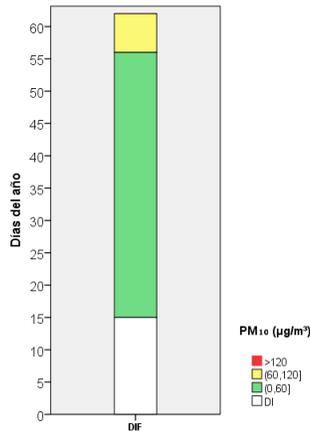
El dato base para construir este indicador es la concentración máxima del día (por ejemplo, promedio de una hora, ocho horas o 24 horas, dependiendo del contaminante que se trate), en cada estación de monitoreo. Para ver el detalle sobre la construcción de este indicador, diríjase a la sección 2.2.2.3 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.

*PM₁₀ – límite de 24 horas
Automático*



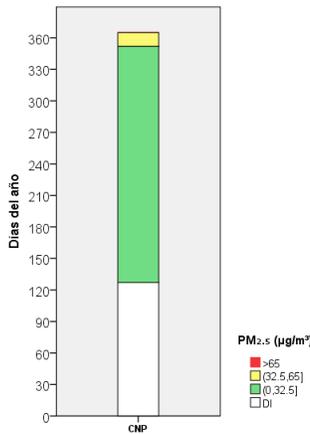
En la estación de monitoreo CNP (SMCA – Coahuila estatal), se presentaron nueve días con mala calidad del aire (rojo) por PM₁₀ en el año 2014. En 132 días la calidad del aire fue regular (amarillo) y en 166 días fue buena (verde). En los restantes 58 días no hubo información suficiente para evaluar el estado de la calidad del aire con respecto a este contaminante.

**PM10 – límite de 24 horas
Manual**



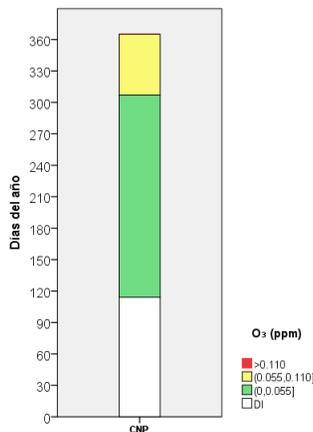
En la estación de monitoreo DIF, donde se realiza el monitoreo manual de PM₁₀, se encontró que 41 muestreos (66% del total) reportaron buena calidad del aire, en tanto que en 6 de ellos (10%) calidad del aire fue regular. En los 15 muestreos restantes (24%), no fue posible evaluar el estado de la calidad del aire con respecto a este contaminante.

PM2.5 – límite de 24 horas



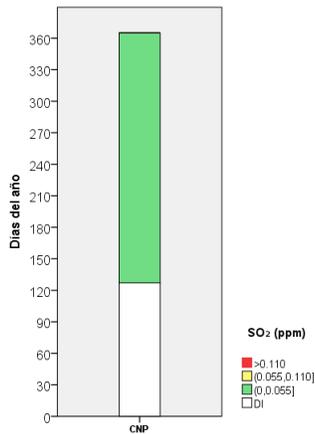
Con respecto a las PM_{2.5} los datos disponibles revelan que en 2014 se presentó buena calidad del aire (verde) por este contaminante en el 62% de los días del año. La calidad del aire fue regular (amarillo) en el 3% de los días del año y el restante 35% correspondió a días con insuficiencia de datos para generar el indicador.

O₃ - límite de 1 hora



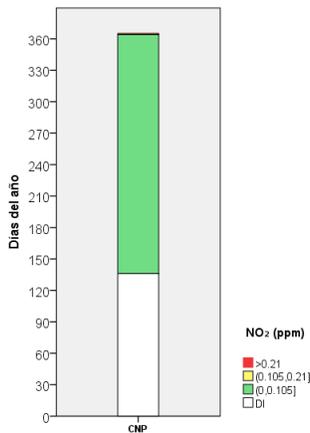
El 53% de los días de 2014 presentaron buena calidad del aire por ozono (verde), en tanto que los días con calidad del aire regular representaron el 16%. El 31% restante correspondió a días con insuficiencia de datos para generar el indicador

SO₂ - límite de 24 horas



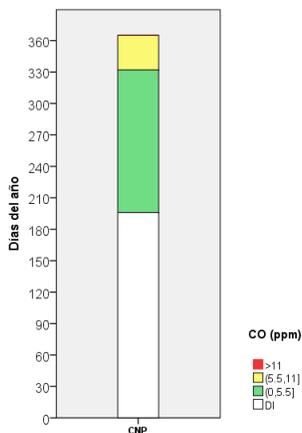
La calidad del aire con respecto a SO₂ fue predominantemente buena en el año 2014, pues el 65% de los días del año presentaron esta condición. El 35% restante correspondió a días con insuficiencia de datos para generar el indicador.

NO₂ - límite de 1 hora



En el 62% de los días del año 2014 se observó una buena calidad del aire con respecto al NO₂ (verde). Sólo un día registró calidad del aire regular (0.3%) y en el restante 37.7% de los días del año no se obtuvo información suficiente para evaluar el estado de la calidad del aire con respecto a este contaminante.

CO - límite de 8 horas



La calidad del aire con respecto a CO, fue buena en el 37% de los días de 2014. El 9% correspondió a días calidad del aire regular (amarillo) y el restante 54% correspondió a días con insuficiencia de datos para generar el indicador.

De las tres estaciones de monitoreo con que contó este SMCA en 2014, sólo en dos de ellas fue posible evaluar el cumplimiento de los límites normados de PM_{10} (estaciones CNP y DIF), y los resultados indican que ambos límites fueron rebasados en una estación (CNP), en tanto que en la otra (DIF) las concentraciones obtenidas fueron inferiores a dichos límites.

El estado de la calidad del aire en Coahuila, con respecto a contaminantes como $PM_{2.5}$, O_3 , SO_2 , NO_2 y CO , parece ser buena de acuerdo con el análisis que se pudo realizar con la información disponible; sin embargo, esto no puede establecerse con certeza debido a que no fue posible hacer la evaluación de cumplimiento de las normas respectivas en la única estación de monitoreo con capacidad para medir estos contaminantes que operó en el año 2014, ya que no generó información suficiente para ello.

8. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE COLIMA

8.1 Información general

En el año 2014 el sistema de monitoreo de la calidad del aire (SMCA) de Colima, a cargo del Instituto para el Medio Ambiente del gobierno del estado, estuvo integrado únicamente por una estación de monitoreo automático con capacidad para realizar la medición de partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}), ozono (O₃), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂) y monóxido de carbono (CO). La Figura 8.1, muestra la ubicación geográfica de dicha estación.

Tabla 8.1 Estaciones de monitoreo que conformaron el SMCA de Colima en el año 2014 y capacidades de medición de contaminantes

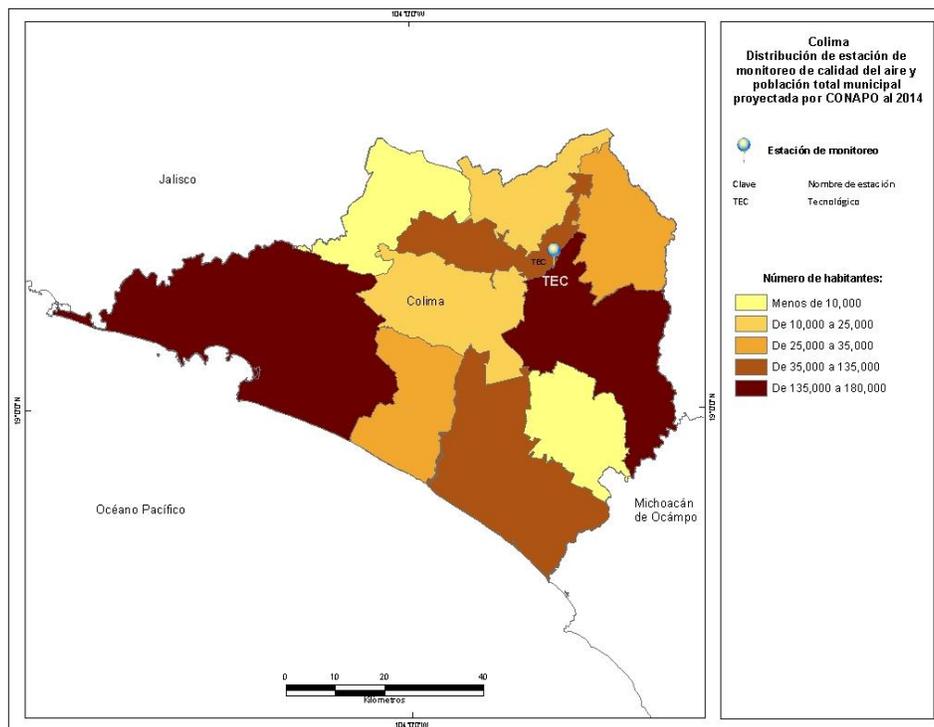
Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes medidos					
			PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	SO ₂	NO ₂	CO
Tecnológico	TEC	Aut. 2013	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Aut. = Equipo automático.

✓ = Se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por el Instituto para el Medio Ambiente del gobierno del estado de Colima.

Figura 8.1 Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Colima, 2014.

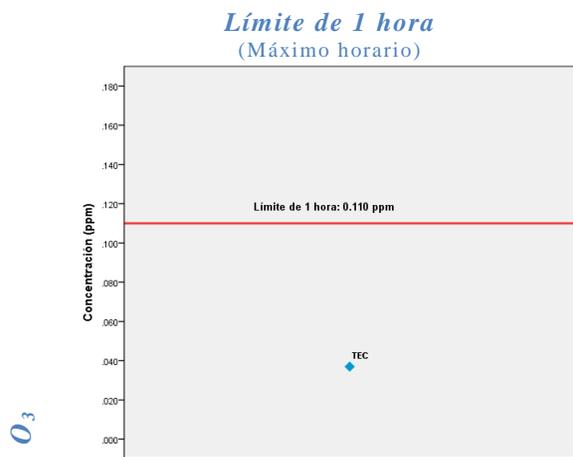


8.2 Diagnóstico de la calidad del aire

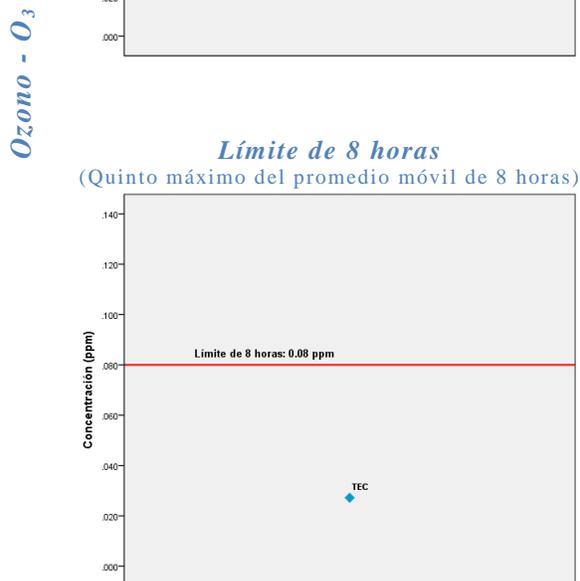
Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Colima para el año 2014 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas (NOM) en la materia, el comportamiento temporal de los contaminantes y el número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo.

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 en Colima. Los valores normados usados como referencia para realizar la evaluación de cumplimiento son indicados en cada figura.



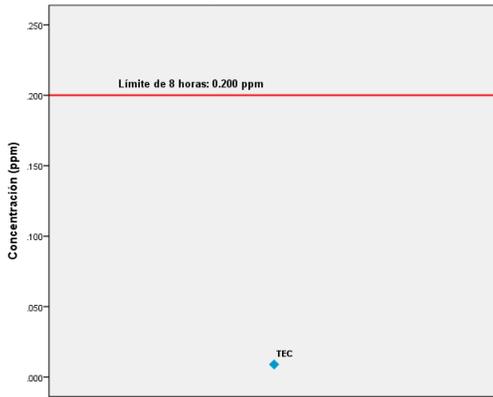
El máximo horario de ozono registrado en Colima durante el año 2014 fue de 0.037 ppm, lo que equivale a menos del 35% del valor normado.



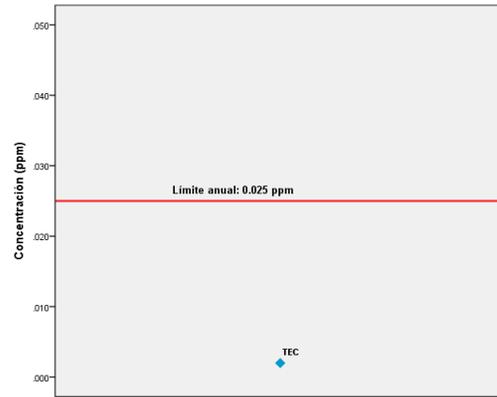
Por su parte, el quinto máximo del promedio móvil de ocho horas de ozono registrado en el año 2014 también se ubicó por debajo del límite normado, con una concentración de 0.027 ppm.

Dióxido de azufre - SO_2

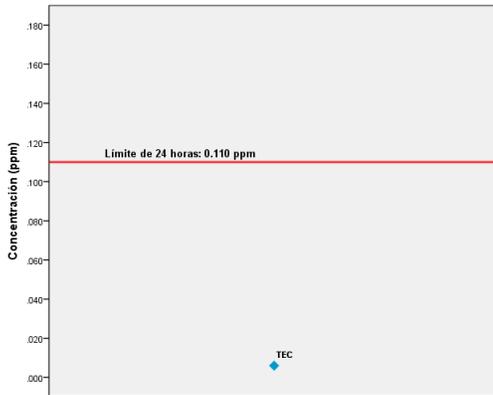
Límite de 8 horas
(Segundo máximo)



Límite anual
(Promedio anual)



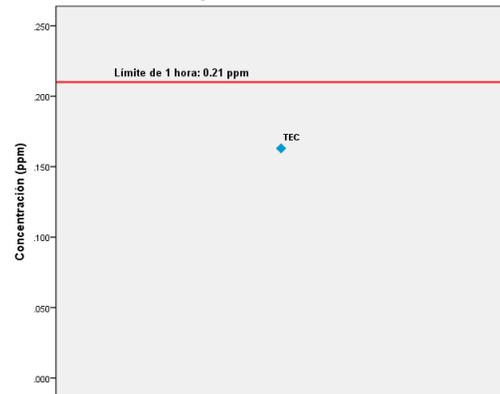
Límite de 24 horas
(Máximo)



Los valores límite de ocho horas, 24 horas y anual de dióxido de azufre se ubicaron por debajo de los límites normados en la estación de monitoreo TEC. Para los tres indicadores, las concentraciones registradas correspondieron a valores que equivalen a menos del 10% del valor límite respectivo.

Dióxido de nitrógeno - NO_2

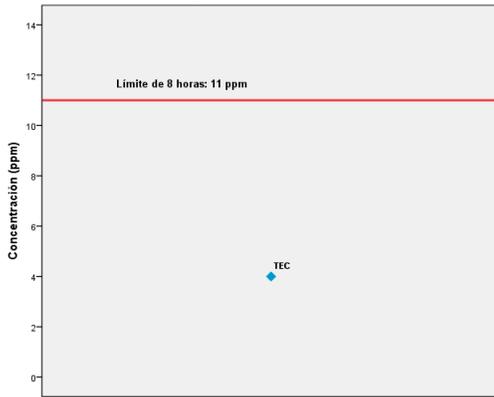
Límite de 1 hora
(Segundo máximo)



La concentración de dióxido de nitrógeno se mantuvo por debajo de su límite normado. El segundo máximo registrado fue de 0.163 ppm, equivalente a menos del 80% del valor límite normado.

Monóxido de carbono - CO

Límite de 8 horas
(Segundo máximo)



Las concentraciones de monóxido de carbono registradas en Colima se mantuvieron por debajo de su límite normado; de hecho, el segundo máximo, como promedio móvil de ocho horas, fue de 4 ppm, equivalente a menos del 40% del límite normado.

La Tabla 8.2 resume el estatus de cumplimiento de las NOM en la materia y en ella se puede observar que hay cumplimiento de los valores límite normados establecidos para todos los contaminantes para los que se contó con información disponible para hacer tal evaluación.

Tabla 8.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Colima, durante el año 2014.

Contaminante	NOM	Límite permitido	Estación
			TEC
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Percentil 98 ≤ 120 µg/m ³	FO
	Anual	Promedio ≤ 50 µg/m ³	FO
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Percentil 98 ≤ 65 µg/m ³	FO
	Anual	Promedio ≤ 15 µg/m ³	FO
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.110 ppm	✓
	8 hrs	Quinto máximo ≤ 0.080 ppm	✓
⁽³⁾ SO ₂	8 hrs	Segundo máximo ≤ 0.200 ppm	✓
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	✓
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	✓
⁽⁴⁾ NO ₂	1 hr	Segundo máximo ≤ 0.21 ppm	✓
⁽⁵⁾ CO	8 hrs	Segundo máximo ≤ 11 ppm	✓

⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-1993 (DOF, 2005).

⁽²⁾ NOM-020-SSA1-1993 (DOF, 2002).

⁽³⁾ NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010).

⁽⁴⁾ NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994).

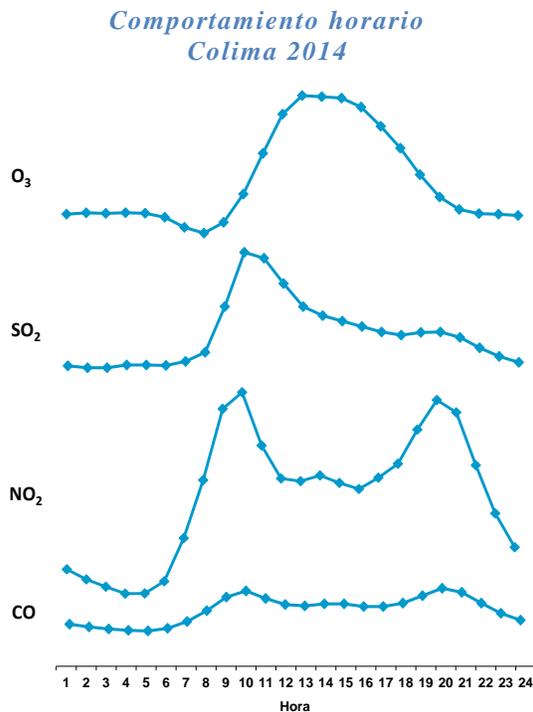
⁽⁵⁾ NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1994).

FO = Fuera de operación.

✓ = Cumple con el límite normado

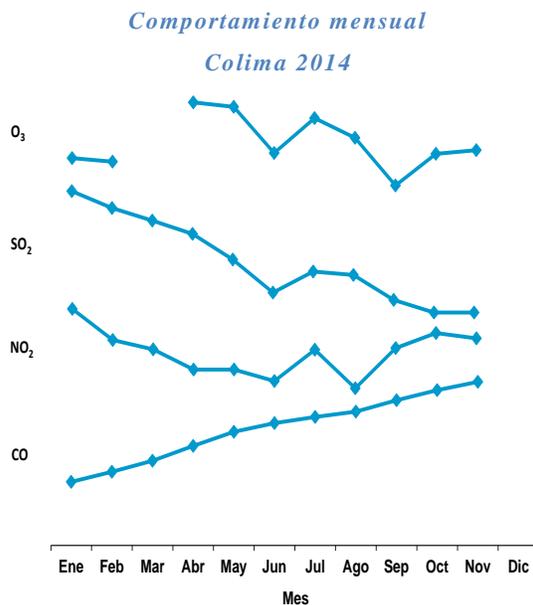
8.2.2 Comportamiento temporal

Las figuras mostradas en esta sección permiten visualizar el comportamiento de los contaminantes a lo largo del día y de los meses del año. Para conocer los detalles sobre la construcción de las gráficas ver la sección 2.2.2.2 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.



Las concentraciones promedio horarias de O₃ muestran una distribución típica unimodal en la que las concentraciones más elevadas se registraron entre las 11:00 y las 18:00 horas.

Las concentraciones horarias SO₂, CO y sobre todo NO₂ muestran un comportamiento bimodal donde las concentraciones más elevadas, suelen ocurrir por la mañana, aproximadamente entre las 8:00 y las 12:00 horas. El segundo pico empieza a formarse a partir de las 17:00 horas en todos los casos.



A lo largo del año, en Colima, las mayores concentraciones de ozono se registraron en abril y mayo, en tanto que las de SO₂ ocurrieron entre enero y marzo, las de NO₂ entre octubre y febrero y las de CO entre agosto y noviembre.

El CO mostró una tendencia claramente creciente de enero a noviembre, caso contrario a lo observado con el SO₂, cuya tendencia a lo largo del año es notoriamente decreciente.

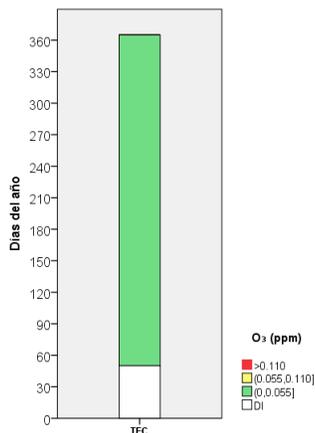
8.2.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala

Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en términos del número de días con concentraciones superiores a los límites normados, así como la tendencia que presentan las concentraciones inferiores, pero cercanas, a estos valores. Los colores indican el número de días en los que las concentraciones registradas durante el año cumplen con alguna de las siguientes condiciones:

- ✓ No excedieron el valor diario normado (verde).
- ✓ No excedieron el valor diario normado, pero se encuentran cercanas a este valor (amarillo).
- ✓ Excedieron el valor diario normado (rojo).
- ✓ No se contó con información suficiente para evaluar el cumplimiento de alguna de las condiciones anteriores (blanco).

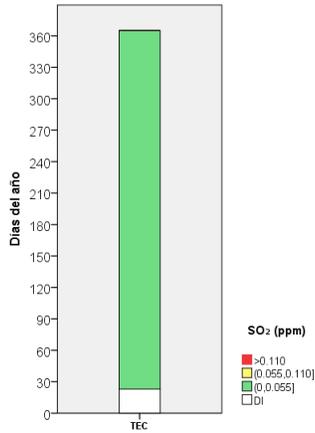
El dato base para construir este indicador es la concentración máxima del día (por ejemplo, promedio de una hora, ocho horas o 24 horas, dependiendo del contaminante que se trate), en cada estación de monitoreo. Para ver el detalle sobre la construcción de este indicador, diríjase a la sección 2.2.2.3 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.

O₃ - límite de 1 hora



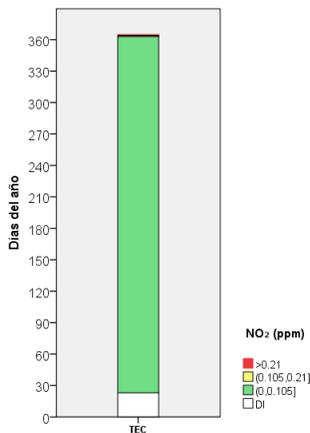
En Colima predominaron claramente los días con calidad del aire buena (verde) por ozono. De hecho esta condición se presentó en el 88% de los días del año. El 12% restante corresponde a días con información insuficiente para generar el indicador.

SO₂ - límite de 24 horas



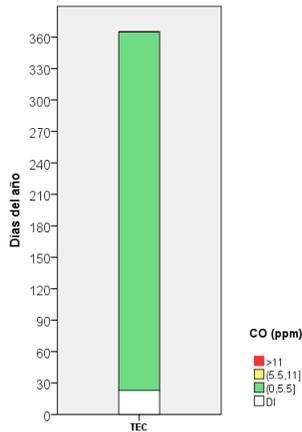
Con respecto a SO₂, la calidad del aire en Colima fue buena (verde) en los 342 días del año en que fue posible estimar el indicador. Esto representa el 95% del total de días del año. El porcentaje restante corresponde a días con información insuficiente para generar el indicador.

NO₂ - límite de 1 hora



La calidad del aire con respecto al dióxido de nitrógeno fue predominantemente buena (verde) con el 93% de los días del año en esta condición; sin embargo, se registró un día con calidad del aire regular (amarillo) y un día con calidad del aire mala (rojo). Esto, sin embargo, no propició el incumplimiento de la norma correspondiente porque para evaluar el cumplimiento de ésta se usa el segundo máximo.

CO - límite de 8 horas



Finalmente, la calidad del aire por monóxido de carbono fue buena (verde) en el 94% de los días de 2014. El porcentaje restante corresponde a días con información insuficiente para generar el indicador.

La información disponible en Colima para 2014, indica que en la entidad se gozó de una buena calidad del aire en cuanto a ozono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y monóxido de carbono, pues los niveles de concentración de estos contaminantes registrados en la única estación de monitoreo que opera en la entidad fueron inferiores a los establecidos en las normas oficiales mexicanas correspondientes.

La situación con respecto a las partículas suspendidas (PM_{10} y $PM_{2.5}$), no pudo ser evaluada debido a que los equipos de medición de estos contaminantes se mantuvieron fuera de funcionamiento la mayor parte del año debido a diversos problemas operativos y a la falta de recursos para su reparación.

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

9.1 Información general

El sistema de monitoreo de la calidad del aire de Durango, a cargo de la Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente del Estado, estuvo integrado en el año 2014 por las redes de monitoreo de Durango y Gómez Palacio, así como por la estación de monitoreo automático localizada en el municipio de Lerdo. La Tabla 9.1 muestra las estaciones de monitoreo que conforman cada red, sus capacidades de medición de contaminantes y el año en que cada una de ellas inició su operación. Por otra parte, la Figura 9.1, muestra la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo.

En general, se aprecia que este SMCA está conformado por cinco estaciones donde se realiza monitoreo automático (IPN, SRN, CAM, NUGP y SAG), cuatro con monitoreo manual (ZAR, CBTIS, PFP y SRNL), y una (ITD) donde se realiza ambos tipos de medición.

Tabla 9.1 Estaciones de monitoreo que conformaron el SMCA de Durango 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
Durango	ITD	ITD	Aut. 2006	✓	☐	✓	✓	✓	✓
			Man. 2006	✓	☐	☐	☐	☐	☐
	IPN	IPN	Aut. 2010	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	SRNyMA	SRN	Aut. 2010	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Zaragoza	ZAR	Man. 2006	✓	☐	☐	☐	☐	☐
	CBTIS	CBTIS	Man. 2006	✓	☐	☐	☐	☐	☐
Gómez Palacio	PROFEPA	PFP	Man. 2006	✓	☐	☐	☐	☐	☐
	Campestre	CAM	Aut. 2005	✓	☐	✓	✓	✓	✓
	NUGP	NUGP	Aut. 2010	✓	☐	✓	✓	✓	✓
	SRNyMA Laguna	SRNL	Man. 2006	✓	☐	☐	☐	☐	☐
	SAGARPA (Lerdo)	SAG	Aut. 2010	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Aut. = Equipo automático

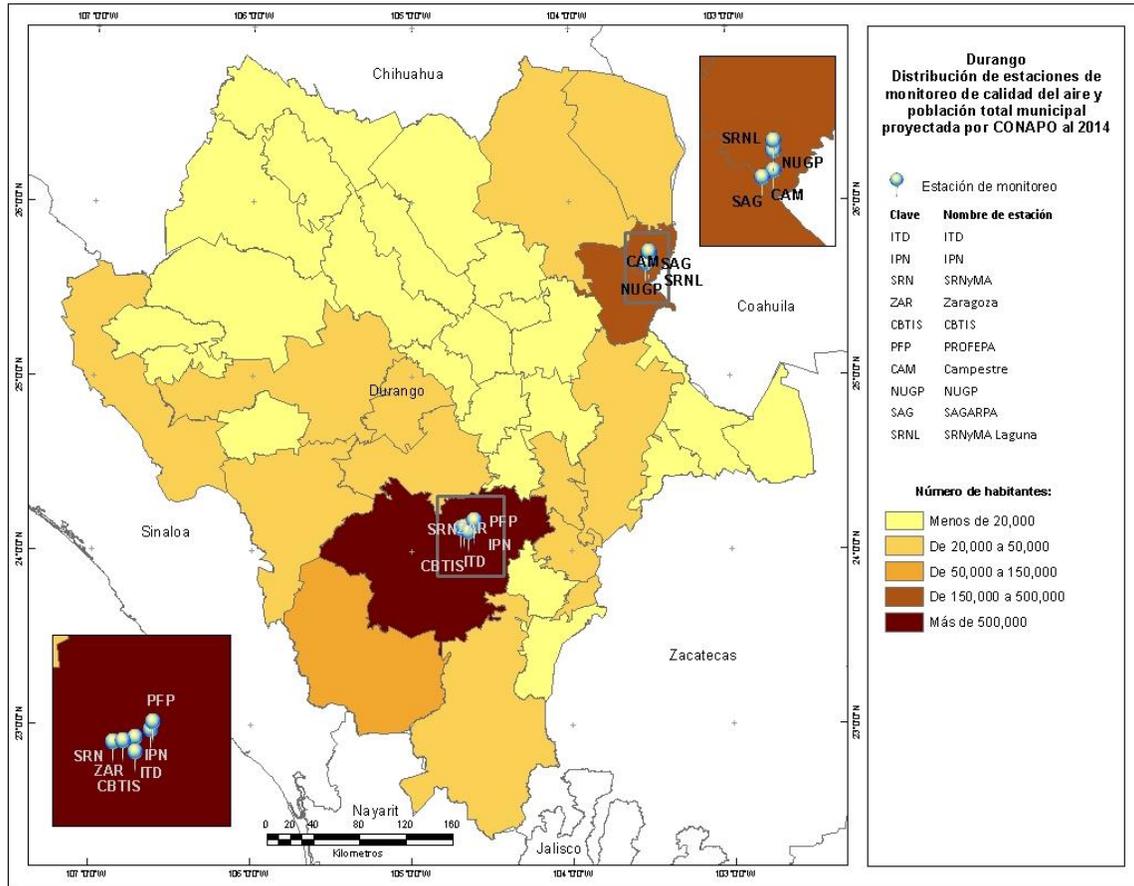
Man. = Equipo manual

☐ = 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 Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente del Estado de Durango.

Figura 9.1 Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Durango



9.2 Diagnóstico de la calidad del aire

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Durango para el año 2014 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas (NOM) en la materia, el comportamiento temporal de los contaminantes y el número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo.

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 Durango. Los resultados se presentan 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.

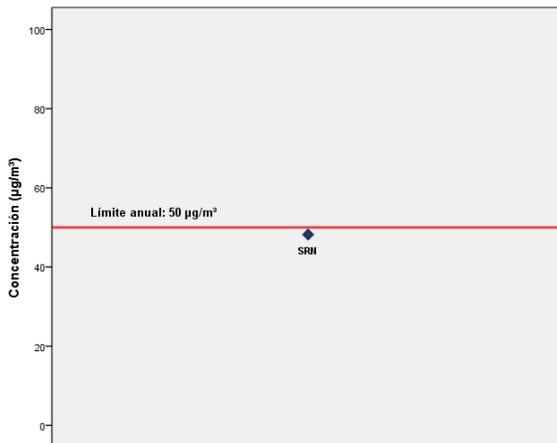
Partículas - PM₁₀

Límite de 24 horas
(Percentil 98)



La evaluación del cumplimiento de la norma de calidad del aire de PM₁₀ sólo fue posible realizarla en una de las diez estaciones que tienen capacidad para medir este contaminante. Esta estación es la denominada SRN que forma parte de la Red de Monitoreo de Durango y el resultado indica que el percentil 98 de las concentraciones promedio de 24 horas de esta estación se ubicó por debajo del límite normado con una concentración de 107 µg/m³.

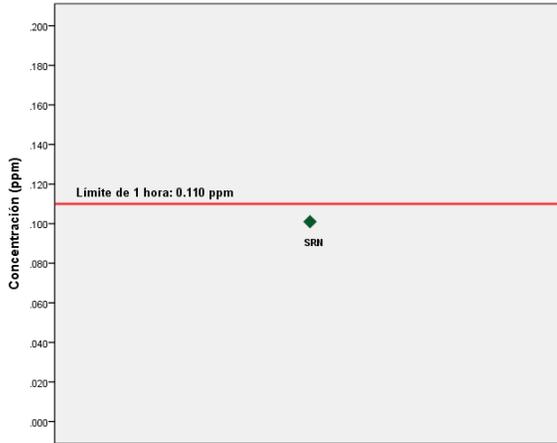
Límite anual
(Promedio anual)



El promedio anual de PM₁₀ en esta misma estación, por su parte, aunque también se ubicó por debajo del límite normado es muy cercano a él. De hecho, el promedio registrado fue de 48.2 µg/m³, que es apenas 4% inferior al valor de norma.

Ozono - O₃

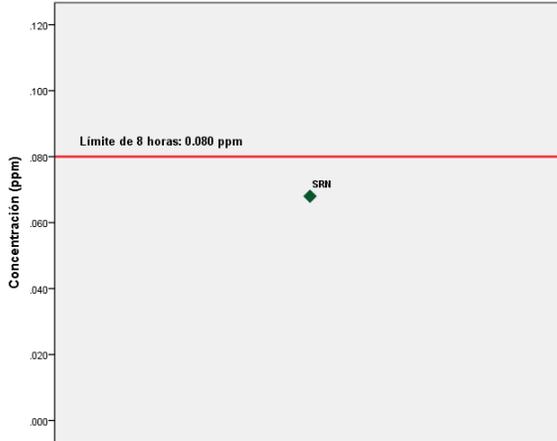
Límite de 1 hora
(Máximo horario)



De las seis estaciones de monitoreo con capacidad para medir ozono, sólo la estación SRN, del municipio de Durango, generó información suficiente para evaluar el cumplimiento de norma. El resultado de dicha evaluación indica que el máximo horario registrado en esta estación fue de 0.101 ppm, que es 10% inferior al límite normado.

Límite de 8 horas

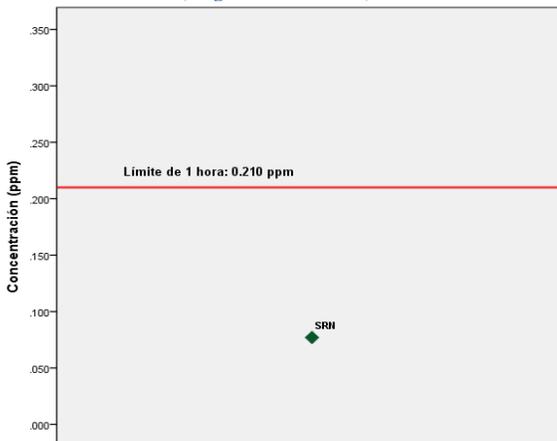
(Quinto máximo del promedio móvil de 8 horas)



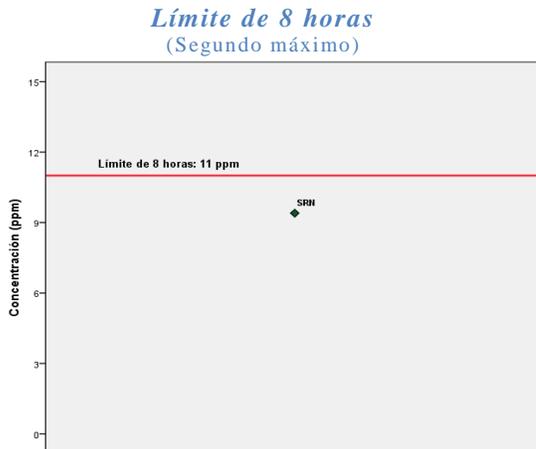
El quinto máximo del promedio móvil de ocho horas de ozono registrado en la estación de monitoreo SRN de Durango también se ubicó por debajo del valor de norma.

Dióxido de nitrógeno - NO₂

Límite de 1 hora
(Segundo máximo)



El segundo máximo de una hora de NO₂ registrado en la estación SRN, perteneciente a la Red de Monitoreo del municipio de Durango, fue de 0.077 ppm. Valor equivalente a sólo el 37% del límite normado.



El cumplimiento de la NOM de CO también fue posible evaluarlo únicamente en la estación SRN y el resultado indica que el segundo máximo del promedio móvil de 8 horas fue inferior al límite normado con una concentración de 9.4 ppm.

La Tabla 9.2 resume el estatus de cumplimiento de cada uno de los valores normados por contaminante y estación de monitoreo. En ella se puede apreciar que:

- Este SMCA cuenta con la infraestructura necesaria para realizar el monitoreo de PM₁₀, ya sea manual o automático, en diez estaciones. Sin embargo, en el año 2014, dos de ellas se mantuvieron fuera de operación (CAM y SRNL). En siete de las ocho estaciones que si operaron, no se pudo evaluar el cumplimiento de la NOM correspondiente por insuficiencia de información. Dicha evaluación sólo fue posible en la estación SRN y esta fue favorable.
- Las PM_{2.5} se miden en tres estaciones de monitoreo (IPN, SRN y SAG) y en ninguna de ellas se generó información suficiente para hacer la evaluación del cumplimiento de la norma.
- El cumplimiento de la NOM de ozono sólo fue posible evaluarlo en la estación SRN y los resultados obtenidos indican que los límites normados de una y ocho horas no se rebasaron.
- La evaluación de cumplimiento de las NOM para dióxido de azufre no se pudo realizar en ninguna estación de monitoreo por insuficiencia de datos.
- El valor límite normado de CO no se rebasó en la estación SRN. En las otras dos estaciones de monitoreo que generaron información sobre este contaminante no fue posible realizar la evaluación de cumplimiento de NOM por insuficiencia de información.

Tabla 9.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Durango, durante el año 2014.

Contaminante	NOM	Límite permitido	Durango						Gómez Palacio			Lerdo
			ITD	IPN	SRN	ZAR	CBTIS	PFP	CAM	NUGP	SRNL	SAG
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs.	Percentil 98 ≤ 120 µg/m ³	DI	DI	✓	DI	DI	DI	FO	DI	FO	DI
	Anual	Promedio ≤ 50 µg/m ³	DI	DI	✓	DI	DI	DI	FO	DI	FO	DI
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs.	Percentil 98 ≤ 65 µg/m ³	✗	DI	DI	✗	✗	✗	✗	✗	✗	DI
	Anual	Promedio ≤ 15 µg/m ³	✗	DI	DI	✗	✗	✗	✗	✗	✗	DI
⁽²⁾ O ₃	1 hr.	Máximo ≤ 0.110 ppm	FO	DI	✓	✗	✗	✗	FO	DI	✗	DI
	8 hrs.	Quinto máximo ≤ 0.080 ppm	FO	DI	✓	✗	✗	✗	FO	DI	✗	DI
⁽³⁾ SO ₂	8 hrs.	Segundo máximo ≤ 0.200 ppm	FO	DI	DI	✗	✗	✗	FO	DI	✗	DI
	24 hrs.	Máximo ≤ 0.110 ppm	FO	DI	DI	✗	✗	✗	FO	DI	✗	DI
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	FO	DI	DI	✗	✗	✗	FO	DI	✗	DI
⁽⁴⁾ NO ₂	1 hr.	Segundo máximo ≤ 0.21 ppm	FO	DI	✓	✗	✗	✗	FO	DI	✗	FO
⁽⁵⁾ CO	8 hrs.	Segundo máximo ≤ 11 ppm	FO	DI	✓	✗	✗	✗	FO	DI	✗	FO

⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-1993 (DOF, 2005)

⁽²⁾ NOM-020-SSA1-1993 (DOF, 2002)

⁽³⁾ NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010)

⁽⁴⁾ NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994)

⁽⁵⁾ NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1994)

DI = Datos insuficientes

FO = Fuera de operación

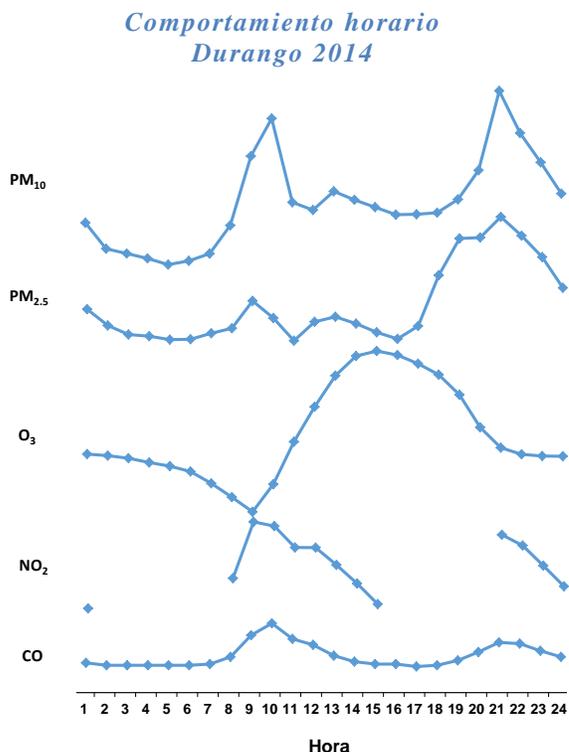
✗ = No se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante

✓ = Cumple con el límite normado

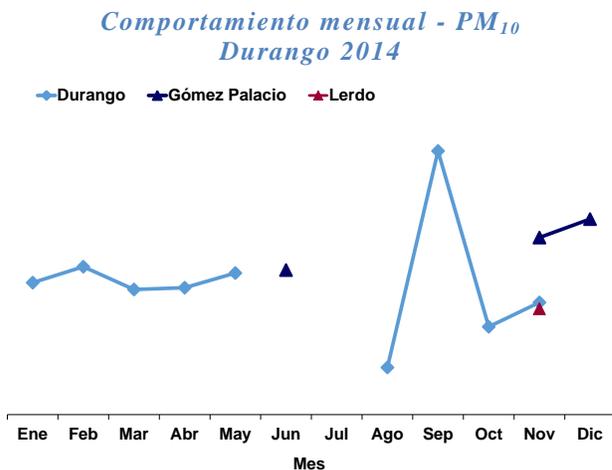
X = No cumple con el límite normado

9.2.2 Comportamiento temporal

Las figuras mostradas en esta sección permiten visualizar el comportamiento promedio de los contaminantes a lo largo del día y de los meses del año. Para conocer los detalles sobre la construcción de este indicador ver la sección 2.2.2.2 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.

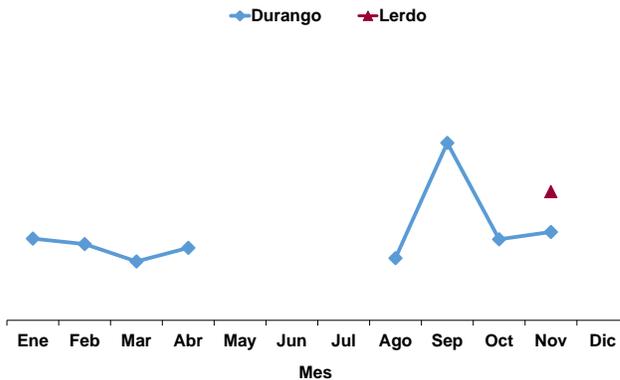


Sólo se dispuso de información suficiente para generar el indicador sobre comportamiento horario en el municipio de Durango. En general, se observa que PM₁₀, PM_{2.5} y CO muestran un comportamiento bimodal, donde el primer pico de concentraciones se observa entre las 8:00 y las 12:00 horas y el segundo entre las 19:00 y 23:00 horas. El ozono, por su parte, muestra el comportamiento unimodal típico, donde las concentraciones más altas se presentan entre las 11:00 y 18:00 horas. Finalmente, para el dióxido de nitrógeno no es posible identificar con claridad ningún patrón de comportamiento dada la escasez de información.



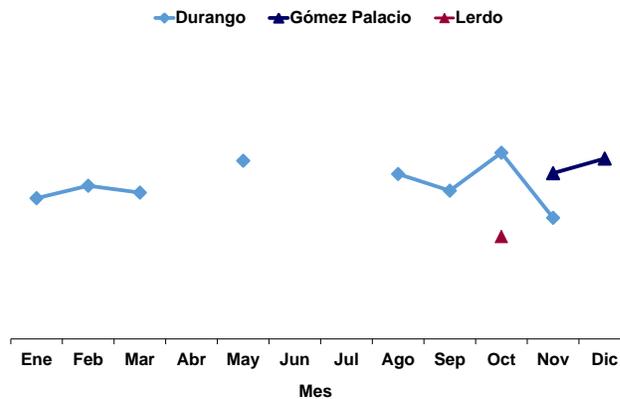
La información disponible para Durango, Gómez Palacio y Lerdo no permite identificar un patrón de comportamiento a lo largo del año. Sólo se puede observar que las mayores concentraciones de PM₁₀, en Durango, se presentaron en septiembre, en tanto que en Gómez Palacio esto ocurrió en diciembre. En cualquier caso, este hecho no puede considerarse concluyente debido a la falta de datos.

*Comportamiento mensual - PM_{2.5}
Durango 2014*



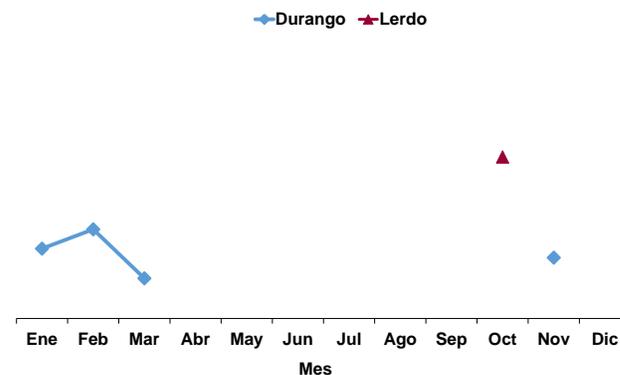
Respecto a PM_{2.5} sólo se dispuso de información para Durango y Lerdo. Sin embargo, ésta es escasa y no permite identificar con claridad ningún patrón de comportamiento. Lo que puede destacarse, en cualquier caso, es la consistencia que muestra la tendencia de las concentraciones de PM_{2.5} respecto de las de PM₁₀ en la ciudad de Durango.

*Comportamiento mensual - O₃
Durango 2014*



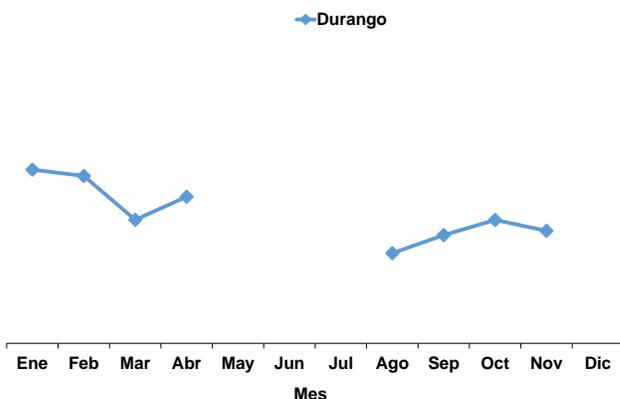
La información disponible en Durango, Lerdo y Gómez Palacio, respecto a ozono es tan escasa que no permite identificar o inferir ningún patrón de comportamiento en ninguna de las ciudades.

*Comportamiento mensual - SO₂
Durango 2014*



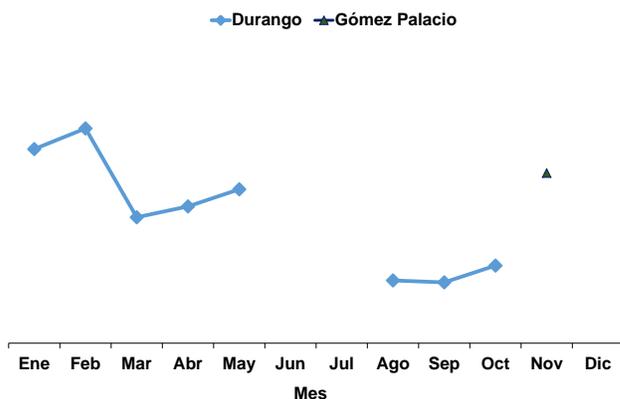
La información generada por todas las estaciones de monitoreo, con respecto a SO₂, fue la más escasa de todas, aún en la ciudad de Durango, por lo que resulta de poca utilidad en términos de poder establecer algún tipo de comportamiento temporal. Sólo se observa que la concentración registrada en Lerdo en Octubre fue más alta que la observada en Durango en cualquiera de los meses con información disponible.

*Comportamiento mensual – NO₂
Durango 2014*



Para NO₂ sólo fue posible contar con información para ocho meses de 2014 en la ciudad de Durango. Sin embargo, esta información no tuvo continuidad en el tiempo y ello dificultó la identificación o inferencia de un patrón de comportamiento a lo largo del año. En cualquier caso se puede destacar que las concentraciones observadas entre enero y abril fueron más altas que las registradas entre agosto y noviembre.

*Comportamiento mensual – CO
Durango 2014*



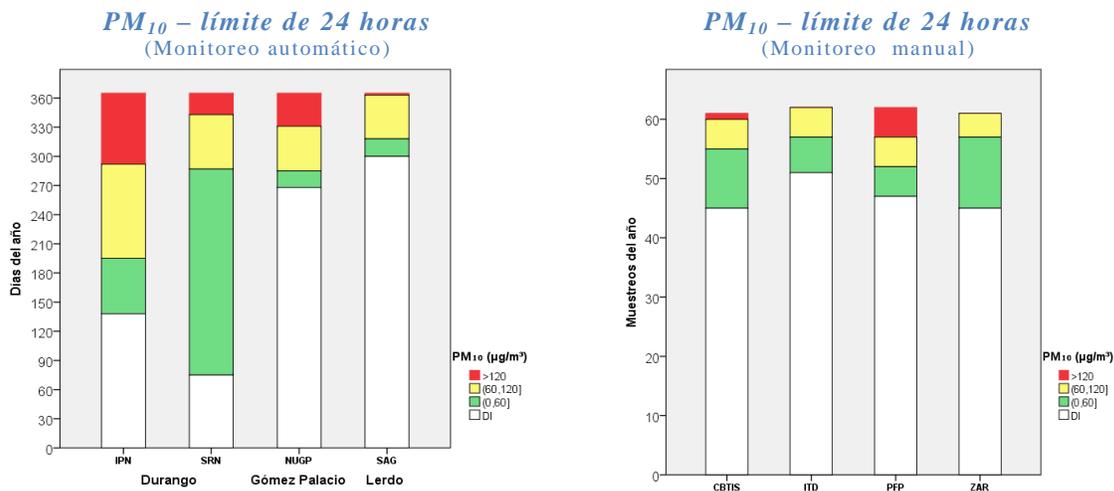
Como sucedió con el NO₂, para CO también se dispuso de información para ocho meses, pero ésta no fue continua. A pesar de ello, en este caso se observa con mayor claridad que las concentraciones registradas entre enero y mayo fueron más altas que las observadas entre agosto y octubre. En el caso de Gómez Palacio sólo se contó con información para el mes de noviembre y esta es más alta que la observada entre Durango entre agosto y octubre.

9.2.3 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 términos del número de días con concentraciones superiores a los límites normados, así como la tendencia que presentan las concentraciones inferiores, pero cercanas, a estos valores. Los colores indican el número de días en los que las concentraciones registradas durante el año cumplen con alguna de las siguientes condiciones:

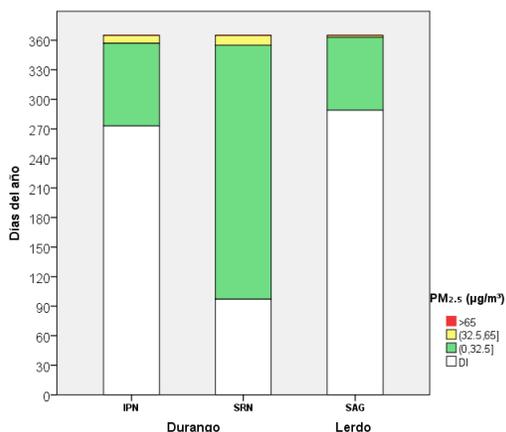
- ✓ No excedieron el valor diario normado (verde).
- ✓ No excedieron el valor diario normado, pero se encuentran cercanas a este valor (amarillo).
- ✓ Excedieron el valor diario normado (rojo).
- ✓ No se contó con información suficiente para evaluar el cumplimiento de alguna de las condiciones anteriores (blanco).

