



INECC

INSTITUTO NACIONAL
DE ECOLOGÍA
Y CAMBIO CLIMÁTICO

SEMARNAT

SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES



INFORME NACIONAL DE CALIDAD DEL AIRE 2015, MÉXICO

INSTITUTO NACIONAL
DE ECOLOGÍA Y
CAMBIO CLIMÁTICO

COORDINACIÓN
GENERAL DE
CONTAMINACIÓN Y
SALUD AMBIENTAL

2016

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

INFORME NACIONAL DE CALIDAD DEL AIRE

2015, MÉXICO



Diseño y formación

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).
Fotografía de portada: Adolfo Armando Esparza.
Fotografía de contraportada: Oscar Alfredo Fentanes Arriaga.

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.gob.mx/inecc>

Citar este documento como:

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). *Informe Nacional de Calidad del Aire 2015, México*. Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental, Dirección de Investigación sobre la Calidad del Aire y los Contaminantes Climáticos de Vida Corta. Ciudad de México. Diciembre 2016.

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

COORDINACIÓN Y ELABORACIÓN

Biól. Rodolfo Iniestra Gómez

Subdirector de Impactos de los Contaminantes Atmosféricos en los Ecosistemas y la Salud

Act. María Guadalupe Tzintzun Cervantes

Jefa del Departamento de Análisis Estadístico y Caracterización de la Calidad del Aire

APOYO Y COLABORACIÓN TÉCNICA

Ing. Carmen Alejandra Sánchez Soto

Jefa del Departamento de Análisis del Ciclo de Vida de las Sustancias Químicas en Productos

Marian Itzel Domínguez Quiza

Técnico especializado

Contenido

CONTENIDO.....	II
SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....	V
AGRADECIMIENTOS.....	VII
RESUMEN EJECUTIVO	VIII
1. INTRODUCCIÓN.	1
2. ANTECEDENTES.....	4
3. METODOLOGÍA PARA LA GENERACIÓN DE INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AIRE.	7
3.1 PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIÓN DE LAS BASES DE DATOS DE CALIDAD DEL AIRE	7
3.1.1 LIMPIEZA DE DATOS.....	7
3.1.2 IDENTIFICACIÓN DE DATOS EXTREMOS Y COMPORTAMIENTOS ANÓMALOS	8
3.1.3 VERIFICACIÓN DE LA VALIDEZ DE LOS DATOS SOSPECHOSOS	9
3.2 CONSTRUCCIÓN DE INDICADORES	9
3.2.1 HERRAMIENTAS Y BASES DE DATOS UTILIZADAS EN LA GENERACIÓN DE INDICADORES.....	10
3.2.2 INDICADORES	10
3.2.2.1 EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS NOM	10
3.2.2.2 DISTRIBUCIÓN DE DÍAS CON CALIDAD DEL AIRE BUENA, REGULAR Y MALA	16
3.2.2.3 PORCENTAJE DE DÍAS CON CONCENTRACIONES SUPERIORES A LOS LÍMITES NORMADOS POR CIUDAD Y ZONA METROPOLITANA.....	18
4. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE BAJA CALIFORNIA.....	20
4.1 INFORMACIÓN GENERAL.	20
4.2 DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE.	21
4.2.1 EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE.	21
4.2.2 DISTRIBUCIÓN DE DÍAS CON CALIDAD DEL AIRE BUENA, REGULAR Y MALA.	26
5. SISTEMAS DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE CHIHUAHUA.....	29
5.1 INFORMACIÓN GENERAL.	29
5.2 DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE.	30
5.2.1 EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE.	31
5.2.2 DISTRIBUCIÓN DE DÍAS CON CALIDAD DEL AIRE BUENA, REGULAR Y MALA.	32
6. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE LA CIUDAD DE MÉXICO Y SU ZONA CONURBADA.	36
6.1 INFORMACIÓN GENERAL.	36
6.2 DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE.	38
6.2.1 EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE	38
6.2.2 DISTRIBUCIÓN DE DÍAS CON CALIDAD DEL AIRE BUENA, REGULAR Y MALA.	44
7. SISTEMAS DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE COAHUILA.....	47
7.1 INFORMACIÓN GENERAL.	47
7.2 DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE.	48
7.2.1 EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE.....	48
7.2.2 DISTRIBUCIÓN DE DÍAS CON CALIDAD DEL AIRE BUENA, REGULAR Y MALA.	50

8. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE COLIMA.	53
8.1 INFORMACIÓN GENERAL.	53
8.2 DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE.	54
8.2.1 EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE.	54
8.2.2 DISTRIBUCIÓN DE DÍAS CON CALIDAD DEL AIRE BUENA, REGULAR Y MALA.	54
9. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DEL ESTADO DE MÉXICO.....	56
9.1 INFORMACIÓN GENERAL.	56
9.2 DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE.	57
9.2.1 EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE.	57
9.2.2 DISTRIBUCIÓN DE DÍAS CON CALIDAD DEL AIRE BUENA, REGULAR Y MALA.	61
10. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE GUANAJUATO.	64
10.1 INFORMACIÓN GENERAL.	64
10.2 DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE.	66
10.2.1 EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE.	66
10.2.2 DISTRIBUCIÓN DE DÍAS CON CALIDAD DEL AIRE BUENA, REGULAR Y MALA.	72
11. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE HIDALGO.....	75
11.1 INFORMACIÓN GENERAL.	75
11.2 DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE.	77
11.2.1 EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE.	77
11.2.2 DISTRIBUCIÓN DE DÍAS CON CALIDAD DEL AIRE BUENA, REGULAR Y MALA.	83
12. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE JALISCO.....	86
12.1 INFORMACIÓN GENERAL.	86
12.2 DIAGNÓSTICO GENERAL DE LA CALIDAD DEL AIRE.	87
12.2.1 EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE.	87
12.2.2 DISTRIBUCIÓN DE DÍAS CON CALIDAD DEL AIRE BUENA, REGULAR Y MALA.	91
13. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE MICHOACÁN.	94
13.1 INFORMACIÓN GENERAL.	94
13.2 DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE.	95
13.2.1 EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE.	95
13.2.2 DISTRIBUCIÓN DE DÍAS CON CALIDAD DEL AIRE BUENA, REGULAR Y MALA.	98
14. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE MORELOS.	102
14.1 INFORMACIÓN GENERAL.	102
14.2 DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE.	103
14.2.1 EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE.	103
14.2.2 DISTRIBUCIÓN DE DÍAS CON CALIDAD DEL AIRE BUENA, REGULAR Y MALA.	105
15. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE NAYARIT.	108
15.1 INFORMACIÓN GENERAL.	108
15.2 DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE.	109
15.2.1 EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE.	109
15.2.2 DISTRIBUCIÓN DE DÍAS CON CALIDAD DEL AIRE BUENA, REGULAR Y MALA.	112
16. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE NUEVO LEÓN.	115
16.1 INFORMACIÓN GENERAL.	115
16.2 DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE.	116
16.2.1 EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE.	116

16.2.2 DISTRIBUCIÓN DE DÍAS CON CALIDAD DEL AIRE BUENA, REGULAR Y MALA.	120
17. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE PUEBLA.	123
17.1 INFORMACIÓN GENERAL.	123
17.2 DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE.	124
17.2.1 EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE.	124
17.2.2 DISTRIBUCIÓN DE DÍAS CON CALIDAD DEL AIRE BUENA, REGULAR Y MALA.	128
18. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE QUERÉTARO.	131
18.1 INFORMACIÓN GENERAL.	131
18.2 DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE.	132
18.2.1 EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE.	132
18.2.2 DISTRIBUCIÓN DE DÍAS CON CALIDAD DEL AIRE BUENA, REGULAR Y MALA.	137
19. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE TABASCO.	140
19.1 INFORMACIÓN GENERAL.	140
19.2 DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE.	141
19.2.1 EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE.	141
19.2.2 DISTRIBUCIÓN DE DÍAS CON CALIDAD DEL AIRE BUENA, REGULAR Y MALA.	142
20. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE TAMAULIPAS.	145
20.1 INFORMACIÓN GENERAL.	145
20.2 DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE.	146
20.2.1 EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE.	147
20.2.2 DISTRIBUCIÓN DE DÍAS CON CALIDAD DEL AIRE BUENA, REGULAR Y MALA.	149
21. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE YUCATÁN.	151
21.1 INFORMACIÓN GENERAL.	151
21.2 DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE.	152
21.2.1 EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE.	152
21.2.2 DISTRIBUCIÓN DE DÍAS CON CALIDAD DEL AIRE BUENA, REGULAR Y MALA.	154
22. CONCLUSIONES.	157
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	162
ANEXO 1. SISTEMAS DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE, REDES DE MUESTREO/MONITOREO Y ESTACIONES DE MUESTREO/MONITOREO EXISTENTES EN MÉXICO.	167
ANEXO 2. LÍMITES DE CONCENTRACIÓN RECOMENDADOS POR LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS) Y COMPARACIÓN CON LA NORMATIVIDAD VIGENTE EN MÉXICO, ESTADOS UNIDOS (USEPA), CALIFORNIA (CARB-US) Y UNIÓN EUROPEA (UE)	171
ANEXO 3. DISTRIBUCIÓN DE DÍAS BUENOS, REGULARES Y MALOS PRO CIUDAD Y ZONA METROPOLITANA	172

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
DI	Datos insuficientes
DOF	Diario Oficial de la Federación
Edomex	Estado de México
FO	Fuera de operación
IND	Información no disponible
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INV	Datos invalidados
Man	Equipo manual
NAAQS	National Ambient Air Quality Standards
NOM	Norma Oficial Mexicana
NO ₂	Dióxido de nitrógeno
O ₃	Ozono
OMS	Organización Mundial de la Salud
PM ₁₀	Partículas suspendidas con diámetros aerodinámicos menores de 10 µm
PM _{2.5}	Partículas suspendidas con diámetros aerodinámicos menores de 2.5 µm
ppm	Partes por millón
SCICA	Sistema de Consulta de Indicadores de Calidad del Aire

SINAICA	Sistema Nacional de Información de Calidad del Aire
SIMAEH	Sistema de Monitoreo Atmosférico del Estado de Hidalgo
SMCA	Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire
SSAOT	Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial
SO ₂	Dióxido de azufre
USEPA	United States Environmental Protection Agency
ZMG	Zona Metropolitana de Guadalajara
ZMVM	Zona Metropolitana del Valle de México
ZMVT	Zona Metropolitana del Valle de Toluca
µg/m ³	Microgramos por metro cúbico

AGRADECIMIENTOS

Las dependencias que se listan a continuación proporcionaron la información generada por el monitoreo automático y manual que se empleó 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.
- Centro de Investigación en Materiales Avanzados de Chihuahua.
- Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología del Municipio de Chihuahua.
- Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología del Municipio de Ojinaga.
- 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 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 Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Nayarit.
- Secretaría de Desarrollo Sustentable del Gobierno del Estado de Nuevo León.
- 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 Recursos Naturales y Protección Ambiental del Gobierno del Estado de Tabasco.
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Tamaulipas.
- 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 2015, sobre Partículas suspendidas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y Ozono (O_3) en 20 Sistemas de Monitoreo de la Calidad del Aire (SMCA), distribuidos en 18 entidades federativas de nuestro país. Estas entidades son: Baja California, Chihuahua, Ciudad de México (y su zona conurbada), Coahuila, Colima, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Puebla, Querétaro, Tabasco, Tamaulipas y Yucatán.

Para cada zona metropolitana o ciudad cubierta por cada SMCA se evalúa el estado de la calidad del aire, a nivel de estación de monitoreo, con respecto a las normas oficiales mexicanas (NOM) en la materia y a la distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala.

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

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

- De los 34 SMCA existentes en el país, en este informe no se incluye el análisis de información de 14 de ellos (Aguascalientes, Campeche, Chiapas, Ciudad Juárez, Coahuila estatal, Durango, Guerrero, Oaxaca, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas) siendo las razones principales el no haber respondido a la solicitud de datos hecha por el INECC o haber proporcionado datos en un formato inadecuado.

- En su conjunto, los 20 SMCA incluidos en este informe (Baja California, Chihuahua estatal, Chihuahua Municipal, Ojinaga, Ciudad de México y zona conurbada, Torreón, Colima, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Puebla, Querétaro, Tabasco, Tamaulipas y Yucatán) agruparon a un total de 187 estaciones de monitoreo, distribuidas en 75 ciudades y zonas metropolitanas.
- De las 187 estaciones de monitoreo referidas en el párrafo anterior, 129 contaron con infraestructura para la medición de ozono, 162 para la medición de partículas suspendidas PM_{10} y 99 para la medición de partículas suspendidas $PM_{2.5}$.
- De las 129 estaciones de monitoreo con capacidad para medir ozono, el cumplimiento de la Norma correspondiente se pudo evaluar en 92, esto es, en el 71% del total. En 9 de estas 92 estaciones se cumplió con la Norma y en las restantes 83 esto no ocurrió. De las 83 estaciones en donde no se cumplió con la NOM se encontró que en 78 se rebasaron los dos límites normados (1 y 8 horas), en dos se rebasó sólo el límite de una hora y en 3 sólo el límite de 8 horas.
- De las 162 estaciones con capacidad para medir PM_{10} , 78 generaron información suficiente para permitir la evaluación de cumplimiento de la norma correspondiente. De ellas, en 11 se cumplió con la Norma y en 67 no (en 50 se rebasaron los dos límites normados, en 14 se rebasó sólo el límite de 24 horas y en 3 sólo el límite anual). De las 84 estaciones en las que no se pudo evaluar el cumplimiento de norma 40 no generaron información suficiente para ello, 19 se reportaron fuera de operación, 24 no reportaron información al INECC y en 1 se invalidaron los datos generados por problemas en el equipo de medición.
- De las 99 estaciones con capacidad para medir $PM_{2.5}$, 33 generaron información suficiente para permitir la evaluación de cumplimiento de la norma correspondiente. De ellas, sólo en una se cumplió con la Norma y en 32 esto no ocurrió (en 23 se rebasaron los dos límites normados y en 9 se rebasó sólo el límite anual). De las 66 estaciones en las que no se pudo evaluar el cumplimiento de norma, 32 no generaron información suficiente para ello, 5 se reportaron fuera de operación, 19 no reportaron información al INECC y en 10 se invalidaron los datos generados por problemas en el equipo de medición.
- A nivel de ciudad o zona metropolitana, 42 de las 75 ciudades y zonas metropolitanas incluidas en este reporte contaron con infraestructura para la medición de ozono en 2015.

De ellas, en tres se cumplió con la Norma correspondiente (Chihuahua, Santiago de Querétaro y Mérida); en 22 no se cumplió con la misma (Mexicali, ZMVM, ZMVT, Celaya, Irapuato, León, Salamanca, Silao, Atotonilco de Tula, Tula de Allende, Pachuca, Tizayuca, ZMG, Morelia, Cuautla, Ocuituco, Cuernavaca, Zacatepec, Tepic, AMM, Puebla y Coronango); y, en 17 no se pudo llevar a cabo la evaluación de cumplimiento por falta o insuficiencia de información (Tijuana, Ensenada, Rosarito, Tecate, Torreón, Saltillo, Monclova, Piedras Negras, Colima, Atitalaquia, Tepeapulco, Huichapan, Tepeji del Río, Tulancingo, Corregidora, El Marqués y San Juan del Río).

- 64 ciudades contaron con capacidad para la medición de partículas suspendidas PM_{10} . De ellas sólo seis cumplieron con la norma respectiva (Tlaxcoapan, Pachuca, Tizayuca, Zapotlán, Morelia y El Marqués); en 16 no se cumplió con los límites normados (Mexicali, Tijuana, ZMVM, Torreón, ZMVT, Celaya, Irapuato, León, Salamanca, Silao, ZMG, Tepic, AMM, Puebla, Coronango y Ciudad Victoria); y, en 42 no se pudo llevar a cabo la evaluación de cumplimiento por falta o insuficiencia de información (Ensenada, Rosarito, Tecate, Chihuahua, Ojinaga, Saltillo, Monclova, Piedras Negras, Colima, Purísima del Rincón, Dolores Hidalgo, Acámbaro, Moroleón, San José de Iturbide, San Francisco del Rincón, Ajacuba, Atitalaquia, Atotonilco de Tula, Tepeapulco, Huichapan, Tepetitlán, Tepeji del Río, Tula de Allende, Tulancingo, Ocuituco, Cuernavaca, Zacatepec, Corregidora, Santiago de Querétaro, San Juan del Río, Centro (Tabasco), Balancán, Huimanguillo, Centla, Comalcalco, Paraíso, Nuevo Laredo, Reynosa, Matamoros, El Mante, Tampico y Ciudad Madero).
- De las ciudades en las que no se pudo hacer la evaluación de cumplimiento de la Norma de PM_{10} por no cumplir con los criterios de suficiencia de información establecidos en la misma, ocho registraron al menos un día con concentraciones superiores al límite normado de 24 horas, lo que puede suponer un problema de calidad del aire. Estas ciudades son: Chihuahua, Ojinaga, Cuernavaca, Zacatepec, Querétaro, Nuevo Laredo, Tampico y Ciudad Madero.
- 44 ciudades contaron con capacidad para la medición de partículas suspendidas $PM_{2.5}$. De ellas, sólo una cumplió con la Norma (Tepic); 11 no cumplieron con la misma (Mexicali, ZMVM, ZMVT, Celaya, Irapuato, Salamanca, Xochicoatlán, AMM, Puebla, Santiago de Querétaro y Mérida); y en 32 no se pudo llevar a cabo la evaluación de cumplimiento por

falta o insuficiencia de información (Tijuana, Ensenada, Tecate, Chihuahua, Torreón, Saltillo, Monclova, Piedra Negras, Colima, León, Silao, San Luis de la Paz, Guanajuato, San Miguel de Allende, Abasolo, Villagrán, Cortazar, Juventino Rosas, Atitalaquia, Atotonilco de Tula, Tepeapulco, Huichapan, Tepeji del Río, Tula de Allende, Pachuca, Tizayuca, Lolotla, Tulancingo, ZMG, Morelia, Coronango y San Juan del Río).

- De las ciudades en las que no se pudo hacer la evaluación de cumplimiento de la Norma de $PM_{2.5}$ por no cumplir con los criterios de suficiencia de información establecidos en la misma, ocho registraron al menos un día con concentraciones superiores al límite normado de 24 horas, lo que puede suponer un problema de calidad del aire. Estas ciudades son: Tijuana, Chihuahua, León, Silao, Atitalaquia, Atotonilco de Tula, Tepeji del Río y Tula de Allende).
- Las concentraciones horarias más altas de ozono registradas en 2015 ocurrieron en: León (0.181 ppm), ZMVM (0.179 ppm), Irapuato (0.178 ppm), Cuautla (0.171 ppm), ZMM (0.157 ppm), ZMG (0.144 ppm), Atotonilco de Tula (0.134 ppm), Tula de Allende (0.132 ppm), Salamanca (0.125 ppm) y ZMVT (0.122 ppm). Todas ellas fueron superiores al límite normado que es 0.095 ppm.
- Las concentraciones promedio móvil de 8 horas más altas de ozono registradas en 2015 se presentaron en: León (0.136 ppm), ZMVM (0.130 ppm), Irapuato (0.124 ppm), Atotonilco de Tula (0.109 ppm), ZMG (0.103 ppm), Tula de Allende (0.100 ppm), Salamanca (0.098 ppm), Pachuca (0.097 ppm), Cuautla y AMM (0.096 ppm), Tepic (0.093 ppm) y Cuernavaca (0.092 ppm). Todas ellas superiores al límite normado que es 0.070 ppm.
- Las concentraciones más altas de PM_{10} , como promedio de 24 horas, ocurrieron en: AMM ($370 \mu g/m^3$), Mexicali ($281 \mu g/m^3$), Salamanca ($233 \mu g/m^3$), ZMG ($222 \mu g/m^3$), ZMVT ($216 \mu g/m^3$), Celaya ($192 \mu g/m^3$), Puebla ($179 \mu g/m^3$), León ($157 \mu g/m^3$), ZMVM ($146 \mu g/m^3$) e Irapuato ($141 \mu g/m^3$). El límite normado es $75 \mu g/m^3$.
- Las concentraciones promedio anuales más altas de PM_{10} se registraron en: Mexicali ($108 \mu g/m^3$), ZMG ($92 \mu g/m^3$), AMM ($84 \mu g/m^3$), ZMVT y Celaya ($75 \mu g/m^3$), León ($72 \mu g/m^3$), Torreón ($68 \mu g/m^3$), Salamanca ($66 \mu g/m^3$), Puebla ($57 \mu g/m^3$), ZMVM ($56 \mu g/m^3$) e Irapuato ($51 \mu g/m^3$). El límite normado es $40 \mu g/m^3$.

- Las concentraciones más altas de $PM_{2.5}$, como promedio de 24 horas, se presentaron en: ZMVT ($158 \mu g/m^3$), Puebla ($118 \mu g/m^3$), ZMVM ($105 \mu g/m^3$), Salamanca ($103 \mu g/m^3$), Irapuato ($90 \mu g/m^3$), Celaya ($74 \mu g/m^3$), AMM ($66 \mu g/m^3$) y Mexicali ($58 \mu g/m^3$). El límite normado es $45 \mu g/m^3$.
- Los promedio anuales más altos de $PM_{2.5}$ se registraron en: ZMVT ($42 \mu g/m^3$), ZMVM ($28 \mu g/m^3$), AMM y Puebla ($26 \mu g/m^3$), Salamanca ($23 \mu g/m^3$), Irapuato ($21 \mu g/m^3$), Mexicali ($20 \mu g/m^3$), Querétaro ($18 \mu g/m^3$), Mérida ($16 \mu g/m^3$), Celaya ($14 \mu g/m^3$) y Xochicoatlán ($13 \mu g/m^3$). El límite normado es $12 \mu g/m^3$.
- Las ciudades en las que con mayor frecuencia se presentaron días con concentraciones de ozono superiores al límite normado de una hora (estimado como Número de días con concentraciones superiores al límite normado / Número de días del año con información válida) fueron; ZMVM (58%), León (32%), Irapuato (20%), AMM (15%), ZMG (13%), Cuernavaca (7%), ZMVT (4%) y Atotonilco de Tula, Tula de Allende y Cuautla (3%).
- Las ciudades en las que con mayor frecuencia se presentaron días con concentraciones de PM_{10} superiores al límite normado de 24 horas (estimado como Número de días o muestreos con concentraciones superiores al límite normado / Número de días o muestreos del año con información válida) fueron: Mexicali (70%), ZMG (68%), AMM (65%), Nuevo Laredo (52%), Ciudad Madero (51%), ZMVT (45%), León (44%), Celaya (42%), ZMVM (36%) y Salamanca (30%).
- Las ciudades en las que con mayor frecuencia se presentaron días con concentraciones de $PM_{2.5}$ superiores al límite normado de 24 horas (estimado como Número de días o muestreos con concentraciones superiores al límite normado / Número de días o muestreos del año con información válida) fueron: Atotonilco de Tula (74%), ZMVT (38%), Atitalaquia (36%), Tepeji del Río (21%), Tula de Allende (17%), Mexicali y AMM (14%), ZMVM (12%), Tijuana (11%) y León (6%).

Tabla RE1 Estatus de cumplimiento o incumplimiento de las NOM de calidad del aire, a nivel de ciudad y zona metropolitana, en 2015.

Entidad	Nombre del SMCA	Ciudad/Zona metropolitana*	Población proyectada 2015 (CONAPO, 2014)	PM ₁₀ NOM-025-SSA1-2014			PM _{2.5} NOM-025-SSA1-2014			O ₃ NOM-020-SSA1-2014		
				Límite 24 hrs (75 µg/m³)	Límite anual (40 µg/m³)	Cumple NOM	Límite 24 hrs (45 µg/m³)	Límite anual (12 µg/m³)	Cumple NOM	Límite 1 hr (0.095 ppm)	Límite 8 hrs (0.070 ppm)	Cumple NOM
Baja California	Baja California	Mexicali	1,025,740	281	108	NO	58	20	NO	0.102	0.077	NO
		Tijuana	1,722,348	88	34	NO	DI	DI	DI	DI	DI	DI
		Ensenada	519,813	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO
		Rosarito	105,150	FO	FO	FO				FO	FO	FO
		Tecate	111,198	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO
Chihuahua	Chihuahua Estatal	Chihuahua Estatal	910,505	DI	DI	DI	DI	DI	DI	0.071	0.067	SI
	Chihuahua municipal	Chihuahua municipal		DI	DI	DI				DI	DI	DI
	Ojinaga	Ojinaga		DI	DI	DI						
Ciudad de México y zona conurbada		Ciudad de México y zona conurbada ¹	21,339,781	146	56	NO	105	28	NO	0.179	0.130	NO
Coahuila	Coahuila estatal	Torreón	692,386	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND
		Saltillo	788,039	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND
		Monclova	230,926	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND
		Piedras Negras	161,407	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND
	Torreón municipal	Torreón	692,386	139	68	NO						
Colima	Colima	Colima	161,013	FO	FO	FO	FO	FO	FO	DI	DI	DI
Estado de México	Estado de México	Zona Metropolitana del Valle de Toluca ¹	2,189,481	216	75	NO	158	42	NO	0.122	0.091	NO
Guanajuato	Guanajuato	Celaya	499,044	192	75	NO	74	14	NO	0.108	0.084	NO
		Irapuato	566,888	141	51	NO	90	21	NO	0.178	0.124	NO
		León	1,527,668	157	72	NO	DI	DI	DI	0.181	0.136	NO
		Salamanca	276,198	233	66	NO	103	23	NO	0.125	0.098	NO
		Silao	186,797	104	40	NO	DI	DI	DI	0.099	0.078	NO
		Purísima del Rincón	75,991	IND	IND	IND						
		San Luis de la Paz	123,347				IND	IND	IND			
		Guanajuato	182,993				IND	IND	IND			
		San Miguel de Allende	171,982				IND	IND	IND			
		Abasolo	88,132				IND	IND	IND			
		Villagrán	59,184				IND	IND	IND			
		Dolores Hidalgo	155,544	IND	IND	IND						
		Cortazar	91,526				IND	IND	IND			
		Juventino Rosas	84,096				IND	IND	IND			
		Acámbaro	112,516	IND	IND	IND						
		Moroleón	50,903	IND	IND	IND						
		San José Iturbide	79,574	IND	IND	IND						
		San Fco. del Rincón	119,135	IND	IND	IND						
Hidalgo	Hidalgo	Ajacuba	17,143	DI	DI	DI						
		Atitalaquia	28,482	IND	IND	IND	DI	DI	DI	IND	IND	IND
		Atotonilco de Tula	28,893	IND	IND	IND	DI	DI	DI	0.134	0.109	NO
		Tepeapulco	53,103	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND
		Huichapan	47,135	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND
		Tepetitlán	10,592	DI	DI	DI						
		Tepeji del Río	87,586	IND	IND	IND	DI	DI	DI	IND	IND	IND
		Tlaxcoapan	28,235	48	26	SI						
		Tula de Allende	111,193	IND	IND	IND	DI	DI	DI	0.132	0.100	NO
		Pachuca	271,099	50	24	SI	IND	IND	IND	0.113	0.097	NO
		Tizayuca	126,766	70	32	SI	IND	IND	IND	0.110	0.082	NO

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

Entidad	Nombre del SMCA	Ciudad/Zona metropolitana*	Población proyectada 2015 (CONAPO, 2014)	PM ₁₀ NOM-025-SSA1-2014			PM _{2.5} NOM-025-SSA1-2014			O ₃ NOM-020-SSA1-2014		
				Límite 24 hrs (75 µg/m³)	Límite anual (40 µg/m³)	Cumple NOM	Límite 24 hrs (45 µg/m³)	Límite anual (12 µg/m³)	Cumple NOM	Límite 1 hr (0.095 ppm)	Límite 8 hrs (0.070 ppm)	Cumple NOM
		Xochicoatlán	7,453				43	13	NO			
		Lolotla	9,967				DI	DI	DI			
		Tulancingo	165,777	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND
		Zapotlán	19,006	51	27	SI						
Jalisco	Jalisco	Zona Metropolitana de Guadalajara ¹	4,796,050	222	92	NO	DI	DI	DI	0.144	0.103	NO
Michoacán	Michoacán	Morelia	767,820	63	33	SI	DI	DI	DI	0.103	0.085	NO
Morelos	Morelos	Cuautla	188,697							0.171	0.096	NO
		Ocuilco	17,976	DI	DI	DI				0.109	0.088	NO
		Cuernavaca	386,337	DI	DI	DI				0.113	0.092	NO
		Zacatepec	36,819	DI	DI	DI				DI	0.082	NO
Nayarit	Nayarit	Tepic	429,363	101	45	NO	31	10	SI	0.107	0.093	NO
Nuevo León	Nuevo León	Área Metropolitana de Monterrey ¹	4,776,614	370	84	NO	66	26	NO	0.157	0.096	NO
Puebla	Puebla	Puebla	1,634,141	179	57	NO	118	26	NO	0.090	0.073	NO
		Coronango	38,333	121	38	NO	DI	DI	DI	0.098	0.075	NO
Querétaro	Querétaro	Corregidora	169,682	DI	DI	DI				DI	DI	DI
		El Marqués	142,523	62	35	SI				DI	DI	DI
		Santiago de Querétaro	863,409	DI	DI	DI	37	18	NO	0.078	0.061	SI
		San Juan del Río	266,119	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI	DI
Tabasco	Tabasco	Centro	691,383	DI	DI	DI						
		Balancán	58,502	DI	DI	DI						
		Huimanguillo	187,596	DI	DI	DI						
		Centla	106,802	DI	DI	DI						
		Comalcalco	203,526	FO	FO	FO						
		Paraíso	91,276	DI	DI	DI						
Tamaulipas	Tamaulipas	Nuevo Laredo	414,461	DI	DI	DI						
		Reynosa	681,251	DI	DI	DI						
		Matamoros	524,591	DI	DI	DI						
		Victoria	352,664	108	22	NO						
		El Mante	122,359	DI	DI	DI						
		Tampico	309,369	DI	DI	DI						
Yucatán	Yucatán	Mérida	897,686				43	16	NO	0.035	0.031	SI

* En la columna Ciudad/Zona metropolitana, las redes de monitoreo se indican con letra **negrita**, en tanto que en letra no **negrita** se indica el nombre de aquellas ciudades que sólo tienen una estación de monitoreo en su territorio.

DI = Datos insuficientes; **FO** = Fuera de operación; **IND** = Información no disponible; = No se monitorea este contaminante; = Cumple con el límite normado; = No cumple con el límite normado; = No fue posible evaluar cumplimiento de NOM; = En todas las estaciones de monitoreo se cumple con la NOM correspondiente; = En al menos una estación de monitoreo no se cumple con la NOM correspondiente;

- Los números indican la concentración más alta registrada en la Ciudad o Zona Metropolitana, de acuerdo con el dato base empleado para evaluar cumplimiento de NOM de cada contaminante.
- En el caso de ozono y partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}), de acuerdo con lo establecido en cada Norma, un sitio cumple con misma sólo si acata los dos valores límite normado en cada caso.

1. INTRODUCCIÓN.

La contaminación del aire es uno de los problemas ambientales más severos a nivel mundial. Está presente en todas las sociedades, independientemente del nivel de desarrollo socioeconómico, y constituye un fenómeno que tiene particular incidencia sobre la salud de la población.

Desde hace años la literatura, tanto a nivel nacional como internacional, ha documentado que elevaciones temporales en la contaminación del aire están asociadas con efectos a la salud (Lai *et al.*, 2013, Lu *et al.*, 2015 y Shang *et al.*, 2013). Así por ejemplo, se ha identificado que la contaminación del aire puede inducir efectos tales como: aumento de la incidencia de infecciones respiratorias (Torres-Meza, 2000; Hernández-Cadena *et al.*, 2000), síntomas respiratorios como tos y respiración difícil o dolorosa y reducción de la función pulmonar (Orduz García *et al.*, 2013; Samoli *et al.*, 2016; Chen *et al.*, 2016; y, Mirowsky *et al.*, 2016), bronquitis crónica (Romano, 2000 y Orduz García *et al.*, 2013), ataques de asma (Romieu *et al.*, 1995; Rosas *et al.*, 1998), reducción en la variabilidad cardiaca (Holguín *et al.*, 2003) e incremento en el número de defunciones (Pope *et al.*, 2002; Evans *et al.*, 2002; Curtis *et al.*, 2006; Samet y Krewsky, 2007; Romieu, 2007; Lepeule *et al.*, 2012; Reyna *et al.*, 2012; Romieu, *et al.*, 2012, Hoek *et al.*, 2013; y, He *et al.*, 2016) y visitas hospitalarias (Romieu, *et al.*, 1995; Téllez-Rojo *et al.*, 1997; Torres-Meza, 2000; y Atkinson *et al.*, 2014). Así mismo, la exposición a la contaminación del aire durante el embarazo y periodos tempranos de la vida se han asociado con nacimientos prematuros, retraso en el crecimiento intrauterino, bajo peso al nacer, síndrome de muerte temprana y mortalidad infantil (Maisonet *et al.*, 2004; Lacasana *et al.*, 2005; Curtis *et al.*, 2006; Wigle *et al.*, 2007; Kampa y Casatanas, 2008).

En general, la naturaleza y magnitud de los impactos de la contaminación del aire sobre la salud de la población depende, entre otros, de factores tales como el nivel de concentración ambiental del contaminante, el tiempo de la exposición, la sinergia de dos o más contaminantes y la susceptibilidad de los sujetos expuestos. Algunos grupos de población son más susceptibles o vulnerables que otros a la contaminación del aire, y esto obedece tanto a factores intrínsecos (como la edad, el género, la genética y la etnia), como a factores adquiridos (tales como las condiciones médicas y acceso a servicios médicos y de nutrición). En cualquier caso, es importante destacar, que el efecto de la contaminación atmosférica sobre la salud de la población tiene una progresión tanto en la gravedad de sus consecuencias como en la proporción de la población afectada. Así, a medida que los efectos son menos graves, el porcentaje de población afectada es mayor (Figura 1.1).

Figura 1.1 Efectos de la contaminación atmosférica en la salud.

Fuente: INECC, 2012.

Estimaciones recientes de la Organización Mundial de la Salud (OMS), indican que en 2012 unos siete millones de personas murieron (una de cada ocho del total de muertes en el mundo) como consecuencia de la exposición a la contaminación atmosférica. Esta conclusión confirma que la contaminación del aire constituye en la actualidad, por sí sola, el riesgo ambiental para la salud más importante en el mundo (OMS, 2014).

Por todo lo anterior, el monitoreo de la calidad del aire toma una importancia fundamental como herramienta para: a) alertar a la población y a las autoridades ante situaciones que pongan en riesgo la salud pública, b) formular estándares de calidad del aire y verificar su cumplimiento, c) establecer correlaciones entre las concentraciones de los contaminantes y los efectos o daños a la salud, d) inferir los tipos y fuentes emisoras, e) evaluar la efectividad de las medidas de prevención y control implementadas, f) llevar a cabo estrategias de reducción de emisiones de los contaminantes atmosféricos y políticas de desarrollo acordes con los ecosistemas locales, g) desarrollar programas de gestión de la calidad del aire, y h) apoyar la investigación científica en química atmosférica y efectos en la salud, entre otros (Martínez, *et al.*, 1997).

En este contexto general, el presente documento constituye un esfuerzo por poner a disposición de 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 2015, 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.

Este Informe Nacional de la Calidad del Aire 2015 presenta información de 20 Sistemas de Monitoreo de la Calidad del Aire (SMCA) distribuidos en 18 Entidades Federativas de la República Mexicana que cuentan con datos para el año 2015 con respecto a Partículas suspendidas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y Ozono (O_3). Se evalúa el estado de la calidad del aire y se incluye, para cada SMCA, la revisión de los siguientes indicadores:

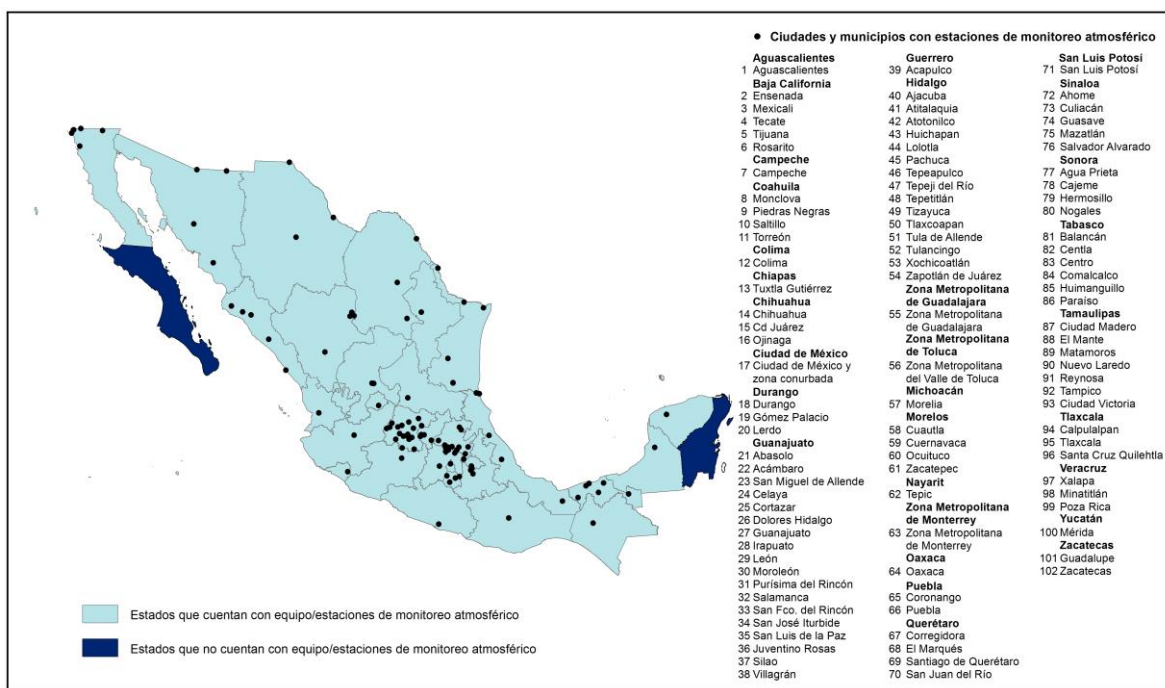
- a. Evaluación del cumplimiento de las NOM de calidad del aire, y
- b. Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala.

En el primer capítulo de este documento se hace una breve introducción sobre efectos de la contaminación del aire en la salud humana y la progresión que éstos tienen tanto en la gravedad de sus consecuencias como en la proporción de la población afectada. El segundo capítulo hace referencia a las capacidades actuales de monitoreo de la calidad del aire en México y a los SMCA incluidos en este informe. Igualmente se refieren los SMCA no incluidos y los motivos de tal situación. El tercer capítulo describe la metodología utilizada para analizar y procesar los datos generados por los SMCA, así como los procedimientos para el cálculo de los indicadores que son usados para elaborar el diagnóstico del estado de la calidad del aire en las diferentes entidades de nuestro país en el año 2015. Del capítulo 4 al 21 se presenta el estado de la calidad del aire en cada entidad federativa con respecto a las partículas suspendidas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y O_3 . Para ello, se muestra la evaluación del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire y la distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala. En el capítulo 22 se presentan las conclusiones derivadas de los datos analizados. Finalmente, se incluyen tres anexos donde el lector podrá conocer información detallada y actualizada sobre las capacidades específicas de monitoreo en el país, así como de los límites normados vigentes para cada contaminante criterio en México, Estados Unidos y la Unión Europea, además de las guías de calidad del aire de la OMS y sobre la distribución de días buenos, regulares y malos por ciudad y zona metropolitana en el año 2015.

2. ANTECEDENTES.

Al mes de diciembre del año 2015 el INECC tuvo registro de la existencia de 34 sistemas de monitoreo de la calidad del aire administrados por alguna autoridad gubernamental, ya fuera ésta estatal o municipal. Estos 34 SMCA estuvieron distribuidos en 30 entidades federativas. Quintana Roo y Baja California Sur fueron las únicas entidades que no operaron un sistema de monitoreo de la calidad del aire en su territorio. En su conjunto, estos SMCA agruparon un total de 246 estaciones de monitoreo/muestreo (134 automáticas, 79 manuales y 33 mixtas) que contaron con instrumentos para medir la concentración en aire ambiente de, al menos, uno de los siguientes contaminantes: Partículas suspendidas (PM_{10} y/o $PM_{2.5}$), Ozono (O_3), Dióxido de Azufre (SO_2), Dióxido de Nitrógeno (NO_2) y Monóxido de Carbono (CO). Estas 246 estaciones de monitoreo estuvieron repartidas en un total de 102 ciudades y zonas metropolitanas (Figura 2.1). El Anexo 1 detalla la distribución de las estaciones de monitoreo por SMCA.

Figura 2.1 Ciudades y zonas metropolitanas de México con monitoreo de la calidad del aire en 2015.



Fuente: Elaboración propia

La información de la calidad del aire contenida en este informe corresponde al análisis realizado con los datos validados del año 2015, que con respecto a partículas suspendidas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y ozono, proporcionaron las instancias encargadas de la administración de cada uno de los SMCA que

se muestran en la Tabla 2.1. En ella se muestra con detalle a las entidades federativas a quienes se solicitó información, la respuesta que dieron a la petición y, en su caso, las razones por las que no se incluyó dicha información en el presente reporte. Los SMCA sombreados en gris corresponden a los que se incluyen en este documento. En total son 20, los cuales están distribuidos en 18 Estados y en su conjunto albergaron a 187 estaciones de monitoreo. De ellas, 129 contaron con infraestructura para la medición de ozono, 162 para la medición de partículas suspendidas PM_{10} y 99 para la medición de partículas suspendidas $PM_{2.5}$.

Es importante mencionar que en este documento se mantuvieron los criterios usados en el Informe Nacional de Calidad del Aire México, 2014 para identificar tanto a los SMCA como a las redes de monitoreo. Esto es, se asumió como Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire al “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”, que son administrados ya sea por un gobierno estatal o por un gobierno municipal. Estos gobiernos se identifican como dos unidades administrativas distintas y por lo tanto se asumen como dos SMCA distintos. Bajo esta consideración los estados que poseen más de un sistema de monitoreo de la calidad del aire son: Coahuila con dos (un SMCA administrado por el estado y otro administrado por el municipio de Torreón) y Chihuahua con cuatro (un SMCA administrado por el estado y tres más administrados por cada uno de los gobiernos municipales de: Chihuahua, Ciudad Juárez y Ojinaga).

Asimismo, para definir una red de monitoreo se asumió al municipio como la unidad espacial de interés, de tal forma que cuando en un municipio se cuenta con más de una estación de monitoreo se definió la existencia de una red. Este criterio, no fue aplicado para las zonas metropolitanas de Valle de México, Toluca, Guadalajara y Monterrey, dadas sus características particulares de densidad poblacional e intensidad de interacción comercial y económica que se da entre sus municipios y/o delegaciones.

Tabla 2.1 SMCA incluidos en este informe.

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

NA = No aplica.

A = Respondió la solicitud de información pero no envió datos.

B = No respondió a la solicitud de información.

C = Datos proporcionados en formato inadecuado (p.e. imágenes, pdf o minutas).

Los SMCA sombreados en gris corresponden a los que se incluyen en este documento.

3. 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 SMCA. A continuación se describen los procedimientos utilizados para realizar la verificación de dichas bases de datos, 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 y la distribución de los días con calidad del aire buena, regular o mala con respecto a PM_{10} , $PM_{2.5}$ y O_3 .

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

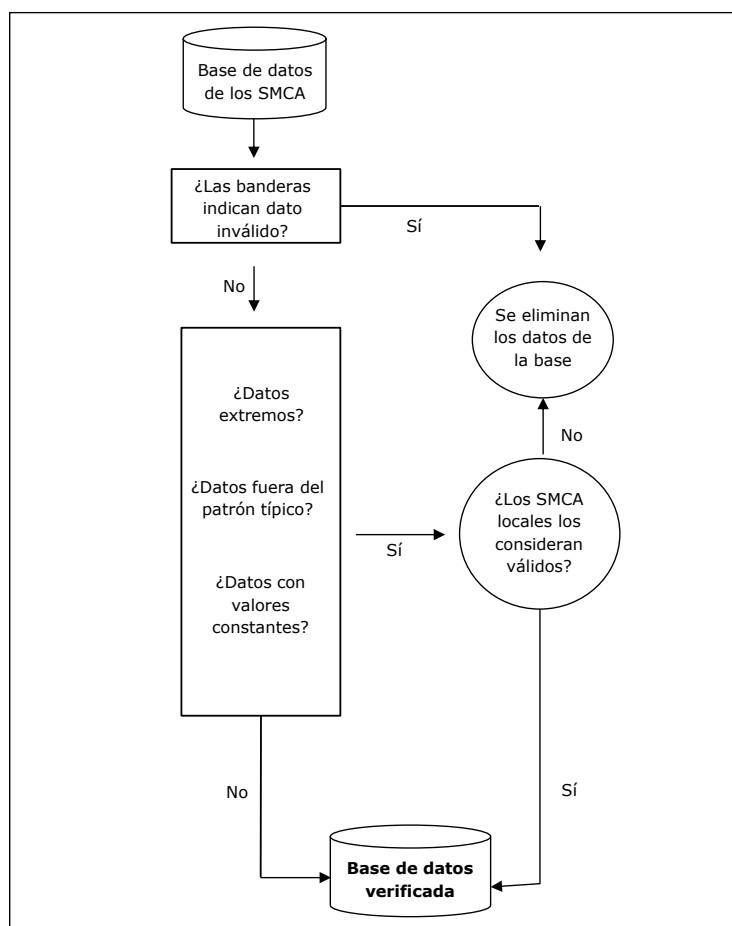
El procedimiento de verificación de datos tiene el objetivo de identificar los datos extremos o los comportamientos temporales y estacionales anómalos de los contaminantes atmosféricos para su posterior validación o invalidación por los responsables de los SMCA de acuerdo a sus bitácoras de operación.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

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

3.1.1 Limpieza de datos.

Se eliminan valores etiquetados como *no válidos* de acuerdo con las banderas² asignadas por los sistemas de adquisición de datos de los analizadores. Por ejemplo, se colocan banderas a los datos, entre otras razones, por fallas en el sistema eléctrico o de comunicación, por fallas en los equipos de medición, y por la calibración o mantenimiento de los equipos de medición.

² Es un código 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 3.1 Procedimiento de verificación de las bases de datos.

3.1.2 Identificación de datos extremos y comportamientos anómalos.

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

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

- b) Gráficas de comportamiento temporal del contaminante (p.e. perfiles horarios, diarios y mensuales). En estas gráficas se verificó visualmente la continuidad y tendencia de cada uno de los contaminantes con referencia a su comportamiento típico. Por ejemplo, el ozono, por ser un contaminante fotoquímico es sumamente sensible a la presencia de radiación solar por lo que, en presencia de sus precursores, a mayor radiación solar resulta una mayor concentración de este contaminante; es decir, resulta incorrecto tener las mayores concentraciones de ozono durante la noche.
- c) En el caso de las partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$, se identificaron los casos en que las concentraciones de las $PM_{2.5}$ fueron mayores que las de PM_{10} ($PM_{2.5} > PM_{10}$) en la misma estación y a la misma hora. Asimismo, se revisaron los datos consecutivos a estos registros con el fin de observar su comportamiento y determinar, de acuerdo a las bitácoras de operación y condiciones locales, la validez de los mismos.

3.1.3 Verificación de la validez de los datos sospechosos.

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

Una vez verificados los datos sospechosos por los responsables de los SMCA se conformaron las bases de datos finales con las que se elaboró el diagnóstico de la calidad del aire de los SMCA del año 2015 incluido en este Informe.

3.2 Construcción de indicadores.

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

En las siguientes secciones se describen las herramientas, los criterios de suficiencia y los indicadores calculados para cada contaminante y cada SMCA.

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

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

En el sistema se realizaron consultas para generar los indicadores relacionados con el cumplimiento de las normas de calidad del aire (máximos y promedios anuales), así como la distribución de días buenos, regulares y malos.

3.2.2 Indicadores.

En este documento se evalúan los SMCA en términos del cumplimiento de 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.

3.2.2.1 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, 24 horas y anual) y la frecuencia tolerada de cada límite. La Tabla 3.1 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. Como complemento a esta Tabla, el Anexo 2 de este informe muestra los límites normados vigentes para cada contaminante criterio en México, Estados Unidos y Unión Europea, así como las guías de calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud.

Tabla 3.1. 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	No se permite	75 µg/m³ Máximo	Por lo menos tres trimestres con al menos el 75% de los promedios de 24 horas válidas (DOF, 2014a)	NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a)
		Crónica	---	40 µg/m³ Promedio anual		
Partículas PM_{2.5}	Promedio 24 horas	Aguda	No se permite	45 µg/m³ Máximo		
		Crónica	---	12 µg/m³ Promedio anual		
Ozono (O₃)^a	Dato horario	Aguda	No se permite	0.095 ppm Máximo	Al menos 75% de los datos horarios (DOF, 2014b)	NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b)
	Promedio móvil de 8 horas		No se permite	0.070 ppm Máximo	Al menos 75% de los promedios móviles de ocho horas (DOF, 2014b)	

^a En el caso del ozono en los numerales 5.2.3.1 y 5.2.3.2 de la NOM se especifica que aún en el caso en el que no se cumpla el criterio de suficiencia del 75% de los valores horarios o de los promedios móviles de 8 horas, se incumplirá la norma cuando: al menos uno de los valores horarios sea mayor a 0.095 ppm o al menos uno de los valores de los promedios móviles de 8 horas sea mayor a 0.070 ppm.

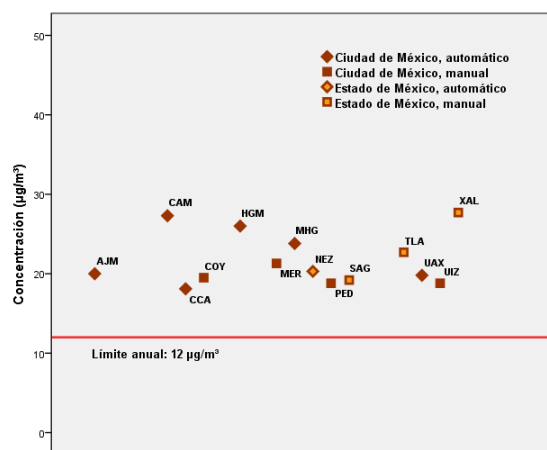
Es importante observar que en este documento se evalúa el cumplimiento de los límites normados para partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}) y Ozono (O₃), con base en la actualización realizada a los mismos en el mes de agosto del año 2014 y publicados en el Diario Oficial de la Federación (DOF, 2014a; DOF, 2014b).

Las Normas para partículas y ozono especifican que el cumplimiento de los límites de concentración de estos contaminantes debe evaluarse por estación de monitoreo. En el documento, los resultados se presentan a través de gráficas de dispersión donde cada símbolo corresponde a una estación de monitoreo y como referencia una línea que especifica el límite normado y que permite identificar cuando se rebasa o no tal valor. La Figura 3.2 ilustra el tipo de gráfico empleado para realizar la evaluación de cumplimiento de norma.

Cabe destacar, que en el Informe se presenta, en cada capítulo, sólo la evaluación del cumplimiento de los límites por estación de monitoreo. Sin embargo, para aquellos interesados en un dato representativo 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 a dicha escala, se sugiere seguir los lineamientos y recomendaciones que utiliza la USEPA para evaluar el cumplimiento de sus normas de calidad del aire en regiones o áreas específicas (CFR, 2014; USEPA, 1998). De acuerdo con esta Agencia, la evaluación del cumplimiento de las normas a escala metropolitana o de ciudad se lleva a cabo calculando un dato representativo a partir de los datos calculados en cada estación de

monitoreo. Se considera que el dato que representa las condiciones de la calidad del aire en esta escala es el valor más alto de los indicadores calculados para cada una de las estaciones de monitoreo. Esto es, si en una estación de monitoreo no se cumple con la norma, se considera que en la ciudad o zona metropolitana tampoco se cumple y el valor representativo del incumplimiento corresponde a las peores condiciones registradas en la ciudad. Un ejercicio de esta naturaleza se incluye en el resumen ejecutivo de este informe (Tabla RE1).

Figura 3.2. Ejemplo de la representación gráfica de la evaluación del cumplimiento de los límites de las NOM.



Las normas de partículas y ozono presentan de manera muy clara el manejo de datos para generar los indicadores con los que se evalúa el cumplimiento de sus respectivos límites (DOF, 2014a; DOF, 2014b). A continuación se describen brevemente tales procedimientos.

Manejo de datos para evaluar cumplimiento de la Norma de partículas suspendidas.

Las concentraciones horarias o de muestreos manuales que se reportaron con más de una cifra significativa se redondearon a números enteros de acuerdo al siguiente criterio: si el primer decimal fue un número entre 0 y 4, el valor entero no se incrementó; si fue mayor, se incrementó al número inmediato superior. Las concentraciones promedio de 24 horas, así como los promedios trimestrales y anuales se redondearon a números enteros de acuerdo al criterio anterior.

Los criterios de compleción que se aplicaron para asegurar la representatividad de las concentraciones de partículas al agregar los datos para calcular los parámetros estadísticos se describen a continuación:

Promedio de 24 horas: para su cálculo se requirió un mínimo de 75% de las concentraciones horarias válidas (18 registros).

Máximo o promedio anual: para su cálculo se requirió de un mínimo de datos en el año. Este mínimo se evaluó a partir de la cantidad de muestras de 24 horas válidas obtenidas en cada uno de los cuatro trimestres del año. Para cada trimestre se requirió un mínimo de 75% de muestras válidas. En los sitios donde el monitoreo no se realizó de manera continua, se tomó como base el número de muestreos manuales calendarizados para dicho periodo. Si la cantidad de muestras fue menor se invalidó el trimestre correspondiente. Para la validación del año fue necesario contar con al menos tres trimestres válidos, en caso contrario no se evaluó el cumplimiento de la Norma.

Límite de 24 horas.

1. Si se partió de concentraciones horarias se calcularon los promedios de 24 horas de cada día del año aplicando el criterio de compleción descrito anteriormente. En el caso de los muestreos manuales, cada muestra se considera como el dato del día.
2. A partir de los promedios de 24 horas (concentraciones diarias) calculados en el paso anterior se identificó la concentración máxima registrada en el año.

Límite anual.

1. Cuando se partió de concentraciones horarias se calcularon los promedios de 24 horas de cada día del año aplicando el criterio de compleción descrito anteriormente. En el caso de los muestreos manuales, cada muestra se considera como el dato del día.
2. A partir de los promedios de 24 horas del paso anterior se calcularon los promedios de cada uno de los cuatro trimestres del año. El cálculo del promedio de cada trimestre se lleva a cabo, sólo si se cumple el criterio de compleción descrito anteriormente. Los trimestres que no cumplieron con el criterio de compleción se invalidan.
3. A partir de los promedios trimestrales calculados en el paso anterior, se calcula el promedio anual. Dicho promedio se obtiene sólo en el caso de contar con al menos tres trimestres válidos en el año.

Evaluación de cumplimiento de NOM (PM₁₀ y PM_{2.5}).**PM₁₀.**

- a) Un sitio cumplió con el límite de 24 horas de las PM₁₀ cuando el máximo registrado en el año obtenido a partir de los promedios de 24 horas o de los muestreos manuales es menor o igual que 75 µg/m³.
- b) Un sitio cumplió con el límite anual de las PM₁₀ cuando el promedio anual obtenido a partir de los promedios trimestrales de los promedios de 24 horas o de los muestreos manuales fue menor o igual que 40 µg/m³.
- c) Un sitio cumple con lo establecido en la Norma para PM₁₀ si cumple con los límites de 24 horas y anual.

PM_{2.5}.

- a) Un sitio cumplió con el límite de 24 horas de las PM_{2.5} cuando el máximo registrado en el año obtenido a partir de los promedios de 24 horas o de los muestreos manuales es menor o igual que 45 µg/m³.
- b) Un sitio cumplió con el límite anual de las PM_{2.5} cuando el promedio anual obtenido a partir de los promedios trimestrales de los promedios de 24 horas o de los muestreos manuales fue menor o igual que 12 µg/m³.
- c) Un sitio cumple con lo establecido en la Norma para PM_{2.5} si cumple con los límites de 24 horas y anual.

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, pues se considera que la calidad de dichos datos es mejor en relación

con la precisión y el sesgo, amén de un mejor control en el laboratorio, en términos de temperatura y humedad (Código Federal de Regulaciones -CFR 40- Partes 50, 53 y 58).

Manejo de datos para evaluar el cumplimiento de la Norma de O₃.

Las concentraciones horarias que no se reportaron en partes por millón (ppm) y/o con 3 cifras decimales significativas, se convirtieron a ppm y en caso de tener 4 o más cifras se aplicó el redondeo siguiente: si la cuarta cifra fue un número entre 0 y 4, la tercera cifra decimal no se incrementó; pero si fue mayor, la tercera cifra decimal se incrementó al número inmediato superior. Las concentraciones de los promedios móviles de 8 horas de O₃ se reportaron con tres cifras decimales de acuerdo al criterio descrito anteriormente.

Límite de 1 hora.

1. A partir de las concentraciones horarias validas se identificó la concentración máxima en el año, aplicando el criterio de compleción de al menos el 75% de las concentraciones horarias en el año, esto es: al menos 6,570 registros. Sin embargo, en los casos en que se tuvieron menos del 75% de los registros en el periodo pero al menos una de las concentraciones horarias fue mayor que 0.095 ppm, se reportó ésta como la concentración máxima anual.

Límite de 8 horas.

1. Para cada una de las horas del año se calculó su correspondiente promedio móvil de 8 horas, aplicándose el criterio de compleción de al menos 6 horas con concentraciones horarias válidas.
2. A partir de los promedios móviles de 8 horas calculados en el punto anterior, se identificó la concentración máxima anual, siempre y cuando se hubiese contado con al menos 75% de los promedios móviles de 8 horas, esto es, al menos 6,570 registros en el año. Sin embargo, en los casos en los que se tuvieron menos del 75% de los registros en el periodo pero al menos una de las concentraciones de los promedios móviles de 8 horas fue mayor que 0.070 ppm, se reportó ésta como la concentración máxima anual.

Evaluación de cumplimiento de NOM (O₃).

- a) Un sitio de monitoreo cumple con el límite de 1 hora cuando cada una de las concentraciones horarias es menor o igual que 0.095 ppm. En caso de que se tenga menos del 75% de los registros en el periodo y al menos una de las concentraciones horarias es mayor que 0.095 ppm, se incumple la Norma.
- b) Un sitio de monitoreo cumple con el límite del promedio móvil de 8 horas cuando el valor máximo anual es menor o igual a 0.070 ppm. En caso de que se tenga menos del 75% de los registros en el periodo y al menos una de las concentraciones de los promedios móviles de 8 horas es mayor que 0.070 ppm, se incumple la Norma.
- c) Un sitio de monitoreo cumple con la Norma si acata los dos valores límite.

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

El cálculo de esta distribución se generó a partir de los datos diarios (Tabla 3.2). Como puede observarse, en los tres 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 las partículas y el ozono (DOF, 2014a; DOF, 2014b).

Tabla 3.2 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, 2014a)
PM _{2.5}	Promedio de 24 horas	Al menos el 75% de los datos horarios (DOF, 2014a)
O ₃	Máximo horario en un día	Al menos el 75% de los datos (DOF, 2014b)

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.

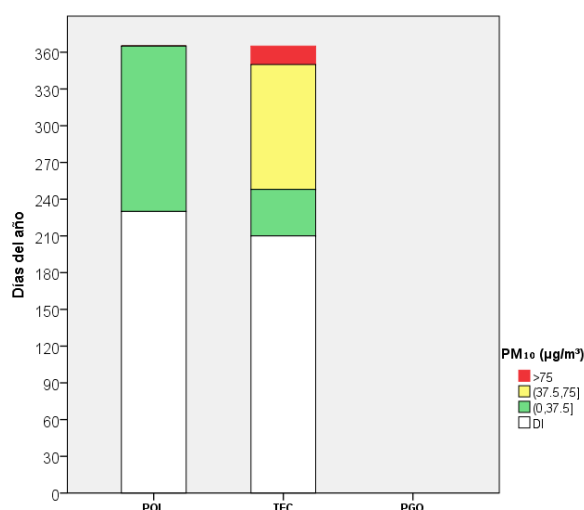
Para efectos de representación, a cada día se le asignó un color, dependiendo de la calidad del aire. En la Tabla 3.3 se muestran el color y calificativo asociado a cada intervalo, así como la definición de los intervalos por contaminante.

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

Color	Calificativo de la calidad del aire	PM ₁₀ µg/m ³	PM _{2.5} µg/m ³	O ₃ ppm
Verde	Buena	(0,37.5]	(0,22.5]	(0,0.0475]
Amarillo	Regular	(37.5,75]	(22.5,45]	(0.0475,0.095]
Rojo	Mala	> 75	> 45	> 0.095

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

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



De manera complementaria, se estimó la distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala a nivel de ciudad o zona metropolitana. Esta distribución se generó a partir de los datos diarios representativos de una ciudad o zona metropolitana. El dato diario representativo se calculó a partir

del valor más alto de los datos diarios obtenidos en cada estación de monitoreo aplicando en cada una de ellas el criterio de suficiencia del 75% de los datos horarios (Tabla 3.2). La definición de la calidad del aire del dato diario representativo se realizó de la misma manera que por estación de monitoreo, de acuerdo al intervalo de concentración, su calificativo y color asociado (Tabla 3.3). Los resultados de este análisis se presentan en el Anexo 3.

3.2.2.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores a los límites normados por ciudad y zona metropolitana.

El cálculo del porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y 24 horas de PM_{10} y $PM_{2.5}$ se generó a partir de los datos diarios representativos de una ciudad o zona metropolitana definidos para el indicador anterior.

Esto es, si en una estación de monitoreo la concentración del dato diario es superior al límite, se considera que en la ciudad o zona metropolitana la concentración también es superior y el valor representativo corresponde a las peores condiciones registradas en la ciudad o zona metropolitana de ese día.

El porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y 24 horas de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el año 2015 se estimó a partir de los datos diarios representativos que fue posible generar en el año ya fuera de monitoreo automático o manual .

A diferencia del indicador anterior donde la calidad del aire de cada uno de los 365 días del año, o de cada uno de los días con muestreos manuales posibles en un año, es calificada como buena, regular, mala o con información insuficiente, este indicador muestra el porcentaje de días con mala calidad del aire (concentraciones superiores a los límites normados), sobre la base del número de días del año que contó con datos válidos y suficientes.

El objetivo de este indicador es mostrar el porcentaje de días con mala calidad del aire sobre la base del número de días con mediciones válidas más que sobre el número total de días del año. Por ejemplo, suponiendo que en una ciudad que cuenta con monitoreo automático de ozono se reportan datos diarios válidos sólo para 200 días y 50 de ellos corresponden a días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora, el indicador sobre “días con calidad del aire buena, regular y mala” indicaría que en 50 de los 365 días del año, aproximadamente 14% de los días del año,

hubo mala calidad del aire, mientras que este indicador señalaría que el 25% de los días con mediciones válidas (50/200) registraron mala calidad del aire. Cada indicador aporta diferente información y puede ser usada para diferentes propósitos.

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

4.1 Información general.

El sistema de monitoreo de la calidad del aire (SMCA) de Baja California, a cargo de la Secretaría de Protección al Ambiente del Gobierno del Estado, estuvo integrado en 2015 por las redes de monitoreo de Mexicali y Tijuana, así como por las estaciones de monitoreo de Ensenada, Playas de Rosarito y Tecate. La Tabla 4.1 muestra las capacidades de medición de contaminantes en cada estación de monitoreo y el año en que cada una de éstas inició su operación. Asimismo, la Figura 4.1, muestra la ubicación geográfica de cada una de las estaciones de monitoreo que conformaron este sistema en el año referido.

Tabla 4.1 Estaciones que conformaron el SMCA de Baja California en el año 2015 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. 1995	✓	□	□	□	□	□
	Laboratorio	SPABC21	Aut. 2011	□	✓	✓	□	✓	✓
			Man. 2011	✓	□	□	□	□	□
	La Mesa	SPABC03	Aut. 2004	✓	□	✓	✓	✓	✓
			Man. 1996	✓	□	□	□	□	□
	COLEF	SPABC16	Man. 2004	✓	□	□	□	□	□
	Secundaria (Ensenada)	SPABC20	Aut. 2011	□	✓	✓	□	✓	✓
			Man. 2011	✓	□	□	□	□	□
	Rosarito (Playas de Rosarito)	SPABC04	Aut. 2005	✓	□	✓	✓	✓	✓
			Man. 1996	✓	□	□	□	□	□
	Tecate (Tecate)	SPABC23	Aut. 2004	□	✓	✓	□	✓	✓
			Man. 2004	✓	□	□	□	□	□

Aut. = Equipo automático.

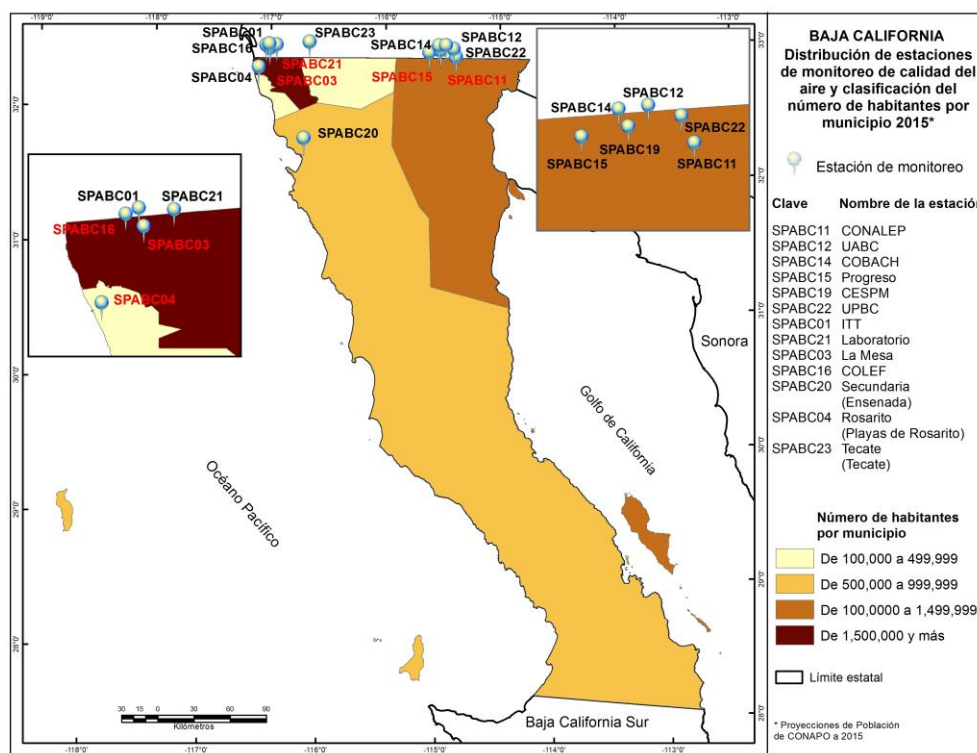
Man. = Equipo manual.

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

✓ = Cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la Secretaría de Protección al Ambiente del Gobierno del Estado de Baja California.

Figura 4.1 Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Baja California, 2015.



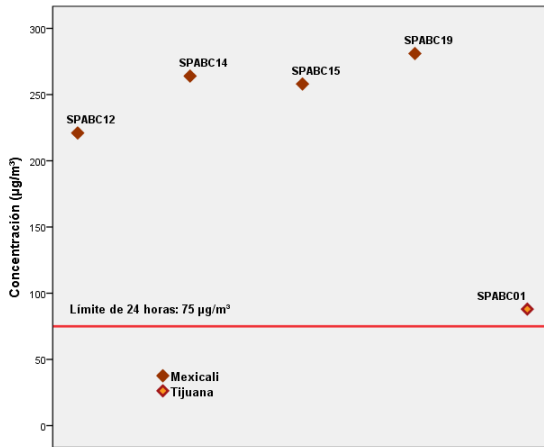
4.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Baja California para el año 2015 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas (NOM) en la materia 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.

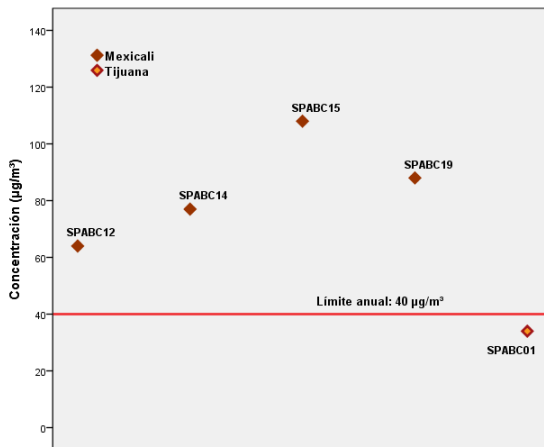
En esta sección se analiza el cumplimiento de las NOM para cada contaminante en Baja California. Los resultados se presentan para aquellas estaciones de monitoreo donde se produjo información suficiente para hacer tal evaluación. Los valores normados usados como referencia para realizar la evaluación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

Límite de 24 horas
(Máximo de los promedios de 24 horas)



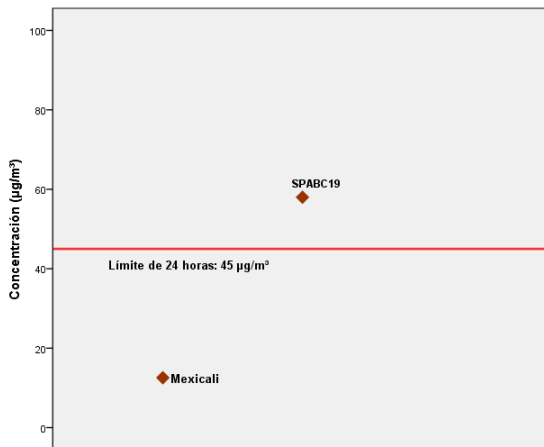
El límite normado de 24 horas de PM₁₀ fue rebasado en todas las estaciones de monitoreo donde se pudo hacer la evaluación de cumplimiento de norma tanto en Tijuana como en Mexicali, y fue en esta última ciudad donde se registraron las concentraciones más elevadas, las cuales variaron entre 221 µg/m³ (en la estación SPABC12) y 281 µg/m³ (en la estación SPABC19), que equivalen a 2.9 y 3.7 veces el valor de norma, respectivamente.

Límite anual
(Promedio anual)



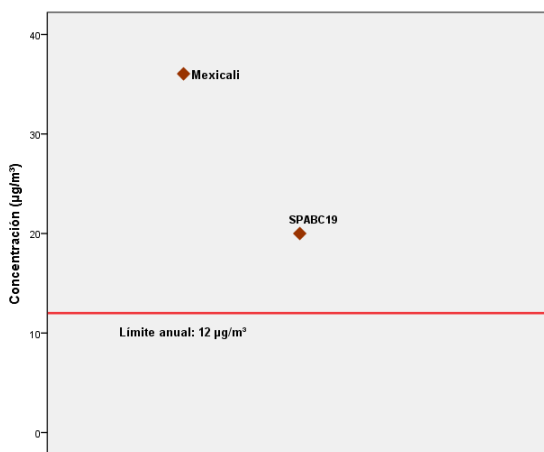
Por otra parte, el promedio anual de este contaminante superó el límite normado en todas las estaciones de monitoreo de Mexicali (SPABC12, SPABC14, SPABC15 y SPABC19), con concentraciones que son equivalentes a entre 1.6 y 2.7 veces el valor de referencia. En Tijuana (SPABC01) el promedio anual obtenido fue inferior al límite en cuestión.

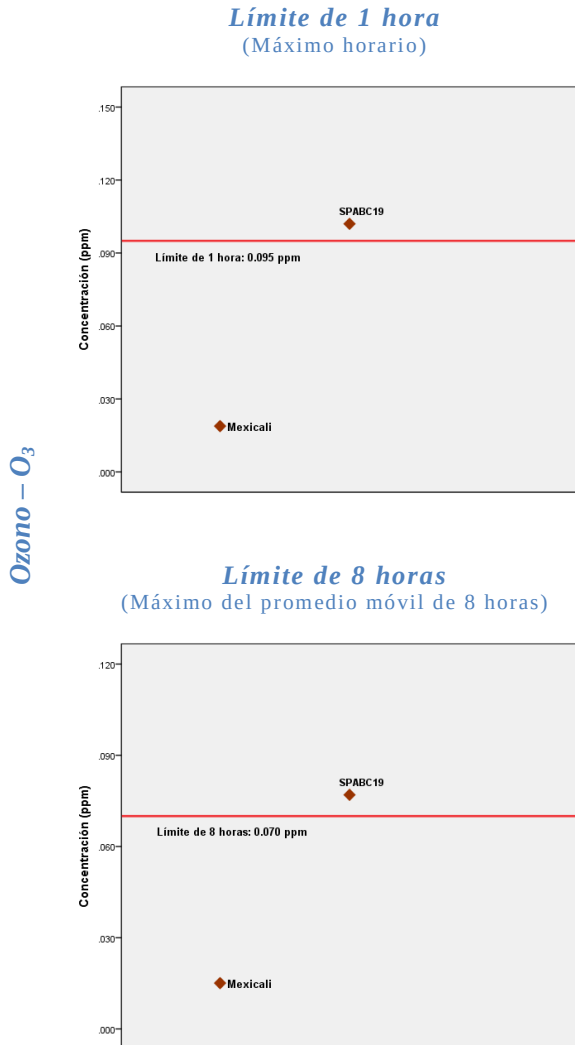
Límite de 24 horas
(Máximo de los promedios de 24 horas)



La evaluación del cumplimiento de los límites normados de PM_{2.5} sólo se pudo llevar a cabo en una estación de monitoreo de Mexicali (SPABC19) y los resultados muestran que los dos límites normados fueron superados en 2015. El máximo de los promedios de 24 horas fue de 58 µg/m³, en tanto que el promedio anual fue de 20 µg/m³, valores que son equivalentes a 1.3 y 1.7 veces el límite normado respectivo.

Límite anual
(Promedio anual)





La evaluación del cumplimiento de los límites normados de ozono sólo se pudo realizar en una estación de monitoreo de Mexicali (SPABC19) y los resultados muestran que los dos límites normados fueron superados en 2015. El máximo horario fue de 0.102 ppm, en tanto que el máximo de los promedios móviles de 8 horas fue de 0.077 ppm, valores que son 7% y 10% superiores al límite normado correspondiente.

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 aprecia que sólo fue posible evaluar el cumplimiento de las normas de partículas suspendidas en Mexicali y en Tijuana, así como la de ozono en Mexicali. En general, los resultados de dicha evaluación indican incumplimiento de las normas de PM₁₀, PM_{2.5} y ozono en Mexicali, así como de PM₁₀ en Tijuana.

Tabla 4.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Baja California, en el año 2015.

Contaminante	Límite normado		Mexicali						Tijuana				Ensenada	Rosarito	Tecate
			SPABC11	SPABC12	SPABC14	SPABC15	SPABC19	SPABC22	SPABC01	SPABC21	SPABC03	SPABC16	SPABC20	SPABC04	SPABC23
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m ³	FO	221	264	258	281	□	88	DI	DI	FO	FO	FO	FO
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m ³	FO	64	77	108	88	□	34	DI	DI	FO	FO	FO	FO
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m ³	□	FO	DI	□	58	□	□	DI	□	□	FO	□	FO
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m ³	□	FO	DI	□	20	□	□	DI	□	□	FO	□	FO
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	□	FO	DI	□	0.102	FO	FO	FO	DI	□	FO	FO	FO
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	□	FO	DI	□	0.077	FO	FO	FO	DI	□	FO	FO	FO

⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a).

⁽²⁾ NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b).

DI = Datos insuficientes.

FO = Fuera de operación.

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

■ = Cumple con el límite normado.

■ = No cumple con el límite normado.

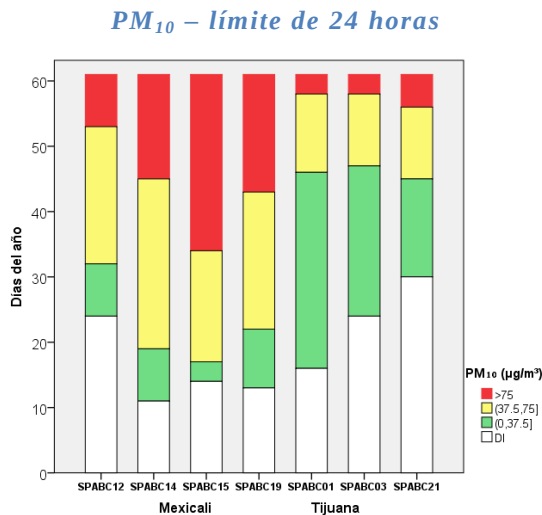
- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas o 24 horas, de acuerdo al contaminante y límite normado. En el caso de PM₁₀ y PM_{2.5} el promedio anual se obtiene a partir del dato diario registrado en cada estación de monitoreo a lo largo del año.
- Las NOM de partículas y ozono se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen los dos límites normados.
- La estación SPABC19 de Mexicali no cumplió con el criterio de suficiencia del 75% de datos para ozono; sin embargo, si se reporta incumplimiento de norma porque en la NOM-020-SSA1-2014, se establece que en caso de que se tenga menos del 75% de los registros en el periodo y al menos 1 de las concentraciones horarias sea mayor que 0.095 ppm, o una de las concentraciones promedio móviles de 8 horas sea mayor a 0.070 ppm se incumplirá la Norma, y este fue el caso en dicha estación.

4.2.2 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:

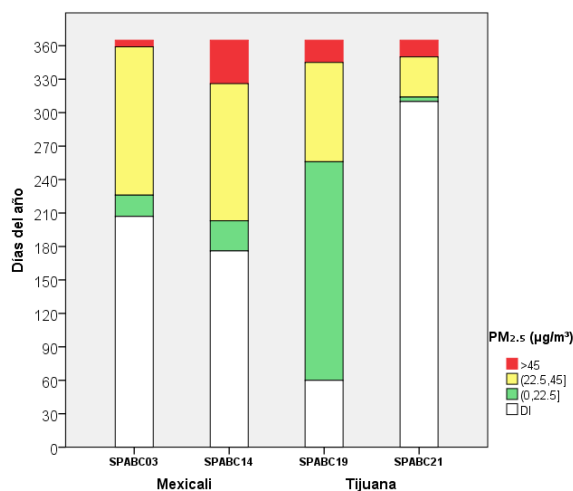
- ✓ No excedieron el valor diario normado (verde).
- ✓ No excedieron el valor diario normado (amarillo).
- ✓ Excedieron el valor diario normado (rojo).
- ✓ No se contó con información suficiente para evaluar el cumplimiento de alguna de las condiciones anteriores (blanco).

El dato base para construir este indicador es la concentración máxima del día (por ejemplo, promedio de una hora 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 3.2.2.2 del Capítulo 3 Metodología para la generación de indicadores.



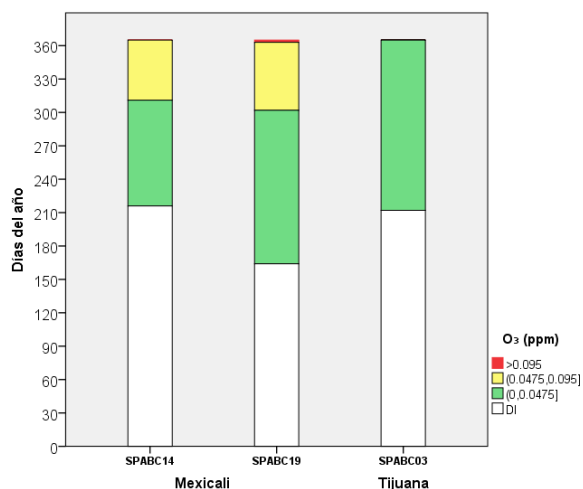
En la figura se puede observar que en todas las estaciones de monitoreo manual tanto de Mexicali como de Tijuana se registraron días con mala calidad del aire por PM₁₀, lo que hace suponer que se trata de un problema generalizado en ambas ciudades. Esto a pesar de que en el caso de Tijuana no se pudo establecer incumplimiento de Norma en todas las estaciones debido a la escasez de información. También destaca que en Mexicali es más frecuente que en Tijuana la ocurrencia de días en esta condición. En la figura la escala sólo llega 60 porque los datos analizados provienen del monitoreo manual que se realizad cada 6 días.

PM_{2.5} – límite de 24 horas



Para PM_{2.5}, el porcentaje de días con información insuficiente para generar el indicador fue superior al 45% en las estaciones SPABC14 y SPABC03 (ubicadas en Mexicali), así como en SPABC21 (localizada en Tijuana). A pesar de ello, la información disponible indica la ocurrencia de días con mala calidad del aire por PM_{2.5} en todas las estaciones. Sin embargo, esto sólo se refleja en incumplimiento de Norma en el caso de Mexicali y no así en Tijuana. Esto es consecuencia del criterio de suficiencia de datos que impone la Norma correspondiente para evaluar su cumplimiento.

O₃ - límite de 1 hora



El porcentaje de días con información insuficiente para generar el indicador de O₃ fue de al menos el 45% en todas las estaciones. Sin embargo, la información disponible indica que en la estación de monitoreo SPABC19 de Mexicali se presentaron dos días con mala calidad del aire y ello fue suficiente para determinar el incumplimiento de la Norma, ya que en la misma se establece que aún en el caso de no cumplir con la suficiencia de datos se incumple la norma si se registra al menos una concentración horaria por arriba del límite normado.

A nivel de ciudad, la Tabla 4.3 muestra el porcentaje de días del año 2015 con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y de 24 horas de partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}). Esta estimación fue hecha sobre la base del número de días o muestreos con información válida y suficiente en 2015. En ella se aprecia que el contaminante que con mayor frecuencia determina una

condición de mala calidad del aire (que significan concentraciones por arriba del límite de norma), tanto en Mexicali como en Tijuana, son las PM_{10} , seguido de las $PM_{2.5}$ y O_3 .

Tabla 4.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y de 24 horas de PM_{10} y $PM_{2.5}$.

Ciudad	PM_{10}^*			$PM_{2.5}^{**}$			O_3^{**}		
	No de días con datos válidos	No de días > 75 $\mu g/m^3$	% Días > 75 $\mu g/m^3$	No de días con datos válidos	No de días > 45 $\mu g/m^3$	% Días > 45 $\mu g/m^3$	No de días con datos válidos	No de días > 0.095 ppm	% Días > 0.095 ppm
Mexicali	50	35	70 %	340	47	14 %	255	2	1 %
Tijuana	52	8	15 %	161	18	11 %	153	0	0 %

* Estimado con datos provenientes de monitoreo manual.

** Estimado con datos provenientes de monitoreo automático.

El SMCA de Baja California cuenta con un total de 13 estaciones de monitoreo. De todas ellas, en 2015 seis se encontraron fuera de operación; en cinco fue posible evaluar el cumplimiento de Norma de al menos un contaminante y en dos más no se generó información suficiente para ello.

Los resultados de la evaluación de cumplimiento de Norma indican el incumplimiento de las normas de PM_{10} , $PM_{2.5}$ y O_3 en Mexicali, así como de PM_{10} en Tijuana.

El indicador de número de días con calidad del aire buena, regular y mala hace evidente la existencia de problemas de calidad del aire por $PM_{2.5}$ en Tijuana. Esto, a pesar de que no se refleje en el incumplimiento de la Norma, pues ello obedece a que la información generada en las estaciones de monitoreo de esta ciudad no cumplen con el criterio de suficiencia de datos que establece la norma para evaluar su cumplimiento.

En general, el caso de Mexicali parece ser más severo que el de Tijuana, pues la frecuencia con la que se exceden los límites normados es mayor. En ambas ciudades el contaminante que con mayor frecuencia determina una condición de mala calidad del aire son las PM_{10} , seguido de las $PM_{2.5}$ y el O_3 .

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

5.1 Información general.

En 2015 Chihuahua contó, administrativamente, con cuatro sistemas de monitoreo de la calidad del aire (SMCA). Uno a cargo del Gobierno del Estado y tres más administrados por cada uno de los siguientes municipios: Chihuahua, Ciudad Juárez y Ojinaga. La Tabla 5.1 muestra las estaciones de monitoreo que conformaron cada SMCA, sus capacidades de medición de contaminantes y el año de inicio de operación de cada una de ellas.

Tabla 5.1 Estaciones que conformaron los SMCA de Chihuahua en el año 2015 y capacidades de medición de contaminantes.

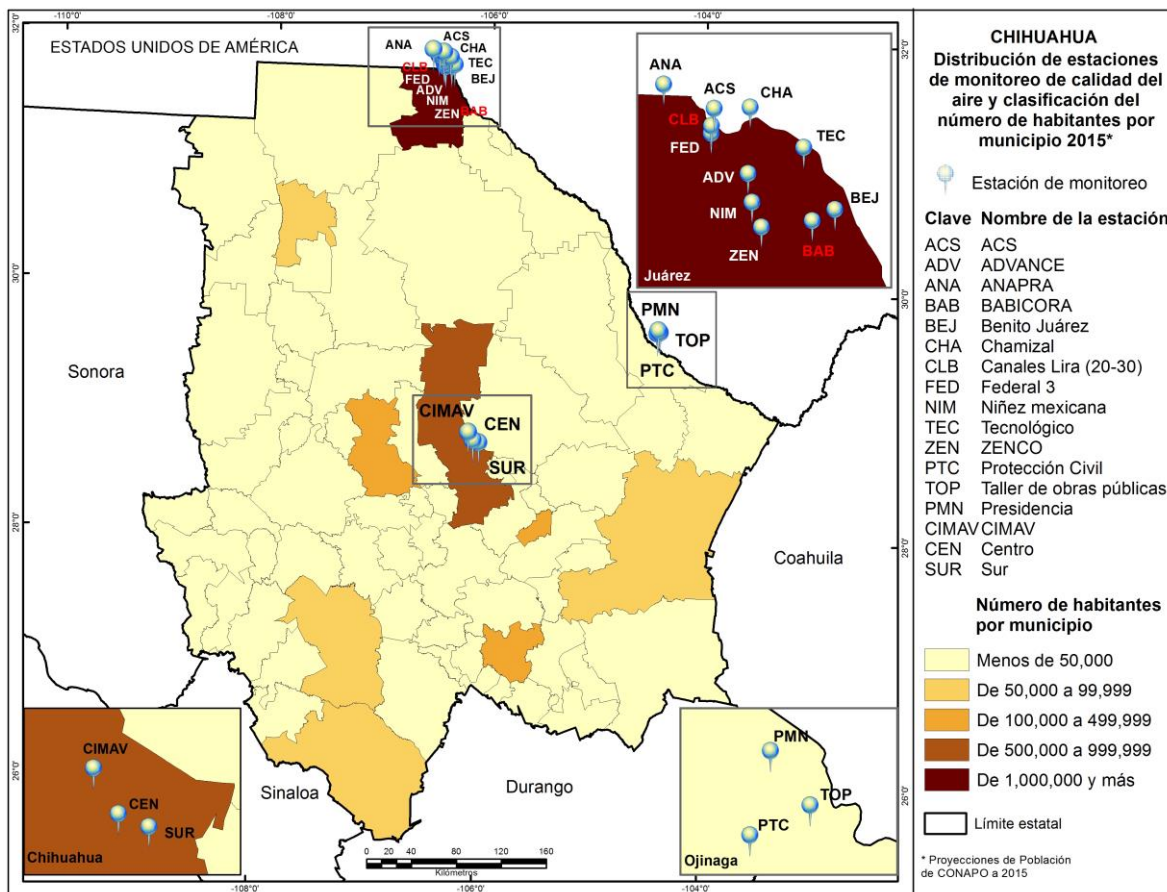
SMCA	Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes					
				PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	SO ₂	NO ₂	CO
Chihuahua Estatal	SUR	SUR	Aut. 2012	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	CENTRO	CENTRO	Aut. 2015	✓	□	✓	✓	✓	✓
Chihuahua Municipal	CIMAV	CIMAV	Aut. 2007	✓	□	✓	✓	✓	✓
Ciudad Juárez	ACS	ACS	Man. 2008	✓	□	□	□	□	□
	Advance	ADV	Aut. 1990	□	□	✓	□	□	✓
			Man. 1990	✓	□	□	□	□	□
	ANAPRA	ANA	Man. 2008	✓	□	□	□	□	□
	BABICORA	BAB	Man. 2010	✓	□	□	□	□	□
	Benito Juárez	BEJ	Man. 2008	✓	□	□	□	□	□
	Chamizal	CHA	Man. 2009	✓	□	□	□	□	□
	Club 20-30	CLB	Aut. 1996	□	□	✓	□	□	✓
			Man. 1996	✓	□	□	□	□	□
	Federal 3	FED	Man. 2008	✓	□	□	□	□	□
	Niñez Mexicana	NIM	Man. 2008	✓	□	□	□	□	□
	Tecnológico	TEC	Aut. 1995	□	□	✓	□	□	✓
			Man. 1995	✓	□	□	□	□	□
	Zenco	ZEN	Man. 2010	✓	□	□	□	□	□
Ojinaga	Presidencia Municipal	PMN	Man. 2015	✓	□	□	□	□	□
	Taller de Obras Públicas	TOP	Man. 2015	✓	□	□	□	□	□
	Protección Civil	PTC	Man. 2015	✓	□	□	□	□	□

Aut. = Equipo automático; Man. = Equipo manual; □ = No cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante; ✓ = Cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.

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

Por otra parte, la Figura 5.1, muestra la ubicación geográfica de cada una de las estaciones de monitoreo.

Figura 5.1 Sistemas de Monitoreo de la Calidad del Aire de Chihuahua, 2015.

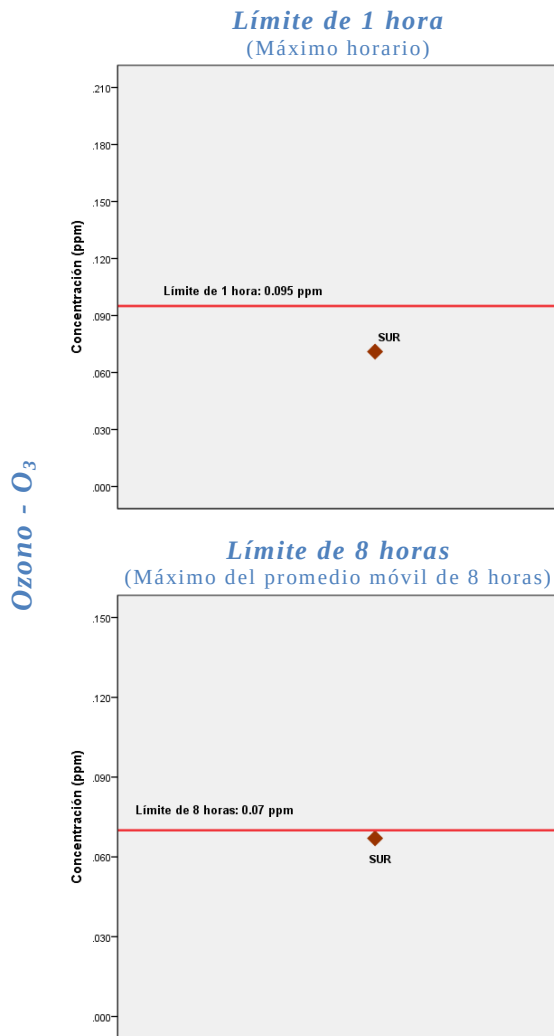


5.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Chihuahua para 2015 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas (NOM) en la materia y el número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo. Es importante destacar que sólo se incluye el análisis de la información disponible para los municipios de Chihuahua (generada tanto por el SMCA estatal como municipal) y Ojinaga, ya que no se recibió información del SMCA del municipio de Ciudad Juárez.

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 aquellos contaminantes y estaciones de monitoreo donde se produjo información suficiente para hacer tal evaluación. Los valores normados son indicados en cada figura.



El máximo horario de ozono registrado en la estación SUR fue de 0.071 ppm, 25% inferior al límite normado.

El máximo del promedio móvil de ocho horas de ozono registrado en la estación SUR fue de 0.067 ppm, que es 4% inferior al 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 aprecia que sólo fue posible evaluar el cumplimiento de los límites normados de ozono en la estación de monitoreo SUR (SMCA Chihuahua Estatal) y el resultado indica que los máximos registrados, tanto como promedio de una hora como de ocho horas, fueron inferiores a los establecidos en la NOM respectiva.

Tabla 5.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Chihuahua, en el año 2015.

Contaminante	Límite normado		SMCA -Chihuahua Estatal		SMCA - Chihuahua Municipal	SMCA - Ojinaga		
			SUR	CENTRO	CIMAV	PMN	TOP	PTC
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m ³	DI	DI	DI	DI	DI	DI
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m ³	DI	DI	DI	DI	DI	DI
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m ³	DI	□	□	□	□	□
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m ³	DI	□	□	□	□	□
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	0.071	DI	DI	□	□	□
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	0.067	DI	DI	□	□	□

⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a).

⁽²⁾ NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b).

DI = Datos insuficientes.

IND = Información no disponible.

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

■ = Cumple con el límite normado.

■ = No cumple con el límite normado.

- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año ya sea como promedio de 1 hora u 8 horas de acuerdo al límite normado.
- La NOM de ozono se cumple en un sitio sólo cuando en este se cumplen los dos límites normados.

5.2.2 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:

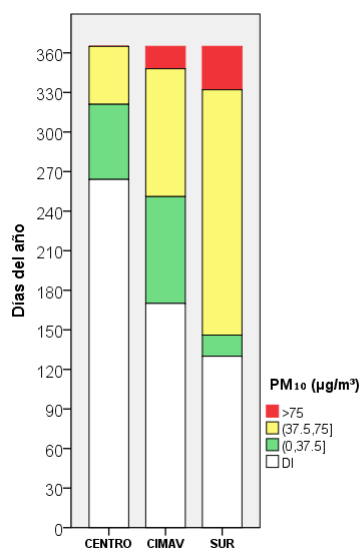
- ✓ No excedieron el valor diario normado (verde).
- ✓ No excedieron el valor diario normado, pero se encuentran cercanas a este valor (amarillo).
- ✓ Excedieron el valor diario normado (rojo).
- ✓ No se contó con información suficiente para evaluar el cumplimiento de alguna de las condiciones anteriores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

El dato base para construir este indicador es la concentración máxima del día (por ejemplo, promedio de una hora 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 3.2.2.2 del Capítulo 3 Metodología para la generación de indicadores.

PM₁₀ – límite de 24 horas

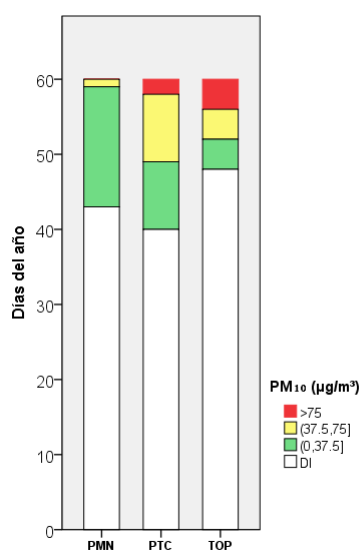
Automático



En todas las estaciones de monitoreo el número de días con información insuficiente para estimar el indicador superó el 35%. A pesar de ello, los datos disponibles permiten identificar que en las estaciones CIMAV y SUR se presentaron días con mala calidad del aire (rojo) que no se reflejan en incumplimiento de NOM por el criterio de suficiencia de datos que establece la misma. En la estación CENTRO, sólo se registraron días con calidad del aire buena (verde) y regular (amarillo), aunque también es la estación con la mayor cantidad de días con datos insuficientes para estimar el indicador (72%). Las tres estaciones referidas se localizan en el municipio de Chihuahua.

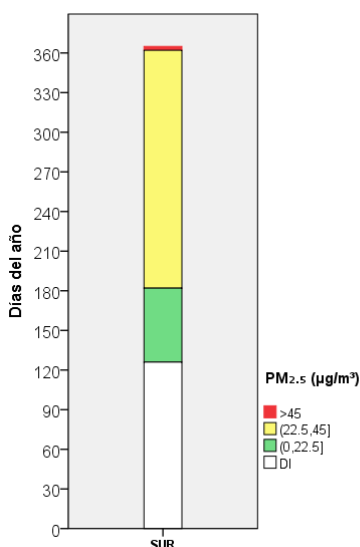
PM₁₀ – límite de 24 horas

Manual



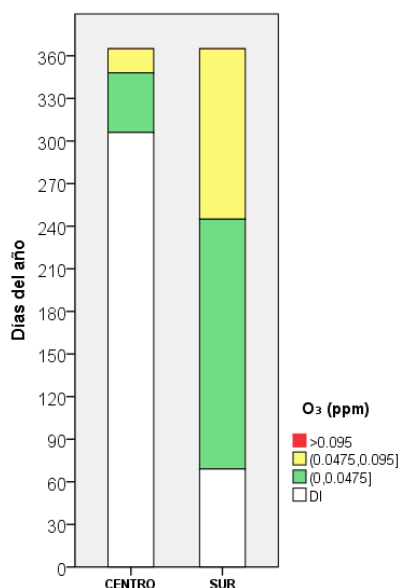
En las tres estaciones de monitoreo manual que se ubican en el municipio de Ojinaga el número de muestreos invalidados (blanco), superó el 65%. A pesar de ello, los pocos datos disponibles permiten identificar que en las estaciones PTC y TOP, ubicadas en Ojinaga, se presentaron días con mala calidad del aire que tampoco se reflejan en incumplimiento de NOM por el criterio de suficiencia de datos que establece la misma. En la estación PMN (también localizada en Ojinaga), sólo se registraron días con calidad del aire buena y regular.

PM_{2.5} – límite de 24 horas



Las PM_{2.5} sólo se miden en la estación SUR, en el municipio de Chihuahua, y los datos revelan que en el año 2015 se presentó buena calidad del aire por este contaminante en el 15% de los días del año, en tanto que la calidad del aire regular se presentó en el 49%. El 35% correspondió a días con insuficiencia de datos para generar el indicador y el 1% restante a días con mala calidad del aire.

O₃ - límite de 1 hora



En ninguna de las estaciones de monitoreo que reportaron información para ozono durante 2015 se presentó mala calidad del aire con respecto a este contaminante. En la estación SUR claramente dominan los días con buena calidad del aire por ozono (48%), en tanto que en la estación CENTRO dominan los días con información insuficiente (84%). Los días con calidad del aire regular, representaron el 33% y el 5% de los días del año en las estaciones SUR y CENTRO, respectivamente. Ambas estaciones se localizan en el municipio de Chihuahua.

A nivel de ciudad, la Tabla 5.3 muestra el porcentaje de días del año 2015 con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y de 24 horas de partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}). Estimación hecha sobre la base del número de días o muestreos con información válida y suficiente en 2015. En ella se aprecia que el contaminante que con mayor frecuencia determina una condición de mala calidad del aire, tanto en Chihuahua como en Ojinaga, son las PM₁₀.

Tabla 5.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y de 24 horas de PM₁₀ y PM_{2.5}.

Ciudad	PM ₁₀			PM _{2.5}			O ₃		
	No de días con datos válidos	No de días > 75 µg/m³	% Días > 75 µg/m³	No de días con datos válidos	No de días > 45 µg/m³	% Días > 45 µg/m³	No de días con datos válidos	No de días > 0.095 ppm	% Días > 0.095 ppm
Chihuahua*	341	41	12%	239	3	1%	296	0	0%
Ojinaga**	20	4	20%	□	□	□	□	□	□

* Estimado con datos provenientes de monitoreo automático.

** Estimado con datos provenientes de monitoreo manual.

□ = No cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante

Las estaciones de monitoreo ubicadas en el municipio de Chihuahua, tanto administradas por el gobierno del estado como por el gobierno municipal, mantienen los problemas operativos identificados en 2014 y se reflejan en una muy baja recuperación de datos, lo que dificulta la evaluación del cumplimiento de la normatividad en la materia y como consecuencia un diagnóstico confiable de la calidad del aire.