El dato base para construir este indicador es la concentración máxima del día (por ejemplo, promedio de una hora, ocho horas o 24 horas, dependiendo del contaminante que se trate), en cada estación de monitoreo. Para ver el detalle sobre la construcción de este indicador, diríjase a la sección 2.2.2.3 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.



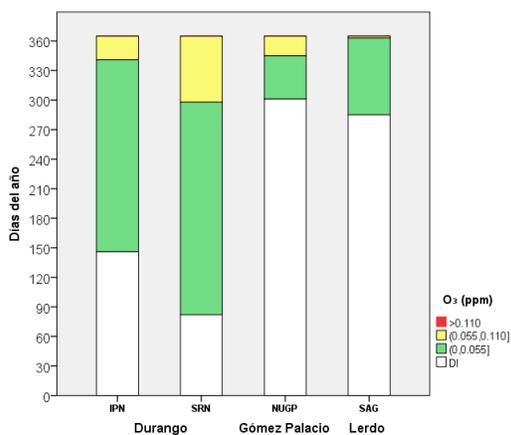
Tanto el monitoreo automático como el manual revelan la presencia de días con mala calidad del aire por PM₁₀ (rojo) en el municipio de Durango, pues esta condición se presenta en cuatro de las seis estaciones (IPN, SRN, CBTIS y PFP) que integran la red de monitoreo de esta ciudad. Ello, a pesar de que en ambos tipos de monitoreo hay un porcentaje importante de días y muestreos con información insuficiente, por lo que es probable que en realidad la ocurrencia de días con mala calidad del aire sea mayor a la observada en estas figuras. En general, también se presentaron días con mala calidad del aire por PM₁₀ en Gómez Palacio y Lerdo. Es importante destacar que la ocurrencia de días con mala calidad del aire que se observa en estas figuras no se ve reflejado en el incumplimiento de la NOM correspondiente debido al manejo de datos que establece la misma para realizar dicha evaluación.

PM_{2.5} - límite de 24 horas



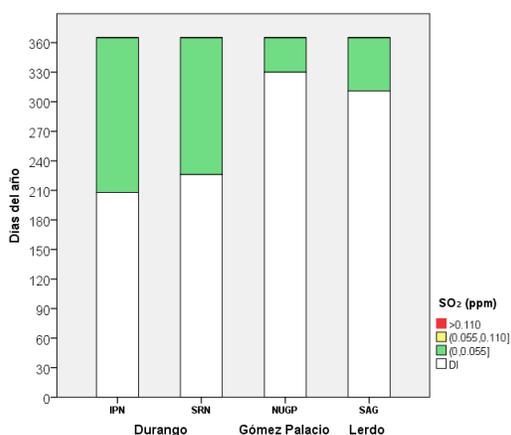
En ninguna de las tres estaciones de este SMCA que miden PM_{2.5} se presentaron días con mala calidad del aire (rojo) por este contaminante. En todas ellas, cuando fue posible generar el indicador, dominan con claridad los días con buena calidad del aire (verde)

O₃ - límite de 1 hora



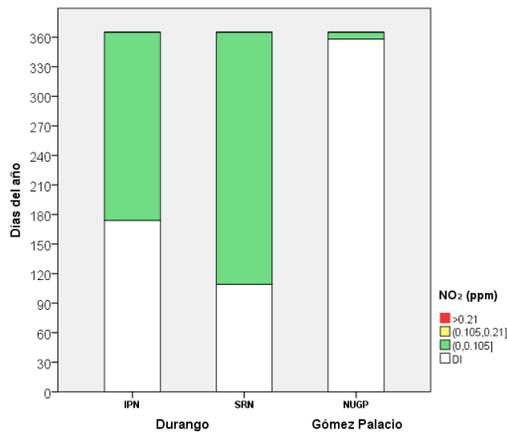
En las cuatro estaciones de monitoreo que midieron O₃ durante el año 2014, dominaron los días con buen calidad del aire (verde), seguidos de los días con calidad del aire regular (amarillo) cuando fue posible generar el indicador. Sin embargo, es clara la necesidad de mejorar el desempeño de las estaciones en cuanto a la suficiencia de datos que generan.

SO₂ - límite de 24 horas



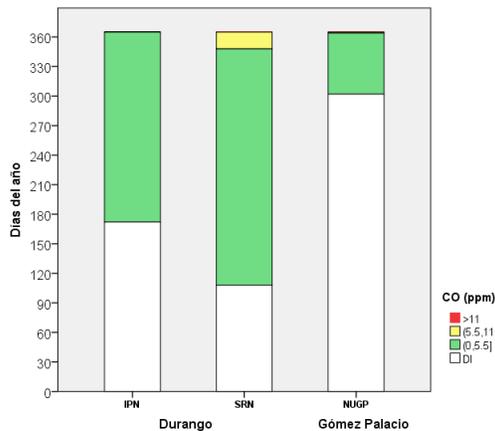
En el caso de dióxido de azufre en todos los días donde fue posible generar este indicador la calidad del aire fue buena (verde). A pesar de ello, al igual que con los otros contaminantes es necesario mejorar el desempeño de todas las estaciones de monitoreo, pues la cantidad de días del año con datos insuficientes para generar el indicador osciló entre el 57% y 90%.

NO₂ - límite de 1 hora



El porcentaje de días con buena calidad del aire por NO₂ (verde) fue de 52% en IPN, 70% en SRN y 2% en NUGP. El porcentaje restante en cada caso correspondió a días con insuficiencia de datos para generar el indicador.

CO - límite de 8 horas



Con respecto a CO, los días con buena calidad del aire (verde), en todas las estaciones de monitoreo, oscilaron entre el 17% y el 53%. Sólo en la estación SRN se presentaron días con calidad del aire regular (amarillo) y en ningún caso ocurrieron días con mala calidad del aire (rojo). Por su parte el porcentaje de días con información insuficiente osciló entre el 30% y el 83%.

De las diez estaciones de monitoreo que integran este SMCA, dos estuvieron fuera de operación en el año 2014. Ambas pertenecientes a la red de monitoreo de Gómez Palacio. De las ocho estaciones que sí generaron información, para al menos un contaminante, sólo en una fue posible hacer la evaluación de cumplimiento de la normatividad mexicana en la materia. En las siete restante esto no fue posible por insuficiencia de información.

El indicador de días con calidad del aire buena, regular y mala, permitió identificar la presencia de días con concentraciones de PM₁₀ superiores al límite normado de 24 horas tanto en Durango como en Gómez Palacio y Lerdo. El caso más llamativo es el de Durango donde esta condición se presentó en cuatro de las seis estaciones que integran su red de monitoreo. Esta situación pone en evidencia la necesidad de mejorar a la brevedad el desempeño de este SMCA.

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

10.1 Información general

En el año 2014 el Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire 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).

Tabla 10.1 muestra las estaciones de monitoreo que conformaron este SMCA en el año 2014, 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 10.1, muestra la ubicación geográfica de cada una de las estaciones de monitoreo que conformaron este sistema en el año referido.

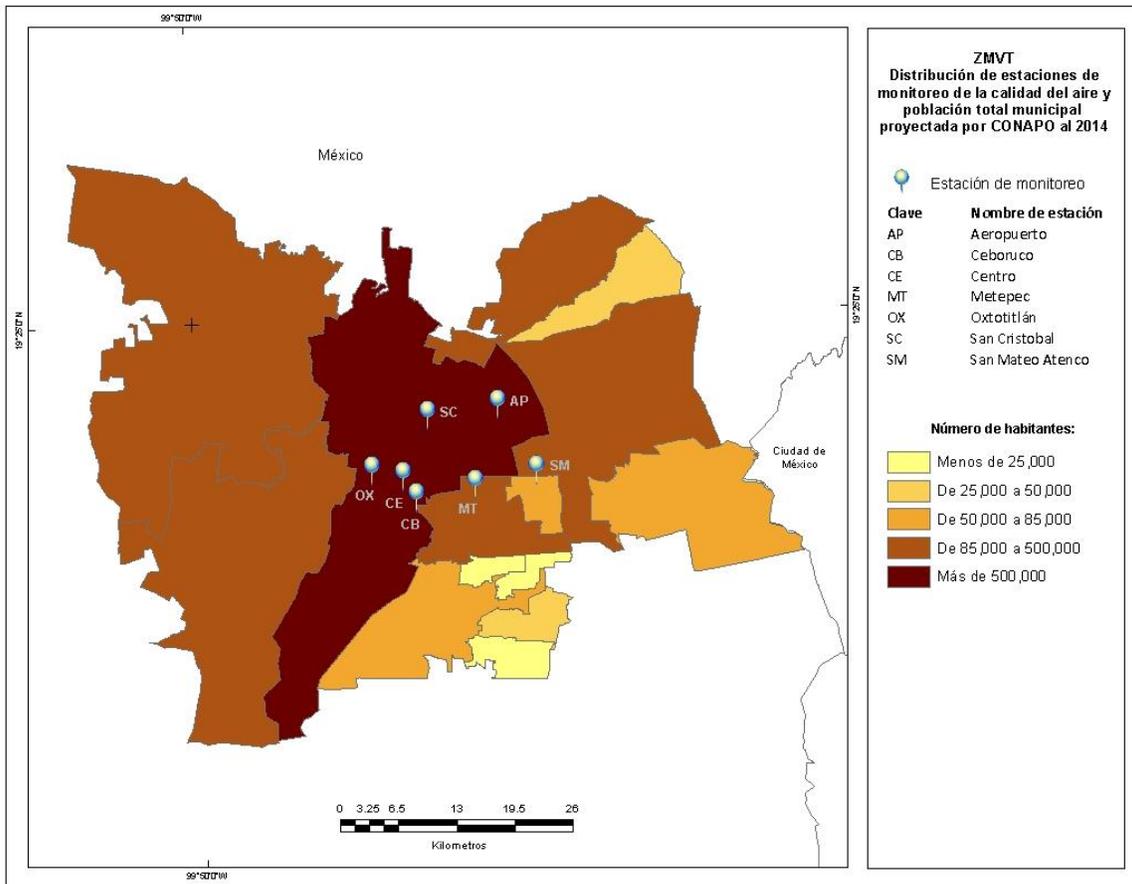
Tabla 10.1 Estaciones que conformaron el SMCA del Estado de México en el año 2014 y capacidades de medición de contaminantes

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. 1994	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Centro	CE	Aut. 1994	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Metepec	MT	Aut. 1994	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Oxtotitlán	OX	Aut. 1994	✓	✓	✓	✓	✓	✓
San Cristóbal	SC	Aut. 1994	✓	✓	✓	✓	✓	✓
San Mateo Atenco	SM	Aut. 1994	✓	✓	✓	✓	✓	✓

✓ = Se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la Secretaría de Medio Ambiente del Estado de México.

Figura 10.1. Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de la ZMVT, 2014.



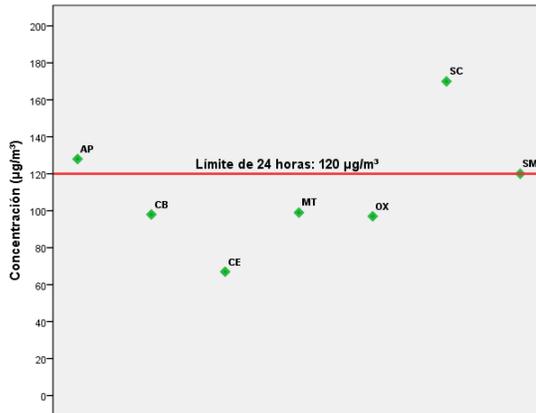
10.2 Diagnóstico de la calidad del aire

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en la ZMVT para 2014 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas (NOM) en la materia, el comportamiento temporal de los contaminantes y el número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo.

10.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire

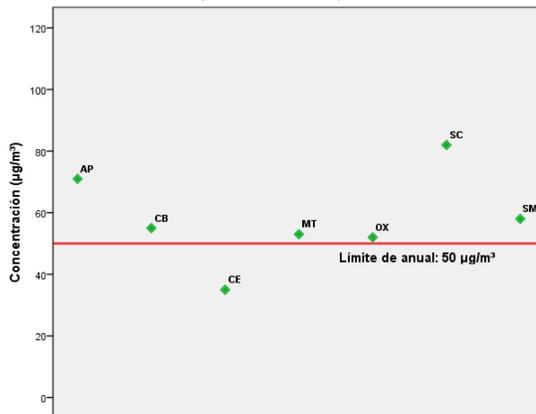
En esta sección se analiza el cumplimiento de las NOM para cada contaminante en la ZMVT. Los resultados se presentan para aquellas estaciones de monitoreo donde se produjo información suficiente para hacer tal evaluación. Los valores normados usados como referencia para realizar la evaluación de cumplimiento son indicados en cada figura.

Límite de 24 horas
(Percentil 98)



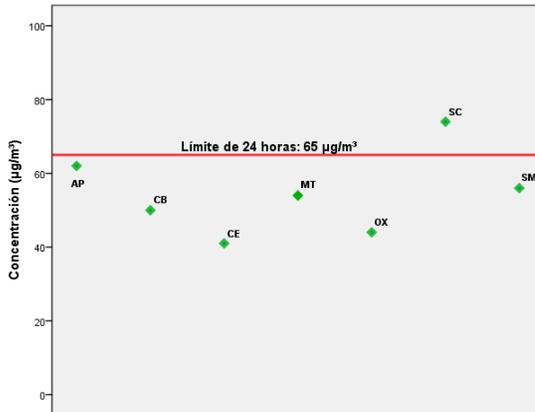
El límite de 24 horas de PM₁₀ fue rebasado en las estaciones AP y SC, en donde el percentil 98 en cada caso fue de 128 µg/m³ y 170 µg/m³, respectivamente. Tales valores de concentración son 7% y 42% superiores al valor normado, respectivamente.

Límite anual
(Promedio anual)



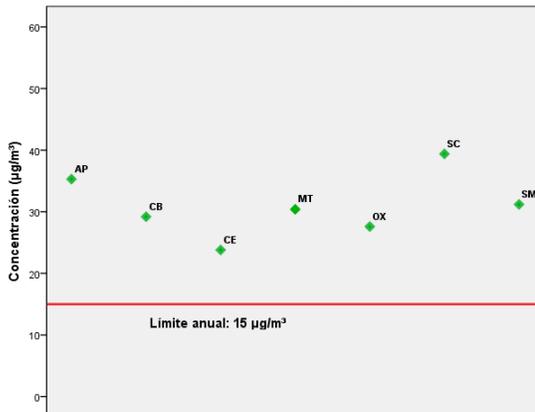
El límite anual se superó en seis de las siete estaciones de monitoreo y la estación SC fue la que registró el promedio anual más elevado con 82 µg/m³ (equivalente a 1.6 veces el valor de la norma), seguida de la estación AP con una concentración de 71 µg/m³.

Límite de 24 horas
(Percentil 98)



El límite de 24 horas de $PM_{2.5}$ se rebasó en la estación de monitoreo SC con una concentración de $74 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que es 13% superior al valor normado. En el resto de las estaciones de monitoreo el percentil 98 se mantuvo entre 4% y 37% por debajo de límite referido.

Límite anual
(Promedio anual)



El límite anual se rebasó en todas las estaciones de monitoreo, con promedios anuales que oscilaron entre $23.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $39.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, los cuales equivalen a entre 1.6 y 2.6 veces el valor de la norma. La estación SC fue la que registró el promedio anual más alto seguido de las estaciones AP y SM.

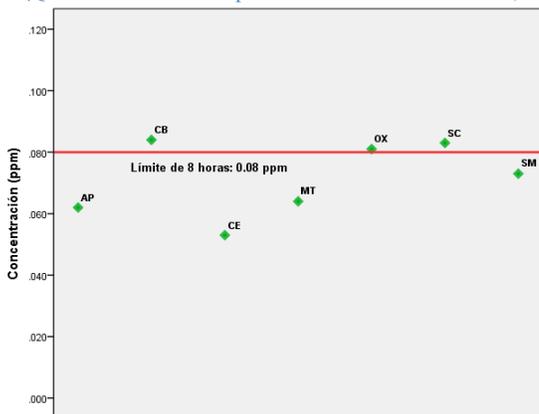
Ozono - O₃

Límite de 1 hora
(Máximo horario)



El valor límite de una hora de ozono se rebasó en las estaciones de monitoreo CB (0.134 ppm), OX (0.120 ppm), SC (0.136 ppm) y SM (0.119 ppm). El máximo horario más alto se registró en la estación SC, seguido de la estación CB. Estos valores fueron 24% y 22% superiores al valor normado, respectivamente.

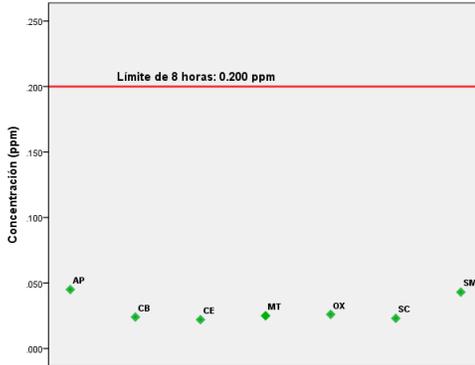
Límite de 8 horas
(Quinto máximo del promedio móvil de 8 horas)



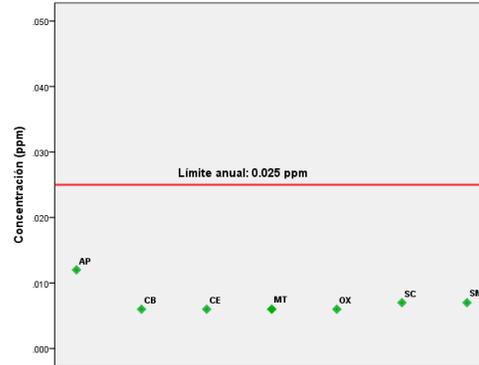
El límite de ocho horas se rebasó en las estaciones de monitoreo CB (0.084 ppm), OX (0.081 ppm) y SC (0.083 ppm), con concentraciones que fueron entre 1% y 5% superiores al límite en cuestión.

Dióxido de azufre - SO₂

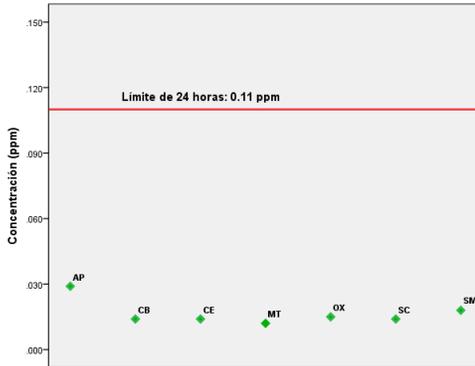
Límite de 8 horas
(Segundo máximo)



Límite anual
(Promedio anual)



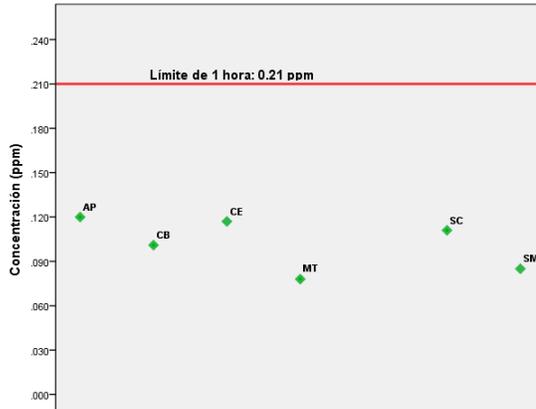
Límite de 24 horas
(Máximo)



Los valores límite de ocho horas, 24 horas y anual de dióxido de azufre se ubicaron por debajo de los límites normados en todas las estaciones de monitoreo. Para los tres indicadores, las concentraciones registradas correspondieron a valores que equivalen a menos del 48% del valor límite respectivo.

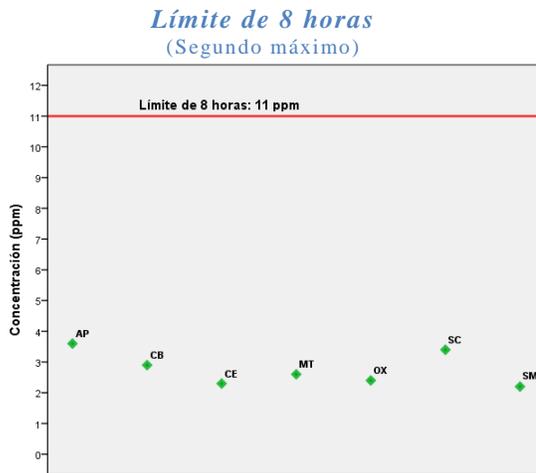
Dióxido de nitrógeno - NO₂

Límite de 1 hora
(Segundo máximo)



Las concentraciones de dióxido de nitrógeno se mantuvieron por debajo de su límite normado en todas las estaciones de monitoreo.

Monóxido de carbono - CO



Las concentraciones de monóxido de carbono registradas en todas las estaciones de monitoreo se mantuvieron por debajo de su límite normado; de hecho, en todos los casos las concentraciones registradas (segundo máximo) fueron equivalentes a menos del 35% del límite normado.

La Tabla 10.2 resume el estatus de cumplimiento de cada uno de los valores normados por contaminante y estación de monitoreo. En ella se puede apreciar que:

- Los límites normados de 24 horas y anual de PM_{10} se cumplieron en la estación de monitoreo Centro (CE), en tanto que en las estaciones Aeropuerto (AP) y San Cristóbal (SC) se rebasaron ambos. En las estaciones restantes (CB, MT, OX y SM), únicamente se cumplió con el límite de 24 horas.
- El valor límite normado de 24 horas de $PM_{2.5}$ se cumplió en seis de las siete estaciones de monitoreo, en tanto que el límite anual se rebasó en todas. Destaca el caso de la estación SC, donde ambos límites se rebasaron como ocurrió con las PM_{10} .
- Los límites de una y ocho horas de ozono se cumplieron en las estaciones AP, CE y MT, y se rebasaron en las estaciones CB, OX y SC. En la estación SM se cumplió con el límite de ocho horas, pero se rebasó el de una hora.
- Las concentraciones de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y monóxido de carbono se mantuvieron por debajo de los límites recomendados por sus respectivas normas oficiales mexicanas en todas las estaciones de monitoreo.

Tabla 10.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, durante el año 2014.

Contaminante	NOM	Límite permitido	Estación						
			AP	CB	CE	MT	OX	SC	SM
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Percentil 98 ≤ 120 µg/m ³	X	✓	✓	✓	✓	X	✓
	Anual	Promedio ≤ 50 µg/m ³	X	X	✓	X	X	X	X
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Percentil 98 ≤ 65 µg/m ³	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓
	Anual	Promedio ≤ 15 µg/m ³	X	X	X	X	X	X	X
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.110 ppm	✓	X	✓	✓	X	X	X
	8 hrs	Quinto máximo ≤ 0.080 ppm	✓	X	✓	✓	X	X	✓
⁽³⁾ SO ₂	8 hrs	Segundo máximo ≤ 0.200 ppm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
⁽⁴⁾ NO ₂	1 hr	Segundo máximo ≤ 0.21 ppm	✓	✓	✓	✓	DI	✓	✓
⁽⁵⁾ CO	8 hrs	Segundo máximo ≤ 11 ppm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

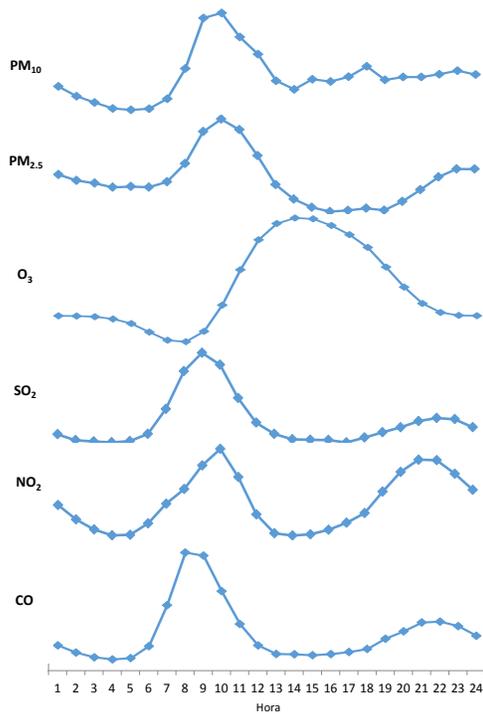
⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-1993 (DOF, 2005)
⁽²⁾ NOM-020-SSA1-1993 (DOF, 2002)
⁽³⁾ NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010)
⁽⁴⁾ NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994)
⁽⁵⁾ NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1994)

DI = Datos insuficientes
 ✓ = Cumple con el límite normado
 X = No cumple con el límite normado

10.2.2 Comportamiento temporal

Las figuras mostradas en esta sección permiten visualizar el comportamiento de los contaminantes a lo largo del día y de los meses del año. Para conocer los detalles sobre la construcción de las gráficas ver la sección 2.2.2.2 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.

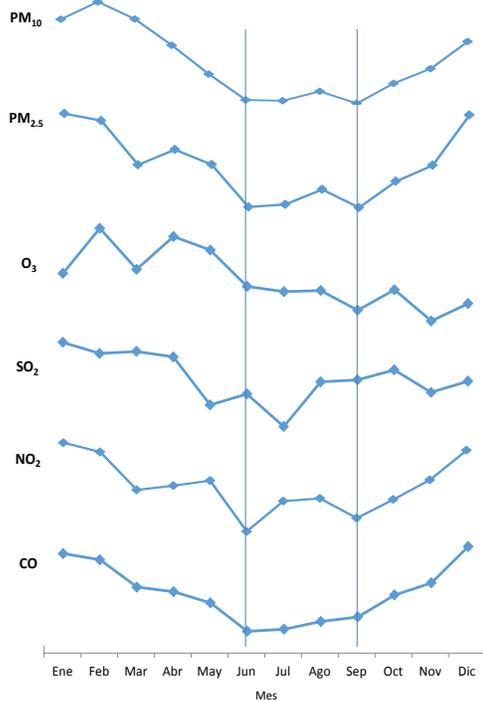
*Comportamiento horario
ZMVT, 2014*



Las concentraciones promedio horarias de PM_{10} , $PM_{2.5}$, SO_2 , NO_2 y CO muestran un comportamiento bimodal, donde el pico de la mañana es más pronunciado que el de la tarde. Las concentraciones más elevadas, en el caso de PM_{10} , $PM_{2.5}$, SO_2 y NO_2 se registraron entre las 8:00 y las 12:00 horas. En tanto que en el caso de SO_2 ocurren entre las 7:00 y las 10:00 horas. El segundo pico empieza a formarse a partir de las 19:00 horas en todos los casos.

El O_3 , por otra parte, muestra una distribución unimodal en la que las concentraciones más elevadas se registraron entre las 12:00 y las 17:00 horas.

*Comportamiento mensual
ZMVT, 2014*



Los contaminantes en la ZMVT muestran un comportamiento estacional típico, donde las mayores concentraciones se registran en la temporada seca (octubre a mayo) y las menores durante la temporada de lluvia (junio a septiembre).

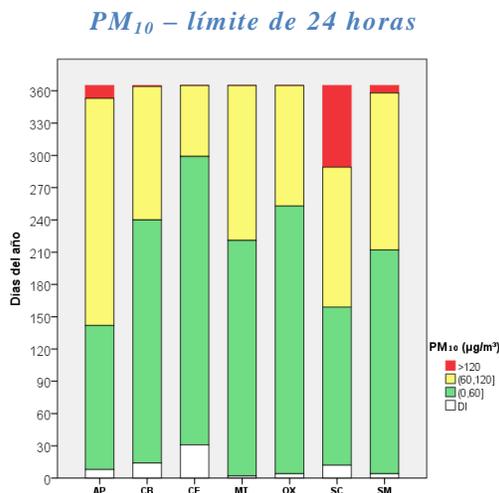
Las PM_{10} registraron las mayores concentraciones entre diciembre y marzo, las $PM_{2.5}$ entre diciembre y febrero y el ozono entre enero y mayo.

10.2.3 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 términos del número de días con concentraciones superiores a los límites normados, así como la tendencia que presentan las concentraciones inferiores, pero cercanas, a estos valores. Los colores indican el número de días en los que las concentraciones registradas durante el año cumplen con alguna de las siguientes condiciones:

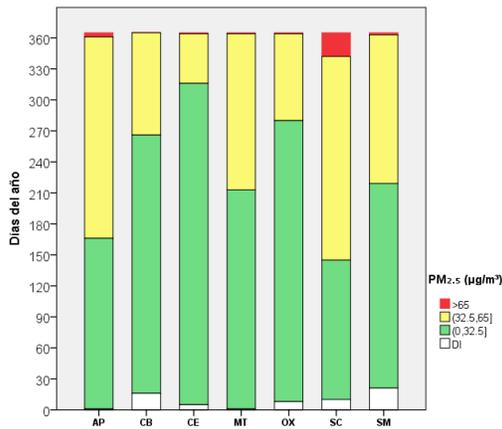
- ✓ No excedieron el valor diario normado (verde).
- ✓ No excedieron el valor diario normado, pero se encuentran cercanas a este valor (amarillo).
- ✓ Excedieron el valor diario normado (rojo).
- ✓ No se contó con información suficiente para evaluar el cumplimiento de alguna de las condiciones anteriores (blanco).

El dato base para construir este indicador es la concentración máxima del día (por ejemplo, promedio de una hora, ocho horas o 24 horas, dependiendo del contaminante que se trate), en cada estación de monitoreo. Para ver el detalle sobre la construcción de este indicador, diríjase a la sección 2.2.2.3 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.



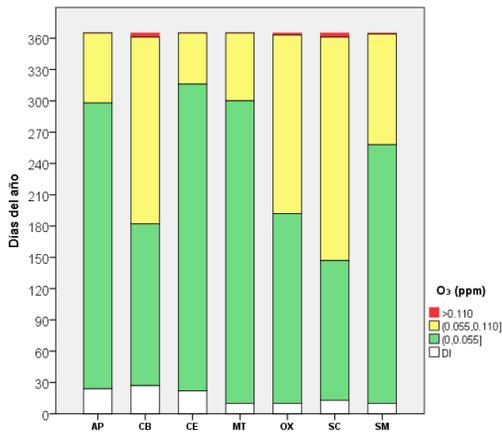
Las estaciones AP y SC presentaron menos del 50% de los días del año con buena calidad del aire con respecto a PM₁₀ (verde). En tanto que en el resto de las estaciones los días con esta condición representaron entre el 57% y 73%. Por otra parte los días con mala calidad del aire (rojo) se presentaron en tres de las siete estaciones de monitoreo y en ellas, esta condición representó entre el 2% y el 21% de total de días del año.

PM_{2.5} - límite de 24 horas



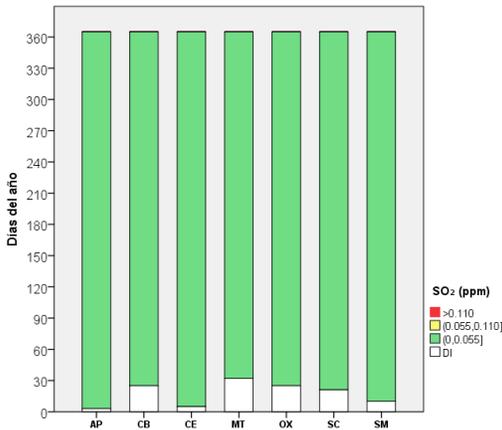
Al igual que con las PM₁₀, las estaciones AP y SC presentaron los porcentajes más bajos de días con buena calidad del aire (verde) por PM_{2.5}, siendo estos menores al 50% de los días del año. Los días con mala calidad del aire (rojo), por otra parte, se presentaron en las estaciones AP, SC y SM, y representaron entre el 1% y el 6% de los días del año.

O₃ - límite de 1 hora



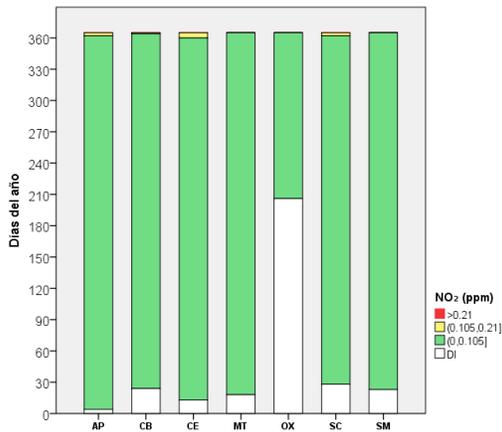
Los días con buena calidad del aire por ozono (verde) variaron entre el 37% en la estación SC y el 81% en la estación CE, en tanto que los días con calidad del aire regular (amarillo) oscilaron entre el 13% (CE) y el 59% (SC). Finalmente, los días con mala calidad del aire (rojo), se presentaron en las estaciones CB, OX y SC y en todas ellas representaron el 1% del total de días del año.

SO₂ - límite de 24 horas



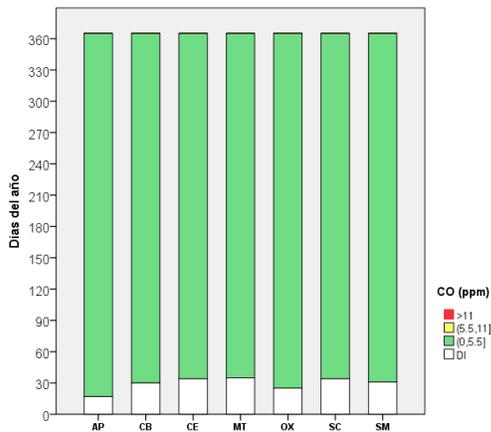
Esta figura muestra que la calidad del aire, con respecto al dióxido de azufre, fue predominantemente buena (verde), pues en todas las estaciones de monitoreo esta condición se presentó entre el 91% y 99% de los días del año. El porcentaje restante, en cada caso, corresponde a los días en los que no hubo datos suficientes para estimar el indicador (blanco).

NO₂ - límite de 1 hora



En esta figura se puede apreciar que los días con buena calidad del aire (verde) por dióxido de nitrógeno predominan, en tanto que la ocurrencia de días con calidad del aire regular (amarillo) es muy baja y la de días con mala calidad del aire (rojo) es nula. Destaca también que en la estación OX en más del 50% de los días del año no se contó con información suficiente para generar este indicador (blanco).

CO - límite de 8 horas



La calidad del aire, con respecto al monóxido de carbono fue predominantemente buena (verde), pues en todas las estaciones de monitoreo esta condición se presentó en más del 90% de los días del año. El porcentaje restante en todas las estaciones corresponde a los días en los que no hubo datos suficientes para estimar el indicador (blanco).

En la entidad son patentes los problemas de calidad del aire tanto por partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}), como por ozono (O₃). De las siete estaciones de monitoreo que operan en la ZMVT, en dos se rebasó el límite de 24 horas de PM₁₀ y en seis el límite anual. Por otra parte, en todas las estaciones se rebasó el límite anual de PM_{2.5}. Los límites de una y ocho horas de ozono se rebasaron en tres de estas siete estaciones.

La estación SC es el caso más crítico de incumplimiento de norma. En ella se rebasaron todos los valores normados de PM₁₀, PM_{2.5} y Ozono y ello ocurre con las concentraciones más altas registradas en la entidad. Además, es la estación en donde con mayor frecuencia se rebasan dichos límites.

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

11.1 Información general

El sistema de monitoreo de la calidad del aire de Guanajuato, a cargo del Instituto de Ecología del Estado, estuvo integrado en el año 2014 por las redes de monitoreo de Celaya, Irapuato, León, Salamanca y San Miguel de Allende, así como por la estación de monitoreo automático de Silao y las estaciones de monitoreo manual de Abasolo, Villagrán, Cortazar, Juventino Rosas, Acámbaro, Moroleón y San Francisco del Rincón. La Tabla 11.1 muestra las estaciones de monitoreo que conforman cada red, así como la capacidad de medición de contaminantes en las mismas y el año en que cada una de ellas inició su operación. Por otra parte, la Figura 11.1, muestra la ubicación geográfica de cada una de las estaciones de monitoreo.

Tabla 11.1 Estaciones de monitoreo que conformaron el SMCA de Guanajuato en el año 2014 y capacidades de medición de contaminantes

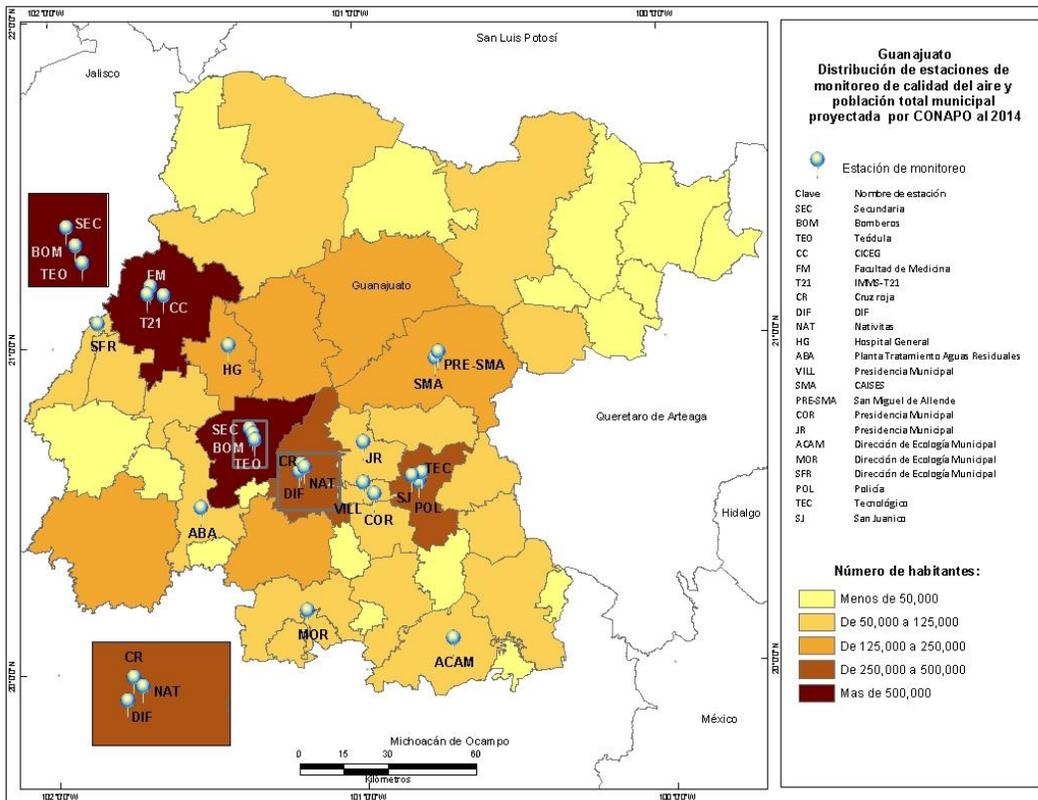
Red de monitoreo	Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes					
				PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	SO ₂	NO ₂	CO
Celaya	Policía	POL	Aut. 2001	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	San Juanico	SJ	Aut. 2002	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Tecnológico	TEC	Aut. 2003	✓	☐	✓	☐	✓	☐
Irapuato	Bomberos	BOM	Aut. 2005	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Secundaria	SEC	Aut. 2005	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Teódula	TEO	Aut. 2005	✓	✓	✓	✓	✓	✓
León	CICEG	CC	Aut. 2002	✓	☐	✓	✓	✓	✓
	Facultad de Medicina	FM	Aut. 2007	✓	☐	✓	✓	✓	✓
	IMSS – T21	T21	Aut. 2005	✓	☐	✓	✓	✓	✓
Salamanca	Cruz Roja	CR	Aut. 1999	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	DIF	DIF	Aut. 2001	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Nativitas	NAT	Aut. 2002	✓	✓	✓	✓	✓	✓
San Miguel de Allende	CAISES	SMA	Man. 2005	✓	☐	☐	☐	☐	☐
	Presidencia Municipal	PRE_SMA	Man.2014	✓	☐	☐	☐	☐	☐
	Hospital General (Silao)	HG	Aut. 2006	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Planta Tratamiento Aguas Residuales (Abasolo)	ABA	Man. 2005	✓	☐	☐	☐	☐	☐

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
	Presidencia Municipal (Villagrán)	VILL	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	✓	✗	✗	✗	✗	✗
	Dirección Ecología Municipal (San Francisco del Rincón)	SFR	Man. 2009	✓	✗	✗	✗	✗	✗

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 el Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato.

Figura 11.1. Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Guanajuato

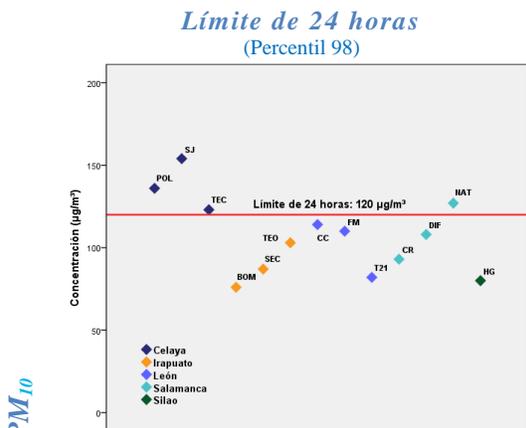


11.2 Diagnóstico de la calidad del aire

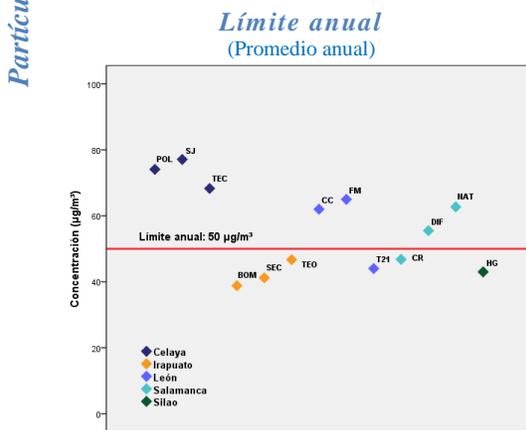
Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Guanajuato para el año 2014 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas (NOM) en la materia, el comportamiento temporal de los contaminantes y el número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo.

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 en cada una de las estaciones de monitoreo que conforman el SMCA de Guanajuato. Los resultados se presentan 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.



El límite de 24 horas de PM₁₀ fue rebasado en cuatro de las 13 estaciones de monitoreo automático de Guanajuato. Destaca el caso de Celaya donde las tres estaciones con que cuenta esta Red registraron concentraciones de 136 µg/m³ en POL, 154 µg/m³ en SJC y 123 µg/m³ en TEC, que son entre 3% y 30% superiores al valor normado. Otra estación que supera la norma es NAT, que pertenece a la red de Salamanca.



El límite anual se superó en siete de las 13 estaciones de monitoreo automático y nuevamente Celaya registró las concentraciones más elevadas (74 µg/m³ en POL, 77 µg/m³ en SJC y 68 µg/m³ en TEC). En León y Salamanca se superó el límite anual en dos de sus tres estaciones. Las concentraciones registradas en las tres estaciones de Irapuato, una de León, una de Salamanca y la de Silao fueron inferiores al límite normado.

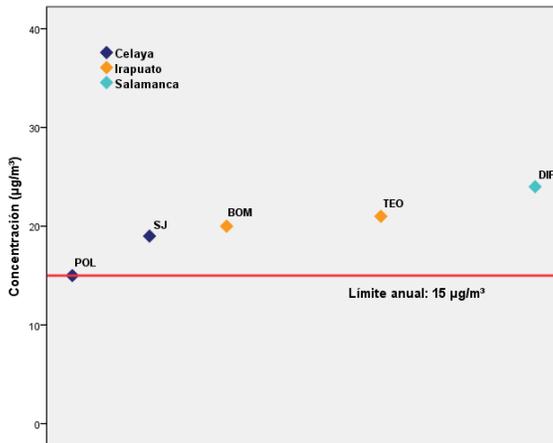
Partículas - PM₁₀

Límite de 24 horas
(Percentil 98)



En todas las estaciones de monitoreo donde fue posible evaluar el cumplimiento de la NOM (dos en Celaya, dos en Irapuato y una en Salamanca), se observan concentraciones que se ubican por debajo del límite normado de 24 horas.

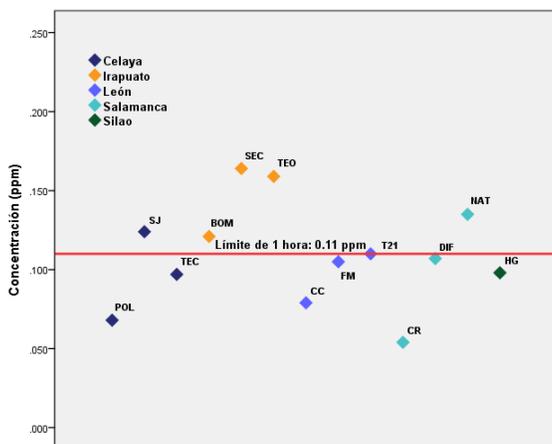
Límite anual
(Promedio anual)



El límite anual de PM_{2.5} se rebasó en cuatro de las cinco estaciones de monitoreo donde fue posible evaluar el cumplimiento de la norma, siendo el promedio anual más alto el registrado en la estación DIF con un valor de 24 µg/m³, que es 60% superior al valor normado.

Ozono – O₃

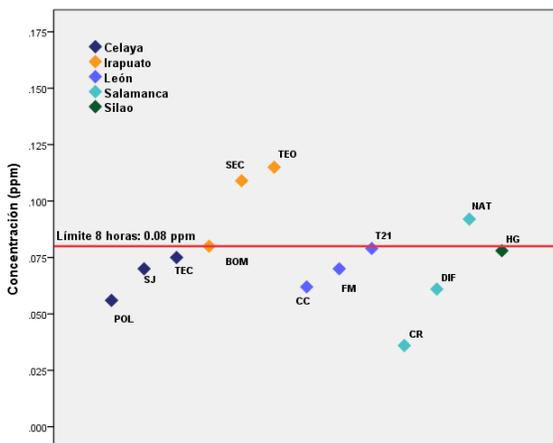
Límite de 1 hora
(Máximo horario)



El valor límite de una hora de ozono se rebasó en cinco estaciones de monitoreo: una de Celaya (SJ), tres de Irapuato (BOM, SEC y TEO) y una de Salamanca (NAT). Los valores más altos se registraron en las estaciones de monitoreo de Irapuato, especialmente en SEC (0.164 ppm) y TEO (0.159 ppm), las cuales fueron 49% y 45% superiores al valor normado, respectivamente.

Límite de 8 horas

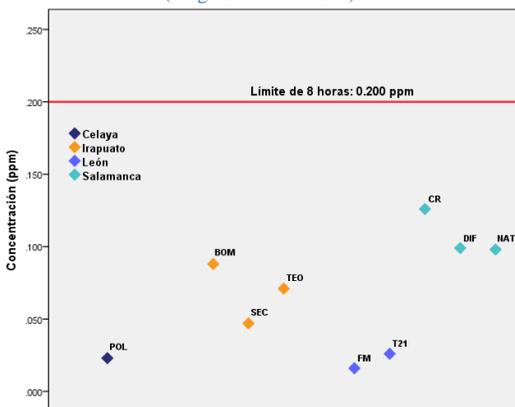
(Quinto máximo del promedio móvil de 8 horas)



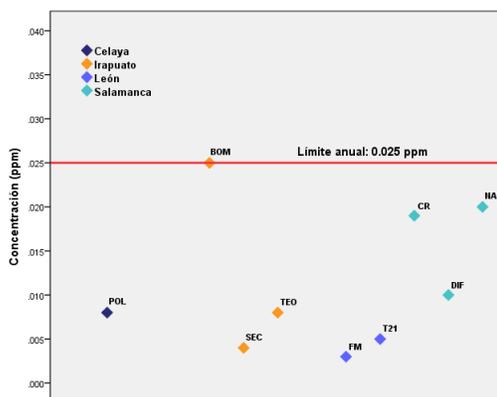
El límite de ocho horas se incumplió en tres estaciones: dos de Irapuato (SEC y TEO) y una de Salamanca (NAT). Los valores más altos nuevamente se registraron en las estaciones de monitoreo SEC (0.109 ppm) y TEO (0.115 ppm).

Dióxido de azufre - SO₂

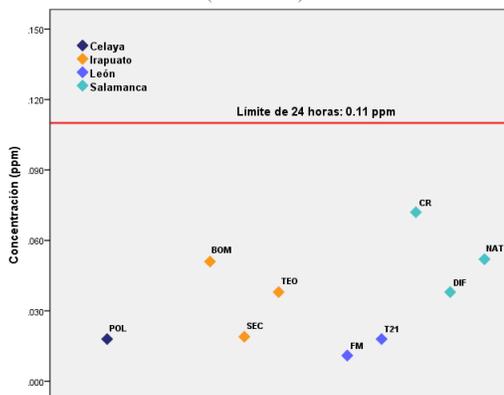
Límite de 8 horas
(Segundo máximo)



Límite anual
(Promedio Anual)

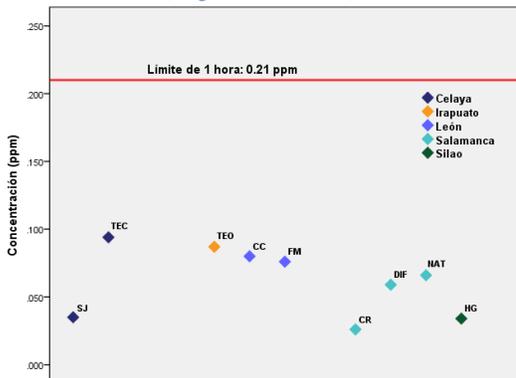


Límite de 24 horas
(Máximo)



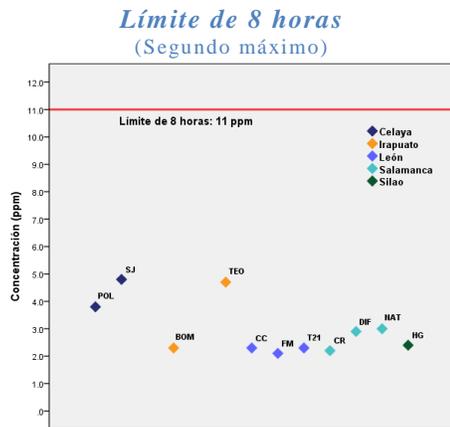
Los valores límite de ocho horas, 24 horas y anual de dióxido de azufre se cumplieron en todas las estaciones de monitoreo, aunque en la Estación Bomberos (BOM) de Irapuato se estuvo muy cerca de rebasar el límite anual. El promedio anual estimado para esta estación fue exactamente el mismo que el límite permitido.

Límite de 1 hora
(Segundo máximo)



Dióxido de nitrógeno - NO₂

Las concentraciones de dióxido de nitrógeno se mantuvieron por debajo de su límite normado en todas las estaciones de monitoreo.



Las concentraciones de monóxido de carbono se mantuvieron por debajo de su límite normado en todas las estaciones de monitoreo. De hecho, las concentraciones registradas en todos los casos corresponden a valores que equivalen a menos de la mitad del valor límite correspondiente.

La Tabla 11.2 resume el estatus de cumplimiento de cada uno de los valores normados por contaminante y estación de monitoreo. En ella se puede apreciar que:

- Los límites normados de 24 horas y anual de PM_{10} se cumplieron en seis de las 13 estaciones de monitoreo automático, destacando el caso de Irapuato donde dichos límites se cumplen en sus tres estaciones de medición. En León y Salamanca se cumplen sólo en una estación, en tanto que en Celaya no se cumple ningún límite en ninguna de sus estaciones. En ninguna de las estaciones donde se realizó monitoreo manual de PM_{10} hubo información suficiente para evaluar este indicador.
- En cuanto a $PM_{2.5}$ destaca el hecho de que en León no se realizó el monitoreo de este contaminante en el año 2014, en tanto que en Irapuato, Salamanca y Silao predominan las estaciones con información insuficiente para evaluar el cumplimiento de la norma. En las cinco estaciones donde sí fue posible hacer dicha evaluación se encontró que en todas se cumplió con el límite de 24 horas, pero sólo en una se cumplió también con el límite anual.
- Los límites de una y ocho horas de ozono se cumplen en todas las estaciones de monitoreo de León, así como en dos estaciones de Celaya (POL y TEC) y de Salamanca (CR y DIF) y en la única estación de Silao. En el resto de las estaciones al menos uno de los límites es rebasado. En Irapuato se rebasaron ambos límites en dos estaciones (SEC y TEO).
- Las concentraciones de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y monóxido de carbono se mantuvieron dentro de los valores establecidos por sus respectivas normas oficiales mexicanas en todas las estaciones de monitoreo donde se miden.

Tabla 11.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en el SMCA de Guanajuato, durante el año 2014.

Contaminante	NOM	Límite permitido	Celaya			Irapuato			León			Salamanca			San Miguel de Allende	
			POL	SJ	TEC	BOM	SEC	TEO	CC	FM	T21	CR	DIF	NAT	SMA	PRE_SMA*
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Percentil 98 ≤ 120 µg/m ³	X	X	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	DI	DI
	Anual	Promedio ≤ 50 µg/m ³	X	X	X	✓	✓	✓	X	X	✓	✓	X	X	DI	DI
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Percentil 98 ≤ 65 µg/m ³	✓	✓	⊠	✓	DI	✓	⊠	⊠	⊠	DI	✓	DI	⊠	⊠
	Anual	Promedio ≤ 15 µg/m ³	✓	X	⊠	X	DI	X	⊠	⊠	⊠	DI	X	DI	⊠	⊠
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.110 ppm	✓	X	✓	X	X	X	✓	✓	✓	✓	✓	X	⊠	⊠
	8 hrs	Quinto máximo ≤ 0.080 ppm	✓	✓	✓	✓	X	X	✓	✓	✓	✓	✓	X	⊠	⊠
⁽³⁾ SO ₂	8 hrs	Segundo máximo ≤ 0.200 ppm	✓	DI	⊠	✓	✓	✓	DI	✓	✓	✓	✓	✓	⊠	⊠
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	✓	DI	⊠	✓	✓	✓	DI	✓	✓	✓	✓	✓	⊠	⊠
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	✓	DI	⊠	✓	✓	✓	DI	✓	✓	✓	✓	✓	⊠	⊠
⁽⁴⁾ NO ₂	1 hr	Segundo máximo ≤ 0.21 ppm	FO	✓	✓	DI	DI	✓	✓	✓	DI	✓	✓	✓	⊠	⊠
⁽⁵⁾ CO	8 hrs	Segundo máximo ≤ 11 ppm	✓	✓	⊠	✓	DI	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	⊠	⊠

... continúa.

Contaminante	NOM	Límite permitido	Silao	Abasolo	Villagrán	Cortazar	Juventino Rosas	Acámbaro	Moroleón	San Francisco del Rincón
			HG	ABA	VILL	COR	JR	ACAM	MOR	SFR
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Percentil 98 ≤ 120 µg/m ³	✓	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI
	Anual	Promedio ≤ 50 µg/m ³	✓	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Percentil 98 ≤ 65 µg/m ³	DI	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
	Anual	Promedio ≤ 15 µg/m ³	DI	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.110 ppm	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
	8 hrs	Quinto máximo ≤ 0.080 ppm	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
⁽³⁾ SO ₂	8 hrs	Segundo máximo ≤ 0.200 ppm	DI	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	DI	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	DI	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
⁽⁴⁾ NO ₂	1 hr	Segundo máximo ≤ 0.21 ppm	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
⁽⁵⁾ CO	8 hrs	Segundo máximo ≤ 11 ppm	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗

⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-1993 (DOF, 2005)

⁽²⁾ NOM-020-SSA1-1993 (DOF, 2002)

⁽³⁾ NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010)

⁽⁴⁾ NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994)

⁽⁵⁾ NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1994)

DI = Datos insuficientes

FO = Fuera de operación

✗ = No se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante

✓ = Cumple con el límite normado

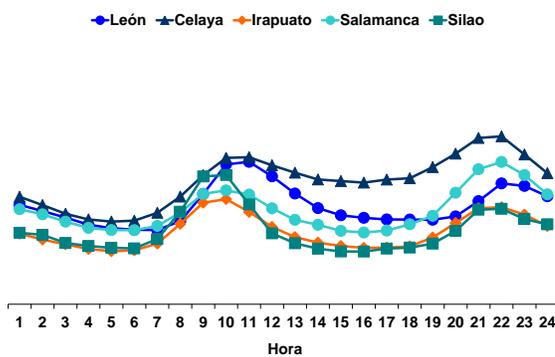
X = No cumple con el límite normado

*La estación PRE-SMA inició operaciones en el mes de junio del año 2014, por ello no generó información suficiente para evaluar el cumplimiento de norma.

11.2.2 Comportamiento temporal

Las figuras mostradas en esta sección permiten visualizar el comportamiento de los contaminantes a lo largo del día y de los meses del año. Para conocer los detalles sobre la construcción de las gráficas ver la sección 2.2.2.2 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.

Comportamiento horario

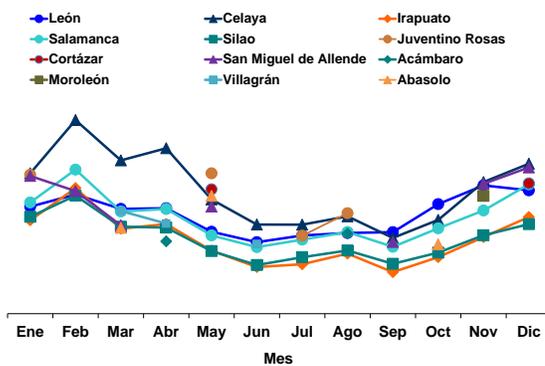


El comportamiento de las concentraciones promedio horarias de las PM_{10} es bimodal en todas las estaciones. El primer pico de concentraciones se observa entre las 8:00 y las 11:00 horas y el segundo entre las 20:00 y 24:00 horas.

A lo largo del año, las concentraciones más altas ocurrieron entre diciembre y abril, en tanto que las más bajas se registraron entre junio y septiembre. Este patrón es apreciable sólo en las estaciones con monitoreo automático ya que en las que se realiza monitoreo manual (como por ejemplo en San Miguel Allende, Abasolo, Villagrán, Cortazar, Juventino Rosas, Acámbaro, Moroleón, y San Francisco del Rincón), no hay continuidad en la información disponible como para poder identificar de manera clara algún comportamiento.

Partículas - PM_{10}

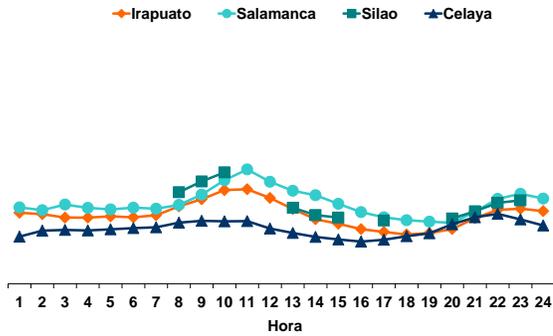
Comportamiento mensual



En general, las concentraciones más altas de PM_{10} , tanto horarias como mensuales se registraron en Celaya y las más bajas en Silao e Irapuato.

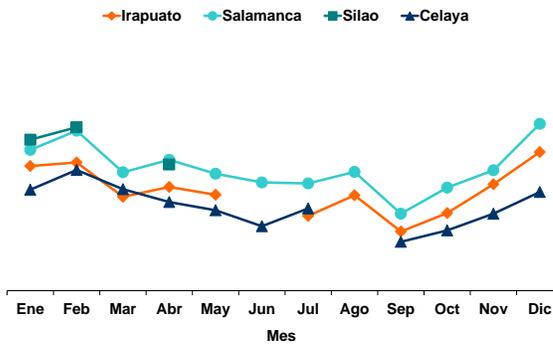
Partículas - PM_{2.5}

Comportamiento horario



Las PM_{2.5} muestran un comportamiento similar a las PM₁₀, con un pico de concentraciones por la mañana, entre las 9:00 y las 12:00 horas y otro, menos pronunciado, por la noche después de las 20:00 horas.

Comportamiento mensual

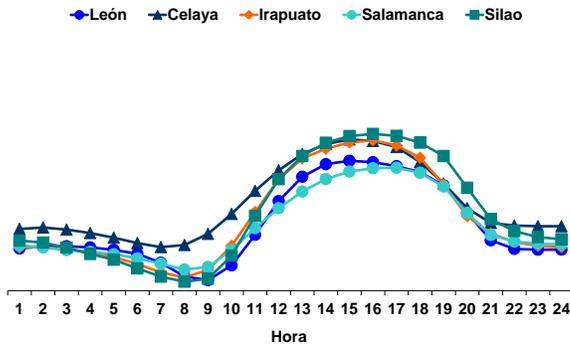


A lo largo del año, en todas las estaciones de monitoreo, las concentraciones más altas se registraron entre diciembre y febrero y las más bajas entre junio y octubre.

En general, las concentraciones más altas de PM_{2.5}, tanto horarias como mensuales se registraron en Salamanca y las más bajas en Celaya.

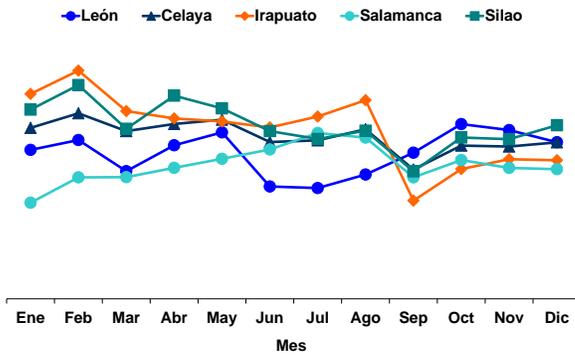
Ozono - O₃

Comportamiento horario



Las concentraciones promedio horarias de ozono muestran la característica distribución unimodal, donde las concentraciones máximas se registran por la tarde, entre las 14:00 y las 19:00 horas en todas las redes de monitoreo.

Comportamiento mensual

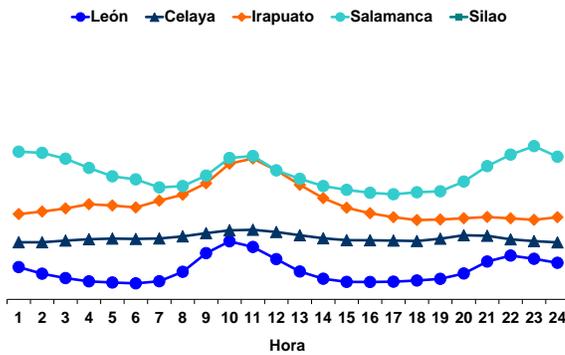


Por otro lado las concentraciones mensuales más altas se presentaron en febrero en el caso Irapuato, Silao y Celaya, en tanto que en Salamanca ocurrieron en julio y en León en el mes de octubre.

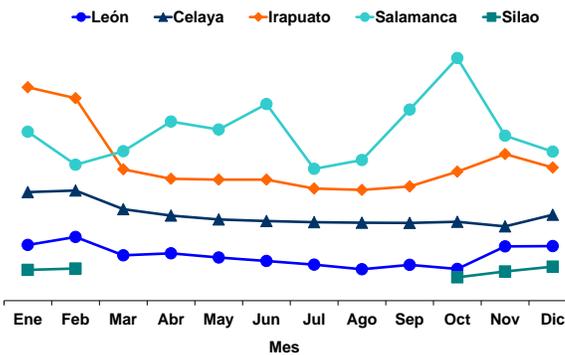
En general, las concentraciones horarias más altas de O₃ se registraron en Silao en tanto que las mensuales ocurrieron predominantemente en Irapuato.

Dióxido de azufre - SO₂

Comportamiento horario



Comportamiento mensual



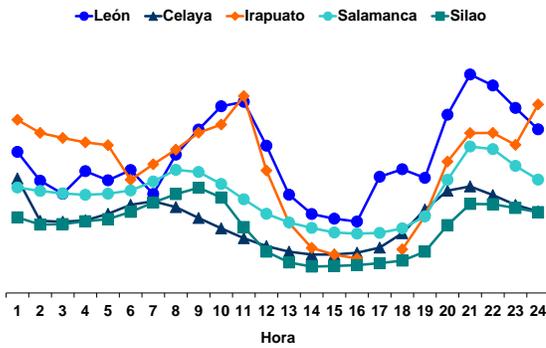
Las concentraciones de dióxido de azufre muestran un pico de concentración entre las 9:00 y las 12:00 horas en Irapuato, Salamanca y León y un segundo pico entre las 20:00 y las 24:00 horas pero sólo en las dos últimas ciudades. En el caso de Celaya las concentraciones se mantienen relativamente estables lo largo de todo el día.

Por otra parte, las concentraciones mensuales muestran poca variación a lo largo del año salvo en los casos de Salamanca e Irapuato, donde se observan cambios importantes de un mes a otro, especialmente en Salamanca.

Las concentraciones más altas, tanto horarias como mensuales, suelen ocurrir en Salamanca y las más bajas en León.

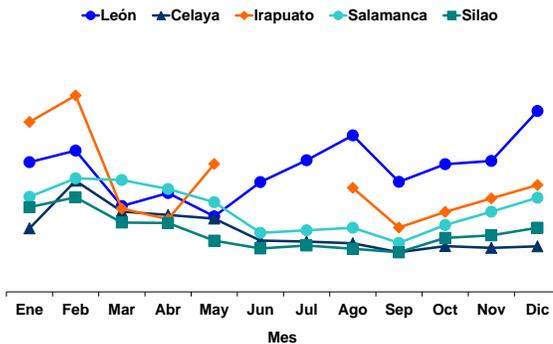
Dióxido de nitrógeno - NO₂

Comportamiento horario



Las concentraciones de dióxido de nitrógeno muestran una distribución horaria bimodal. Los registros más altos se presentan por la mañana y por la noche en la horas de más tráfico vehicular.

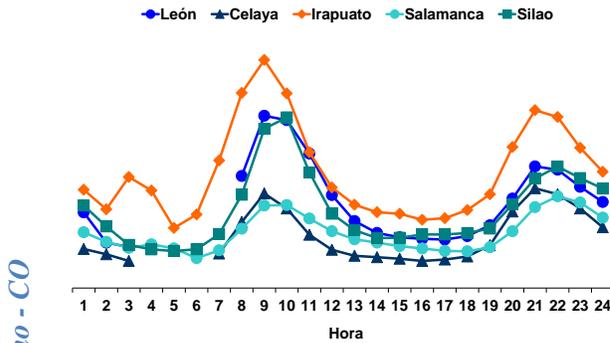
Comportamiento mensual



El comportamiento mensual, por su parte, indica que las mayores concentraciones ocurren de manera preponderante en los meses fríos (noviembre, diciembre y enero). En León se observa un comportamiento distinto, donde las concentraciones mensuales más altas ocurrieron entre julio y febrero.

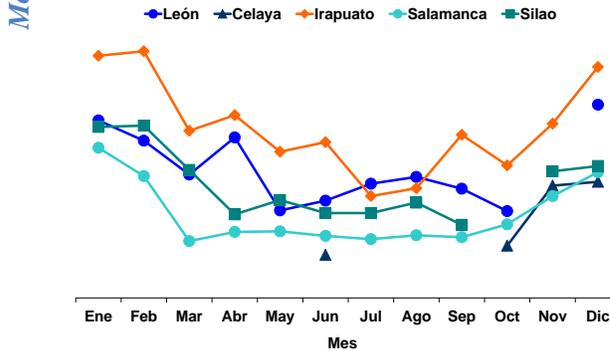
En general, las concentraciones más altas de NO₂, tanto horarias como mensuales se registraron León y las más bajas en Celaya y Silao.

Comportamiento horario



Las concentraciones de monóxido de carbono muestran una distribución horaria bimodal, la cual suele estar asociada con el patrón de tránsito vehicular. Los registros más altos se presentan por la mañana entre las 8:00 y las 11:00 horas y por la tarde entre las 19:00 y las 23:00 horas.

Comportamiento mensual



El comportamiento mensual, por su parte, indica que las mayores concentraciones ocurren en los meses fríos (diciembre y enero).

En general, las concentraciones más altas de CO, tanto horarias como mensuales se registraron Irapuato y las más bajas en Celaya y Salamanca.

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

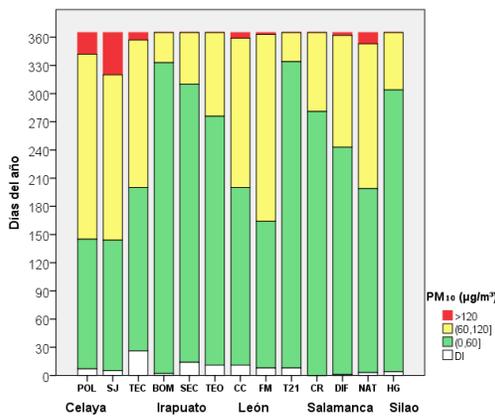
Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en términos del número de días con concentraciones superiores a los límites normados, así como la tendencia que presentan las concentraciones inferiores, pero cercanas, a estos valores. Los colores indican el número de días en los que las concentraciones registradas durante el año cumplen con alguna de las siguientes condiciones:

- ✓ No excedieron el valor diario normado (verde).
- ✓ No excedieron el valor diario normado, pero se encuentran cercanas a este valor (amarillo).
- ✓ Excedieron el valor diario normado (rojo).

- ✓ No se contó con información suficiente para evaluar el cumplimiento de alguna de las condiciones anteriores (blanco).

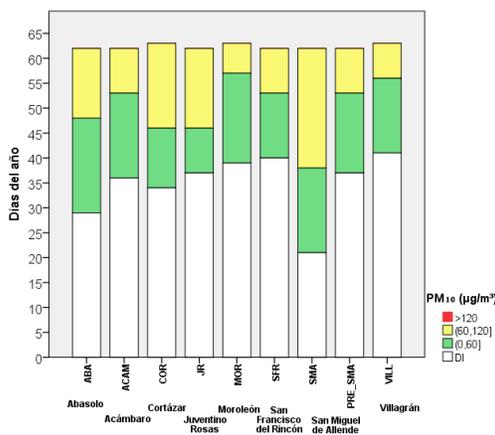
El dato base para construir este indicador es la concentración máxima del día (por ejemplo, promedio de una hora, ocho horas o 24 horas, dependiendo del contaminante que se trate), en cada estación de monitoreo. Para ver el detalle sobre la construcción de este indicador, diríjase a la sección 2.2.2.3 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.

PM₁₀ – límite de 24 horas
Monitoreo automático



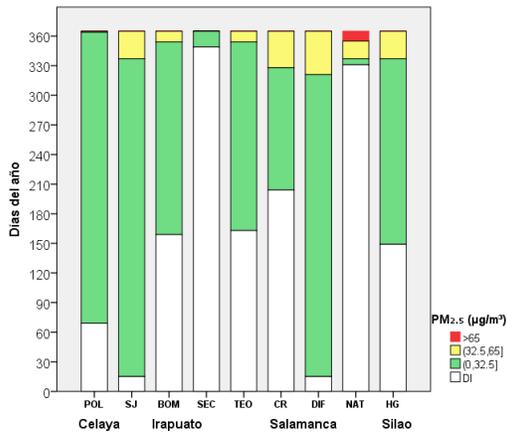
Los días con mala calidad del aire por PM₁₀ (rojo) se presentaron en estaciones pertenecientes a las redes de monitoreo de Celaya, León y Salamanca. Destacando la situación de Celaya tanto por el número de días como por el hecho de que se presentaron en las tres estaciones con las que cuenta. En Irapuato y Silao predominaron los días con buena calidad del aire (verde).

PM₁₀ – límite de 24 horas
Monitoreo manual



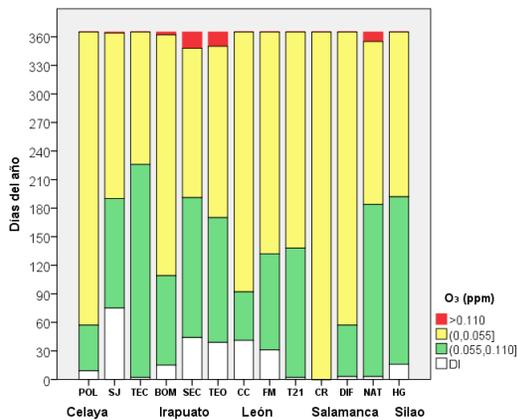
En los sitios donde se realizó monitoreo manual, éste reveló que la cantidad de muestreos inválidos llegó a ser superior al 60% en la mayoría de las estaciones (blanco), en tanto que la información útil disponible indica que no se registró ni un caso de mala calidad del aire por PM₁₀ (rojo) en ninguna de las estaciones.

PM_{2.5} - límite de 24 horas



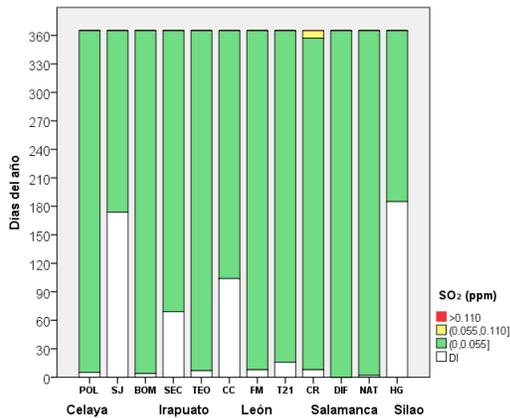
En primera instancia se aprecia la gran cantidad de días en los que no hay información suficiente para generar el indicador en la mayoría de las estaciones de monitoreo. Enseguida destaca que sólo en la estación NAT se presentaron días con mala calidad del aire (rojo) y en el resto de las estaciones los datos disponibles revelan la predominancia de días con calidad del aire buena (verde) y regular (amarillo).

O₃ - límite de 1 hora



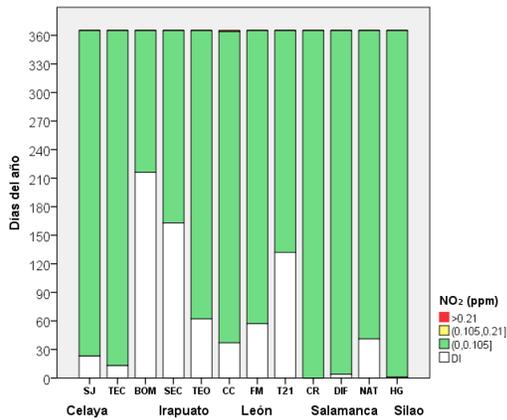
Días con mala calidad del aire por ozono (esto es, con concentraciones superiores al límite de la norma), se presentaron en las tres estaciones de monitoreo de Irapuato y en una de Salamanca, en tanto que en las estaciones de Celaya, León y Silao predominaron los días con calidad del aire buena (verde) y regular (amarillo).

SO₂ - límite de 24 horas



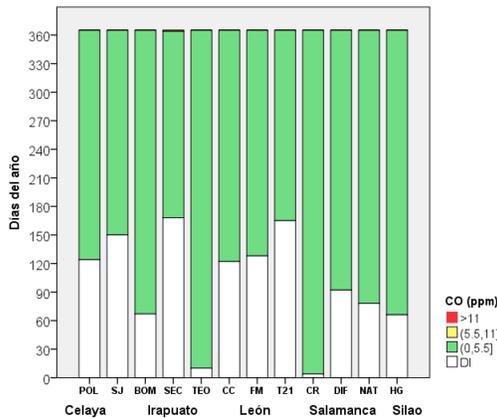
En todas las estaciones donde se midió SO₂ fue evidente el predominio del número de días con buena calidad del aire (verde). Es importante, sin embargo, mejorar el desempeño de algunas estaciones para reducir el número de días con insuficiencia de datos (blanco) para generar este indicador.

NO₂ - límite de 1 hora



Esta figura revela claramente que el dióxido de nitrógeno presenta bajos niveles de concentración en todas las estaciones de monitoreo por lo que predominan los días con buena calidad del aire (verde).

CO - límite de 8 horas



En la totalidad de los días donde fue posible generar el indicador se registró buena calidad del aire (verde) por monóxido de carbono. También se registraron días en que no fue posible estimar el indicador por insuficiencia de datos (blanco), siendo más evidente esta situación en las estaciones SJ, SEC y T21.

En la entidad se presentan problemas de incumplimiento de las normas de calidad del aire para PM₁₀, PM_{2.5} y Ozono. Celaya muestra los problemas más importantes en cuanto a PM₁₀, Salamanca los de PM_{2.5} e Irapuato los de O₃.

Los problemas de incumplimiento de la Norma Oficial Mexicana de PM₁₀ que se presentan en León sugieren la necesidad de implementar el monitoreo de PM_{2.5} en dicha red.

El monitoreo manual de PM₁₀ que se realiza en nueve estaciones de monitoreo ubicadas en ocho municipios del Estado muestra deficiencias importantes que se reflejan en la generación insuficiente de información para poder evaluar el cumplimiento de norma y caracterizar el comportamiento temporal del contaminante.

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

12.1 Información general

En el año 2014 el sistema de monitoreo de la calidad del aire (SMCA) de Hidalgo, localmente conocido como Sistema de Monitoreo Atmosférico del Estado de Hidalgo (SIMAEH), a cargo de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado, estuvo integrado por las redes de monitoreo de Pachuca, Tula de Allende y Xochicoatlán, así como por las estaciones de monitoreo instaladas en los municipios de Ajacuba, Atitalaquia, Atotonilco, Tepetitlán, Tepeji del Río, Tlaxcoapan, Tizayuca, Lolotla, Tepeapulco y Huichapan.

La Tabla 12.1 muestra las estaciones de monitoreo que conformaron el SMCA de Hidalgo en el año 2014, su capacidad de medición de contaminantes y el año en que cada una de ellas inició su operación. Por otra parte, la Figura 12.1, su ubicación geográfica.

Tabla 12.1 Estaciones de monitoreo que conformaron el SMCA de Hidalgo en el año 2014 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	✓	✗	✗	✗	✗	✗
	Instituto Tecnológico de Pachuca	ITP	Man. 2012	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Tula de Allende	Centro de Salud	CSA	Aut. 2006	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Hospital Regional	HRE	Aut. 2006	✗	✗	✓	✓	✓	✓
	Centro de Salud - Jurisdicción	TJU	Man. 2004	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Xochicoatlán	Escuela Primaria	PRIM	Man. 2012	✓	✗	✗	✗	✗	✗
	Oficina de Correos	XCT	Man. 2012	✗	✓	✗	✗	✗	✗

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
	Presidencia Municipal (Ajacuba)	AJA	Man. 2012	✓	☒	☒	☒	☒	☒
	Centro de Salud (Atitalaquia)	ATI	Aut. 2009	✓	✓	✓	✓	✓	✓
			Man. 2004	☒	✓	☒	☒	☒	☒
	Primaria Revolución (Atotonilco)	ATO	Aut. 2011	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	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	✓	☒	☒	☒	☒	☒
	Presidencia Municipal (Lolotla)	LOL	Man. 2012	☒	✓	☒	☒	☒	☒
	Bomberos* (Tepeapulco)	TEP	Aut. 2014	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Hospital* (Huichapan)	HUI	Aut. 2014	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Nota: en aquellas estaciones de monitoreo que por definición no forman parte de una red de monitoreo se indica, entre paréntesis, el municipio en el que se ubican.

*Las estaciones Bomberos de Tepeapulco y Hospital de Huichapan empezaron a operar en los meses de septiembre y agosto del año 2014, respectivamente.

Aut. = Equipo automático

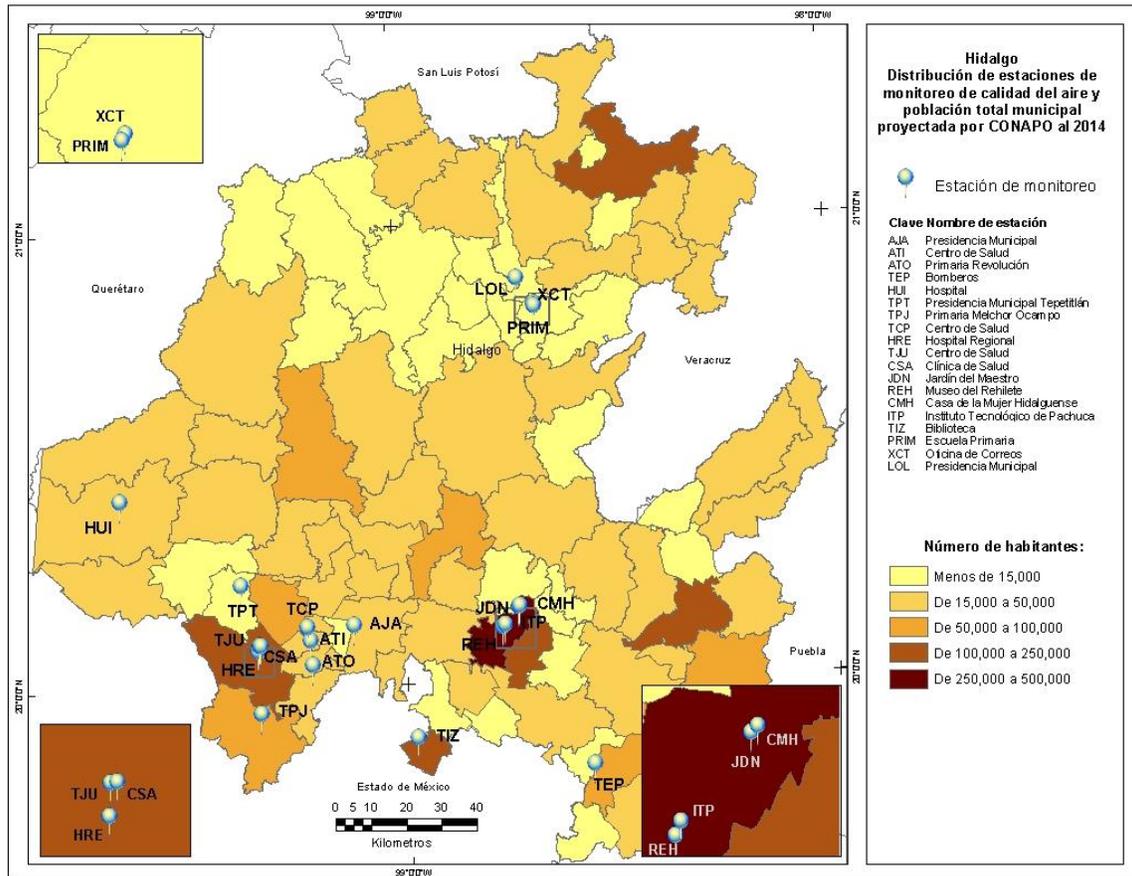
Man. = Equipo manual

☒ = 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 Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Hidalgo.

Figura 12.1 Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Hidalgo



12.2 Diagnóstico de la calidad del aire

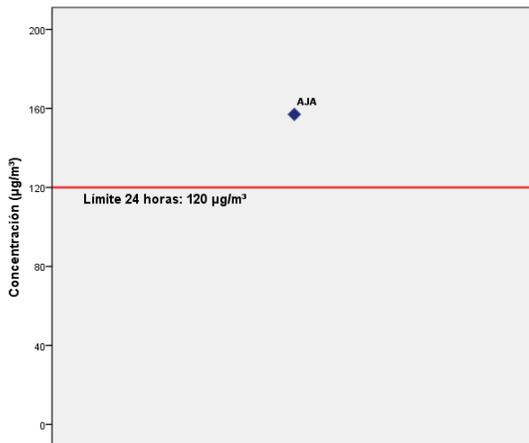
Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Hidalgo para el año 2014 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas (NOM) en la materia, el comportamiento temporal de los contaminantes y el número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo.

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 en Hidalgo. Los resultados se presentan 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.

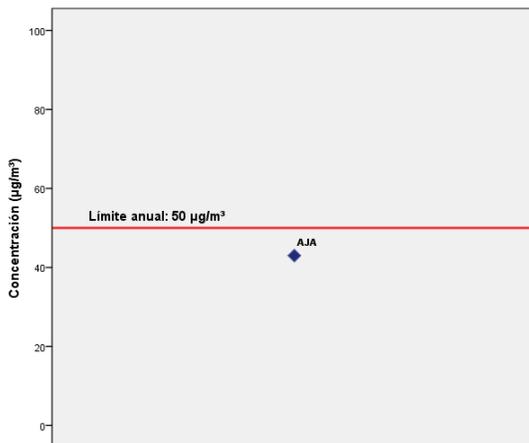
Partículas - PM₁₀

Límite de 24 horas
(Percentil 98)



Siete de las ocho estaciones manuales de medición de PM₁₀ que posee el SMCA de Hidalgo reportaron información para el año 2014, pero sólo una de ellas, AJA, cumplió con el criterio de suficiencia de datos, por lo que únicamente en ella fue posible evaluar el cumplimiento de norma. El resultado indica que el percentil 98 de las concentraciones promedio de 24 horas de PM₁₀ fue de 157 µg/m³, lo que equivale a 1.3 veces el valor normado.

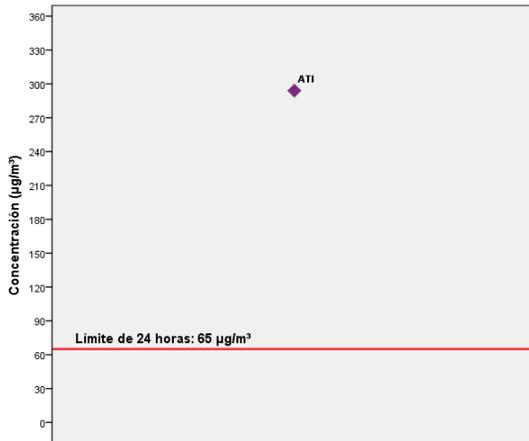
Límite anual
(Promedio anual)



El promedio anual de PM₁₀ en la misma estación, por su parte, fue 15% inferior al valor normado.

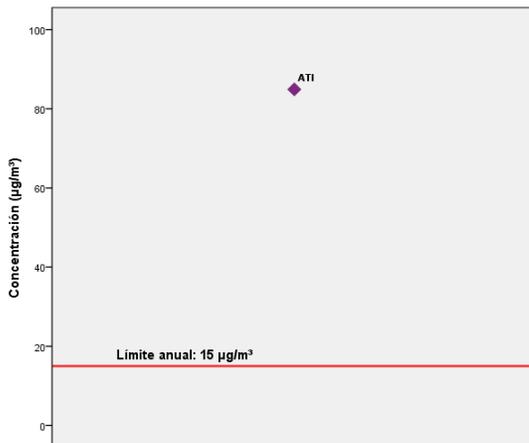
Partículas – PM_{2.5}

Límite de 24 horas
(Percentil 98)



El SMCA de Hidalgo posee cinco estaciones de monitoreo manual y todas reportaron información para el año 2014; sin embargo, sólo una de ellas, ATI, cumplió con el criterio de suficiencia de datos. En esta estación el percentil 98 de las concentraciones promedio de 24 horas fue de 294 µg/m³, valor equivalente a 4.5 veces el límite normado.

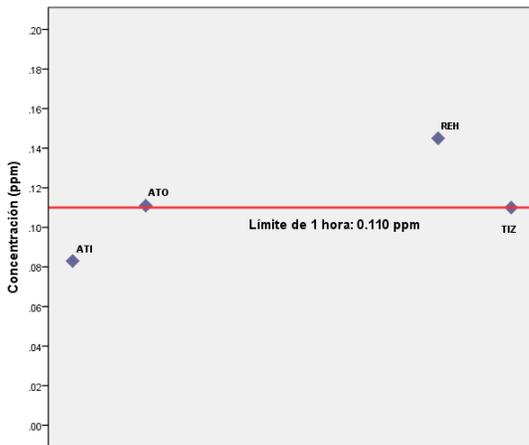
Límite anual
(Promedio anual)



El promedio anual de PM_{2.5}, en la misma estación de monitoreo, también fue superior al límite normado, con una concentración equivalente a 5.7 veces dicho límite (84.9 µg/m³).

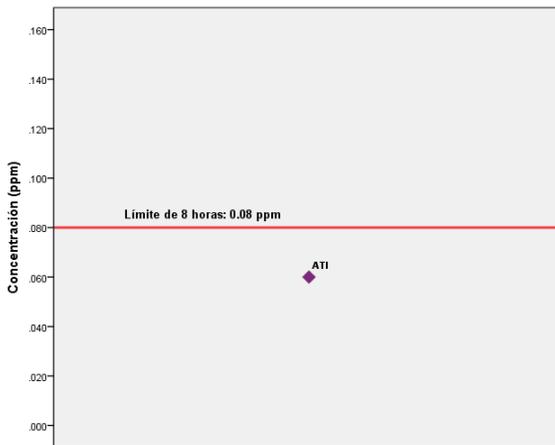
Ozono - O₃

Límite de 1 hora
(Máximo horario)



De las diez estaciones con capacidad para realizar el monitoreo del O₃ con que cuenta el SMCA de Hidalgo, sólo en cuatro fue posible hacer la evaluación del cumplimiento del límite para una hora. En dos de ellas las concentraciones horarias máximas registradas fueron superiores al límite normado (ATO, 0.111 ppm y REH, 0.145 ppm), en tanto que en otras dos dichas concentraciones fueron inferiores (ATI 0.083 ppm y TIZ 0.11 ppm).

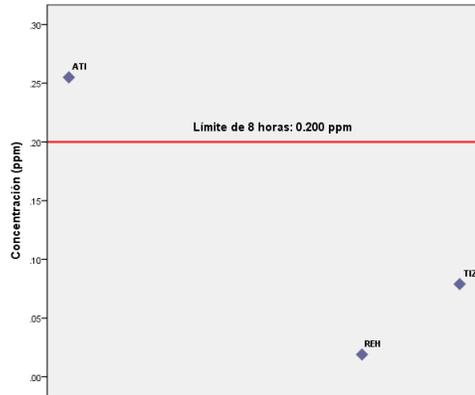
Límite de 8 horas
(Quinto máximo del promedio móvil de 8 horas)



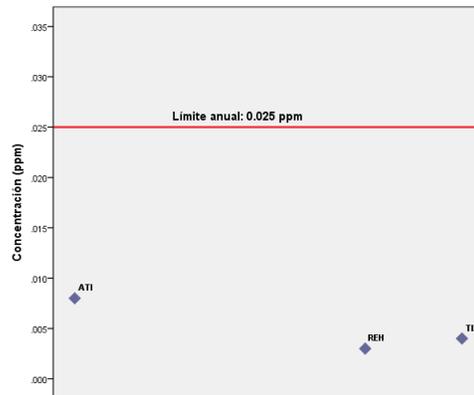
El cumplimiento del límite de ocho horas sólo se pudo evaluar en la estación ATI y el resultado muestra que el quinto máximo registrado en el año 2014 en dicha estación de monitoreo se ubicó por debajo del valor normado.

Dióxido de azufre - SO₂

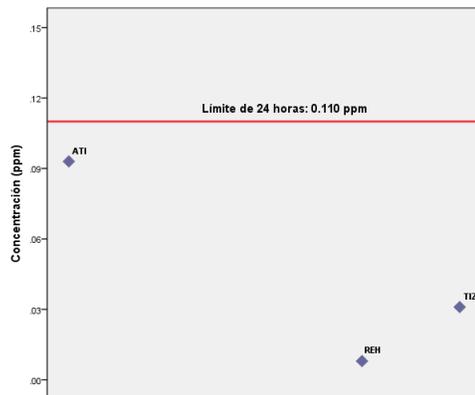
Límite de 8 horas
(Segundo máximo)



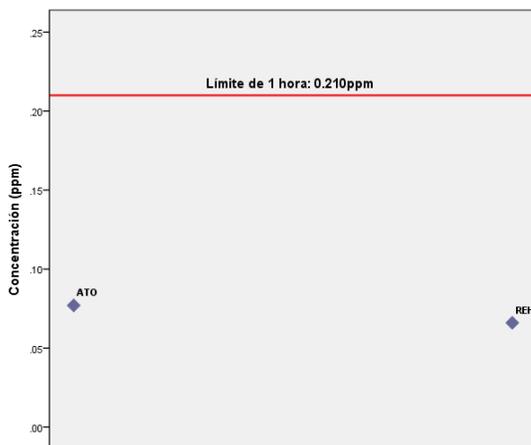
Límite anual
(Promedio anual)



Límite de 24 horas
(Máximo)



Límite de 1 hora
(Segundo máximo)



Dióxido de nitrógeno - NO₂

La evaluación del cumplimiento de los límites de ocho horas, 24 horas y anual que contempla la norma de calidad del aire para SO₂ sólo fue posible realizarla en tres de las diez estaciones con capacidad para medir este contaminante en Hidalgo. Los resultados indican que sólo en la estación ATI, se rebasó el límite de hora con una concentración de 0.255 ppm. Los otros dos límites se cumplieron en las tres estaciones de monitoreo.

El límite normado de una hora de NO₂ no fue rebasado en ninguna de las dos estaciones de monitoreo donde fue posible realizar la evaluación del cumplimiento de esta norma.

La Tabla 12.2 resume el estatus de cumplimiento de cada uno de los valores normados por contaminante y estación de monitoreo. En ella se puede apreciar que:

- La evaluación de cumplimiento de los límites normados de 24 horas y anual de PM_{10} sólo se pudo realizar en la estación de monitoreo de Ajacuba. Los resultados indicaron que el límite normado de una hora no se rebasó pero sí el límite anual. En el resto de las estaciones manuales que miden este contaminante no se generó información suficiente para evaluar este indicador, en tanto que toda la información generada por los equipos automáticos con respecto a PM_{10} fue invalidada por los responsables de este SMCA debido a que los equipos de medición presentaron diversas fallas de operación.
- En cuanto a $PM_{2.5}$ destaca el hecho de que en la única estación de monitoreo donde fue posible evaluar el cumplimiento de norma (ATI), se registraron concentraciones que fueron equivalentes a 4.5 veces el límite normado de 24 horas y 5.7 veces el límite normado anual, respectivamente. Al igual que en el caso de las PM_{10} toda la información generada por los equipos automáticos con respecto a $PM_{2.5}$ fue invalidada por los responsables de este SMCA debido a que los equipos de medición presentaron diversas fallas de operación.
- Por lo que se refiere a ozono, el límite de una hora fue excedido en dos estaciones (REH y ATO), mientras que en otras dos (ATI y TIZ), las concentraciones obtenidas fueron inferiores a dicho valor. El quinto máximo de ozono como promedio móvil de ocho horas sólo se pudo obtener en la estación ATI y dicha concentración fue inferior al límite normado.
- El límite de ocho horas de SO_2 , fue rebasado en la estación ATI con una concentración de 0.252 ppm, que es 27% superior al valor normado. Los valores normados de ocho horas y el promedio anual de este contaminante se cumplieron tanto en esta estación como en el resto de estaciones donde fue posible evaluar este indicador.
- Las concentraciones de dióxido de nitrógeno se mantuvieron por debajo del límite normado en las dos estaciones de monitoreo donde se dispuso de información suficiente para evaluar dicho indicador.

- Finalmente, con respecto a CO, no se generó ningún indicador debido a que los responsables de este SMCA decidieron invalidar la información generada en 2014 debido a que los equipos de medición presentaron diversas fallas de operación.

Algunos otros puntos a destacar sobre el desempeño de este SMCA son:

- La estación Jardín del Maestro (JDN), que forma parte de la Red de Monitoreo de Pachuca, presentó problemas operativos que no se pudieron atender por falta de refacciones, por lo cual el equipo no operó adecuadamente y se tuvieron que invalidar los datos que generó.
- La estación Hospital Regional (HRE), que se localiza en Tula de Allende, se encuentra fuera de operación desde el año 2013 por falta de refacciones para su mantenimiento. Adicionalmente, las autoridades encargadas de la operación de este SMCA, con base en las observaciones y sugerencias realizadas por parte del INECC y la Coordinación Ejecutiva de la Comisión Ambiental de la Megalópolis (CAME), han decidido realizar la reubicación de esta estación, la cual se efectuará en cuanto se cuente con el presupuesto para ello.
- La estación Tepeji del Río también presentó problemas operativos que no pudieron ser atendidos por falta de refacciones, lo cual se vio reflejado en la generación insuficiente de información que imposibilitó su uso en la generación de los indicadores desarrollados y presentados en este documento.
- Las estaciones de monitoreo de Tepeapulco y Huichapan entraron en operación en los meses de agosto y septiembre del año 2014, respectivamente. Ello motivó que no generaran la cantidad de datos que les permitiera cumplir con el criterio de suficiencia del 75% de los datos posibles en un año.

Tabla 12.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Hidalgo, durante el año 2014.

Contaminante	NOM	Límite permitido	Pachuca				Tula de Allende			Xochicoatlán		Ajacuba	Atitalaquia	Atotonilco
			JDN	REH	CMH	ITP	CSA	HRE	TJU	PRIM	XCT	AJA	ATI	ATO
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Percentil 98 ≤ 120 µg/m ³	FO	INV	DI	DI	INV	☒	DI	DI	☒	X	INV	INV
	Anual	Promedio ≤ 50 µg/m ³	FO	INV	DI	DI	INV	☒	DI	DI	☒	✓	INV	INV
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Percentil 98 ≤ 65 µg/m ³	INV	☒	☒	☒	INV	☒	☒	☒	DI	☒	X	INV
	Anual	Promedio ≤ 15 µg/m ³	INV	☒	☒	☒	INV	☒	☒	☒	DI	☒	X	INV
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.110 ppm	INV	X	☒	☒	INV	FO	☒	☒	☒	☒	✓	X
	8 hrs	Quinto máximo ≤ 0.080 ppm	INV	DI	☒	☒	INV	FO	☒	☒	☒	☒	✓	DI
⁽³⁾ SO ₂	8 hrs	Segundo máximo ≤ 0.200 ppm	FO	✓	☒	☒	DI	FO	☒	☒	☒	☒	X	DI
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	FO	✓	☒	☒	DI	FO	☒	☒	☒	☒	✓	DI
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	FO	✓	☒	☒	DI	FO	☒	☒	☒	☒	✓	DI
⁽⁴⁾ NO ₂	1 hr	Segundo máximo ≤ 0.21 ppm	INV	✓	☒	☒	INV	FO	☒	☒	☒	☒	FO	✓
⁽⁵⁾ CO	8 hrs	Segundo máximo ≤ 11 ppm	INV	INV	☒	☒	INV	FO	☒	☒	☒	☒	INV	INV

... continúa.

Contaminante	NOM	Límite permitido	Tepetitlán	Tepeji del Río	Tlaxcoapan	Tizayuca	Lolotla	Tepeapulco*	Huichapan*
			TPT	TPJ	TCP	TIZ	LOL	TEP	HUI
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Percentil 98 ≤ 120 µg/m ³	☒	INV	DI	DI	☒	DI	DI
	Anual	Promedio ≤ 50 µg/m ³	☒	INV	DI	DI	☒	DI	DI
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Percentil 98 ≤ 65 µg/m ³	DI	DI	☒	INV	DI	DI	DI
	Anual	Promedio ≤ 15 µg/m ³	DI	DI	☒	INV	DI	DI	DI
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.110 ppm	☒	FO	☒	✓	☒	DI	DI
	8 hrs	Quinto máximo ≤ 0.080 ppm	☒	FO	☒	DI	☒	DI	DI
⁽³⁾ SO ₂	8 hrs	Segundo máximo ≤ 0.200 ppm	☒	FO	☒	✓	☒	DI	DI
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	☒	FO	☒	✓	☒	DI	DI
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	☒	FO	☒	✓	☒	DI	DI
⁽⁴⁾ NO ₂	1 hr	Segundo máximo ≤ 0.21 ppm	☒	FO	☒	INV	☒	DI	DI
⁽⁵⁾ CO	8 hrs	Segundo máximo ≤ 11 ppm	☒	FO	☒	INV	☒	DI	DI

⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-1993 (DOF, 2005)

⁽²⁾ NOM-020-SSA1-1993 (DOF, 2002)

⁽³⁾ NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010)

⁽⁴⁾ NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994)

⁽⁵⁾ NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1994)

* Las estaciones Huichapan y Tepeapulco presentan insuficiencia de datos porque empezaron a operar en agosto y septiembre de 2014, respectivamente

FO = Fuera de operación.

DI = Datos insuficientes

INV = Datos invalidados

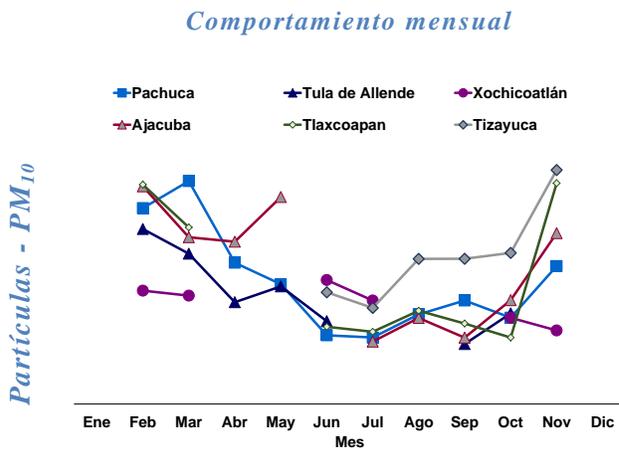
☒ = No se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante

✓ = Cumple con el límite normado

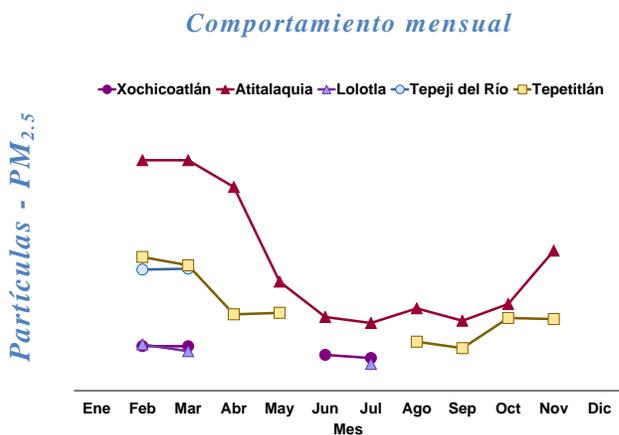
X = No cumple con el límite normado

12.2.2 Comportamiento temporal

Las figuras mostradas en esta sección permiten visualizar el comportamiento promedio de los contaminantes a lo largo del día y de los meses del año. Para conocer los detalles sobre la construcción de las gráficas ver la sección 2.2.2.2 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.



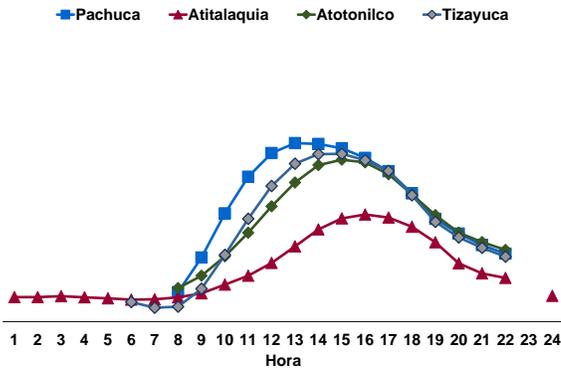
Dado que no se dispuso de información horaria sobre este contaminante, sólo se presenta el comportamiento de las concentraciones promedio mensuales a lo largo del año 2014 y a pesar de que no hay continuidad en la información disponible para la mayoría de las estaciones de monitoreo, se puede apreciar que las concentraciones más altas generalmente ocurrieron entre noviembre y marzo, en tanto que las más bajas se registraron entre julio y septiembre.



Tampoco se contó con información horaria sobre las concentraciones de PM_{2.5} y por ello sólo se muestra el comportamiento mensual de este contaminante. En general, la información disponible muestra que las concentraciones más altas se presentan entre noviembre y abril y que la estación Atitalaquia es la que consistentemente registra las concentraciones más elevadas de este SMCA.