En general, el análisis de la información disponible revela la posible existencia de problemas de calidad del aire por partículas suspendidas. Así por ejemplo, se identificó la ocurrencia de días con concentraciones superiores al límite normado de 24 horas de PM₁₀ en Chihuahua y Ojinaga, y de PM_{2.5} en Chihuahua. Esta situación, sin embargo, no se refleja en el incumplimiento de la NOM por los criterios de suficiencia de datos que establece la misma norma para llevar a cabo tal evaluación. En cualquier caso, resulta claro que es necesario mejorar el desempeño de estos SMCA a fin de poder hacer un diagnóstico de la calidad del aire robusto y confiable.

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 2015 el Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire (SMCA) de la Ciudad de México y su zona conurbada, a cargo de la Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México, estuvo integrado por 37 estaciones de monitoreo; 22 de estas estaciones se localizan en territorio de la Ciudad de México y 15 en la zona conurbada del Estado de México (Edomex). Ello significa un incremento de seis estaciones de monitoreo, respecto a las que operaron en el año 2014. De estas seis nuevas estaciones de monitoreo, cinco se ubican en la Ciudad de México (Ajusco Medio, Ajusco, Benito Juárez, Gustavo A. Madero y Miguel Hidalgo) y una más en el Estado de México (Investigaciones Nucleares, en el municipio de Ocoyoacac).

En 26 estaciones se realizó monitoreo automático, en dos monitoreo manual y en nueve ambos tipos de medición. La Tabla 6.1 muestra las estaciones de monitoreo que conformaron este SMCA en el año 2015, los contaminantes que se midieron en las mismas y el año en que cada una de ellas inició su operación. Por otra parte, la Figura 6.1, muestra la ubicación geográfica de cada una de las estaciones referidas.

Tabla 6.1 Estaciones que conformaron el SMCA de la Ciudad de México y su zona conurbada en el año 2015 y capacidades de medición de contaminantes.

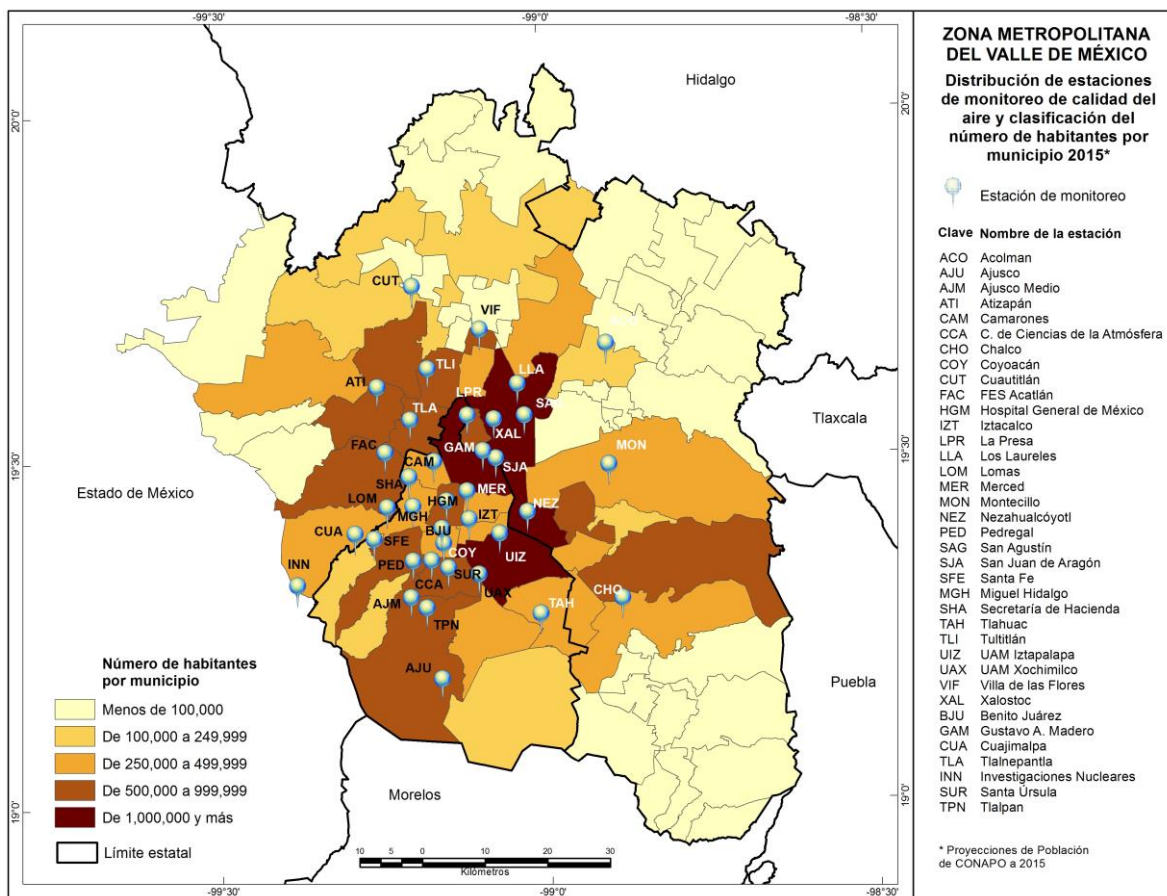
	Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes					
				PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	SO ₂	NO ₂	CO
Ciudad de México	Ajusco	AJU	Aut. 2015	□	✓	✓	□	✓	□
	Ajusco Medio	AJM	Aut. 2015	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Benito Juárez	BJU	Aut. 2015	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Camarones	CAM	Aut. 2003	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Centro de Ciencias de la Atmósfera	CCA	Aut. 2014	□	✓	✓	✓	✓	✓
	Coyoacán	COY	Aut. 2003	□	✓	✓	□	✓	□
			Man. 2003	□	✓	□	□	□	□
	Cuajimalpa	CUA	Aut. 1994	✓	□	✓	✓	✓	✓
	Gustavo A. Madero	GAM	Aut. 2015	□	✓	✓	□	□	□
	Hospital General de México	HGM	Aut. 2012	✓	✓	✓	✓	✓	✓

	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	Iztacalco	IZT	Aut. 2007	✓	□	✓	✓	✓	✓
	Lomas	LOM	Man. 1989	✓	□	□	□	□	□
	Merced	MER	Aut. 1986	✓	✓	✓	✓	✓	✓
			Man. 1989	✓	✓	□	□	□	□
	Miguel Hidalgo	MGH	Aut. 2015	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Pedregal	PED	Aut. 1986	✓	✓	✓	✓	✓	✓
			Man. 1989	✓	✓	□	□	□	□
	San Juan de Aragón	SJA	Aut. 2003	□	✓	✓	✓	✓	✓
	Santa Fe	SFE	Aut. 2012	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Santa Úrsula	SUR	Aut. 2000	✓	□	✓	✓	✓	✓
	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	□	✓	✓	✓	✓	✓
Zona Conurbada	Acolman	ACO	Aut. 2007	✓	□	✓	✓	✓	✓
	Atizapán	ATI	Aut. 1994	✓	□	✓	✓	✓	✓
	Chalco	CHO	Aut. 2007	✓	□	✓	✓	✓	✓
	Cuautitlán	CUT	Aut. 2012	✓	□	✓	✓	✓	□
	FES Acatlán	FAC	Aut. 1986	✓	□	✓	✓	✓	✓
	Investigaciones Nucleares	INN	Aut. 2015	✓	✓	✓	✓	□	✓
	La Presa	LPR	Aut. 1986	□	□	✓	✓	✓	✓
			Man. 1989	✓	□	□	□	□	□
	Los Laureles	LLA	Aut. 1986	□	□	✓	✓	✓	✓
	Montecillo	MON	Aut. 1994	□	□	✓	✓	✓	✓
	Nezahualcóyotl	NEZ	Aut. 2011	□	✓	✓	✓	✓	✓
			Man. 1989	✓	□	□	□	□	□
	San Agustín	SAG	Aut. 1986	✓	✓	✓	✓	✓	✓
			Man. 2003	□	✓	□	□	□	□
	Tlalnepantla	TLA	Aut. 1986	✓	✓	✓	✓	✓	✓
			Man. 1989	✓	✓	□	□	□	□
	Tultitlán	TLI	Aut. 1994	✓	□	✓	✓	✓	✓
	Villa de las Flores	VIF	Aut. 1994	✓	□	✓	✓	✓	✓
	Xalostoc	XAL	Aut. 1986	✓	✓	✓	✓	✓	✓
			Man. 1989	✓	✓	□	□	□	□

Aut. = Equipo automático; Man. = Equipo manual; □ = No cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante; ✓ = 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 del Gobierno 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, 2015.



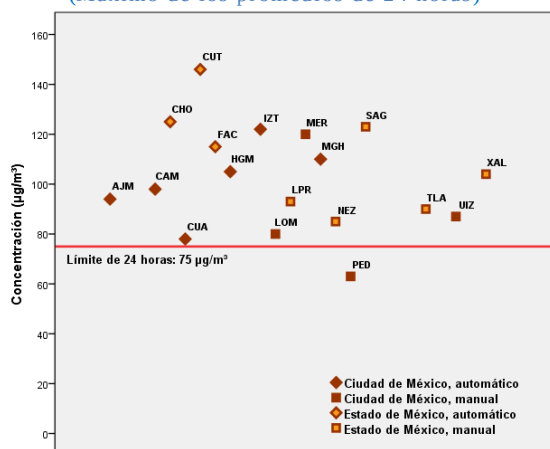
6.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en la Ciudad de México y su zona conurbada para el año 2015 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas (NOM) en la materia 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.

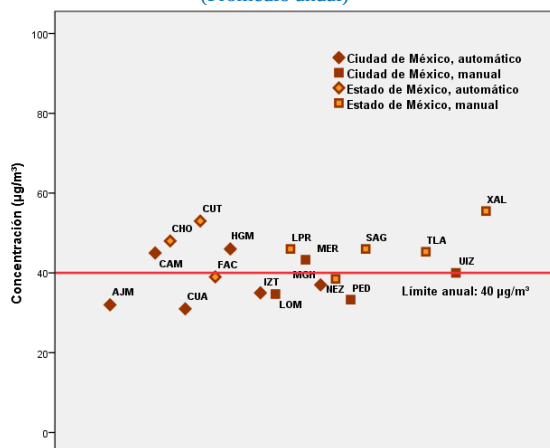
En esta sección se analiza el cumplimiento de las NOM para cada contaminante en la Ciudad de México y su zona conurbada. Los resultados se presentan para aquellas estaciones de monitoreo donde se produjo información suficiente para hacer tal evaluación. Los valores normados usados como referencia para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

Límite de 24 horas (Máximo de los promedios de 24 horas)



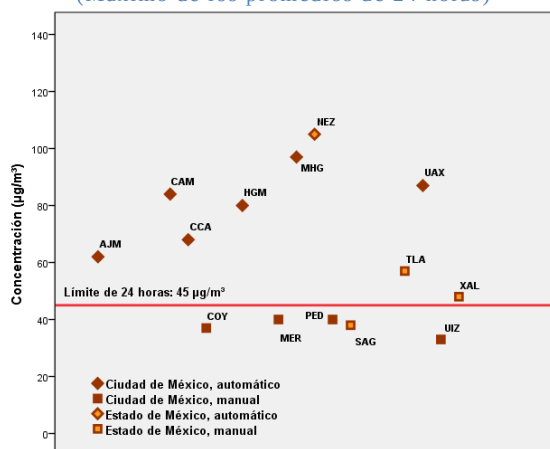
Salvo en la estación de monitoreo PED, en todas las demás se rebasó el límite normado de $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, como promedio de 24 horas. La concentración más elevada se registró en la estación Cuautitlán (CUT) y fue de $146 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que equivale a casi dos veces el valor de la norma.

Límite anual (Promedio anual)



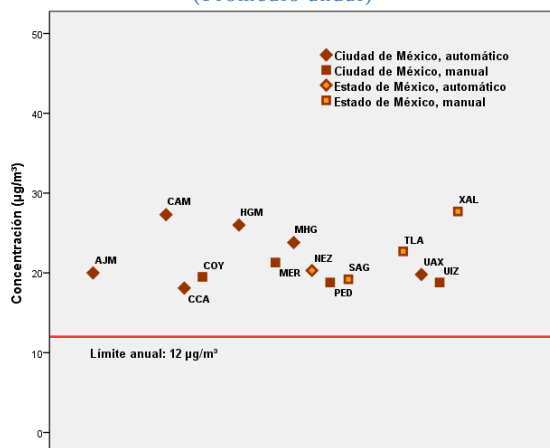
El límite anual de PM_{10} se rebasó en nueve de las 25 estaciones que midieron este contaminante en 2015. Estas estaciones son: CAM, CHO, CUT, HGM, LPR, MER, SAG, TLA y XAL. El promedio anual más alto se registró en ésta última estación y fue de $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En siete estaciones no se rebasó dicho límite y en nueve no fue posible evaluar el cumplimiento de norma por no contar con información suficiente.

Límite de 24 horas (Máximo de los promedios de 24 horas)



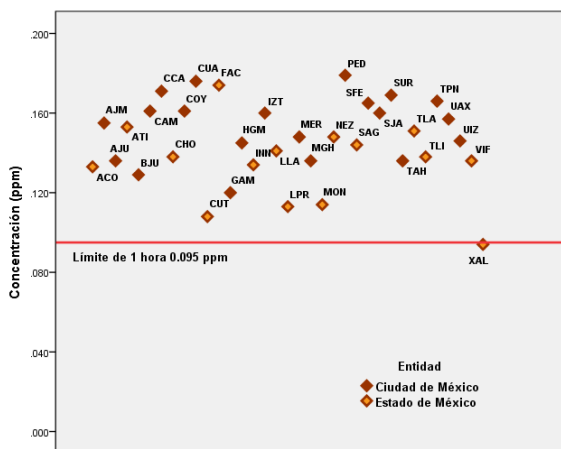
Las mediciones hechas de $PM_{2.5}$ en el año 2015 indican que el límite de 24 horas ($45 \mu g/m^3$) se rebasó en las estaciones AJM, CAM, CCA, HGM, NEZ, TLA, UAX y XAL. La concentración más elevada tuvo lugar en la estación NEZ y fue de $105 \mu g/m^3$, que es equivalente a 2.3 veces el límite permitido.

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 XAL ($28 \mu g/m^3$), seguido por el de la estación CAM ($27 \mu g/m^3$). En ambos casos el promedio anual fue poco más de dos veces el valor de la norma.

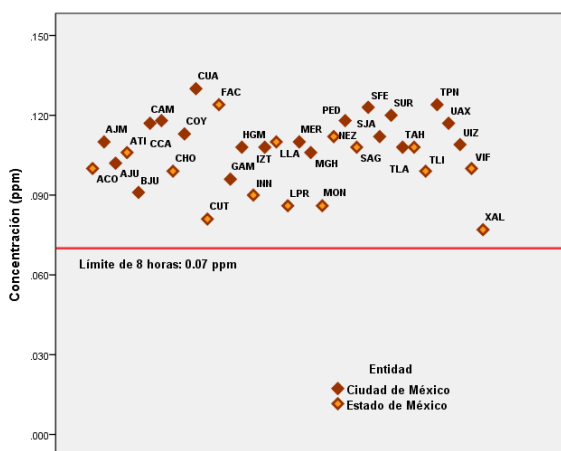
Límite de 1 hora (Máximo horario)



La única estación de monitoreo donde no se rebasó el límite normado de una hora de ozono en el año 2015 fue XAL. En las 34 estaciones restantes se superó dicho límite y las concentraciones máximas horarias oscilaron entre 0.108 ppm y 0.179 ppm, esto es, entre 1.1 y 1.9 veces el valor de la norma.

Ozono - O₃

Límite de 8 horas (Máximo del promedio móvil de 8 horas)



El límite de ocho horas se rebasó en las 35 estaciones de monitoreo. En 14 de ellas no se cumplió con el criterio de suficiencia de datos pero en la NOM correspondiente se establece que en caso de que se tenga menos del 75% de los registros en el periodo y al menos una de las concentraciones horarias sea mayor que 0.070 ppm, se incumplirá la Norma. Esta situación se presentó en las 14 estaciones referidas. En general, el máximo del promedio móvil registrado en el año 2015 osciló entre 0.077 ppm y 0.130 ppm, esto es, entre 1.1 y 1.9 veces el límite establecido en la NOM.

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:

- La medición de PM_{10} se realizó en 27 estaciones de monitoreo. Sólo en una de estas estaciones (PED) las concentraciones registradas se ubicaron por debajo tanto del límite de 24 horas como del anual, en tanto que en 17 más se rebasó, al menos, el límite de 24 horas. En las restantes nueve estaciones de monitoreo no se produjo información suficiente para generar el indicador correspondiente. De estas últimas nueve, las estaciones BJU e INN empezaron a operar en el segundo semestre de 2015 y por ello no cumplieron con el criterio de suficiencia de datos.
- Las $PM_{2.5}$ fueron medidas en 20 estaciones de monitoreo. En nueve de ellas se rebasaron tanto el límite de 24 horas como el anual. En cinco se cumplió con el límite de 24 horas pero se rebasó el anual y en seis no se contó con información suficiente para generar el indicador. Cuatro de estas últimas seis estaciones (AJM, AJU, GAM e INN) empezaron a operar en el segundo semestre de 2015 y por ello no cumplieron con el criterio de suficiencia de datos.
- En las 35 estaciones de monitoreo que midieron ozono se rebasó el límite normado de ocho horas y en 34 de ellas también se rebasó el límite de una hora. Esto es, en el 100% de las estaciones de monitoreo hubo incumplimiento de al menos uno de los límites normados.

Tabla 6.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en la Ciudad de México y su zona conurbada, en el año 2015.

Contaminante	Límite normado		Ciudad de México																					
			AJU	AJM	BJU	CAM	CCA	COY	CUA	GAM	HGM	IZT	LOM	MER	MGH	PED	SJA	SFE	SUR	SHA	TAH	TPN	UIZ	UAX
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m ³	□	94	DI	98	□	□	78	□	105	122	80	120	110	63	□	DI	DI	FO	DI	□	87	□
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m ³	□	32	DI	45	□	□	31	□	46	35	35	43	37	33	□	DI	DI	FO	DI	□	40	□
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m ³	DI	62	DI	84	68	37	□	DI	80	□	□	40	97	40	DI	DI	□	□	□	□	33	87
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m ³	DI	20	DI	27	18	19	□	DI	26	□	□	21	24	19	DI	DI	□	□	□	□	19	20
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	0.136	0.155	0.129	0.161	0.171	0.161	0.176	0.120	0.145	0.160	□	0.148	0.136	0.179	0.160	0.165	0.169	□	0.136	0.166	0.146	0.157
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	0.102	0.110	0.091	0.117	0.118	0.113	0.130	0.096	0.108	0.108	□	0.110	0.106	0.118	0.112	0.123	0.120	□	0.108	0.124	0.109	0.117

Contaminante	Límite normado		Zona conurbada														
			ACO	ATI	CHO	CUT	FAC	INN	LPR	LLA	MON	NEZ	SAG	TLA	TLI	VIF	XAL
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m ³	DI	DI	125	146	115	DI	93	□	□	85	123	90	DI	DI	104
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m ³	DI	DI	48	53	39	DI	46	□	□	39	46	45	DI	DI	56
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m ³	□	□	□	□	□	DI	□	□	□	105	38	57	□	□	48
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m ³	□	□	□	□	□	DI	□	□	□	20	19	23	□	□	28
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	0.133	0.153	0.138	0.108	0.174	0.134	0.113	0.141	0.114	0.148	0.144	0.151	0.138	0.136	0.094
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	0.100	0.106	0.099	0.081	0.124	0.090	0.086	0.110	0.086	0.112	0.108	0.108	0.099	0.100	0.077

⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a); ⁽²⁾ NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b).

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

- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año, ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas o 24 horas, de acuerdo al contaminante y límite normado. En el caso de PM₁₀ y PM_{2.5} el promedio anual se obtiene a partir del dato diario registrado en cada estación de monitoreo a lo largo del año.
- Las NOM de partículas y ozono se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen los dos límites normados.

Notas:

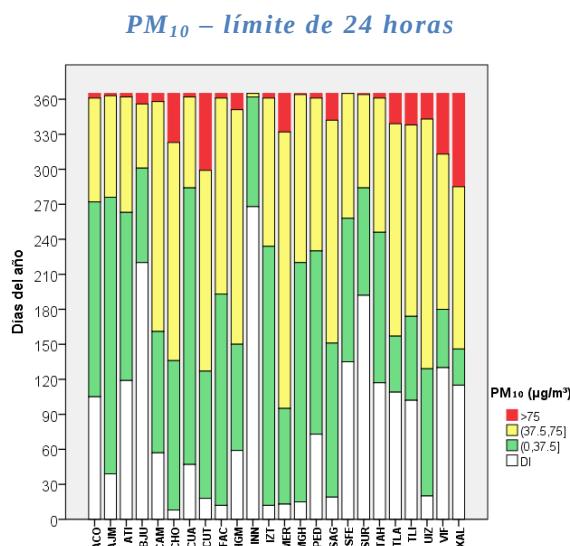
- ✓ La estación Secretaría de Hacienda (SHA) se encuentra fuera de operación desde el mes de abril del año 2014 debido al inicio de una construcción en la cercanía del sitio donde se ubica el colector de partículas.
- ✓ La estación GAM empezó a medir O₃ y PM_{2.5} en diciembre de 2015 y por ello no cumple con el criterio de suficiencia del 75%. Sin embargo, en el caso particular de ozono si se reporta incumplimiento de norma porque en el numeral 5.2.3.1 la NOM-020-SSA1-2014, se establece que "En caso de que se tenga menos del 75% de los registros en el periodo y al menos una de las concentraciones horarias sea mayor que 0.095 ppm, se incumplirá la Norma", y este fue el caso en dicha estación.
- ✓ Las estaciones de monitoreo ACO, ATI, BJU, GAM, INN, LPR, MON, SFE, SJA, SUR, TAH, TLI, TPN Y VIF, no cumplieron con el criterio de suficiencia del 75% de datos para evaluar el cumplimiento del límite normado de ocho horas de ozono, pero en todos los casos en la información disponible se encontraron valores superiores al límite normado, lo que significa incumplimiento de la misma de acuerdo con lo establecido en el numeral 5.2.3.2 de la NOM-020-SSA1-2014.
- ✓ La estación de monitoreo AJU empezó a medir PM_{2.5} en noviembre de 2015 y por ello no cumple con el criterio de suficiencia del 75%.

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

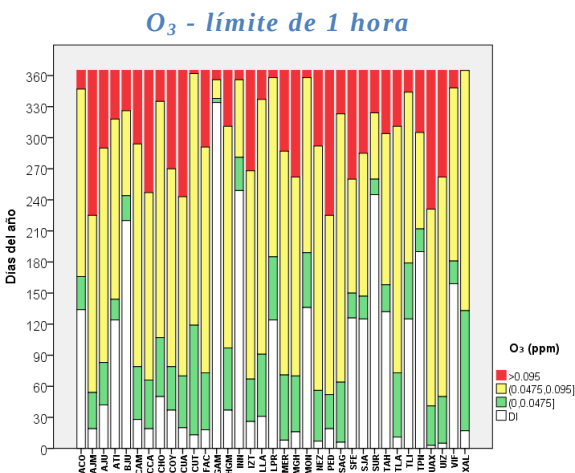
Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en términos del número de días con concentraciones superiores a los límites normados, así como la tendencia que presentan las concentraciones inferiores, pero cercanas, a estos valores. Los colores 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 1 hora 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 3.2.2.2 del Capítulo 3 Metodología para la generación de indicadores.



Los días con mala calidad del aire por PM₁₀ en 2015 se presentaron con mayor frecuencia en las estaciones XAL, CUT y VIF localizadas en el Estado de México con un total de 80, 66 y 52 días, respectivamente. En el caso de la Ciudad de México, la mayor ocurrencia de días en esta condición fue MER con un total de 33. En el resto de las estaciones de monitoreo predominaron los días con calidad del aire buena y regular.



Con excepción de XAL donde no se registró un solo día con mala calidad del aire por ozono, en las 34 estaciones restantes que miden este contaminante, con frecuencia se registraron días con concentraciones superiores al límite normado (rojo). Las estaciones con el mayor número de días con mala calidad del aire fueron PED y AJM con 140 en ambos casos, seguidas de UAX con 134, CUA con 122, CCA con 118 y SFE con 105.

Tabla 6.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y de 24 horas de PM₁₀ y PM_{2.5}.

Zona metropolitana	PM ₁₀ [*]			PM _{2.5} [*]			O ₃ [*]		
	No de días con datos válidos	No de días > 75 µg/m³	% Días > 75 µg/m³	No de días con datos válidos	No de días > 45 µg/m³	% Días > 45 µg/m³	No de días con datos válidos	No de días > 0.095 ppm	% Días > 0.095 ppm
ZMVM	365	132	36%	365	43	12%	365	212	58%

Informe Nacional de Calidad del Aire 2015, México

En 2015 la medición de ozono se realizó en 35 estaciones de monitoreo, la de PM_{10} en 27 y la de $PM_{2.5}$ en 20. Considerando que tanto la norma de ozono como la de partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) establecen que un sitio de monitoreo cumple con la respectiva norma sólo si se acatan los dos valores límite establecidos en cada caso, en la ZMVM no se cumplió ni con la NOM de ozono ni con la NOM de $PM_{2.5}$ en ninguna estación de monitoreo, ya que al menos uno de los límites fue superado. La NOM de PM_{10} sólo se cumplió en la estación PED.

14 estaciones de monitoreo no cumplieron con el criterio de suficiencia del 75% de datos a lo largo del año para evaluar el cumplimiento del límite normado de ocho horas de ozono; sin embargo, en todos los casos la información disponible registró valores superiores al límite normado.

En nueve estaciones de monitoreo no se pudo evaluar el cumplimiento de la Norma de PM_{10} y en cinco de ellas tampoco la de $PM_{2.5}$, debido a que no se cumplió con el criterio de suficiencia de datos.

Mientras en 2014 todas las estaciones cumplieron con el límite de 24 horas de PM_{10} , en 2015 sólo una lo consiguió, en tanto que el número de estaciones que rebasaron el límite de 24 horas de $PM_{2.5}$ pasó de una en 2014 a nueve en 2015.

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

7.1 Información general.

En el año 2015 el estado de Coahuila contó, administrativamente, con dos sistemas de monitoreo de la calidad del aire (SMCA). Uno a cargo del Gobierno del Estado (SMCA – Coahuila Estatal) y otro a cargo del gobierno del municipio de Torreón (SMCA – Torreón municipal). El SMCA Estatal estuvo integrado por las estaciones de monitoreo de Torreón, Saltillo, Monclova y Piedras Negras, en tanto que el SMCA municipal estuvo integrado por tres estaciones de monitoreo, todas ubicadas en el municipio de Torreón.

Respecto a 2014, destaca que en 2015 ambos SMCA incorporaron nuevas estaciones de monitoreo. En el caso del SMCA – Coahuila Estatal se incorporaron tres nuevas estaciones de monitoreo automático con capacidad para medir todos los contaminantes criterio, en tanto que el SMCA – Torreón municipal incorporó una estación manual para la medición de PM₁₀.

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 2015 y capacidades de medición de contaminantes.

SMCA	Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes medidos					
				PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	SO ₂	NO ₂	CO
Coahuila Estatal	CONALEP (Torreón)	CNP	Aut. 2013	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Finanzas (Saltillo)	FIN	Aut. 2015	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Jurisdicción (Monclova)	JUR	Aut. 2015	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Rehabilitación DIF (Piedras Negras)	R-DIF	Aut. 2015	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Torreón Municipal	DIF Torreón (Torreón)	DIF	Man. 1999	✓	□	□	□	□	□
	Hospital Infantil (Torreón)	HOS	Aut.*	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	HECAT (Torreón)	HECAT	Man. 2015	✓	□	□	□	□	□

Aut. = Equipo automático.

Man. = Equipo manual.

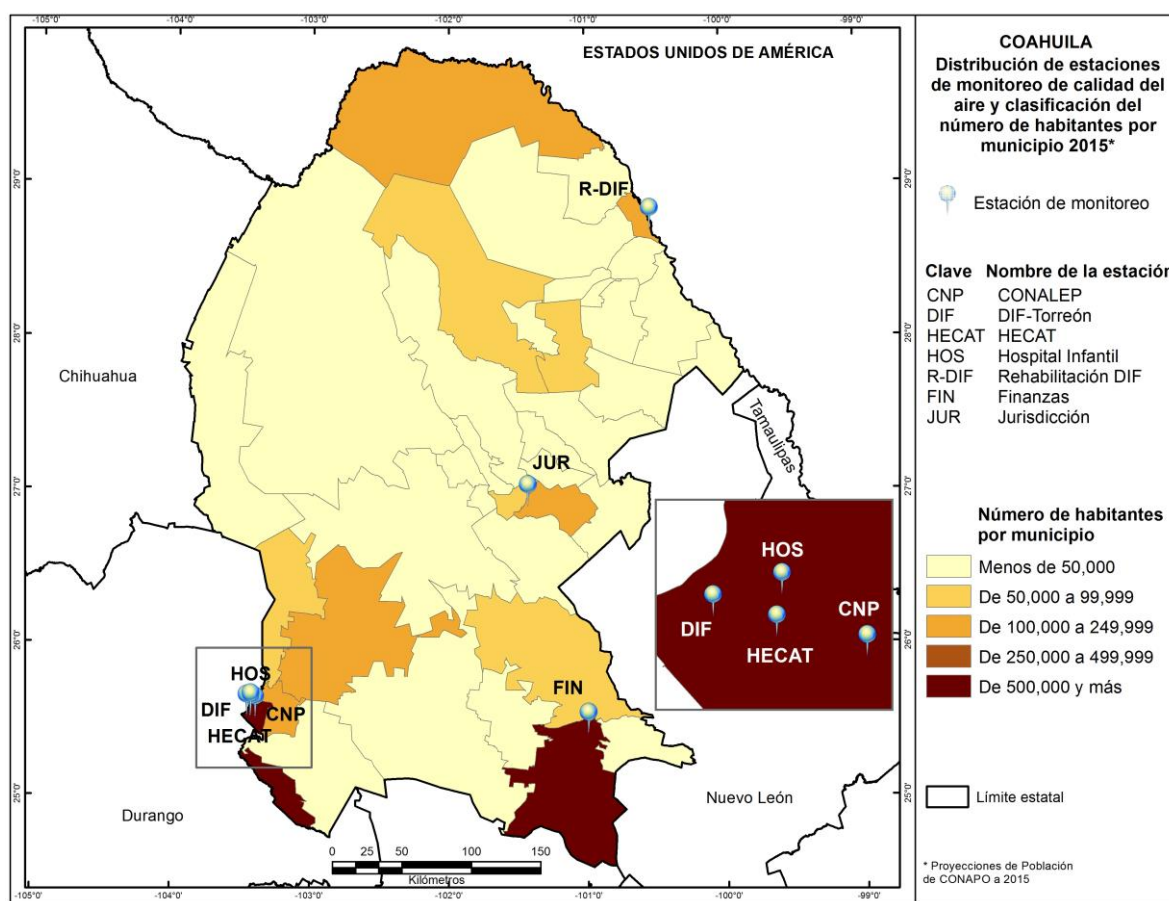
□ = No cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.

✓ = 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, 2015.

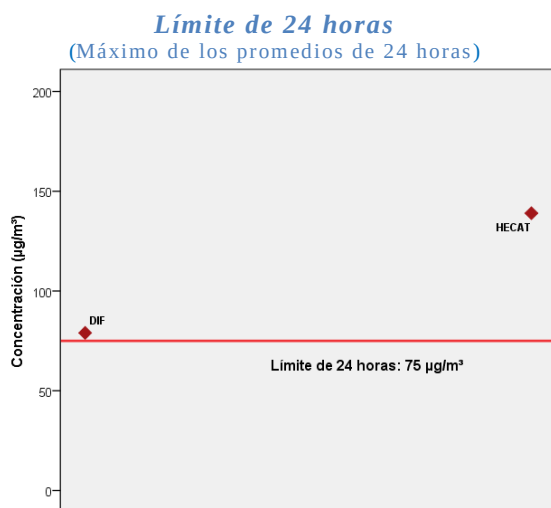


7.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

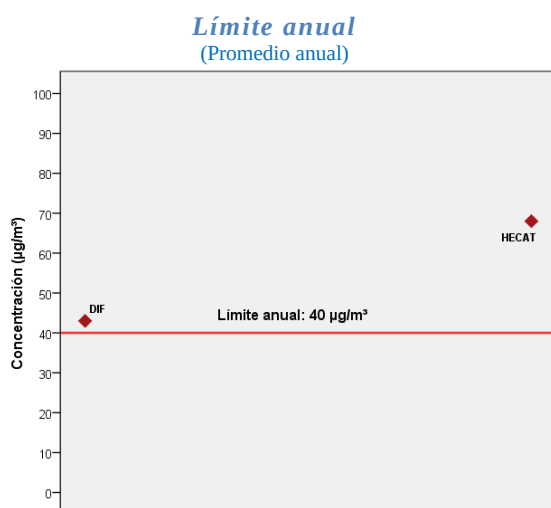
Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Coahuila para el año 2015 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas (NOM) en la materia y el número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo.

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.

Partículas – PM_{10}


En las dos estaciones con información disponible para 2015 se encontró que las concentraciones máximas de 24 horas de PM_{10} rebasaron el valor normado, con una concentración de $79 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el caso de la estación DIF y de $139 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el caso de la estación HECAT. Dichas concentraciones son 5% y 85% superiores al límite normado.



El promedio anual de PM_{10} también se rebasó en ambas estaciones de monitoreo y lo hizo con concentraciones de $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el caso de la estación DIF y de $68 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el caso de la estación HECAT. Estas concentraciones son 8% y 70% superiores al 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 PM_{10} en las estaciones DIF y HECAT. Los resultados indican que ambos límites fueron rebasados en ambas estaciones, en tanto que en las estaciones que pertenecen al SMCA estatal no reportaron datos de calidad del aire al INECC para el año 2015.

Tabla 7.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Coahuila, en el año 2015.

Contaminante	Límite normado		Coahuila Estatal*				Torreón Municipal (Torreón)		
			CNP (Torreón)	FIN (Saltillo)	JUR (Monclova)	R-DIF (Piedras Negras)	DIF	HECAT	HOS
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs.	Máximo ≤ 75 µg/m ³	IND	IND	IND	IND	79	139	FO
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m ³	IND	IND	IND	IND	43	68	FO
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs.	Máximo ≤ 45 µg/m ³	IND	IND	IND	IND	□	□	FO
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m ³	IND	IND	IND	IND	□	□	FO
⁽²⁾ O ₃	1 hr.	Máximo ≤ 0.095 ppm	IND	IND	IND	IND	□	□	FO
	8 hrs.	Máximo ≤ 0.070 ppm	IND	IND	IND	IND	□	□	FO

* El SMCA del estado no reportó datos para el año 2015 al INECC.

⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a).

⁽²⁾ NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b).

IND = Información no disponible.

FO = Fuera de operación.

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

■ = Cumple con el límite normado.

■ = No cumple con el límite normado.

- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas o 24 horas, de acuerdo al contaminante y límite normado. En el caso de PM₁₀ y PM_{2.5} el promedio anual se obtiene a partir del dato diario registrado en cada estación de monitoreo a lo largo del año.
- Las NOM de partículas y ozono se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen los dos límites normados.

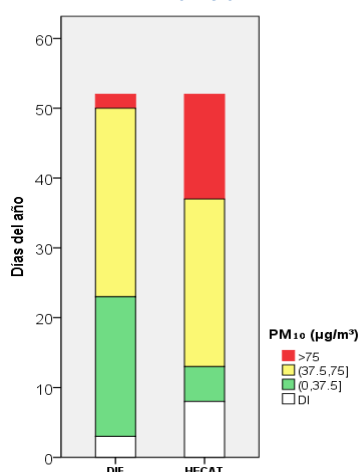
7.2.2 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala.

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 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 3.2.2.2 del Capítulo 3 Metodología para la generación de indicadores.

PM₁₀ – límite de 24 horas
Manual



En ambas estaciones, ubicadas en Torreón, se registraron muestreos con concentraciones superiores al límite normado, lo que significa una mala calidad del aire (rojo), sin embargo, esta situación fue más frecuente en la estación HECAT (29%) que en DIF (4%). En ambos casos la condición más frecuente fue la de calidad del aire regular (amarillo), con el 46% y 52% de los muestreos, respectivamente

A nivel de ciudad, la Tabla 7.3 muestra el porcentaje de días del año 2015 con concentraciones superiores al límite normado de 24 horas de partículas PM₁₀. Estimación hecha sobre la base del número de días con muestreos válidos en 2015. En ella se aprecia que en Torreón el porcentaje de días en esta condición fue de 19%.

Tabla 7.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y de 24 horas de PM₁₀ y PM_{2.5}.

Ciudad	PM ₁₀ *			PM _{2.5}			O ₃		
	No de días con datos válidos	No de días > 75 µg/m³	% Días > 75 µg/m³	No de días con datos válidos	No de días > 45 µg/m³	% Días > 45 µg/m³	No de días con datos válidos	No de días > 0.095 ppm	% Días > 0.095 ppm
Torreón	88	17	19%	X	X	X	X	X	X

* Estimado con datos provenientes de monitoreo manual.
X = No se recibió información sobre este contaminante.

La calidad del aire en Coahuila, de manera específica en Torreón, es mala con respecto a las partículas suspendidas PM_{10} , pues en las dos estaciones de monitoreo donde fue posible evaluar el cumplimiento de la Norma correspondiente, se rebasaron los dos límites normados (24 horas y anual). En general, en el 19% de los días de 2015 se encontraron concentraciones superiores al límite normado de 24 horas.

Con respecto al resto de los contaminantes, se podrá tener un diagnóstico tanto para Torreón como para Saltillo, Monclova y Piedras Negras, una vez que las estaciones de monitoreo automáticas que empezaron a operar a finales del año 2015 funcionen con regularidad a lo largo de un año completo y la información que generen esté disponible para su análisis en el INECC.

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

8.1 Información general.

En el año 2015 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 (PM_{10} y $PM_{2.5}$), ozono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y monóxido de carbono (Tabla 8.1). La Figura 8.1, muestra la ubicación geográfica de dicha estación.

Tabla 8.1 Estaciones que conformaron el SMCA de Colima en el año 2015 y capacidades de medición de contaminantes.

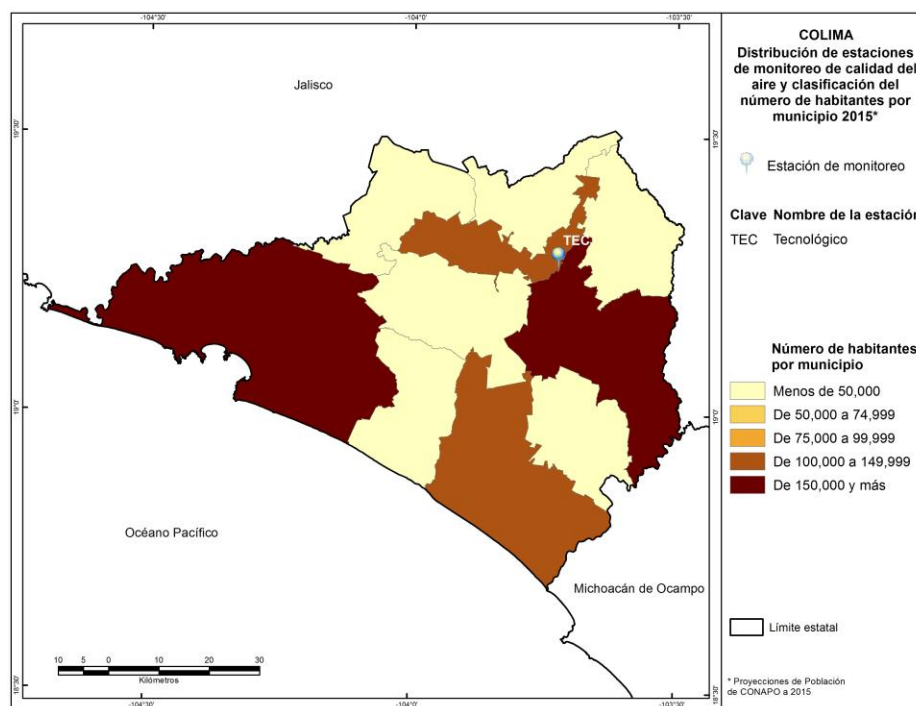
Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes medidos					
			PM_{10}	$PM_{2.5}$	O_3	SO_2	NO_2	CO
Tecnológico	TEC	Aut. 2013	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Aut. = Equipo automático.

✓ = 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, 2015.



8.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Colima para el año 2015 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas (NOM) en la materia 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.

No fue posible llevar a cabo la evaluación de cumplimiento de las NOM de calidad del aire en la entidad para el año 2015 debido a que algunos equipos estuvieron fuera de operación y otros no generaron la información suficiente de acuerdo a los criterios de manejo de datos que establecen las mismas normas. De acuerdo con lo reportado por las autoridades responsables de la gestión de este SMCA, la situación es consecuencia de la falta de presupuesto para llevar a cabo las acciones de mantenimiento preventivo y/o correctivo que los equipos demandan. La Tabla 8.2 resume el estatus particular para las partículas y ozono.

Tabla 8.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Colima, en el año 2015.

Contaminante	Límite normado		Estación
			TEC
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m ³	FO
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m ³	FO
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m ³	FO
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m ³	FO
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	DI
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	DI

⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a)

⁽²⁾ NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b)

FO = Fuera de operación.

DI = Datos insuficientes

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

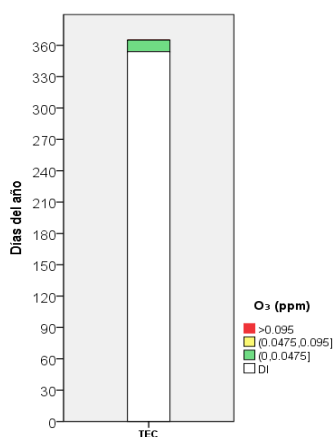
Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en términos del número de días con concentraciones superiores a los límites normados,

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 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 3.2.2.2 del Capítulo 3 Metodología para la generación de indicadores.

O₃ - límite de 1 hora



Sólo se reportaron datos válidos de ozono para 11 días en todo el año 2015. A pesar de que en ninguno de esos días se presentaron excedencias a la Norma de ozono, los datos son insuficientes para establecer la existencia o no de problemas de calidad del aire en la entidad.

En el año 2015 el SMCA de Colima prácticamente estuvo fuera de operación y a decir de los responsables de la gestión del mismo esto se debe a la falta de presupuesto para llevar a cabo el mantenimiento oportuno de los equipos de medición. De hecho, los equipos de medición de PM₁₀ y PM_{2.5} se reportaron fuera de operación y el de ozono no generó información suficiente para llevar a cabo la evaluación de cumplimiento de norma

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

9.1 Información general.

En el año 2015 el Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire (SMCA) del Estado de México, administrado por la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Estado, estuvo conformado por la Red de Monitoreo de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT), la cual está constituida por siete estaciones de monitoreo; cuatro de las cuales se localizan en el municipio de Toluca (Aeropuerto, Centro, Oxtotitlán y San Cristóbal), dos en el municipio de Metepec (Ceboruco y Metepec) y una más en el municipio de San Mateo Atenco (San Mateo Atenco).

La Tabla 9.1 muestra las estaciones de monitoreo que conformaron este SMCA en el año 2015, 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 9.1, muestra la ubicación geográfica de cada una de las estaciones de monitoreo que conformaron este sistema en el año referido.

Tabla 9.1 Estaciones que conformaron el SMCA del Estado de México en el año 2015 y capacidades de medición de contaminantes.

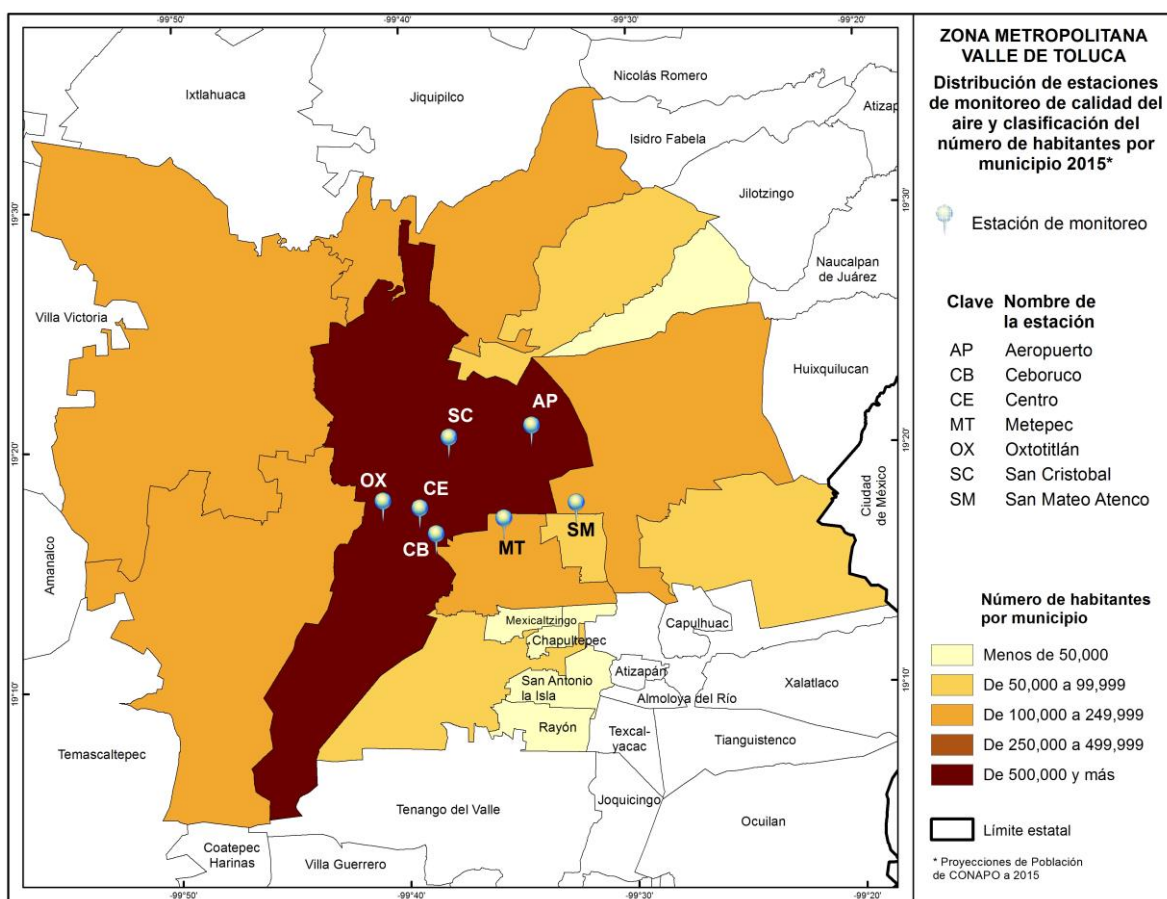
Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes					
			PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	SO ₂	NO ₂	CO
Aeropuerto	AP	Aut. 1994	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ceboruco	CB	Aut. 2011	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Centro	CE	Aut. 1994	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Metepec	MT	Aut. 1994	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Oxtotitlán	OX	Aut. 1994	✓	✓	✓	✓	✓	✓
San Cristóbal	SC	Aut. 1994	✓	✓	✓	✓	✓	✓
San Mateo Atenco	SM	Aut. 1994	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Aut. = Equipo automático.

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

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

Figura 9.1 Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de la ZMVT, 2015.



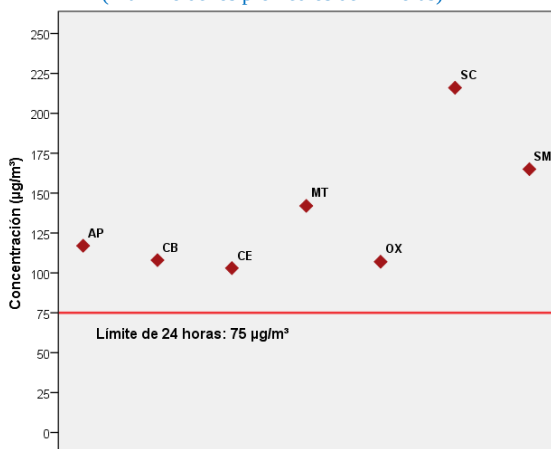
9.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en la ZMVT para el año 2015 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas (NOM) en la materia 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.

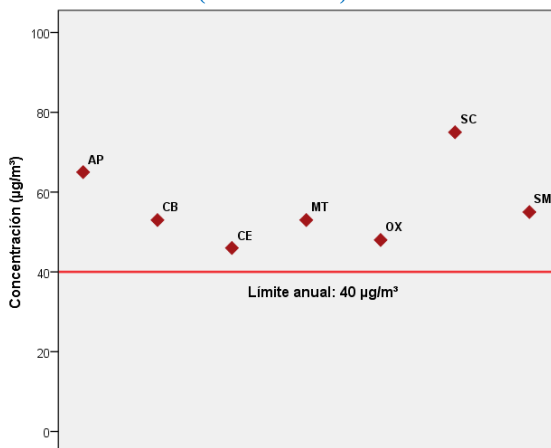
En esta sección se analiza el cumplimiento de las NOM para cada contaminante en la ZMVT. Los resultados se presentan para aquellas estaciones de monitoreo donde se produjo información suficiente para hacer tal evaluación. Los valores normados usados como referencia para realizar la evaluación de cumplimiento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

Límite de 24 horas
(Máximo de los promedios de 24 horas)



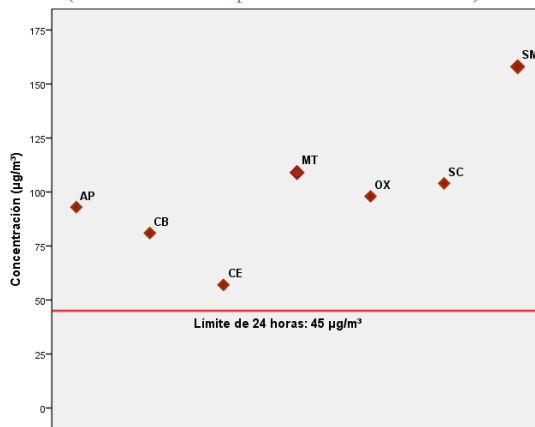
El límite de 24 horas de PM_{10} fue rebasado en todas las estaciones de monitoreo, con concentraciones máximas que oscilaron entre $103 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (en la estación Centro - CE) y $216 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (en la estación San Cristóbal - SC). Tales valores de concentración son equivalentes a 1.4 y 2.9 veces el valor normado, respectivamente.