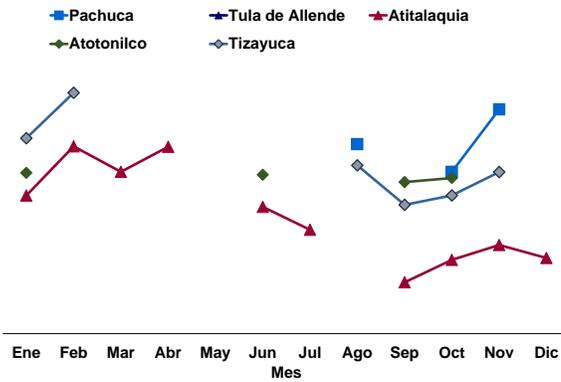
Ozono - O₃

Comportamiento horario



Las concentraciones promedio horarias de ozono muestran la característica distribución unimodal, donde las concentraciones más altas se registran entre las 12:00 y las 18:00 horas en casi todas las estaciones de monitoreo

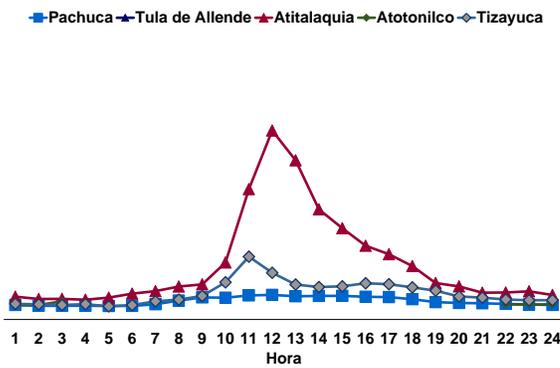
Comportamiento mensual



Por otro lado, la escasez de información para la mayoría de las estaciones de monitoreo imposibilita la identificación de algún patrón de comportamiento del ozono a lo largo del año. Sin embargo, en Atitalaquia, que es la estación que tiene la serie de datos más completa para el año 2014, se puede observar que las concentraciones más elevadas de este contaminante se presentaron entre febrero y abril.

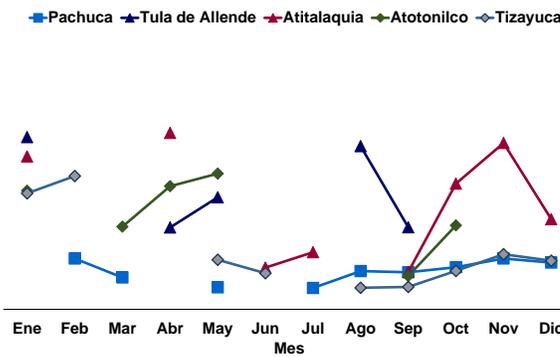
Dióxido de azufre - SO₂

Comportamiento horario



Las concentraciones horarias de dióxido de azufre muestran un pico de concentración entre las 9:00 y las 15:00 horas, siendo esto más evidente en las estaciones de Atitalaquia y Tizayuca. En el caso de Pachuca las concentraciones se mantienen relativamente estables a lo largo de todo el día. En general, las concentraciones más elevadas se presentaron en Atitalaquia.

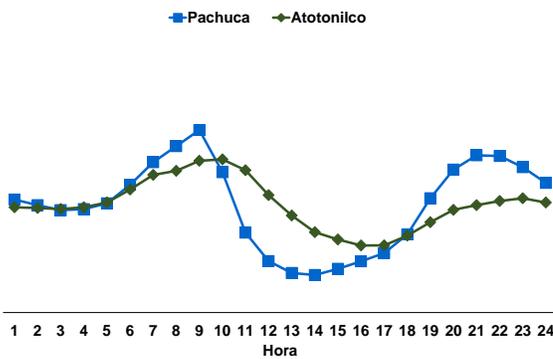
Comportamiento mensual



Por otra parte, la discontinuidad en la disponibilidad de información a lo largo del año, en prácticamente todas las estaciones de monitoreo, impide la identificación de algún patrón de comportamiento mensual de este contaminante.

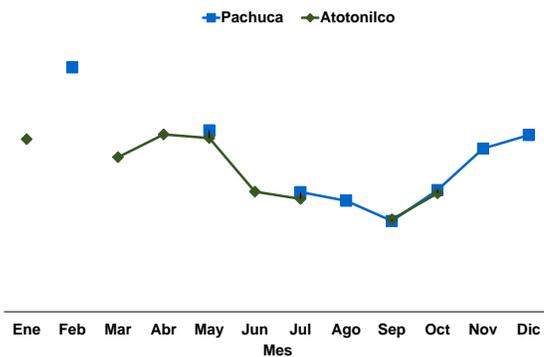
Dióxido de nitrógeno - NO₂

Comportamiento horario



Las concentraciones de dióxido de nitrógeno muestran una distribución horaria bimodal, donde el primer pico de concentración se presenta por la mañana, entre las 7:00 y las 11:00 horas, y el segundo por la tarde, después de las 19:00 horas.

Comportamiento mensual



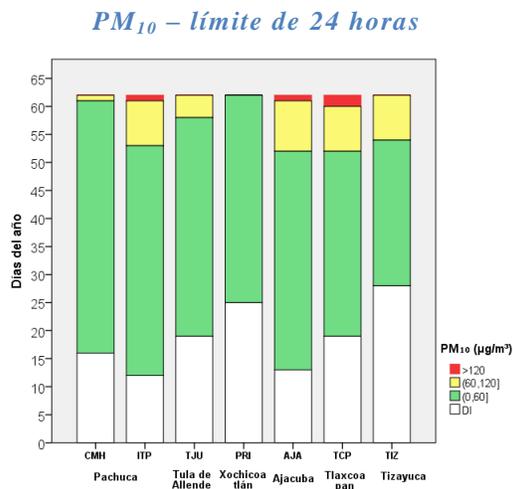
Lo que se puede inferir sobre el comportamiento a lo largo del año, a partir de la información disponible para las estaciones de Pachuca y Atotonilco, es que las concentraciones más altas de NO₂, parecen ocurrir en la época fría del año, especialmente entre noviembre y febrero. Sin embargo, esto no se puede afirmar del todo en tanto no se disponga de información más completa.

12.2.3 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 términos del número de días con concentraciones superiores a los límites normados, así como la tendencia que presentan las concentraciones inferiores, pero cercanas, a estos valores. Los colores indican el número de días en los que las concentraciones registradas durante el año cumplen con alguna de las siguientes condiciones:

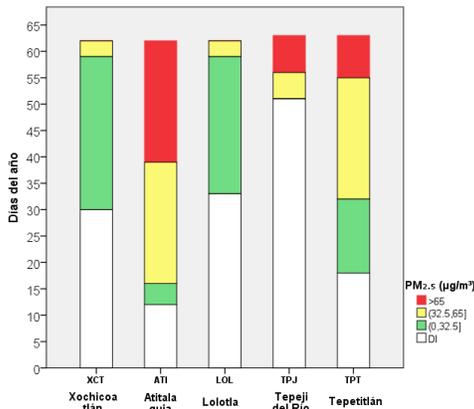
- ✓ No excedieron el valor diario normado (verde).
- ✓ No excedieron el valor diario normado, pero se encuentran cercanas a este valor (amarillo).
- ✓ Excedieron el valor diario normado (rojo).
- ✓ No se contó con información suficiente para evaluar el cumplimiento de alguna de las condiciones anteriores (blanco).

El dato base para construir este indicador es la concentración máxima del día (por ejemplo, promedio de una hora, ocho horas o 24 horas, dependiendo del contaminante que se trate), en cada estación de monitoreo. Para ver el detalle sobre la construcción de este indicador, diríjase a la sección 2.2.2.3 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.



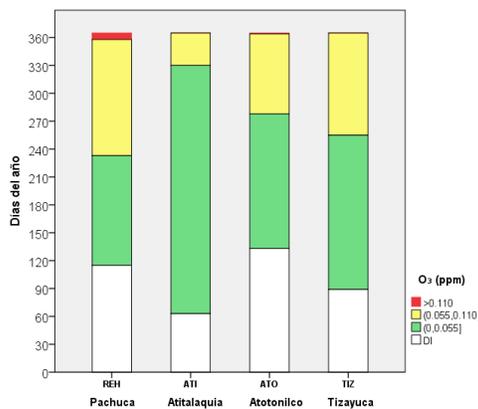
A pesar de que en todas las estaciones de monitoreo predominan los días con buena calidad del aire (verde) por PM₁₀, en tres de ellas (AJA, ITP y TCP) se puede apreciar la ocurrencia de días con mala calidad del aire (rojo). Por otra parte, otro aspecto a destacar es que en todas las estaciones de monitoreo se observa la ocurrencia de un número significativo días (entre 19 y 45%), en los que se invalidan las muestras (blanco), lo que impide hacer un diagnóstico más robusto.

PM_{2.5} – límite de 24 horas



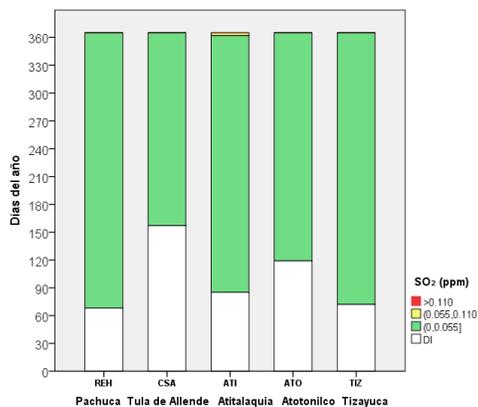
Con respecto a PM_{2.5}, destaca el caso de Atitalaquia (ATI) donde el 34% de los muestreos realizados indica la presencia de mala calidad del aire por este contaminante (rojo) y otro 34% corresponde a muestreos con calidad del aire regular (amarillo). Otros sitios que presentaron mala calidad del aire por PM_{2.5} son Tepeji del Río y Tepetitlán, con poco más del 10% de los muestreos indicando esta condición. En todas las estaciones nuevamente se hace evidente un porcentaje importante de muestreos invalidados.

O₃ - límite de 1 hora



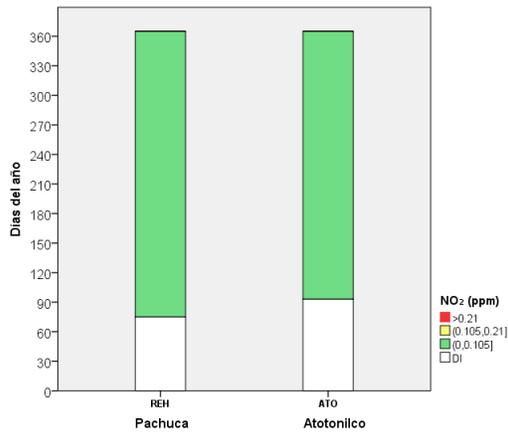
La estación REH, ubicada en Pachuca, fue la única que presentó días con mala calidad del aire por O₃. En el resto de las estaciones claramente predominaron los días con calidad del aire buena (verde) y regular (amarillo) por este contaminante. Por otra parte, el porcentaje de días con información insuficiente (blanco) para generar este indicador varió entre el 17% en la estación ATI y el 36% en la estación ATO.

SO₂ - límite de 24 horas



Con respecto a SO₂, en todas las estaciones de monitoreo predominaron los días con buena calidad del aire (verde). El porcentaje de días en esta condición varió entre 76% en la estación ATI y 81% en la estación REH. El porcentaje restante en prácticamente todas las estaciones correspondió a días con insuficiencia de datos para generar el indicador. Sólo en la estación ATI se presentó un pequeño porcentaje de días con calidad del aire regular (amarillo).

NO₂ - límite de 1 hora



Las estaciones REH y ATO fueron las únicas en las que se pudo generar este indicador y los resultados indican que en ambas dominaron los días con calidad del aire buena (verde), representando en el primer caso el 79% de los días del año y en el segundo el 75%. El porcentaje restante en ambos casos corresponde a días con información insuficiente (blanco).

A pesar de que el SMCA de Hidalgo es uno de los que cuenta con más estaciones de monitoreo en el país, con un total de 19 en el año 2014 (siete estaciones automáticas, nueve estaciones manuales y tres estaciones con ambos tipos de medición), sólo en cinco de ellas fue posible contar con información suficiente para poder hacer la evaluación de cumplimiento de norma para alguno de los contaminantes que miden. Es importante destacar, sin embargo, que de estas 19 estaciones una (HRE) estuvo fuera de operación y otras dos (Tepeapulco y Huichapan) iniciaron su funcionamiento después del mes de junio del año 2014. De acuerdo con las autoridades encargadas de la gestión de este SMCA la principal causa de los problemas operativos que se presentan es la falta de refacciones para el correcto mantenimiento de los equipos de medición.

La información disponible permitió identificar, a través del análisis de los diferentes indicadores desarrollados, la existencia de problemas de calidad del aire por partículas, específicamente por PM₁₀ en Pachuca, Ajacuba y Tlaxcoapan y por PM_{2.5} en Atitalaquia, Tepeji del Río y Tepetitlán. El sitio con las peores condiciones de calidad del aire fue Atitalaquia, tanto por los niveles de concentración de PM_{2.5} alcanzados, como por el porcentaje de muestreos con concentraciones superiores a la NOM. Asimismo, fue el único sitio donde se registró incumplimiento de la norma de calidad del aire para SO₂.

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

13.1 Información general

En el año 2014 el Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Jalisco, administrado por la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial del Estado, estuvo conformado por la Red de Monitoreo de la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG), la cual estuvo constituida 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 ellas se realiza el monitoreo de la calidad del aire con equipo automático el cual empezó a operar en el año 1993 (ver Tabla 13.1 y Figura 13.1). En el año 2014 no se tiene registro de la operación de ningún equipo de monitoreo manual de partículas.

En este informe se incluye la información del año 2014 proporcionada por la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial del Estado de Jalisco.

Tabla 13.1 Estaciones de monitoreo que conformaron el SMCA de Jalisco en el año 2014 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
Atemajac	ATM	Aut. 1993	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Centro	CEN	Aut. 1993	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Las Águilas	AGU	Aut. 1993	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Las Pintas	PIN	Aut. 1993	✓	☒	✓	✓	✓	✓
Loma Dorada	LDO	Aut. 1993	✓	☒	✓	✓	✓	✓
Miravalle	MIR	Aut. 1993	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Oblatos	OBL	Aut. 1993	✓	☒	✓	✓	✓	✓
Santa Fe	SFE	Aut. 1993	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tlaquepaque	TLA	Aut. 1993	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Vallarta	VAL	Aut. 1993	✓	✓	✓	✓	✓	✓

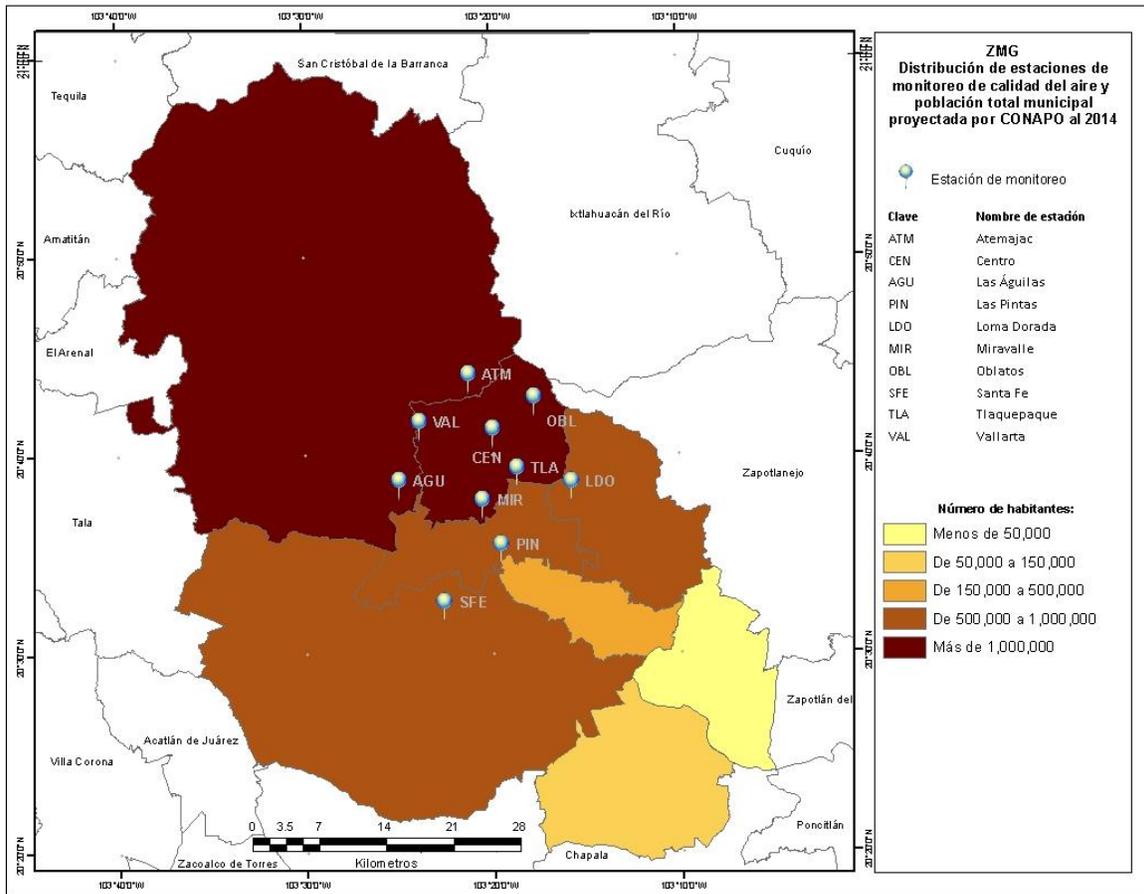
Aut. = Equipo automático

☒ = No se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.

✓ = Se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial del Estado de Jalisco.

Figura 13.1. Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de la ZMG, 2014.



13.2 Diagnóstico general de la calidad del aire

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en la ZMG para el año 2014 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas (NOM) en la materia, el comportamiento temporal de los contaminantes y el número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo.

13.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire

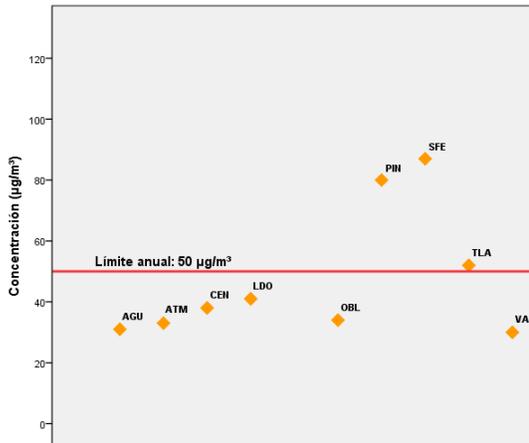
En esta sección se analiza el cumplimiento de las NOM para cada contaminante en la ZMG. Los resultados se presentan para aquellas estaciones de monitoreo donde se produjo información suficiente para hacer tal evaluación. Los valores normados usados como referencia para realizar la evaluación de cumplimiento son indicados en cada figura.

Límite de 24 horas
(Percentil 98)



El límite de 24 horas de PM₁₀ fue rebasado en tres de las diez estaciones de monitoreo automático de la ZMG, destacando el caso de las estaciones PIN y SFE donde las concentraciones asociadas al percentil 98 fueron de 184 µg/m³ y 177 µg/m³, respectivamente, equivalentes a 1.5 y 1.4 veces el valor normado.

Límite anual
(Promedio anual)



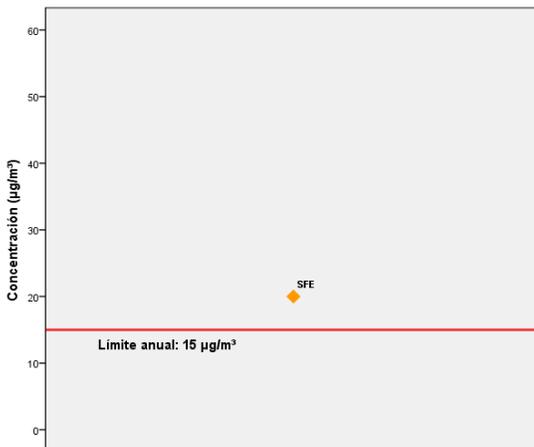
El límite anual de PM₁₀ fue rebasado en las mismas estaciones en las que se rebasó el límite de 24 horas (PIN, SFE y TLA) y nuevamente las estaciones SFE y PIN registraron las concentraciones más altas con valores de 87 µg/m³ y 80 µg/m³, respectivamente, equivalentes a 1.7 y 1.5 veces el valor normado.

Límite de 24 horas
(Percentil 98)



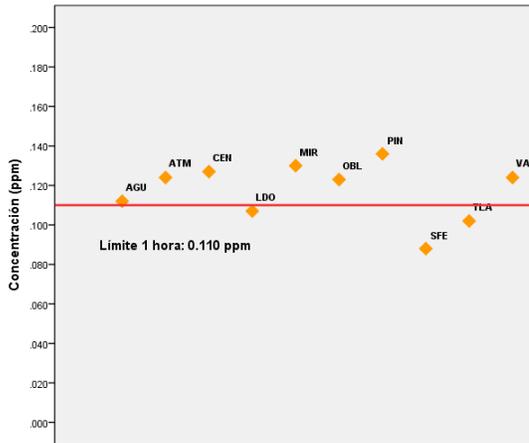
La única estación de monitoreo para la que se contó con información validada sobre PM_{2.5} fue SFE y dichos datos indican cumplimiento del valor límite de 24 horas.

Límite anual
(Promedio anual)



El límite anual, por otra parte, se rebasó en la estación SFE con una concentración de 20 µg/m³, que es 30% superior al límite permitido por la norma.

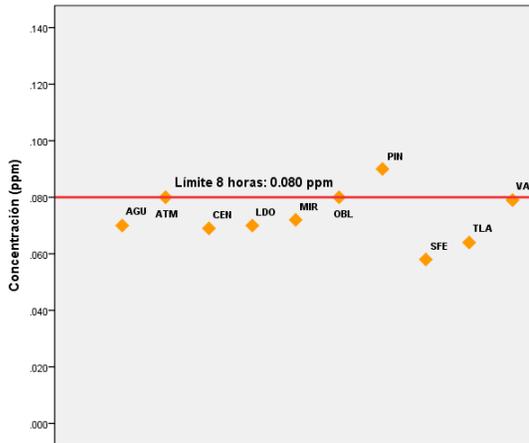
Límite de 1 hora
(Máximo horario)



El valor límite de una hora se rebasó en siete de las diez estaciones de monitoreo, con concentraciones que oscilaron entre 0.112 ppm en la estación AGU y 0.136 ppm en la estación PIN, las cuales son entre 2% y 24% mayores a dicho límite. Las tres estaciones que cumplieron con el límite referido fueron LDO, SFE y TLA.

Límite de 8 horas

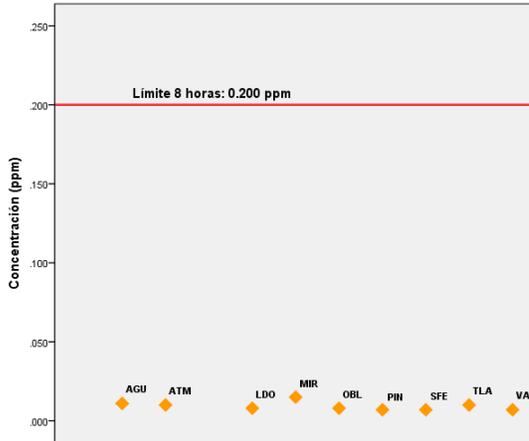
(Quinto máximo del promedio móvil de 8 horas)



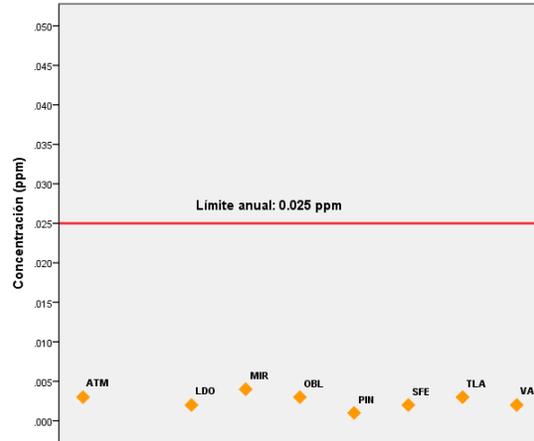
El límite de ocho horas se rebasó en la estación PIN, con una concentración de 0.090 ppm (13% mayor al límite normado). Las estaciones ATM, OBL y VAL, estuvieron muy próximas a rebasar dicho límite.

Dióxido de azufre - SO₂

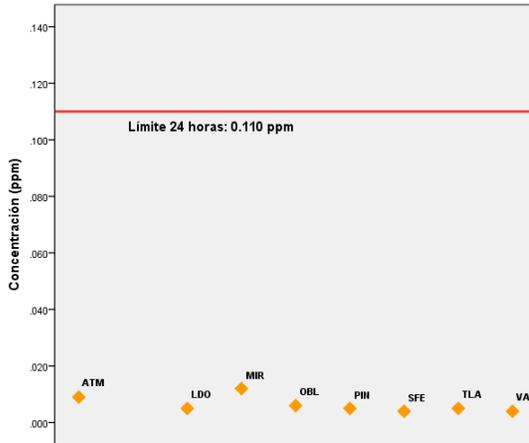
Límite de 8 horas
(Segundo máximo)



Límite anual
(Promedio anual)



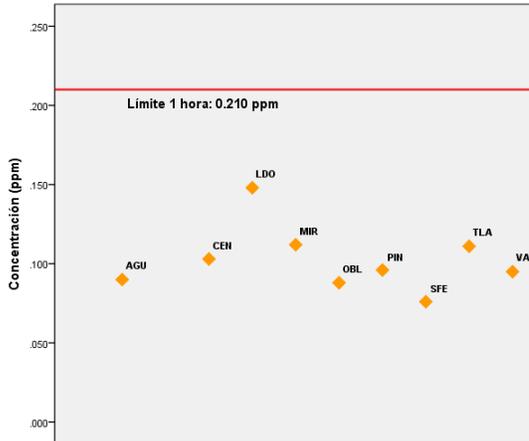
Límite de 24 horas
(Máximo)



Los valores límite de ocho horas, 24 horas y anual de dióxido de azufre se ubicaron por debajo de los límites normados en todas las estaciones de monitoreo. Las concentraciones registradas en todas las estaciones correspondieron a valores que equivalen a menos del 50% del valor límite respectivo.

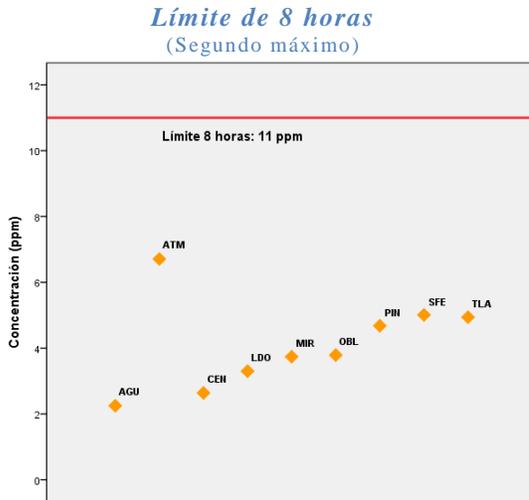
Dióxido de nitrógeno - NO₂

Límite de 1 hora
(Segundo máximo)



Las concentraciones de dióxido de nitrógeno que se registraron en todas las estaciones de monitoreo se encuentran por debajo del límite normado. La concentración registrada en la estación LDO, que es la más alta, equivale a 70% del valor de la norma.

Monóxido de carbono - CO



Las concentraciones de monóxido de carbono se mantuvieron por debajo de su límite normado en todas las estaciones de monitoreo; de hecho, en todos los casos las concentraciones registradas (segundo máximo) fueron equivalentes a menos del 65% del valor límite correspondiente.

La Tabla 13.2 resume el estatus de cumplimiento de cada uno de los valores normados por contaminante y estación de monitoreo. En ella se puede apreciar que:

- Los límites normados de 24 horas y anual de PM_{10} se cumplieron en seis estaciones de monitoreo (ATM, CEN, AGU, LDO, OBL y VAL), se incumplieron en tres más (PIN, SFE y TLA) y en una (MIR) no se registró información suficiente para generar los indicadores respectivos.
- En cuanto a $PM_{2.5}$ en la estación de monitoreo SFE se cumplió con el límite de 24 horas y se rebasó el anual. Para el resto de las estaciones de monitoreo la información fue invalidada por el personal encargado de la gestión de este sistema de monitoreo al identificar fallas en la operación de los equipos.
- Los límites de una y ocho horas de ozono se cumplieron en las estaciones de monitoreo LDO, SFE y TLA, en tanto que en las siete restantes se rebasó, al menos, el límite de una hora.
- Las concentraciones de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y monóxido de carbono se mantuvieron dentro de los límites recomendados por sus respectivas normas oficiales mexicanas en todas las estaciones de monitoreo.

Tabla 13.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en la Zona Metropolitana de Guadalajara, durante el año 2014.

Contaminante	NOM	Límite permitido	Estación									
			ATM	CEN	AGU	PIN	LDO	MIR	OBL	SFE	TLA	VAL
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Percentil 98 ≤ 120 µg/m ³	✓	✓	✓	X	✓	DI	✓	X	X	✓
	Anual	Promedio ≤ 50 µg/m ³	✓	✓	✓	X	✓	DI	✓	X	X	✓
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Percentil 98 ≤ 65 µg/m ³	INV	INV	INV	✕	✕	INV	✕	✓	INV	INV
	Anual	Promedio ≤ 15 µg/m ³	INV	INV	INV	✕	✕	INV	✕	X	INV	INV
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.110 ppm	X	X	X	X	✓	X	X	✓	✓	X
	8 hrs	Quinto máximo ≤ 0.080 ppm	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓
⁽³⁾ SO ₂	8 hrs	Segundo máximo ≤ 0.200 ppm	DI	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	✓	DI	DI	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	✓	DI	DI	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
⁽⁴⁾ NO ₂	1 hr	Segundo máximo ≤ 0.21 ppm	DI	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
⁽⁵⁾ CO	8 hrs	Segundo máximo ≤ 11 ppm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	FO

⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-1993 (DOF, 2005).

⁽²⁾ NOM-020-SSA1-1993 (DOF, 2002).

⁽³⁾ NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010).

⁽⁴⁾ NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994).

⁽⁵⁾ NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1994).

DI = Datos insuficientes.

INV = Datos invalidados por responsables del SMCA.

FO = Fuera de operación.

✓ = Cumple con el límite normado.

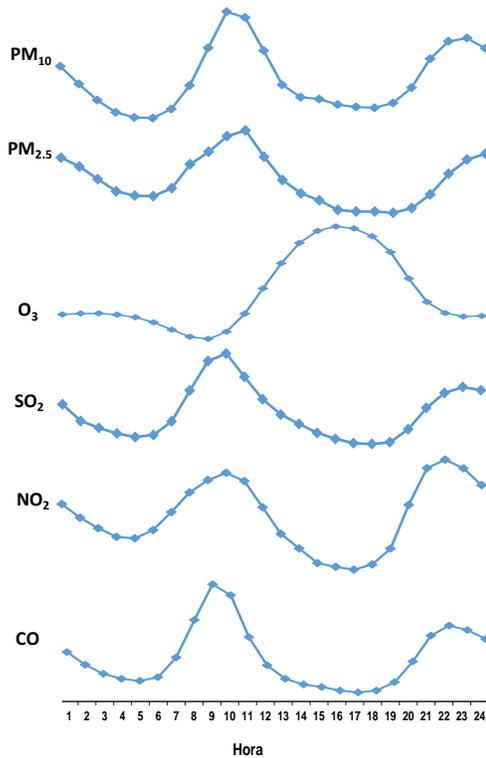
X = No cumple con el límite normado.

13.2.2 Comportamiento temporal

Las figuras mostradas en esta sección permiten visualizar el comportamiento de los contaminantes a lo largo del día y de los meses del año. Para conocer los detalles sobre la construcción de las gráficas ver la sección 2.2.2.2 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.

Comportamiento horario

ZMG 2014

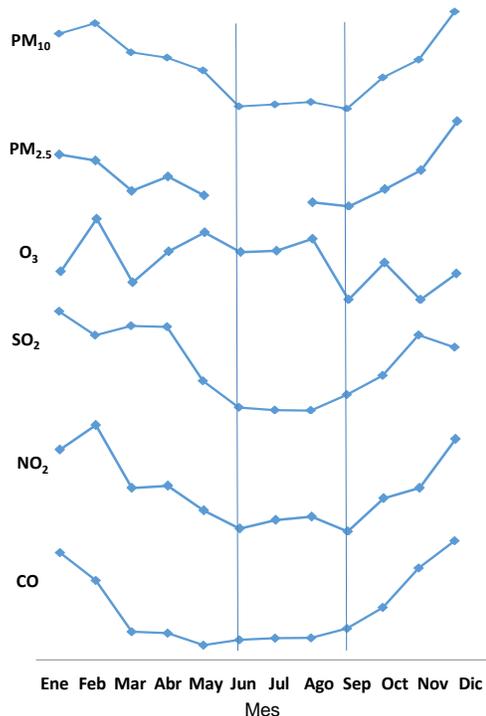


El comportamiento de las concentraciones promedio horarias de las PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, NO₂ y CO es bimodal y el pico de concentraciones de la mañana fue, salvo en el caso de NO₂, más pronunciado que el de la tarde. En general, las concentraciones más elevadas ocurrieron entre las 8:00 y las 12:00 horas. Sólo en el caso del NO₂ esto ocurrió después de las 20:00 horas.

El ozono mostró el comportamiento típico en el que las concentraciones más elevadas suelen ocurrir después del mediodía y hasta el atardecer.

Comportamiento mensual

ZMG 2014



En general, los contaminantes en la ZMG muestran un comportamiento estacional típico, donde las mayores concentraciones se registran en la temporada seca (octubre a mayo) y las menores durante la temporada de lluvia (junio a septiembre).

En el caso de las partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}) las mayores concentraciones se registraron entre diciembre y febrero y en el caso del ozono en febrero, así como entre mayo y agosto.

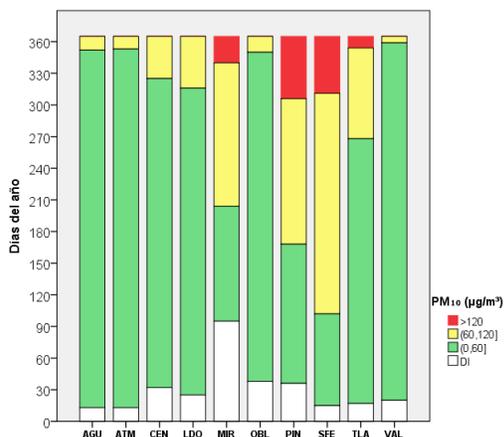
13.2.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala

Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en términos del número de días con concentraciones superiores a los límites normados, así como la tendencia que presentan las concentraciones inferiores, pero cercanas, a estos valores. Los colores indican el número de días en los que las concentraciones registradas durante el año cumplen con alguna de las siguientes condiciones:

- ✓ No excedieron el valor diario normado (verde).
- ✓ No excedieron el valor diario normado, pero se encuentran cercanas a este valor (amarillo).
- ✓ Excedieron el valor diario normado (rojo).
- ✓ No se contó con información suficiente para evaluar el cumplimiento de alguna de las condiciones anteriores (blanco).

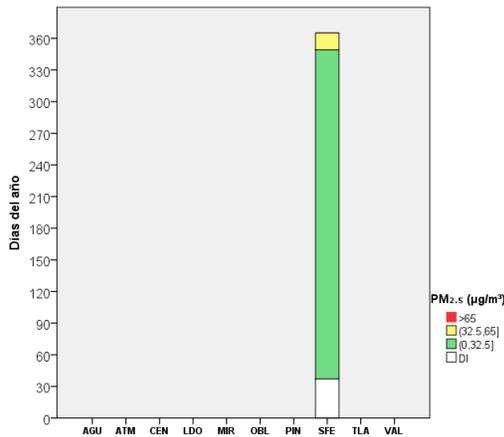
El dato base para construir este indicador es la concentración máxima del día (por ejemplo, promedio de una hora, ocho horas o 24 horas, dependiendo del contaminante que se trate), en cada estación de monitoreo. Para ver el detalle sobre la construcción de este indicador, diríjase a la sección 2.2.2.3 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.

PM₁₀ – límite de 24 horas



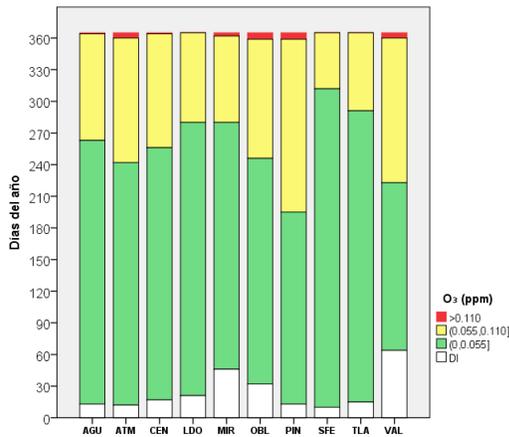
Para PM₁₀ en las estaciones MIR, PIN y SFE predominan los días con calidad del aire regular (amarillo), sobre los días con calidad del aire buena (verde). Igualmente son las estaciones en las que con mayor frecuencia se presentan días con mala calidad del aire (rojo), los cuales representan entre el 7% y el 16% del total de días del año. En el resto de las estaciones hay una predominancia de días con buena calidad del aire.

PM_{2.5} – límite de 24 horas



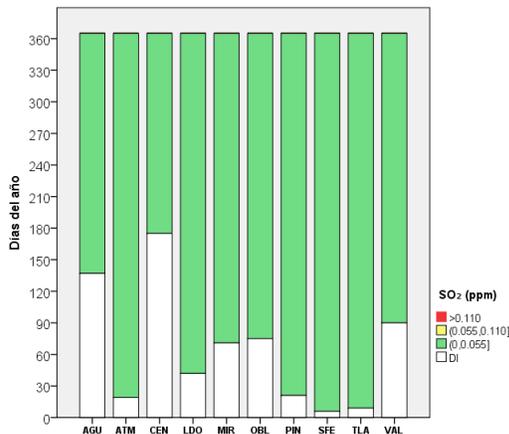
En la estación de monitoreo SFE se observó la predominancia (84%) de días con buena calidad del aire (verde) por PM_{2.5}, sobre los días con calidad del aire regular (amarillo), así como la inexistencia de días con mala calidad del aire (rojo).

O₃ - límite de 1 hora



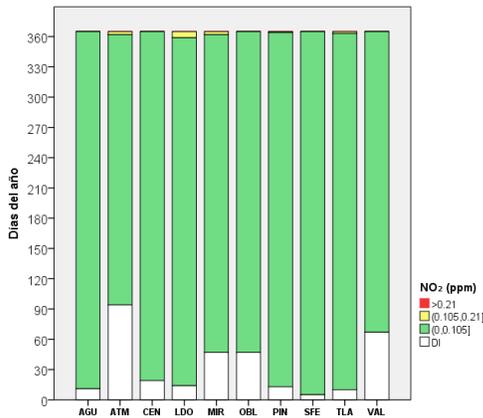
En todas las estaciones de monitoreo (salvo en VAL), al menos el 50% de los días de año registraron una buena calidad del aire (verde) respecto a ozono, y entre 15% y 45% de los días con calidad del aire regular (amarillo). En las estaciones ATM, MIR, OBL, PIN y VAL se presentaron días con calidad del aire mala (rojo) y representaron entre el 1% y 2% del total de días del año.

SO₂ - límite de 24 horas



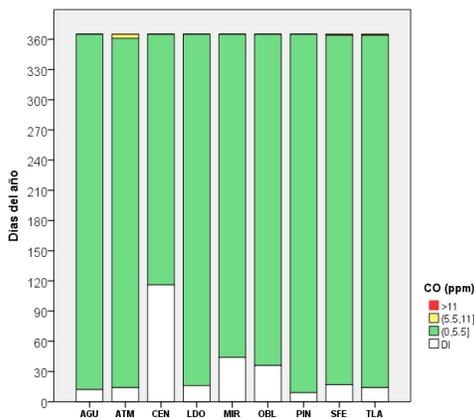
Los días con buena calidad del aire respecto a SO₂ predominaron en todas las estaciones de monitoreo. Esta condición representó entre 52% y 98% de los días del año. El porcentaje restante en cada estación corresponde a los días en los que no se generó información suficiente para estimar este indicador (blanco).

NO₂ - límite de 1 hora



La ocurrencia de días con buena calidad del aire (verde) de NO₂ en todas las estaciones de monitoreo fue superior al 70%, mientras que los días con calidad del aire regular (amarillo) se registraron en las estaciones ATM, LDO, MIR y TLA y oscilaron entre el 1% y 2%. También es apreciable la existencia de días en que no fue posible estimar el indicador por insuficiencia de datos (blanco), siendo más evidente esto en las estaciones ATM, MIR, TLA y VAL.

CO - límite de 8 horas



Prácticamente en la totalidad de los días con información suficiente para generar el indicador se registró buena calidad del aire por monóxido de carbono. Sólo en la estación ATM se registró un 1% de días con calidad del aire regular. En este caso también se registraron días en que no fue posible estimar el indicador por insuficiencia de datos (blanco), siendo más evidente esta situación en la estación CEN.

En la entidad persisten los problemas de calidad del aire tanto por PM₁₀ como por O₃. Los límites normados de 24 horas y anual de PM₁₀ se rebasaron en tres de las diez estaciones de monitoreo que conforman este SMCA y que pertenecen a los municipios de El Salto, Tlajomulco de Zúñiga y Tlaquepaque, en tanto que el cumplimiento de la NOM de PM_{2.5} sólo fue posible evaluarlo en una estación debido a la invalidación de datos para el resto de las estaciones por fallas en su operación. El límite normado de una hora de O₃ se rebasó en siete estaciones de monitoreo pertenecientes a los municipios de Zapopan, El Salto y Guadalajara, en tanto que el de ocho horas se rebasó en El Salto.

En la estación PIN, ubicada en el municipio de El Salto, se rebasaron los límites de 24 horas y anual de PM₁₀, así como los de una y ocho horas de O₃, siendo además la estación en la que con mayor frecuencia se presentan días con mala calidad del aire por estos dos contaminantes.

14. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE MICHOACÁN

14.1 Información general

El sistema de monitoreo de la calidad del aire (SMCA) de Michoacán, a cargo de la Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente del Gobierno del Estado, estuvo integrado en el año 2014 por dos estaciones de monitoreo que se ubican en la ciudad de Morelia. Una en el centro histórico (ECH) y otra en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (ECU). La Tabla 14.1 muestra las capacidades de medición de contaminantes en dichas estaciones de monitoreo y el año en que cada una inició su operación. Asimismo, la Figura 14.1, muestra su ubicación geográfica.

En este informe sólo se incluye el análisis de la información generada en el año 2014 por la estación de monitoreo ubicada en el centro histórico de Morelia y enviada al INECC por la Dirección de Protección al Ambiente del H. ayuntamiento de Morelia. La información de la estación ubicada en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo no fue enviada al INECC.

Tabla 14.1 Estaciones de monitoreo que conformaron el SMCA de Michoacán en el año 2014 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 histórico	ECH	Aut. 2005	✓	✘	✓	✓	✓	✓
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo	ECU	Aut. 2013	✓	✘	✓	✓	✓	✘

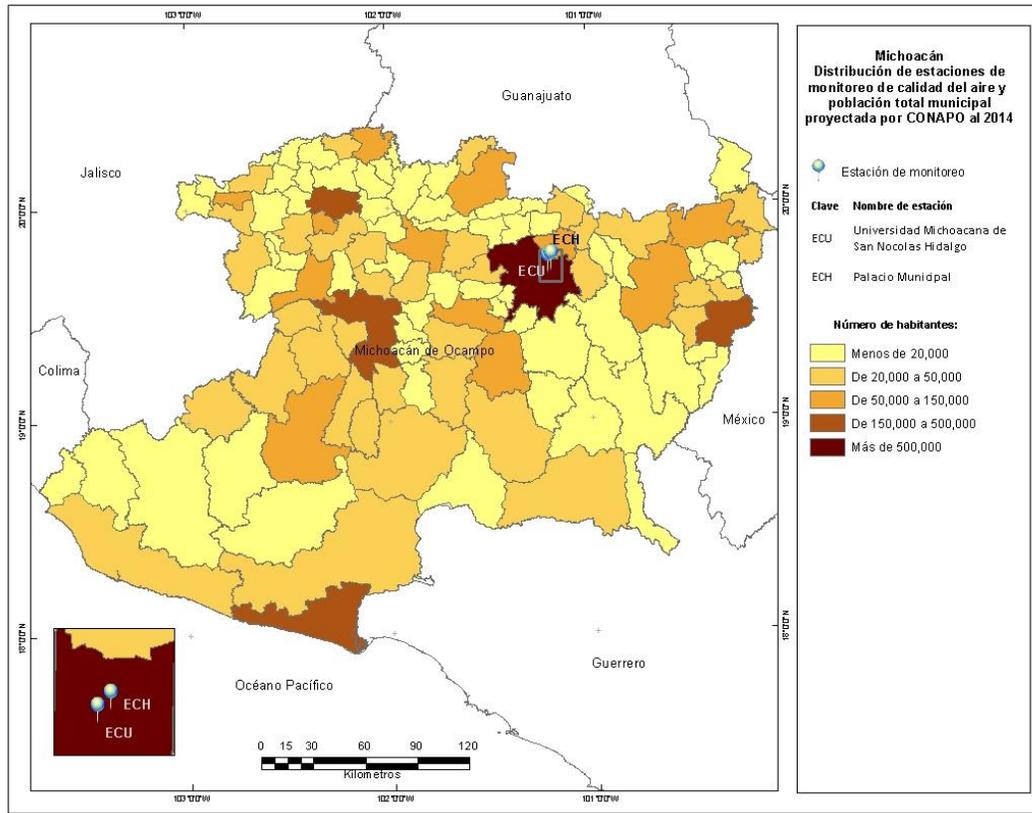
Aut. = Equipo automático.

✘ = 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 Urbanismo y Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Michoacán

Figura 14.1. Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Michoacán, 2014.



14.2 Diagnóstico de la calidad del aire

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en la ciudad de Morelia, Michoacán para el año 2014 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas (NOM) en la materia, el comportamiento temporal de los contaminantes y el número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo.

14.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire

En esta sección se analiza el cumplimiento de las NOM para cada contaminante; sin embargo, la información proporcionada para la estación de monitoreo ubicada en el centro histórico de Morelia para el año 2014 no cumplió con los criterios de suficiencia de datos indicados en la sección 2.2.2.1 Evaluación del cumplimiento de las NOM, del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores de la calidad del aire, para ninguno de los contaminantes gaseosos. En tanto que la información disponible para partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) fueron invalidados por los responsables de

este SMCA debido a problemas operativos en los equipos de medición, los cuales sólo pueden registrar concentraciones de PM₁₀ en el rango de 0 a 99 µg/m³ (ver Tabla 14.2).

Tabla 14.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Morelia, durante el año 2014.

Contaminante	NOM	Límite permitido	ECH	ECU
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Percentil 98 ≤ 120 µg/m ³	INV	ND
	Anual	Promedio ≤ 50 µg/m ³	INV	ND
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Percentil 98 ≤ 65 µg/m ³	⌘	⌘
	Anual	Promedio ≤ 15 µg/m ³	⌘	⌘
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.110 ppm	DI	ND
	8 hrs	Quinto máximo ≤ 0.080 ppm	DI	ND
⁽³⁾ SO ₂	8 hrs	Segundo máximo ≤ 0.200 ppm	DI	ND
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	DI	ND
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	DI	ND
⁽⁴⁾ NO ₂	1 hr	Segundo máximo ≤ 0.21 ppm	DI	ND
⁽⁵⁾ CO	8 hrs	Segundo máximo ≤ 11 ppm	DI	⌘

⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-1993 (DOF, 2005).
⁽²⁾ NOM-020-SSA1-1993 (DOF, 2002).
⁽³⁾ NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010).
⁽⁴⁾ NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994).
⁽⁵⁾ NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1994).

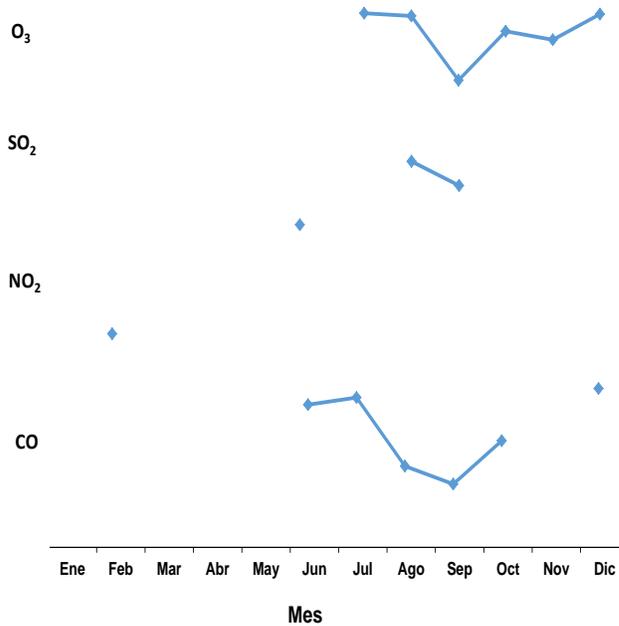
DI = Datos insuficientes.
 INV = Datos invalidados por los responsables del SMCA
 ND: Información no disponible en el INECC para su evaluación
 ⌘ = No se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.
 ✓ = Cumple con el límite normado.
 X = No cumple con el límite normado.

14.2.2 Comportamiento temporal

La figura mostrada en esta sección permite visualizar el comportamiento promedio de los contaminantes a lo largo de los meses del año. Para conocer los detalles sobre la construcción de este indicador ver la sección 2.2.2.2 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.

El gráfico sobre el comportamiento horario no se pudo construir debido a que en ninguna de las horas, para ninguno de los contaminantes, se cumple con el criterio de suficiencia de 75% de datos en el año.

*Comportamiento mensual
Morelia 2014*



Para ninguno de los contaminantes fue posible obtener la serie completa de datos para todo el año. De hecho, la serie de datos más grande es la del ozono y sólo cubre seis meses. Por ello, no es posible identificar o establecer algún patrón de comportamiento temporal a lo largo del año para ninguno de los contaminantes.

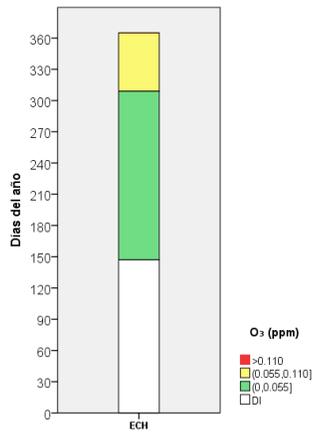
14.2.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala

Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en términos del número de días con concentraciones superiores a los límites normados, así como la tendencia que presentan las concentraciones inferiores, pero cercanas, a estos valores. Los colores indican el número de días en los que las concentraciones registradas durante el año cumplen con alguna de las siguientes condiciones:

- ✓ No excedieron el valor diario normado (verde).
- ✓ No excedieron el valor diario normado, pero se encuentran cercanas a este valor (amarillo).
- ✓ Excedieron el valor diario normado (rojo).
- ✓ No se contó con información suficiente para evaluar el cumplimiento de alguna de las condiciones anteriores (blanco).