Límite anual
(Promedio anual)



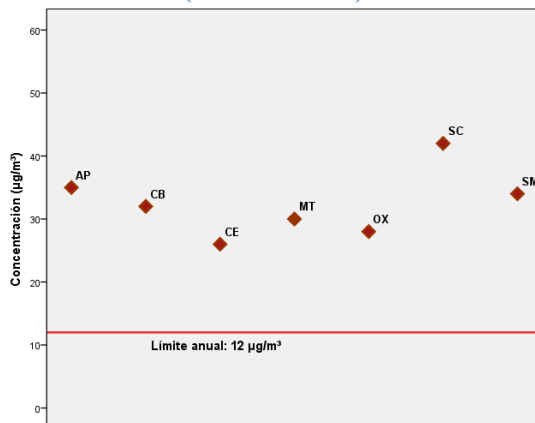
El límite anual también se superó en las siete estaciones de monitoreo y la estación San Cristóbal - SC fue la que registró el promedio anual más elevado con $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (equivalente a 1.9 veces el valor de la norma), seguida de la estación Aeropuerto - AP con una concentración de $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Límite de 24 horas
(Máximo de los promedios de 24 horas)



El límite de 24 horas de PM_{2.5} se rebasó en todas las estaciones de monitoreo, alcanzándose la concentración más elevada en el año 2015 en la estación de monitoreo SM, en San Mateo Atenco, con una concentración de 158 µg/m³, que es equivalente a 3.5 veces el valor normado (45 µg/m³). En el resto de las estaciones de monitoreo el máximo de 24 horas osciló entre 57 µg/m³ y 109 µg/m³.

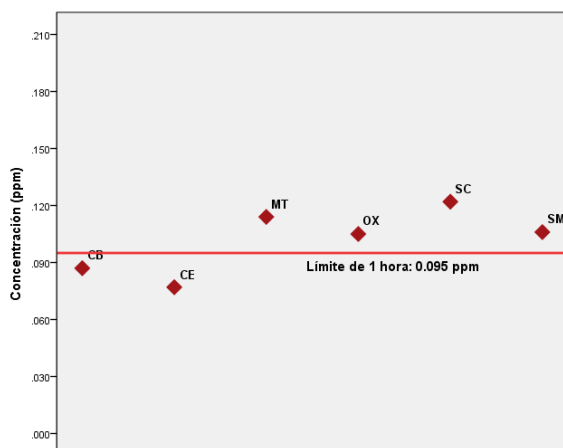
Límite anual
(Promedio anual)



El límite anual se rebasó en todas las estaciones de monitoreo, con promedios anuales que oscilaron entre 26 µg/m³ en la estación Centro - CE y 42 µg/m³ en la estación San Cristóbal - SC, los cuales equivalen a 2.1 y 3.5 veces el valor de la norma, respectivamente.

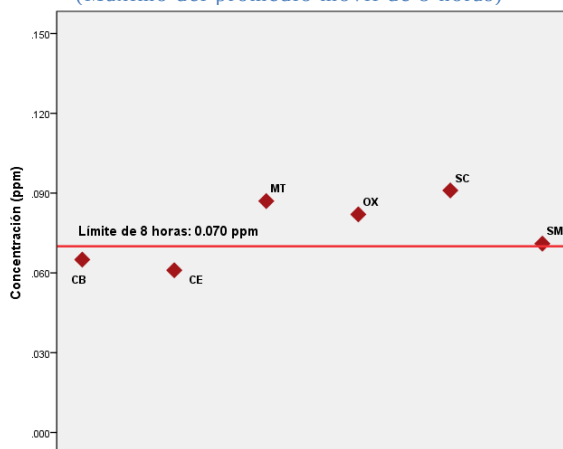
Ozono - O₃

Límite de 1 hora (Máximo horario)



El valor límite de una hora de ozono sólo se cumplió en las estaciones de monitoreo Ceboruco - CB y Centro - CE, ambas en el municipio de Toluca. En el resto de las estaciones dicho límite se rebasó con concentraciones horarias máximas que oscilaron entre 0.105 ppm (en la estación Oxtotitlán - OX) y 0.122 ppm (en la estación San Cristóbal - SC). Estos valores fueron 11% y 28% superiores al valor normado, respectivamente.

Límite de 8 horas (Máximo del promedio móvil de 8 horas)



El límite normado de ocho horas también se cumplió en las estaciones Ceboruco - CB y Centro - CE, en tanto que en el resto se rebasó. La concentración más alta se registró en la estación San Cristóbal - SC y fue de 0.091 ppm, que es 30% superior al límite normado (0.070 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:

- Los límites normados de 24 horas y anual tanto de PM₁₀ como de PM_{2.5} se rebasaron en todas las estaciones de monitoreo.

- Los límites de 1 y 8 horas de ozono se cumplieron en las estaciones Ceboruco - CB y Centro - CE, y se rebasaron en las estaciones Metepec - MT, Oxtotitlán - OX, San Cristóbal - SC y San Mateo - SM, en tanto que en la estación Aeropuerto - AP no hubo información suficiente para evaluar el cumplimiento de Norma.

Tabla 9.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, en el año 2015.

Contaminante	Límite normado		Estación						
			AP	CB	CE	MT	OX	SC	SM
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m ³	117	108	103	142	107	216	165
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m ³	65	53	46	53	48	75	55
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m ³	93	81	57	109	98	104	158
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m ³	35	32	26	30	28	42	34
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	DI	0.087	0.077	0.114	0.105	0.122	0.106
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	DI	0.065	0.061	0.087	0.082	0.091	0.071

⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a).

⁽²⁾ NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b).

DI = Datos insuficientes.

■ = Cumple con el límite normado.

■ = No cumple con el límite normado.

- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas o 24 horas, de acuerdo al contaminante y límite normado. En el caso de PM₁₀ y PM_{2.5} el promedio anual se obtiene a partir del dato diario registrado en cada estación de monitoreo a lo largo del año.
- Las NOM de partículas y ozono se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen los dos límites normados.

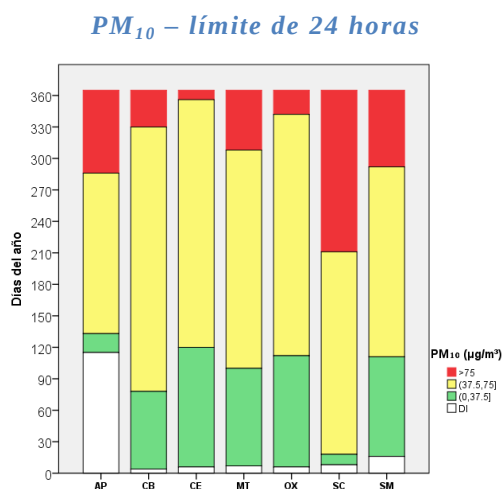
9.2.2 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala.

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:

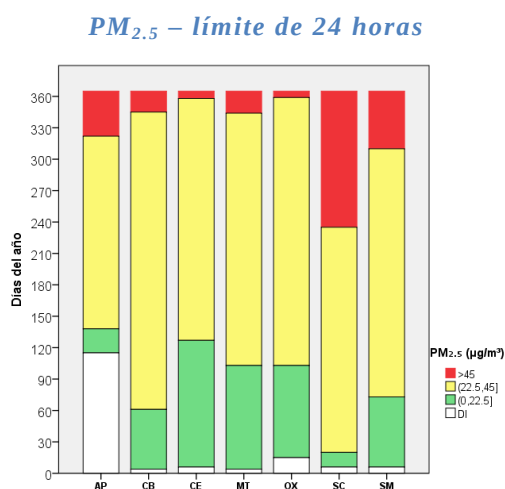
- ✓ No excedieron el valor diario normado (verde).
- ✓ No excedieron el valor diario normado, pero se encuentran cercanas a este valor (amarillo).
- ✓ Excedieron el valor diario normado (rojo).

- ✓ 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 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 3.2.2.2 del Capítulo 3 Metodología para la generación de indicadores.

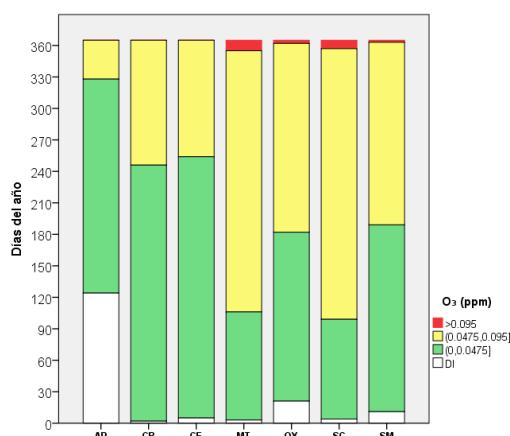


Los días con mala calidad del aire se presentaron en las siete estaciones de monitoreo, sin embargo, es más recurrente en la estación San Cristóbal - SC, donde esta condición representó el 42% de total de días en el año 2015. Por su parte los días con calidad del aire buena se presentaron con mayor frecuencia en las estaciones Centro - CE, Oxtotitlán - OX y San Mateo - SM con 31%, 29% y 26% del total de días en 2015, respectivamente.



Al igual que con las PM₁₀, la estación San Cristóbal - SC es la que presenta el mayor porcentaje de días con calidad del aire mala por PM_{2.5}, siendo este del 36% de los días del año, seguida de San Mateo - SM con 15% y Aeropuerto - AP con 12%. Los días con buena calidad del aire, por otra parte, se presentaron con mayor frecuencia en las estaciones Centro - CE, Metepec - MT y Oxtotitlán - OX, y representaron el 33%, el 27% y el 24% de los días del año, respectivamente.

O₃ - límite de 1 hora



Los días con buena calidad del aire por ozono (verde) variaron entre el 26% en la estación San Cristóbal - SC y el 68% en la estación Centro - CE, en tanto que los días con calidad del aire regular oscilaron entre el 10% (Aeropuerto - AP) y el 71% (San Cristóbal - SC). Finalmente, los días con mala calidad del aire (rojo), se presentaron en las estaciones Oxtotitlán - OX, Metepec - MT, San Mateo - SM y San Cristóbal - SC, en todas ellas representaron menos del 3% del total de días del año.

A nivel de toda la zona metropolitana la Tabla 9.3 muestra el porcentaje de días del año 2015 con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y de 24 horas de partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}). En ella se aprecia que el contaminante que con mayor frecuencia determina una condición de mala calidad del aire en la región son las PM₁₀ seguido de las PM_{2.5} y el O₃.

Tabla 9.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y de 24 horas de PM₁₀ y PM_{2.5}.

Zona metropolitana	PM ₁₀ *			PM _{2.5} *			O ₃ *		
	No de días con datos válidos	No de días > 75 µg/m ³	% Días > 75 µg/m ³	No de días con datos válidos	No de días > 45 µg/m ³	% Días > 45 µg/m ³	No de días con datos válidos	No de días > 0.095 ppm	% Días > 0.095 ppm
ZMVT	365	164	45%	365	139	38%	365	16	4%

* Estimado con datos provenientes de monitoreo automático.

En la entidad se mantienen los problemas de calidad del aire tanto por partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}), como por ozono. En todas las estaciones de monitoreo que operan en la ZMVT se rebasaron los límites de 24 horas y anual tanto de PM₁₀ como de PM_{2.5}. Los límites de una y ocho horas de ozono se rebasaron en cuatro de estas siete estaciones.

La estación San Cristóbal (SC), sigue siendo 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 frecuentemente con las concentraciones más altas registradas en la entidad. Además, es la estación en donde con mayor frecuencia se rebasan los límites de 24 horas de PM₁₀ y PM_{2.5}.

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

10.1 Información general.

El sistema de monitoreo de la calidad del aire (SMCA) de Guanajuato, a cargo del Instituto de Ecología del Estado, estuvo integrado en el año 2015 por un total de 27 estaciones de monitoreo, distribuidas en las redes de monitoreo de Celaya, Irapuato, León y Salamanca, así como por las estaciones de monitoreo ubicadas en los municipios de Silao, Purísima del Rincón, San Luis de la Paz, San Miguel de Allende, Abasolo, Villagrán, Dolores Hidalgo, Cortazar, Juventino Rosas, Acámbaro, Moroleón, San José Iturbide, San Francisco del Rincón y Purísima del Rincón. La Tabla 10.1 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 10.1, muestra la ubicación geográfica de cada una de las estaciones de monitoreo.

Tabla 10.1 Estaciones que conformaron el SMCA de Guanajuato en el año 2015 y capacidades de medición de contaminantes.

Red de monitoreo	Estación*	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes					
				PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	SO ₂	NO ₂	CO
Celaya	Policía	POL	Aut. 2002	✓	✓	✓	✓	☐	✓
	San Juanico	SJ	Aut. 2001	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Tecnológico	TEC	Aut. 2002	✓	☐	✓	☐	✓	☐
Irapuato	Bomberos	BOM	Aut. 2000	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Secundaria	SEC	Aut. 2002	✓	☐	✓	✓	✓	✓
	Teódula	TEO	Aut. 2001	✓	✓	✓	✓	✓	✓
León	CICEG	CG	Aut. 2003	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Facultad de Medicina	FM	Aut. 2007	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	IMSS – T21	T21	Aut. 2006	✓	☐	✓	✓	✓	✓
	Zona Sur	LN-S	Man. 2015	☐	✓	☐	☐	☐	☐
Salamanca	Cruz Roja	CR	Aut. 1999	✓	☐	✓	✓	✓	✓
	DIF	DIF	Aut. 2000	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Nativitas	NAT	Aut. 2002	✓	☐	✓	✓	✓	✓
	Hospital General (Silao)	HG	Aut. 2006	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	DIF Municipal (Purísima del Rincón)	PUR	Aut. 2014	✓	☐	☐	☐	☐	☐

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 (San Luis de la Paz)	SLP	Aut. 2015	☐	✓	☐	☐	☐	☐
	Universidad de Guanajuato Sede Belén (Guanajuato)	UG-B	Aut. 2015	☐	✓	☐	☐	☐	☐
			Man. 2015	☐	✓	☐	☐	☐	☐
	CAISES (San Miguel de Allende)	SMA	Man. 2005	✓	☐	☐	☐	☐	☐
	Planta Tratamiento Aguas Residuales (Abasolo)	ABA	Aut. 2005	☐	✓	☐	☐	☐	☐
	Presidencia Municipal (Villagrán)	VILL	Man. 2005	☐	✓	☐	☐	☐	☐
	Mega Parque (Dolores Hidalgo)	DH	Man. 2005	✓	☐	☐	☐	☐	☐
	Presidencia Municipal (Cortazar)	COR	Man. 2005	✓	☐	☐	☐	☐	☐
	Presidencia Municipal (Juventino Rosas)	JR	Man. 2005	✓	☐	☐	☐	☐	☐
	Dirección Ecología Municipal (Acámbaro)	ACAM	Man. 2010	✓	☐	☐	☐	☐	☐
	Dirección Ecología Municipal (Moroleón)	MOR	Man. 2010	✓	☐	☐	☐	☐	☐
	Presidencia Municipal (San José Iturbide)	SJI	Man. 2014	✓	☐	☐	☐	☐	☐
	Dirección Ecología Municipal (San Francisco del Rincón)	SFR	Man. 2009	✓	☐	☐	☐	☐	☐

* En el caso de las estaciones que por definición no forman parte de una red de monitoreo, entre paréntesis se indica el nombre de la ciudad donde se encuentra ubicada.

Aut. = Equipo automático.

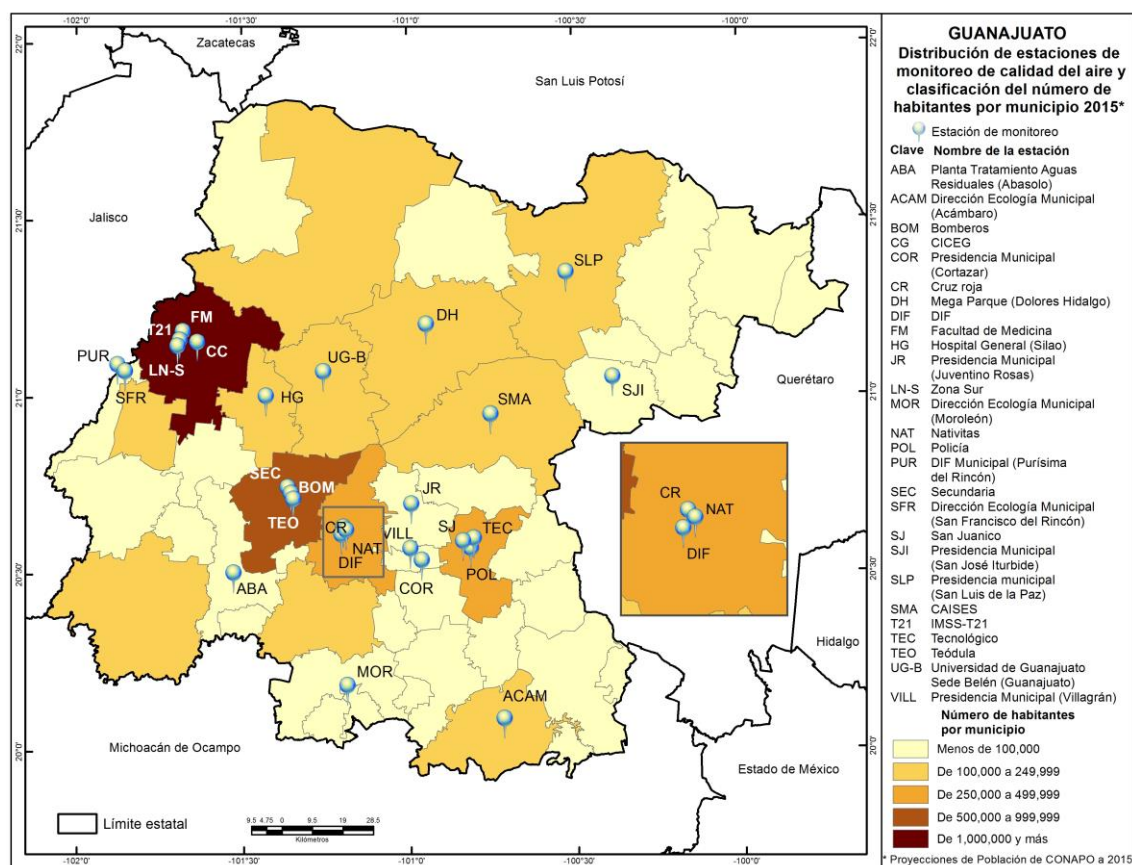
Man. = Equipo manual.

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

✓ = Cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por el Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato.

Figura 10.1 Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Guanajuato, 2015.



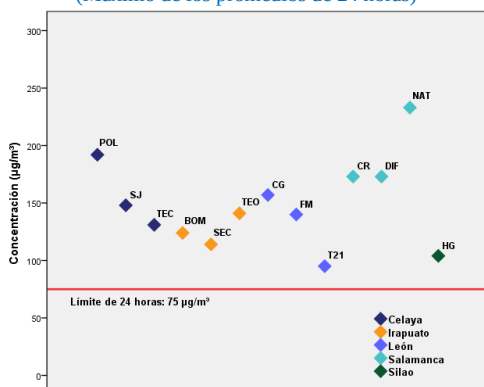
10.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Guanajuato para el año 2015 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas (NOM) en la materia 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.

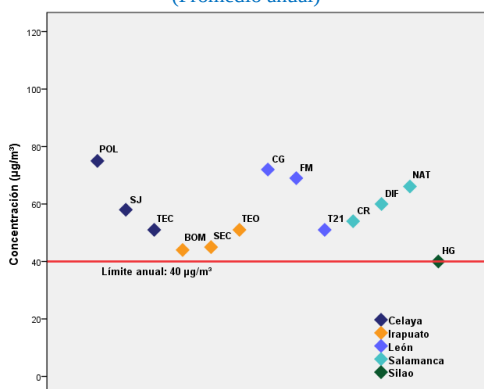
En esta sección se analiza el cumplimiento de las NOM para cada contaminante en cada una de las estaciones de monitoreo que conforman el SMCA de Guanajuato. Los resultados se presentan para aquellas estaciones de monitoreo donde se produjo información suficiente para hacer tal evaluación. Los valores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

Límite de 24 horas (Máximo de los promedios de 24 horas)



El límite de 24 horas de PM₁₀ fue rebasado en todas las estaciones de monitoreo automático de Guanajuato. El máximo de los promedios de 24 horas registrado durante el año 2015 osciló entre 95 µg/m³ en T21 (León) y 233 µg/m³ en NAT (Salamanca), que son equivalentes a 1.3 y 3.1 veces el límite de norma, respectivamente. En general, los máximos más elevados se registraron en Salamanca.

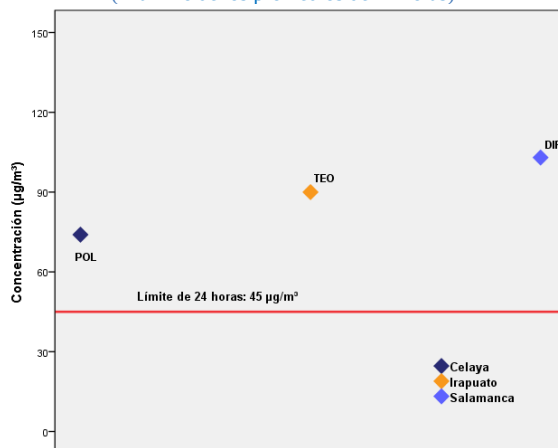
Límite anual (Promedio anual)



El límite anual se superó en 12 de las 13 estaciones de monitoreo que reportaron información suficiente para evaluar este indicador. La única estación en la que no se rebasó el límite normado fue la ubicada en Silao (HG). En aquellas estaciones donde se rebasó el límite anual, los promedios observados oscilaron entre 44 µg/m³ en BOM (Irapuato) y 75 µg/m³ en POL (Celaya), que equivalen a 1.1 y 1.9 veces el límite normado, respectivamente.

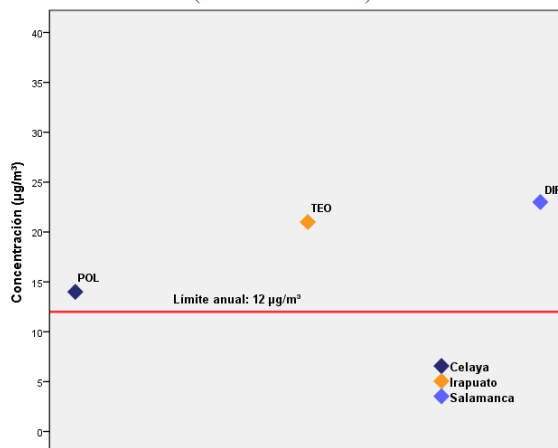
Partículas - $PM_{2.5}$

Límite de 24 horas
(Máximo de los promedios de 24 horas)



En todas las estaciones de monitoreo donde fue posible evaluar el cumplimiento de la NOM (una en Celaya, una en Irapuato y una en Salamanca), se observan concentraciones que se ubican por arriba del límite normado de 24 horas y que equivalen a entre 1.6 y 2.3 veces dicho límite.

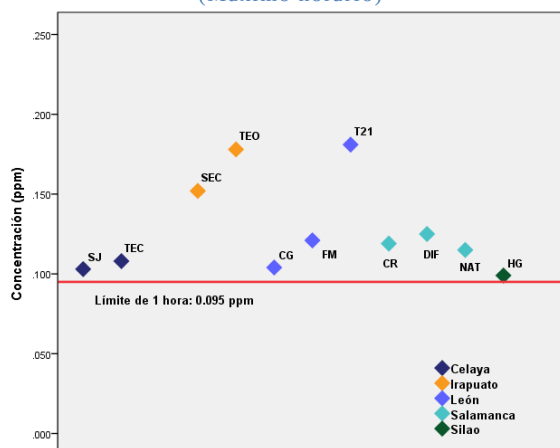
Límite anual
(Promedio anual)



El límite anual de $PM_{2.5}$ se rebasó en las mismas estaciones que en se rebasó el límite de 24 horas, siendo el promedio anual más alto el registrado en la estación DIF con un valor de $23 \mu g/m^3$, que es 92% superior al valor normado.

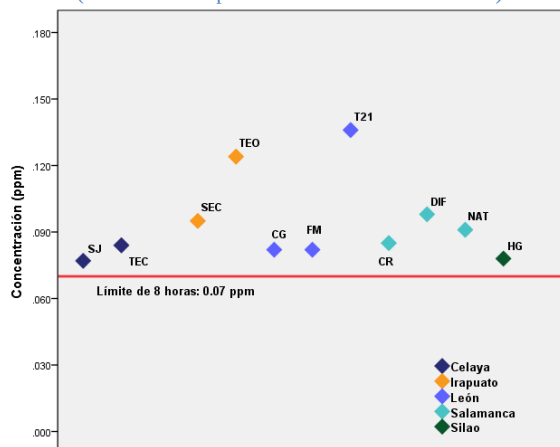
Ozono – O₃

Límite de 1 hora
(Máximo horario)



El valor límite de una hora de ozono se rebasó en todas las estaciones de monitoreo. Los valores más altos se registraron en León e Irapuato, especialmente en las estaciones de monitoreo T21 (0.181ppm) y TEO (0.178 ppm), las cuales fueron 91% y 87% superiores al valor normado, respectivamente.

Límite de 8 horas
(Máximo del promedio móvil de 8 horas)



El límite de ocho horas también se incumplió en todas las estaciones de monitoreo. Los valores más altos nuevamente se registraron en las estaciones de monitoreo T21 (0.136 ppm) y TEO (0.124 ppm).

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:

- Considerando que en la Norma de PM₁₀ se establece que un sitio cumple con lo establecido en la misma solo si cumple con los dos límites normados (24 horas y anual), esta NOM no se cumplió en ninguna de las 13 estaciones de monitoreo, distribuidas en Celaya, Irapuato, León, Salamanca y Silao, donde se pudo llevar a cabo tal evaluación. En 12 de ellas se rebasaron los dos límites normados y en una (ubicada en Silao) sólo se rebasó el límite de 24 horas. En la entidad, la concentración más alta, como promedio de 24 horas se registró en la estación Nativitas (ubicada en Salamanca) y fue de 233 µg/m³, que equivale a 3.1 veces el valor límite normado.

- No se dispuso en el INECC de la información generada por los equipos manuales de muestreo de partículas suspendidas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) para ninguno de los municipios que cuentan con tal equipamiento, por lo que no fue posible realizar el diagnóstico sobre de la calidad del aire en dichos sitios.
- En cuanto a $PM_{2.5}$ la evaluación de cumplimiento de Norma sólo se pudo realizar en tres estaciones de monitoreo, una ubicada en Celaya, otra en Irapuato y una más en Salamanca. En todas ellas se rebasaron los dos límites normados (24 horas y anual), registrándose las concentraciones más altas en Salamanca, seguida de Irapuato y de Celaya.
- La evaluación de cumplimiento de los límites normados de ozono (1 y 8 horas) se pudo realizar en 11 de las 13 estaciones de monitoreo que midieron este contaminante durante el año 2015. En todas ellas, se rebasaron ambos límites registrándose las concentraciones más altas, tanto de 1 como de 8 horas, en la estación T21 localizada en León, seguidas de las registradas en la estación TEO y SEC que se ubican en Irapuato. En general, en las 11 estaciones de monitoreo las concentraciones máximas de 1 hora oscilaron entre 0.099 ppm (Silao) y 0.181 ppm (León), que equivalen a 1.04 y 1.9 veces el límite normado.

Tabla 10.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Guanajuato, en el año 2015.

Contaminante	Límite normado		Celaya			Irapuato			León				Salamanca			Silao
			POL	SJ	TEC	BOM	SEC	TEO	CG	FM	T21	LN-S	CR	DIF	NAT	HG
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m ³	192	148	131	124	114	141	157	140	95	□	173	173	233	104
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m ³	75	58	51	44	45	51	72	69	51	□	54	60	66	40
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m ³	74	DI	□	DI	□	90	DI	DI	□	IND	□	103	□	DI
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m ³	14	DI	□	DI	□	21	DI	DI	□	IND	□	23	□	DI
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	DI	0.103	0.108	DI	0.152	0.178	0.104	0.121	0.181	□	0.119	0.125	0.115	0.099
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	DI	0.077	0.084	DI	0.095	0.124	0.082	0.082	0.136	□	0.085	0.098	0.091	0.078

Contaminante	Límite normado		Purísima del Rincón	San Luis de la Paz	Guanajuato	San Miguel de Allende	Abasolo	Villagrán	Dolores Hidalgo	Cortazar	Juventino Rosas	Acámbaro	Moroleón	San José Iturbide	San Francisco del Rincón
			PUR	SLP	UG-B	SMA	ABA	VILL	DH	COR	JR	ACAM	MOR	SJI	SFR
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m ³	IND	□	□	IND	□	□	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m ³	IND	□	□	IND	□	□	IND	IND	IND	IND	IND	IND	IND
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m ³	□	IND	IND	□	IND	IND	□	□	□	□	□	□	□
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m ³	□	IND	IND	□	IND	IND	□	□	□	□	□	□	□
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□

⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a).

⁽²⁾ NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b).

DI = Datos insuficientes.

IND= Información no disponible.

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

■ = Cumple con el límite normado.

■ = No cumple con el límite normad.

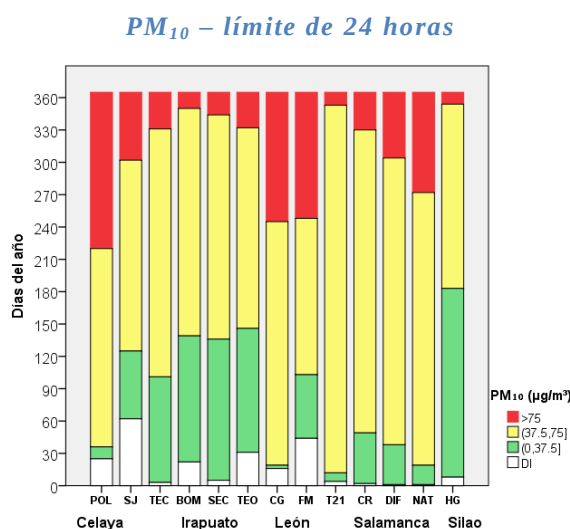
- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas o 24 horas, de acuerdo al contaminante y límite normado. En el caso de PM₁₀ y PM_{2.5} el promedio anual se obtiene a partir del dato diario registrado en cada estación de monitoreo a lo largo del año.
- Las NOM de partículas y ozono se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen los dos límites normados.

10.2.2 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:

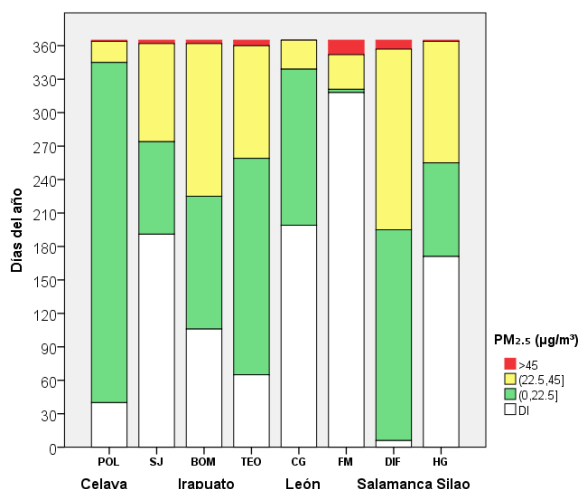
- ✓ No excedieron el valor diario normado (verde).
- ✓ No excedieron el valor diario normado, pero se encuentran cercanas a este valor (amarillo).
- ✓ Excedieron el valor diario normado (rojo).
- ✓ No se contó con información suficiente para evaluar el cumplimiento de alguna de las condiciones anteriores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

El dato base para construir este indicador es la concentración máxima del día (por ejemplo, promedio de una hora 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 3.2.2.2 del Capítulo 3 Metodología para la generación de indicadores.



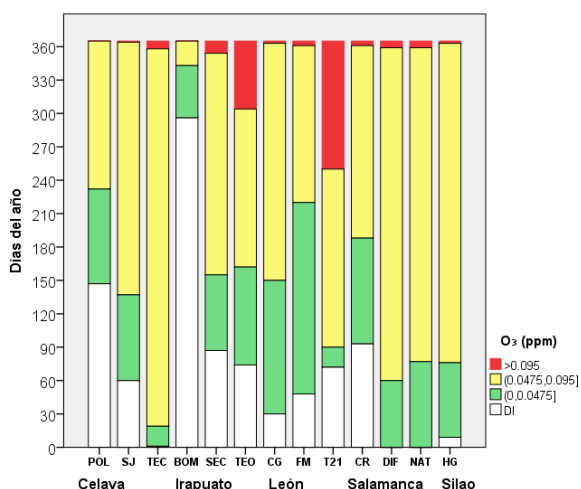
Los días con mala calidad del aire por PM₁₀ (rojo) estuvieron presentes en todas las estaciones de monitoreo durante el año 2015, siendo más frecuentes en las estaciones POL (Celaya), CG (León), FM (León) y NAT (Salamanca), con el 40%, 33%, 32% y 25% de los días del año, respectivamente. En Silao aunque también se registraron días con mala calidad del aire predominaron los días con buena calidad del aire (verde).

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 (blanco). Enseguida destaca que sólo en la estación CG de León no se presentaron días con mala calidad del aire (rojo), en tanto que en el resto de las estaciones esto ocurrió en al menos un día durante el año 2015. El sitio con la mayor cantidad de días con concentraciones superiores al límite normado fue la estación FM en León con un total de 13, a pesar de ser también la estación con la mayor cantidad de días en que no se pudo generar el indicador con un total de 318.

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 al menos dos estaciones de monitoreo de todos los municipios incluidos en el análisis, siendo más abundantes los días en esta condición en la estación T21 de León con un total de 115, seguida de las estaciones TEO y SEC de Irapuato con un total de 61 y 11, respectivamente.

A nivel de ciudad, la Tabla 10.3 muestra el porcentaje de días del año 2015 con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y de 24 horas de partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}), estimación hecha sobre la base del número de días con información válida y suficiente en 2015. En ella se aprecia que el contaminante que con mayor frecuencia determina una condición de mala calidad del aire en Celaya, León, Salamanca y Silao son las PM₁₀, en tanto que en Irapuato es el Ozono.

Tabla 10.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y de 24 horas de PM_{10} y $PM_{2.5}$.

Ciudad	PM_{10}^*			$PM_{2.5}^*$			O_3^*		
	No de días con datos válidos	No de días > 75 $\mu g/m^3$	% Días > 75 $\mu g/m^3$	No de días con datos válidos	No de días > 45 $\mu g/m^3$	% Días > 45 $\mu g/m^3$	No de días con datos válidos	No de días > 0.095 ppm	% Días > 0.095 ppm
Celaya	365	153	42%	340	4	1%	365	7	2%
Irapuato	365	37	10%	340	5	1%	346	70	20%
León	365	159	44%	213	13	6%	365	117	32%
Salamanca	365	109	30%	359	8	2%	365	9	2%
Silao	357	11	3%	194	1	1%	356	2	1%

* Estimado con datos provenientes de monitoreo automático.

En la entidad se presentan problemas de incumplimiento de las normas de calidad del aire para PM_{10} , $PM_{2.5}$ y Ozono. De hecho, en todas las estaciones de monitoreo de Celaya, Irapuato, León y Salamanca se rebasaron los dos límites normados tanto de partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$), como de ozono.

Las concentraciones más altas de PM_{10} y $PM_{2.5}$ se registraron en Salamanca.

Las concentraciones más altas de ozono ocurrieron en León, que es además el sitio donde con mayor frecuencia se rebasa el límite permitido de ozono, PM_{10} y $PM_{2.5}$.

No se dispuso en el INECC de la información generada por los equipos manuales de muestreo de partículas suspendidas (PM_{10} y $PM_{2.5}$) para ninguno de los municipios que cuentan con tal equipamiento, por lo que no fue posible realizar el diagnóstico sobre la calidad del aire en dichos sitios.

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

11.1 Información general.

En el año 2015 el sistema de monitoreo de la calidad del aire 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 de Tula, Tepetitlán, Tepeji del Río, Tlaxcoapan, Tizayuca, Lolotla, Tepeapulco, Huichapan, Tulancingo y Zapotlán. En su conjunto este SMCA estuvo integrado en 2015 por 21 estaciones de monitoreo.

Con respecto al año 2014, en el año 2015 se aprecian los siguientes cambios: a) se agregan dos nuevas estaciones de monitoreo, una automática en Tulancingo (TLN) y una manual en Zapotlán (ZAP), b) la estación Atotonilco de Tula (ATO) incorpora la medición manual de $PM_{2.5}$, c) en las estaciones Centro de Salud Jurisdicción (TJU) en Tula de Allende y Escuela Primaria (PRIM) en Xochicoatlán se dejó de medir PM_{10} y en su lugar se inició el monitoreo de $PM_{2.5}$, y d) en la estación Presidencia Municipal (TPT), en Tepetitlán, se dejó de medir $PM_{2.5}$ y en su lugar se inició la medición de PM_{10} . La Tabla 11.1 muestra las estaciones de monitoreo que conformaron el SMCA de Hidalgo en el año 2015, su capacidad de medición de contaminantes y el año en que cada una de ellas inició su operación. Por otra parte, la Figura 11.1, muestra su ubicación geográfica.

Tabla 11.1 Estaciones que conformaron el SMCA de Hidalgo en el año 2015 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	✓	✓	✓	✓	✓	✓

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
	Hospital Regional**	HRE	Aut. 2006	☐	☐	✓	✓	✓	✓
	Centro de Salud - Jurisdicción	TJU	Man. 2004	☐	✓	☐	☐	☐	☐
Xochicoatlán	Escuela Primaria	PRIM	Man. 2012	☐	✓	☐	☐	☐	☐
	Oficina de Correos	XCT	Man. 2012	☐	✓	☐	☐	☐	☐
	Presidencia Municipal (Ajacuba)	AJA	Man. 2012	✓	☐	☐	☐	☐	☐
	Centro de Salud (Atitalaquia)	ATI	Aut. 2009	✓	✓	✓	✓	✓	✓
			Man. 2004	☐	✓	☐	☐	☐	☐
	Primaria Revolución (Atotonilco de Tula)	ATO	Aut. 2011	✓	✓	✓	✓	✓	✓
			Man. 2015	☐	✓	☐	☐	☐	☐
	Presidencia Municipal (Tepetitlán)	TPT	Man. 2012	✓	☐	☐	☐	☐	☐
	Primaria Melchor Ocampo (Tepeji del Río)	TPJ	Aut. 2010	✓	✓	✓	✓	✓	✓
			Man. 2004	☐	✓	☐	☐	☐	☐
	Centro de Salud (Tlaxcoapan)	TCP	Man. 2004	✓	☐	☐	☐	☐	☐
	Biblioteca (Tizayuca)	TIZ	Aut. 2010	✓	✓	✓	✓	✓	✓
			Man. 2012	✓	☐	☐	☐	☐	☐
	Presidencia Municipal (Lolotla)	LOL	Man. 2012	☐	✓	☐	☐	☐	☐
	Bomberos (Tepeapulco)	TEP	Aut. 2014	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Hospital (Huichapan)	HUI	Aut. 2014	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Tulancingo (Tulancingo)	TLN	Aut. 2015	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Presidencia Municipal (Zapotlán)	ZAP	Man. 2015	✓	☐	☐	☐	☐	☐

* En el caso de las estaciones que por definición no forman parte de una red de monitoreo, entre paréntesis se indica el nombre de la ciudad donde se encuentra ubicada.

** La estación Hospital Regional de Tula se ha mantenido inactiva hasta definir su nueva ubicación.

Aut. = Equipo automático

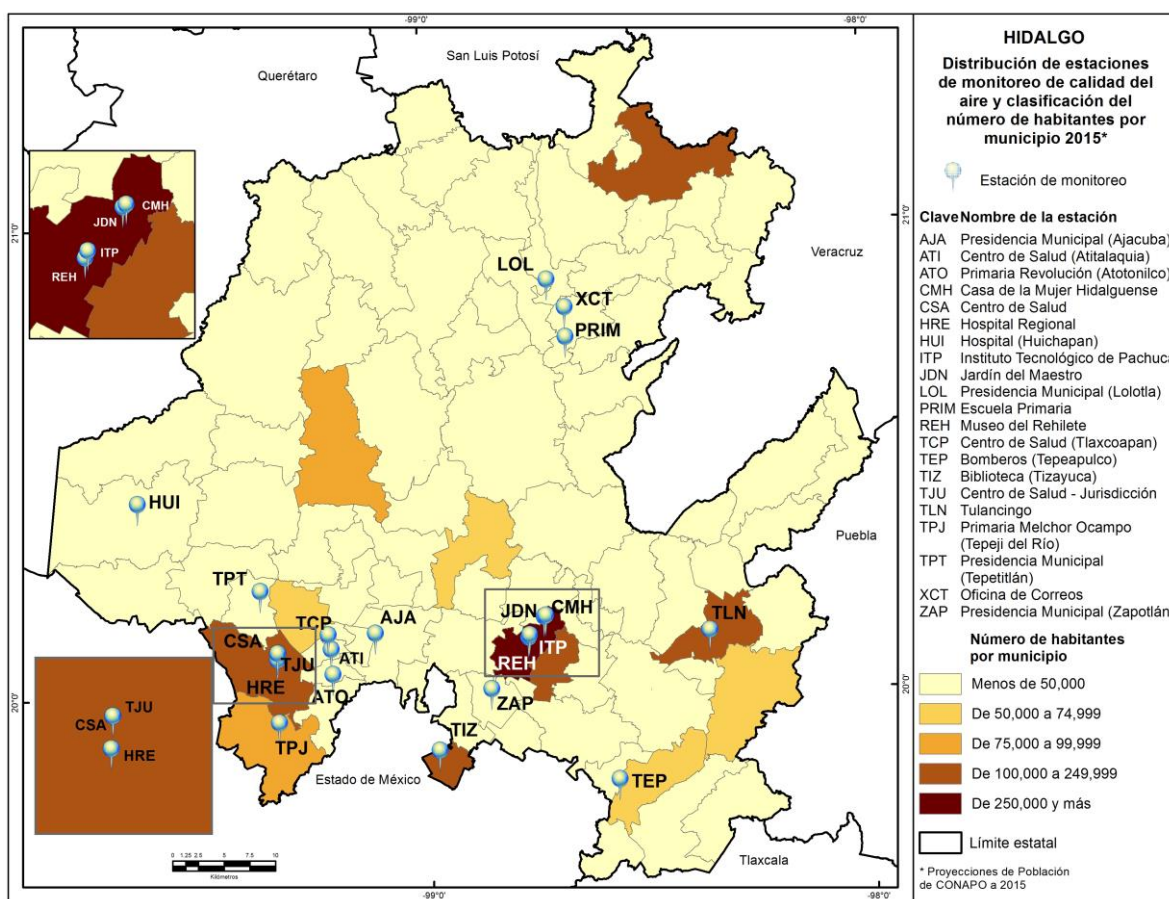
Man. = Equipo manual

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

✓ = Cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Gobierno del Estado de Hidalgo.

Figura 11.1 Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Hidalgo, 2015.



11.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Hidalgo para el año 2015 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas en la materia 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 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.

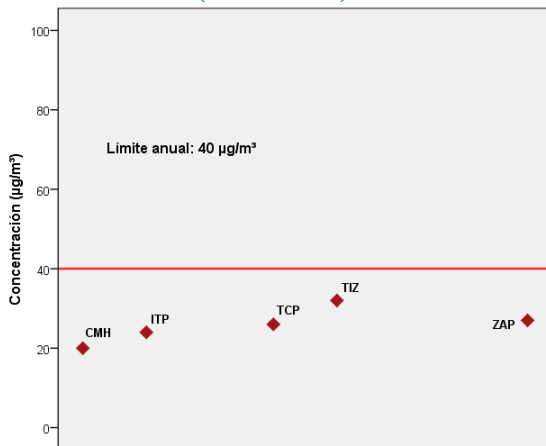
Partículas - PM_{10}

Límite de 24 horas
(Máximo de los promedios de 24 horas)



En todas las estaciones de monitoreo donde fue posible la evaluación del cumplimiento de la NOM las concentraciones promedio de 24 horas se ubicaron por debajo del límite normado de $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La concentración más elevada se registró en la estación Biblioteca de Tizayuca (TIZ) y fue de $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que es 7% inferior al valor de la norma.

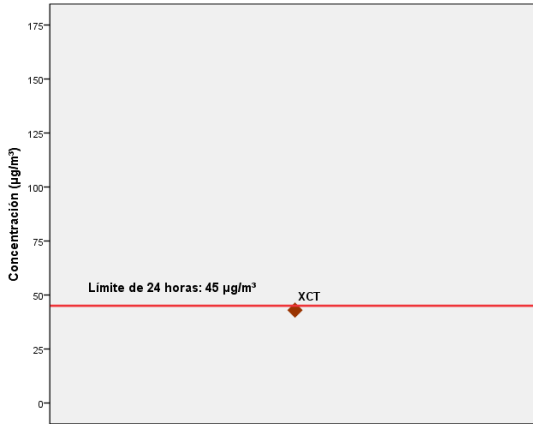
Límite anual
(Promedio anual)



El límite anual de PM_{10} también se mantuvo por debajo del límite normado en todas las estaciones de monitoreo donde fue posible la evaluación de cumplimiento. El promedio anual más alto se registró en la estación TIZ y fue de $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

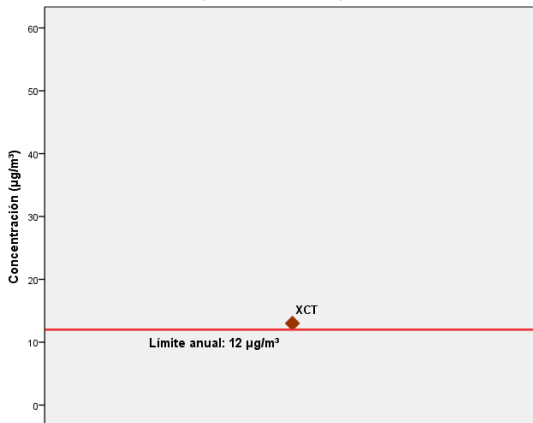
Partículas – PM_{2.5}

Límite de 24 horas
(Máximo de los promedios de 24 horas)

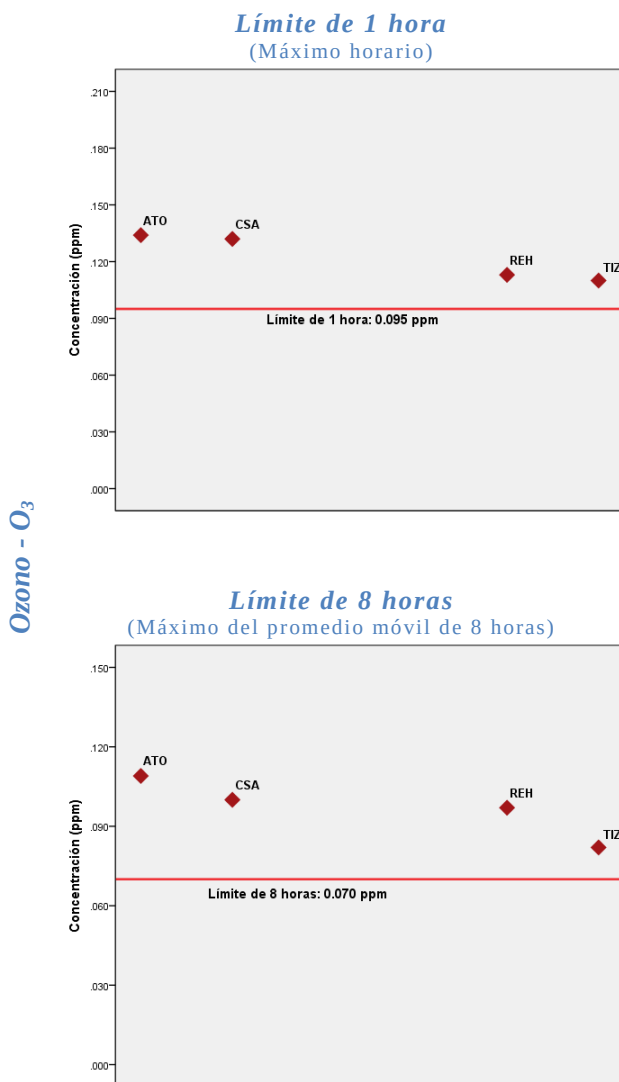


Sólo en una de las siete estaciones de monitoreo manual que miden este contaminante fue posible hacer la evaluación de cumplimiento de la NOM de PM_{2.5} y en ella (XCT), el máximo de los promedios de 24 horas del año 2015 fue inferior al límite normado de 45 µg/m³.

Límite anual
(Promedio anual)



Por su parte, el límite anual de PM_{2.5} se rebasó en la misma estación de monitoreo, con una concentración de 13 µg/m³, que es 8% superior al límite normado (12 µg/m³).



Sólo en cuatro de las 11 estaciones que midieron este contaminante en el SMCA de Hidalgo fue posible hacer la evaluación de cumplimiento de la Norma de ozono y en todas ellas (ATO, CSA, REH y TIZ), se rebasó el límite normado de una hora en el año 2015 y lo hicieron con concentraciones equivalentes a entre 1.15 y 1.41 veces el valor de la norma (0.095 ppm).