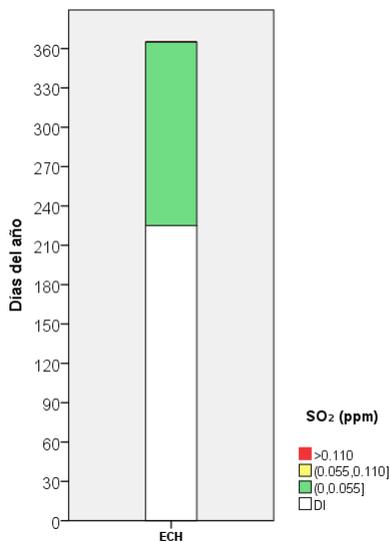
El dato base para construir este indicador es la concentración máxima del día (por ejemplo, promedio de una hora, ocho horas o 24 horas, dependiendo del contaminante que se trate), en cada estación de monitoreo. Para ver el detalle sobre la construcción de este indicador, diríjase a la sección 2.2.2.3 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.

O₃ - límite de 1 hora



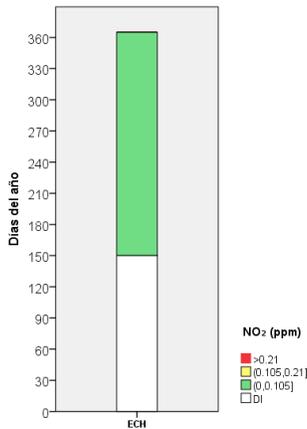
De los 218 días en los que fue posible evaluar la calidad del aire, en la estación ECH, con respecto a la concentración horaria de ozono, se encontró que en ninguno de ellos se presentó mala calidad del aire (rojo), en tanto que en 56 días ésta fue regular (amarilla) y en 162 días fue buena (verde). En los 147 días restantes la información disponible fue insuficiente para generar el indicador.

SO₂ - límite de 24 horas



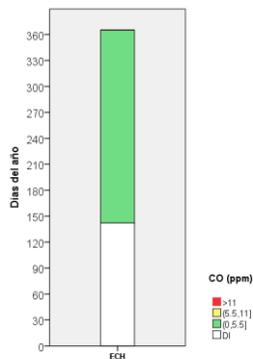
Con respecto al dióxido de azufre se encontró que en 140 días del año 2014 la calidad del aire fue buena (verde), en tanto que en los 225 restantes de este año no hubo información suficiente para generar el indicador (blanco).

NO₂ - límite de 1 hora



La calidad del aire con respecto a dióxido de nitrógeno fue buena (verde) en 215 días del año 2014 en la estación ECH, en tanto que en los 150 días restante de este año no se generó información válida suficiente para poder evaluar la calidad del aire.

CO - límite de 8 horas



Finalmente, al igual que con el SO₂ y NO₂, la calidad del aire con respecto al CO fue buena (verde), en los 223 días donde fue posible generar el indicador.

En el año 2014 operaron dos estaciones de monitoreo automático en la ciudad de Morelia, una ubicada en el centro histórico y otra en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. En el INECC, sólo se dispuso de información, para su análisis, de la estación ubicada en el centro histórico. En general, los resultados de dicho análisis indican que, en apariencia, durante el año 2014 no se registraron concentraciones superiores a los límites normados para ninguno de los contaminantes. Sin embargo, esta aseveración no puede ser concluyente debido a la poca información válida usada en el análisis realizado. Derivado de ello, es fundamental incrementar la cantidad de datos confiables que genera la estación de monitoreo ECH y corregir los problemas operativos del equipo de medición de PM₁₀, que se vienen arrastrando desde el año 2011.

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

15.1 Información general

En el año 2014 el sistema de monitoreo de la calidad del aire 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). La Tabla 15.1 muestra las capacidades de medición de contaminantes en cada estación de monitoreo, y el año en que cada una de ellas inició su operación. En general, se observa que ninguna de las estaciones está equipada para llevar a cabo la medición de partículas fracción $PM_{2.5}$, en tanto que la fracción PM_{10} puede ser medida en tres de las cuatro estaciones de monitoreo que integran este SMCA. Por otro lado, todas las estaciones de monitoreo cuentan con equipamiento para la medición de los cuatro contaminantes gaseosos normados (O_3 , SO_2 , NO_2 y CO).

La Figura 15.1, muestra su ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo que conformaron este SMCA en 2014.

Tabla 15.1 Estaciones de monitoreo que conformaron los SMCA de Morelos en el año 2014 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	✓	✘	✓	✓	✓	✓

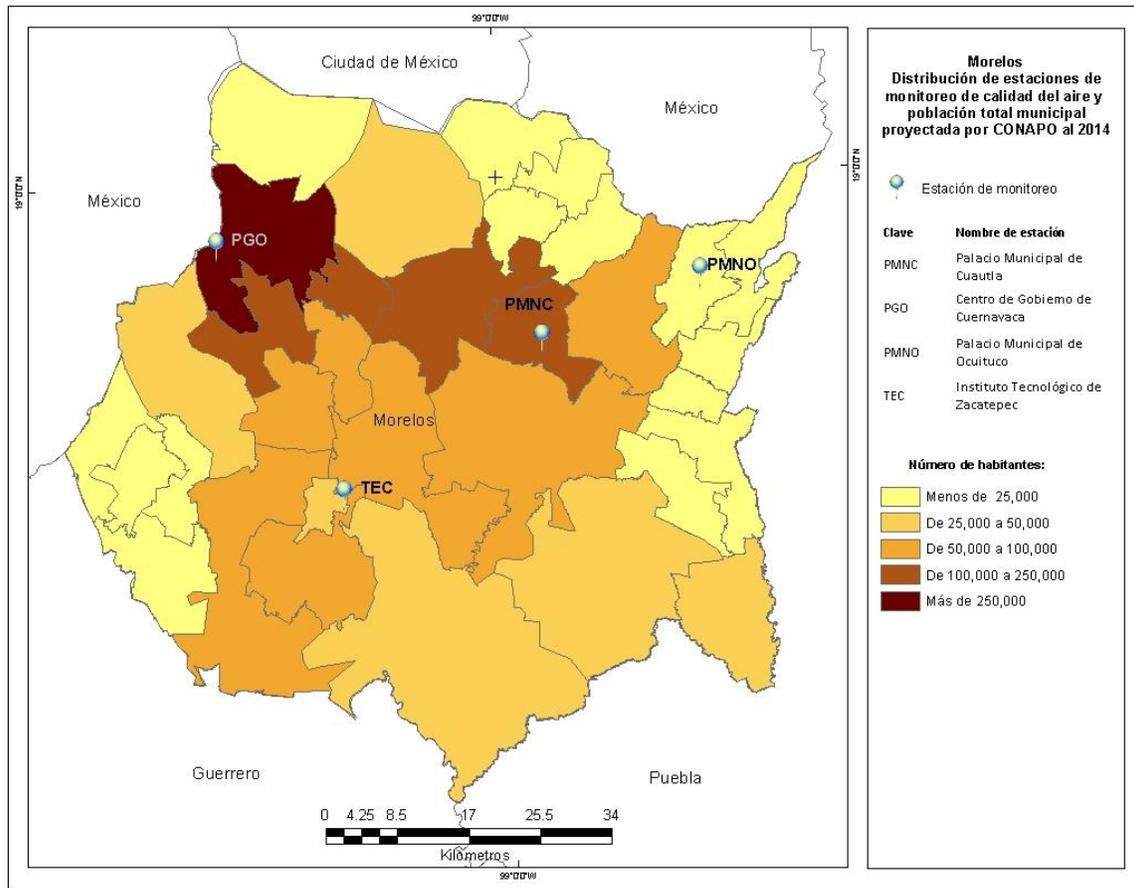
Aut. = Equipo automático.

✘ = 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 15.1. Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Morelos, 2014.



15.2 Diagnóstico de la calidad del aire

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Morelos para el año 2014 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en la materia, el comportamiento temporal de los contaminantes y el número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo.

15.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire

En esta sección se analiza el cumplimiento de las NOM para cada contaminante en Morelos. Los resultados se presentan 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.

Ozono - O₃

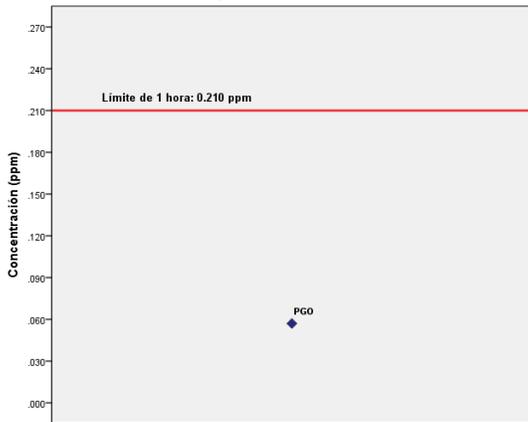
Límite de 1 hora
(Máximo horario)



La evaluación del cumplimiento de norma con respecto al ozono sólo se pudo desarrollar en la estación PGO que se ubica en Cuernavaca y el resultado indica que el máximo horario registrado en esta estación fue de 0.13 ppm, que es 18% superior al límite normado.

Dióxido de nitrógeno - NO₂

Límite de 1 hora
(Segundo máximo)



El segundo máximo horario de dióxido de nitrógeno registrado en la estación de monitoreo PGO, se ubicó por debajo del límite normado con una concentración equivalente al 27% de éste.

Monóxido de carbono - CO

Límite de 8 horas
(Segundo máximo)



El segundo máximo, como promedio móvil de ocho horas, de monóxido de carbono que se registró en la estación de monitoreo PGO en el año 2014 también se ubicó por debajo del límite normado. La concentración registrada es equivalente al 32% del valor normado.

La Tabla 15.2 resume el estatus de cumplimiento de cada uno de los valores normados por contaminante y estación de monitoreo. En ella se puede apreciar que sólo en la estación de monitoreo PGO, ubicada en Cuernavaca, fue posible evaluar el cumplimiento de los límites normados de ozono, dióxido de nitrógeno y monóxido de carbono. Siendo desfavorable el resultado en el primer caso y favorable en los dos restantes.

En general, de acuerdo con información recibida de parte de las autoridades responsables de la gestión de este SMCA, desde su instalación, la operación de las estaciones de monitoreo ha sido interrumpida en diversas ocasiones y no se ha contado con un programa de aseguramiento y control de calidad que garantice una adecuada operación y mantenimiento de los equipos de medición que den certeza sobre los datos que se reportan. Además, los equipos son antiguos y presentan múltiples fallas, como en la estación de monitoreo de Cuautla, de la cual no se tienen datos para el año 2014 debido a que el Datalogger, equipo que almacena los datos, no funciona.

Tabla 15.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Morelos, durante el año 2014.

Contaminante	NOM	Límite permitido	Cuernavaca	Cuautla	Ocuituco	Zacatepec
			PGO	PMNC	PMNO	TEC
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Percentil 98 ≤ 120 µg/m ³	FO	∅	DI	DI
	Anual	Promedio ≤ 50 µg/m ³	FO	∅	DI	DI
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Percentil 98 ≤ 65 µg/m ³	∅	∅	∅	∅
	Anual	Promedio ≤ 15 µg/m ³	∅	∅	∅	∅
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.110 ppm	X	FO	DI	DI
	8 hrs	Quinto máximo ≤ 0.080 ppm	DI	FO	DI	DI
⁽³⁾ SO ₂	8 hrs	Segundo máximo ≤ 0.200 ppm	DI	FO	DI	DI
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	DI	FO	DI	DI
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	DI	FO	DI	DI
⁽⁴⁾ NO ₂	1 hr	Segundo máximo ≤ 0.21 ppm	✓	FO	DI	DI
⁽⁵⁾ CO	8 hrs	Segundo máximo ≤ 11 ppm	✓	FO	FO	DI

⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-1993 (DOF, 2005)

⁽²⁾ NOM-020-SSA1-1993 (DOF, 2002)

⁽³⁾ NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010)

⁽⁴⁾ NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994)

⁽⁵⁾ NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1994)

DI = Datos insuficientes

FO = Fuera de operación

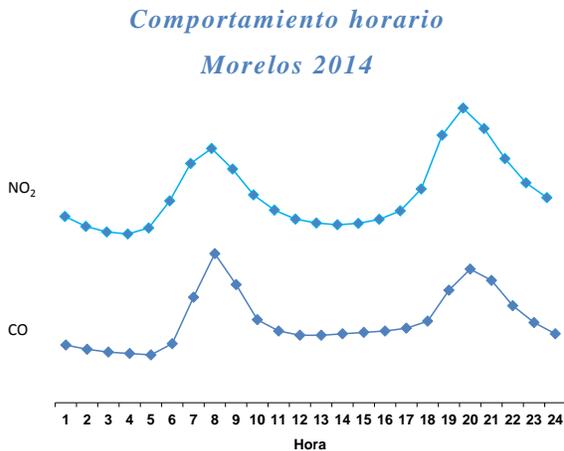
∅ = No se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante

✓ = Cumple con el límite normado

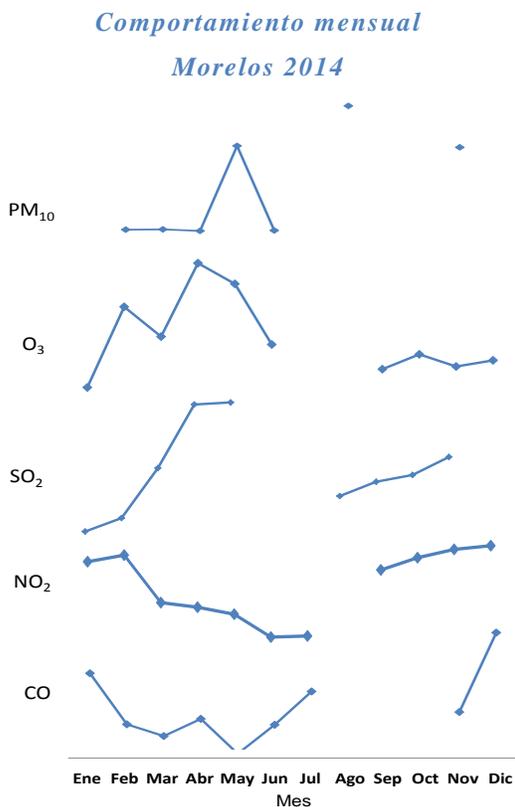
X = No cumple con el límite normado

15.2.2 Comportamiento temporal

Las figuras mostradas en esta sección permiten visualizar el comportamiento promedio de los contaminantes a lo largo del día y de los meses del año. Para conocer los detalles sobre la construcción de las gráficas ver la sección 2.2.2.2 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.



El comportamiento de las concentraciones promedio horarias de NO₂ y CO es bimodal. Los picos de concentración, en ambos casos, ocurrieron entre las 6:00 y las 10:00 horas, por la mañana y entre las 18:00 y las 22:00 horas por la tarde. Para el resto de los contaminantes no fue posible generar este indicador por insuficiencia de información.



En general, no se obtuvo la serie completa de datos para todo el año para ningún contaminante, por lo que es muy difícil establecer con claridad algún patrón de comportamiento.

Sólo en el caso del NO₂ se puede destacar que las concentraciones más elevadas se presentaron entre noviembre y febrero, pero sin llegar a alcanzar concentraciones superiores al normado como se desprende del análisis de cumplimiento de norma.

En el caso de las partículas PM₁₀ las mayores concentraciones se registraron en mayo y agosto.

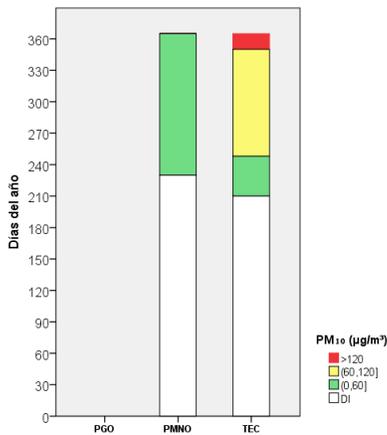
15.2.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala

Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en términos del número de días con concentraciones superiores a los límites normados, así como la tendencia que presentan las concentraciones inferiores, pero cercanas, a estos valores. Los colores indican el número de días en los que las concentraciones registradas durante el año cumplen con alguna de las siguientes condiciones:

- ✓ No excedieron el valor diario normado (verde).
- ✓ No excedieron el valor diario normado, pero se encuentran cercanas a este valor (amarillo).
- ✓ Excedieron el valor diario normado (rojo).
- ✓ No se contó con información suficiente para evaluar el cumplimiento de alguna de las condiciones anteriores (blanco).

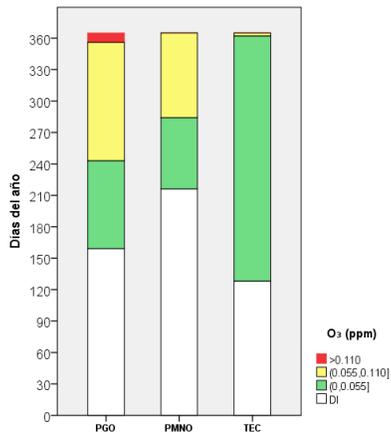
El dato base para construir este indicador es la concentración máxima del día (por ejemplo, promedio de una hora, ocho horas o 24 horas, dependiendo del contaminante que se trate), en cada estación de monitoreo. Para ver el detalle sobre la construcción de este indicador, diríjase a la sección 2.2.2.3 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.

PM₁₀ – límite de 24 horas



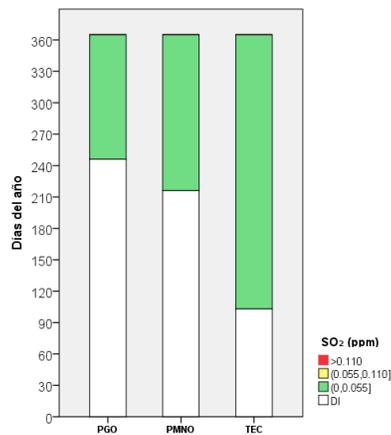
De las dos estaciones de monitoreo que reportaron información sobre PM₁₀, sólo en el caso de la estación TEC, ubicada en Zacatepec, se registraron días con mala calidad del aire (rojo), los cuales representaron el 4% del total de días del año 2014. En la estación PMNO, en el 37% de los días del año donde fue posible generar el indicador todos correspondieron a días con buena calidad del aire (verde). En ambas estaciones se presentó un porcentaje significativo de días con información insuficiente (blanco).

O₃ - límite de 1 hora



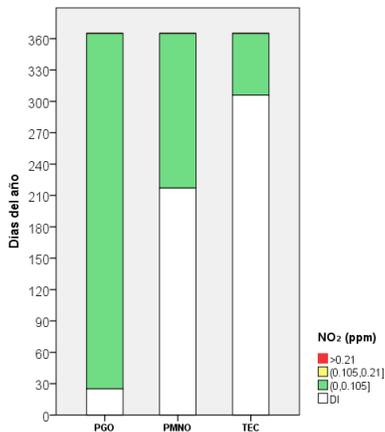
En la estación de monitoreo de Cuernavaca (PGO) se presentaron nueve días con mala calidad del aire por ozono (rojo), lo que representó el 2% del total de días del año 2104. En tanto que en las estaciones PMNO y TEC sólo se presentaron días con calidad del aire buena (verde) y regular (amarillo). En las tres estaciones el porcentaje de días con información insuficiente fue superior al 35%.

SO₂ - límite de 24 horas



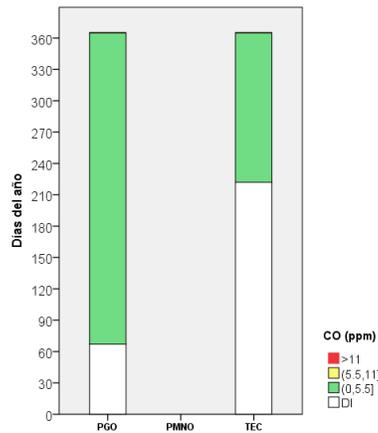
El porcentaje de días con buena calidad del aire (verde) con respecto a SO₂ en el año 2014 fue de 67% en la estación PGO, 59% en la estación PMNO y 28% en la estación TEC. El porcentaje restante en cada caso correspondió a los días en los que no se contó con información suficiente para generar este indicador.

NO₂ - límite de 1 hora



La calidad del aire con respecto a NO₂ fue buena (verde) en el 93% de los días del año en la estación PGO, 41% de los días en la estación PMNO y 16% de los días en la estación TEC. El porcentaje restante en cada caso correspondió a los días en los que no se contó con información suficiente para generar este indicador.

CO - límite de 8 horas



El CO sólo se reportó en las estaciones PGO y TEC y en ambos casos, en todos los días donde fue posible generar el indicador (82% y 39% de los días del año, respectivamente) la calidad del aire fue buena (verde). El porcentaje de días restante en cada caso correspondió a días con información insuficiente (blanco).

Después de cerca de ocho años de operación intermitente, este SMCA restableció el funcionamiento de las cuatro estaciones de monitoreo en el mes de diciembre de 2013; sin embargo, persisten áreas de oportunidad para mejorar el desempeño de dichas estaciones, pues la suficiencia de información generada es baja para la mayoría de los contaminantes y ello imposibilita la evaluación del cumplimiento de la normatividad en la materia. Este tema es particularmente relevante en los casos de partículas PM_{10} y ozono. En ambos casos, la poca información disponible advierte la posibilidad de que se estén presentando problemas de calidad del aire por PM_{10} en Zacatepec y por Ozono en Cuernavaca.

En general, resulta primordial fortalecer el desempeño de este SMCA para estar en posibilidades de hacer un diagnóstico más robusto sobre la calidad del aire en la entidad e informar con certeza y oportunidad a la población. De acuerdo con información proporcionada por las autoridades responsables de la gestión de este SMCA algunas de las principales causas asociadas a la deficiente operación de los equipos de medición son su antigüedad y la falta de refacciones y consumibles para su correcto mantenimiento.

16. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE NUEVO LEÓN

16.1 Información general

En el año 2014 el sistema de monitoreo de la calidad del aire 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 está constituida por 10 estaciones de monitoreo automático. Dos estaciones se localizan en el municipio de Monterrey (Obispado - CE y San Bernabé - NO) y una más en cada uno de los siguientes municipios: Apodaca (Apodaca – NE2), General Escobedo (Escobedo – N), García (García – NO2), Juárez (Juárez SE2), Guadalupe (La Pastora – SE), San Nicolás de los Garza (San Nicolás – NE), San Pedro Garza García (San Pedro – SO2) y Santa Catarina (Santa Catarina – SO).

La Tabla 16.1 muestra las estaciones de monitoreo que conformaron el SMCA de Nuevo León en el año 2014, sus capacidades de medición de contaminantes 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 de monitoreo que conformaron este sistema en el año referido.

Tabla 16.1 Estaciones que conformaron el SMCA de Nuevo León en el año 2014 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
Apodaca	NE2	Aut. 2012	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Escobedo	N	Aut. 2009	✓	✘	✓	✓	✓	✓
García	NO2	Aut. 2009	✓	✘	✓	✓	✓	✓
Juárez	SE2	Aut. 2012	✓	✘	✓	✓	✓	✓
La Pastora	SE	Aut. 1992	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Obispado	CE	Aut. 1992	✓	✓	✓	✓	✓	✓
San Bernabé	NO	Aut. 1992	✓	✓	✓	✓	✓	✓
San Nicolás	NE	Aut. 1992	✓	✓	✓	✓	✓	✓
San Pedro	SO2	Aut. 2014	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Santa Catarina	SO	Aut. 1992	✓	✓	✓	✓	✓	✓

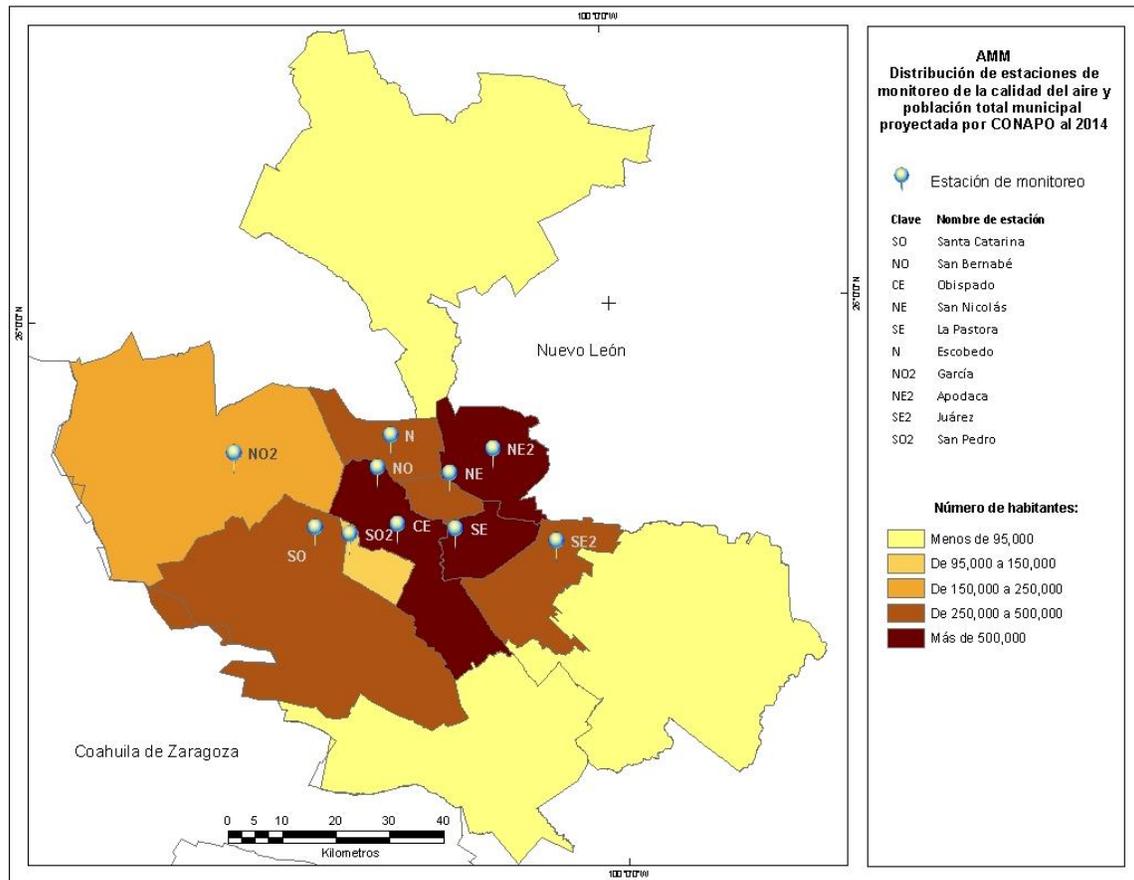
Aut. = Equipo automático

✘ = 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 Estado de Nuevo León.

Figura 16.1. Red de Monitoreo de la Calidad del Aire del AMM, 2014.



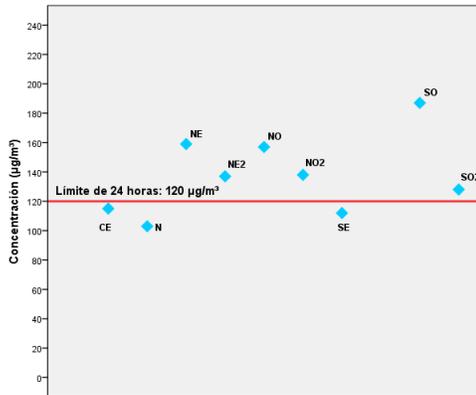
16.2 Diagnóstico de la calidad del aire

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en el AMM para el año 2014 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en la materia, el comportamiento temporal de los contaminantes y el número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo.

16.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire

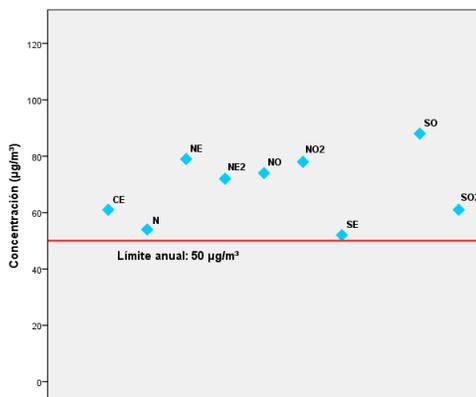
En esta sección se analiza el cumplimiento de las NOM para cada contaminante en el AMM. Los resultados se presentan para aquellas estaciones de monitoreo donde se produjo información suficiente para hacer tal evaluación. Los valores normados usados como referencia para realizar la evaluación de cumplimiento son indicados en cada figura.

Límite de 24 horas
(Percentil 98)



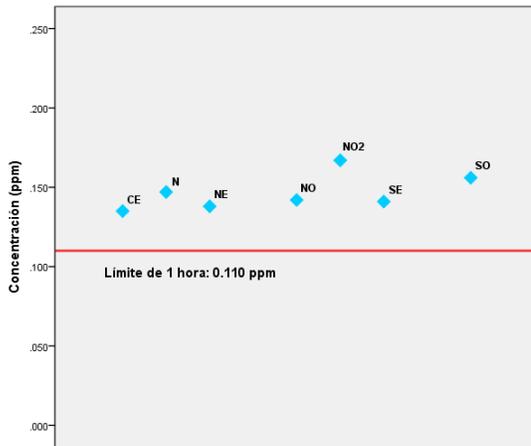
El límite de 24 horas de PM₁₀ fue rebasado en seis de las nueve estaciones de monitoreo automático del AMM. En dichas estaciones las concentraciones asociadas al percentil 98 oscilaron entre 128 µg/m³ en la estación San Pedro (SO2) y 187 µg/m³ en la estación Santa Catarina (SO), dichas concentraciones son equivalentes a entre 1.1 y 1.6 veces el valor normado.

Límite anual
(Promedio anual)



El límite anual de PM₁₀ fue rebasado en todas las estaciones de monitoreo y al igual que en el caso del límite de 24 horas, la concentración promedio anual más alta se registró en la estación Santa Catarina – SO, donde dicho valor fue de 88.2 µg/m³, que es equivalente a 1.8 veces el límite establecido en la norma.

Límite de 1 hora
(Máximo horario)

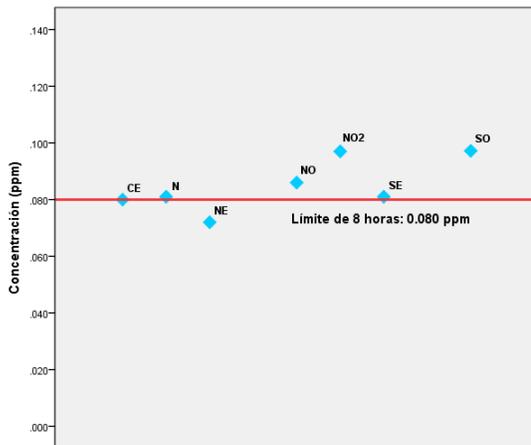


El valor límite de una hora de ozono se rebasó en todas las estaciones de monitoreo que midieron este contaminante. Las concentraciones registradas en dichas estaciones oscilaron entre 0.135 ppm en la estación Obispado (CE) y 0.167 ppm en la estación García (NO2), que equivalen a 1.2 y 1.5 veces el valor de la norma.

Ozono - O₃

Límite de 8 horas

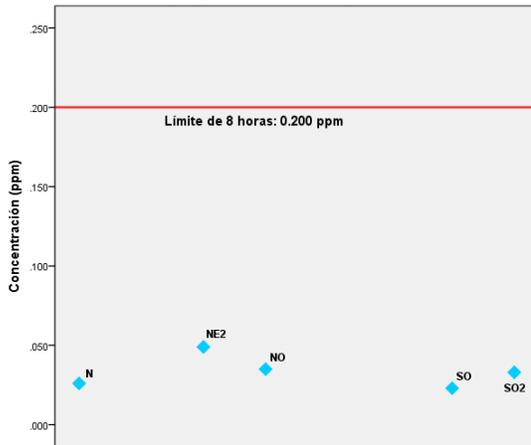
(Quinto máximo del promedio móvil de 8 horas)



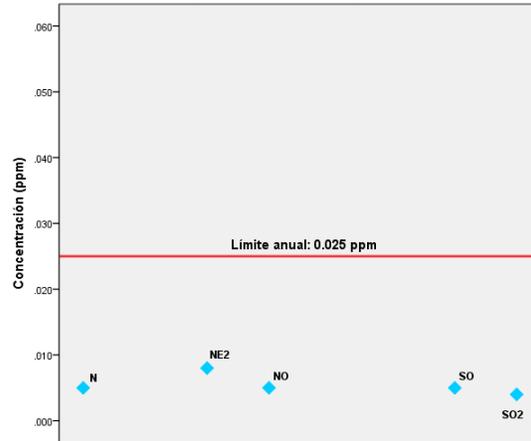
El límite de ocho horas se rebasó en cinco de las siete estaciones de monitoreo que reportaron datos suficientes para evaluar el cumplimiento de dicho límite. En estas estaciones el quinto máximo registrado osciló entre 0.081 ppm en la estación Escobedo (N) y 0.097 ppm en las estaciones García (NO2) y Santa Catrina (SO).

Dióxido de azufre - SO₂

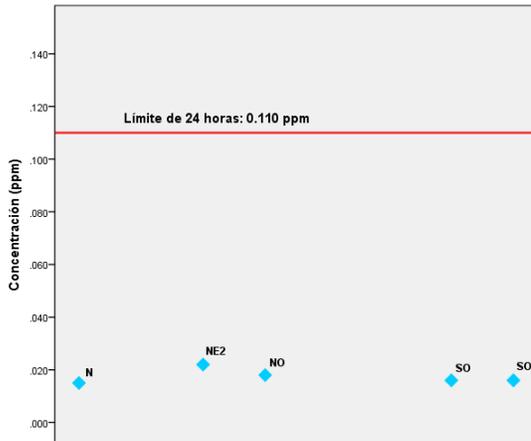
Límite de 8 horas
(Segundo máximo)



Límite anual
(Promedio anual)

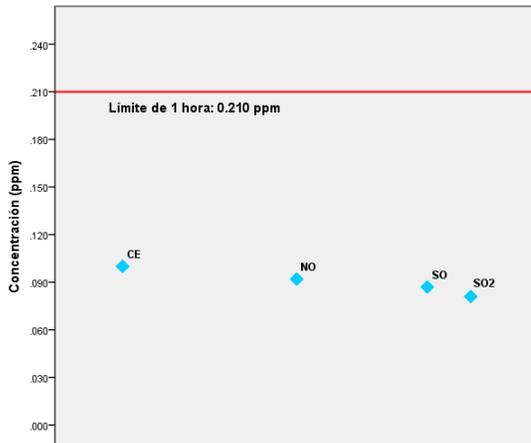


Límite de 24 horas
(Máximo)



Los valores límite de ocho horas, 24 horas y anual de dióxido de azufre se cumplieron en todas las estaciones de monitoreo. En todos los casos las concentraciones registradas corresponden a valores que equivalen a menos del 35% el valor límite correspondiente.

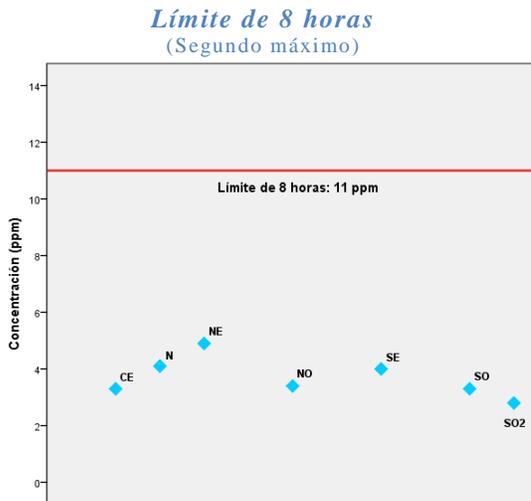
Límite de 1 hora
(Segundo máximo)



Dióxido de nitrógeno - NO₂

Las concentraciones de dióxido de nitrógeno se mantuvieron por debajo de su límite normado en las cuatro estaciones de monitoreo que reportaron información suficiente para hacer la evaluación de cumplimiento de la norma.

Monóxido de carbono - CO



Las concentraciones de monóxido de carbono se mantuvieron por debajo de su límite normado en todas las estaciones de monitoreo. De hecho, las concentraciones registradas en todos los casos corresponden a valores que equivalen a menos de la mitad del valor límite correspondiente.

La Tabla 16.2 resume el estatus de cumplimiento de cada uno de los valores normados por contaminante y estación de monitoreo. En ella se puede apreciar que:

- En seis de las diez estaciones de monitoreo que miden este contaminante en el AMM (NE2, NO2, NO, NE, SO2 y SO) se rebasaron los límites normados de PM₁₀ tanto de 24 horas y anual. En tres más (N, SE y CE) se cumplió el límite de 24 horas pero se rebasó el anual y en una (SE2) no se generó información suficiente para evaluar el cumplimiento de norma.
- En cuanto a PM_{2.5} destaca el hecho de que en ninguna de las estaciones de monitoreo en las que se midió este contaminante se generó información suficiente para poder evaluar el cumplimiento de la norma.
- La concentración límite de ozono de una hora fue rebasada en todas aquellas estaciones donde fue posible evaluar el cumplimiento de la norma y en la mayoría de ellas también se superó el límite de ocho horas.
- Las concentraciones de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y monóxido de carbono se mantuvieron por debajo de los valores recomendados por sus respectivas Normas Oficiales Mexicanas en todas las estaciones de monitoreo. Es de destacar, sin embargo, que en un número importante de estaciones (tres de diez en el caso de SO₂, cinco de diez en el caso de NO₂ y tres de diez en el caso de CO), no fue posible generar suficiente información para

evaluar el cumplimiento de la norma. Adicionalmente, dos estaciones de monitoreo de SO₂ y una de NO₂ se mantuvieron fuera de operación en el año 2014.

Tabla 16.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en el AMM, durante el año 2014.

Contaminante	NOM	Límite permitido	Estación									
			NE2	N	NO2	SE2	SE	CE	NO	NE	SO2	SO
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Percentil 98 ≤ 120 µg/m ³	X	✓	X	DI	✓	✓	X	X	X	X
	Anual	Promedio ≤ 50 µg/m ³	X	X	X	DI	X	X	X	X	X	X
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Percentil 98 ≤ 65 µg/m ³	DI	✘	✘	✘	DI	DI	DI	DI	DI	DI
	Anual	Promedio ≤ 15 µg/m ³	DI	✘	✘	✘	DI	DI	DI	DI	DI	DI
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.110 ppm	DI	X	X	DI	X	X	X	X	DI	X
	8 hrs	Quinto máximo ≤ 0.080 ppm	DI	X	X	DI	X	✓	X	✓	DI	X
⁽³⁾ SO ₂	8 hrs	Segundo máximo ≤ 0.200 ppm	✓	✓	FO	DI	DI	FO	✓	DI	✓	✓
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	✓	✓	FO	DI	DI	FO	✓	DI	✓	✓
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	✓	✓	FO	DI	DI	FO	✓	DI	✓	✓
⁽⁴⁾ NO ₂	1 hr	Segundo máximo ≤ 0.21 ppm	DI	DI	DI	DI	FO	✓	✓	DI	✓	✓
⁽⁵⁾ CO	8 hrs	Segundo máximo ≤ 11 ppm	DI	✓	DI	DI	✓	✓	✓	✓	✓	✓

⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-1993 (DOF, 2005).

⁽²⁾ NOM-020-SSA1-1993 (DOF, 2002).

⁽³⁾ NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010).

⁽⁴⁾ NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994).

⁽⁵⁾ NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1994).

DI = Datos insuficientes.

✘ = No se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.

FO = Fuera de operación

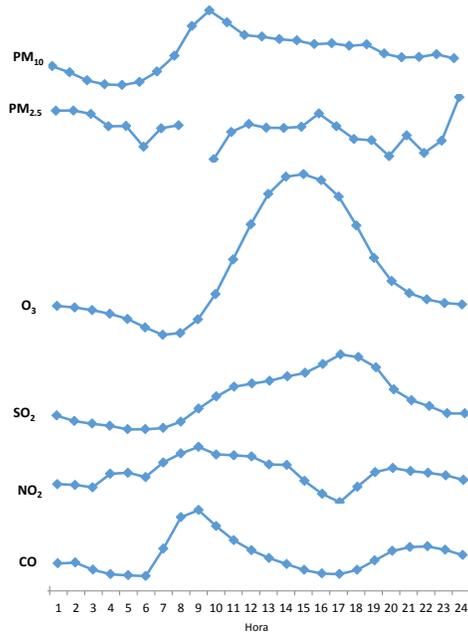
✓ = Cumple con el límite normado.

X = No cumple con el límite normado.

16.2.2 Comportamiento temporal

Las figuras mostradas en esta sección permiten visualizar el comportamiento de los contaminantes a lo largo del día y de los meses del año. Para conocer los detalles sobre la construcción de las gráficas ver la sección 2.2.2.2 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.

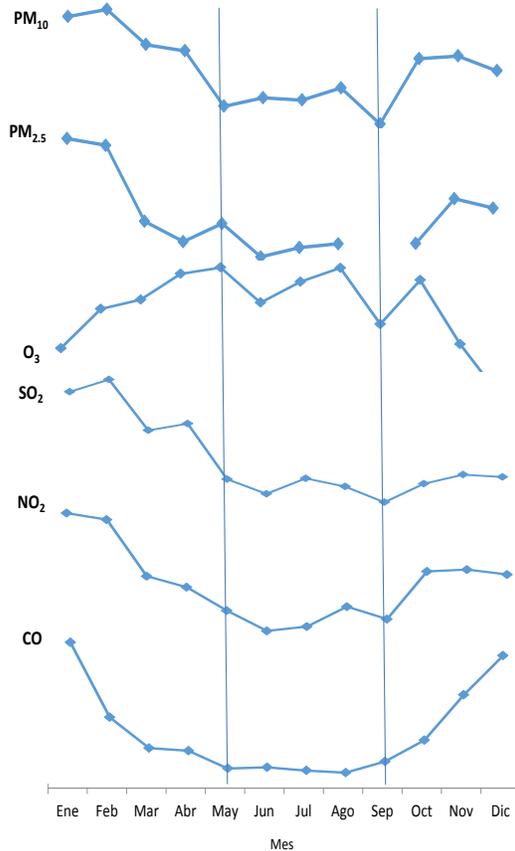
*Comportamiento horario
AMM 2014*



Las concentraciones horarias de PM₁₀ muestran un pico entre las 9:00 y las 11:00 horas, después se mantienen altas hasta el anochecer. Las PM_{2.5}, por su parte, muestran poca variación a lo largo del día y el ozono tiene el comportamiento característico donde las mayores concentraciones de presentan entre las 12:00 y las 18:00 horas.

El SO₂ muestra una distribución horaria unimodal en el que las concentraciones suelen crecer paulatinamente entre las 10:00 y las 19:00 horas, mientras que el NO₂ y el CO muestran dos picos de concentración a lo largo del día, los cuales pueden estar vinculados con los patrones de tránsito vehicular.

*Comportamiento mensual
AMM 2014*



La partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}), el dióxido de azufre, el dióxido de nitrógeno y el monóxido de carbono registraron las concentraciones más bajas en el periodo mayo – septiembre y las más altas en el periodo octubre - abril, destacando en casi todos los casos las altas concentraciones que se presentan en los primeros meses del año, especialmente en enero y febrero.

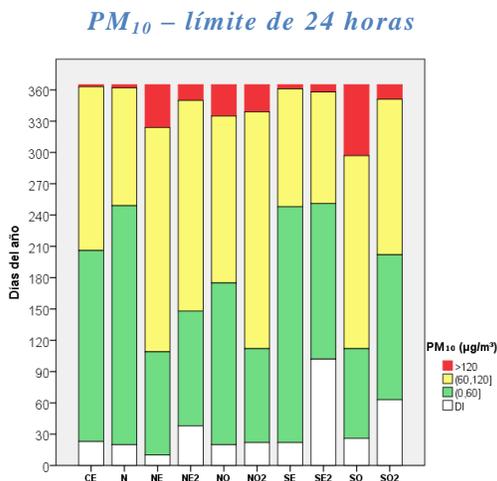
El ozono mostró su comportamiento característico en el que los picos de concentración se presentan predominantemente en el verano como resultado de las condiciones de temperatura y radiación solar de esta temporada del año.

16.2.3 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 términos del número de días con concentraciones superiores a los límites normados, así como la tendencia que presentan las concentraciones inferiores, pero cercanas, a estos valores. Los colores indican el número de días en los que las concentraciones registradas durante el año cumplen con alguna de las siguientes condiciones:

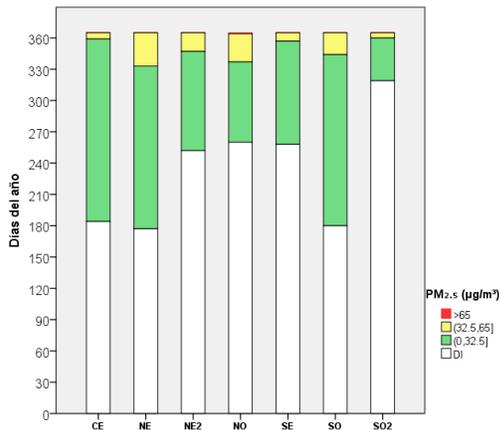
- ✓ No excedieron el valor diario normado (verde).
- ✓ No excedieron el valor diario normado, pero se encuentran cercanas a este valor (amarillo).
- ✓ Excedieron el valor diario normado (rojo).
- ✓ No se contó con información suficiente para evaluar el cumplimiento de alguna de las condiciones anteriores (blanco).

El dato base para construir este indicador es la concentración máxima del día (por ejemplo, promedio de una hora, ocho horas o 24 horas, dependiendo del contaminante que se trate), en cada estación de monitoreo. Para ver el detalle sobre la construcción de este indicador, diríjase a la sección 2.2.2.3 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.



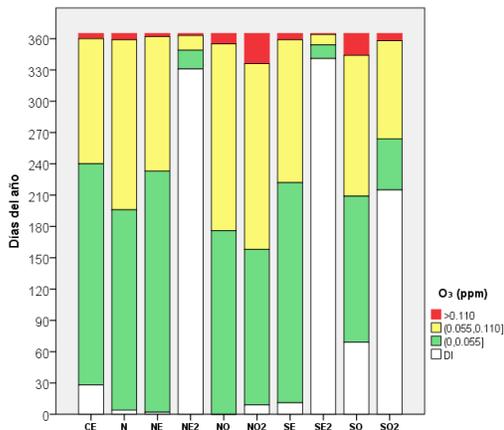
En todas las estaciones de monitoreo se presentaron días con mala calidad del aire por PM₁₀ (rojo), siendo las estaciones SO y NE las que con mayor frecuencia presentan esta condición (19% y 11% de los días del año, respectivamente). En general, en la mayoría de las estaciones de monitoreo dominan los días con calidad del aire regular (amarillo) sobre los días con calidad del aire buena (verde).

PM_{2.5} – límite de 24 horas



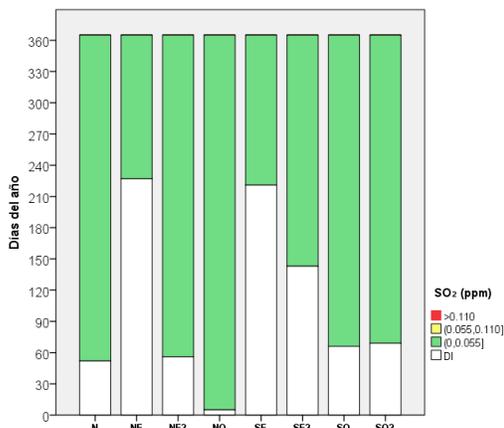
En esta figura se aprecia con claridad la necesidad de mejorar el desempeño de los equipos de monitoreo de PM_{2.5} en el AMM, pues el número de días en que no se contó con información suficiente para generar el indicador correspondiente varió entre el 48% (NE) y 87% (SO2) de los días del año 2104. Con los datos disponibles se observa que predominan los días con buena calidad del aire.

O₃ - límite de 1 hora



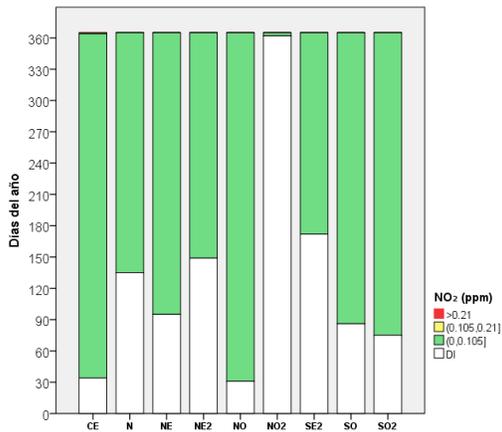
En todas las estaciones de monitoreo se presentaron días con mala calidad del aire por ozono (rojo), aún en aquellas estaciones (NE2, SE2 y SO2) en donde en un porcentaje importante de días (entre 60% y 93%) no se produjo información suficiente para generar el indicador, lo cual destaca la necesidad de mejorar el desempeño de los equipos de monitoreo de este contaminante.

SO₂ - límite de 24 horas



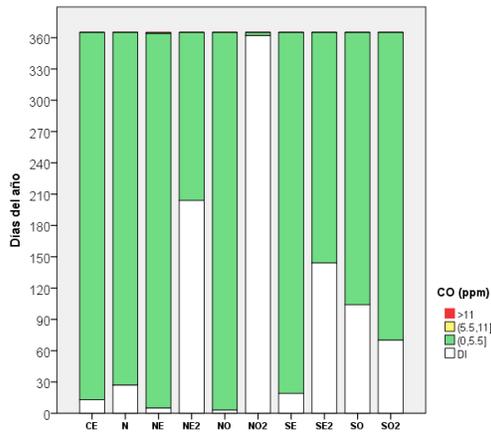
Con respecto al dióxido de azufre se observa una clara dominancia de días con buena calidad del aire (verde). Destaca también la necesidad de reducir el número de días con información insuficiente.

NO₂ - límite de 1 hora



Salvo en la estación de monitoreo NO₂, en todas las demás la ocurrencia de días con buena calidad del aire (verde) fue superior al 50% y el porcentaje restante, en todos los casos, corresponde a días con información insuficiente para generar el indicador.

CO - límite de 8 horas



Prácticamente en la totalidad de los días donde fue posible generar el indicador se registró buena calidad del aire (verde) por monóxido de carbono. En este caso también se registraron días en que no fue posible estimar el indicador por insuficiencia de datos (blanco), siendo más evidente esta situación en la estación NO₂.

Los datos generados en el año 2014 por el SMCA del AMM revelan un problema importante de contaminación tanto por PM₁₀ como por O₃, pues no hubo una estación de monitoreo donde se cumplieran los dos límites establecidos en dichas normas. En todas las estaciones se rebasaron tanto el límite anual de PM₁₀ como el límite de una hora de ozono.

Por otra parte, el alto porcentaje de días con información insuficiente para generar los indicadores incluidos en este informe, especialmente el de cumplimiento de norma, hace evidente la necesidad de fortalecer el desempeño de este SMCA. El caso más urgente a resolver sería el monitoreo de PM_{2.5}, ya que en ninguna de las siete estaciones con que cuenta este SMCA para la medición de este contaminante se generó información suficiente.

17. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE OAXACA

17.1 Información general

El sistema de monitoreo de la calidad del aire de Oaxaca, a cargo del Instituto Estatal de Ecología y Desarrollo Sustentable del gobierno del estado, estuvo integrado en el año 2014 por una estación de monitoreo, ubicada en el municipio de Oaxaca de Juárez. La Tabla 17.1 muestra las capacidades de medición de contaminantes de dicha estación y el año en que ésta inició su operación. Asimismo, la Figura 17.1, muestra la ubicación geográfica de la misma.

Tabla 17.1 Estaciones de monitoreo que conformaron el SMCA de Oaxaca en el año 2014 y capacidades de medición de contaminantes

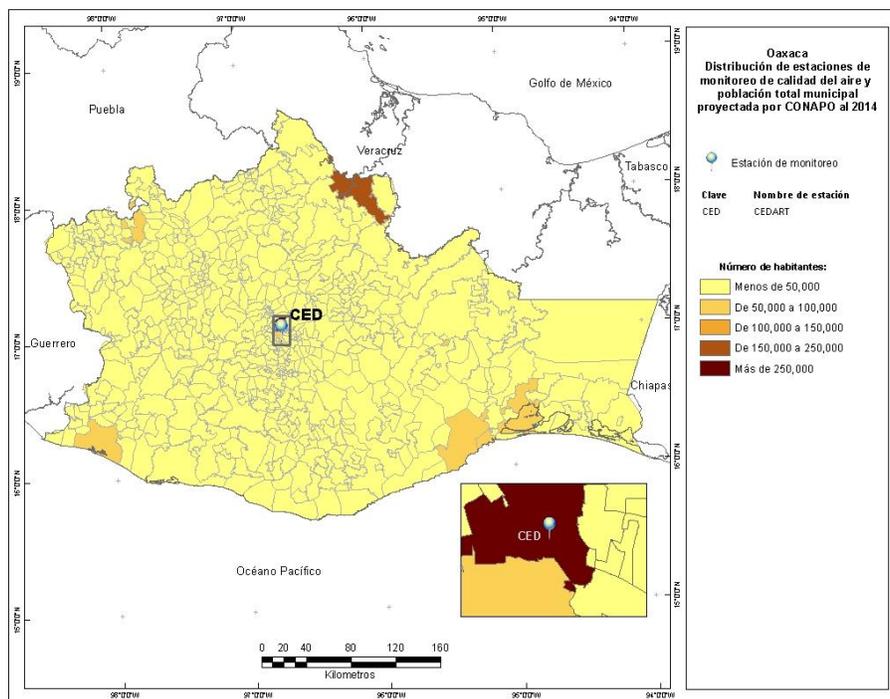
Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes					
			PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	SO ₂	NO ₂	CO
CEDART	CED	Aut. 2013	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Aut. = Equipo automático.

✓ = Se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por el Instituto Estatal de Ecología y Desarrollo Sustentable del gobierno del estado de Oaxaca

Figura 17.1. Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Oaxaca, 2014

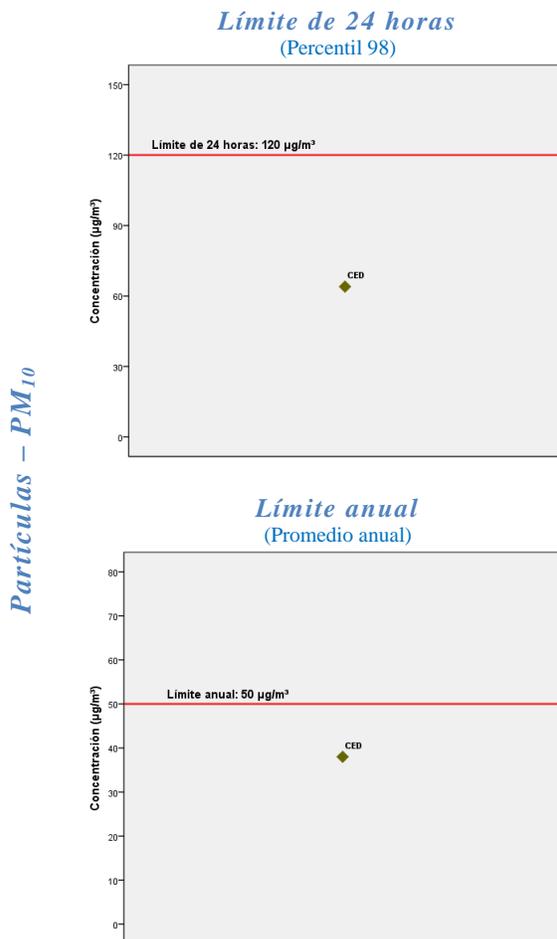


17.2 Diagnóstico de la calidad del aire

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Oaxaca para el año 2014 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas (NOM) en la materia, el comportamiento temporal de los contaminantes y el número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo.

17.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire

En esta sección se analiza el cumplimiento de las NOM para cada contaminante en Oaxaca. Los valores normados usados como referencia para realizar la evaluación de cumplimiento son indicados en cada figura.

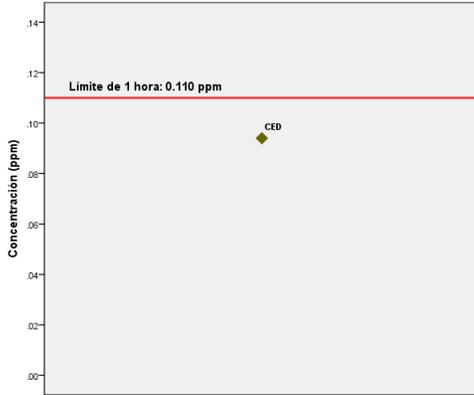


El percentil 98 de las concentraciones promedio de 24 horas de PM₁₀ que se registró en la estación CED se ubicó por debajo del valor normado, con una concentración de 64 µg/m³.

Por otra parte, el promedio anual de PM₁₀ que se registró en la misma estación CED fue de 38 µg/m³, que es 25% inferior al valor de la norma.

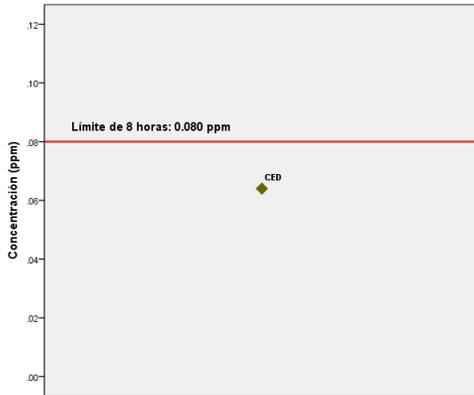
Ozono - O₃

Límite de 1 hora
(Máximo horario)



El máximo horario de ozono registrado en la estación CED fue de 0.094 ppm, 15% inferior al límite normado.

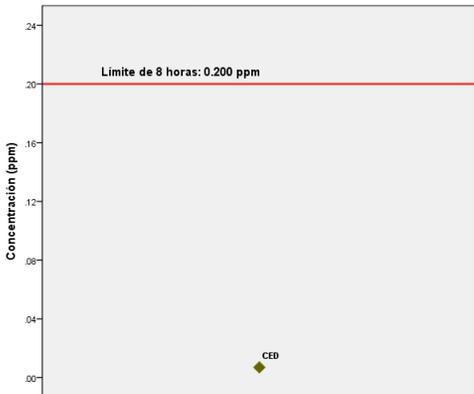
Límite de 8 horas
(Quinto máximo del promedio móvil de 8 horas)



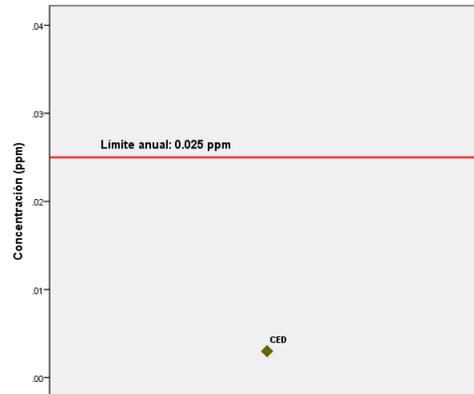
El quinto máximo del promedio móvil de ocho horas de ozono registrado en la estación CED fue de 0.064 ppm, que es 21% inferior al límite normado

Dióxido de azufre - SO₂

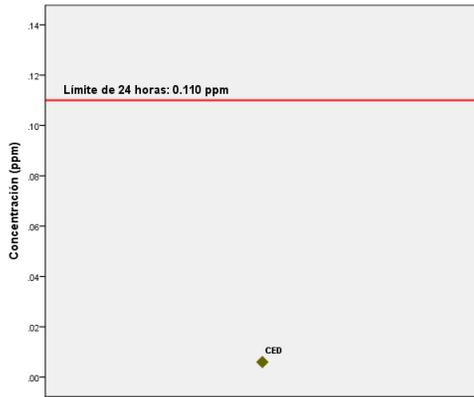
Límite de 8 horas
(Segundo máximo)



Límite anual
(Promedio anual)



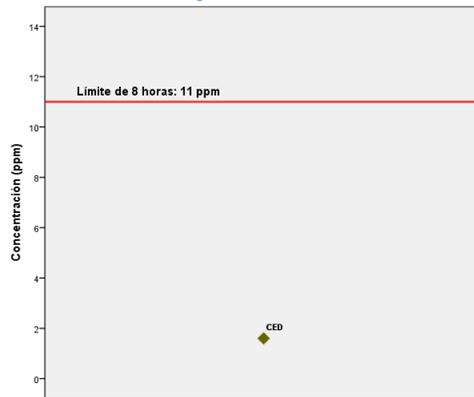
Límite de 24 horas
(Máximo)



Los valores límite de ocho horas, 24 horas y anual de dióxido de azufre se ubicaron por debajo de los límites normados. Para los tres indicadores, las concentraciones registradas correspondieron a valores que equivalen a menos del 12% del valor límite respectivo.

Monóxido de carbono - CO

Límite de 8 horas
(Segundo máximo)



La concentración de monóxido de carbono registrada en la estación de monitoreo CED se mantuvo por debajo de su límite normado; de hecho, la concentración registrada (segundo máximo) fue equivalente a menos del 15% de dicho límite.

La Tabla 17.2 resume el estatus de cumplimiento de cada uno de los valores normados por contaminante y estación de monitoreo. En ella se puede apreciar que los límites normados de PM₁₀ (24 horas y anual), ozono (una y ocho horas), dióxido de azufre (ocho horas, 24 horas y anual) y monóxido de carbono (ocho horas) se cumplieron durante el año 2014. Por otra parte, se observa también que no fue posible evaluar el cumplimiento de norma para PM_{2.5} y dióxido de nitrógeno, por insuficiencia de datos. Como lo muestra el indicador sobre número de horas con calidad de aire buena, regular y mala (sección 17.2.3 de este capítulo), estos contaminantes no parecen representar un problema de calidad del aire, sin embargo, sólo se podrá tener certeza de ello cuanto se cuente con información suficiente que permita hacer un análisis más robusto.

Tabla 17.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Oaxaca, durante el año 2014.

Contaminante	NOM	Límite permitido	CED
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Percentil 98 ≤ 120 µg/m ³	✓
	Anual	Promedio ≤ 50 µg/m ³	✓
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Percentil 98 ≤ 65 µg/m ³	DI
	Anual	Promedio ≤ 15 µg/m ³	DI
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.110 ppm	✓
	8 hrs	Quinto máximo ≤ 0.080 ppm	✓
⁽³⁾ SO ₂	8 hrs	Segundo máximo ≤ 0.200 ppm	✓
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	✓
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	✓
⁽⁴⁾ NO ₂	1 hr	Segundo máximo ≤ 0.21 ppm	DI
⁽⁵⁾ CO	8 hrs	Segundo máximo ≤ 11 ppm	✓

⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-1993 (DOF, 2005).

⁽²⁾ NOM-020-SSA1-1993 (DOF, 2002).

⁽³⁾ NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010).

⁽⁴⁾ NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994).

⁽⁵⁾ NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1994).

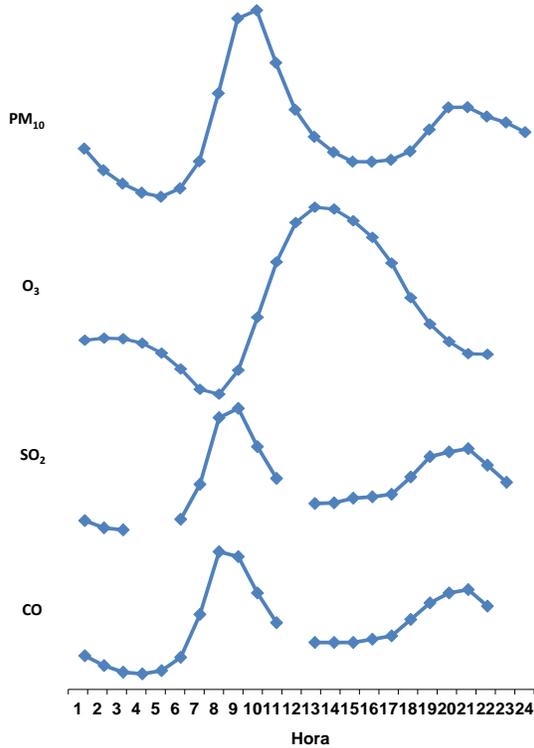
DI = Datos insuficientes.

✓ = Cumple con el límite normado.

17.2.2 Comportamiento temporal

Las figuras mostradas en esta sección permiten visualizar el comportamiento promedio de los contaminantes a lo largo del día y de los meses del año. Para conocer los detalles sobre la construcción de las gráficas ver la sección 2.2.2.2 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.

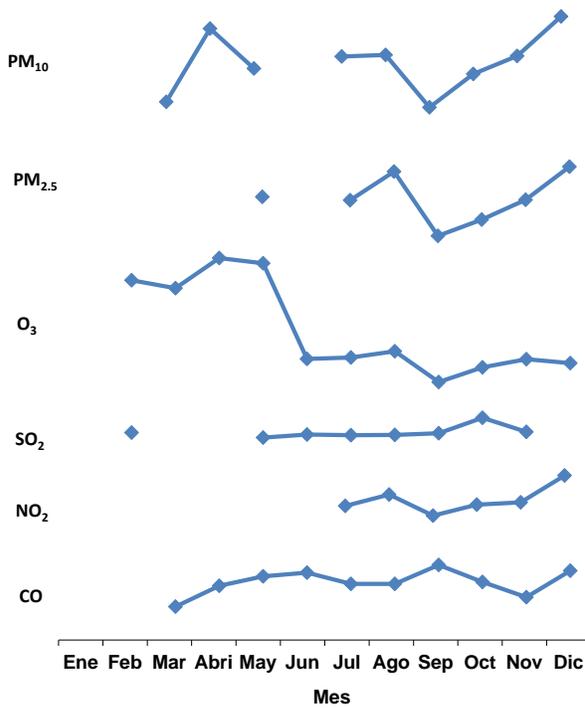
*Comportamiento horario
Oaxaca 2014*



Las concentraciones promedio horarias de PM₁₀, SO₂, y CO muestran un comportamiento bimodal, donde el pico de concentración de la mañana es más pronunciado que el de la tarde. Las concentraciones más elevadas, se registraron entre las 8:00 y las 12:00 horas en el caso de PM₁₀ y entre 8:00 y 10:00 en el caso de SO₂ y CO. El segundo pico empieza a formarse a partir de las 19:00 horas en todos los casos.

El O₃, por otra parte, muestra una distribución unimodal en la que las concentraciones más elevadas se registraron entre las 11:00 y las 17:00 horas.

*Comportamiento mensual
Oaxaca 2014*



En Oaxaca, las mayores concentraciones de PM₁₀ se registraron en abril y diciembre en tanto que las de PM_{2.5} ocurrieron en agosto y diciembre. Por su parte, las concentraciones de SO₂, NO₂ y CO muestran poca variabilidad a lo largo del año. A pesar de ello, las concentraciones más elevadas de NO₂ y CO ocurrieron en diciembre en tanto que las de SO₂ se registraron en octubre.

El O₃ por su parte, registró sus concentraciones más altas entre febrero y mayo.

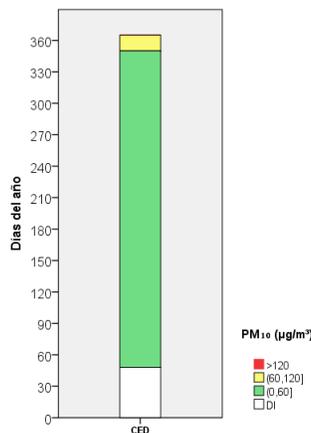
17.2.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala

Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en términos del número de días con concentraciones superiores a los límites normados, así como la tendencia que presentan las concentraciones inferiores, pero cercanas, a estos valores. Los colores indican el número de días en los que las concentraciones registradas durante el año cumplen con alguna de las siguientes condiciones:

- ✓ No excedieron el valor diario normado (verde).
- ✓ No excedieron el valor diario normado, pero se encuentran cercanas a este valor (amarillo).
- ✓ Excedieron el valor diario normado (rojo).
- ✓ No se contó con información suficiente para evaluar el cumplimiento de alguna de las condiciones anteriores (blanco).

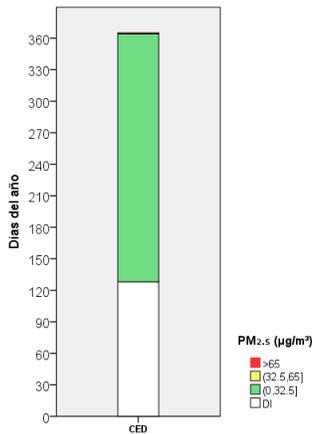
El dato base para construir este indicador es la concentración máxima del día (por ejemplo, promedio de una hora, ocho horas o 24 horas, dependiendo del contaminante que se trate), en cada estación de monitoreo. Para ver el detalle sobre la construcción de este indicador, diríjase a la sección 2.2.2.3 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.

PM₁₀ – límite de 24 horas



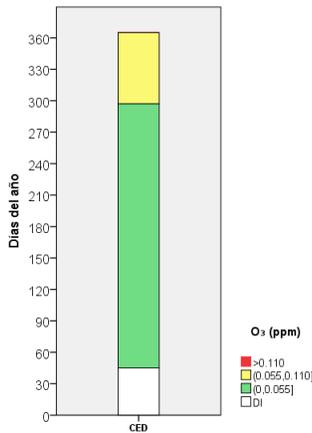
En la estación CED, durante el año 2014, se presentó buena calidad del aire (verde) por PM₁₀ en el 83% de los días del año, calidad del aire regular (amarillo) en el 4% de los días y no se presentó ningún día con mala calidad del aire (rojo). El porcentaje restante (13%) correspondió a días donde no se generó información suficiente para evaluar este indicador

PM_{2.5} – límite de 24 horas



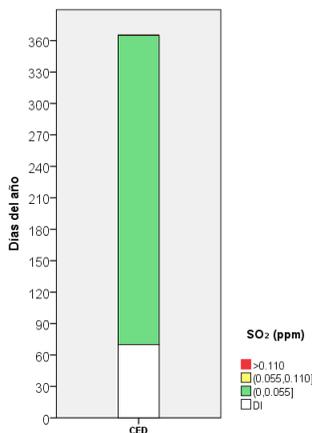
Con respecto a las PM_{2.5} los datos disponibles revelan que en el año 2014 se presentó buena calidad del aire por este contaminante en el 65% de los días del año. El 35% restante correspondió a días con insuficiencia de datos para generar el indicador.

O₃ - límite de 1 hora



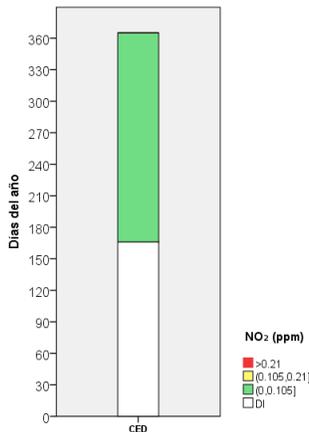
El 69% de los días del año 2014 presentaron buena calidad del aire por ozono (verde), en tanto que los días con calidad del aire regular representaron el 19%. El 12% restante correspondió a días con insuficiencia de datos para generar el indicador.

SO₂ - límite de 24 horas



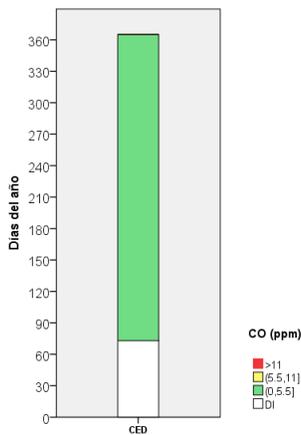
La calidad del aire con respecto a SO₂ fue predominantemente buena en el año 2014, pues el 81% de los días del año presentaron esta condición. El 19% restante correspondió a días con insuficiencia de datos para generar el indicador.

NO₂ - límite de 1 hora



Aunque en todos los días en los que fue posible generar este indicador se observó una buena calidad del aire con respecto al NO₂ (verde), es clara la necesidad de mejorar la medición de este contaminante, pues en el 45% de los días del año no se obtuvo información suficiente para evaluar el estado de la calidad del aire con respecto a este contaminante.

CO - límite de 8 horas



La calidad del aire con respecto a CO, fue buena en el 80% de los días del año 2014. El 20% restante correspondió a días con insuficiencia de datos para generar el indicador.

Oaxaca tuvo buena calidad del aire por PM₁₀, ozono, dióxido de azufre y monóxido de carbono en el año 2014, y como consecuencia de ello cumplió con los límites de concentración normados para estos contaminantes. Por otra parte, es importante destacar que no fue posible evaluar el cumplimiento de las normas de calidad del aire para PM_{2.5} y dióxido de nitrógeno por insuficiencia de datos y aunque estos contaminantes no parecen representar un problema en la entidad, es necesario mejorar la medición de los mismos.

18. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE PUEBLA

18.1 Información general

En el año 2014 el Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Puebla, administrado por la Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial (SSAOT) del Gobierno del Estado de Puebla, estuvo conformado por cinco estaciones de monitoreo; cuatro de las cuales se localizan en el municipio de Puebla (Benemérito Instituto Normal del Estado, Ninfas, Agua Santa y Universidad Tecnológica de Puebla), y una más en el municipio de Coronango (Velódromo).

La Tabla 18.1 muestra las estaciones de monitoreo que conformaron este SMCA en el año 2014, 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 18.1, muestra la ubicación geográfica de cada una de las estaciones de monitoreo.

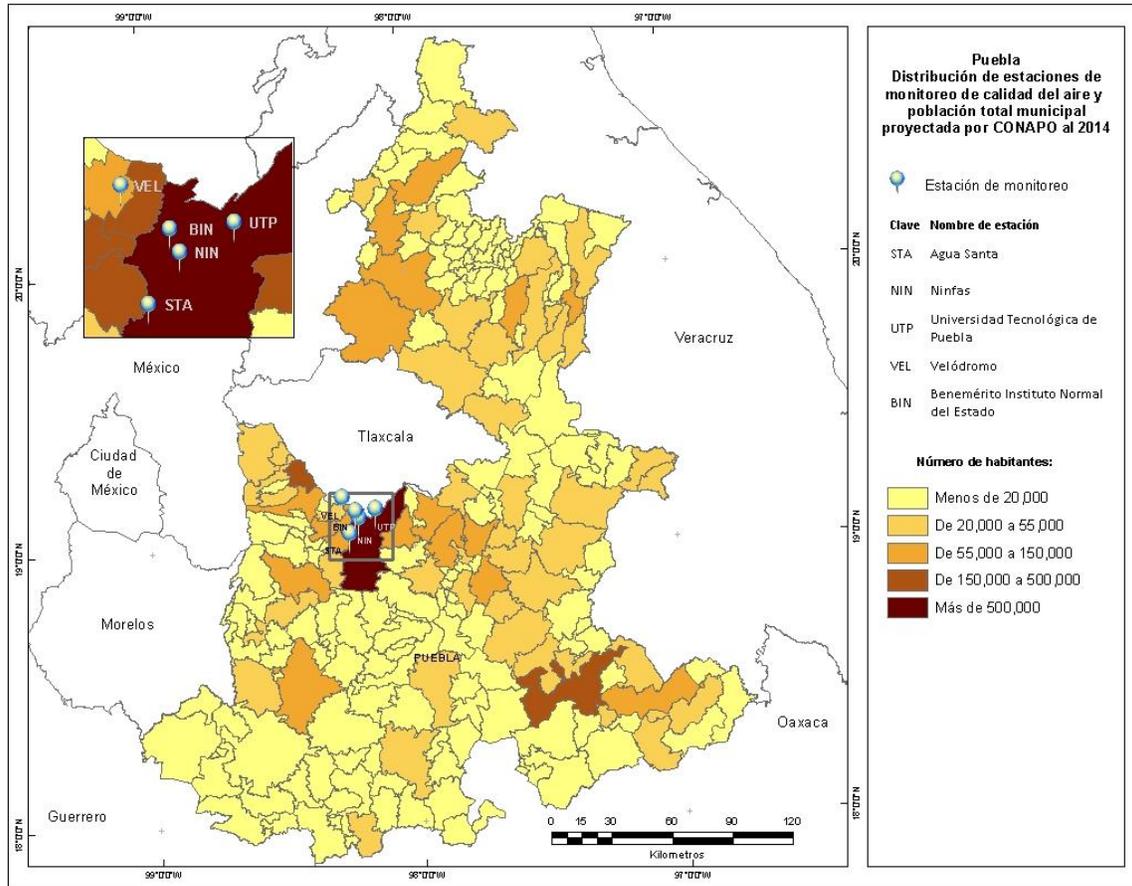
Tabla 18.1 Estaciones de monitoreo que conformaron el SMCA de Puebla en el año 2014 y capacidades de medición de contaminantes

Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes					
			PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	SO ₂	NO ₂	CO
Benemérito Instituto Normal del Estado	BIN	Aut. 2000	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ninfas	NIN	Aut. 2000	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Agua Santa	STA	Aut. 2000	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Universidad Tecnológica de Puebla	UTP	Aut. 2000	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Velódromo	VEL	Aut. 2012	✓	✓	✓	✓	✓	✓

✓ = Se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial del Gobierno de Estado de Puebla.

Figura 18.1 Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Puebla, 2014.



18.2 Diagnóstico de la calidad del aire

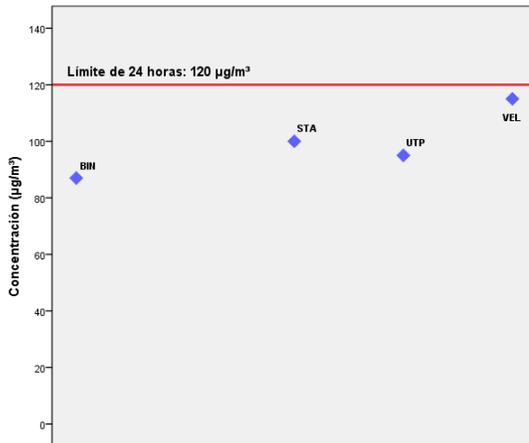
Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Puebla para el año 2014 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en la materia, el comportamiento temporal de los contaminantes y el número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo.

18.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire

En esta sección se analiza el cumplimiento de las NOM para cada contaminante en Puebla. Los resultados se presentan 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.

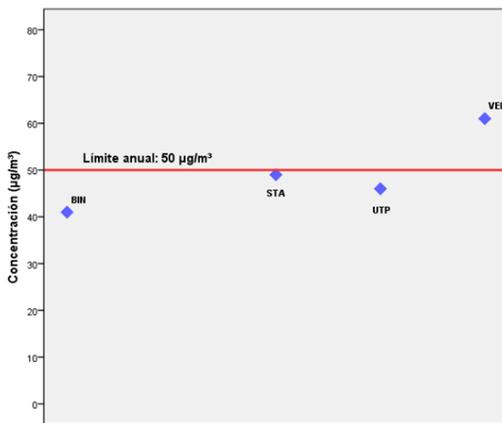
Partículas - PM₁₀

Límite de 24 horas
(Percentil 98)



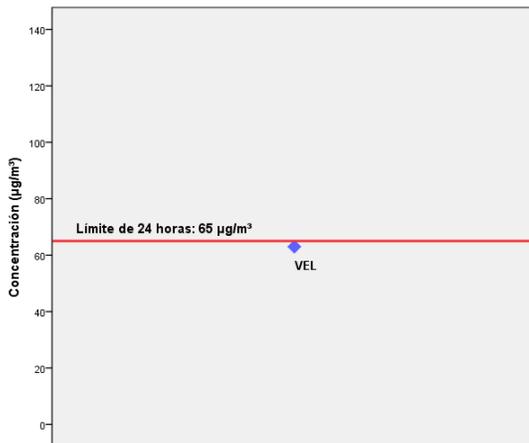
En las cuatro estaciones de monitoreo donde se pudo generar el indicador, se observó que el percentil 98 de PM₁₀ se ubicó por debajo del límite normado, aun en la estación VEL donde dicho valor fue apenas 4% inferior al límite de la norma.

Límite anual
(Promedio anual)



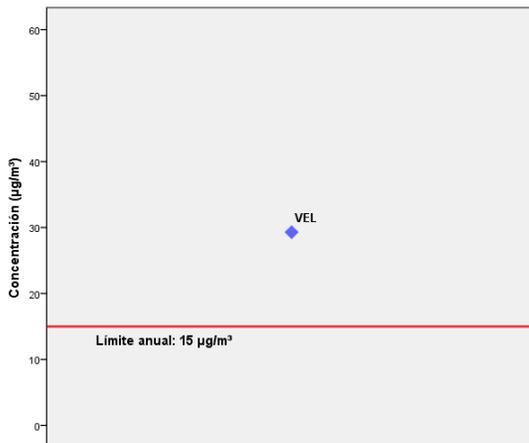
El promedio anual de PM₁₀ registrado en la estación VEL fue de 61 µg/m³, que es superior al límite normado, en tanto que en las tres estaciones restantes se mantuvo por debajo del mismo, si bien en la estación STA el promedio anual registrado fue sólo 2% inferior a dicho límite.

Límite de 24 horas
(Percentil 98)



El percentil 98 del límite de 24 horas de PM_{2.5} que se registró en la estación VEL, se ubicó 3% por debajo del valor normado. En el resto de las estaciones de monitoreo de este SMCA no fue posible evaluar este indicador.

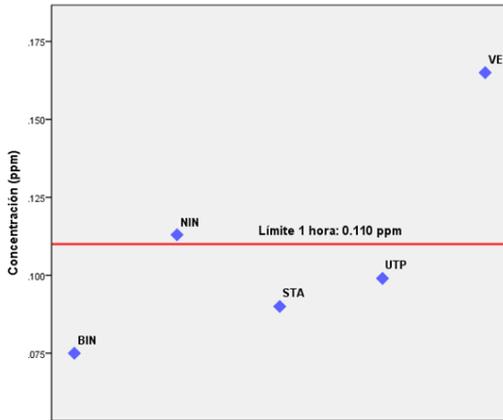
Límite anual
(Promedio anual)



Por otra parte, el promedio anual de PM_{2.5} que se registró en la estación VEL (29.3 µg/m³) rebasó el valor límite normado y fue equivalente a casi dos veces dicho valor. En el resto de las estaciones de monitoreo de este SMCA no fue posible evaluar el cumplimiento de norma.

Ozono - O₃

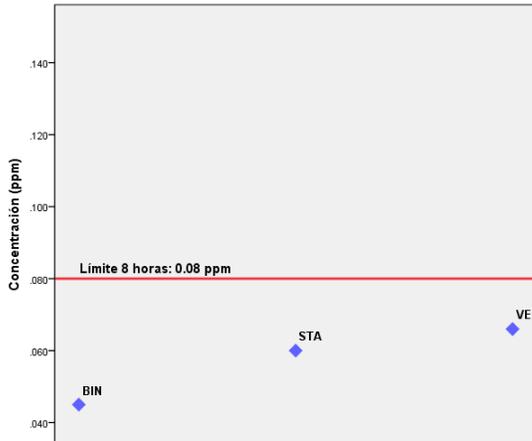
Límite de 1 hora
(Máximo horario)



El valor límite de una hora de ozono se rebasó en las estaciones de monitoreo NIN (0.113 ppm) y VEL (0.165 ppm). En el resto de las estaciones el máximo horario se mantuvo por debajo de dicho límite.

Límite de 8 horas

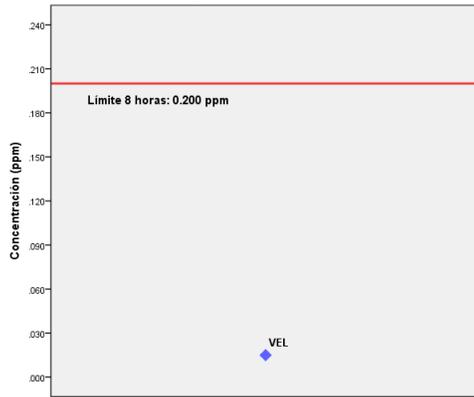
(Quinto máximo del promedio móvil de 8 horas)



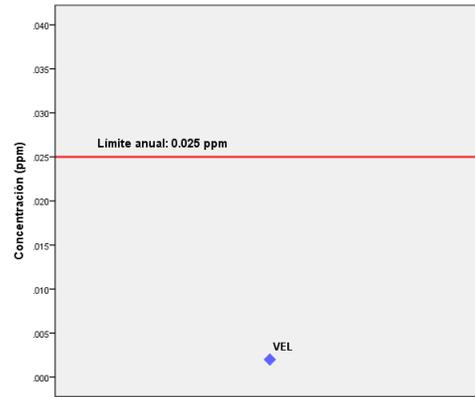
El límite de ocho horas únicamente se pudo evaluar en las estaciones BIN, STA y VEL, y en todas ellas los registros obtenidos como quinto máximo se ubicaron por debajo del valor normado.

Dióxido de azufre - SO₂

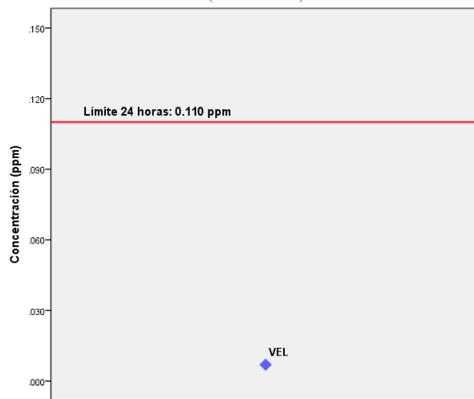
Límite de 8 horas
(Segundo máximo)



Límite anual
(Promedio anual)



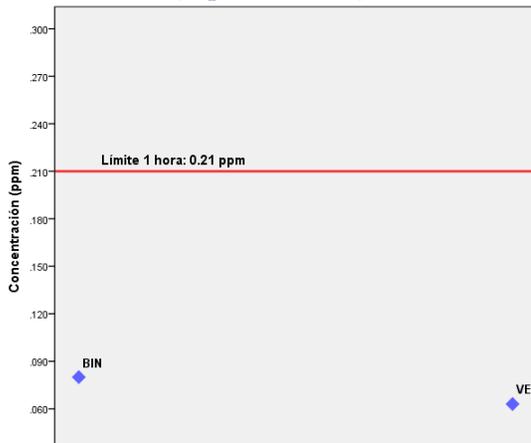
Límite de 24 horas
(Máximo)



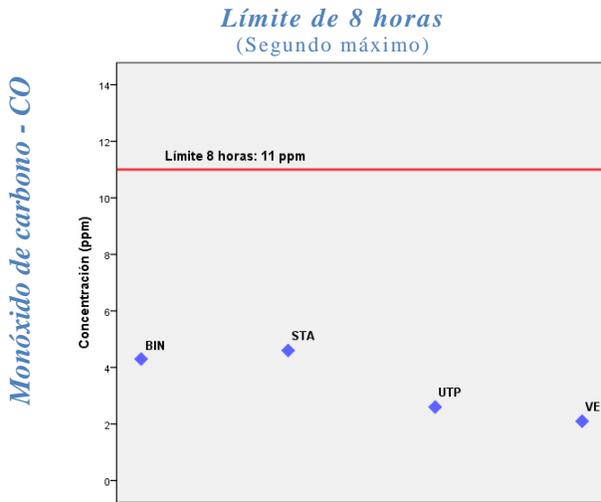
Los valores límite de ocho horas, 24 horas y anual de dióxido de azufre se ubicaron por debajo de los límites normados en la estación de monitoreo VEL que fue la única que tuvo información suficiente para evaluar el indicador. Para los tres indicadores, las concentraciones registradas correspondieron a valores que equivalen a menos del 10% del valor límite respectivo.

Dióxido de nitrógeno - NO₂

Límite de 1 hora
(Segundo máximo)



Las concentraciones de dióxido de nitrógeno se mantuvieron por debajo de su límite normado en las estaciones de monitoreo donde fue posible evaluar el indicador (BIN y VEL). En ambas estaciones, el segundo máximo registrado fue equivalente a menos del 40% del valor límite normado.



Las concentraciones de monóxido de carbono registradas en todas las estaciones de monitoreo se mantuvieron por debajo de su límite normado; de hecho, en todos los casos las concentraciones registradas (segundo máximo) fueron equivalentes a menos del 45% del límite normado.

La Tabla 18.2 resume el estatus de cumplimiento de cada uno de los valores normados por contaminante y estación de monitoreo. En ella se puede apreciar que:

- El monitoreo de PM_{10} se realizó en las cinco estaciones que conforman este sistema de monitoreo de la calidad del aire, pero sólo en tres de ellas (BIN, STA y UTP) las concentraciones registradas permitieron que tanto el percentil 98 como el promedio anual, se ubicaran por debajo de los límites normados respectivos. En una estación (VEL), se cumplió el límite de 24 horas pero no el anual, y en la estación restante (NIN) no fue posible evaluar este indicador por insuficiencia de información.
- El cumplimiento de los límites normados de $PM_{2.5}$ sólo fue posible evaluarlo en la estación VEL. En ella se observó que al igual que con PM_{10} , se cumplió el límite de 24 horas pero no el anual.
- Los límites normados de una y ocho horas de ozono se cumplieron en las estaciones BIN y STA, en tanto que en UTP se cumplió sólo con el límite de una hora y en VEL con el de ocho horas. En la estación NIN se rebasó el límite de una hora y no fue posible evaluar el cumplimiento del de ocho horas.
- Los límites normados de SO_2 , NO_2 y CO no fueron rebasadas en ninguna estación de monitoreo donde fue posible hacer tal evaluación.

Tabla 18.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Puebla, durante el año 2014.

Contaminante	NOM	Límite permitido	Estación				
			BIN	NIN	STA	UTP	VEL
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Percentil 98 ≤ 120 µg/m ³	✓	DI	✓	✓	✓
	Anual	Promedio ≤ 50 µg/m ³	✓	DI	✓	✓	X
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Percentil 98 ≤ 65 µg/m ³	DI	FO	DI	DI	✓
	Anual	Promedio ≤ 15 µg/m ³	DI	FO	DI	DI	X
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.110 ppm	✓	X	✓	✓	X
	8 hrs	Quinto máximo ≤ 0.080 ppm	✓	DI	✓	DI	✓
⁽³⁾ SO ₂	8 hrs	Segundo máximo ≤ 0.200 ppm	DI	DI	DI	DI	✓
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	DI	DI	DI	DI	✓
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	DI	DI	DI	DI	✓
⁽⁴⁾ NO ₂	1 hr	Segundo máximo ≤ 0.21 ppm	✓	FO	FO	DI	✓
⁽⁵⁾ CO	8 hrs	Segundo máximo ≤ 11 ppm	✓	DI	✓	✓	✓

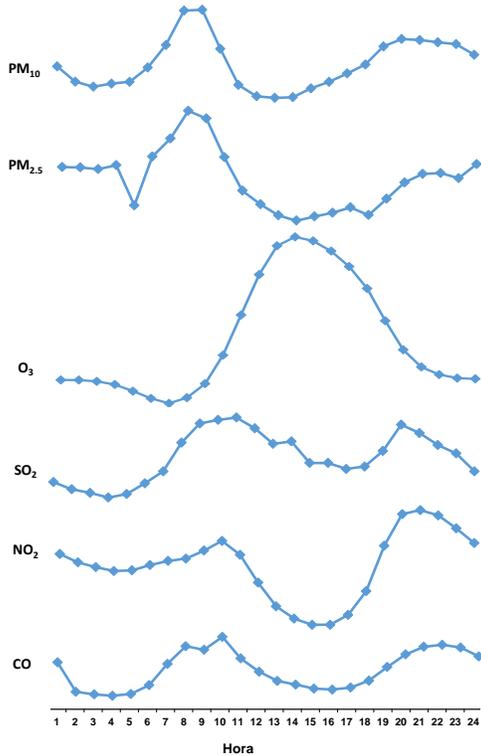
⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-1993 (DOF, 2005).
⁽²⁾ NOM-020-SSA1-1993 (DOF, 2002).
⁽³⁾ NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010).
⁽⁴⁾ NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994).
⁽⁵⁾ NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1994).

DI = Datos insuficientes
 FO = Fuera de operación.
 ✓ = Cumple con el límite normado
 X = No cumple con el límite normado

18.2.2 Comportamiento temporal

Las figuras mostradas en esta sección permiten visualizar el comportamiento de los contaminantes a lo largo del día y de los meses del año. Para conocer los detalles sobre la construcción de las gráficas ver la sección 2.2.2.2 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.

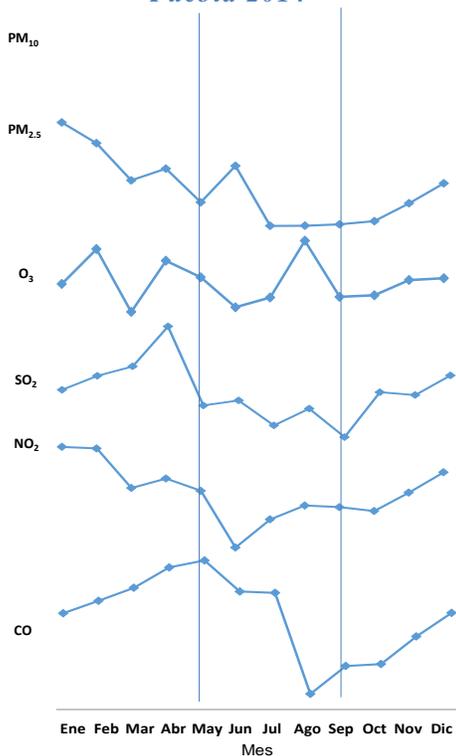
*Comportamiento horario
Puebla 2014*



Las concentraciones promedio horarias de PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, NO₂ y CO muestran un comportamiento bimodal donde, salvo en el caso de NO₂, en el pico de la mañana es más pronunciado que el de la tarde. Las concentraciones más elevadas, en el caso de PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂ y CO se registraron entre las 7:00 y las 11:00 horas. El segundo pico empieza a formarse a partir de las 18:00 horas en todos los casos. En el caso de NO₂ el pico más alto ocurre por la tarde después de las 19:00 horas.

El O₃, por otra parte, muestra una distribución unimodal en la que las concentraciones más elevadas se registraron entre las 12:00 y las 17:00 horas.

*Comportamiento mensual
Puebla 2014*



En Puebla, las mayores concentraciones de partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}) se registraron en el primer semestre del año y las de SO₂, NO₂ y CO entre diciembre y abril. El O₃ por su parte, mostró un comportamiento irregular donde las concentraciones más altas se presentaron en los meses de febrero, abril y agosto.

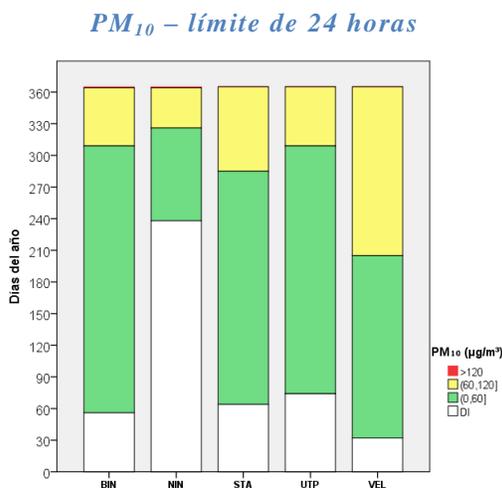
Por otra parte, las concentraciones más bajas se presentaron entre julio y octubre en el caso de las partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}), entre junio y septiembre en el caso de SO₂ y NO₂ y entre agosto y noviembre en el caso del CO.

18.2.3 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 términos del número de días con concentraciones superiores a los límites normados, así como la tendencia que presentan las concentraciones inferiores, pero cercanas, a estos valores. Los colores indican el número de días en los que las concentraciones registradas durante el año cumplen con alguna de las siguientes condiciones:

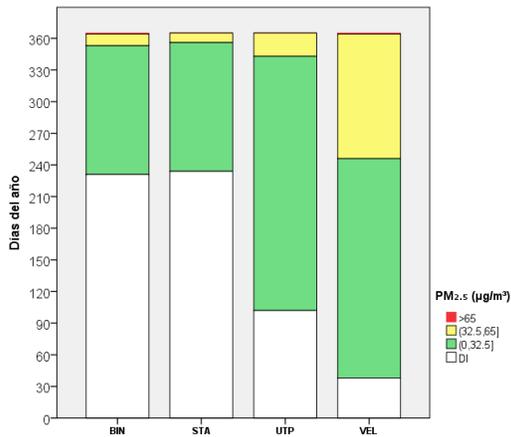
- ✓ No excedieron el valor diario normado (verde).
- ✓ No excedieron el valor diario normado, pero se encuentran cercanas a este valor (amarillo).
- ✓ Excedieron el valor diario normado (rojo).
- ✓ No se contó con información suficiente para evaluar el cumplimiento de alguna de las condiciones anteriores (blanco).

El dato base para construir este indicador es la concentración máxima del día (por ejemplo, promedio de una hora, ocho horas o 24 horas, dependiendo del contaminante que se trate), en cada estación de monitoreo. Para ver el detalle sobre la construcción de este indicador, diríjase a la sección 2.2.2.3 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.



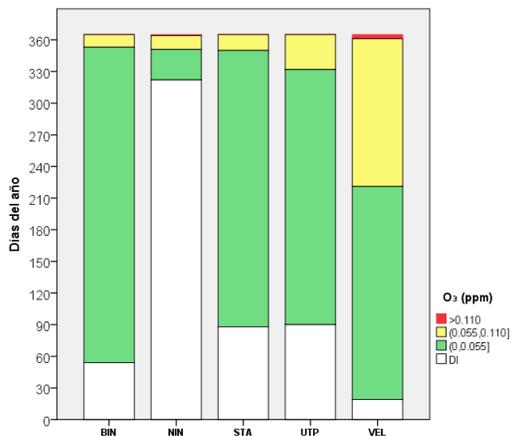
En el año 2014 predominaron los días con calidad del aire buena (verde) y regular (amarilla) por PM₁₀ en todas las estaciones de monitoreo, sin embargo, en las estaciones BIN y NIN se presentó un día con mala calidad del aire (rojo). Destacó también la gran cantidad de días con información insuficiente para generar el indicador, especialmente en la estación NIN, donde esta condición representó el 65% del total de días del año.

PM_{2.5} - límite de 24 horas



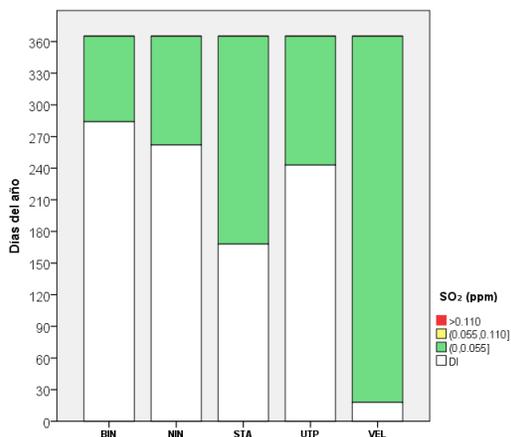
En las estaciones UTP y VEL predominaron los días con buena calidad del aire (verde) por PM_{2.5}, seguidos de los días con calidad del aire regular (amarillo) y sólo en VEL se presentó un día mala calidad del aire (rojo). Por otra parte, en las estaciones BIN y STA predominaron los días con información insuficiente (blanco), seguidos por los de buena y regular calidad del aire (verde y amarillo, respectivamente). En la estación BIN también se presentó un día con mala calidad del aire.

O₃ - límite de 1 hora



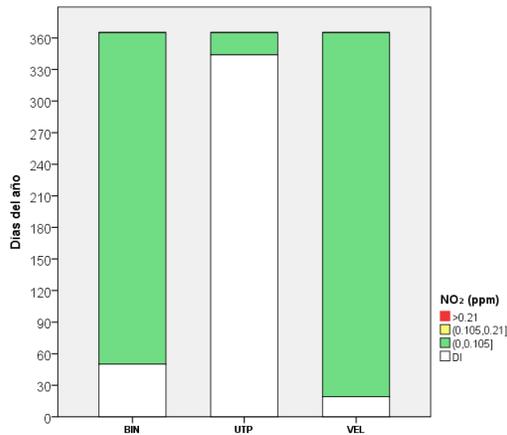
Las estaciones de monitoreo NIN y VEL fueron las únicas en registrar días con mala calidad del aire (rojo) por ozono en el año 2014, con uno y cuatro, respectivamente. A pesar de ello, tanto en estas estaciones como en el resto predominaron los días con calidad del aire buena (verde) y regular (amarillo). Sólo en la estación NIN dominaron los días con información insuficiente (blanco).

SO₂ - límite de 24 horas



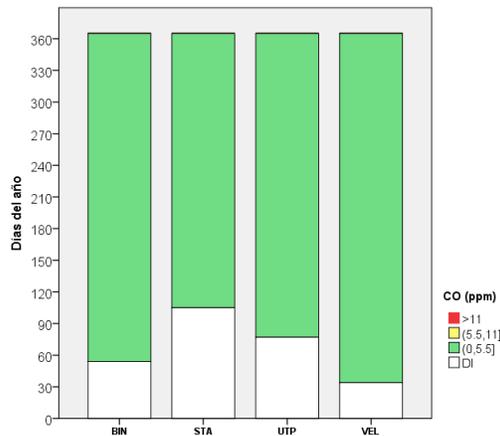
El porcentaje de días con buena calidad del aire (verde) por SO₂ en el año 2014, osciló entre 22 y 95% (en las estaciones BIN y VEL, respectivamente). El porcentaje restante correspondió a días con información insuficiente (blanco) para generar el indicador.

NO₂ - límite de 1 hora



En todos los días donde fue posible evaluar este indicador se obtuvieron registros que indicaron una buena calidad del aire (verde) por NO₂ en todas las estaciones de monitoreo. Sin embargo, destaca el caso de la estación UTP, donde el porcentaje de días con información insuficiente fue superior al 90%.

CO - límite de 8 horas



En todas las estaciones de monitoreo el número de días con buena calidad del aire por CO fue superior al 70%. El porcentaje restante correspondió a los días con información insuficiente.

La escasez de información para generar los indicadores de calidad del aire, especialmente el relacionado con la evaluación de cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas, revela la necesidad de mejorar el desempeño de este SMCA en aras de cumplir con el criterio de suficiencia de información que establecen las propias normas.

La información disponible revela la presencia de problemas de calidad del aire en la zona Noroeste de Puebla, ya que en la estación de monitoreo velódromo (VEL), ubicada en el municipio de Coronango, se registró el incumplimiento de, al menos, uno de los límites normados para cada uno de los siguientes contaminantes: PM₁₀, PM_{2.5} y Ozono.

19. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE QUERÉTARO

19.1 Información general

El sistema de monitoreo de la calidad del aire de Querétaro, a cargo de la Secretaría de Desarrollo Sustentable del gobierno del estado, estuvo integrado en el año 2014 por la red de monitoreo de Santiago de Querétaro, así como por las estaciones de monitoreo de Corregidora y El Marqués. En general, las cinco estaciones de monitoreo (tres de la red de Santiago de Querétaro y las dos de Corregidora y El Marqués), son automáticas y tienen la capacidad de medir ozono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y monóxido de carbono. En adición, una de las estaciones de la red de Santiago de Querétaro y las estaciones ubicadas en los municipios de Corregidora y El Marqués tienen la capacidad de realizar la medición de partículas en su fracción PM₁₀. Así mismo, en dos de las tres estaciones de Santiago de Querétaro lleva a cabo la medición de partículas en su fracción PM_{2.5}. La Tabla 19.1 muestra las capacidades de medición de contaminantes y el año de inicio de operación de cada una de las estaciones de monitoreo antes referidas y la Figura 19.1, muestra su ubicación geográfica.