El límite de ocho horas también se rebasó en las mismas cuatro estaciones de monitoreo. En general, el máximo del promedio móvil de ocho horas registrado en el año 2015 osciló entre 0.082 ppm y 0.109 ppm, esto es, entre 1.17 y 1.6 veces el límite establecido en la NOM 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:

- La evaluación de cumplimiento de los límites normados de 24 horas y anual de PM₁₀ sólo se pudo realizar en cinco de las siete la estaciones que generaron información en 2015. Estas estaciones son: CMH e ITP en Pachuca, TCP en Tlaxcoapan, TIZ en Tizayuca y ZAP en Zapotlán. Los resultados indican que en todas ellas se cumplieron ambos límites. En las estaciones AJA de Ajacuba y TPT de Tepetitlán no se generó información suficiente para evaluar este indicador. La información generada por los equipos automáticos con respecto a PM₁₀ no fue enviada al INECC para su análisis debido a que, a decir de los operadores de

este SMCA, la mayoría de los monitores se encontraban fuera de operación o con fallas de operación por lo que no se cumplió con el criterio de suficiencia de datos.

- 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 fue la estación XCT ubicada en el municipio de Xochicoatlán y en ella se cumplió con el límite de 24 horas y se incumplió el anual con una concentración promedio de $13 \mu g/m^3$, apenas 8% superior al límite normado que es de $12 \mu g/m^3$. Al igual que en el caso de las PM_{10} toda la información generada por los equipos automáticos con respecto a $PM_{2.5}$ no fue enviada al INECC por los responsables de este SMCA debido a que los equipos de medición presentaron diversas fallas de operación y no cumplieron con el criterio de suficiencia de datos.
- Por lo que se refiere a ozono, en todas las estaciones de monitoreo donde fue posible hacer la evaluación de cumplimiento de norma se encontró que los dos límites normados (1 y 8 horas) fueron rebasados. Estas estaciones son: REH en Pachuca, CSA en Tula de Allende, ATO en Atotonilco de Tula y TIZ en Tizayuca.

Tabla 11.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Hidalgo, en el año 2015.

Contaminante	Límite normado		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	Máximo ≤ 75 µg/m ³	IND	□	45	50	IND	□	□	□	□	DI	IND	IND
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m ³	IND	□	20	24	IND	□	□	□	□	DI	IND	IND
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m ³	IND	□	□	□	IND	□	DI	DI	43	□	DI	DI
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m ³	IND	□	□	□	IND	□	DI	DI	13	□	DI	DI
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	IND	0.113	□	□	0.132	FO	□	□	□	□	IND	0.134
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	IND	0.097	□	□	0.100	FO	□	□	□	□	IND	0.109

Contaminante	Límite normado		Tepetitlán	Tepeji del Río	Tlaxcoapan	Tizayuca	Lolotla	Tepeapulco	Huichapan	Tulancingo	Zapotlán
			TPT	TPJ	TCP	TIZ	LOL	TEP	HUI	TLN	ZAP
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m ³	DI	IND	48	70	□	IND	IND	IND	51
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m ³	DI	IND	26	32	□	IND	IND	IND	27
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m ³	□	DI	□	IND	DI	IND	IND	IND	□
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m ³	□	DI	□	IND	DI	IND	IND	IND	□
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	□	IND	□	0.110	□	IND	IND	IND	□
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	□	IND	□	0.082	□	IND	IND	IND	□

⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a); ⁽²⁾ NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b).

FO = Fuera de operación; DI = Datos insuficientes; IND= Información no disponible; □ = No cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante;

■ = Cumple con el límite normado.

■ = No cumple con el límite normad.

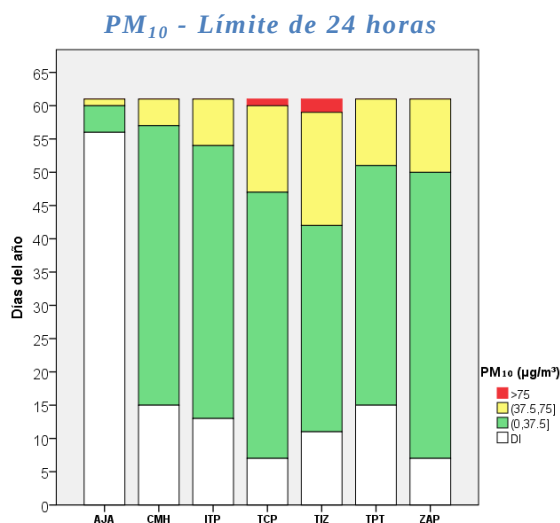
- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas o 24 horas, de acuerdo al contaminante y límite normado. En el caso de PM₁₀ y PM_{2.5} el promedio anual se obtiene a partir del dato diario registrado en cada estación de monitoreo a lo largo del año.
- Las NOM de partículas y ozono se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen los dos límites normados.

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

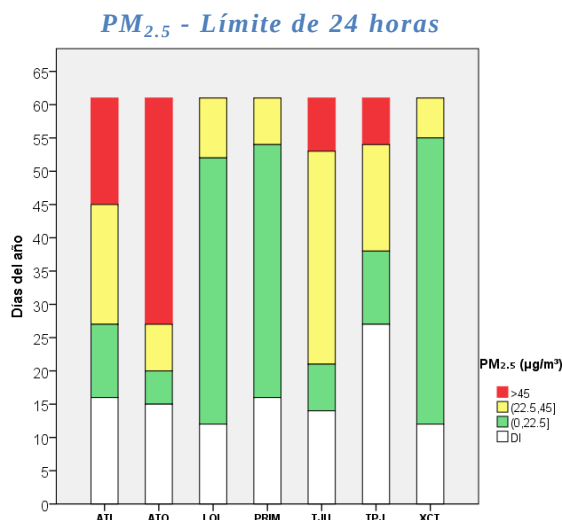
Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en términos del número de días con concentraciones superiores a los límites normados, así como la tendencia que presentan las concentraciones inferiores, pero cercanas, a estos valores. Los colores 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).

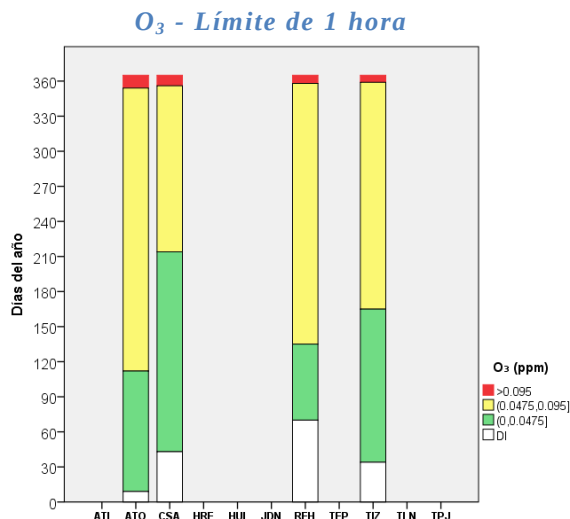
El dato base para construir este indicador es la concentración máxima del día (por ejemplo, promedio de 1 hora o 24 horas, dependiendo del contaminante que se trate), en cada estación de monitoreo. Para ver el detalle sobre la construcción de este indicador, diríjase a la sección 3.2.2.2 del Capítulo 3 Metodología para la generación de indicadores.



Sólo en dos de las siete estaciones de monitoreo que reportaron datos de PM₁₀ se presentaron días con mala calidad del aire (rojo) por este contaminante. Estas estaciones son las que se ubican en Tlaxcoapan (TCP) y Tizayuca (TIZ). Estos días, sin embargo, corresponden a un trimestre que no fue considerado en la evaluación de cumplimiento de norma por no cumplir con el criterio de suficiencia de datos. Por ello no se ven reflejados en incumplimiento de la misma.



Días con mala calidad del aire (rojo) por PM_{2.5} en el año 2015 estuvieron presentes en ATI (Atitalaquia), ATO (Atotonilco), TJU (Tula de Allende) y TPJ (Tepeji del Río). Sin embargo, al igual que con las PM₁₀, esta situación no se ve reflejada en el incumplimiento de NOM porque para dicha evaluación no se cumple con el criterio de suficiencia de datos.



En las cuatro estaciones de monitoreo que reportaron datos de ozono para el año 2015 ATO (Atotonilco), CSA (en Tula de Allende), REH (Pachuca) y TIZ (Tizayuca) se puede observar la presencia de días con mala calidad del aire (rojo) por este contaminante aunque en un porcentaje inferior al observado en el caso de las partículas. En este caso el porcentaje de días con mala calidad del aire fue de entre 2% y 3% del total de días del año 2015.

A nivel de ciudad o municipio la Tabla 11.3 muestra el porcentaje de días del año 2015 con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y de 24 horas de partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}). Estimación hecha sobre la base del número de días o muestreos con información válida y suficiente en 2015, no sobre el número total de días o de muestreos manuales posibles en el año. En ella se aprecia que las partículas PM_{2.5} son el contaminante que con mayor frecuencia determina una condición de mala calidad del aire en Atitalaquia, Atotonilco, Tepeji del Río y Tula de Allende, en tanto que en Tizayuca y Tlaxcoapan son las PM₁₀ y en Pachuca el ozono. Llama la atención que en Atotonilco de Tula más del 70% de los muestreos realizados en el año reportaron concentraciones superiores al límite normado de PM_{2.5}, lo que supone un riesgo importante a la salud de la población.

Tabla 11.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y de 24 horas de PM₁₀ y PM_{2.5}.

Ciudad	PM ₁₀ *			PM _{2.5} *			O ₃ **		
	No de días con datos válidos	No de días > 75 µg/m³	% Días > 75 µg/m³	No de días con datos válidos	No de días > 45 µg/m³	% Días > 45 µg/m³	No de días con datos válidos	No de días > 0.095 ppm	% Días > 0.095 ppm
Ajacuba	5	0	0%	□	□	□	□	□	□
Atitalaquia	x	x	x	45	16	36%	x	x	x
Atotonilco	x	x	x	46	34	74%	356	11	3%
Lolotla	□	□	□	49	0	0%	□	□	□
Pachuca	54	0	0%	x	x	x	295	7	2%
Tepetitlán	46	0	0%	□	□	□	□	□	□
Tepeji del Río	x	x	x	34	7	21%	x	x	x
Tizayuca	50	2	4%	x	x	x	331	6	2%
Tlaxcoapan	54	1	2%	x	x	x	x	x	x
Tula de Allende	x	x	x	47	8	17%	322	9	3%
Xochicoatlán	□	□	□	52	0	0%	□	□	□
Zapotlán	54	0	0%	□	□	□	□	□	□

* Estimado con datos provenientes de monitoreo manual.

** Estimado con datos provenientes de monitoreo automático.

X = No se recibió información sobre este contaminante.

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

Se identificaron problemas de calidad del aire por ozono en Atotonilco, Pachuca, Tizayuca y Tula de Allende. En los cuatro sitios se rebasaron los dos límites normados (1 y 8 horas).

El indicador de número de días con calidad del aire buena, regular y mala, deja ver la posibilidad de que existan problemas por PM₁₀ en Tlaxcoapan y Tizayuca, así como por PM_{2.5} en Atitalaquia, Atotonilco, Tula de Allende y Tepeji del Río. Esta situación, sin embargo, no se ve reflejada en incumplimiento de Norma porque no se satisface el criterio de suficiencia de datos que establece la misma.

En Atotonilco de Tula más del 70% de los muestreos realizados reportaron concentraciones superiores al límite normado de PM_{2.5}, lo que supone un riesgo para la salud de la población.

No se dispuso en el INECC de la información generada por los equipos de monitoreo automático de partículas suspendidas (PM₁₀ y PM_{2.5}) para su análisis.

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

12.1 Información general.

En el año 2015 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 12.1 y Figura 12.1).

En este informe se incluye la información del año 2015 proporcionada por la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial del Estado de Jalisco.

Tabla 12.1 Estaciones que conformaron el SMCA de Jalisco en el año 2015 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. 2011	✓	□	✓	✓	✓	✓
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. 2013	✓	✓	✓	✓	✓	✓

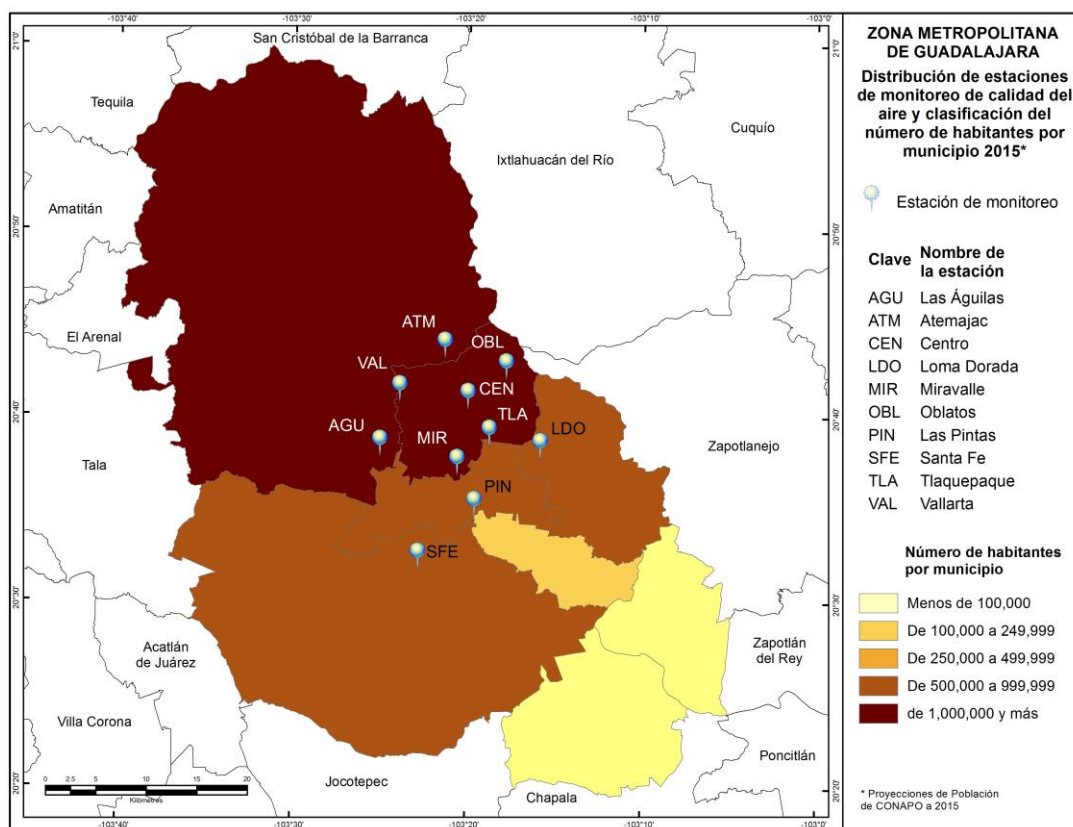
Aut. = Equipo automático

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

✓ = Cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.

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

Figura 12.1 Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de la ZMG, 2015.



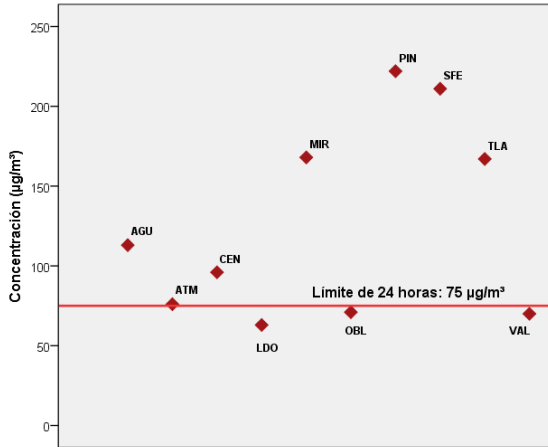
12.2 Diagnóstico general de la calidad del aire.

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en la ZMG para el año 2015 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas (NOM) en la materia 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.

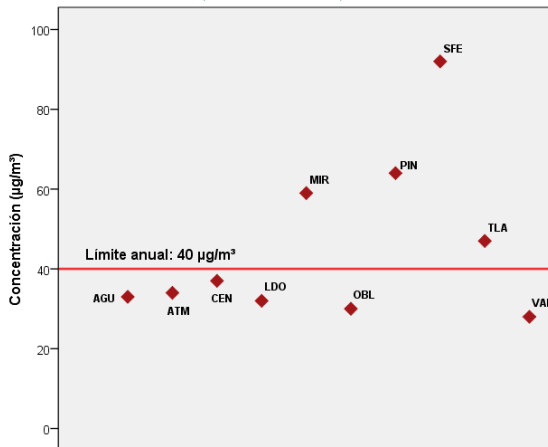
En esta sección se analiza el cumplimiento de las NOM para cada contaminante en la ZMG. Los resultados se presentan para aquellas estaciones de monitoreo donde se produjo información suficiente para hacer tal evaluación. Los valores normados usados como referencia para realizar la evaluación de cumplimiento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

Límite de 24 horas
(Máximo de los promedios de 24 horas)



El límite de 24 horas de PM_{10} fue rebasado en siete de las diez estaciones de monitoreo automático de la ZMG, destacando el caso de las estaciones Las Pintas – PIN, en El Salto y Santa Fe – SFE, en Tlajomulco de Zúñiga, en donde las concentraciones máximas fueron de $222 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $211 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente, equivalentes a casi tres veces el valor normado.

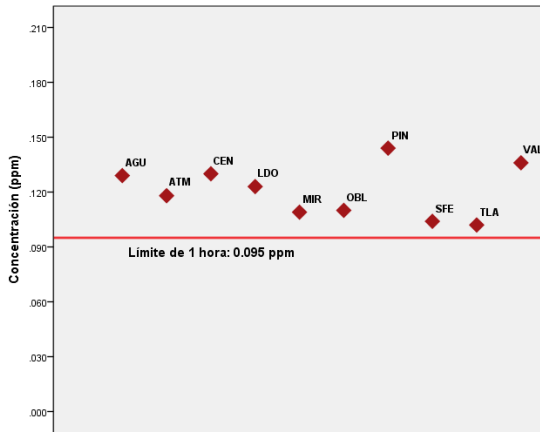
Límite anual
(Promedio anual)



El límite anual de PM_{10} fue rebasado en las estaciones Miravalle – MIR (en Guadalajara), Las Pintas – PIN (en El Salto), Santa Fe – SFE (en Tlajomulco) y Tlaquepaque – TLA (en el municipio del mismo nombre), con concentraciones de $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $64 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $92 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. La concentración máxima registrada en la estación SFE equivale a 2.3 veces el valor normado.

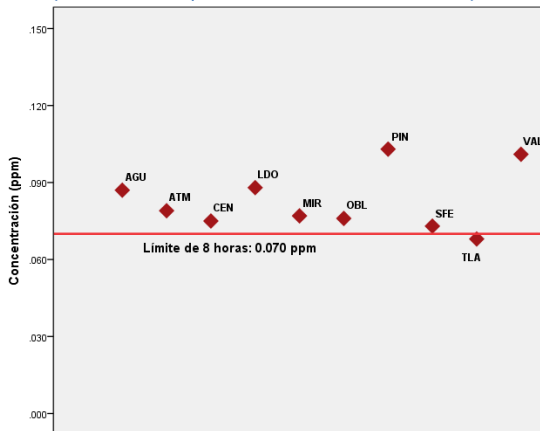
Ozono - O₃

Límite de 1 hora
(Máximo horario)



El valor límite de una hora de ozono se rebasó en las diez estaciones de monitoreo, con concentraciones que oscilaron entre 0.102 ppm en la estación TLA (Tlaquepaque) y 0.144 ppm en la estación PIN (Las Pintas), las cuales son entre 7% y 52% mayores a dicho límite.

Límite de 8 horas
(Máximo del promedio móvil de 8 horas)



El límite de ocho horas sólo se cumplió en la estación de monitoreo Tlaquepaque - TLA. En todas las demás dicho límite fue rebasado con concentraciones que oscilaron entre 0.073 ppm en la estación Santa Fe - SFE y 0.103 en la estación Las Pintas - PIN, las cuales son entre 4% y 47% superiores al límite en cuestión.

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:

- En la Norma de Salud Ambiental para partículas se establece que un sitio cumple con lo establecido en la misma para PM₁₀ si cumple con los límites de 24 horas y anual, por ello en el año 2015 esta norma sólo se cumplió en las estaciones de monitoreo LDO, OBL y VAL. En las siete estaciones restantes, al menos uno de los límites normados fue rebasado por lo que se incumplió dicha Norma.

- En cuanto a $PM_{2.5}$, sólo se tuvo información disponible para la estación de monitoreo SFE, pero esta no cumplió con el criterio de suficiencia de datos para poder llevar a cabo la evaluación de cumplimiento de Norma. 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 cuales estuvieron asociados a la falta de mantenimiento de los mismos por escasez de insumos para llevarlo a cabo.
- La Norma de ozono no se cumplió en ninguna de las 10 estaciones de monitoreo. En nueve de las diez estaciones se rebasaron los dos límites normados (1 y 8 horas) y en la estación restante se rebasó el límite de una hora.

Tabla 12.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en la Zona Metropolitana de Guadalajara, en el año 2015.

Contaminante	Límite normado		Estación									
			ATM	CEN	AGU	PIN	LDO	MIR	OBL	SFE	TLA	VAL
⁽¹⁾ PM_{10}	24 hrs	Máximo $\leq 75 \mu g/m^3$	76	96	113	222	63	168	71	211	167	70
	Anual	Promedio $\leq 40 \mu g/m^3$	34	37	33	64	32	59	30	92	47	28
⁽¹⁾ $PM_{2.5}$	24 hrs	Máximo $\leq 45 \mu g/m^3$	INV	INV	INV	□	□	INV	□	DI	INV	INV
	Anual	Promedio $\leq 12 \mu g/m^3$	INV	INV	INV	□	□	INV	□	DI	INV	INV
⁽²⁾ O_3	1 hr	Máximo $\leq 0.095 \text{ ppm}$	0.118	0.130	0.129	0.144	0.123	0.109	0.110	0.104	0.102	0.136
	8 hrs	Máximo $\leq 0.070 \text{ ppm}$	0.079	0.075	0.087	0.103	0.088	0.077	0.076	0.073	0.068	0.101

⁽¹⁾NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a).

⁽²⁾NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b).

DI = Datos insuficientes.

INV = Datos invalidados por responsables del SMCA.

■ = Cumple con el límite normado.

■ = No cumple con el límite normado.

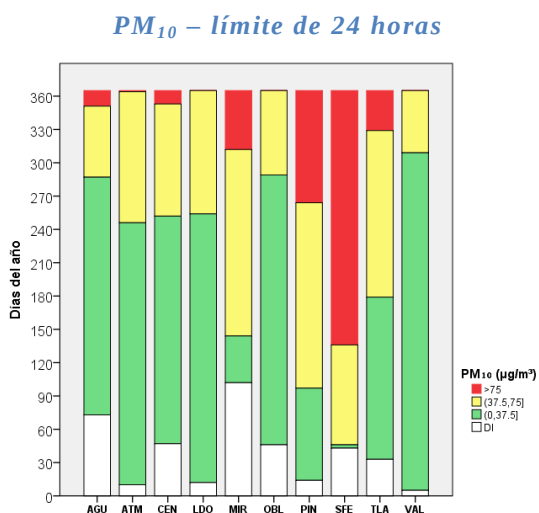
- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas o 24 horas, de acuerdo al contaminante y límite normado. En el caso de PM_{10} y $PM_{2.5}$ el promedio anual se obtiene a partir del dato diario registrado en cada estación de monitoreo a lo largo del año.
- Las NOM de partículas y ozono se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen los dos límites normados.

12.2.2 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:

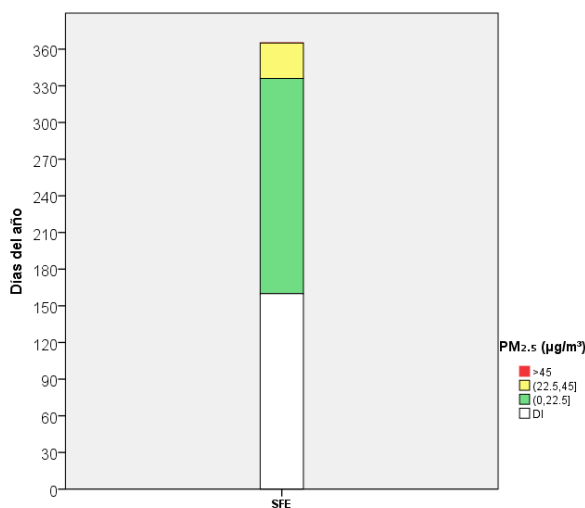
- ✓ No excedieron el valor diario normado (verde).
- ✓ No excedieron el valor diario normado, pero se encuentran cercanas a este valor (amarillo).
- ✓ Excedieron el valor diario normado (rojo).
- ✓ No se contó con información suficiente para evaluar el cumplimiento de alguna de las condiciones anteriores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

El dato base para construir este indicador es la concentración máxima del día (por ejemplo, promedio de una hora 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 3.2.2.2 del Capítulo 3 Metodología para la generación de indicadores.



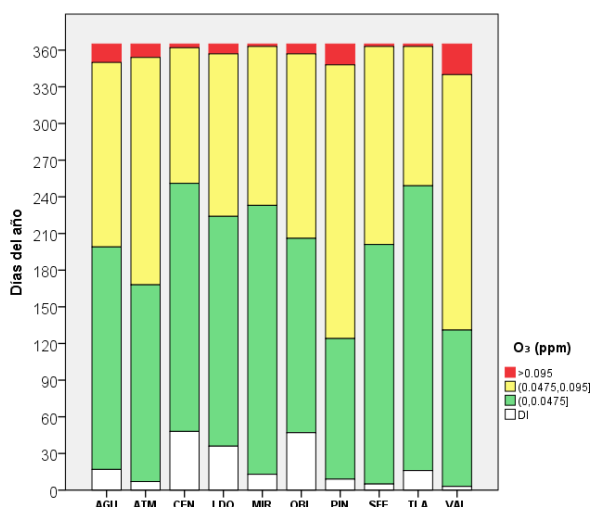
Las estaciones en donde se presentaron días con mala calidad del aire por PM₁₀ con mayor frecuencia fueron SFE (en Tlajomulco de Zúñiga) con 229, PIN (en El Salto) con 101 y MIR (en Guadalajara) con 53. Por el contrario, los días con buena calidad del aire (verde) fueron más comunes en VAL (Zapopan) con 304, OBL (Guadalajara) con 243 y LDO (Tonalá) con 242 días.

PM_{2.5} – límite de 24 horas



En la estación de monitoreo SFE predominaron los días con buena calidad del aire por PM_{2.5} (176 días), seguidos de los días con calidad del aire regular (29 días). Sin embargo, en más del 40% de los días del año 2015 no fue posible generar el indicador por insuficiencia de datos (blanco).

O₃ – límite de 1 hora



En todas las estaciones de monitoreo se registraron días con mala calidad del aire (rojo) por ozono, siendo esta situación más frecuente en la estación Vallarta - VAL con 25 días, seguida de las estaciones Las Pintas - PIN con 17 días y Las Águilas - AGU con 15 días. Los días con buena calidad del aire (verde) por ozono fueron superiores al 50% del total de días del año 2015 en las estaciones de monitoreo AGU, Centro - CEN, Loma Dorada - LDO, Miravalle - MIR, Santa Fe - SFE y Tlaquepaque -TLA.

A nivel de toda la zona metropolitana la Tabla 12.3 muestra el porcentaje de días del año 2015 con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y de 24 horas de partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}). En ella se aprecia que el contaminante que con mayor frecuencia determina una condición de mala calidad del aire en la zona son las PM₁₀ seguidas del O₃.

Tabla 12.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y de 24 horas de PM₁₀ y PM_{2.5}.

Zona metropolitana	PM ₁₀ *			PM _{2.5} *			O ₃ *		
	No de días con datos válidos	No de días > 75 µg/m³	% Días > 75 µg/m³	No de días con datos válidos	No de días > 45 µg/m³	% Días > 45 µg/m³	No de días con datos válidos	No de días > 0.095 ppm	% Días > 0.095 ppm
ZMG	365	250	68%	205	0	0%	365	46	13%

* Estimado con datos provenientes de monitoreo automático.

En la entidad persisten los problemas de calidad del aire tanto por O₃ (no se cumple la Norma en ninguna estación de monitoreo), como por partículas PM₁₀ (la norma sólo se cumple en tres de las 10 estaciones de monitoreo).

Considerando la frecuencia con la que se rebasa el límite normado de 24 hora de PM₁₀, el problema más severo de calidad del aire por este contaminante se presenta en la estación de monitoreo SFE (localizada en Tlajomulco de Zúñiga) ya que esta situación se presentó en más del 60% de los días del año 2015 y en ocasiones lo hizo con concentraciones tan elevadas que llegaron a ser equivalentes a tres veces el límite normado.

En cuanto a PM_{2.5}, sólo se tuvo información disponible para la estación de monitoreo SFE, pero esta no cumplió con el criterio de suficiencia de datos para poder llevar a cabo la evaluación de cumplimiento de Norma. 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.

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

13.1 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 2015 por tres estaciones de monitoreo que se ubican en la ciudad de Morelia. Una en el centro histórico (ECH), una en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (ECU) y otra más en el Laboratorio Estatal de Salud Pública (LAB). La Tabla 13.1 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 13.1, muestra su ubicación geográfica.

En este informe sólo se incluye el análisis de la información generada en el año 2015 por las estaciones de monitoreo ubicadas en el centro histórico y en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, enviada al INECC por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Gobierno del Estado y la propia Universidad, respectivamente. La información de la estación ubicada en el Laboratorio Estatal de Salud Pública no fue enviada al INECC.

Tabla 13.1 Estaciones que conformaron el SMCA de Michoacán en el año 2015 y capacidades de medición de contaminantes.

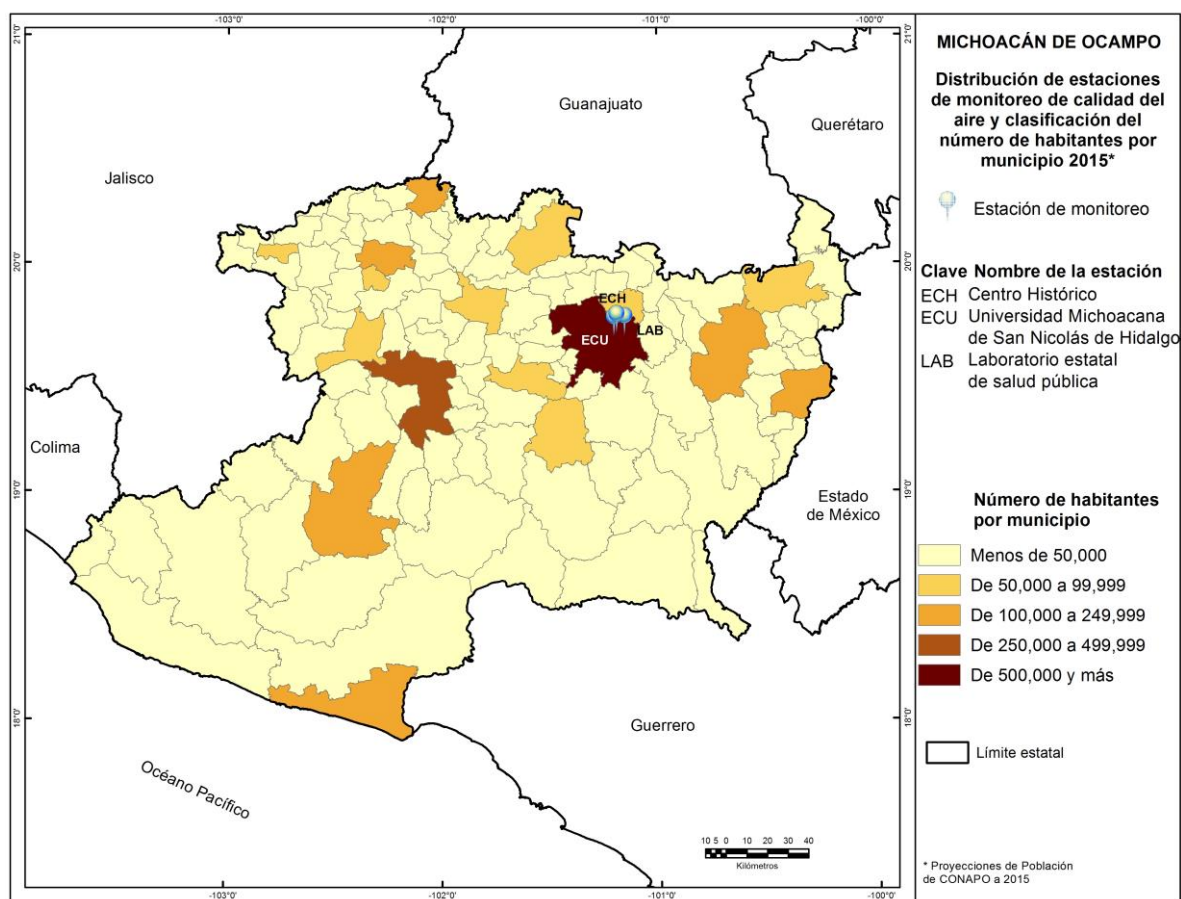
Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes					
			PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	SO ₂	NO ₂	CO
Centro histórico	ECH	Aut. 2005	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo	ECU	Aut. 2013	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Laboratorio Estatal de Salud Pública	LAB	Aut. 2015	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Aut. = Equipo automático.

✓ = 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 13.1 Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Michoacán, 2015.



13.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

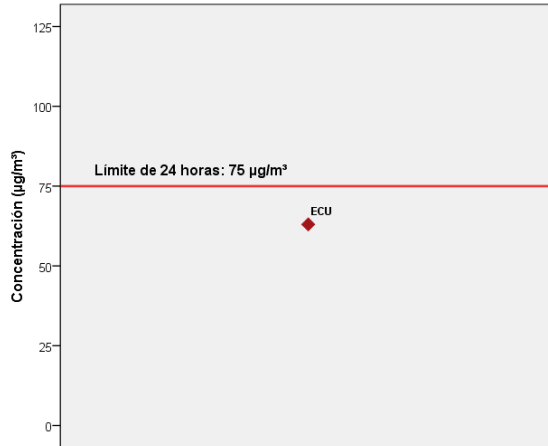
Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en la ciudad de Morelia, Michoacán para el año 2015 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas (NOM) en la materia y el número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación 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. 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.

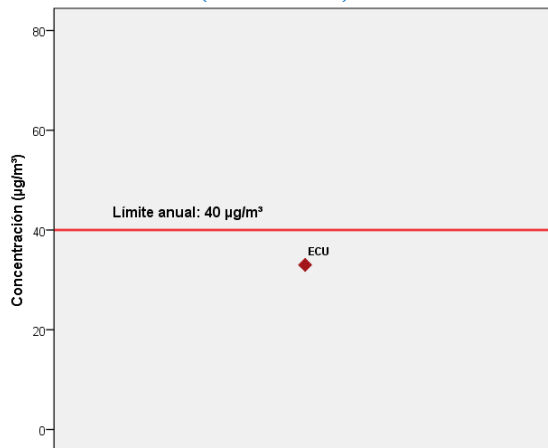
Partículas - PM_{10}

Límite de 24 horas
(Máximo de los promedios de 24 horas)

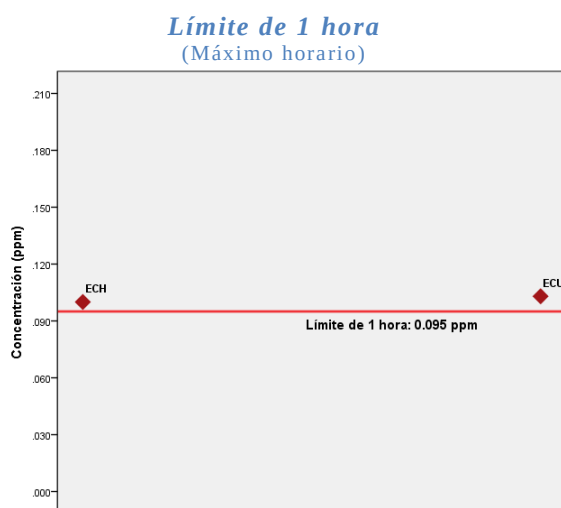


La concentración máxima de PM_{10} , como promedio de 24 horas, registrada en la estación de monitoreo ubicada en la Universidad Michoacana en el año 2015 fue de $63 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que es 26% inferior al límite normado.

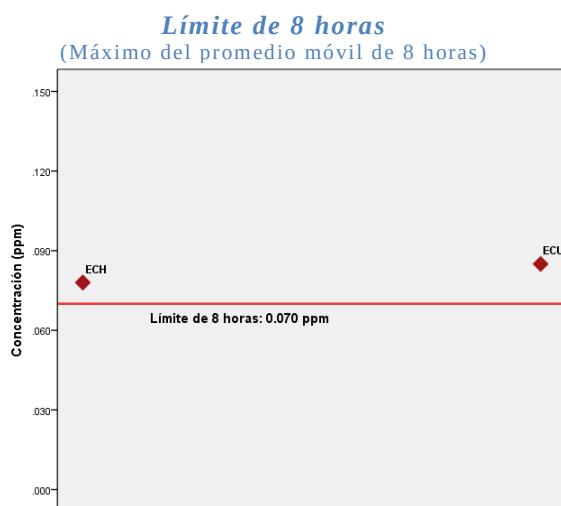
Límite anual
(Promedio anual)



El límite anual de PM_{10} tampoco se rebasó durante al año 2015. En la estación ubicada en la Universidad Michoacana se registró un promedio anual de $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que es 18% inferior al límite de norma.

Ozono – O₃


El límite normado de 1 hora de O₃ fue rebasado en las dos estaciones de monitoreo donde fue posible realizar la evaluación de cumplimiento en el año 2015. En la estación ubicada en el Centro Histórico (ECH) la concentración fue de 0.100 ppm y en la de la Universidad (ECU) de 0.103 ppm, las cuales son 5% y 8% superiores al límite en cuestión, respectivamente.



El límite normado de 8 horas de ozono también se rebasó en ambas estaciones de monitoreo, con concentraciones de 0.078 ppm en la estación ECH y de 0.085 ppm en la estación ECU. Dichas concentraciones son superiores al límite normado en un 4% y 21%, respectivamente.

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:

- La evaluación de cumplimiento de la Norma de PM₁₀ sólo se pudo realizar en la estación de monitoreo ubicada en la Universidad Michoacana y los resultados fueron favorables.
- El cumplimiento de los límites normados de PM_{2.5} no se pudo evaluar en ninguna de las estaciones de monitoreo ya sea porque la información generada no cumplió con los criterios de suficiencia de datos establecidos en la Norma misma o bien, porque la información no estuvo disponible.

- La norma de ozono sólo se pudo evaluar en dos de las tres estaciones de monitoreo con capacidad de medición de este contaminante y en ninguna de ellas se cumplió con la misma. De hecho, en ambas estaciones se rebasaron los dos límites normados (1 y 8 horas), con concentraciones que fueron ligeramente superiores a dichos límites.

Tabla 13.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Morelia, en el año 2015.

Contaminante	Límite normado		ECH	ECU	LAB
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m ³	INV	63	IND
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m ³	INV	33	IND
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m ³	DI	DI	IND
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m ³	DI	DI	IND
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	0.100	0.103	IND
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	0.078	0.085	IND

⁽¹⁾NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a); ⁽²⁾ NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b).

DI = Datos insuficientes; INV = Datos invalidados por responsables del SMCA; IND = Información no disponible.

■ = Cumple con el límite normado.

■ = No cumple con el límite normado.

- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas o 24 horas, de acuerdo al contaminante y límite normado. En el caso de PM₁₀ y PM_{2.5} el promedio anual se obtiene a partir del dato diario registrado en cada estación de monitoreo a lo largo del año.
- Las NOM de partículas y ozono se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen los dos límites normados.

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

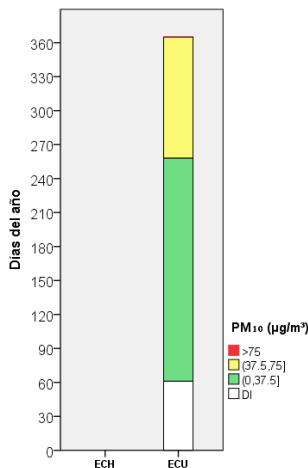
Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en términos del número de días con concentraciones superiores a los límites normados, así como la tendencia que presentan las concentraciones inferiores, pero cercanas, a estos valores. Los colores 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).

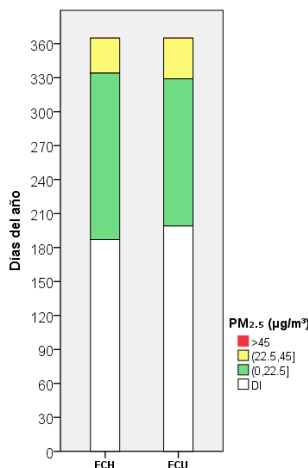
El dato base para construir este indicador es la concentración máxima del día (por ejemplo, promedio de una hora o 24 horas, dependiendo del contaminante que se trate), en cada estación de monitoreo. Para ver el detalle sobre la construcción de este indicador, diríjase a la sección 3.2.2.2 del Capítulo 3 Metodología para la generación de indicadores.

PM₁₀ – límite de 24 horas



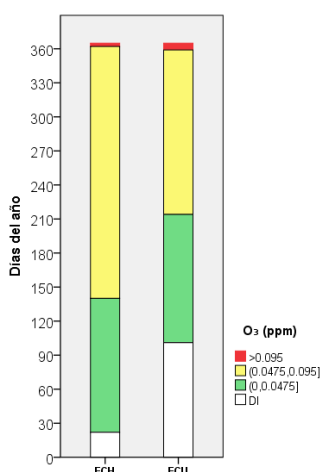
La figura muestra que en la estación de monitoreo ECU (ubicada en Ciudad Universitaria), predominaron los días con buena calidad del aire (verde), seguidos de los días con calidad del aire regular (amarillo) y de los días con información insuficiente (blanco). Los porcentajes de ocurrencia de cada categoría fueron 54%, 29% y 17%, respectivamente. No se presentaron días con mala calidad del aire (rojo) por PM₁₀.

PM_{2.5} – límite de 24 horas



Las dos estaciones de monitoreo que generaron información sobre las concentraciones ambientales de PM_{2.5} en Morelia, lo hicieron para menos del 50% de días de 2015. Sin embargo, la información disponible muestra claramente que en ambos casos predominan los días con buena calidad del aire (verde), aunque esto no se refleje en la evaluación de cumplimiento de norma por no cumplir con el criterio de suficiencia de datos.

O₃ - límite de 1 hora



Con respecto a ozono, tanto en la estación ECH como en ECU se registraron días con mala calidad del aire (rojo). En el primer caso fueron 3 días y en el segundo 6 días, lo que representó el 1% y 2% de los días del año, respectivamente. En ambos casos también se observa que predominaron los días con calidad del aire regular (amarillo), seguidos de los días con buena calidad del aire (verde).

A nivel de toda la ciudad, la Tabla 13.3 muestra el porcentaje de días del año 2015 con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y de 24 horas de partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}). Estimación hecha sobre la base del número de días con información válida y suficiente en 2015. En ella se aprecia que el único contaminante que determinó una condición de mala calidad del aire en la ciudad fue el ozono.

Tabla 13.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y de 24 horas de PM₁₀ y PM_{2.5}.

Ciudad	PM ₁₀ [*]			PM _{2.5} [*]			O ₃ [*]		
	No de días con datos válidos	No de días > 75 µg/m ³	% Días > 75 µg/m ³	No de días con datos válidos	No de días > 45 µg/m ³	% Días > 45 µg/m ³	No de días con datos válidos	No de días > 0.095 ppm	% Días > 0.095 ppm
Morelia	304	0	0%	196	0	0%	361	8	2%

* Estimado con datos provenientes de monitoreo automático.

En la entidad se identificaron problemas de calidad del aire por O_3 , pues no se cumplió la Norma de calidad del aire de este contaminante en ninguna de las dos estaciones de monitoreo donde fue posible realizar dicha evaluación de cumplimiento. De hecho, en ambas estaciones se rebasaron los dos límites normados. El número de días en que se rebasó el límite normado de 1 hora fue de 6 en una estación y 3 en otra, y las concentraciones horarias máximas alcanzadas en 2015 en cada estación fueron 3% y 5% superiores al límite normado.

Es fundamental mejorar el desempeño de este SMCA en cuanto a la medición de partículas suspendidas (PM_{10} y $PM_{2.5}$), pues los datos generados con respecto a estos contaminantes en 2015 no cumplieron con el criterio de suficiencia de datos para realizar la evaluación del cumplimiento de Norma o bien fueron invalidados por problemas operativos con los equipos.

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

14.1 Información general.

En el año 2015 el sistema de monitoreo de la calidad del aire (SMCA) de Morelos, a cargo de la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Gobierno del Estado, estuvo integrado por las estaciones de monitoreo automático localizadas en los municipios de Cuernavaca (Palacio de gobierno), Cuautla (Palacio municipal), Ocuiluco (Palacio municipal) y Zacatepec (Instituto Tecnológico). La Tabla 14.1 muestra las capacidades de medición de contaminantes en cada estación de monitoreo, y el año en que cada una de ellas inició su operación. La Figura 14.1, por su parte, muestra la ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo que conformaron este SMCA en 2015.

Tabla 14.1 Estaciones que conformaron el SMCA de Morelos en el año 2015 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 Ocuiluco	PMNO	Aut. 2001	✓	□	✓	✓	✓	✓
Instituto Tecnológico de Zacatepec	TEC	Aut. 2007	✓	□	✓	✓	✓	✓

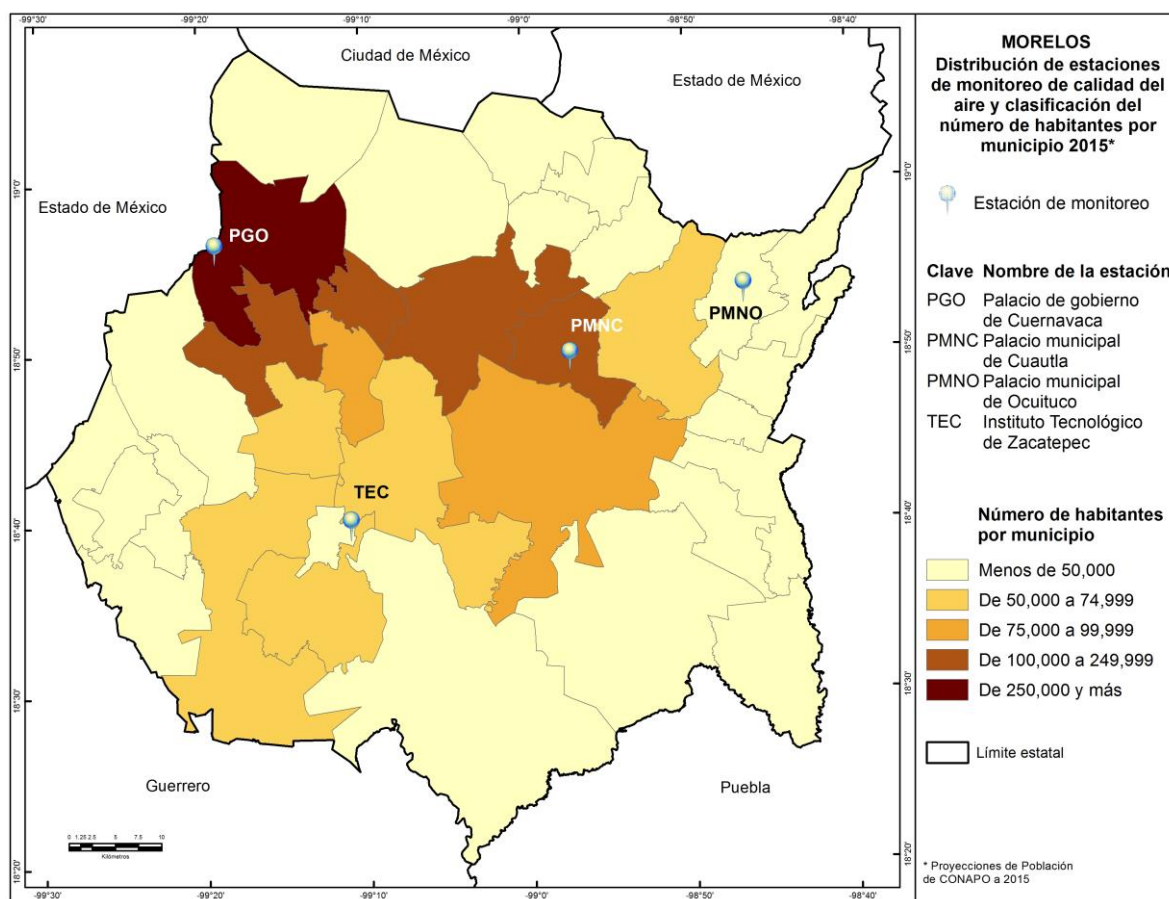
Aut. = Equipo automático.

□ = 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 14.1. Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Morelos, 2015.

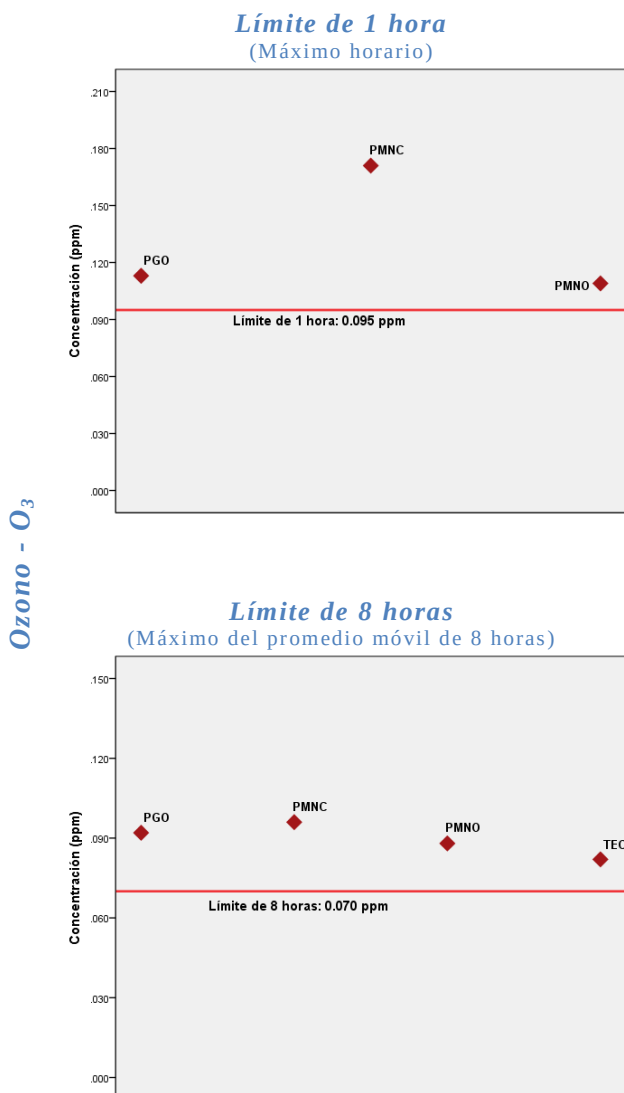


14.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Morelos para el año 2015 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en la materia 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 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.



En todas las estaciones de monitoreo donde fue posible la evaluación de cumplimiento de la NOM de ozono se encontraron concentraciones promedio horarias máximas que fueron superiores al límite normado (0.095 ppm), alcanzándose la concentración más alta en la estación PMNC que se ubica en el municipio de Cuautla. Dicha concentración fue de 0.171 ppm, que es 80% superior al límite normado.

El límite de ocho horas (0.070 ppm), por su parte se rebasó en todas las estaciones de monitoreo con concentraciones que oscilaron entre 0.082 ppm (en la estación TEC, localizada en Zacatepec) y 0.096 ppm (en la estación PMNC, ubicada en Cuautla).

La Tabla 14.2 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 se contó con información suficiente para evaluar el cumplimiento de la norma de ozono y los resultados indican que en ninguna estación se cumplió con la misma.

De acuerdo con información recibida de parte de las autoridades responsables de la gestión de este SMCA, la operación de las estaciones de monitoreo ha sido interrumpida en diversas ocasiones debido a fallas presentadas por los equipos de medición. En particular en el año 2015, el equipo de medición de PM₁₀ de Ocuituco presentó fallas en el sistema de adquisición de datos y por ello no se tuvo suficiencia de información para evaluar el cumplimiento de norma. En el caso de Cuernavaca

el equipo de medición de PM_{10} presentó diversas fallas y dejó de operar, por lo que en septiembre se tomó la decisión de trasladar el equipo de medición de este contaminante de Zacatepec a Cuernavaca por considerarlo un sitio de mayor prioridad para realizar el monitoreo; sin embargo, esta situación derivó en que en ninguno de los sitios se cumpliera con el criterio de suficiencia de datos para poder llevar a cabo la evaluación de cumplimiento de la norma respectiva.

Tabla 14.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Morelos, en el año 2015.

Contaminante	Límite normado		Cuernavaca	Cuautla	Ocuituco	Zacatepec
			PGO	PMNC	PMNO	TEC
⁽¹⁾ PM_{10}	24 hrs	Máximo $\leq 75 \mu g/m^3$	DI	□	DI	DI
	Anual	Promedio $\leq 40 \mu g/m^3$	DI	□	DI	DI
⁽¹⁾ $PM_{2.5}$	24 hrs	Máximo $\leq 45 \mu g/m^3$	□	□	□	□
	Anual	Promedio $\leq 12 \mu g/m^3$	□	□	□	□
⁽²⁾ O_3	1 hr	Máximo $\leq 0.095 \text{ ppm}$	0.113	0.171	0.109	DI
	8 hrs	Máximo $\leq 0.070 \text{ ppm}$	0.092	0.096	0.088	0.082

⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a);

⁽²⁾ NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b).

DI = Datos insuficientes.

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

■ = Cumple con el límite normado.

■ = No cumple con el límite normado.

- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas o 24 horas, de acuerdo al contaminante y límite normado. En el caso de PM_{10} y $PM_{2.5}$ el promedio anual se obtiene a partir del dato diario registrado en cada estación de monitoreo a lo largo del año.
- Las NOM de partículas y ozono se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen los dos límites normados.

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

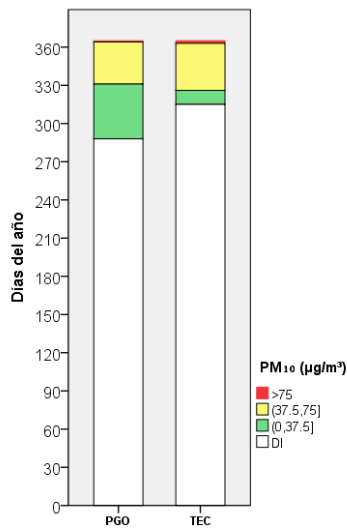
Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en términos del número de días con concentraciones superiores a los límites normados, así como la tendencia que presentan las concentraciones inferiores, pero cercanas, a estos valores. Los colores 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).

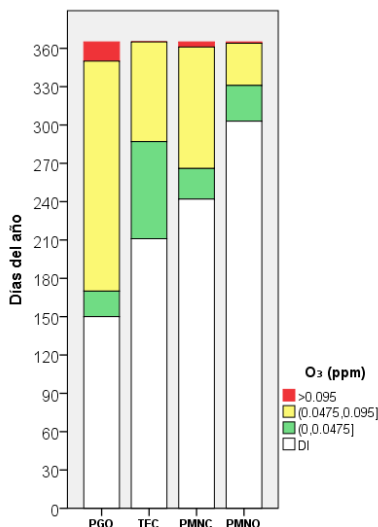
El dato base para construir este indicador es la concentración máxima del día (por ejemplo, promedio de una hora o 24 horas, dependiendo del contaminante que se trate), en cada estación de monitoreo. Para ver el detalle sobre la construcción de este indicador, diríjase a la sección 3.2.2.2 del Capítulo 3 Metodología para la generación de indicadores.

PM₁₀ – límite de 24 horas



En las dos estaciones de monitoreo que reportaron información sobre PM₁₀ (estación TEC, ubicada en Zacatepec, estación PGO de Cuernavaca) se registraron días con mala calidad del aire (rojo), en 2015, en la primera fueron 2 días y en la segunda 1 día. Por otra parte, en la estación PGO, el 12% de los días del año tuvieron buena calidad del aire (verde) y en 9% días con calidad del aire regular (amarillo). En ambas estaciones el porcentaje de días con información insuficiente (blanco) fue de 79% y 86%, respectivamente

O₃ - límite de 1 hora



Días con mala calidad del aire por ozono (rojo) se presentaron en las estaciones PGO de Cuernavaca (15 días), PMNC de Cuautla (cuatro días) y PMNO de Ocuilco (un día). En tanto que en TEC predominaron los días con calidad del aire regular (amarillo) con un total de 78. En todos los casos el porcentaje de días con información insuficiente (blanco) para generar el indicador fue superior al 40%.

A nivel de ciudad la Tabla 14.3 muestra el porcentaje de días del año 2015 con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y de 24 horas de partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}). Estimación hecha sobre la base del número de días con información válida y suficiente en 2015. En ella se aprecia que las partículas PM₁₀ son el contaminante que con mayor frecuencia determina una condición de mala calidad del aire en Zacatepec, así como lo es el ozono para Cuernavaca, Cuautla y Ocuiluco.

Tabla 14.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y de 24 horas de PM₁₀ y PM_{2.5}.

Ciudad	PM ₁₀ *			PM _{2.5}			O ₃ *		
	No de días con datos válidos	No de días > 75 µg/m ³	% Días > 75 µg/m ³	No de días con datos válidos	No de días > 45 µg/m ³	% Días > 45 µg/m ³	No de días con datos válidos	No de días > 0.095 ppm	% Días > 0.095 ppm
Cuautla	□	□	□	□	□	□	123	4	3%
Ocuiluco	x	x	x	□	□	□	62	1	2%
Cuernavaca	77	1	1%	□	□	□	215	15	7%
Zacatepec	50	2	4%	□	□	□	154	0	0%

* Estimado con datos provenientes de monitoreo automático.

x = No se recibió información sobre este contaminante.

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

La información disponible permite identificar con claridad la existencia de problemas de calidad del aire por ozono en los cuatro municipios que cuentan con equipos de medición de este contaminante, pues en ninguno de ellos se cumple con la norma correspondiente al ser rebasado al menos uno de los dos límites normados (1 y 8 horas). En el caso particular de Cuautla llama la atención que la concentración máxima reportada en el año 2015, como promedio de una hora, sea de 0.171 ppm que es 80% superior al límite normado y casi tan alto como el máximo reportado para el mismo año en la ZMVM que fue de 0.179 ppm.

Así mismo, se identifica una gran área de oportunidad para mejorar el desempeño de este SMCA en cuanto a la medición de partículas suspendidas PM₁₀, pues en ninguna de las tres estaciones de monitoreo que miden este contaminante (Cuernavaca, Ocuiluco y Zacatepec), se generó información suficiente para poder evaluar el cumplimiento de la Norma respectiva. A pesar de ello, el indicador sobre el porcentaje de días del año con concentraciones superiores al límite normado indica la presencia de días con concentraciones superiores a dicho límite tanto en Cuernavaca como en Zacatepec.

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

14.1 Información general.

En el año 2015 el sistema de monitoreo de la calidad del aire (SMCA) de Nayarit, a cargo de la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Estado, estuvo integrado por dos estaciones de monitoreo automático localizadas en el municipio de Tepic. 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. La Figura 15.1, por su parte, muestra la ubicación geográfica de dichas estaciones.

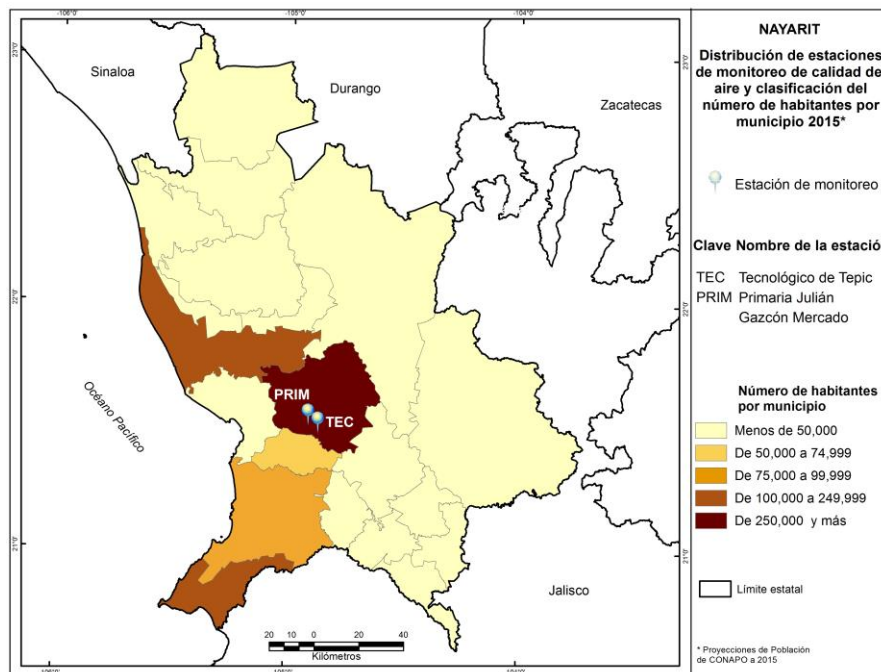
Tabla 15.1 Estaciones que conformaron el SMCA de Nayarit en el año 2015 y capacidades de medición de contaminantes.

Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes					
			PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	SO ₂	NO ₂	CO
Tecnológico de Tepic	TEC	Aut. 2015	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Primaria Julián Gascón Mercado	PRIM	Aut. 2015	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Aut. = Equipo automático; ✓ = Cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.

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

Figura 15.1. Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Nayarit, 2015.

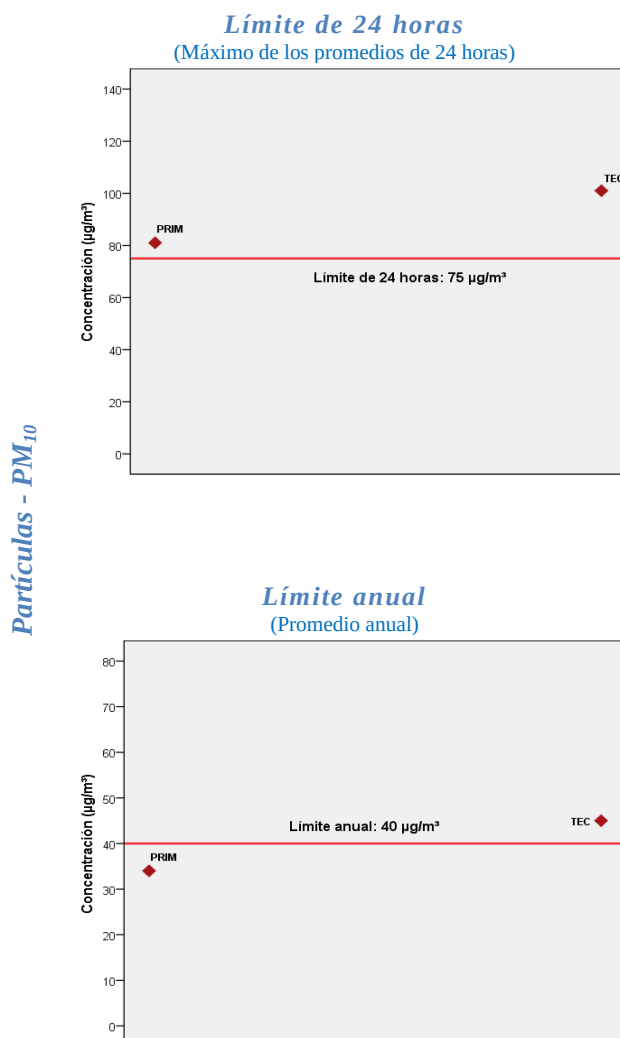


15.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Nayarit para el año 2015 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en la materia 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 Nayarit, específicamente en la ciudad de Nayarit. 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.

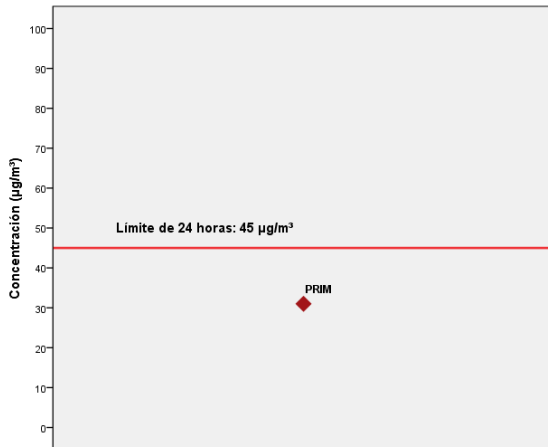


En 2015, la concentración máxima de PM₁₀, como promedio de 24 horas, registrada en las dos estaciones de monitoreo de Tepic fueron superiores al límite normado con valores de 81 µg/m³ en el caso de la estación PRIM y 101 µg/m³ en el caso de la estación TEC. Dichas concentraciones son superiores al límite normado en un 8% y un 35%, respectivamente.

El límite anual de PM₁₀ sólo se rebasó en la estación TEC y lo hizo con un promedio anual de 45 µg/m³, que es 13% superior al límite de norma.

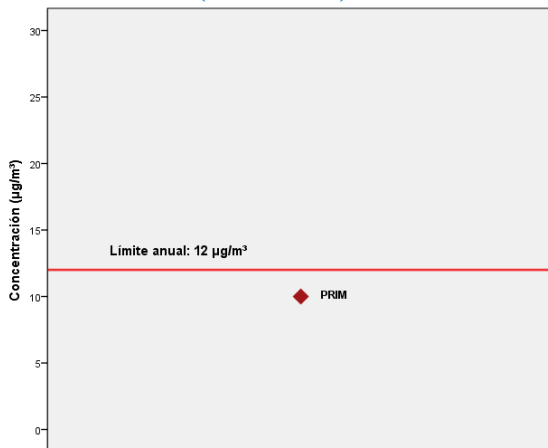
Partículas – $PM_{2.5}$

Límite de 24 horas
(Máximo de los promedios de 24 horas)



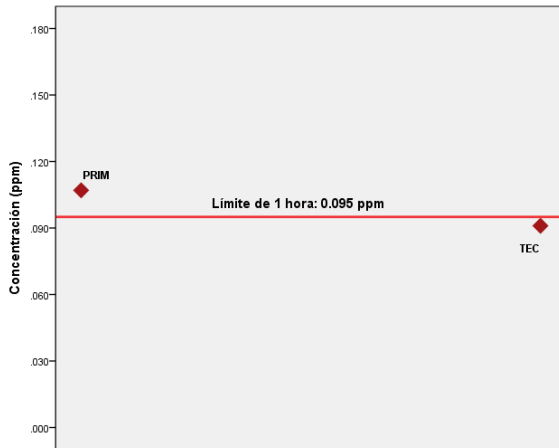
La evaluación de cumplimiento de norma con respecto a $PM_{2.5}$ sólo fue posible realizarla en la estación PRIM y en ella se encontró que el máximo de los promedios de 24 horas durante el año 2015 fue de $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$, poco más de 30% por debajo del límite normado.

Límite anual
(Promedio anual)



Por su parte, el promedio anual de $PM_{2.5}$, en la estación PRIM fue de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, el cual es 17% inferior al límite normado ($12 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

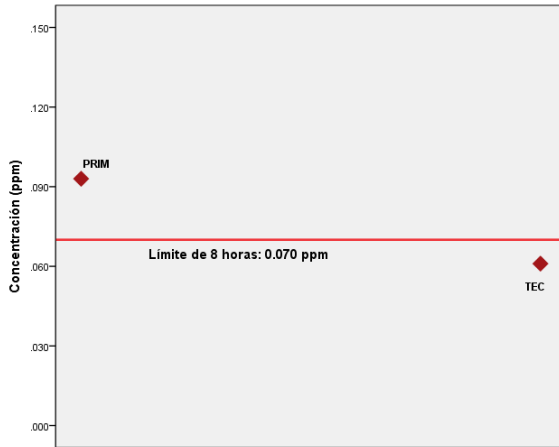
Límite de 1 hora
(Máximo horario)



El límite normado de una hora de ozono, se rebasó en la estación de monitoreo PRIM con una concentración de 0.107 ppm (que es 13% superior al límite referido), en tanto que en la estación TEC se mantuvo por debajo del mismo con una concentración de 0.061 ppm.

Ozono - O₃

Límite de 8 horas
(Máximo del promedio móvil de 8 horas)



El límite de ocho horas (0.070 ppm) por su parte también se rebasó únicamente en la estación PRIM con una concentración de 0.093 ppm, que es 32% superior al límite 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:

- En 2015 hubo incumplimiento de la Norma de PM₁₀ en las dos estaciones de monitoreo que operaron en la ciudad de Tepic, en tanto que la Norma de ozono sólo se rebasó en la estación PRIM.
- Aunque en la estación de monitoreo PRIM se cumple con el límite normado anual de PM₁₀, la Norma establece que para que un sitio cumpla con lo establecido en la misma se deben cumplir los límites normados (24 horas y anual). Por ello, la evaluación general en este sitio es de incumplimiento.

- Los dos límites normados de O₃ (1 y 8 horas), se rebasaron en la estación PRIM con concentraciones que fueron 13% y 24% superiores a dichos límites, respectivamente. Por otra parte, en la estación TEC las concentraciones registradas se mantuvieron por debajo de los límites en cuestión.
- Las concentraciones de PM_{2.5} en la única estación donde fue posible evaluar el cumplimiento de Norma (PRIM), se mantuvieron por debajo de los límites normados tanto de 24 horas como anual.

Tabla 15.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Nayarit, en el año 2015.

Contaminante	Límite normado		PRIM	TEC
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m ³	81	101
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m ³	34	45
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m ³	31	DI
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m ³	10	DI
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	0.107	0.091
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	0.093	0.061

⁽¹⁾NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a).

⁽²⁾NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b).

DI = Datos insuficientes.

■ = Cumple con el límite normado.

■ = No cumple con el límite normado.

- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas o 24 horas, de acuerdo al contaminante y límite normado. En el caso de PM₁₀ y PM_{2.5} el promedio anual se obtiene a partir del dato diario registrado en cada estación de monitoreo a lo largo del año.
- Las NOM de partículas y ozono se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen los dos límites normados.

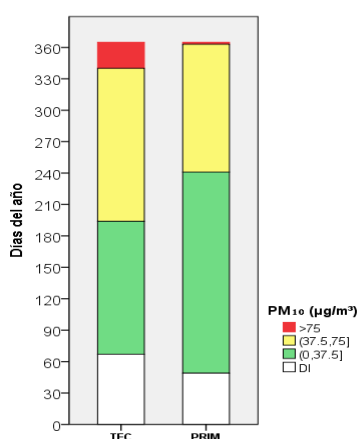
15.2.2 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala.

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).

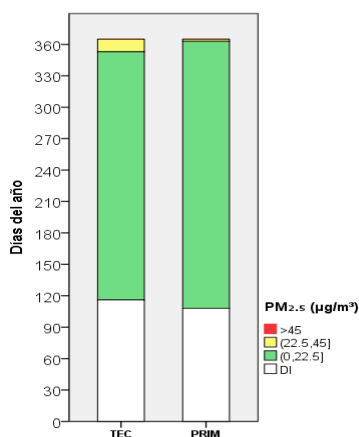
El dato base para construir este indicador es la concentración máxima del día (por ejemplo, promedio de una hora o 24 horas, dependiendo del contaminante que se trate), en cada estación de monitoreo. Para ver el detalle sobre la construcción de este indicador, diríjase a la sección 3.2.2.2 del Capítulo 3 Metodología para la generación de indicadores.

PM₁₀ – límite de 24 horas



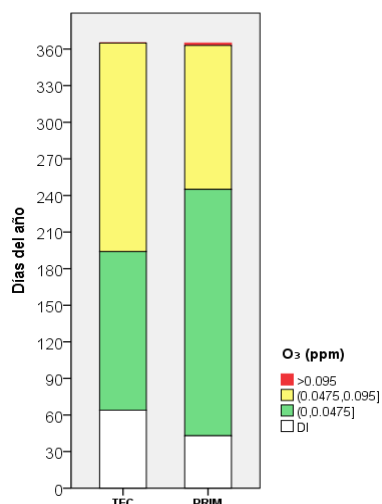
En las dos estaciones de monitoreo se registraron días con mala calidad del aire, los cuales representaron el 1% del total de días del año 2015 en la estación PRIM y el 7% en la estación TEC. A pesar de ello, en la primera dominaron los días con buena calidad del aire con el 55% del total de días en el año, y en la segunda los días con calidad del aire regular, con el 40% del total días.

PM_{2.5} – límite de 24 horas



La figura muestra claramente que en ambas estaciones de monitoreo dominaron los días con buena calidad del aire. De hecho, los días en esta condición representaron más del 65% del total de días de 2015 en ambas estaciones. Le siguen en importancia, sin embargo, los días con insuficiencia de datos para generar el indicador, con poco más del 30% de los días en ambas estaciones. Finalmente destaca también que en ningún caso se presentaron días con mala calidad del aire.

O₃ - límite de 1 hora



En la estación PRIM dominaron los días con buena calidad del aire (55%), seguidos de los días con calidad del aire regular (32%), días con datos insuficientes para estimar el indicador (12%) y días con mala calidad del aire (1%). En la estación TEC, por su parte, dominaron los días con calidad del aire regular (47%), seguidos de los días con calidad del aire buena (36%) y de los días con información insuficiente para generar el indicador (18%). Esto es, sólo en una estación hubo días con mala calidad del aire.

A nivel de toda la ciudad la Tabla 15.3 muestra el porcentaje de días del año 2015 con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y de 24 horas de partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}). En ella se aprecia que el contaminante que con mayor frecuencia determina una condición de mala calidad del aire en la ciudad son las PM₁₀ con el 8% de los días con datos válidos en esta condición.

Tabla 15.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y de 24 horas de PM₁₀ y PM_{2.5}.

Ciudad	PM ₁₀ *			PM _{2.5} *			O ₃ *		
	No de días con datos válidos	No de días > 75 µg/m ³	% Días > 75 µg/m ³	No de días con datos válidos	No de días > 45 µg/m ³	% Días > 45 µg/m ³	No de días con datos válidos	No de días > 0.095 ppm	% Días > 0.095 ppm
Tepic	328	25	8%	306	0	0%	334	2	1%

* Estimado con datos provenientes de monitoreo automático.

A pesar de tratarse de un Sistema de Monitoreo que recién consolidó sus procesos operativos, generó información validada suficiente para elaborar los indicadores usados en este documento, los cuales revelaron la existencia de problemas de calidad del aire tanto por O₃ como por PM₁₀. En las dos estaciones de monitoreo que conforman este SMCA, se incumplió la Norma de PM₁₀ y, sólo en una, la Norma de ozono.

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

16.1 Información general.

En el año 2015 el sistema de monitoreo de la calidad del aire (SMCA) de Nuevo León, a cargo de la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado, estuvo conformado por la Red de Monitoreo del Área Metropolitana de Monterrey (AMM), la cual 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 2015, 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 2015 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	✓	✓	✓	✓	✓	✓

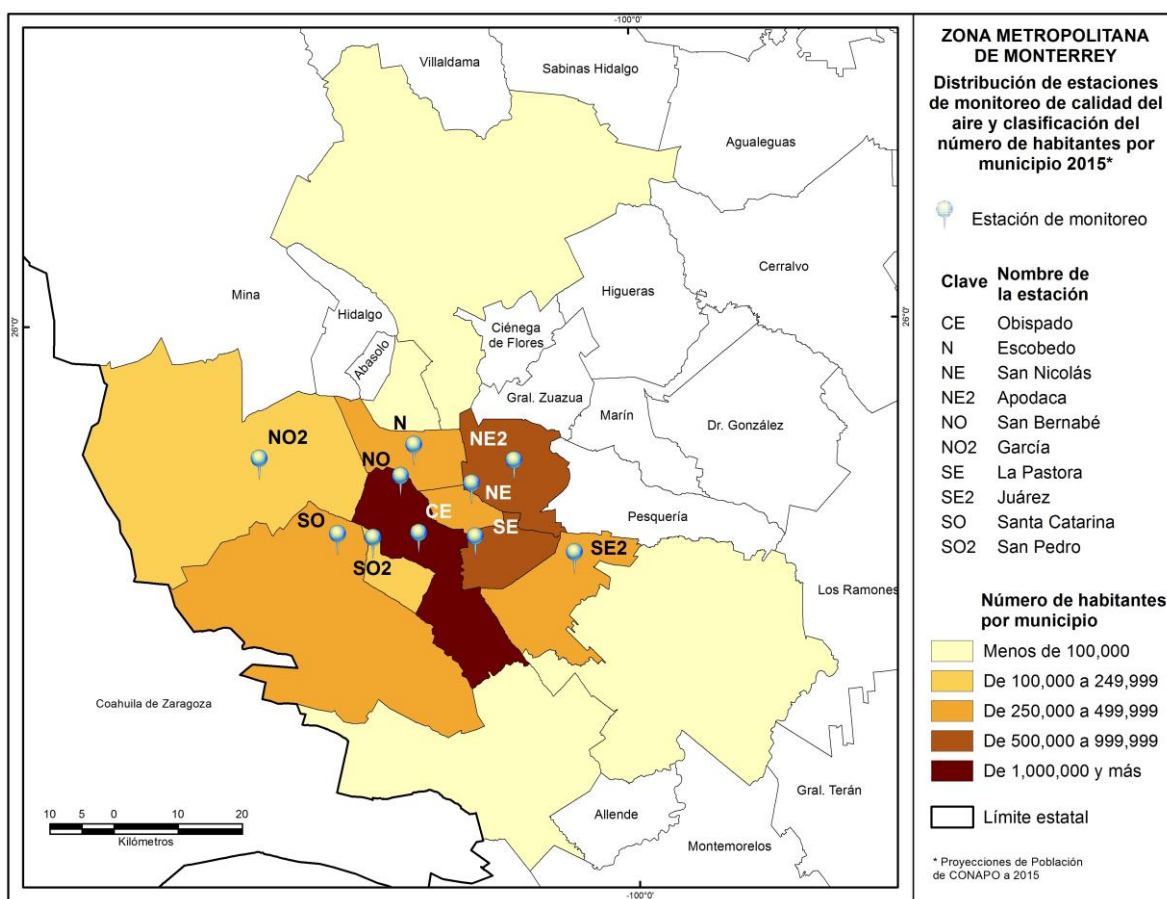
Aut. = Equipo automático.

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

✓ = 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 Nuevo León.

Figura 16.1 Red de Monitoreo de la Calidad del Aire del AMM, 2015.



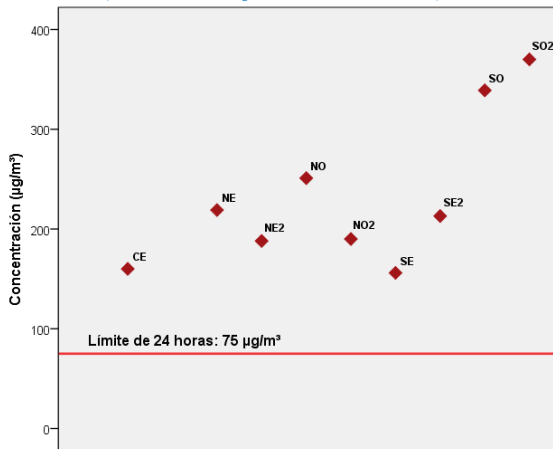
16.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en el AMM para el año 2015 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en la materia 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.

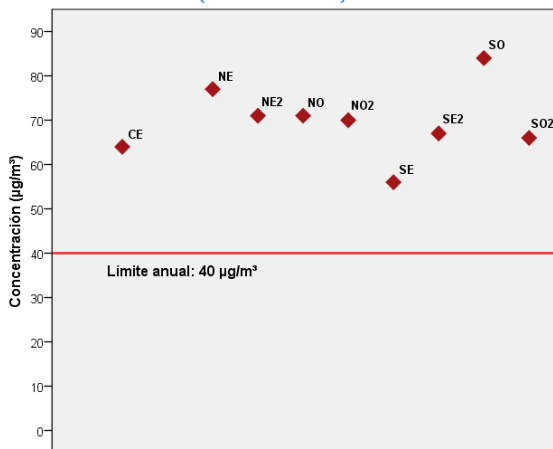
En esta sección se analiza el cumplimiento de las NOM para cada contaminante en el AMM. Los resultados se presentan para aquellas estaciones de monitoreo donde se produjo información suficiente para hacer tal evaluación. Los valores normados usados como referencia para realizar la evaluación de cumplimiento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

Límite de 24 horas
(Máximo de los promedios de 24 horas)



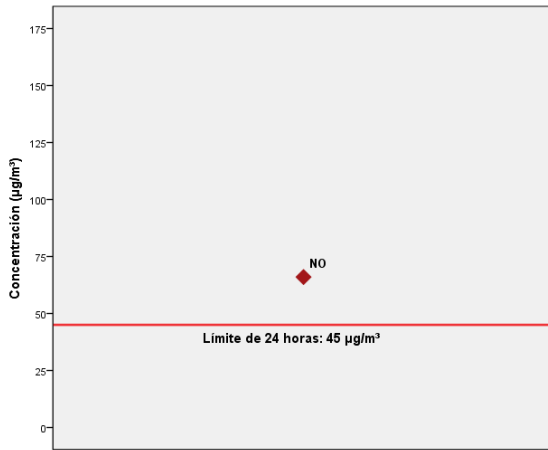
El límite de 24 horas de PM_{10} fue rebasado en todas las estaciones de monitoreo del AMM. Las concentraciones máximas registradas en cada estación a lo largo del año 2015 oscilaron entre $156 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación La Pastora (SE) y $370 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en la estación San Pedro (SO2), dichas concentraciones son equivalentes a entre 2 y 5 veces el valor normado.

Límite anual
(Promedio anual)



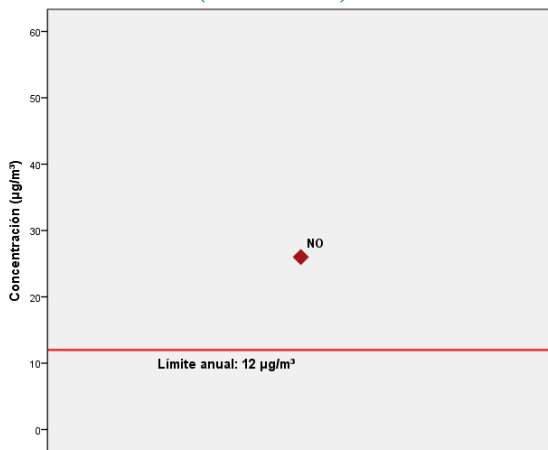
El límite anual de PM_{10} también fue rebasado en todas las estaciones de monitoreo y la concentración promedio anual más alta se registró en la estación Santa Catarina – SO, donde dicho valor fue de $84 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que es equivalente a poco más de dos veces el límite establecido en la norma.

Límite de 24 horas
(Máximo de los promedios de 24 horas)



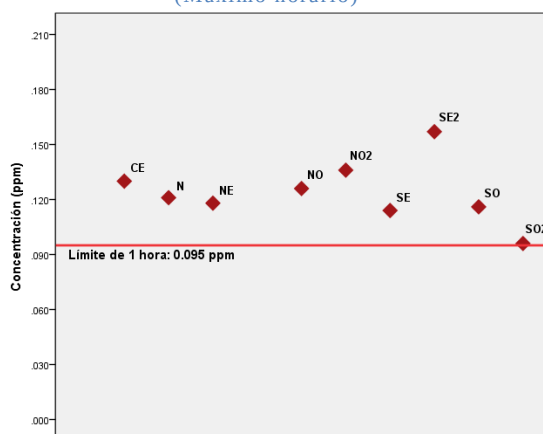
El límite normado de 24 horas de $PM_{2.5}$ fue rebasado en la estación de monitoreo de San Bernabé (NO). En ella, el máximo de los promedios de 24 horas en el año 2015 fue de $66 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que equivale a 1.5 veces dicho límite.

Límite anual
(Promedio anual)

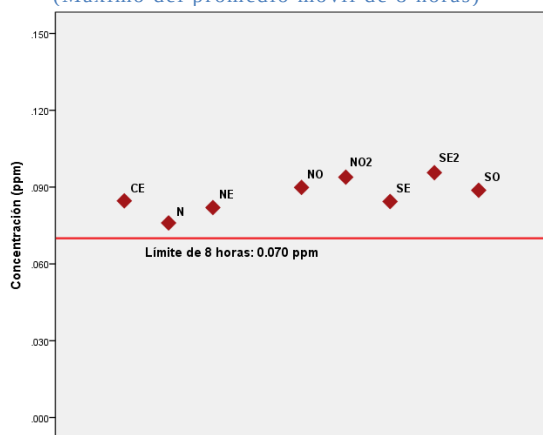


El límite anual de $PM_{2.5}$ fue rebasado en la estación de monitoreo NO (San Bernabé), y lo hizo con una concentración de $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que es equivalente a poco más de dos veces el límite establecido en la norma.

Ozono - O₃

Límite de 1 hora
(Máximo horario)


El valor límite de una hora de ozono se rebasó en todas las estaciones de monitoreo que miden este contaminante. Las concentraciones registradas en dichas estaciones oscilaron entre 0.096 ppm en la estación San Pedro (SO2) y 0.157 ppm en la estación Juárez (SE2), que equivalen a 1.01 y 1.7 veces el valor de la norma.

Límite de 8 horas
(Máximo del promedio móvil de 8 horas)


El límite de ocho horas también se rebasó en las siete estaciones de monitoreo que reportaron datos suficientes para evaluar el cumplimiento de dicho límite. En estas estaciones el máximo del promedio móvil de ocho horas osciló entre 0.076 ppm en la estación Escobedo (N) y 0.096 ppm en la estación Juárez (SE2).

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 todas las estaciones donde fue posible llevar a cabo dicha evaluación se incumplieron las normas de PM₁₀, PM_{2.5} y ozono. Igualmente destaca que en todos los casos se rebasaron los dos límites normados (1 y 8 horas para ozono y 24 horas y promedio anual para PM₁₀ y PM_{2.5}).

En el caso particular de las PM_{2.5} destaca el hecho de que sólo en una de las siete estaciones de monitoreo en las que se midió este contaminante se generó información suficiente para poder evaluar el cumplimiento de la norma y en ella el resultado de dicha evaluación fue desfavorable ya que se rebasaron ambos límites.

Tabla 16.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en el AMM, en el año 2015.

Contaminante	Límite normado		Estación									
			NE2	N	NO2	SE2	SE	CE	NO	NE	SO2	SO
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m ³	188	DI	190	213	156	160	251	219	370	339
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m ³	71	DI	70	67	56	64	71	77	66	84
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m ³	DI	□	□	□	DI	DI	66	DI	DI	DI
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m ³	DI	□	□	□	DI	DI	26	DI	DI	DI
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	DI	0.121	0.136	0.157	0.114	0.130	0.126	0.118	0.096	0.116
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	DI	0.076	0.094	0.096	0.084	0.085	0.090	0.082	DI	0.089

⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a).

⁽²⁾ NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b).

DI = Datos insuficientes.

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

■ = Cumple con el límite normado.

■ = No cumple con el límite normado.

- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas o 24 horas, de acuerdo al contaminante y límite normado. En el caso de PM₁₀ y PM_{2.5} el promedio anual se obtiene a partir del dato diario registrado en cada estación de monitoreo a lo largo del año.
- Las NOM de partículas y ozono se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen los dos límites normados.

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

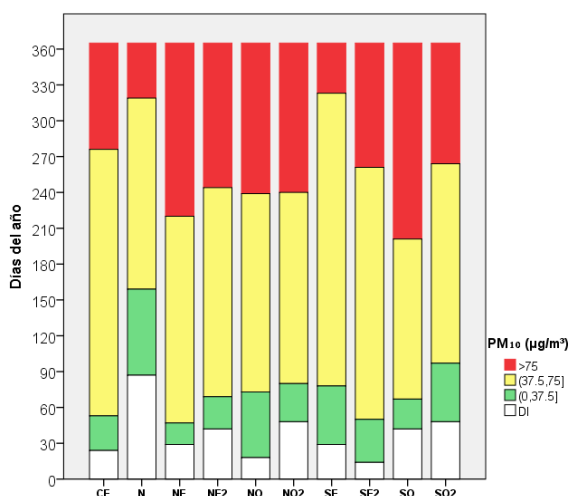
Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en términos del número de días con concentraciones superiores a los límites normados, así como la tendencia que presentan las concentraciones inferiores, pero cercanas, a estos valores. Los colores 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).

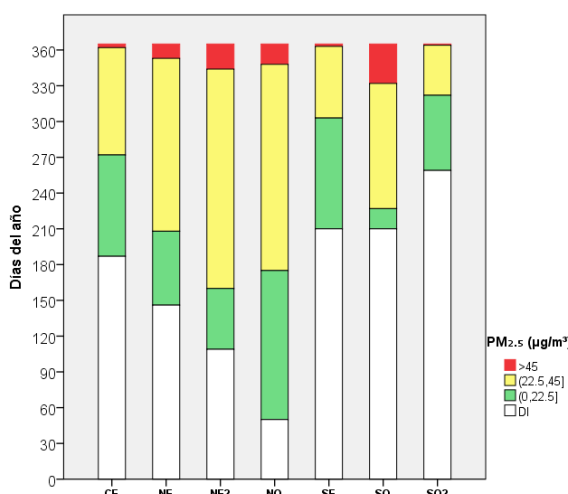
El dato base para construir este indicador es la concentración máxima del día (por ejemplo, promedio de una hora o 24 horas, dependiendo del contaminante que se trate), en cada estación de monitoreo. Para ver el detalle sobre la construcción de este indicador, diríjase a la sección 3.2.2.2 del Capítulo 3 Metodología para la generación de indicadores.

PM₁₀ – límite de 24 horas



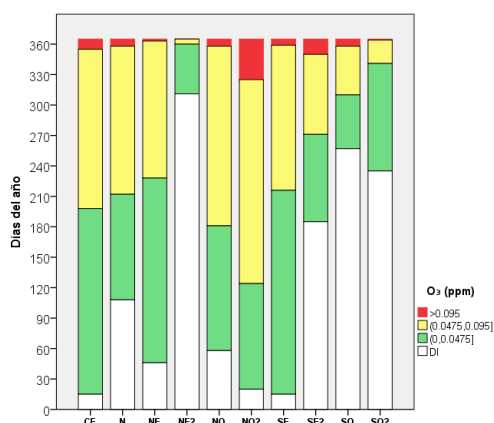
En todas las estaciones de monitoreo se presentaron más de 40 días con mala calidad del aire por PM₁₀ (rojo). Sin embargo, son las estaciones SO y NE las que con mayor frecuencia presentaron esta condición (45% y 40% del total de días del año 2015, respectivamente). También se observa que la cantidad de días con calidad del aire buena (verde) por PM₁₀ es menor a 75 en todas las estaciones. De hecho es la condición menos frecuente en todos los casos.

PM_{2.5} – límite de 24 horas



Esta figura permite establecer que los problemas de calidad del aire por PM_{2.5} en Monterrey pueden ser más severos que lo que se infiere de la evaluación de cumplimiento de norma, pues es claro que en todas las estaciones de monitoreo se presentaron días con mala calidad del aire (rojo) por este contaminante, aunque ello no se refleje en el incumplimiento de la NOM por insuficiencia de datos. Esta condición de calidad del aire se presentó en 33 días en la estación SO, 21 en NE2, 17 en NO y 12 en NE.

O₃ - límite de 1 hora



Salvo en la estación NE2 de Apodaca, en todas las demás se presentaron días con mala calidad del aire por ozono (rojo), aún en aquellas estaciones como SE2, SO y SO2, en donde en más del 50% de los días del año no se produjo información suficiente (blanco) para generar el indicador.

A nivel de toda la zona metropolitana la Tabla 16.3 muestra el porcentaje de días del año 2015 con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y de 24 horas de partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}). En ella se aprecia que el contaminante que con mayor frecuencia determina una condición de mala calidad del aire en la zona son las PM₁₀, con el 65% de los días con datos válidos en esta condición, seguida por el ozono y las PM_{2.5}.

Tabla 16.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y de 24 horas de PM₁₀ y PM_{2.5}.

Zona metropolitana	PM ₁₀ *			PM _{2.5} *			O ₃ *		
	No de días con datos válidos	No de días > 75 µg/m ³	% Días > 75 µg/m ³	No de días con datos válidos	No de días > 45 µg/m ³	% Días > 45 µg/m ³	No de días con datos válidos	No de días > 0.095 ppm	% Días > 0.095 ppm
AMM	365	239	65%	355	51	14%	365	54	15%

* Estimado con datos provenientes de monitoreo automático.

Se identificaron problemas calidad del aire tanto por PM₁₀ como por O₃ en el Área Metropolitana de Monterrey, pues en todas las estaciones de monitoreo en donde fue posible llevar a cabo la evaluación del cumplimiento de estas Normas se rebasaron los límites establecidos en las mismas.

La Norma de PM_{2.5} sólo se pudo evaluar en una estación (en el resto no se generó información suficiente para ello), y en ella se rebasaron los dos límites normados. Sin embargo, el problema de calidad del aire por este contaminante puede tener mayor alcance espacial si se considera que el indicador sobre días buenos, regulares y malos muestra la presencia de días con concentraciones superiores a la norma en todas las estaciones de monitoreo.

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

17.1 Información general.

En el año 2015 el Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire (SMCA) de Puebla, administrado por la Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial (SSAOT) del Gobierno del Estado de Puebla, estuvo conformado la Red de Monitoreo de Puebla que incluye a las estaciones Benemérito Instituto Normal del Estado, Ninfas, Agua Santa y Universidad Tecnológica de Puebla, así como por la estación de monitoreo Velódromo localizada en el municipio de Coronango.

La Tabla 17.1 muestra las estaciones de monitoreo que conformaron este SMCA en el año 2015, 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 17.1, muestra la ubicación geográfica de cada una de las estaciones de monitoreo.

Tabla 17.1 Estaciones que conformaron el SMCA de Puebla en el año 2015 y capacidades de medición de contaminantes.

Red de monitoreo	Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes					
				PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	SO ₂	NO ₂	CO
Puebla	Benemérito Instituto Normal del Estado	BIN	Aut. 2000	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Ninfas	NIN	Aut. 2000	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Agua Santa	STA	Aut. 2000	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Universidad Tecnológica de Puebla	UTP	Aut. 2010	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Velódromo (Coronango)*	VEL	Aut. 2012	✓	✓	✓	✓	✓	✓

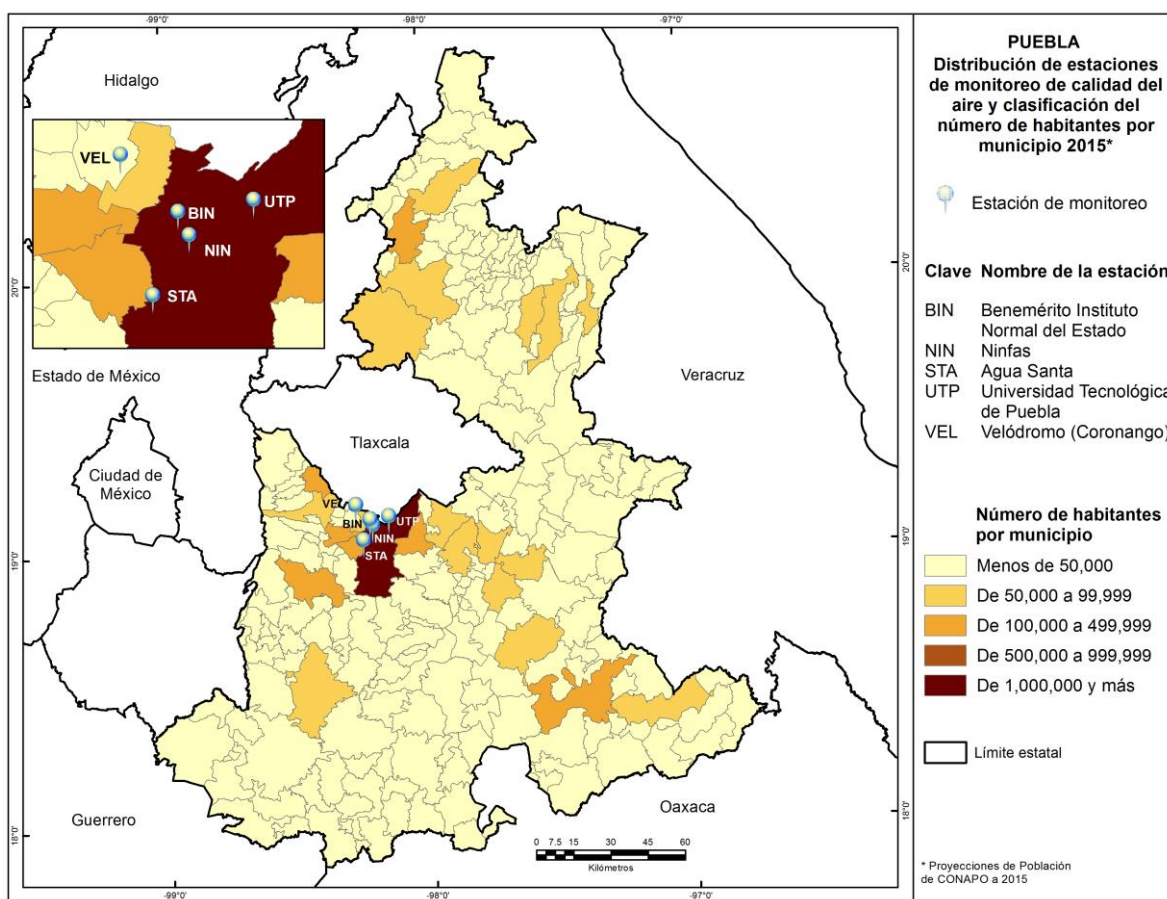
*Municipio en el que se ubica la estación de monitoreo que por definición no forma parte de una red de monitoreo.

Aut.= Equipo automático.

✓= 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 17.1 Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Puebla, 2015.



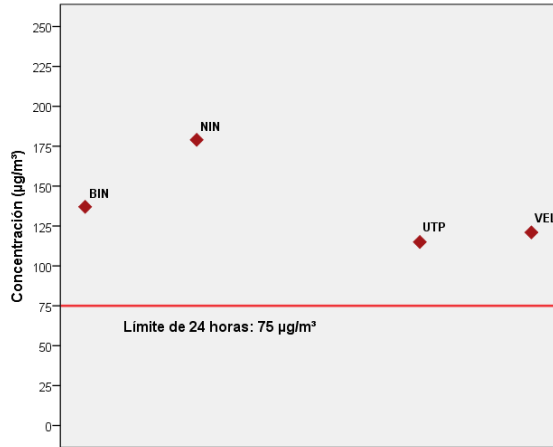
17.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Puebla para el año 2015 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en la materia 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.

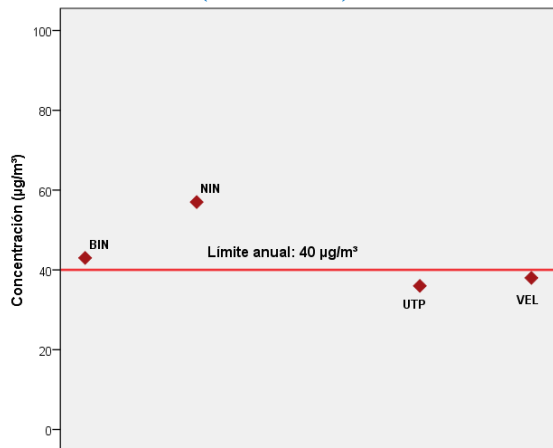
En esta sección se analiza el cumplimiento de las NOM para cada contaminante en Puebla. Los resultados se presentan para aquellas estaciones de monitoreo donde se produjo información suficiente para hacer tal evaluación. Los valores normados usados como referencia para realizar la evaluación de cumplimiento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

Límite de 24 horas
(Máximo de los promedios de 24 horas)



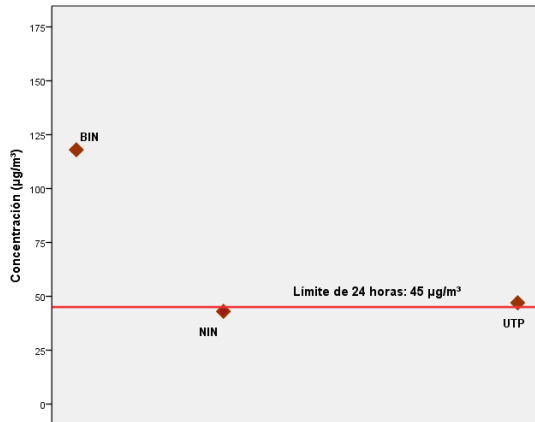
En las cuatro estaciones de monitoreo donde se pudo generar el indicador, se observó que el máximo de los promedios de 24 horas de PM_{10} se ubicó por arriba del límite normado, con concentraciones que oscilaron entre 115 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Estación UTP) y 179 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Estación NIN), las cuales equivalen a 1.5 y 2.4 veces el límite normado, respectivamente.