Tabla 19.1 Estaciones de monitoreo que conformaron el SMCA de Querétaro en el año 2014 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
Santiago de Querétaro	Bomberos	BOM	Aut. 2010	☐	✓	✓	✓	✓	✓
	Épigenio González	EPG	Aut. 2010	✓	☐	✓	✓	✓	✓
	Félix Osores	FEL	Aut. 2010	☐	✓	✓	✓	✓	✓
	CAM (Corregidora)	CAM	Aut. 2010	✓	☐	✓	✓	✓	✓
	El Marqués (El Marqués)	MAR	Aut. 2010	✓	☐	✓	✓	✓	✓

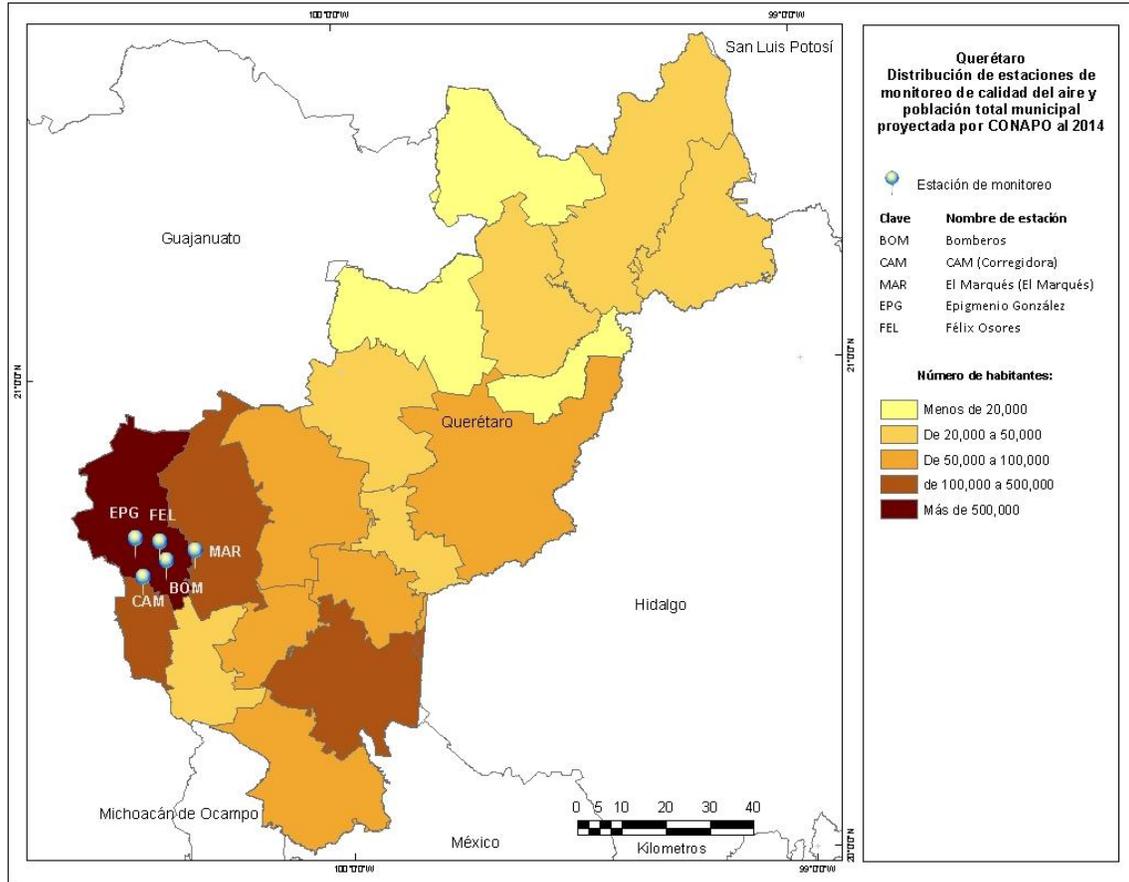
Aut. = Equipo automático

☐ = 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 Querétaro

Figura 19.1. Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Querétaro



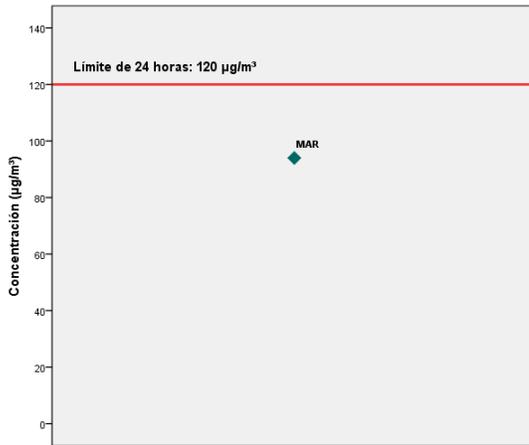
19.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire

En esta sección se analiza el cumplimiento de las NOM para cada contaminante en Querétaro. Los resultados se presentan 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, durante el año 2014 este sistema de monitoreo de calidad del aire generó poca información, por lo que no hubo datos suficientes que permitieran evaluar el cumplimiento de los límites normados para ninguno de los contaminantes en tres de las cinco estaciones (ver Tabla 19.2). En la estación BOM, ubicada en el municipio de Santiago de Querétaro, se pudo evaluar el cumplimiento de las normas de PM_{2.5}, Ozono, NO₂ y CO. En todos los casos dicha evaluación indica el cumplimiento de los diferentes límites normados para cada contaminante. Por otra parte,

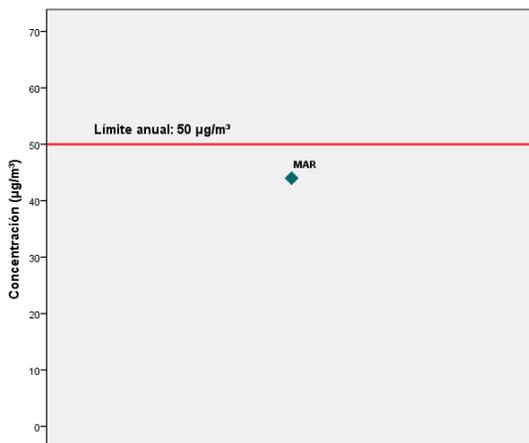
en la estación de monitoreo MAR, ubicada en el municipio de El Marqués, sólo se pudo evaluar el cumplimiento de las normas de PM₁₀, ozono y dióxido de nitrógeno. Los resultados revelan el cumplimiento de las normas de PM₁₀ y ozono, así como el incumplimiento del límite normado para el dióxido de nitrógeno. Los resultados se presentan en las siguientes figuras.

Límite de 24 horas
(Percentil 98)



El cumplimiento del límite de 24 horas de PM₁₀ sólo fue posible evaluarlo en la estación de monitoreo MAR y en ella la concentración del percentil 98 fue de 94 µg/m³, el cual es poco más de 20% inferior al límite de norma.

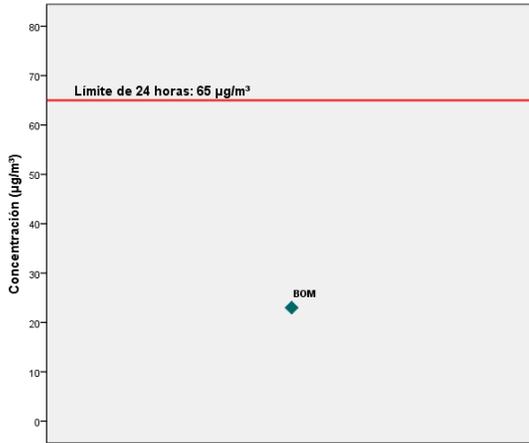
Límite anual
(Promedio anual)



El promedio anual de PM₁₀ en la estación MAR fue de 44.2 µg/m³. El cual es inferior al límite normado.

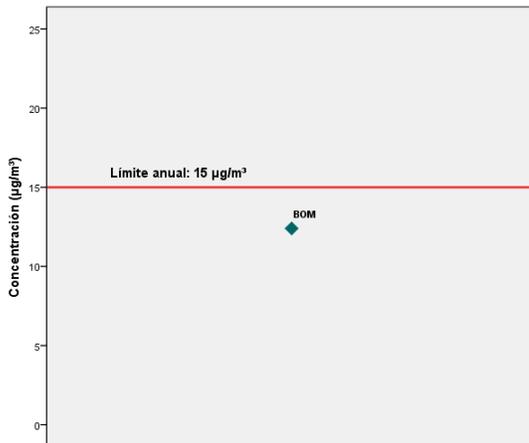
Partículas – PM₁₀

Límite de 24 horas
(Percentil 98)



La evaluación del cumplimiento de los límites normados para PM_{2.5} sólo fue posible realizarla en la estación de monitoreo BOM, ubicada en Santiago de Querétaro, dónde la concentración asociada al percentil 98 de las concentraciones promedio de 24 horas fue de 23 µg/m³. Valor 65% inferior al límite normado.

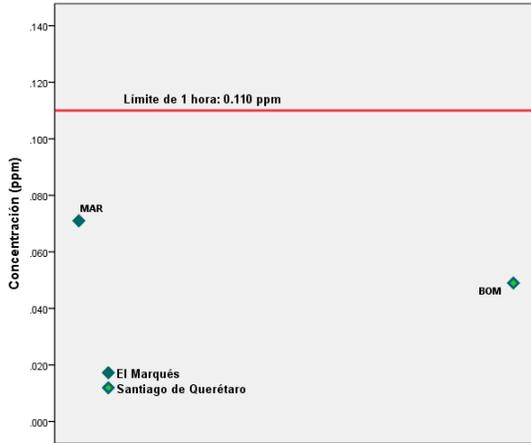
Límite anual
(Promedio anual)



Por otra parte, la concentración promedio anual de PM_{2.5}, en esta misma estación fue de 12 µg/m³, que es 20% inferior al límite establecido en la norma correspondiente.

Ozono - O₃

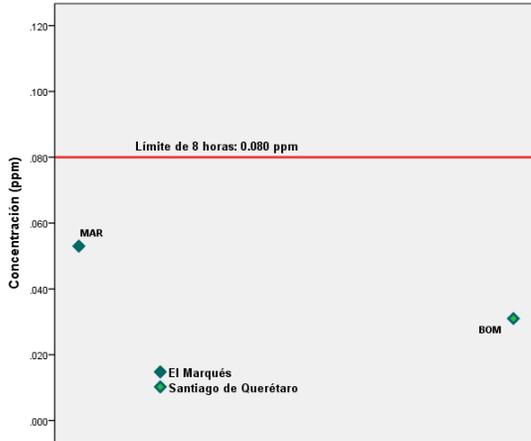
Límite de 1 hora
(Máximo horario)



La evaluación del cumplimiento de norma con respecto al ozono sólo se pudo desarrollar en las estaciones MAR y BOM, que se ubican en los municipios de El Marqués y Santiago de Querétaro, respectivamente. El resultado indica que el máximo horario registrado en cada estación fue de 0.071 ppm en MAR y 0.049 ppm en BOM. Ambos valores son inferiores al límite normado.

Límite de 8 horas

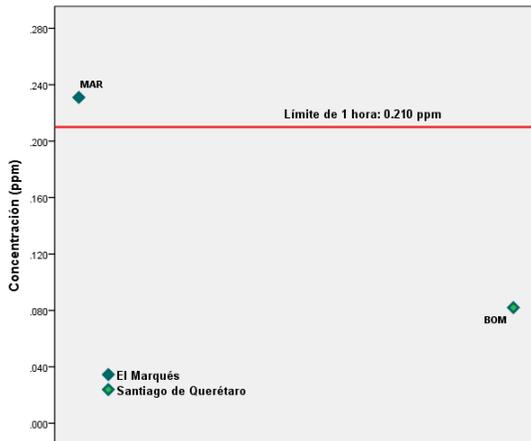
(Quinto máximo del promedio móvil de 8 horas)



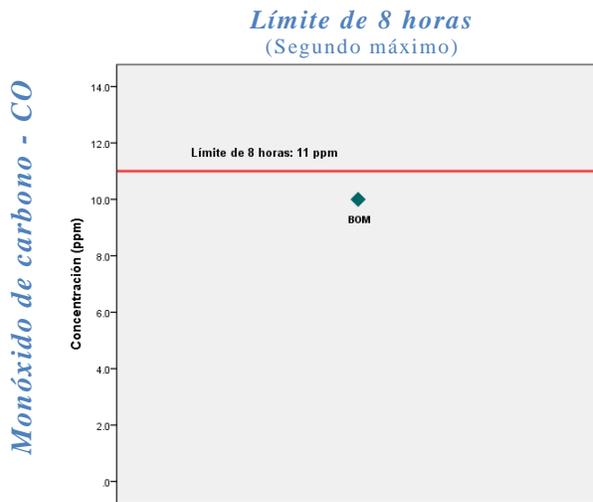
El límite de ocho horas también fue inferior al límite normado tanto en la estación MAR como en BOM. Las concentraciones registradas fueron de 0.053 ppm y 0.031 ppm, respectivamente.

Dióxido de nitrógeno - NO₂

Límite de 1 hora
(Segundo máximo)



Con respecto a las concentraciones de dióxido de nitrógeno, mientras en la estación BOM se registró un segundo máximo horario de 0.082 ppm, que es inferior al valor límite, en la estación MAR la concentración registrada, también como segundo máximo, fue de 0.231 ppm, que es 10% superior al límite normado y que la ubica como la única estación de monitoreo en el país donde se rebasa dicho valor.



Las concentraciones de monóxido de carbono se mantuvieron por debajo de su límite normado en la estación de monitoreo BOM. De hecho, el segundo máximo como promedio móvil de ocho horas de este contaminante fue de 10 ppm, el cual es 9% inferior al límite establecido en la norma correspondiente.

Tabla 19.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Querétaro, durante el año 2014.

Contaminante	NOM	Límite permitido	Santiago de Querétaro			Corregidora	El Marqués
			BOM	EPG	FEL	CAM	MAR
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Percentil 98 ≤ 120 µg/m ³	☐	DI	☐	DI	✓
	Anual	Promedio ≤ 50 µg/m ³	☐	DI	☐	DI	✓
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Percentil 98 ≤ 65 µg/m ³	✓	☐	DI	☐	☐
	Anual	Promedio ≤ 15 µg/m ³	✓	☐	DI	☐	☐
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.110 ppm	✓	DI	DI	DI	✓
	8 hrs	Quinto máximo ≤ 0.080 ppm	✓	DI	DI	DI	✓
⁽³⁾ SO ₂	8 hrs	Segundo máximo ≤ 0.200 ppm	DI	DI	DI	DI	DI
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	DI	DI	DI	DI	DI
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	DI	DI	DI	DI	DI
⁽⁴⁾ NO ₂	1 hr	Segundo máximo ≤ 0.21 ppm	✓	DI	DI	DI	X
⁽⁵⁾ CO	8 hrs	Segundo máximo ≤ 11 ppm	✓	FO	DI	DI	DI

⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-1993 (DOF, 2005)

⁽²⁾ NOM-020-SSA1-1993 (DOF, 2002)

⁽³⁾ NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010)

⁽⁴⁾ NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994)

⁽⁵⁾ NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1994)

DI = Datos insuficientes

FO = Fuera de operación

☐ = No se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante

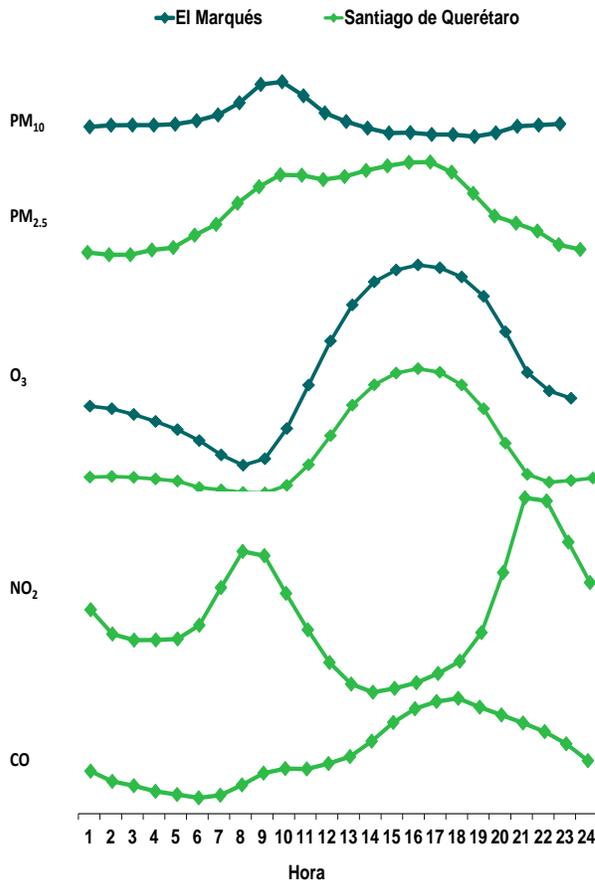
✓ = Cumple con el límite normado

X = No cumple con el límite normado

19.2.2 Comportamiento temporal

Las figuras mostradas en esta sección permiten visualizar el comportamiento promedio de los contaminantes a lo largo del día y de los meses del año. Para conocer los detalles sobre la construcción de este indicador véase la sección 2.2.2.2 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.

*Comportamiento horario
Querétaro 2014*

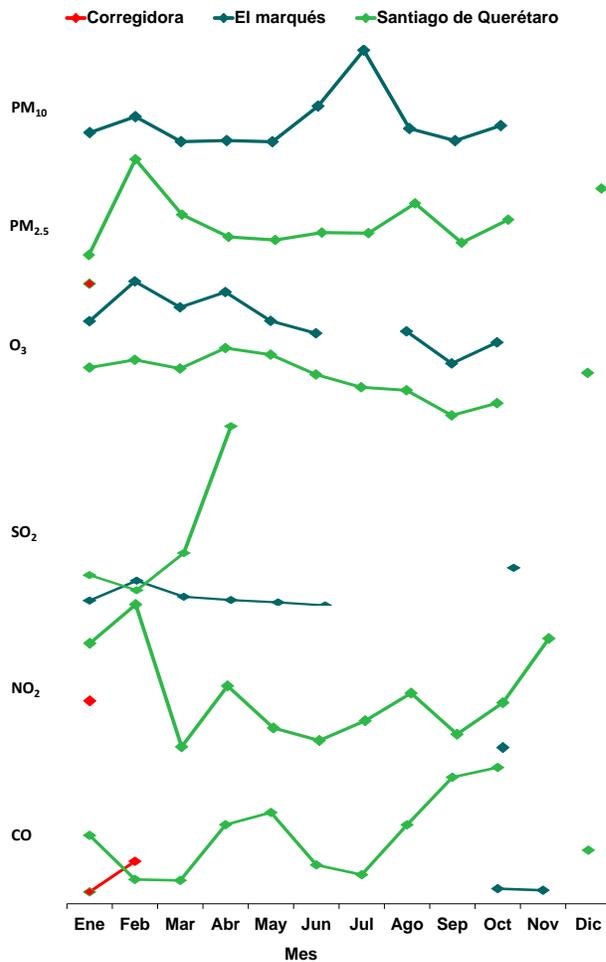


El comportamiento horario de las PM₁₀ en la estación ubicada en El Marqués muestra un pico de concentración entre las 8:00 y las 12:00 horas. A partir de las 21:00 horas se empieza a formar un segundo pico pero mucho más suave que el primero. Las PM_{2.5}, por su parte, muestran un pico único de concentración en Santiago de Querétaro, que va de las 10:00 a las 18:00 horas.

El ozono tiene el comportamiento característico unimodal, donde las mayores concentraciones de presentan entre las 12:00 y las 19:00 horas, tanto en El Marqués como en Santiago de Querétaro.

El comportamiento horario del NO₂, que sólo se pudo evaluar en Santiago de Querétaro, muestra dos picos de concentración a lo largo del día, los cuales pueden estar vinculados con los patrones de tránsito vehicular, en tanto que el CO muestra un solo pico de concentraciones entre las 15:00 y las 21.00 horas.

*Comportamiento mensual
Querétaro 2014*



Las concentraciones más altas de PM₁₀, en El Marqués, ocurrieron en los meses de junio y julio, en tanto las de PM_{2.5}, en Santiago de Querétaro se registraron en febrero y diciembre. El ozono, por su parte, registró sus concentraciones más elevadas entre enero y mayo, tanto en el municipio de El Marqués como en el de Santiago de Querétaro. Las concentraciones más altas se observan consistentemente en el municipio de El Marqués. La poca información disponible para SO₂ no permite identificar ningún patrón de comportamiento a lo largo del año. Sin embargo, se observa que las concentraciones son más altas en Santiago de Querétaro que en El Marqués. Finalmente, con respecto a NO₂ y CO, las concentraciones más elevadas del primero ocurrieron en enero, febrero y noviembre, en tanto que en el caso del segundo, esto ocurrió en septiembre y octubre en el municipio de Santiago de Querétaro.

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

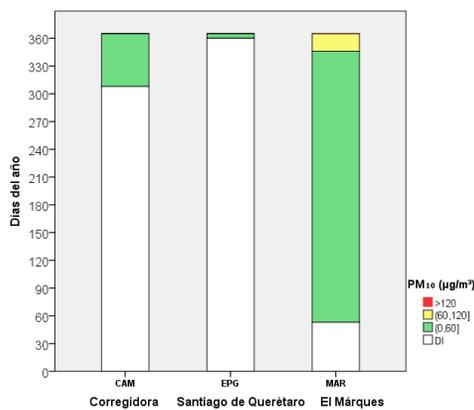
Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo, en términos del número de días con concentraciones superiores a los límites normados, así como la tendencia que presentan las concentraciones inferiores, pero cercanas, a estos valores. Los colores indican el número de días en los que las concentraciones registradas durante el año cumplen con alguna de las siguientes condiciones:

- ✓ No excedieron el valor diario normado (verde).
- ✓ No excedieron el valor diario normado, pero se encuentran cercanas a este valor (amarillo).

- ✓ Excedieron el valor diario normado (rojo).
- ✓ No se contó con información suficiente para evaluar el cumplimiento de alguna de las condiciones anteriores (blanco).

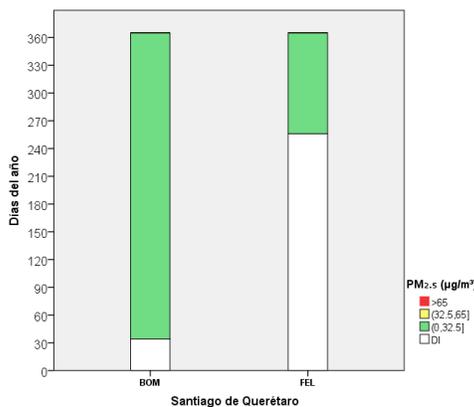
El dato base para construir este indicador es la concentración máxima del día (por ejemplo, promedio de una hora, ocho horas o 24 horas, dependiendo del contaminante que se trate), en cada estación de monitoreo. Para ver el detalle sobre la construcción de este indicador, diríjase a la sección 2.2.2.3 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.

PM₁₀ – límite de 24 horas



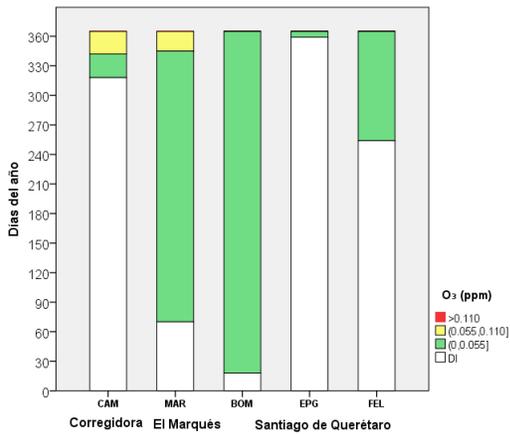
En la estación de monitoreo MAR predominaron los días con buena calidad del aire (verde) con respecto a PM₁₀, pues esta condición se presentó en el 80% de los días del año. Por otra parte, en un 5% de los días se presentó calidad del aire regular (amarillo) y el 15% restante correspondió a días con información insuficiente para generar el indicador. En las estaciones CAM y EPG los días con buena calidad del aire fueron 57 y 5, respectivamente. En el resto de los días del año no se produjo información suficiente para generar el indicador.

PM_{2.5} – límite de 24 horas



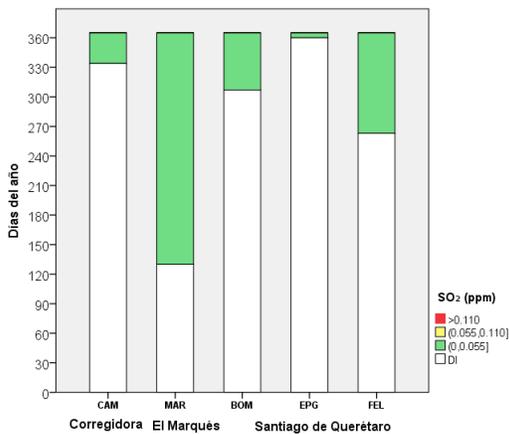
El porcentaje de días con buena calidad del aire (verde) por PM_{2.5} fue de 91% en la estación BOM y 30% en la estación FEL. Ambas, localizadas en el municipio de Santiago de Querétaro. En ambos casos, el porcentaje restante de los días del año, correspondió a días donde no se contó con información suficiente para generar el indicador.

O₃ - límite de 1 hora



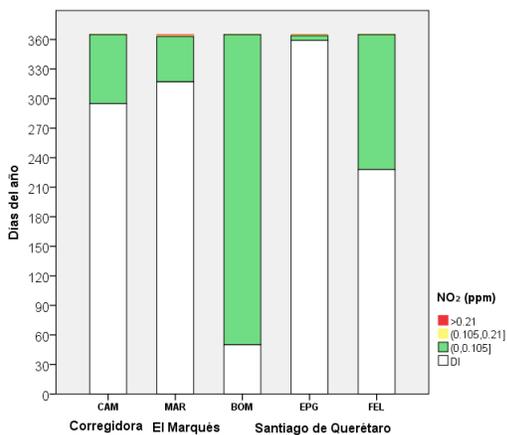
Con respecto a ozono en ninguna de las estaciones de monitoreo se registraron concentraciones superiores al límite normado de una hora (rojo). Por el contrario, lo que destaca es, por un lado, que cuando fue posible generar el indicador, dominaron los días con buena calidad del aire (verde) con respecto a este contaminante, y por el otro, que hay estaciones como CAM, EPG y FEL, donde en más del 70% de los días del año no hubo información suficiente para poder evaluar la calidad del aire en el lugar.

SO₂ - límite de 24 horas



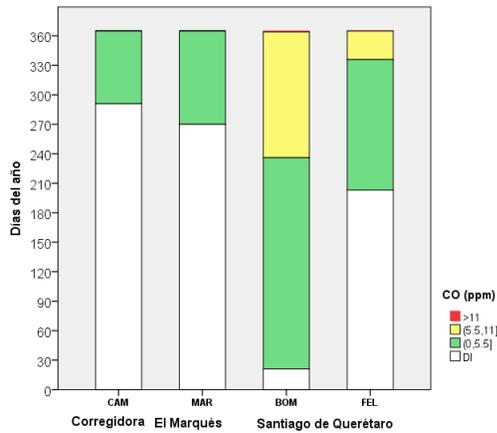
El porcentaje de días con buena calidad del aire (verde) con respecto a SO₂ fue de 8% en la estación CAM, 64% en MAR, 1% en EPG, 28% en FEL y 16% en BOM. El porcentaje restante de los días del año, en cada estación, correspondió a días donde no se contó con información suficiente para generar el indicador.

NO₂ - límite de 1 hora



Sólo en la estación de monitoreo de El Marqués se registró un día con mala calidad del aire (rojo) con respecto a NO₂. En el resto de las estaciones, siempre que fue posible estimar el indicador, el resultado fue de buena calidad del aire (verde). En cualquier caso, también destaca que salvo en la estación BOM, en el resto de las estaciones de monitoreo la cantidad de días en la que no fue posible estimar el indicador fue superior 60%.

CO - límite de 8 horas



En la estación de monitoreo BOM, la calidad del aire fue buena (verde) en el 59% de los días de 2014, regular en el 35% de los días y mala sólo en un día (0.3%). En el resto de las estaciones de monitoreo dominaron los días sin información suficiente para generar el indicador, seguidos de los días con calidad del aire buena y regular.

Este SMCA cuenta con cinco estaciones de monitoreo, de las cuales tres no generaron información suficiente para evaluar el cumplimiento de las NOM en la materia para ningún contaminante en el año 2014. De las dos estaciones de monitoreo en las que sí fue posible hacer tal evaluación, una de ellas, ubicada en el municipio de El Marqués, registró el incumplimiento del límite normado para dióxido de nitrógeno con una concentración 10% superior a dicho límite. Esta situación ubica a la entidad, como la única en el país en la que en al menos una estación de monitoreo se rebasó dicho límite. En estas estaciones se cumplieron los límites normados para el resto de los contaminantes para los que sí fue posible hacer la evaluación de cumplimiento de las NOM de calidad del aire.

20. SISTEMAS DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE DE TAMAULIPAS

20.1 Información general

En el año 2014 el sistema de monitoreo de la calidad del aire (SMCA) de Tamaulipas, a cargo de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del gobierno del estado, estuvo integrado por las redes de monitoreo de Nuevo Laredo, Reynosa, Matamoros, Victoria y Mante, así como por la estación de monitoreo ubicada en Tampico. En total, este SMCA incluye 17 estaciones de monitoreo manual de PM₁₀. La Tabla 20.1 muestra la distribución de las estaciones de monitoreo que conforman este SMCA y el año en cada una de ellas inició su operación. Es importante destacar, sin embargo, que por falta de recursos para su operación, 10 de las 17 estaciones de monitoreo estuvieron fuera de funcionamiento en el año 2014 y cuatro más iniciaron operaciones en este mismo año, por lo que no generaron información suficiente que permitiera incluirlas en el análisis de datos que aquí se presenta. En cualquier caso, en la Tabla 20.1 se incluye información sobre dichas estaciones para ilustrar el potencial de medición de PM₁₀ de este SMCA. Por otra parte, la Figura 20.1, muestra la ubicación geográfica de cada una de las estaciones de monitoreo.

Tabla 20.1 Estaciones que conformaron los SMCA de Tamaulipas en el año 2014 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
Nuevo Laredo	Tecnológico Nuevo Laredo	TECNL	Man.2014	✓	☒	☒	☒	☒	☒
	CBTIS 234	CBTIS	Man.2014	✓	☒	☒	☒	☒	☒
	IMSS Santa Fe	IMSS	Man. 2014	✓	☒	☒	☒	☒	☒
	Bomberos Nuevo Laredo	BOM	Man. 2014	✓	☒	☒	☒	☒	☒
Reynosa	CETIS 131	CETIS	Man.*	✓	☒	☒	☒	☒	☒
	Preparatoria Pedro J. Méndez	PRE	Man.*	✓	☒	☒	☒	☒	☒
	Secundaria 9	SEC	Man.*	✓	☒	☒	☒	☒	☒
	Unidad Reynosa Rodhe	REY	Man.*	✓	☒	☒	☒	☒	☒
Matamoros	DIF	DIF	Man.*	✓	☒	☒	☒	☒	☒
	Quinto Real	QRE	Man.*	✓	☒	☒	☒	☒	☒
	Bomberos Lauro Villar	BOMM	Man.*	✓	☒	☒	☒	☒	☒
	Solidaridad	SOL	Man.*	✓	☒	☒	☒	☒	☒
Victoria	Tecnológico	TECV	Man. 2012	✓	☒	☒	☒	☒	☒
	Presidencia	PMNV	Man. 2012	✓	☒	☒	☒	☒	☒

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
El Mante	COBAT Mante	COBAT	Man.*	✓	✗	✗	✗	✗	✗
	Presidencia Mante	PMNM	Man.*	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Tampico	Policía Metropolitana	POL	Man. 2012	✓	✗	✗	✗	✗	✗

* El año de inicio de operación de estas estaciones de monitoreo no fue identificado con certeza por los actuales responsables de la gestión de este SMCA.

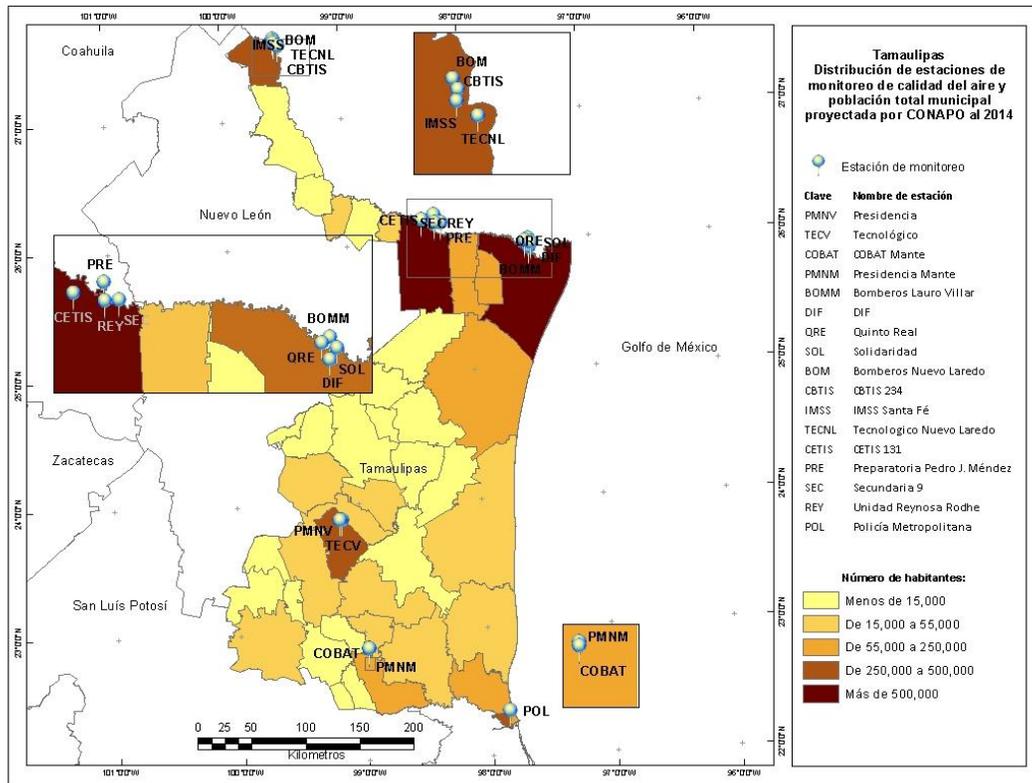
Man. = Equipo manual.

✗ = 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 Medio Ambiente del Estado de Tamaulipas.

Figura 20.1. Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Tamaulipas

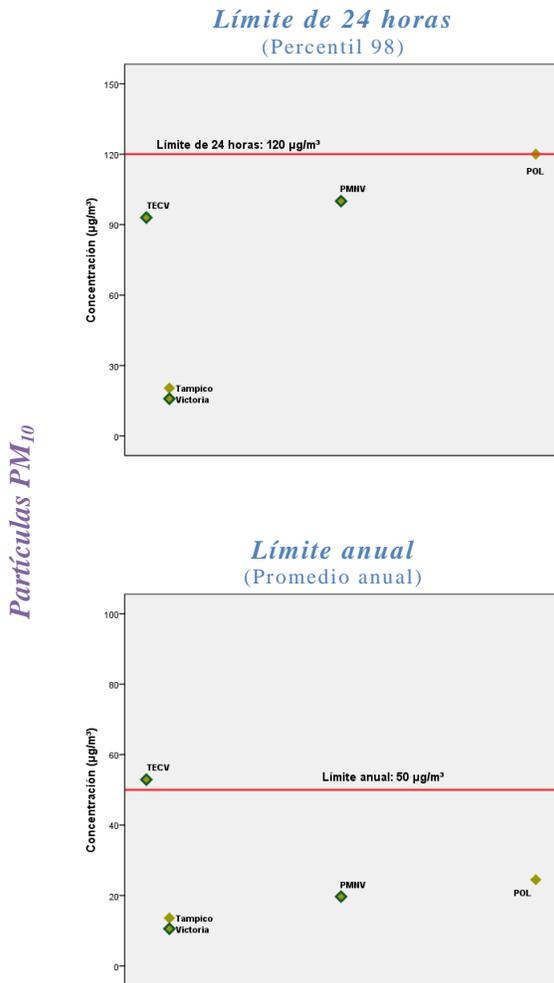


20.2 Diagnóstico de la calidad del aire

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Tamaulipas para el año 2014 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en la materia, el comportamiento temporal de los contaminantes y el número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo.

20.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire

En esta sección se analiza el cumplimiento de los límites normados para PM_{10} en Tamaulipas. Los resultados se presentan 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.



Las concentraciones asociadas al percentil 98 de los promedios de 24 horas de PM_{10} se mantuvieron por debajo del límite normado en las tres estaciones de monitoreo que reportaron datos para el año 2014. Aun, cuando la concentración registrada en la estación POL, ubicada en Tampico, es idéntica al valor límite.

Con respecto al límite anual, éste fue rebasado en la estación de monitoreo Tecnológico (TECV) de Victoria, donde se alcanzó una concentración promedio anual de $52.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que es 6% superior al límite normado. En las estaciones PMNV y POL, de los municipios de Ciudad Victoria y Tampico, respectivamente dicha concentración se mantuvo por debajo del valor normado.

La Tabla 20.2 resume el estatus de cumplimiento de cada uno de los valores normados de PM_{10} por estación de monitoreo.

Tabla 20.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Tamaulipas, durante el año 2014.

Contaminante	NOM	Límite permitido	Nuevo Laredo				Reynosa				Matamoros			
			TECNL	CBTIS	IMSS	BOM	CETIS	PRE	SEC	UREY	DIF	QRE	BOM	SOL
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs.	Percentil 98 ≤ 120 µg/m ³	DI	DI	DI	DI	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO
	Anual	Promedio ≤ 50 µg/m ³	DI	DI	DI	DI	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO

... continúa

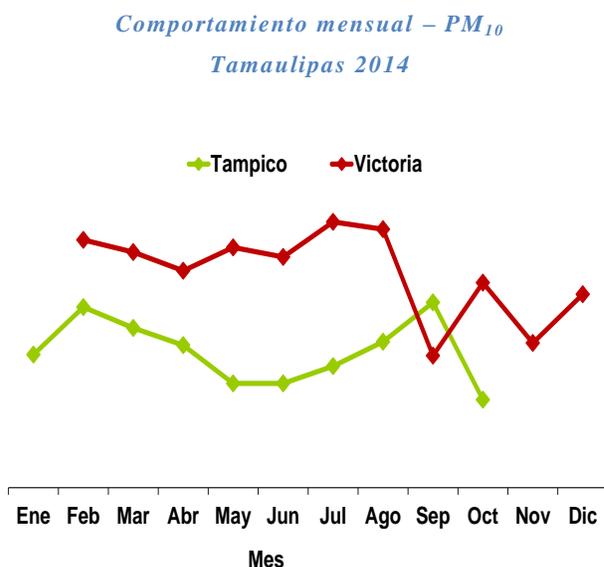
Contaminante	NOM	Límite permitido	Victoria		El Mante		Tampico
			TECV	PMNV	COBAT	PNMM	POL
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs.	Percentil 98 ≤ 120 µg/m ³	✓	✓	FO	FO	✓
	Anual	Promedio ≤ 50 µg/m ³	X	✓	FO	FO	✓

⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-1993 (DOF, 2005)

DI = Datos insuficientes
 FO = Fuera de operación
 ✓ = Cumple con el límite normado
 X = No cumple con el límite normado

20.2.2 Comportamiento temporal

Las figuras mostradas en esta sección permiten visualizar el comportamiento de los contaminantes a lo largo del día y de los meses del año. Para conocer los detalles sobre la construcción de las gráficas ver la sección 2.2.2.2 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.



En Tampico se observa que las concentraciones de PM₁₀ muestran una tendencia decreciente entre febrero y junio y después empiezan a experimentar un incremento hasta alcanzar su máximo en el mes de agosto. En Victoria, por otra parte, se aprecia un comportamiento relativamente estable entre febrero y agosto y después una tendencia errática entre septiembre y diciembre, donde de mes a mes se observan altibajos en las concentraciones reportadas.

En general, las concentraciones registradas en el municipio de Victoria son consistentemente más elevadas, a lo largo de casi todo el año, que en Tampico.

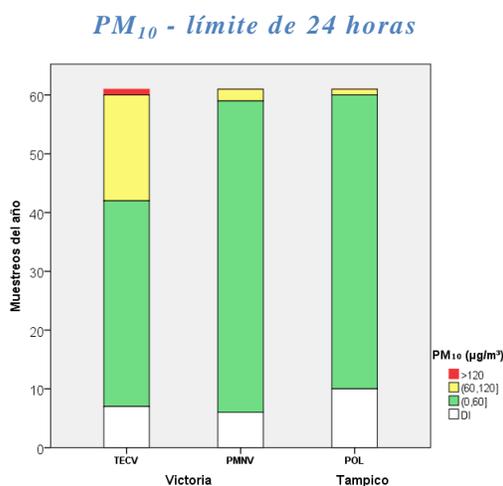
20.2.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala

Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en términos del número de días con concentraciones superiores a los límites normados, así como la tendencia que presentan las concentraciones inferiores, pero cercanas, a estos valores. Los colores indican el número de días en los que las concentraciones registradas durante el año cumplen con alguna de las siguientes condiciones:

- ✓ No excedieron el valor diario normado (verde).

- ✓ No excedieron el valor diario normado, pero se encuentran cercanas a este valor (amarillo).
- ✓ Excedieron el valor diario normado (rojo).
- ✓ No se contó con información suficiente para evaluar el cumplimiento de alguna de las condiciones anteriores (blanco).

El dato base para construir este indicador es la concentración máxima del día en cada estación de monitoreo. Para ver el detalle sobre la construcción de este indicador, diríjase a la sección 2.2.2.3 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.



Sólo en la estación de monitoreo Tecnológico del municipio de Victoria se presentó un muestreo con mala calidad del aire por PM₁₀ (rojo), en tanto en 35 muestreos la calidad del aire fue buena (verde), en 18 regular (amarillo) y en 7 hubo datos insuficientes para generar el indicador (blanco).

En las estaciones de PMNV y POL dominaron los muestreos con calidad del aire buena (verde), con un total de 53 y 50, lo que representa el 87% y el 82% del total de muestreos en el año, respectivamente.

En esta entidad destaca el hecho de que durante el año 2014 sólo tres de las 17 estaciones de monitoreo que conforman el SMCA generaron información sobre las concentraciones de PM₁₀. Diez estaciones estuvieron fuera de operación y cuatro más empezaron a funcionar en el transcurso del año 2014 por lo que no generaron información suficiente que permitiera incluirlas en el análisis presentado en este documento.

Una de las tres estaciones que si operaron revela el incumplimiento del límite normado anual de PM₁₀ en el municipio de Victoria. Las estaciones fuera de operación impiden conocer el estado de la calidad del aire en municipios tan importantes como Reynosa, Matamoros y El Mante.

21. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE VERACRUZ

21.1 Información general

En el año 2014 sistema de monitoreo de la calidad del aire de Veracruz, a cargo de la Secretaría de Medio Ambiente del gobierno del estado, estuvo integrado por dos estaciones de monitoreo automático, una localizada en el municipio de Minatitlán y otra en el municipio de Xalapa. La Tabla 21.1 muestra las capacidades de medición de cada estación y el año en que cada una de ellas inició su operación. Por otra parte, la Figura 21.1, muestra la ubicación geográfica de dichas estaciones.

Tabla 21.1 Estaciones de monitoreo que conformaron los SMCA de Veracruz en el año 2014
capacidades de medición de contaminantes

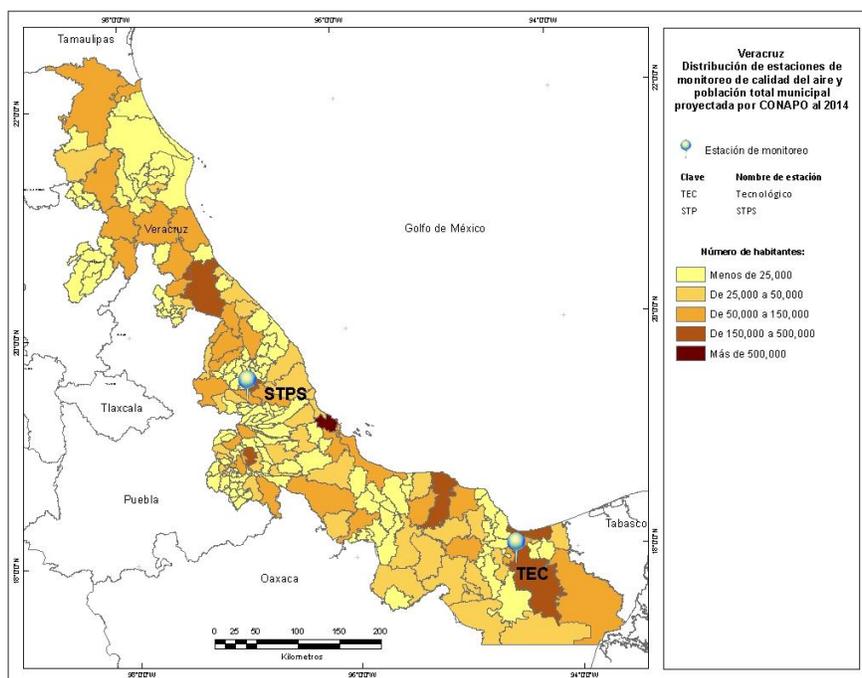
Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes medidos					
			PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	SO ₂	NO ₂	CO
Tecnológico (Minatitlán)	TEC	Aut. 2013	✓	✓	✓	✓	✓	✓
STPS (Xalapa)	STPS	Aut. 2013	✓	✓	✓	✓	✓	✓

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.

Figura 21.1 Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Veracruz, 2014.

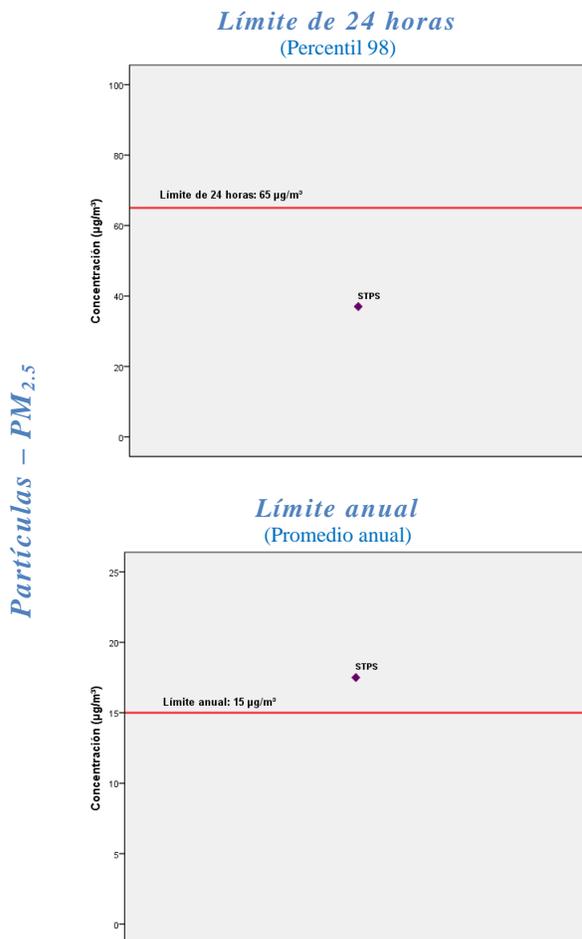


21.2 Diagnóstico de la calidad del aire

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Veracruz para el año 2014 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas (NOM) en la materia, el comportamiento temporal de los contaminantes y el número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo.

21.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire

En esta sección se analiza el cumplimiento de las NOM para cada contaminante en Veracruz. Los resultados se presentan 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.

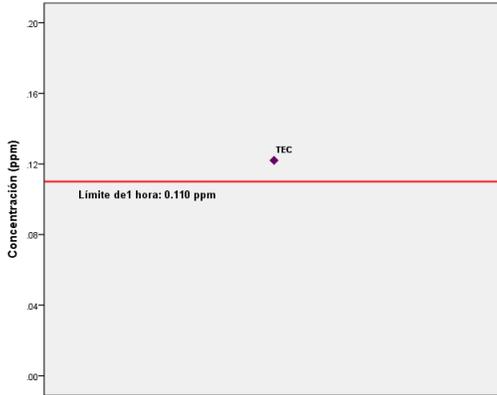


El percentil 98 de las concentraciones promedio de 24 horas de PM_{2.5} que se registró en la estación STPS, ubicada en Xalapa, fue inferior al valor normado, con una concentración de 37 µg/m³.

Por otra parte, el promedio anual de PM_{2.5} que se registró en la misma estación STPS fue de 17.5 µg/m³, que es 17% superior al valor de la norma.

Ozono - O₃

Límite de 1 hora
(Máximo horario)



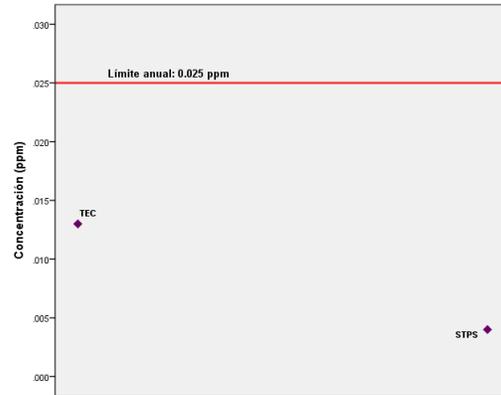
En la estación de monitoreo TEC, ubicada en Xalapa, se rebasó el límite normado de una hora de ozono, con una concentración de 0.122 ppm, que es 11% superior al valor de norma.

Dióxido de azufre - SO₂

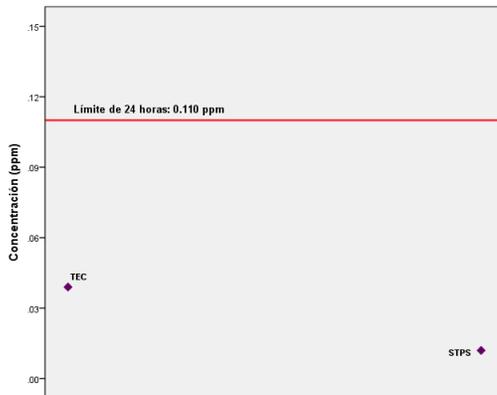
Límite de 8 horas
(Segundo máximo)



Límite anual
(Promedio anual)



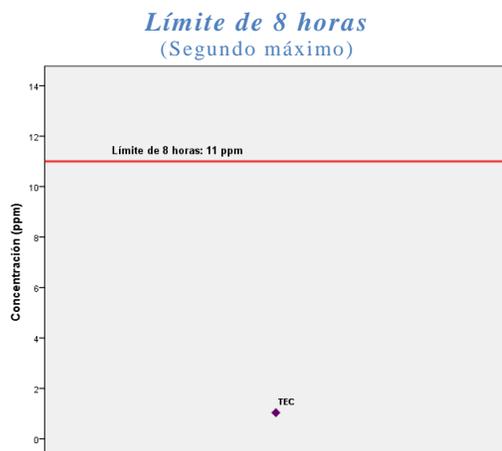
Límite de 24 horas
(Máximo)



Los valores límite de ocho horas, 24 horas y anual de dióxido de azufre se ubicaron por debajo de los límites normados. Para los tres indicadores, las concentraciones registradas correspondieron a valores que equivalen a menos del 55% del valor límite respectivo.

En general, las concentraciones registradas en Xalapa (STPS) fueron inferiores a las registradas en Minatitlán.

Monóxido de carbono - CO



La concentración de monóxido de carbono registrada en la estación de monitoreo TEC se mantuvo por debajo de su límite normado; de hecho, la concentración registrada (segundo máximo) fue equivalentes a menos del 10% de dicho límite.