Límite anual
(Promedio anual)



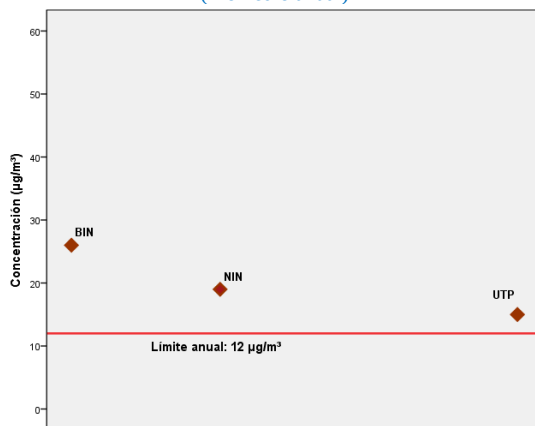
El límite anual de PM_{10} fue rebasado en las estaciones BIN y NIN con concentraciones de 43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. Dichas concentraciones son superiores al valor de la Norma en un 8% y 43%, correspondientemente. Por su parte, las concentraciones registradas en las estaciones UTP y VEL fueron inferiores a dicho límite.

Límite de 24 horas
(Máximo de los promedios de 24 horas)



El máximo de los promedios de 24 horas de PM_{2.5} que se registró en el año 2015 en las estaciones BIN y UTP fue superior al límite normado en ambos casos y equivalen a 2.62 y 1.04 veces dicho valor, respectivamente. Por otra parte, la concentración máxima en la estación NIN, se ubicó 4% por debajo del valor normado.

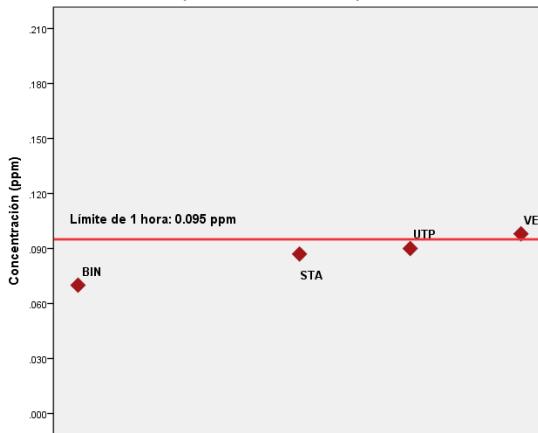
Límite anual
(Promedio anual)



Por otra parte, el promedio anual de PM_{2.5} que se registró en las estaciones BIN (26 µg/m³), NIN (19 µg/m³) y UTP (15 µg/m³), rebasó el valor límite normado en todos los casos y fue equivalente a 2.2, 1.6 y 1.3 veces dicho valor, respectivamente.

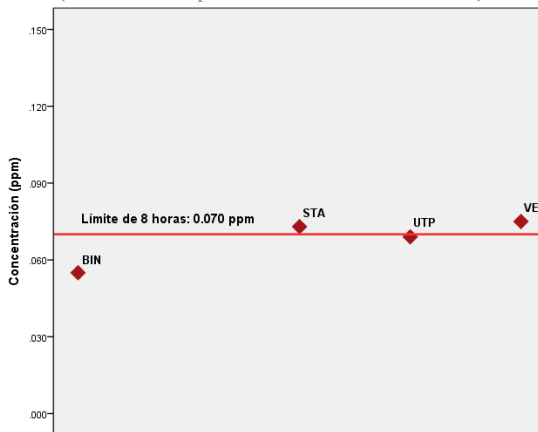
Ozono - O₃

Límite de 1 hora
(Máximo horario)



El valor límite de una hora de ozono sólo se rebasó en la estación de monitoreo VEL (0.098 ppm), en tanto que en el resto de las estaciones el máximo horario se mantuvo por debajo de dicho límite (0.095 ppm).

Límite de 8 horas
(Máximo del promedio móvil de 8 horas)



El límite normado de ocho horas se rebasó en las estaciones STA (0.073 ppm) y VEL (0.075 ppm), en tanto que en las estaciones BIN (0.055 ppm) y UTP (0.069 ppm) las concentraciones máximas del promedio móvil de ocho horas fueron inferiores al mismo (0.070 ppm).

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:

- En las estaciones BIN y NIN se rebasaron los dos límites normados de PM₁₀ (24 horas y anual) y en las estaciones UTP y VEL se rebasó el límite de 24 horas. Considerando que en la Norma se establece que un sitio cumple con lo establecido en la misma si cumple con ambos límites esta Norma no se cumple en ninguna de las estaciones de monitoreo donde se pudo realizar la evaluación de cumplimiento. En la estación STA 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 las estaciones BIN, NIN y UTP. En ninguna de ellas se cumple con la Norma, ya que en las estaciones BIN y UTP se rebasaron tanto el límite de 24 horas como anual y en NIN se rebasó el límite anual. Para que la evaluación sea satisfactoria ambos límites deben cumplirse. En las estaciones STA y VEL no fue posible evaluar este indicador por insuficiencia de información.
- Los límites normados de una y ocho horas de ozono se cumplieron en las estaciones BIN y UTP, en tanto que en STA se cumplió sólo con el límite de una hora y en VEL se rebasaron ambos límites. Como en la Norma se establece que un sitio cumple con la misma sólo si cumple ambos límites, esta evaluación fue satisfactoria solo en las estaciones BIN y UTP.

Tabla 17.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Puebla, en el año 2015.

Contaminante	Límite normado		Puebla				Coronango
			BIN	NIN	STA	UTP	VEL
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m ³	137	179	DI	115	121
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m ³	43	57	DI	36	38
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m ³	118	43	DI	47	DI
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m ³	26	19	DI	15	DI
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	0.070	DI	0.087	0.090	0.098
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	0.055	DI	0.073	0.069	0.075

⁽¹⁾NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a); ⁽²⁾NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b).

DI = Datos insuficientes.

■ = Cumple con el límite normado.

■ = No cumple con el límite normado.

- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas o 24 horas, de acuerdo al contaminante y límite normado. En el caso de PM₁₀ y PM_{2.5} el promedio anual se obtiene a partir del dato diario registrado en cada estación de monitoreo a lo largo del año.
- Las NOM de partículas y ozono se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen los dos límites normados.

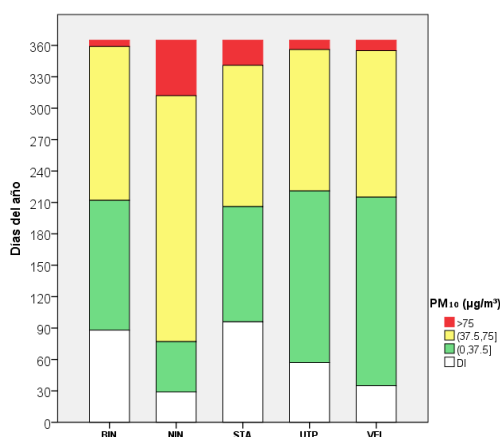
17.2.2 Distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala.

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).

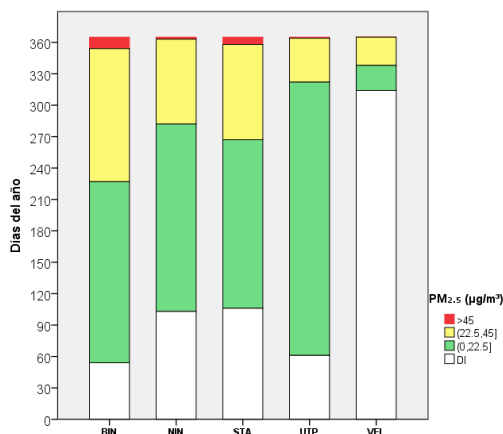
El dato base para construir este indicador es la concentración máxima del día (por ejemplo, promedio de una hora o 24 horas, dependiendo del contaminante que se trate), en cada estación de monitoreo. Para ver el detalle sobre la construcción de este indicador, diríjase a la sección 3.2.2.2 del Capítulo 3 Metodología para la generación de indicadores.

PM₁₀ – límite de 24 horas



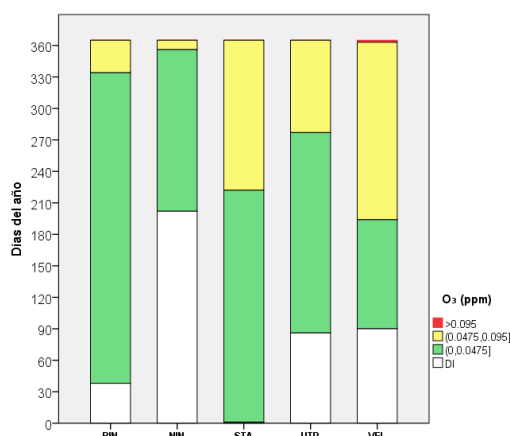
En el año 2015 se presentaron días con mala calidad del aire por PM₁₀ en todas las estaciones de monitoreo, siendo más frecuentes en la estación NIN (53 días) seguido de la estación STA (24 días). Por otra parte, las estaciones con mayor cantidad de días con calidad del aire regular fueron NIN y BIN, en tanto los días con calidad del aire buena fueron más frecuentes en las estaciones VEL y UTP.

PM_{2.5} – límite de 24 horas



Días con mala calidad del aire por PM_{2.5} se presentaron en todas las estaciones de monitoreo salvo VEL, siendo más frecuentes en la estación BIN con once días y en STA con siete. Por otra parte, los días con calidad del aire buena fueron notoriamente más frecuentes en la estación UTP. En la estación VEL predominaron los días con información insuficiente para generar el indicador.

O₃ - límite de 1 hora



La estación de monitoreo VEL fue la única en registrar días con mala calidad del aire por ozono en el año 2015, con dos. A pesar de ello, tanto en esta estación como en el resto predominaron los días con calidad del aire buena y regular. Sólo en la estación de monitoreo NIN dominaron los días con información insuficiente.

A nivel de toda la zona metropolitana la Tabla 17.3 muestra el porcentaje de días del año 2015 con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y de 24 horas de partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}). En ella se aprecia que el contaminante que con mayor frecuencia determina una condición de mala calidad del aire tanto en Puebla como en Coronango son las PM₁₀, con el 16% y 3% de los días con datos válidos en esta condición, respectivamente.

Tabla 17.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y de 24 horas de PM₁₀ y PM_{2.5}.

Ciudad	PM ₁₀ *			PM _{2.5} *			O ₃ *		
	No de días con datos válidos	No de días > 75 µg/m³	% Días > 75 µg/m³	No de días con datos válidos	No de días > 45 µg/m³	% Días > 45 µg/m³	No de días con datos válidos	No de días > 0.095 ppm	% Días > 0.095 ppm
Puebla	365	60	16%	363	18	5%	365	0	0%
Coronango	330	10	3%	51	0	0%	275	2	1%

* Estimado con datos provenientes de monitoreo automático.

La información disponible revela la presencia de problemas de calidad del aire tanto por partículas suspendidas (PM₁₀ y PM_{2.5}), como por ozono. En el caso de las partículas en ninguna de las estaciones de monitoreo donde fue posible la evaluación de cumplimiento de esta norma se cumple con la misma, tanto para PM₁₀ como para PM_{2.5}. Incluso se llegaron a registrar concentraciones de PM_{2.5} que son equivalentes a 2.6 veces el valor normado. En cuanto al ozono, el problema es menos generalizado ya que la Norma de este contaminante se incumple sólo en dos de las cuatro estaciones donde fue posible la evaluación y lo hace con concentraciones superiores entre 3% y 7%, al límite normado.

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

18.1 Información general.

El sistema de monitoreo de la calidad del aire (SMCA) de Querétaro, a cargo de la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Gobierno del Estado, estuvo integrado en el año 2015 por la red de monitoreo de Santiago de Querétaro, así como por las estaciones de monitoreo de Corregidora, El Marqués y San Juan del Río. La Tabla 18.1 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 18.1, muestra su ubicación geográfica.

Tabla 18.1 Estaciones que conformaron el SMCA de Querétaro en el año 2015 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	☐	✓	✓	✓	✓	✓
	Epigmenio González	EPG	Aut. 2010	✓	☐	✓	✓	✓	✓
	Félix Osores	FEL	Aut. 2010	☐	✓	✓	✓	✓	✓
	Delegación Carrillo	UMMA1	Aut. 2000	✓	✓	✓	✓	✓	☐
	Auditorio Josefa Ortiz	UMMA2	Aut. 2013	✓	✓	✓	✓	✓	☐
	CAM (Corregidora)	CAM	Aut. 2010	✓	☐	✓	✓	✓	✓
	El Marqués (El Marqués)	MAR	Aut. 2010	✓	☐	✓	✓	✓	✓
	Universidad Autónoma de Querétaro (San Juan del Río)	USJR	Aut. 2015	✓	✓	✓	✓	✓	✓

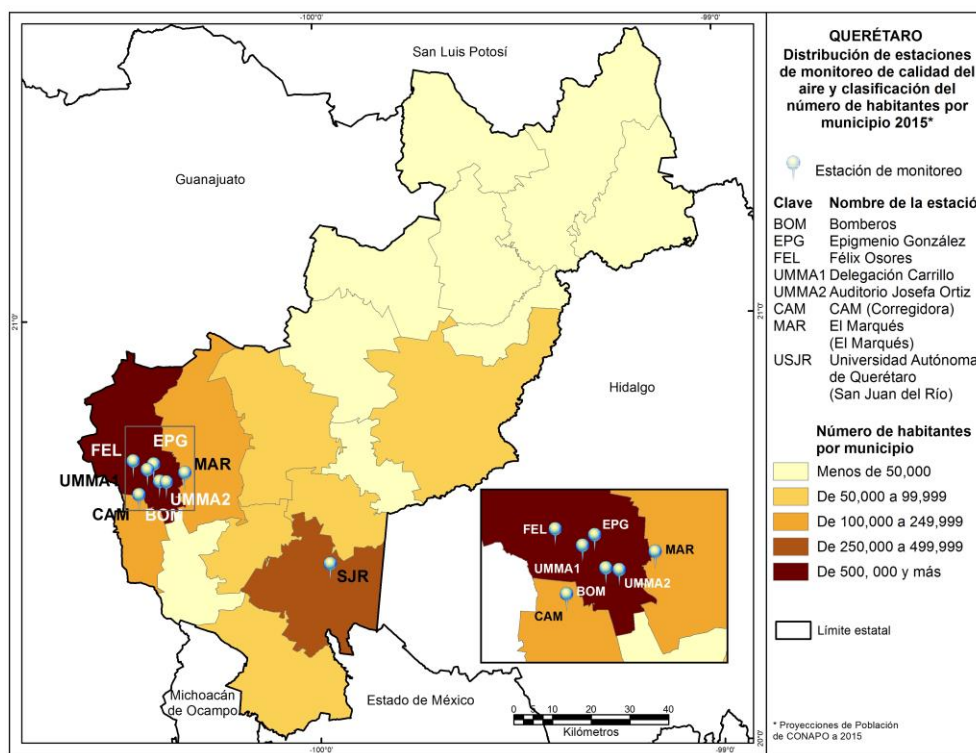
Aut. = Equipo automático.

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

✓ = 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 18.1 Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Querétaro, 2015.



18.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Querétaro para el año 2015 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas en la materia y el número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo.

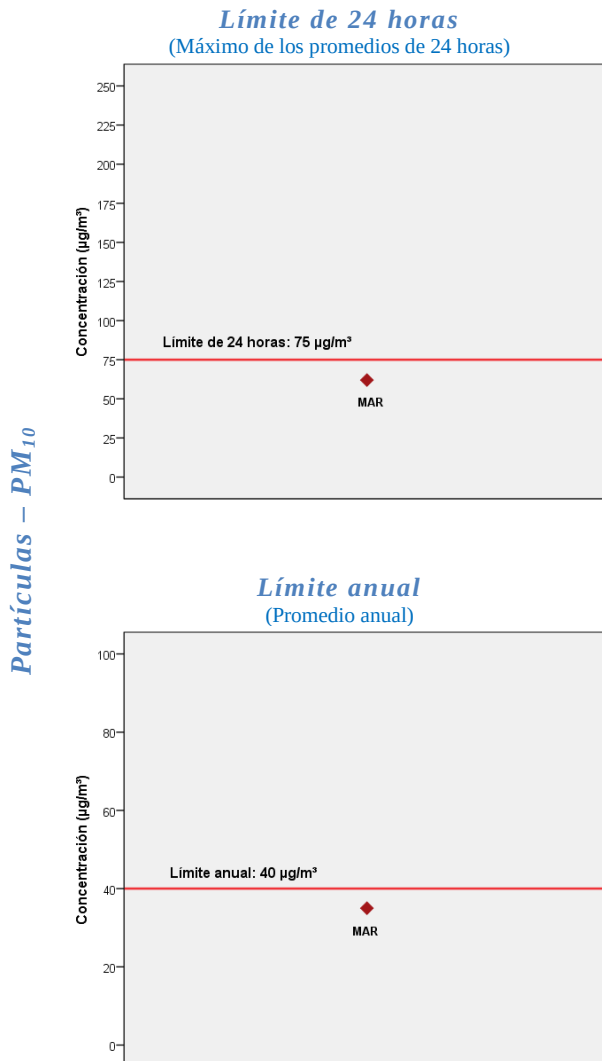
18.2.1 Evaluación del cumplimiento de normas de calidad del aire.

En esta sección se analiza el cumplimiento de las NOM para cada contaminante en 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 2015 este sistema de monitoreo de calidad del aire generó poca información, por lo que no hubo datos suficientes o disponibles que permitieran evaluar el cumplimiento de los límites normados para ninguno de los contaminantes en cinco de las ocho

estaciones (ver Tabla 18.2). Estas estaciones son: EPG, UMMA1 y UMMA2 (en el municipio de Querétaro), CAM (en el municipio de Corregidora) y USJR (en el municipio de San Juan del Río).

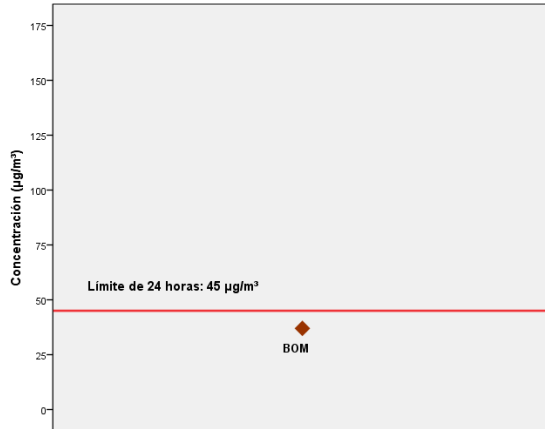
A nivel de contaminante, las PM_{10} sólo se pudieron evaluar en la estación de monitoreo MAR (en el municipio de El Marqués) donde las concentraciones registradas se mantuvieron por debajo de los límites normados de 24 horas y anual, por lo que hubo cumplimiento de Norma; las $PM_{2.5}$ sólo se evaluaron en la estación BOM ubicada en el municipio de Querétaro y los resultados indican incumplimiento de esta Norma, ya que se rebasó el límite anual; el ozono se evaluó tanto en la estación BOM como en FEL (ambas en el municipio de Querétaro) y los resultados indican que en ambos casos se cumplió con los dos límites normados (1 y 8 horas). Los resultados se presentan en las siguientes figuras.



El cumplimiento del límite de 24 horas de PM_{10} sólo fue posible evaluarlo en la estación de monitoreo MAR, ubicada en el municipio de El Marqués, y en ella la concentración máxima fue de $62 \mu g/m^3$, la cual es casi 18% inferior al límite de norma.

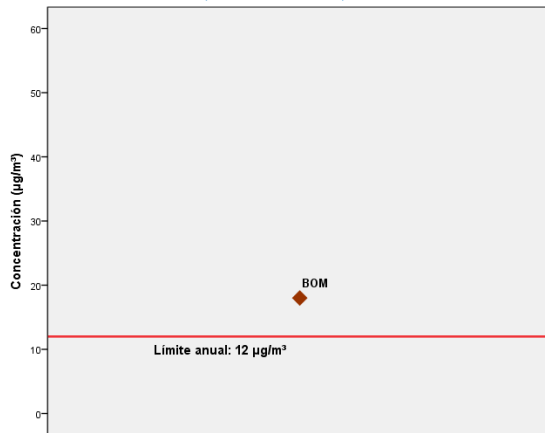
El promedio anual de PM_{10} en la estación MAR fue de $35 \mu g/m^3$. El cual es inferior al límite normado.

Límite de 24 horas
(Máximo de los promedios de 24 horas)



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, donde el máximo de los promedios de 24 horas en el año 2015 fue de $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valor 18% inferior al límite normado.

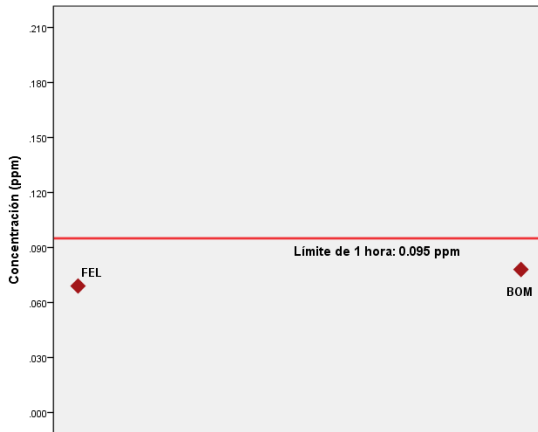
Límite anual
(Promedio anual)



Por otra parte, la concentración promedio anual de $PM_{2.5}$, en esta misma estación fue de $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que es 50% superior al límite establecido en la norma correspondiente.

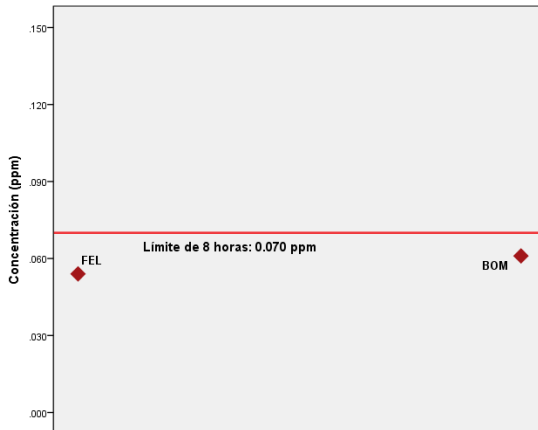
Ozono - O_3

Límite de 1 hora
(Máximo horario)



La evaluación del cumplimiento de Norma con respecto al ozono sólo se pudo desarrollar en las estaciones FEL y BOM, que se ubican en el municipio de Santiago de Querétaro. El resultado indica que el máximo horario registrado en cada estación fue de 0.069 ppm en FEL y 0.078 ppm en BOM. Ambos valores son inferiores al límite normado (0.095 ppm).

Límite de 8 horas
(Máximo del promedio móvil de 8 horas)



El límite de ocho horas también fue inferior al límite normado tanto en la estación FEL como en BOM. Las concentraciones registradas fueron de 0.054 ppm y 0.061 ppm, respectivamente.

Tabla 18.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Querétaro, en el año 2015.

Contaminante	Límite normado		Santiago de Querétaro					Corregidora	El Marqués	San Juan del Río
			BOM	EPG	FEL	UMMA1	UMMA2	CAM	MAR	USJR
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m ³	□	DI	□	DI	IND	DI	62	IND
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m ³	□	DI	□	DI	IND	DI	35	IND
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m ³	37	□	DI	IND	IND	□	□	IND
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m ³	18	□	DI	IND	IND	□	□	IND
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	0.078	DI	0.069	DI	DI	DI	DI	DI
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	0.054	DI	0.061	DI	DI	DI	DI	DI

⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a).

⁽²⁾ NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b).

DI = Datos insuficientes.

IND = Información No Disponible.

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

■ = Cumple con el límite normado.

■ = No cumple con el límite normado.

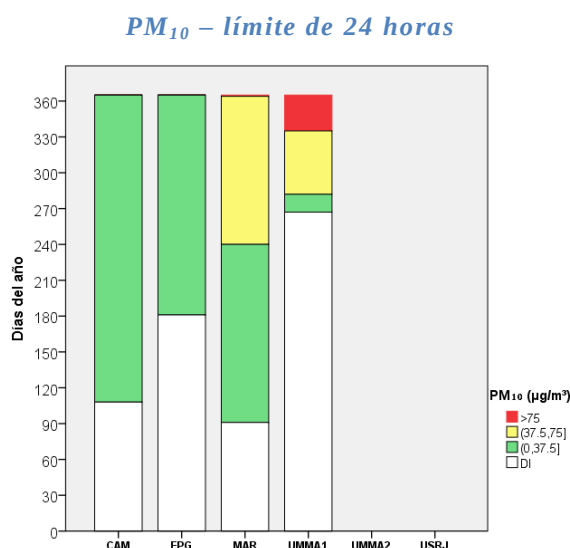
- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas o 24 horas, de acuerdo al contaminante y límite normado. En el caso de PM₁₀ y PM_{2.5} el promedio anual se obtiene a partir del dato diario registrado en cada estación de monitoreo a lo largo del año.
- Las NOM de partículas y ozono se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen los dos límites normados.

18.2.2 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:

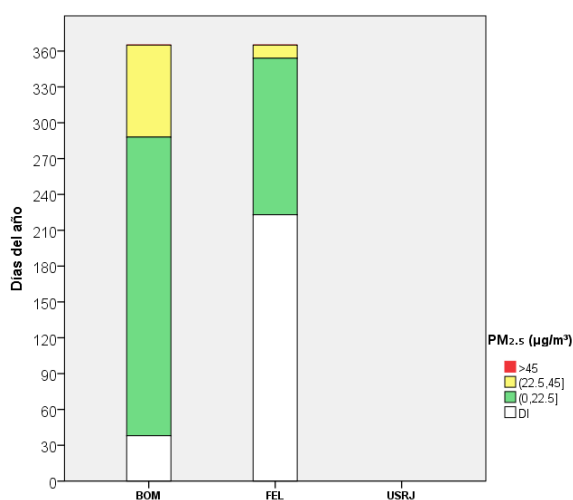
- ✓ No excedieron el valor diario normado (verde).
- ✓ No excedieron el valor diario normado, pero se encuentran cercanas a este valor (amarillo).
- ✓ Excedieron el valor diario normado (rojo).
- ✓ No se contó con información suficiente para evaluar el cumplimiento de alguna de las condiciones anteriores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

El dato base para construir este indicador es la concentración máxima del día (por ejemplo, promedio de una hora 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 3.2.2.2 del Capítulo 3 Metodología para la generación de indicadores.



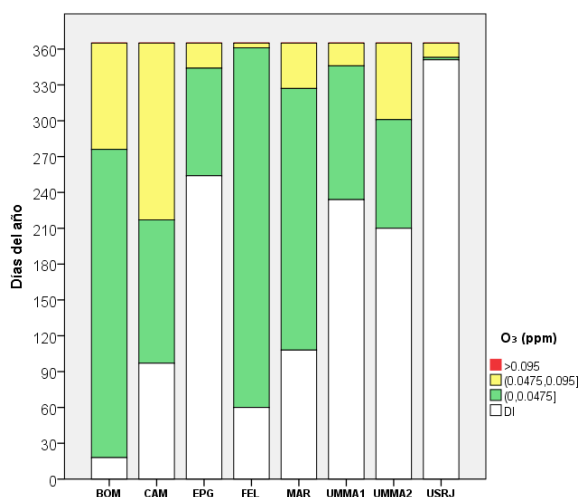
La única estación de monitoreo que presentó días con mala calidad del aire (rojo) por PM₁₀ fue la estación UMMA1 con un total de 30. Sin embargo como se puede apreciar en la figura, el porcentaje de días con datos insuficientes (blanco) para estimar el indicador es superior al 70%, razón por la cual esta situación no se ve reflejada en incumplimiento de norma. En cualquier caso, este indicador muestra un problema potencial por PM₁₀ que obliga a mejorar el desempeño en la medición de este contaminante.

PM_{2.5} – límite de 24 horas



El porcentaje de días con buena calidad del aire (verde) por PM_{2.5} fue de 68% en la estación BOM y 36% en la estación FEL. Ambas, localizadas en el municipio de Santiago de Querétaro. En la estación FEL igualmente destaca la gran cantidad de días con datos insuficientes para generar el indicador (blanco).

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) y por el otro, que hay estaciones como EPG, MAR, UMMA1, UMMA2 y USRJ, donde en más del 50% de los días del año no hubo información suficiente para poder generar el indicador (blanco).

A nivel de ciudad la Tabla 18.3 muestra el porcentaje de días del año 2015 con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y de 24 horas de partículas (PM₁₀ y PM_{2.5}). En ella se aprecia que sólo las PM₁₀ provocan problemas de calidad del aire en El Marqués y Santiago de Querétaro, pues sólo en estos sitios se presentaron días con concentraciones superiores al límite normado de 24 horas. Esta situación, sin embargo, no se ve reflejada en incumplimiento de norma en el caso de Santiago de Querétaro debido al criterio de suficiencia de datos que se requiere cumplir para poder evaluar dicho cumplimiento de manera apropiada y en el caso de El Marqués porque el único día con concentraciones superiores al límite cayó en un trimestre que el manejo de

datos de la Norma no permite usar en la evaluación de la misma por no cumplir con el criterio de suficiencia de datos trimestral.

Tabla 18.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y de 24 horas de PM₁₀ y PM_{2.5}.

Ciudad	PM ₁₀ *			PM _{2.5} *			O ₃ *		
	No de días con datos válidos	No de días > 75 µg/m³	% Días > 75 µg/m³	No de días con datos válidos	No de días > 45 µg/m³	% Días > 45 µg/m³	No de días con datos válidos	No de días > 0.095 ppm	% Días > 0.095 ppm
Corregidora	257	0	0%	☐	☐	☐	268	0	0%
El Marqués	274	1	0.4%	☐	☐	☐	257	0	0%
Santiago de Querétaro	192	30	16%	340	0	0%	363	0	0%
San Juan del Río	x	x	x	x	x	x	14	0	0%

* Estimado con datos provenientes de monitoreo automático.

Este SMCA cuenta con ocho estaciones de monitoreo, pero sólo en tres se generó información suficiente para poder evaluar el cumplimiento de norma de al menos uno de los tres contaminantes incluidos en este documento. El resultado de dicha evaluación reportó el incumplimiento de la Norma de PM_{2.5} (por incumplimiento del límite anual) en la estación BOM ubicada en el municipio de Santiago de Querétaro.

Igualmente se identificó un problema potencial de calidad del aire por PM₁₀ en la estación UMMA1 ubicada en Santiago de Querétaro; sin embargo, es muy escasa la información de la que deriva dicho análisis por lo es recomendable mejorar el desempeño de este SMCA para incrementar la cantidad de información generada y así poder hacer un análisis más robusto de la calidad del aire.

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

19.1 Información general.

En el año 2015 el Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire (SMCA) de Tabasco, administrado por la Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Gobierno del Estado, estuvo conformado por la red de monitoreo del Centro, así como por las estaciones de monitoreo ubicadas en los municipios de Balancán, Huimanguillo, Centla, Comalcalco y Paraíso. La Tabla 19.1 muestra las capacidades de medición de cada estación de monitoreo y el año en que cada una de ellas inició su operación. Por otra parte, la Figura 19.1, muestra la ubicación geográfica de cada una de las estaciones de monitoreo que conformaron este sistema en el año referido.

Tabla 19.1 Estaciones que conformaron el SMCA de Tabasco en el año 2015 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
Centro	Tecnológico	ITVH	Aut. 2012	✓	□	✓	✓	✓	✓
	Universidad Politécnica del Centro	UPC	Man. 2015	✓	□	□	□	□	□
	Tecnológico Superior de los Ríos (Balancán)	ITSR	Man. 2015	✓	□	□	□	□	□
	Tecnológico Superior de la Venta (Huimanguillo)	ITSLV	Man. 2014	✓	□	□	□	□	□
	Instituto Tecnológico Superior de Centla (Centla)	ITSCE	Man. 2015	✓	□	□	□	□	□
	Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco (Comalcalco)**	ITSCO	Man.	✓	□	□	□	□	□
	Universidad del Golfo de México (Paraíso)	UPGM	Man.2015	✓	□	□	□	□	□

* En el caso de las estaciones que por definición no forman parte de una red de monitoreo, entre paréntesis se indica el nombre de la ciudad donde se encuentra ubicada.

**Este equipo de monitoreo fue adquirido en 2014 y está instalado en el municipio de Comalcalco. Aún no empieza a operar.

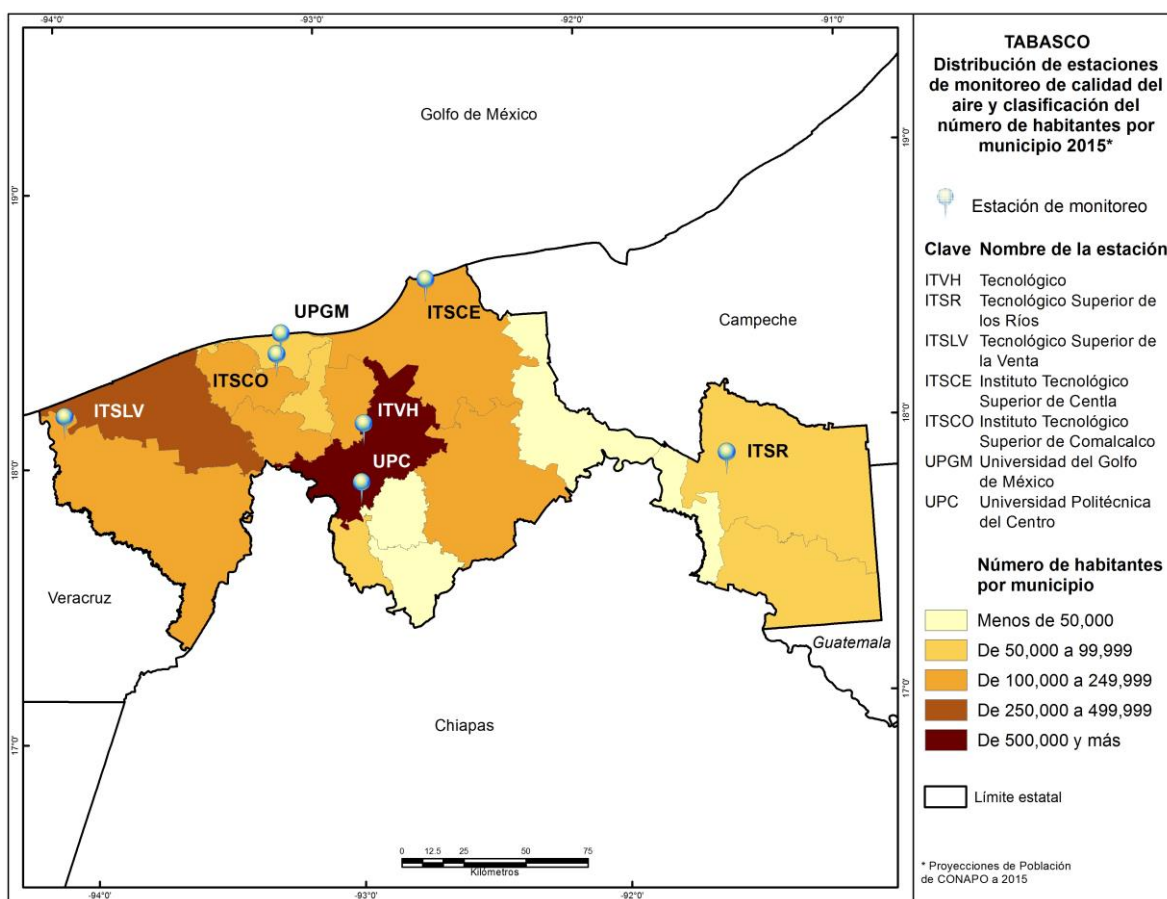
Aut. = Equipo automático.

Man. = Equipo manual.

✓= Cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.

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

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Gobierno del Estado de Tabasco.

Figura 19.1 Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Tabasco, 2015.


19.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Tabasco para el año 2015 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas (NOM) en la materia y el número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo.

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 Tabasco. La Tabla 19.2 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 estaciones de monitoreo para las que se reportó información ésta fue suficiente para poder hacer tal evaluación.

Tabla 19.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Tabasco, en el año 2015.

Contaminante	Límite normado		Estación						
			Centro		Balancán	Huimanguillo	Centla	Comalcalco	Paraíso
			ITVH	UPC	ITSR	ITSLV	ITSCE	ITSCO	UPGM
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m ³	DI	DI	DI	DI	DI	FO	DI
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m ³	DI	DI	DI	DI	DI	FO	DI
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m ³	□	□	□	□	□	□	□
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m ³	□	□	□	□	□	□	□
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	INV	□	□	□	□	□	□
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	INV	□	□	□	□	□	□

⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a).

⁽²⁾ NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b).

DI = Datos insuficientes.

FO = Fuera de operación.

INV = Datos invalidados por los responsables del SMCA.

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

■ = Cumple con el límite normado.

■ = No cumple con el límite normado.

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

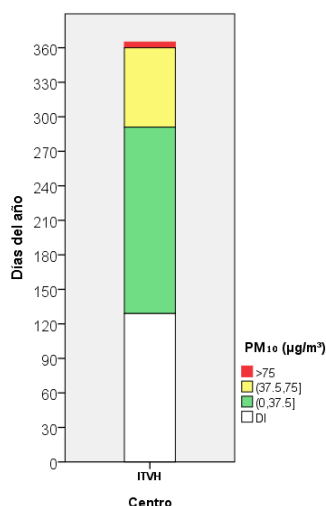
Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en términos del número de días con concentraciones superiores a los límites normados, así como la tendencia que presentan las concentraciones inferiores, pero cercanas, a estos valores. Los colores 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 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 3.2.2.2 del Capítulo 3 Metodología para la generación de indicadores.

PM₁₀ – límite de 24 horas

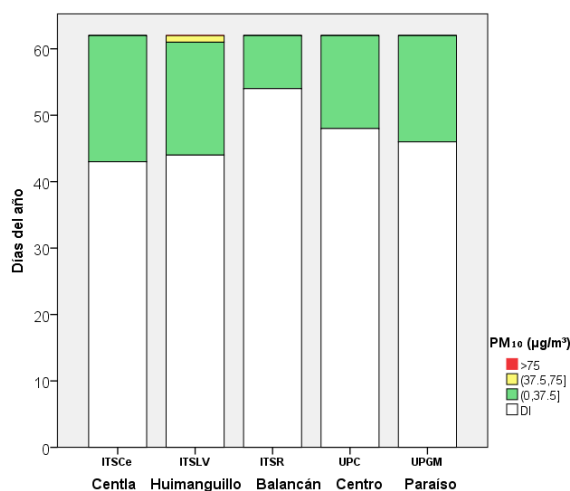
Equipo automático



El equipo automático de medición de PM₁₀ ubicado en el municipio Centro, registró cinco días con mala calidad del aire en el año 2015. A pesar de ello, esta situación no se refleja en incumplimiento de la NOM respectiva debido a los criterios de suficiencia de datos que se establece en la misma. En general, en la figura se puede apreciar que los días con calidad del aire buena se presentaron con mayor frecuencia, que los días con calidad del aire regular o con insuficiencia de datos para generar el indicador.

PM₁₀ – límite de 24 horas

Equipo manual



El monitoreo manual de PM₁₀, que se realiza cada seis días, no reportó ningún muestreo con concentraciones por arriba del límite normado de este contaminante. De hecho, en todas las estaciones prácticamente todos los días en los que se contó con información válida, la calidad del aire fue buena, aún en la estación UPC que se localiza en el municipio Centro, donde el monitoreo automático si registró calidad del aire mala por este contaminante. Esta diferencia es producto de la frecuencia del monitoreo. El día en que el monitoreo automático registro mala calidad del aire, no se realizó monitoreo manual.

A nivel de ciudad la Tabla 19.3 muestra el porcentaje de días del año 2015 con concentraciones superiores al límite normado de 24 horas de partículas (PM₁₀). Estimación hecha sobre la base del número de muestreos con información válida en 2015. En ella se aprecia que este contaminante no

registró ni un muestreo con concentraciones superiores al límite normado en ninguno de los municipios incluidos en el análisis. Ello, sin embargo, no puede asumirse como algo concluyente si se considera que el número de muestreos realizados en cada municipio fue menor al 20% del total de muestreos posibles en un año cuando estos se realizan cada 6 días, y adicionalmente el monitoreo automático del mismo contaminante que se realizó en el municipio del centro registró 5 días, de un total de 236 con datos válidos, con concentraciones superiores al límite normado.

Tabla 19.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y de 24 horas de PM₁₀ y PM_{2.5}.

Ciudad	PM ₁₀ [*]			PM _{2.5}			O ₃		
	No de días con datos válidos	No de días > 75 µg/m ³	% Días > 75 µg/m ³	No de días con datos válidos	No de días > 45 µg/m ³	% Días > 45 µg/m ³	No de días con datos válidos	No de días > 0.095 ppm	% Días > 0.095 ppm
Centla	19	0	0 %	□	□	□	□	□	□
Centro	14	0	0 %	□	□	□	X	X	X
Huimanguillo	18	0	0 %	□	□	□	□	□	□
Balancán	8	0	0 %	□	□	□	□	□	□
Paraíso	16	0	0 %	□	□	□	□	□	□

* Estimado con datos provenientes de monitoreo manual.

X = No se recibió información sobre este contaminante.

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

La mayoría de las estaciones de monitoreo que conformaron este SMCA en 2015 entraron en operación ese mismo año y ello explica por qué en ningún caso se generó información suficiente para poder evaluar el cumplimiento de las diferentes normas de calidad del aire. A pesar de ello, el indicador sobre el número de días con calidad del aire buena, regular y mala deja ver la posibilidad de que en la entidad se presenten problemas de calidad del aire por PM₁₀, específicamente en el municipio Centro donde el monitoreo automático reportó la ocurrencia de cinco días con valores superiores al límite normado de 24 horas.

Ante esta situación resulta por demás conveniente que este SMCA mejore su desempeño e incremente el porcentaje de recuperación de datos a fin de poder generar un análisis más robusto y confiable sobre la calidad del aire en la entidad.

20. SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE DE TAMAULIPAS.

20.1 Información general.

En el año 2015 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, Ciudad Victoria y Ciudad Mante, así como por las estaciones de monitoreo ubicadas en Tampico y Ciudad Madero. En total, este SMCA incluye 18 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. 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 2015 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	✓	□	□	□	□	□
El Mante	COBAT Mante	COBAT	Man.*	✓	□	□	□	□	□
	Presidencia Mante	PMNM	Man.*	✓	□	□	□	□	□

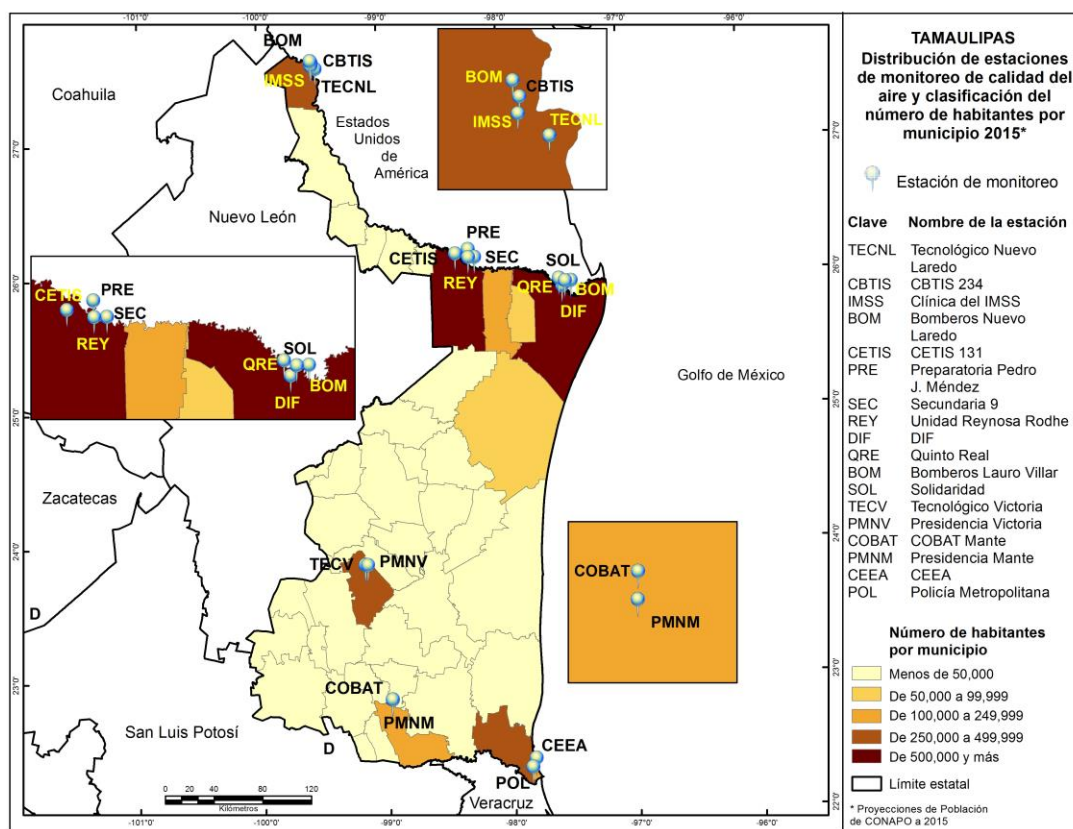
Red de monitoreo	Estación	Clave	Tipo de equipo y año de inicio de operación	Contaminantes					
				PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	SO ₂	NO ₂	CO
Tampico	Policía Metropolitana	POL	Man. 2012	✓	□	□	□	□	□
Madero	Centro Educativo Ecológico Ambiental	CEEA	Man. 2015	✓	□	□	□	□	□

* 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 cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante; ✓ = Cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Tamaulipas.

Figura 20.1. Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Tamaulipas, 2015.

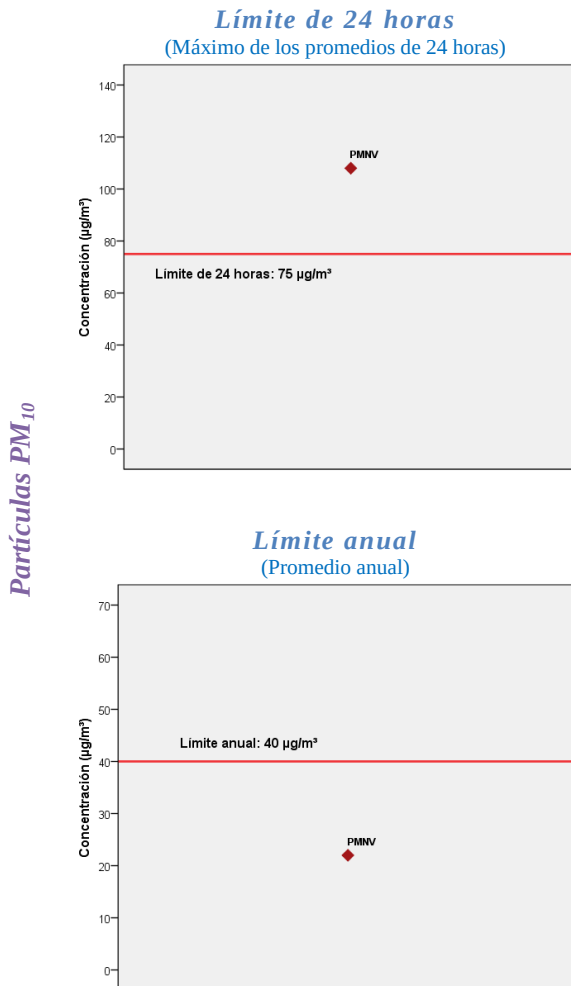


20.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Tamaulipas para el año 2015 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en la materia 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.



La concentración máxima de los promedios de 24 horas de PM_{10} registrada en la estación PMNV, ubicada en el municipio de Ciudad Victoria, fue de $108 \mu g/m^3$, que es 44% superior al límite normado. Para el resto de las estaciones no fue posible hacer la evaluación de cumplimiento por falta de información.

Con respecto al promedio anual de PM_{10} , en la estación PMNV la concentración registrada fue de $22 \mu g/m^3$, que es 45% inferior al límite normado.

La Tabla 20.2 resume el estatus de cumplimiento de cada uno de los valores normados de PM_{10} por estación de monitoreo. En ella se puede apreciar que en Ciudad Victoria se pudo evaluar el cumplimiento de Norma y el resultado fue desfavorable pues el límite de 24 horas fue superado. En Nuevo Laredo, Ciudad Victoria, Tampico y Ciudad Madero no se generó información suficiente para generar el indicador, en tanto que las estaciones de monitoreo de Reynosa, Matamoros y El Mante se mantuvieron fuera de operación en 2015.

Tabla 20.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire por estación de monitoreo en Tamaulipas, en el año 2015.

Contaminante	Límite normado		Nuevo Laredo				Reynosa				Matamoros			
			TECNL	CBTIS	IMSS	BOM	CETIS	PRE	SEC	UREY	DIF	QRE	BOM	SOL
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m ³	DI	DI	DI	DI	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m ³	DI	DI	DI	DI	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO	FO

... continúa

Contaminante	Límite normado		Victoria		El Mante		Tampico	Madero
			TECV	PMNV	COBAT	PNMM	POL	CEEA
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m ³	DI	108	FO	FO	DI	DI
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m ³	DI	22	FO	FO	DI	DI

⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a).

DI = Datos insuficientes; FO = Fuera de operación.

■ = Cumple con el límite normado.

■ = No cumple con el límite normado.

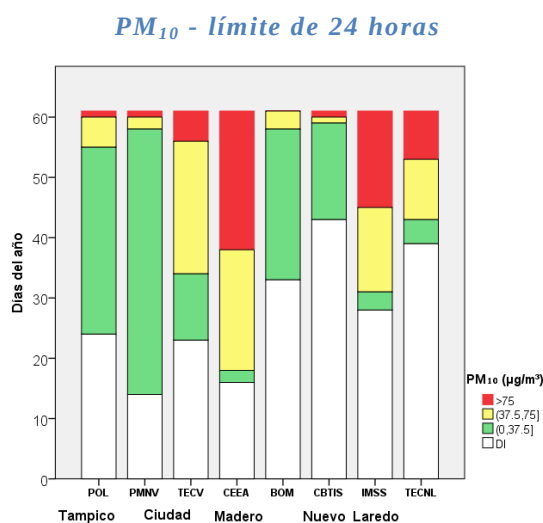
- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada como promedio de 24 horas. El promedio anual se obtiene a partir del dato diario registrado en cada estación de monitoreo a lo largo del año.
- Las NOM de partículas se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen los dos límites normados.

20.2.2 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 3.2.2.2 del Capítulo 3 Metodología para la generación de indicadores.



En las cuatro ciudades que reportaron datos de monitoreo de PM₁₀ para el año 2015 (Tampico, Ciudad Victoria, Madero y Nuevo Laredo), se registró al menos un día con mala calidad del aire (rojo), siendo los casos más notables Madero y Nuevo Laredo.

En todas las estaciones de monitoreo abundaron los días donde no fue posible generar el indicador.

A nivel de ciudad la Tabla 20.3 muestra el porcentaje de días del año 2015 con concentraciones superiores al límite normado de 24 horas de partículas (PM₁₀). Estimación hecha sobre la base del número de muestreos con información válida en 2015. En ella se aprecia que este contaminante

registró concentraciones superiores al límite normado en más del 50% de los muestreos válidos realizados en Ciudad Madero y Nuevo Laredo. Aunque la información disponible no es suficiente para realizar la evaluación de cumplimiento de la Norma, el porcentaje de días con concentraciones que rebasan el límite normado pone de manifiesto la existencia de un problema de calidad del aire importante que no se está diagnosticando adecuadamente por la insuficiencia de datos que genera este SMCA.

Tabla 20.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y de 24 horas de PM₁₀ y PM_{2.5}.

Ciudad	PM ₁₀ *			PM _{2.5}			O ₃		
	No de días con datos válidos	No de días > 75 µg/m ³	% Días > 75 µg/m ³	No de días con datos válidos	No de días > 45 µg/m ³	% Días > 45 µg/m ³	No de días con datos válidos	No de días > 0.095 ppm	% Días > 0.095 ppm
Ciudad Madero	45	23	51%	□	□	□	□	□	□
Nuevo Laredo	33	17	52%	□	□	□	□	□	□
Tampico	37	1	3%	□	□	□	□	□	□
Ciudad Victoria	47	6	13%	□	□	□	□	□	□

* Estimado con datos provenientes de monitoreo manual.
 □ = No cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.

De las 18 estaciones de monitoreo manual con que cuenta este SMCA, en 2015, 10 se reportaron fuera de operación, 7 no generaron información suficiente y sólo una de ellas generó información que permitió hacer la evaluación de cumplimiento de la Norma de PM₁₀. Esta estación se ubica en Ciudad Victoria y el resultado de la evaluación arrojó incumplimiento de la Norma en cuestión.

El indicador sobre días con calidad del aire buena, regular y mala deja ver la existencia de un problema de calidad del aire por PM₁₀ en Tampico, Ciudad Madero y Nuevo Laredo, pues en todos estos sitios se registraron concentraciones superiores al límite normado de 24 horas.

Dado lo anterior, es recomendable mejorar el desempeño de este SMCA a fin de incrementar el porcentaje de recuperación de datos y reactivar el funcionamiento de las estaciones reportadas fuera de operación.

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

21.1 Información general.

El sistema de monitoreo de la calidad del aire (SMCA) de Yucatán, a cargo de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Gobierno del Estado, se mantuvo en el año 2015 únicamente con una estación de monitoreo automático que se ubica en el centro de la ciudad de Mérida y tiene capacidad para la medición de partículas suspendidas - $PM_{2.5}$, ozono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y monóxido de carbono (ver Tabla 21.1 y Figura 21.1).

Tabla 21.1 Estaciones de monitoreo que conformaron el SMCA de Yucatán en el año 2015 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	☐	✓	✓	✓	✓	✓

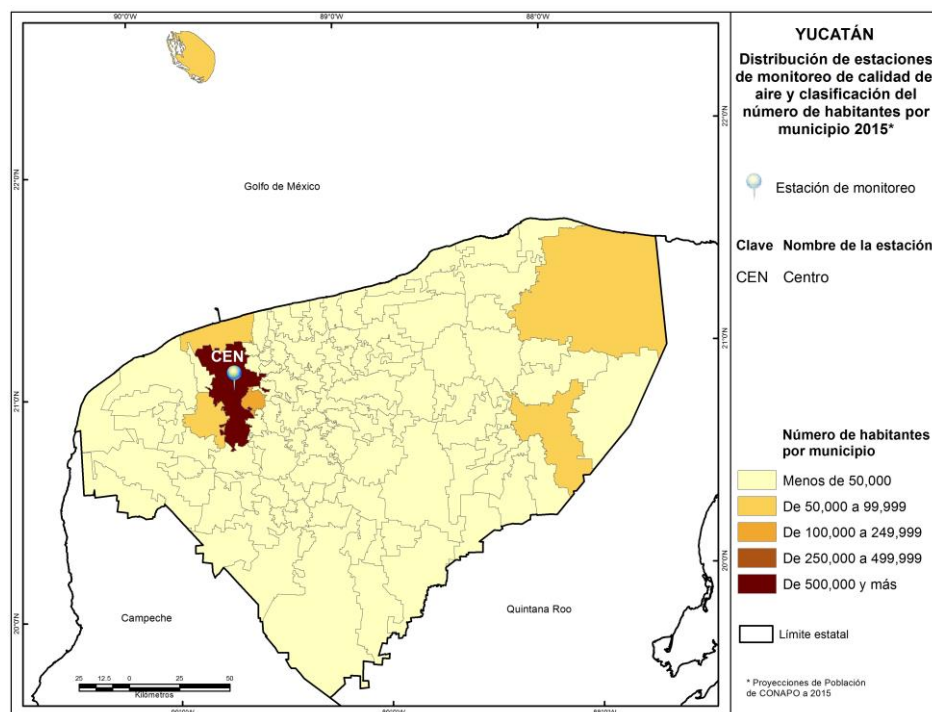
Aut. = Equipo automático.

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

✓ = Cuenta con equipo de monitoreo de este contaminante.

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Yucatán.

Figura 21.1 Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Yucatán, 2015.

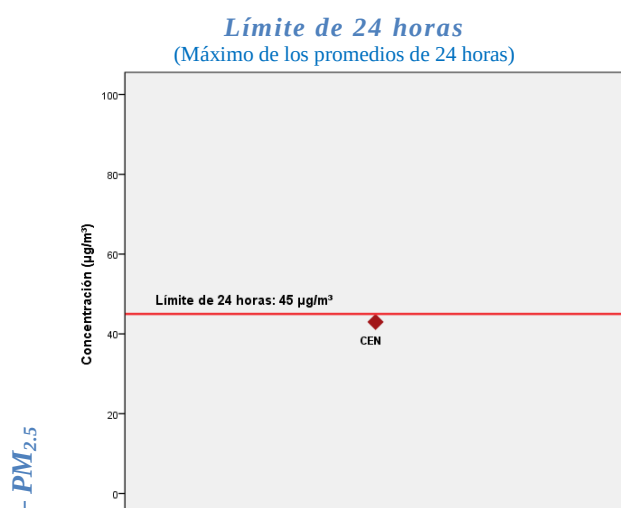


21.2 Diagnóstico de la calidad del aire.

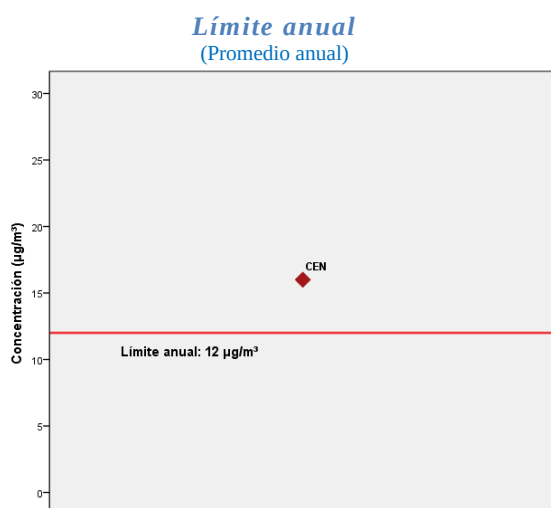
Se presenta el diagnóstico de la calidad del aire en Mérida, Yucatán para el año 2015 tomando como base los indicadores desarrollados sobre el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) en la materia y el número de días con calidad del aire buena, regular y mala, por estación de monitoreo.

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 Mérida, Yucatán. Los valores normados usados como referencia para realizar tal evaluación son indicados en cada figura.



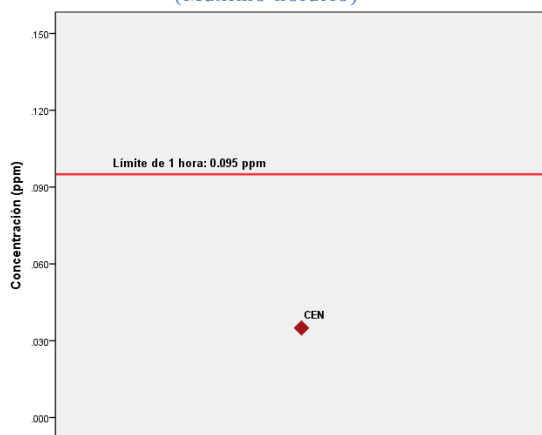
El máximo de los promedios de 24 horas de PM_{2.5} en 2015, fue de $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que es 4% inferior al límite normado.



El promedio anual de PM_{2.5}, por su parte, rebasó el límite normado con una concentración de $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y como consecuencia de ello no se cumplió la Norma, pues para que ello suceda se deben cumplir tanto el límite de 24 horas como el anual.

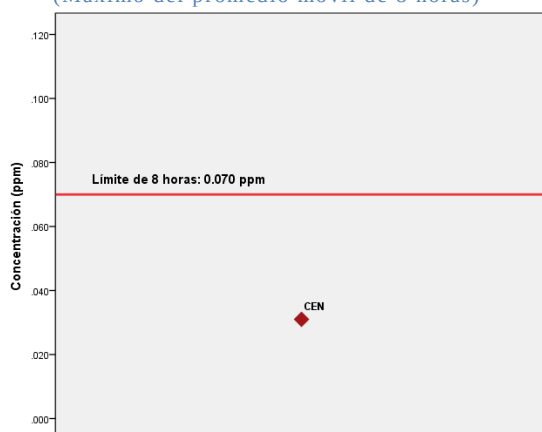
Ozono - O₃

Límite de 1 hora
(Máximo horario)



El máximo horario de ozono registrado en Mérida durante el año 2015 fue de 0.035 ppm, lo que equivale a menos del 40% del valor normado.

Límite de 8 horas
(Máximo del promedio móvil de 8 horas)



Por su parte el máximo del promedio móvil de ocho horas de ozono registrado en el año 2015 también se ubicó por debajo del límite normado, con una concentración de 0.031 ppm.

La Tabla 21.2 resume el estatus de cumplimiento de cada uno de los valores normados por contaminante. En ella se puede apreciar, al igual que en las figuras anteriores, que hay cumplimiento de los límites normados de O₃, en tanto que la Norma de PM_{2.5} no se cumplió al rebasarse el límite normado como promedio anual.

Tabla 21.2 Resumen del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire en Mérida, en el año 2015.

Contaminante	Límite normado		Estación
			CEN
⁽¹⁾ PM ₁₀	24 hrs	Máximo ≤ 75 µg/m ³	□
	Anual	Promedio ≤ 40 µg/m ³	□
⁽¹⁾ PM _{2.5}	24 hrs	Máximo ≤ 45 µg/m ³	43
	Anual	Promedio ≤ 12 µg/m ³	16
⁽²⁾ O ₃	1 hr	Máximo ≤ 0.095 ppm	0.035
	8 hrs	Máximo ≤ 0.070 ppm	0.031

⁽¹⁾ NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014a).

⁽²⁾ NOM-020-SSA1-2014 (DOF, 2014b).

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

■ = Cumple con el límite normado.

■ = No cumple con el límite normado.

- El valor dentro de cada celda corresponde a la concentración máxima registrada en el año ya sea como promedio de 1 hora, 8 horas o 24 horas, de acuerdo al contaminante y límite normado. En el caso de PM₁₀ y PM_{2.5} el promedio anual se obtiene a partir del dato diario registrado en cada estación de monitoreo a lo largo del año.
- Las NOM de partículas y ozono se cumplen en un sitio sólo cuando en este se cumplen los dos límites normados.

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

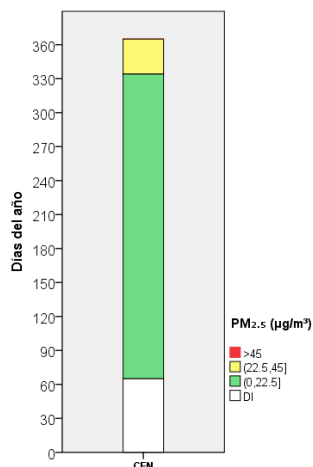
Este indicador ilustra la severidad de los problemas de la calidad del aire en cada estación de monitoreo en términos del número de días con concentraciones superiores a los límites normados, así como la tendencia que presentan las concentraciones inferiores, pero cercanas, a estos valores. Los colores 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 o 24 horas, dependiendo del contaminante que se trate), en cada estación de

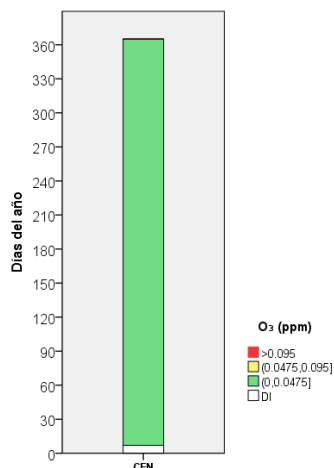
monitoreo. Para ver el detalle sobre la construcción de este indicador, diríjase a la sección 3.2.2.2 del Capítulo 3 Metodología para la generación de indicadores.

PM_{2.5} – límite de 24 horas



En el 74% de los días del año se registró una buena calidad del aire (verde) por PM_{2.5} en Mérida. Otro 8% correspondió a días con calidad del aire regular (amarillo) y el restante 18% correspondió a días donde no se generó información suficiente para poder generar este indicador.

O₃ - límite de 1 hora



El 98% de los días del año 2015 presentó buena calidad del aire (verde) por ozono y el 2% restante correspondió a días en los que por insuficiencia de datos (blanco) no fue posible generar el indicador.

A nivel de toda la ciudad, la Tabla 21.3 muestra el porcentaje de días del año 2015 con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y de 24 horas de partículas (PM_{2.5}). En ella se aprecia que ninguno de estos contaminantes parece representar un problema de calidad del aire en la ciudad, al menos a partir del análisis de los datos diarios. En términos del promedio anual, como ya se indicó antes, el límite de PM_{2.5} fue rebasado.

Tabla 21.3 Porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora de ozono y de 24 horas de PM₁₀ y PM_{2.5}.

Ciudad, municipio o zona metropolitana	PM ₁₀			PM _{2.5} *			O ₃ *		
	No de días con datos válidos	No de días > 75 µg/m ³	% Días > 75 µg/m ³	No de días con datos válidos	No de días > 45 µg/m ³	% Días > 45 µg/m ³	No de días con datos válidos	No de días > 0.095 ppm	% Días > 0.095 ppm
Mérida	□	□	□	300	0	0 %	358	0	0 %

* Estimado con datos provenientes de monitoreo automático.

Al igual que en el año previo, en 2015 esta ciudad no presentó ningún problema de calidad del aire por O₃; sin embargo, con respecto a PM_{2.5} si se observó un cambio importante, ya que el promedio anual incrementó y como resultado de ello se rebasó el límite normado, situación que llevó al incumplimiento de la Norma correspondiente.

22. 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: 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 de PM_{10} en cinco estaciones y de $PM_{2.5}$ y O_3 en una. Los resultados indican el incumplimiento de las normas de PM_{10} , $PM_{2.5}$ y O_3 en Mexicali, así como de la Norma de PM_{10} en Tijuana. Por otra parte, el indicador de número de días con calidad del aire buena, regular y mala hace evidente la existencia de problemas de calidad del aire por $PM_{2.5}$ en Tijuana, pues en 18 de los 161 días en los que se cuenta con información se encontraron concentraciones superiores al límite normado de 24 horas. Esto, sin embargo, no se refleja en el incumplimiento de la Norma, debido a que no se cumple con el criterio de suficiencia de datos que establece la norma para evaluar su cumplimiento.

Chihuahua: La entidad contó en 2015 con 4 SMCA, uno administrado por el gobierno estatal ubicado en el municipio del mismo nombre y tres más administrados cada uno por los siguientes gobiernos municipales: Chihuahua, Ciudad Juárez y Ojinaga. La información disponible indica la posible existencia de problemas de calidad del aire por partículas suspendidas, especialmente por PM_{10} y $PM_{2.5}$ en Chihuahua y por PM_{10} en Ojinaga. En ambos casos se identificó la ocurrencia de días con concentraciones superiores al límite normado de 24 horas. Esta situación, sin embargo, no se refleja en el incumplimiento de la Norma correspondiente debido que la información disponible no cumple con los criterios de suficiencia de datos que establece la misma para llevar a cabo la evaluación de cumplimiento. La norma de ozono se cumplió en Chihuahua que fue el único municipio donde se pudo evaluar dicho cumplimiento. Con respecto a Cd Juárez no se dispuso de la información generada por este SMCA en 2015 para su análisis.

Ciudad de México y su zona conurbada: Los datos generados por este SMCA en el año 2015 muestran que los problemas de calidad del aire tanto por partículas como por ozono persisten en la región. En prácticamente todas las estaciones de monitoreo que generaron información suficiente para evaluar el cumplimiento de norma se rebasó al menos uno de los dos límites normados de PM_{10} , $PM_{2.5}$ y O_3 . Sólo en la estación Pedregal se cumplieron los dos límites normados de PM_{10} . La norma que con mayor frecuencia se rebasa es la de O_3 , seguida de PM_{10} y $PM_{2.5}$.

Coahuila: La entidad contó, administrativamente, con dos SMCA. Uno a cargo del gobierno del estado (con estaciones de monitoreo en Torreón, Saltillo, Monclova y Piedras Negras) y otro a cargo del gobierno del municipio de Torreón (con tres estaciones de monitoreo en su territorio). No se tuvo disponible para su análisis la información generada por ninguna de las estaciones de monitoreo administradas por el gobierno del estado. Por otra parte, la información generada por el SMCA del municipio de Torreón, indica que los dos límites normados de PM_{10} fueron rebasados en dos estaciones de monitoreo. El límite de 24 horas se rebasó en al menos el 19% de los muestreos realizados en el año.

Colima: A partir de la escasa información disponible se puede establecer que en el SMCA de Colima prácticamente estuvo fuera de operación y a decir de los responsables de la gestión del mismo esto se debe a la falta de presupuesto para llevar a cabo el mantenimiento oportuno de los equipos de medición. Sólo se reportaron datos válidos de ozono para 11 días en todo el año.

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. En todas las estaciones de monitoreo que operaron en 2015 en la ZMVT se rebasaron los dos límites normados de PM_{10} y $PM_{2.5}$. En tanto que en cuatro de ellas también se excedieron los dos límites de O_3 . La estación San Cristóbal, sigue siendo el caso más crítico de incumplimiento de norma, en ella se rebasaron todos los valores normados de PM_{10} , $PM_{2.5}$ y O_3 , y ello ocurre frecuentemente con las concentraciones más altas registradas en la entidad. En términos del número de días al año en que se rebasa cada norma, la que con mayor frecuencia se rebasó en la entidad fue la de PM_{10} , seguida de $PM_{2.5}$ y la de O_3 .

Guanajuato: En la entidad se presentan problemas de incumplimiento de las normas de calidad del aire de PM_{10} , $PM_{2.5}$ y Ozono. De hecho, en todas las estaciones de monitoreo de Celaya, Irapuato, León y Salamanca se rebasaron los dos límites normados tanto de partículas (PM_{10} y $PM_{2.5}$), como de ozono. Las concentraciones más altas de PM_{10} y $PM_{2.5}$ se registraron en Salamanca, en tanto que las de ozono ocurrieron en León. En términos del número de días al año, la Norma de PM_{10} se rebasa con mayor frecuencia que la de ozono y la de $PM_{2.5}$ en Celaya, León, Salamanca y Silao. Por otra parte, en Irapuato la norma que se rebasa con mayor frecuencia es la de Ozono.

Hidalgo: La información disponible permitió identificar la existencia de problemas de calidad del aire por ozono en Pachuca, Tula de Allende, Atotonilco de Tula y Tizayuca, así como por $PM_{2.5}$ en

Xochicoatlán. En todos los casos se rebasó al menos uno de los dos límites normados y por tanto se incumplieron las Normas correspondientes.

El indicador de número de días con calidad del aire buena, regular y mala, deja ver la posibilidad de que también existan problemas de calidad del aire por $PM_{2.5}$ en Atitalaquia, Atotonilco, Tula y Tepeji dado que se reportan días con concentraciones superiores al límite normado de 24 horas; sin embargo, esta situación no es concluyente debido a que no se ve reflejada en incumplimiento de Norma por falta de información. Es indispensable mejorar la eficiencia de generación de datos para poder realizar un análisis más robusto.

Jalisco: En la ZMG persisten los problemas de calidad del aire tanto por O_3 como por PM_{10} . La Norma de ozono no se cumplió en ninguna estación de monitoreo y por tanto en ninguno de los municipios que conforman la zona metropolitana, en tanto que la Norma de PM_{10} sólo se cumplió en el municipio de Tonalá. En Guadalajara, Zapopan, El Salto, Tlajomulco y Tlaquepaque hubo al menos una estación de monitoreo en la que al menos uno de los límites normados de PM_{10} fue rebasado. A lo largo del año, la Norma de PM_{10} se rebasa con mayor frecuencia que la de O_3 . En cuanto a $PM_{2.5}$, sólo se tuvo información disponible para la estación de monitoreo SFE, pero esta no cumplió con el criterio de suficiencia de datos para poder llevar a cabo la evaluación de cumplimiento de Norma. 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.

Michoacán: El análisis de la información generada por el SMCA de Morelia para el año 2015 revela problemas de incumplimiento de la norma de Ozono. En dos de las tres estaciones que conforman este sistema se rebasaron los dos límites normados para este contaminante. El número de días en que se rebasó el límite normado de 1 hora fue de 6 en una estación y 3 en otra, y las concentraciones horarias máximas alcanzadas en 2015 en cada estación fueron 3% y 5% superiores al límite normado.

Morelos: Se identificó la existencia de problemas de calidad del aire por ozono en los cuatro municipios que cuentan con equipos de medición de este contaminante (Cuernavaca, Cuautla, Ocuilco y Zacatepec), pues en ninguno de ellos se cumple con la norma correspondiente. En el caso particular de Cuautla llama la atención que la concentración máxima horaria reportada en el año 2015, fue 80% superior al límite normado y casi tan alto como el máximo reportado para el

mismo año en la ZMVM. El límite normado de una hora se rebasó con más frecuencia en Cuernavaca, seguido de Cuautla y Ocuilco.

Nayarit: A pesar de tratarse de un Sistema de Monitoreo que recién consolidó sus procesos operativos, generó información validada suficiente para elaborar los indicadores usados en este documento, los cuales revelaron el incumplimiento de las normas de calidad del aire tanto para O_3 como para PM_{10} , específicamente en la ciudad de Tepic que es donde se ubican las dos estaciones de monitoreo con las que cuenta este sistema. En ambas estaciones se incumplió la Norma de PM_{10} y sólo en una la Norma de Ozono.

Nuevo León: Los datos generados en el año 2015 por las estaciones de monitoreo que se ubican en el Área Metropolitana de Monterrey, revelan problemas de calidad del aire por PM_{10} , $PM_{2.5}$ y O_3 . De hecho, en todas las estaciones donde se pudo evaluar el cumplimiento de los límites normados para estos contaminantes se observó incumplimiento de los mismos. La estación en la que con mayor frecuencia se presentan concentraciones superiores al límite normado de PM_{10} y $PM_{2.5}$ es Santa Catarina con el 45% y 9% de los días de 2015, respectivamente. Con respecto al ozono la estación con el mayor número de días con concentraciones por arriba del límite de 1 hora es García con el 11% de los días del año en esta condición.

Puebla: En todas las estaciones de este SMCA donde fue posible evaluar el cumplimiento de la Norma de partículas suspendidas el resultado fue desfavorable, tanto para PM_{10} como para $PM_{2.5}$, pues en todas se rebasó al menos uno de los dos límites normados para cada contaminante. En lo que se refiere al ozono, la norma se cumplió en dos estaciones y se incumplió en otras dos. Esta situación pone en condiciones de incumplimiento tanto de la Norma de partículas suspendidas como de ozono a los municipios de Puebla y Coronango en el 2015. La estación de monitoreo con el mayor número de días con concentraciones superiores al valor de la norma de PM_{10} fue Ninfas (15% de días), para $PM_{2.5}$ fue Benemérito Instituto Normal de estado (3%) y para ozono fue Velódromo (1%).

Querétaro: Sólo en tres de las ocho estaciones de monitoreo con que contó este SMCA en 2015 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 Santiago de Querétaro, se registró el incumplimiento del límite normado anual para $PM_{2.5}$. Las concentraciones de ozono y PM_{10} en las tres estaciones referidas se ubicaron por debajo de los límites establecidos en las respectivas normas

de calidad del aire. El indicador sobre número de días con calidad del aire buena, regular y mala, permitió, sin embargo, identificar un problema de calidad del aire por PM_{10} en la estación UMMA1 ubicada en Santiago de Querétaro al rebasarse para dicho contaminante el 16% de los días el límite normado de 24 horas.

Tabasco: La mayoría de las estaciones de monitoreo que conformaron este SMCA en 2015 entraron en operación ese mismo año y ello puede explicar por qué en ningún caso se generó información suficiente para poder evaluar el cumplimiento de las diferentes normas de calidad del aire. A pesar de ello, el indicador sobre el número de días con calidad del aire buena, regular y mala deja ver la posibilidad de que en la entidad se presenten problemas de calidad del aire por PM_{10} , específicamente en el municipio Centro donde el monitoreo continuo reportó la ocurrencia de cinco días con valores superiores al límite normado de 24 horas.

Tamaulipas: En 2015 sólo ocho de las dieciocho estaciones de monitoreo que conformaron este SMCA generaron información sobre las concentraciones de PM_{10} . En una de ellas (ubicada en Ciudad Victoria) se presentó el incumplimiento del límite normado de 24 horas de PM_{10} . En las siete estaciones restantes (ubicadas en Nuevo Laredo, Tampico y Ciudad Madero) no se generó información suficiente para poder evaluar el cumplimiento de la norma de PM_{10} que es el único contaminante medido en la entidad. Sin embargo, el indicador de número de días con calidad del aire buena, regular y mala deja ver la posibilidad de que existan problemas de calidad del aire en las tres ciudades, pues en todas ellas se encontró que entre el 2% y el 38% de los muestreos realizados registró concentraciones superiores al límite normado de 24 horas. Las estaciones localizadas en Reynosa, Matamoros y El Mante estuvieron fuera de operación todo el año.

Yucatán: La información generada por la única estación de monitoreo que integra este SMCA y que se ubica en la ciudad de Mérida, revela que esta ciudad no presentó ningún problema de calidad del aire por O_3 ; sin embargo, con respecto a $PM_{2.5}$ si se observó el incumplimiento del límite anual, situación que llevó al incumplimiento de la Norma correspondiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Atkinson R W., S Kang, H R Anderson, I C Mills and H A Walton. 2014. Epidemiological time series studies of PM_{2.5} and daily mortality and hospital admissions: a systematic review and meta-analysis. *Thorax* 2014;69:660–665. doi:10.1136/thoraxjnl-2013-204492.

CARB (California Air Resources Board). 2014. State and National Air Quality Standards. Disponible en: <http://www.arb.ca.gov/research/aaqs/aaqs2.pdf>

Chen By, Chen Ch, Chuang YC, Honda Y, Chiang HC and Gou YL. 2016. Schoolchildren's antioxidation genotypes are susceptible factors for reduced lung function and airway inflammation caused by air pollution. *Environ Res.* 2016 Aug;149:145-50. doi: 10.1016/j.envres.2016.05.007. Epub 2016 May 18.

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

Curtis, L., W. Rea, et al. (2006), "Adverse health effects of outdoor air pollutants", *Environ Int* 32(6): 815-30.

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.

Evans, J.S., J.I. Levy, C. Hammitt, C. Santos Burgoa y M. Castillejo, junto con M. Caballero Ramírez, M. Hernández Ávila, H. Riojas, L. Rojas Bracho, P. Serrano Trespalacios, J.D. Spengler y H. Suh. 2002. Health Benefits of Air Pollution Control. En: L.T. Molina y M.J. Molina. Air Quality in the Mexico Megacity. Kluwer, Boston. Pp. 105-136. (Hay traducción al español del FCE, México).

He, G., Fan, M., and Zhou, M. 2016. The effect of air pollution on mortality in China: Evidence from the 2008 Beijing Olympic Games. Journal of Environmental Economics and management, 29, pp. 18-39.

Hernández-Cadena, L., M. M. Téllez-Rojo, L. H. Sanin-Aguirre, M. Lacasana-Navarro, A. Campos e I. Romieu. 2000. Relationship between emergency consultations for respiratory diseases and air pollution in Juarez City, Chihuahua. Salud Pública de México 42(4):288-97.

Hoek, G., R.M. Krishnan, R. Beelen, A. Peters, B. Ostro, B. Bronekreef and J.D. Kaufman. 2013. Long-term air pollution exposure and cardio-respiratory mortality: a review. Environmental Health. 12:43. 1-16.

Holguín F., M. M. Téllez-Rojo, M. Hernández, M. Cortez, J. C. Chow, J.G. Watson, D. Mannino, I. Romieu. 2003. Air pollution and heart rate variability among the elderly in Mexico City. Epidemiology 14 (5):521-7.

INE – Instituto Nacional de Ecología. 2012. Guía para evaluar los impactos de la salud por instrumentación de medidas de control de la contaminación atmosférica. México 78 pp. Disponible en: http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=682

Kampa, M. and E. Castanas (2008), "Human health effects of air pollution", Environ Pollut 151(2): 362-7.

Lacasana, M., A. Esplugues, et al. (2005), "Exposure to ambient air pollution and prenatal and early childhood health effects", Eur J. Epidemiol 20(2): 183-99.

Lai, H.K; Tsang, H; Wong, C.M. 2013. Meta-analysis of adverse health effects due to air pollution in Chinese populations. BMC Public health. 13.

Lepeule, J., F. Laden, D. Dockery and J. Schwartz. 2012. Chronic exposure to fine particles and mortality: an extended follow-up of the Harvard six cities study from 1974 to 2009. Environmental Health Perspectives. Vol 120. No 7. 965-970.

Lu, F; Xu, D; Cheng, Y; Dong, S; Guo, C; Jiang, X; Zheng, X. 2015. Sistematic review and meta-analysis of the adverse health effects of ambient PM2.5 and PM10 pollution in the Chinese population. Environ. Res, 136, pp. 196-204.

Maisonet, M., A. Correa, et al. (2004), "A review of the literature on the effects of ambient air pollution on fetal growth", Environ Res 95(1): 106-15.

Martínez, A.P. e I. Romieu. 1997. Introducción al monitoreo atmosférico. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. México. 261 pp.

Mirowsky J.E., L.A. Dailey and R.B. Devlin. 2016. Differential expression of pro-inflammatory and oxidative stress mediators induced by nitrogen dioxide and ozone in primary human bronchial epithelial cells. Inhal Toxicol. Jul 28(8): 374-82. Doi 10.1080/08958378.2016.1185199

OMS (Organización Mundial de la Salud), Centro de prensa. Comunicado de prensa del 24 de marzo de 2014. Disponible en <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/es/>

Orduz García, C.E., V.M. Toro y J.C. Gómez. 2013. EPOC, Bronquitis Crónica y Síntomas Respiratorios Asociados a la Contaminación por PM10 en la Ciudad de Medellín (Colombia). Revista Med vol. 21, núm. 1, enero-junio, 2013, pp. 21-28. Universidad Militar Nueva Granada Bogotá, Colombia

Pope, C. A., R. T. Burnett, M.J. Thun, E. Calle, D. Krewski, I. Kazuhiko y G.D. Thurston. 2002. Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality, and Long-term Exposure to Fine Particulate Air Pollution. Journal of the American Medical Association 287(9): 1132-1141.

Reyna A.M., M.E. Bravo, R. López, E.C. Nieblas and M.L. Nava. 2013. Relative risk of death from exposure to air pollutants: a short-term (2003-2007) study in Mexicali, Baja California, Mexico. *International Journal of Environmental Health Research*, 22:4, 370-386

Romano, S. P. 2000. Sintomatología respiratoria asociada a partículas menores de 10 micras (PM₁₀) en el centro de la Ciudad de México. Instituto Nacional de Salud Pública, Morelos, México.

Romieu, I., F. Meneses, J. J. L. Sienra-Monge, J. Huerta, S. R. Velasco, M. C. White, R. A. Etzel, M. Hernández-Ávila. 1995. Effects of urban air pollutants on emergency visits for childhood asthma in Mexico City. *American Journal of Epidemiology* 141: 546-553.

Romieu, I., Gouveia N, Cervantes L.A., Ponce de León A. Junger W, Hurtado-Díaz M. Miranda.Soberanis V., Vera., Strappa V., Rojas-Bracho L., Carbajal-Arroyo L., Tzintzun-Cervantes G., 2012. Muñticity Study of Air Pollution and Mortality in Latin America (The ESCLA Study). Research report 171. Health Effects Institute, Boston, MA.

Rosas, I., H. A. McCartney, R. W. Payne, C. Calderon, J. Lacey, R. Chapela, S. Ruiz-Velasco. 1998. Analysis of the relationships between environmental factors (aeroallergens, air pollution, and weather) and asthma emergency room visits to a hospital in Mexico City. *Allergy* 53: 394-401.

Samet, J. and D. Krewski (2007), "Health effects associated with exposure to ambient air pollution", *J Toxicol Environ Health A* 70(3-4): 227-42.

Shang, Y; Sun, Z; Cao, J; Wang, X; Zhong, L; Bi, X; Huang, W. 2013. Systematic review of Chinese studies of short-term exposure to air pollution and daily mortality. *Environ. Int*, 54, pp. 100-111.

Samoli Evangelia, Konstantina Dimakopoulou, Dimitris Evangelopoulos, Sophia Rodopoulou, Anna Karakatsani, Lambrini Veneti, Maria Sionidou, Ioannis Tsolakoglou, Ioanna Krasanaki, Georgios Grivas, Despoina Papakosta and Klea Katsouyanni. 2016. Is Daily Exposure to Ozone Associated With Respiratory Morbidity and Lung Function in a Representative Sample of Schoolchildren? Results From a Panel Study in Greece. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* 27, 346-351 (May/June 2017) | doi:10.1038/jes.2016.32

Téllez-Rojo, M. M., I. Romieu, M. Polo-Peña, S. Ruiz-Velazco, F. Meneses-González y M. Hernández-Ávila. 1997. Efecto de la contaminación ambiental sobre las consultas por infecciones respiratorias en niños de la Ciudad de México. *Salud Pública de México* 39: 513-522.

Torres-Meza, V. 2000. Acute morbidity at primary care settings and air pollution in Mexico City. Master in Sciences, National Institute of Public Health. Cuernavaca, Morelos, México.

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 Handdling 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

Wigle, D. T., T. E. Arbuckle, et al. (2007), "Environmental hazards: evidence for effects on child health", *J Toxicol Environ Health B Crit Rev* 10(1-2): 3-39.

ANEXO 1

Sistemas de monitoreo de la calidad del aire, redes de muestreo/monitoreo y estaciones de muestreo/monitoreo existentes en México
(Información actualizada al mes de diciembre de 2015)

Entidad	Nombre del SMCA	Nombre de la Red/Municipio*	Número de Estaciones**			Número total de estaciones	
			Automática (A)	Manual (M)	Mixta*** (A y M)	Red/entidad	SMCA
Aguascalientes	Aguascalientes	Aguascalientes	3	2	1	6	6
Baja California	Baja California	Ensenada	---	---	1	1	13
		Mexicali	1	2	3	6	
		Rosarito	---	---	1	1	
		Tecate	---	---	1	1	
		Tijuana	---	1	3	4	
Campeche	Campeche	Campeche	---	---	1	1	1
Chiapas	Chiapas	Tuxtla Gutiérrez	1	1	---	2	2
Chihuahua	Chihuahua Estatal	Chihuahua Estatal	2	---	---	2	2
	Chihuahua municipal	Chihuahua	1	---	---	1	1
	Cd Juárez	Cd Juárez	---	8	3	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	26	2	9	37	37
Coahuila	Torreón Municipal	Torreón	1	2	---	3	7
	Coahuila estatal	Torreón	1	---	---	1	
		Saltillo	1	---	---	1	
		Monclova	1	---	---	1	
		Piedras Negras	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	27
		Irapuato	3	---	---	3	
		León	3	1	---	4	
		Salamanca	3	---	---	3	

Entidad	Nombre del SMCA	Nombre de la Red/Municipio*	Número de Estaciones**			Número total de estaciones	
			Automática (A)	Manual (M)	Mixta*** (A y M)	Red/entidad	SMCA
		Silao	1	---	---	1	
		San Miguel de Allende	---	1	---	1	
		Abasolo	1	---	---	1	
		San Luis de la Paz	1	---	---	1	
		Guanajuato	---	---	1	1	
		Villagrán	---	1	---	1	
		Dolores Hidalgo	---	1	---	1	
		Cortazar	---	1	---	1	
		Juventino Rosas	---	1	---	1	
		Acámbaro	---	1	---	1	
		Moroleón	---	1	---	1	
		San José Iturbide	---	1	---	1	
		San Fco. del Rincón	---	1	---	1	
		Purísima del Rincón	1	---	---	1	
Guerrero	Guerrero	Acapulco	1	---	---	1	1
Hidalgo	Hidalgo	Ajacuba	---	1	---	1	21
		Atitalaquia	---	---	1	1	
		Atotonilco	---	---	1	1	
		Tepeapulco	1	---	---	1	
		Huichapan	1	---	---	1	
		Tepetitlán	---	1	---	1	
		Tepeji del Río	---	---	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	

Entidad	Nombre del SMCA	Nombre de la Red/Municipio*	Número de Estaciones**			Número total de estaciones	
			Automática (A)	Manual (M)	Mixta*** (A y M)	Red/entidad	SMCA
		Zacatepec	1	---	---	1	
Nayarit	Nayarit	Tepic	2	---	---	2	2
Nuevo León	Nuevo León	Zona Metropolitana de Monterrey	10	---	---	10	10
Oaxaca	Oaxaca	Oaxaca	2	---	---	2	2
Puebla	Puebla	Puebla	4	---	---	4	5
		Coronango	1			1	
Querétaro	Querétaro	Corregidora	1	---	---	1	8
		El Marqués	1	---	---	1	
		Santiago de Querétaro	5	---	---	5	
		San Juan del Río	1			1	
San Luis Potosí	San Luis Potosí	San Luis Potosí	3	---	---	3	3
Sinaloa	Sinaloa	Culiacán	1	1	---	2	8
		Mazatlán	1	1	---	2	
		Ahome	1	1	---	2	
		Guasave	---	1	---	1	
		Salvador Alvarado	---	1	---	1	
Sonora	Sonora	Agua Prieta	---	---	1	1	4
		Cajeme	---		1	1	
		Hermosillo	---	---	1	1	
		Nogales	---	---	1	1	
Tabasco	Tabasco	Centro	1	---	1	2	7
		Balancán	---	1	---	1	
		Huimanguillo	---	1	---	1	
		Centla	---	1	---	1	
		Comalcalco	---	1	---	1	
		Paraíso	---	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	

Entidad	Nombre del SMCA	Nombre de la Red/Municipio*	Número de Estaciones**			Número total de estaciones	
			Automática (A)	Manual (M)	Mixta*** (A y M)	Red/entidad	SMCA
		Santa Cruz Quilehtla	---	1	---	1	
Veracruz	Veracruz	Minatitlán	1	---	---	1	3
		Xalapa	1	---	---	1	
		Poza Rica	1	---	---	1	
Yucatán	Yucatán	Mérida	1	---	---	1	1
Zacatecas	Zacatecas	Guadalupe	---	1	---	1	4
		Zacatecas	1	2	--	3	

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por los responsables de la gestión de cada SMCA referido en la tabla.

*En esta columna se indica el nombre de la Red de monitoreo en negritas o el nombre del municipio en la que se ubican las estaciones de monitoreo referidas en las siguientes columnas. En este documento sólo se habla de Red de monitoreo cuando hay más de una estación de monitoreo en una región determinada, en este caso un municipio.

** El número de estaciones indicado en esta tabla no toma en cuenta las estaciones en las que se miden contaminantes distintos a los contemplados por las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire emitidas por la Secretaría de Salud, tales como Benceno, Tolueno, Xileno o Partículas Suspendidas Totales. Se asume como estación de monitoreo mixta a aquella que cuenta con equipo de medición tanto manual como automático.

***En este documento se habla de una estación de monitoreo mixta cuando en ella se cuenta con equipo de medición tanto automático como manual.

ANEXO 2

Límites de concentración recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y comparación con la normatividad vigente en México, Estados Unidos (USEPA), California (CARB-US) y Unión Europea (UE).

Contaminante	Tiempo para el promedio	México	NAAQS-USEPA	CARB-US	OMS	UE
PM₁₀	24 horas	75 µg/m³	150 µg/m³	50 µg/m³	50 µg/m³	50 µg/m³
	Anual	40 µg/m³	-----	20 µg/m³	20 µg/m³	40 µg/m³
PM_{2.5}	24 horas	45 µg/m³	35 µg/m³	-----	25 µg/m³	
	Anual	12 µg/m³	12 µg/m³	12 µg/m³	10 µg/m³	25 µg/m³
Ozono (O₃)	1 hora	0.095 ppm	-----	0.090 ppm	-----	
	8 horas	0.070 ppm	0.070 ppm	0.070 ppm	0.050 ppm	0.060 ppm
Dióxido de azufre (SO₂)	10 minutos	-----	-----	-----	0.191 ppm	-----
	1 hora	-----	0.075 ppm	0.250 ppm	-----	0.134 ppm
	3 horas	-----	0.500 ppm	-----	-----	-----
	8 horas	0.200 ppm	-----	-----	-----	-----
	24 horas	0.110 ppm	-----	0.040 ppm	0.008 ppm	0.048 ppm
	Anual	0.025 ppm	-----	-----	-----	-----
Dióxido de nitrógeno (NO₂)	1 hora	0.210 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	9 ppm	9 ppm

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

ANEXO 3

Distribución de días buenos, regulares y malos por ciudad y zona metropolitana en 2015.

Entidad	Nombre del SMCA	Red o municipio	PM ₁₀				PM _{2.5}				O ₃			
			DI	Buenos	Regulares	Malos	DI	Buenos	Regulares	Malos	DI	Buenos	Regulares	Malos
				(0,37.5] $\mu\text{g}/\text{m}^3$	(37.6,75] $\mu\text{g}/\text{m}^3$	> 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		(0,22.5] $\mu\text{g}/\text{m}^3$	(22.5,45] $\mu\text{g}/\text{m}^3$	> 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		(0,0.0475] ppm	(0.0475,0.095] ppm	>0.095 ppm
Baja California	Baja California	Mexicali*	11	2	13	35	25	110	183	47	110	149	104	2
		Tijuana*	9	22	22	8	204	10	133	18	212	153	0	0
Chihuahua	Chihuahua estatal y municipal	Chihuahua	24	62	238	41	126	56	180	3	69	162	134	0
		Ojinaga	40	8	8	4	□	□	□	□	□	□	□	□
Ciudad de México y zona conurbada	Ciudad de México y zona conurbada	CDMX y zona conurbada	0	29	204	132	0	78	244	43	0	19	134	212
Coahuila	Coahuila Municipal	Torreón*	0	22	49	17	□	□	□	□	□	□	□	□
Colima	Colima	Colima	x	x	x	x	x	x	x	x	354	11	0	0
Estado de México	Estado de México	ZMVT	0	9	192	164	0	12	214	139	0	71	278	16
Guanajuato	Guanajuato	Celaya	0	16	196	153	25	239	97	4	0	17	341	7
		Irapuato	0	94	234	37	25	185	150	5	19	41	235	70
		León	0	1	205	159	152	143	57	13	0	31	217	117
		Salamanca	0	7	249	109	6	189	162	8	0	46	310	9
		Silao	8	175	171	11	171	84	109	1	9	67	287	2
Hidalgo	Hidalgo	Ajacuba*	56	4	1	0	□	□	□	□	□	□	□	□
		Atitalaquia**	x	x	x	x	16	11	18	16	x	x	x	x
		Atotonilco**	x	x	x	x	15	5	7	34	9	103	242	11

Entidad	Nombre del SMCA	Red o municipio	PM ₁₀				PM _{2.5}				O ₃			
			DI	Buenos	Regulares	Malos	DI	Buenos	Regulares	Malos	DI	Buenos	Regulares	Malos
				(0,37.5] µg/m ³	(37.6,75] µg/m ³	> 75 µg/m ³		(0,22.5] µg/m ³	(22.5,45] µg/m ³	> 45 µg/m ³		(0,0.0475] ppm	(0.0475,0.095] ppm	>0.095 ppm
		Lolotla**	□	□	□	□	12	40	9	0	□	□	□	□
		Pachuca*	7	46	8	0	x	x	x	x	70	65	223	7
		Tepetitlán*	15	36	10	0	□	□	□	□	□	□	□	□
		Tepeji del Río**	x	x	x	x	27	11	16	7	x	x	x	x
		Tizayuca*	11	31	17	2	x	x	x	x	34	131	194	6
		Tlaxcoapan*	7	40	13	1	x	x	x	x	x	x	x	x
		Tula de Allende**	x	x	x	x	14	7	32	8	43	171	142	9
		Xochicoatlán**	□	□	□	□	9	42	10	0	□	□	□	□
		Zapotlán*	7	43	11	0	□	□	□	□	□	□	□	□
Jalisco	Jalisco	ZMG	0	8	107	250	160	176	29	0	0	89	230	46
Michoacán	Michoacán	Morelia	61	197	107	0	169	151	45	0	4	111	242	8
Morelos	Morelos	Cuautla	□	□	□	□	□	□	□	□	242	24	95	4
		Ocuituco	x	x	x	x	□	□	□	□	303	28	33	1
		Cuernavaca	288	43	33	1	□	□	□	□	150	20	180	15
		Zacatepec	315	11	37	2	□	□	□	□	211	76	78	0
Nayarit	Nayarit	Tepic	37	150	153	25	59	292	14	0	31	151	181	2
Nuevo León	Nuevo León	AMM	0	5	121	239	10	66	238	51	0	103	208	54
Puebla	Puebla	Puebla	0	60	245	60	2	182	163	18	0	185	180	0
		Coronango	35	180	140	10	314	24	27	0	90	104	169	2
Querétaro	Querétaro	Corregidora	108	257	0	0	□	□	□	□	97	120	148	0
		El Marqués	91	149	124	1	□	□	□	□	108	219	38	0
		Santiago de Querétaro	173	109	53	30	25	259	81	0	2	242	121	0
		San Juan del Río	x	x	x	x	x	x	x	x	351	2	12	0
Tabasco	Tabasco	Centla*	43	19	0	0	□	□	□	□	□	□	□	□

Entidad	Nombre del SMCA	Red o municipio	PM ₁₀				PM _{2.5}				O ₃			
			DI	Buenos	Regulares	Malos	DI	Buenos	Regulares	Malos	DI	Buenos	Regulares	Malos
				(0,37.5] µg/m ³	(37.6,75] µg/m ³	> 75 µg/m ³		(0,22.5] µg/m ³	(22.5,45] µg/m ³	> 45 µg/m ³		(0,0.0475] ppm	(0.0475,0.095] ppm	>0.095 ppm
		Centro*	48	14	0	0	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
		Huimanguillo*	44	17	1	0	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
		Balancán*	54	8	0	0	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
		Paraíso*	46	16	0	0	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
Tamaulipas	Tamaulipas	Madero*	16	2	20	23	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
		Nuevo Laredo*	28	3	13	17	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
		Tampico*	24	31	5	1	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
		Victoria*	14	19	22	6	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣	▣
Yucatán	Yucatán	Mérida	▣	▣	▣	▣	65	269	31	0	7	358	0	0

*Estimado con datos provenientes de monitoreo manual de PM₁₀

**Estimado con datos provenientes de monitoreo manual de PM_{2.5}

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

x = No se recibió información sobre estos contaminantes

Nota: Para los usuarios interesados en el porcentaje de la distribución de días con calidad del aire buena, regular y mala por ciudad, municipio o zona metropolitana, este se debe de calcular a partir del número de datos diarios representativos esperados en un año, esto es, 365 datos diarios en el caso del monitoreo automático o el total de los muestreos calendarizados cada seis o siete días en el caso del monitoreo manual.