La Tabla 21.2 resume el estatus de cumplimiento de cada uno de los valores normados por contaminante y estación de monitoreo. En ella se puede apreciar que:

- En ninguna de las dos estaciones de monitoreo fue posible satisfacer el criterio de suficiencia de datos para poder generar el indicador sobre el cumplimiento de los límites normados de 24 horas y anual.
- Con respecto a $PM_{2.5}$ la evaluación sólo se pudo realizar en la estación STPS de Xalapa y los resultados indicaron el límite de 24 horas no se rebasó, pero el anual sí.
- El límite de una hora de ozono se rebasó en la estación de monitoreo TEC, en tanto el cumplimiento del límite de ocho horas no pudo ser evaluado. En la estación STPS, no se pudo evaluar el cumplimiento de ninguno de los límites referidos por insuficiencia de datos.
- Las concentraciones de dióxido de azufre, calculadas como promedios de ocho horas, 24 horas y anual, se mantuvieron por debajo de los límites normados respectivos tanto en Xalapa como en Minatitlán.
- No se dispuso de información suficiente para evaluar el cumplimiento del límite normado para dióxido de nitrógeno en ninguna de las estaciones de monitoreo.
- La norma de calidad del aire para CO se cumplió en la estación TEC y no pudo ser evaluado su cumplimiento en la estación STPS por insuficiencia de información.

Tabla 21.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Veracruz, durante el año 2014.

Contaminante	NOM	Límite permitido	TEC	STPS
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Percentil 98 ≤ 120 µg/m ³	DI	DI
	Anual	Promedio ≤ 50 µg/m ³	DI	DI
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Percentil 98 ≤ 65 µg/m ³	DI	✓
	Anual	Promedio ≤ 15 µg/m ³	DI	X
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.110 ppm	X	DI
	8 hrs	Quinto máximo ≤ 0.080 ppm	DI	DI
⁽³⁾ SO ₂	8 hrs	Segundo máximo ≤ 0.200 ppm	✓	✓
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	✓	✓
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	✓	✓
⁽⁴⁾ NO ₂	1 hr	Segundo máximo ≤ 0.21 ppm	DI	DI
⁽⁵⁾ CO	8 hrs	Segundo máximo ≤ 11 ppm	✓	DI

⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-1993 (DOF, 2005).

⁽²⁾ NOM-020-SSA1-1993 (DOF, 2002).

⁽³⁾ NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010).

⁽⁴⁾ NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994).

⁽⁵⁾ NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1994).

DI = Datos insuficientes.

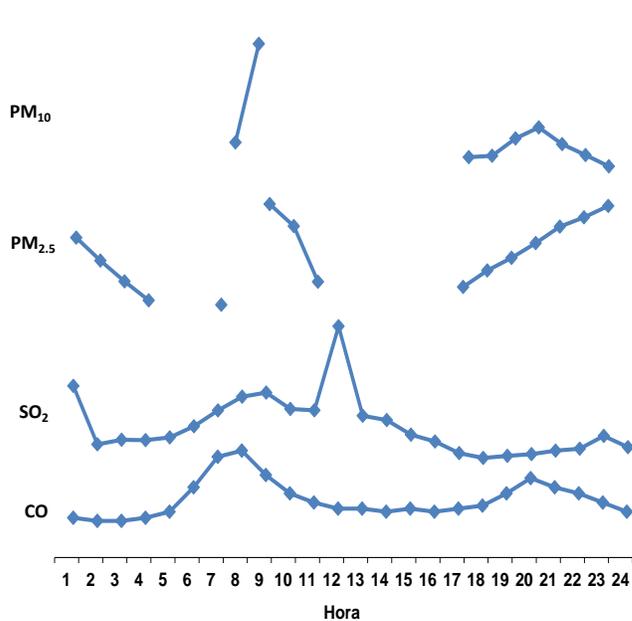
✓ = Cumple con el límite normado.

X = No cumple con el límite normado.

21.2.2 Comportamiento temporal

Las figuras mostradas en esta sección permiten visualizar el comportamiento promedio de los contaminantes a lo largo del día y de los meses del año. Para conocer los detalles sobre la construcción de las gráficas ver la sección 2.2.2.2 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.

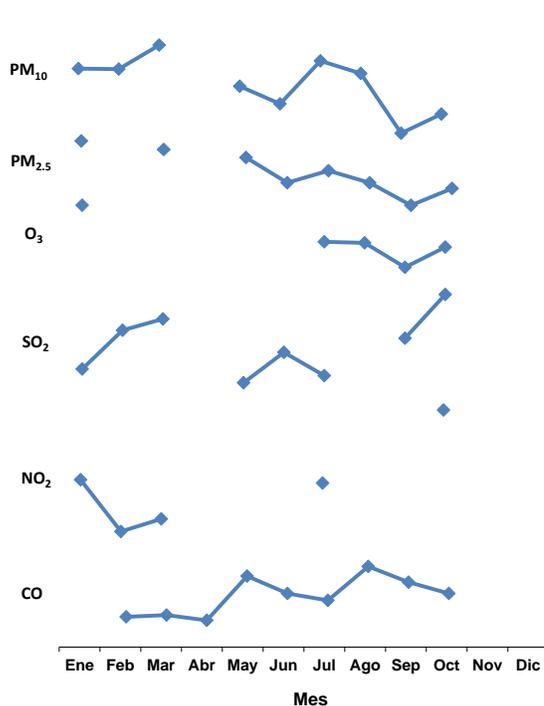
*Comportamiento horario
Veracruz, 2014*



La información disponible sobre PM₁₀ y PM_{2.5}, no permite identificar ningún patrón de comportamiento a lo largo del día. En tanto que en el caso del dióxido de azufre destaca que las concentraciones más altas se registran entre las 7:00 y las 13:00 horas, con un pico de concentración muy marcado a las 12:00 horas. El CO, por su parte, muestra el característico comportamiento bi-modal que suele estar asociado con el patrón de tránsito vehicular.

No se dispuso de información suficiente para generar el indicador correspondiente para ozono y dióxido de nitrógeno.

*Comportamiento mensual
Veracruz 2014*



En el año 2014, sólo se dispuso de información para el periodo comprendido entre enero y octubre y ésta fue discontinua, lo que dificulta la identificación de algún patrón de comportamiento a lo largo del año. Sin embargo, es posible establecer que las concentraciones más elevadas de PM₁₀ se presentaron en marzo, las de PM_{2.5} y ozono en enero, las de dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno en octubre y las de monóxido de carbono en mayo y agosto.

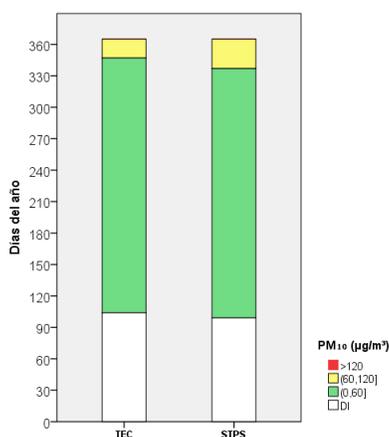
21.2.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala

Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en términos del número de días con concentraciones superiores a los límites normados, así como la tendencia que presentan las concentraciones inferiores, pero cercanas, a estos valores. Los colores indican el número de días en los que las concentraciones registradas durante el año cumplen con alguna de las siguientes condiciones:

- ✓ No excedieron el valor diario normado (verde).
- ✓ No excedieron el valor diario normado, pero se encuentran cercanas a este valor (amarillo).
- ✓ Excedieron el valor diario normado (rojo).
- ✓ No se contó con información suficiente para evaluar el cumplimiento de alguna de las condiciones anteriores (blanco).

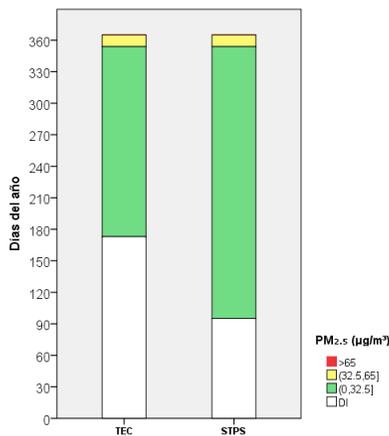
El dato base para construir este indicador es la concentración máxima del día (por ejemplo, promedio de una hora, ocho horas o 24 horas, dependiendo del contaminante que se trate), en cada estación de monitoreo. Para ver el detalle sobre la construcción de este indicador, diríjase a la sección 2.2.2.3 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.

PM₁₀ – límite de 24 horas



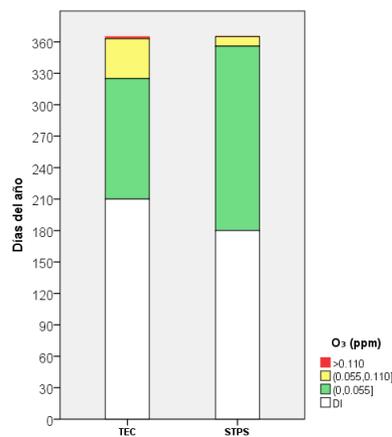
En el año 2014 predominaron los días con buena calidad del aire por PM₁₀ (verde) tanto en Minatitlán (TEC) como en Xalapa (STPS). En ambos casos el porcentaje de días de todo en esta condición superó el 65%. Los días con calidad del aire regular (amarillo), representaron el 5% del total de días en la estación TEC y el 8% en la estación STPS. En ningún caso se presentaron días con mala calidad del aire (rojo).

PM_{2.5} - límite de 24 horas



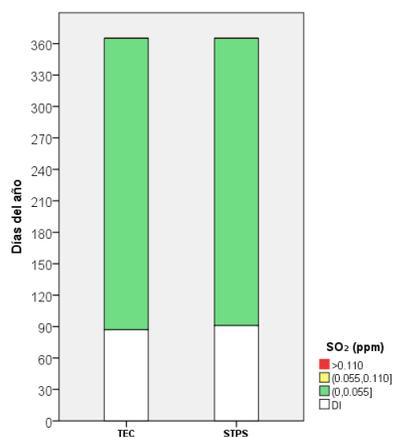
En Minatitlán (TEC), se presentó buena calidad del aire (verde) por PM_{2.5} en el 50% de los días de todo el año, en un 3% de los días la calidad del aire fue regular (amarillo) y en el 47% restante no fue posible generar el indicador por insuficiencia de información. En Xalapa, por su parte, se presentó buena calidad del aire por PM_{2.5} en el 70% de los días del año, calidad del aire regular en el 3% y hubo insuficiencia de información para generar el indicador en el 26% de los días.

O₃ - límite de 1 hora



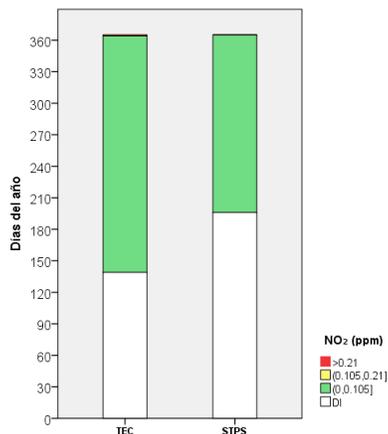
Con respecto al ozono, la estación TEC presentó mala calidad del aire (rojo) en dos días, calidad del aire regular en 38 días y buena calidad del aire en 115 días. En tanto que en la estación STPS sólo se presentaron días con calidad del aire buena (176) y regular (9). En ambos casos el número de días donde no fue posible generar el indicador fue superior al 48%.

SO₂ - límite de 24 horas



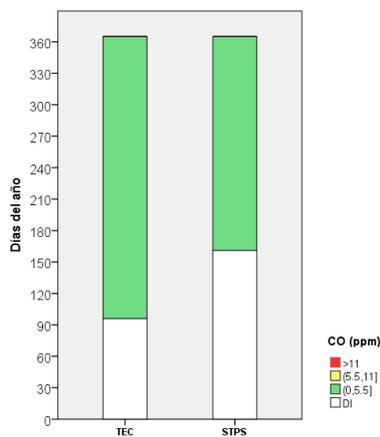
En todos los días donde fue posible evaluar la calidad del aire con respecto al dióxido de azufre se encontró que esta fue buena, en ambas estaciones de monitoreo. En ambos casos esta condición representó el 75% de los días del año 2014. El porcentaje restante correspondió a días donde no fue posible generar el indicador por insuficiencia de información.

NO₂ - límite de 1 hora



La calidad del aire con respecto al dióxido de nitrógeno, fue buena en el 62% de los días del año en la estación TEC y en el 46% de los días del año en la estación STPS. El porcentaje restante, en cada caso, corresponde a días donde no fue posible generar el indicador por insuficiencia de información.

CO - límite de 8 horas



En todos los días donde fue posible evaluar la calidad del aire con respecto al monóxido de carbono, esta fue buena tanto en la estación TEC (74%) como en la estación STPS (56%). El porcentaje restante, en cada caso, corresponde a días donde no fue posible generar el indicador por insuficiencia de información.

La información disponible para el año 2014 en esta entidad permitió identificar problemas de calidad del aire por PM_{2.5} en Xalapa y por ozono en Minatitlán. En el primer caso se rebasó el límite normado como promedio anual y en el segundo se rebasó el límite promedio de una hora.

En general, es necesario mejorar el desempeño de ambas estaciones de monitoreo a fin de incrementar la cantidad de información útil generada. En el año 2014 la información producida en la estación TEC de Minatitlán fue insuficiente para evaluar el cumplimiento de los límites normados de PM₁₀, PM_{2.5}, O₃ (8- horas) y NO₂. En tanto que en la estación STPS de Xalapa no se pudo evaluar el cumplimiento de los límites normados de PM₁₀, O₃, NO₂ y CO, por insuficiencia de información.

22. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE YUCATÁN

22.1 Información general

El sistema de monitoreo de la calidad del aire de Yucatán, a cargo de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del gobierno del estado, estuvo integrado en el año 2014 únicamente por una estación de monitoreo automático que se ubica en el centro de la ciudad de Mérida y tiene capacidad para la medición de partículas (PM_{2.5}), ozono (O₃), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂) y monóxido de carbono (CO) (ver Tabla 22.1 y Figura 22.1).

Tabla 22.1 Estaciones de monitoreo que conformaron el SMCA de Yucatán en el año 2014 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
Centro	CEN	Aut. 2012	✘	✓	✓	✓	✓	✓

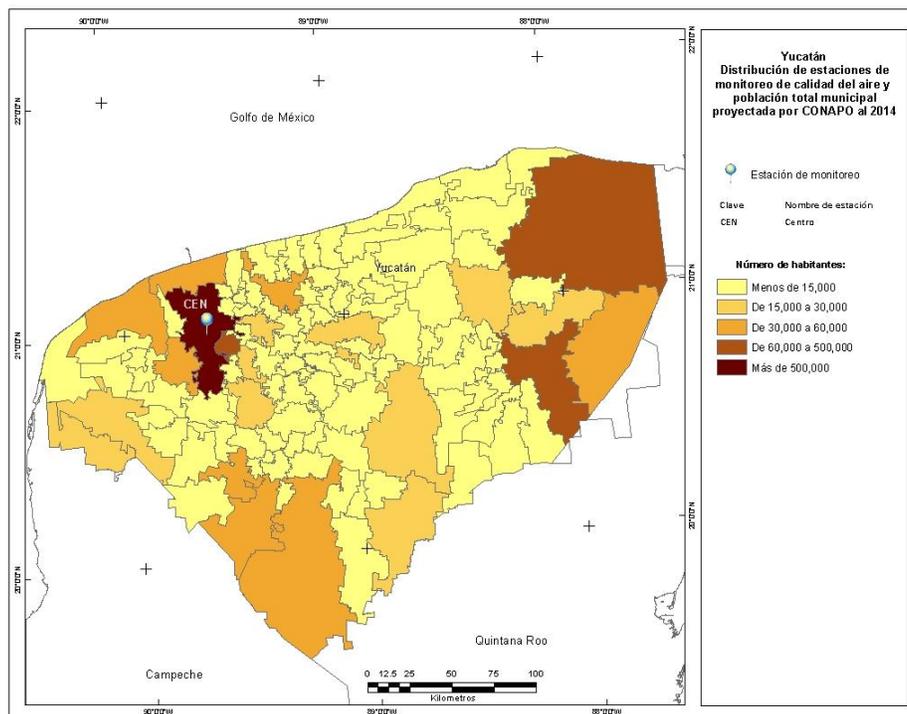
Aut. = Equipo automático.

✘ = 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 Urbano y Medio Ambiente de Yucatán.

Figura 22.1 Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Yucatán, 2014.

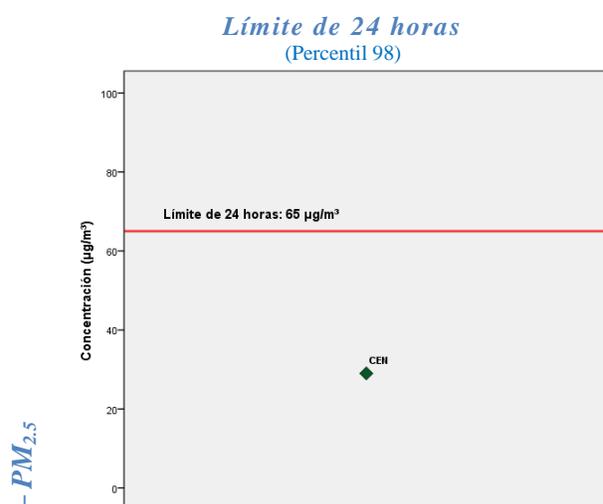


22.2 Diagnóstico de la calidad del aire

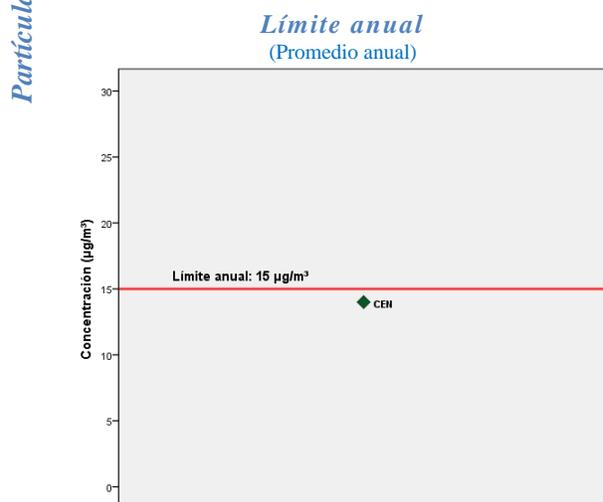
Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Mérida, Yucatán para el año 2014 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en la materia, el comportamiento temporal de los contaminantes y el número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo.

22.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire

En esta sección se analiza el cumplimiento de las NOM para cada contaminante en Mérida, Yucatán. Los valores normados usados como referencia para realizar tal evaluación son indicados en cada figura.



El percentil 98 del límite de 24 horas de $\text{PM}_{2.5}$ que se registró en la estación CEN se ubicó por debajo del valor normado, con una concentración equivalente a menos de la mitad del valor de la norma.

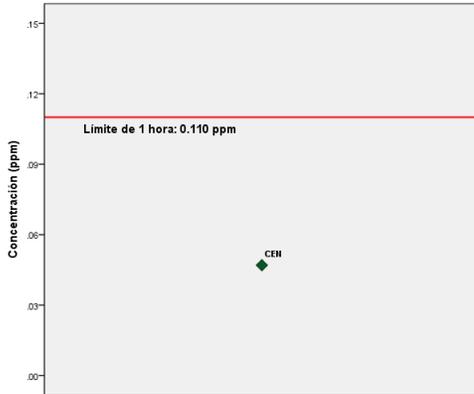


El promedio anual de $\text{PM}_{2.5}$, por su parte, también se ubicó por debajo del límite normado, aunque muy próximo a él.

Partículas – $\text{PM}_{2.5}$

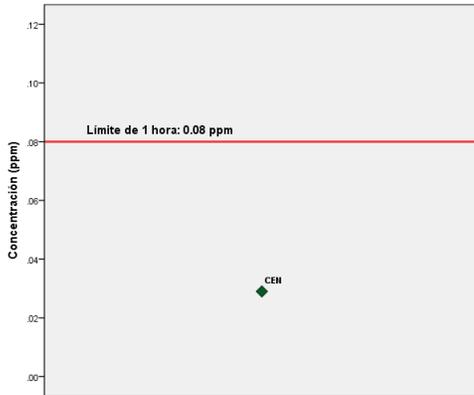
Ozono - O₃

Límite de 1 hora
(Máximo horario)



El máximo horario de ozono registrado en Mérida durante el año 2014 fue de 0.047 ppm, lo que equivale a menos del 45% del valor normado.

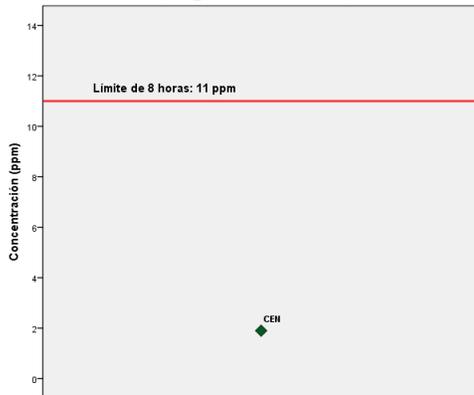
Límite de 8 horas
(Quinto máximo del promedio móvil de 8 horas)



Por su parte el quinto máximo del promedio móvil de ocho horas de ozono registrado en el año 2014 también se ubicó por debajo del límite normado, con una concentración de 0.029 ppm.

Monóxido de carbono - CO

Límite de 8 horas
(Segundo máximo)



El segundo máximo, como promedio móvil de 8 horas, de CO registrado en el año 2014 en Mérida fue de 1.9 ppm, valor inferior al límite normado que es de 11 ppm.

La Tabla 22.2 resume el estatus de cumplimiento de cada uno de los valores normados por contaminante. En ella se puede apreciar que hay cumplimiento de los límites normados para PM_{2.5}, O₃ y CO, en tanto que contaminantes como SO₂ y NO₂ no pudieron ser evaluados por no haber cumplido con el criterio de suficiencia empleado en este documento para su análisis.

Tabla 22.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire en Mérida, Yucatán durante el año 2014.

Contaminante	NOM	Límite permitido	CEN
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Percentil 98 ≤ 120 µg/m ³	☐
	Anual	Promedio ≤ 50 µg/m ³	☐
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Percentil 98 ≤ 65 µg/m ³	✓
	Anual	Promedio ≤ 15 µg/m ³	✓
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.110 ppm	✓
	8 hrs	Quinto máximo ≤ 0.080 ppm	✓
⁽³⁾ SO ₂	8 hrs	Segundo máximo ≤ 0.200 ppm	DI
	24 hrs	Máximo ≤ 0.110 ppm	DI
	Anual	Promedio ≤ 0.025 ppm	DI
⁽⁴⁾ NO ₂	1 hr	Segundo máximo ≤ 0.21 ppm	DI
⁽⁵⁾ CO	8 hrs	Segundo máximo ≤ 11 ppm	✓

⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-1993 (DOF, 2005).

⁽²⁾ NOM-020-SSA1-1993 (DOF, 2002).

⁽³⁾ NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010).

⁽⁴⁾ NOM-023-SSA1-1993 (DOF, 1994).

⁽⁵⁾ NOM-021-SSA1-1993 (DOF, 1994).

DI = Datos insuficientes.

SM = Se cuenta con equipo de monitoreo pero no se realizó medición.

☐ = No se cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.

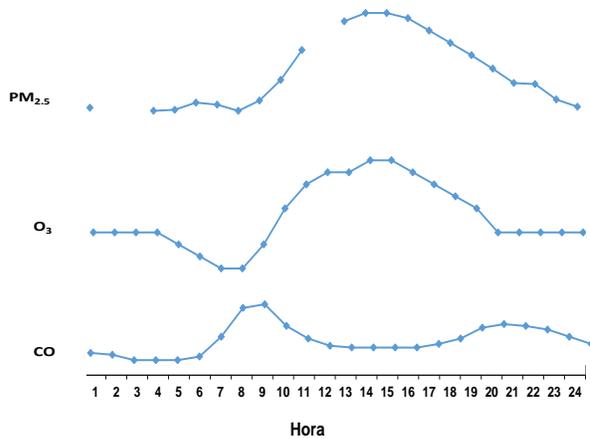
✓ = Cumple con el límite normado.

X = No cumple con el límite normado.

22.2.2 Comportamiento temporal

Las figuras mostradas en esta sección permiten visualizar el comportamiento de los contaminantes a lo largo del día y de los meses del año. Para conocer los detalles sobre la construcción de las gráficas ver la sección 2.2.2.2 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.

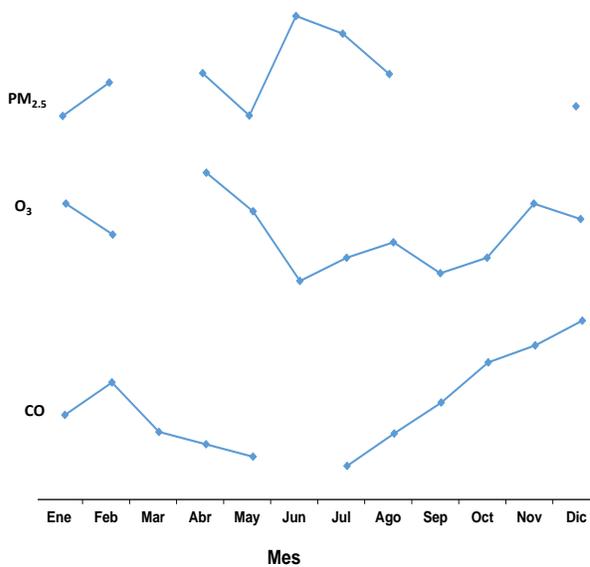
*Comportamiento horario
Mérida 2014*



El comportamiento de las concentraciones promedio horarias de PM_{2.5} y O₃ muestra un solo pico de concentración el que las concentraciones más altas se registran entre las 11:00 y las 18:00 horas.

Por otra parte, el CO muestra un comportamiento bimodal, en el que el pico de concentración de la mañana suele ser más alto que el de la tarde. Este comportamiento, en general, puede estar asociado con el patrón de tránsito vehicular.

*Comportamiento mensual
Mérida 2014*



Para ninguno de los contaminantes fue posible obtener la serie de datos completa para todo el año. Sin embargo, la información disponible indica que en el caso de las PM_{2.5}, las concentraciones más altas se presentaron en junio y julio, en tanto que las de O₃ ocurrieron en abril y mayo.

Por lo que se refiere al CO, se observa una marcada tendencia creciente en las concentraciones entre julio y diciembre; sin embargo, como se desprende de la evaluación de cumplimiento de norma, dicha tendencia no representa ningún riesgo respecto a la posibilidad de rebasar el límite normado.

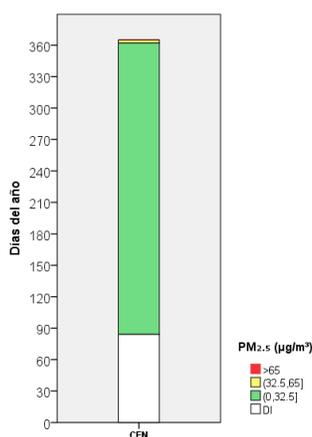
22.2.3 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala

Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en términos del número de días con concentraciones superiores a los límites normados, así como la tendencia que presentan las concentraciones inferiores, pero cercanas, a estos valores. Los colores indican el número de días en los que las concentraciones registradas durante el año cumplen con alguna de las siguientes condiciones:

- ✓ No excedieron el valor diario normado (verde).
- ✓ No excedieron el valor diario normado, pero se encuentran cercanas a este valor (amarillo).
- ✓ Excedieron el valor diario normado (rojo).
- ✓ No se contó con información suficiente para evaluar el cumplimiento de alguna de las condiciones anteriores (blanco).

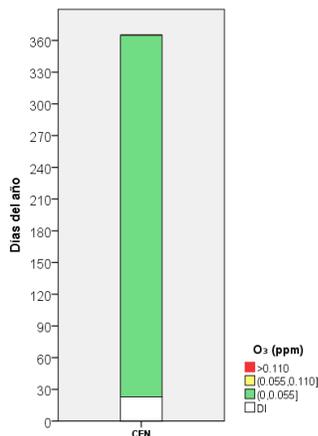
El dato base para construir este indicador es la concentración máxima del día (por ejemplo, promedio de una hora, ocho horas o 24 horas, dependiendo del contaminante que se trate), en cada estación de monitoreo. Para ver el detalle sobre la construcción de este indicador, diríjase a la sección 2.2.2.3 del Capítulo 2 Metodología para la generación de indicadores.

PM_{2.5} – límite de 24 horas



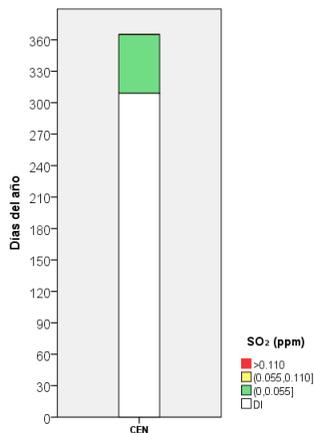
En el 76% de los días del año se registró una buena calidad del aire (verde) por PM_{2.5} en Mérida. Otro 1% correspondió a días con calidad del aire regular (amarillo) y el restante 23% correspondió a días donde no se generó información suficiente para poder generar este indicador.

O₃ - límite de 1 hora



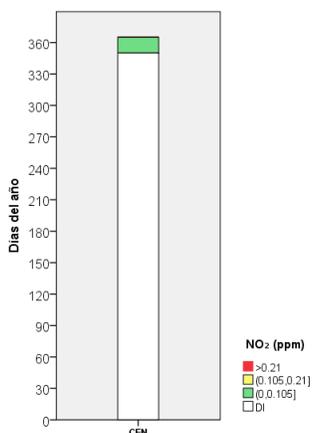
El 94% de los días del año 2014 presentó buena calidad del aire (verde) por ozono y el 6% restante correspondió a días en los que por insuficiencia de datos (blanco) no fue posible generar el indicador.

SO₂ - límite de 24 horas



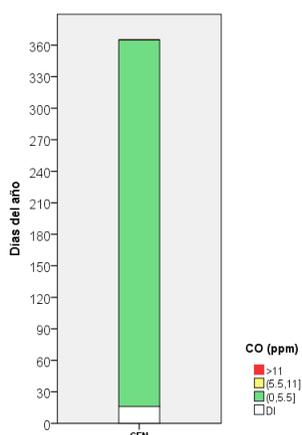
Para SO₂, sólo se contó con información para 56 días (15% de los días de todo el año), y en todos ellos las concentraciones medidas indican una condición de buena calidad del aire (verde) por este contaminante.

NO₂ - límite de 1 hora



Con respecto a NO₂, únicamente se pudo evaluar la calidad del aire en el 4% de los días de todo el año y en ellos la constante fue encontrar concentraciones que indican la ocurrencia de una buena calidad del aire con respecto a este contaminante.

CO - límite de 8 horas



El 96% de los días del año 2014 presentó buena calidad del aire (verde) por monóxido de carbono y el 4% restante correspondió a días en los que por insuficiencia de datos (blanco) no fue posible generar este indicador.

Esta ciudad no presentó ningún problema de calidad del aire por $PM_{2.5}$, O_3 y CO durante el año 2014. El SO_2 y el NO_2 , tampoco parecen representar un problema de calidad del aire en la ciudad; sin embargo, esto no puede establecerse con certeza debido a que no se generó información suficiente que permitiera evaluar con mayor certidumbre la situación de dichos contaminantes. Dado lo anterior, resulta conveniente mejorar el desempeño de este SMCA en cuanto a la medición de estos contaminantes.

23. CONCLUSIONES

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: Este SMCA cuenta con 13 estaciones de monitoreo. De ellas, sólo fue posible evaluar el cumplimiento de norma en una estación ubicada en Mexicali. Los resultados indican el cumplimiento tanto del límite normado de CO como del límite de 24 horas de PM_{2,5}, así como el incumplimiento del límite anual de este último contaminante. En las 12 estaciones de monitoreo restantes, o no se realizaron mediciones en el año 2014 o no se cumplió con el criterio de suficiencia para evaluar el cumplimiento de ninguna NOM. Sin embargo, el indicador de número de días con calidad del aire buena, regular y mala hace evidente la existencia de problemas tanto por PM₁₀ como PM_{2,5}, especialmente en Mexicali y en Tijuana.

Chihuahua: En el municipio de Chihuahua se cuenta con 2 SMCA, uno administrado por el gobierno municipal y otro por el gobierno estatal. Cada uno contó con una estación de monitoreo. En general, los resultados indican buenas condiciones de calidad del aire por PM₁₀, O₃, SO₂, NO₂ y CO dado que hay cumplimiento de los valores normados; sin embargo, hay una ventana de oportunidad importante para mejorar el desempeño de ambas estaciones de monitoreo en cuanto a la suficiencia de datos que generan para los diferentes contaminantes.

Ciudad Juárez: Este SMCA está integrado por 11 estaciones de monitoreo y los datos generados en el año 2014 revelan un problema importante de contaminación por PM₁₀, pues los límites de 24 horas y anual de este contaminante se rebasaron en casi el 50% de las estaciones que lo midieron. En tres de estas estaciones se registraron concentraciones superiores a los límites antes referidos en más del 35% de los muestreos realizados a lo largo del año.

Ciudad de México y su zona conurbada: Los datos generados por este SMCA en el año 2014 muestran que los problemas de calidad del aire tanto por ozono como por partículas persisten en la región, pues los límites normados de una hora y ocho horas de ozono fueron rebasados, respectivamente, en el 100% y 96% de las estaciones de monitoreo que generaron información suficiente para evaluar el cumplimiento de norma. Asimismo, el límite anual de PM_{2,5} fue rebasado

en el 100% de la estaciones de monitoreo en donde se pudo evaluar este indicador, en tanto que el de PM_{10} se rebasó en el 13% de dichas estaciones.

Coahuila: De las tres estaciones de monitoreo con que contó este SMCA en el año 2014, y que se localizan en Torreón, sólo en dos de ellas fue posible evaluar el cumplimiento de los límites normados de PM_{10} y los resultados indican que ambos límites fueron rebasados en una estación, en tanto en la otra las concentraciones obtenidas fueron inferiores a dichos límites. El estado de la calidad del aire con respecto a $PM_{2.5}$, O_3 , SO_2 , NO_2 y CO , parece ser buena de acuerdo con el análisis que se pudo realizar con la información disponible; sin embargo, esto no puede establecerse con certeza debido a que no se generó información suficiente para hacer la evaluación de cumplimiento de las normas respectivas.

Colima: La información disponible indica que en la entidad se gozó de una buena calidad del aire en cuanto a O_3 , SO_2 , NO_2 y CO , pues los niveles de concentración de estos contaminantes registrados en la única estación de monitoreo que operó en el año 2014 fueron inferiores a los establecidos en las normas oficiales mexicanas correspondientes. La situación con respecto al PM_{10} y $PM_{2.5}$, no pudo ser evaluada debido a que los equipos de medición de estos contaminantes se mantuvieron fuera de funcionamiento la mayor parte del año.

Durango: De las diez estaciones de monitoreo que integran este SMCA, dos estuvieron fuera de operación en el año 2014. De las ocho estaciones que sí generaron información, sólo en una fue posible hacer la evaluación de cumplimiento de norma con respecto a PM_{10} , O_3 , NO_2 y CO , encontrándose en todos los casos el cumplimiento de los límites normados respectivos. El indicador de días con calidad del aire buena, regular y mala, sin embargo, permitió identificar la presencia, en otras estaciones de monitoreo, de días con concentraciones de PM_{10} superiores al límite normado de 24 horas tanto en Durango como en Gómez Palacio y Lerdo. El caso más llamativo es el de Durango donde esta condición se presentó en cuatro de las seis estaciones que integran su red de monitoreo.

Estado de México: En la entidad son patentes los problemas de calidad del aire tanto por partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$), como por ozono. De las siete estaciones de monitoreo que operan en la ZMVT, en dos se rebasó el límite de 24 horas de PM_{10} y en seis el límite anual. Por otra parte, en todas las estaciones se rebasó el límite anual de $PM_{2.5}$. Los límites de una y ocho horas de ozono se rebasaron en tres de estas siete estaciones. La estación San Cristóbal (SC), ubicada en el municipio de Toluca,

es el caso más crítico de incumplimiento de norma. En ella se rebasan todos los valores normados de PM_{10} , $PM_{2.5}$ y Ozono, y ello ocurre con las concentraciones más altas registradas en la entidad. Además, es la estación en donde con mayor frecuencia se rebasan dichos límites.

Guanajuato: Se presentaron problemas de incumplimiento de las normas de calidad del aire para PM_{10} , $PM_{2.5}$ y Ozono. Celaya muestra los problemas más importantes en cuanto a PM_{10} , Salamanca los de $PM_{2.5}$ e Irapuato los de O_3 . El monitoreo manual de PM_{10} que se realiza en nueve estaciones de monitoreo ubicadas en ocho municipios del estado muestra deficiencias importantes que se reflejan en la generación insuficiente de información para poder evaluar el cumplimiento de norma y caracterizar el comportamiento temporal del contaminante.

Hidalgo: La información disponible permitió identificar la existencia de problemas de calidad del aire por partículas, específicamente por PM_{10} en Pachuca, Ajacuba y Tlaxcoapan y por $PM_{2.5}$ en Atitalaquia, Tepeji del Río y Tepetitlán. El sitio con las peores condiciones de calidad del aire fue Atitalaquia, tanto por los niveles de concentración de $PM_{2.5}$ alcanzados, como por el porcentaje de muestreos con concentraciones superiores al límite normado. Asimismo, fue el único sitio donde se registró incumplimiento de la norma de calidad del aire para SO_2 .

Jalisco: En la entidad persisten los problemas de calidad del aire tanto por PM_{10} como por O_3 . Los límites normados de 24 horas y anual de PM_{10} se rebasaron en los municipios de El Salto, Tlajomulco de Zúñiga y Tlaquepaque. El límite normado de una hora de O_3 se rebasó en Zapopan, El Salto y Guadalajara y el de ocho horas únicamente en El Salto. En la estación Las Pintas, ubicada en El Salto, se rebasaron los límites de 24 horas y anual de PM_{10} , así como los de una y ocho horas de O_3 , siendo además la estación en la que con mayor frecuencia se presentan días con mala calidad del aire por estos dos contaminantes.

Michoacán: La poca información disponible impidió hacer la evaluación del cumplimiento de los límites normados para todos los contaminantes medidos. Por ello, es fundamental incrementar la cantidad de datos confiables que genera la estación de monitoreo ECH, localizada en el municipio de Morelia, y corregir los problemas operativos del equipo de medición de PM_{10} , que se vienen arrastrando desde el año 2011. El análisis realizado con la poca información disponible indica que, en apariencia, durante el año 2014 no se registraron problemas de calidad del aire con respecto a ninguno de los contaminantes; sin embargo, esta aseveración no puede ser concluyente debido a la poca información válida usada en el análisis.

Morelos: La suficiencia de información generada por las estaciones de monitoreo que conforman este SMCA fue baja y ello impidió la evaluación del cumplimiento de la normatividad en la materia. Este tema es particularmente relevante en los casos de partículas PM_{10} y ozono. En ambos casos, la poca información disponible advierte la posibilidad de que se estén presentando problemas de calidad del aire por PM_{10} en Zacatepec y por Ozono en Cuernavaca.

Nuevo León: Los datos generados en el año 2014 por el SMCA del Área Metropolitana de Monterrey, revelan problemas de calidad del aire tanto por PM_{10} como por O_3 . En seis de las 10 estaciones de monitoreo se rebasó el límite de 24 horas de PM_{10} y en todas el límite anual. Las estaciones en las que con mayor frecuencia se presenta concentraciones superiores al límite normado de este contaminante son las localizadas en los municipios de Santa Catarina y San Nicolás. En ninguna de las siete estaciones de monitoreo en la que se mide $PM_{2.5}$ se generó información suficiente para evaluar el cumplimiento de norma. En cuanto a ozono, el límite de una hora se rebasó en las siete estaciones y el de ocho horas en cinco.

Oaxaca: De acuerdo con la información generada por la única estación de monitoreo que opera en la entidad, Oaxaca tuvo buena calidad del aire por PM_{10} , ozono, dióxido de azufre y monóxido de carbono en el año 2014, pues no se rebasó ninguno de los límites normados para estos contaminantes. Por otra parte, es importante destacar que no fue posible evaluar el cumplimiento de las normas de calidad del aire para $PM_{2.5}$ y dióxido de nitrógeno por insuficiencia de datos y aunque estos contaminantes no parecen representar un problema en la entidad, es necesario mejorar la medición de los mismos.

Puebla: Este SMCA está integrado por cinco estaciones de monitoreo y sólo en una fue posible realizar la evaluación de cumplimiento de los límites normados para todos los contaminantes (PM_{10} , $PM_{2.5}$, O_3 , SO_2 , NO_2 y CO). En las cuatro restante hubo insuficiencia de información para al menos uno de los contaminantes. En general, la información disponible revela la presencia de problemas de calidad del aire en la zona Noroeste de Puebla, ya que en la estación de monitoreo Velódromo (VEL), ubicada en el municipio de Coronango, se registró el incumplimiento de al menos uno de los límites normados para cada uno de los siguientes contaminantes: PM_{10} , $PM_{2.5}$ y Ozono. En la estación Ninfas, ubicada en Puebla, también se rebasó el límite de una hora de ozono.

Querétaro: Sólo en dos de las cinco estaciones de monitoreo con que cuenta este SMCA fue posible hacer la evaluación de cumplimiento de las NOM en la materia y los resultados revelaron que en una de ellas, ubicada en el municipio de El Marqués, se registró el incumplimiento del límite normado para dióxido de nitrógeno con una concentración 10% superior a dicho límite. Esta situación ubica a la entidad, como la única en el país en la que en al menos una estación de monitoreo se rebasó dicho límite. Los límites normados para el resto de los contaminantes para los que sí fue posible hacer la evaluación de cumplimiento de las NOM de calidad del aire se cumplieron en ambas estaciones.

Tamaulipas: En 2014 sólo tres de las 17 estaciones de monitoreo que conformaron este SMCA generaron información sobre las concentraciones de PM_{10} . Una de las tres estaciones que sí operaron revela el incumplimiento del límite normado anual de PM_{10} en el municipio de Victoria. En las otras dos estaciones de monitoreo (una en Tampico y otra en Victoria) se cumplió con los límites normados de este contaminante. De las 14 estaciones restantes, diez estuvieron fuera de operación y cuatro más empezaron a funcionar en el transcurso del año 2014 por lo que no generaron información suficiente que permitiera incluirlas en el análisis presentado en este documento, lo que impide conocer el estado de la calidad del aire en municipios como Nuevo Laredo, Reynosa, Matamoros y El Mante.

Veracruz: La información disponible en el año 2014 en esta entidad permitió identificar problemas de calidad del aire por $PM_{2.5}$ en Xalapa y por ozono en Minatitlán. En el primer caso se rebasó el límite normado como promedio anual y en el segundo se rebasó el límite normado de una hora. En general, es necesario mejorar el desempeño de ambas estaciones de monitoreo a fin de incrementar la cantidad de información útil generada. En el año 2014 la información producida en la estación TEC de Minatitlán fue insuficiente para evaluar el cumplimiento de los límites normados de PM_{10} , $PM_{2.5}$, O_3 (8 horas) y NO_2 . En tanto que en la estación STPS de Xalapa no se pudo evaluar el cumplimiento de los límites normados de PM_{10} , O_3 , NO_2 y CO , por insuficiencia de información.

Yucatán: La información generada por la única estación de monitoreo que integra este SMCA y que se ubica en la ciudad de Mérida, revela buena calidad del aire por $PM_{2.5}$, O_3 y CO , pues se cumple con los límites normados para estos contaminantes. El SO_2 y el NO_2 , tampoco parecen representar un problema de calidad del aire en la ciudad; sin embargo, esto no puede establecerse con certeza debido a que no se generó información suficiente que permitiera evaluar de manera robusta la situación de dichos contaminantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARB (California Air Resources Board). 2014. State and National Air Quality Standards. Disponible en: <http://www.arb.ca.gov/research/aaqs/aaqs2.pdf>

CFR (Code of Federal Regulations). 2014. Title 40: Protection of Environment, Part 50, 53 and 58. National Primary and Secondary Ambient Air Quality Standards. Disponible en: <http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr&sid=a5cd4bef5b2d6824ad5e32cff683a104&rgn=div5&view=text&node=40:2.0.1.1.1&idno=40>

CONAPO. 2012. Proyecciones de la población 2010-2050. Disponible en: http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones_Datos

DOF (Diario Oficial de la Federación). 1994a. Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-1993. 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). 1994b. Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana NOM-023-SSA1-1993. 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). 2002. Secretaría de Salud. 2002. Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-1993. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de octubre de 2002. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=720340&fecha=30/10/2002.

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2005. Secretaría de Salud. Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 26 de septiembre de 2005. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2092912&fecha=26/09/2005.

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2010. Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2010. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de septiembre de 2010. Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5158348&fecha=08/09/2010.

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2012. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. NOM-156-SEMARNAT-2012. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5259464&fecha=16/07/2012

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2014a. Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014. 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. 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.

INECC. 2014. Informe Nacional de Calidad del Aire 2013, México. Disponible en: http://www.inecc.gob.mx/descargas/calaire/2014_inf_nal_calaire_mex.pdf

INE-DGCENICA. 2010. Guías de Monitoreo de la Calidad del Aire. Protocolo de manejo de datos de la calidad del aire. Disponible en: http://sinaica.ine.gob.mx/guias_monitoreo.html.

INEGI, 2010. Censo de Población y Vivienda 2010. <http://www3.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/71>

OMS (Organización Mundial de la Salud). 2015. Departamento de salud pública, medio ambiente y determinantes sociales de la salud. Los efectos sobre la salud. ¿Qué consecuencias sanitarias acarrea la contaminación atmosférica urbana?. Disponible en: http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/health_impacts/es/

Unión Europea (UE). 2014. Air Quality Standards. Disponible en: <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>

USEPA (United States Environmental Protection Agency). 1998. Guideline on Data Handling Conventions for the 8-hour Ozone NAAQS. Office of air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC. Reporte. EPA-454/R-98-017, 17 pp.

USEPA (United States Environmental Protection Agency). 2015. National Ambient Air Quality Standards (NAAQS). Disponible en: <http://www.epa.gov/air/criteria.html>

WHO (World Health Organization). 2006. Air quality guidelines global update 2005. Disponible en: – http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf

ANEXO 1

Sistemas de monitoreo de la calidad del aire, redes de muestreo/monitoreo y estaciones de muestreo/monitoreo existentes en México
(Información actualizada a noviembre de 2015)

Entidad	Nombre del SMCA	Nombre de la Red/Municipio*	No de Estaciones**			No 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	21	2	9	32	32
Coahuila	Coahuila estatal	Torreón	1	---	---	1	1
	Coahuila Municipal	Torreón	1	2	---	3	3
	Cd. Acuña	Cd. Acuña*	---	1	---	1	1
Colima	Colima	Colima*	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	1	---	4	
		Salamanca	3	---	---	3	
		Silao*	1	---	---	1	
		San Miguel de Allende*	1	---	---	1	

Entidad	Nombre del SMCA	Nombre de la Red/Municipio*	No de Estaciones**			No total de estaciones	
			Automática (A)	Manual (M)	Mixta (A y M)	Red/entidad	SMCA
		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	
Guerrero	Guerrero	Acapulco*	1	---	---	1	1
Hidalgo	Hidalgo	Ajacuba*	---	1	---	1	21
		Atitalaquia*	---	---	1	1	
		Atotonilco*	---	---	1	1	
		Tepeapulco*	1	---	---	1	
		Huichapan*	1	---	---	1	
		Tepetitlán*	---	1	---	1	
		Tepeji del Rfo*	---	---	1	1	
		Tlaxcoapan*	---	1	---	1	
		Tula de Allende	2	1	---	3	
		Pachuca	2	2	---	4	
		Tizayuca*	---	---	1	1	
		Zapotlán de Juárez*	---	1	---	1	
		Xochicoatlán	---	2	---	2	
		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	3	---	---	3	3
Nuevo León	Nuevo León	Zona Metropolitana de Monterrey	10	---	---	10	10
Oaxaca	Oaxaca	Oaxaca	2	---	---	2	2
Puebla	Puebla	Puebla	5	---	---	5	5

Entidad	Nombre del SMCA	Nombre de la Red/Municipio*	No de Estaciones**			No total de estaciones	
			Automática (A)	Manual (M)	Mixta (A y M)	Red/entidad	SMCA
Querétaro	Querétaro	Corregidora*	1	---	---	1	5
		El Marqués*	1	---	---	1	
		Santiago de Querétaro	3	---	---	3	
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	
		San Salvador*	---	1	---	1	
Sonora	Sonora	Agua Prieta*	---	---	1	1	4
		Cajeme	---	---	1	1	
		Hermosillo	---	---	1	1	
		Nogales*	---	---	1	1	
Tabasco	Tabasco	Centro	2	---	1	3	8
		Balancán*	---	1	---	1	
		Huimanguillo*	---	1	---	1	
		Nacajuca*	---	1	---	1	
		Paraíso*	---	1	---	1	
		Teapa*	---	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	3
		Calpulalpan*	---	1	---	1	
		Santa Cruz Quilehtla*	---	1	---	1	
Veracruz	Veracruz	Minatitlán*	1	---	---	1	2
		Xalapa*	1	---	---	1	
Yucatán	Yucatán	Mérida*	1	---	---	1	1
Zacatecas	Zacatecas	Guadalupe*	---	---	1	1	3
		Zacatecas	---	---	2	2	

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. Hay que recordar que 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 Suspensas Totales. Se asume como estación de monitoreo mixta a aquella que cuenta con equipo de medición de contaminantes tanto manual como automático.

ANEXO 2

Límites de concentración recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y comparación con la normatividad de México, Estados Unidos (USEPA), California (CARB-US) y Unión Europea (UE).

Contaminante	Tiempo para el promedio	México	NAAQS-USEPA	CARB-US	OMS	UE
PM ₁₀	24 horas	120 µg/m ³ (a) 75 µg/m ³ (b)	150 µg/m ³	50 µg/m ³	50 µg/m ³	50 µg/m ³
	Anual	50 µg/m ³ (a) 40 µg/m ³ (b)	-----	20 µg/m ³	20 µg/m ³	40 µg/m ³
PM _{2.5}	24 horas	65 µg/m ³ (a) 45 µg/m ³ (b)	35 µg/m ³	-----	25 µg/m ³	
	Anual	15 µg/m ³ (a) 12 µg/m ³ (b)	12 µg/m ³	12 µg/m ³	10 µg/m ³	25 µg/m ³
Ozono (O ₃)	1 hora	0.11 ppm (c) 0.095 ppm (d)	-----	0.090 ppm	-----	
	8 horas	0.080 ppm (c) 0.070 ppm (d)	0.070 ppm	0.070 ppm	0.05 ppm	0.06 ppm
Dióxido de azufre (SO ₂)	10 minutos	-----	-----	-----	0.191	-----
	1 hora	-----	0.075 ppm	0.25 ppm	-----	0.134 ppm
	3 horas	-----	0.50 ppm	-----	-----	-----
	8 horas	0.020 ppm	-----	-----	-----	-----
	24 horas	0.11 ppm	-----	0.04 ppm	0.008 ppm	0.048 ppm
	Anual	0.025 ppm	-----	-----	-----	-----
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	1 hora	0.21 ppm	0.100 ppm	0.180 ppm	0.106 ppm	0.106 ppm
	Anual	-----	0.053 ppm	0.030 ppm	0.021 ppm	0.021 ppm
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	-----	35 ppm	20 ppm	-----	
	8 horas	11 ppm	9 ppm	9 ppm	8.7 ppm	8.7 ppm

(a) Vigente hasta el 18 de octubre de 2014 - NOM-025-SSA1-1993 (DOF, 2005);

(b) Vigente desde el 19 de octubre de 2014 - NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a)

(c) Vigente hasta el 17 de octubre de 2014 - NOM-020-SSA1-1993 (DOF, 2002)

(d) Vigente a partir del 18 de octubre de 2014 - NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b)

Fuente: México: Calidad del aire <http://www.cofepris.gob.mx/MJ/Paginas/NormasPorTema/Calidad-de-aire.aspx>

NAAQS-USEPA. National Ambient Air Quality Standards. <http://www.epa.gov/air/criteria.html>

CARB-US. California Air Resources Board. <http://www.arb.ca.gov/research/aaqs/aaqs2.pdf>

UE. Unión Europea. <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>

OMS – Organización Mundial de la Salud – http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf