

Informe mensual

Indicadores de Calidad del Aire

Marzo 2022

Sistema de Monitoreo de Calidad del Aire del
Estado de Querétaro (SMCAQ)

Contenido

I.	Introducción.....	3
II.	Indicadores de calidad de aire	3
III.	Meteorología.....	15
IV.	Conclusiones.....	18
V.	Acrónimos.....	20
VI.	Referencias.....	21

I. Introducción

El presente documento se realiza con la finalidad mostrar el comportamiento de la calidad de manera oportuna, conteniendo el análisis de los datos generados para cada contaminante por estación con información validada del mes inmediato anterior. Representa además el nivel de procesamiento de información validada del Sistema de Monitoreo de Calidad del Aire de Querétaro para la toma de decisiones.

El análisis de indicadores se realiza conforme lo establecido en las normas oficiales mexicanas de salud ambiental por contaminante, conforme a los Límites Máximos Permisibles (LMP) de exposición y la NOM-0172-SEMARNAT-2019 que establece el Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud (ICARS) sobre criterios para calidad del aire: buena, aceptable, mala o muy mala, con los que se mantiene informada a la población. Además del análisis de las condiciones meteorológicas presentadas durante el mes.

II. Indicadores de calidad de aire

II.1 Normas de Salud Ambiental en materia de Calidad de Aire

Las Normas Oficiales Mexicanas en materia de salud ambiental emitidas por la Secretaría de Salud, se emiten para cada contaminante y en cada una se establece el Límite Máximo Permissible (LMP) por tiempos de exposición como medida de protección a la salud de la población. Se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Normas oficiales mexicanas de salud ambiental por contaminante

Contaminante	NOM vigente	Límites y tiempos de exposición
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	NOM-023-SSA1-2021	0.106 ppm, promedio horario 0.021 ppm, promedio anual
Monóxido de carbono (CO)	NOM-021-SSA1-2021	26.0 ppm, promedio horario 9.0 ppm, promedio móvil de 8 h
Ozono (O ₃)	NOM-020-SSA1-2021	0.090 ppm, promedio horario 0.065 ppm, promedio móvil de 8 h
Dióxido de azufre (SO ₂)	NOM-022-SSA1-2019	0.04 ppm, promedio de 24 h máximo de 3 años 0.075 ppm, promedio de máximos diarios horarios de los percentiles 99 de 3 años
Partículas menores a 2.5 micrómetros (PM _{2.5})	NOM-025-SSA1-2021	41 µg/m ³ Promedio de 24 h 10 µg/m ³ Promedio anual
Partículas menores a 10 micrómetros (PM ₁₀)		70 µg/m ³ Promedio de 24 h 36 µg/m ³ Promedio anual


Fuente: Normas Oficiales Mexicanas de referencia

Con base a lo establecido en las normas anteriores, en la tabla 2 se muestra el cumplimiento de estas para cada contaminante por estación en el mes de marzo de 2022.

Tabla 2. Cumplimiento de normas oficiales mexicanas de salud ambiental en materia de calidad de aire. Marzo 2022.

Contaminante	CAP	COR	EPG	FEO	JOV	SJR
Dióxido de nitrógeno (horario)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Monóxido de carbono (horario)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Monóxido de carbono (móvil 8 hr)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ozono (horario)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ozono (móvil 8 hr)	✗	✓	✗	✗	✗	✓
Dióxido de azufre (percentil 99 de máximos diarios)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Dióxido de azufre (promedio 24 hr)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Partículas PM _{2.5} (promedio 24 hr)		✓	✓	✓	✓	✓
Partículas PM ₁₀ (promedio 24 hr)	✗					

✓ Cumple
 ✗ No cumple

 No se mide

Durante el mes de marzo comenzó la temporada de calor en el estado, lo que trajo consigo alta radiación solar, altas temperaturas y una estabilidad atmosférica prolongada (bajas velocidades de viento). Esto trae consigo efectos en el aumento de algunos contaminantes: partículas, ozono y dióxido de azufre.

Para el ozono, con el calor aumenta su concentración debido a la mayor cantidad de radiación solar, que es uno de los principales factores en la formación del contaminante. Por tanto, eso fue la causa del incumplimiento en el promedio móvil de 8 horas y se espera que esta tendencia se mantenga durante los meses más cálidos del año que son entre marzo y junio.

En cuanto al incumplimiento por partículas, se debió a la estabilidad atmosférica, que provocó bajas velocidades de viento que permitieron la acumulación y altas concentraciones de dióxido de azufre y partículas, siendo especialmente las últimas las que mostraron mayor problema, al incumplir la NOM-025-SEMARNAT-2021 en la estación CAP por tercer mes consecutivo.

II.2 Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud (ICARS).

El Índice de Aire y Salud (ICARS) se establece en la NOM-172-SEMARNAT-2019, que especifica para cada contaminante los criterios de calidad del aire: buena, regular, mala, muy mala y extremadamente mala, con base en los rangos de concentración que registra cada contaminante; con la finalidad de que la población conozca la calidad del aire que respira. En la tabla 3 y 4 muestran los intervalos establecidos por contaminante.

Tabla 3. ICARS intervalos de concentración para NO₂, CO, O₃ y SO₂.

Contaminante criterio →	Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	Monóxido de carbono (CO)	Ozono (O ₃)		Dióxido de azufre (SO ₂)
Parámetro →	PH (ppm)	PM8 (ppm)	PH (ppm)	PM8 (ppm)	PM24 (ppm)
Calidad de aire ↓					
Buena	0.107	8.75	0.051	0.051	0.008
Regular	>0.107 a 0.210	>8.75 a 11.00	>0.051 a 0.095	>0.051 a 0.070	>0.008 a 0.110
Mala	>0.210 a 0.230	>11.00 a 13.30	>0.095 a 0.135	>0.070 a 0.092	>0.110 a 0.165
Muy mala	>0.230 a 0.250	>13.30 a 15.50	>0.135 a 0.175	>0.092 a 0.114	>0.165 a 0.220
Extremadamente mala	>0.250	>15.50	>0.175	>0.114	>0.220

PH= promedio horario
 PM24= promedio móvil de 24 horas
 ppm= partes por millón

PM8= promedio móvil de 8 horas,
 PP12= promedio móvil ponderado de 12 horas,

Fuente: NOM-172-SEMARNAT-2019

Tabla 4. Intervalos de concentración para PM₁₀ y PM_{2.5}.

Contaminante criterio →	PM ₁₀	PM _{2.5}
Parámetro →	PP12	PP12
Calidad de aire ↓	(µg/m ³)	(µg/m ³)
Buena	50	25
Regular	>50 a 75	>25 a 45
Mala	>75 a 155	>45 a 79
Muy mala	>155 a 235	>79 a 147
Extremadamente mala	>235	>147

PM₁₀=Material particulado menor a 10 micras
 PM_{2.5}=Material particulado menor a 2.5 micras
 µg/m³=Microgramos por metro cúbico

Fuente: NOM-172-SEMARNAT-2019

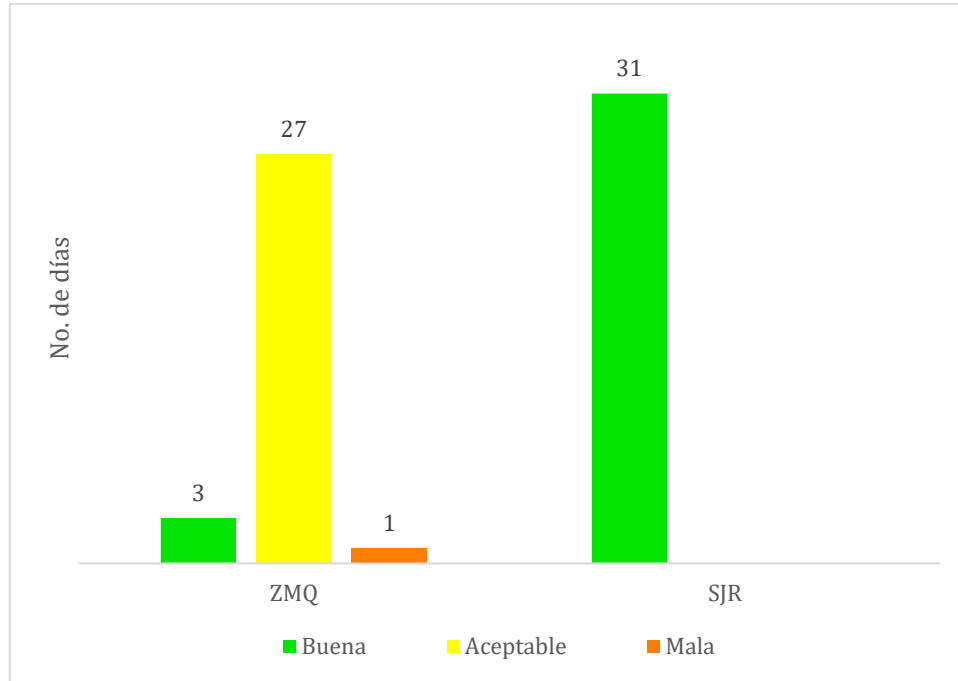
Con base en los valores mostrados en las tablas anteriores, se realizó el análisis de los datos reportados por día para cada estación por contaminante para el mes de marzo de 2022, identificando si la calidad del aire fue buena, aceptable, mala o muy mala, de acuerdo con su máximo valor del día, representados en los calendarios y graficas siguientes.

A continuación, se muestra el comportamiento para los contaminantes que tuvieron calidad del aire aceptable y mala que fueron Ozono (O₃), dióxido de azufre (SO₂) y partículas PM_{2.5} y PM₁₀.

- Ozono (O₃)

Tabla 5. ICARS para ozono (O₃) por día por estación del SMCAQ. Marzo 2022.

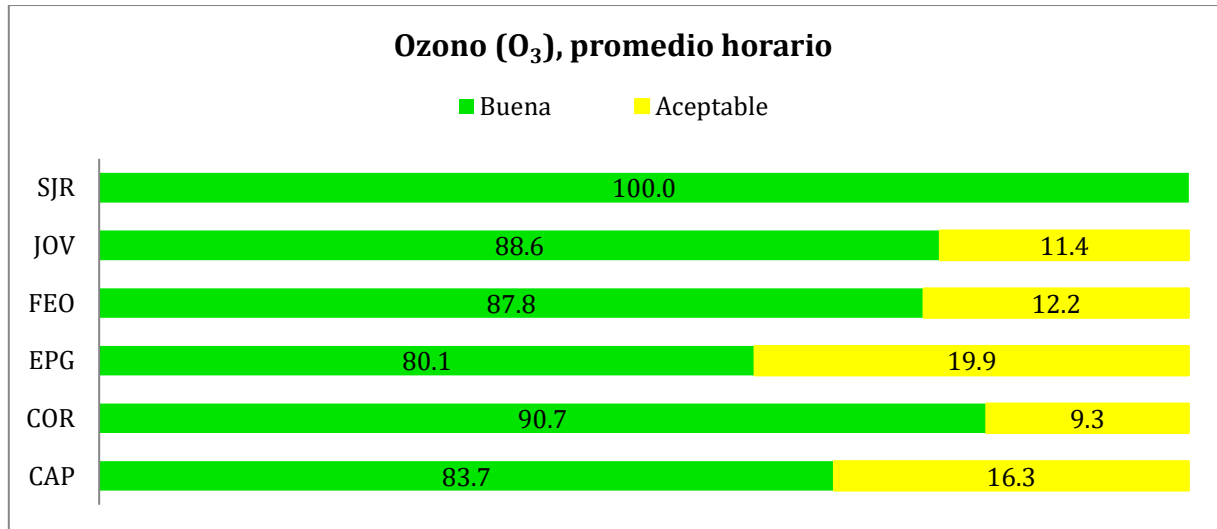
Estación	Marzo de 2022																																		
	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31				
Carrillo Puerto (CAP)																																			
Corregidora (COR)																																			
Epigenio González (EPG)																																			
Félix Osores (FEO)																																			
Josefa Vergara (JOV)																																			
San Juan del Río (SJR)																																			



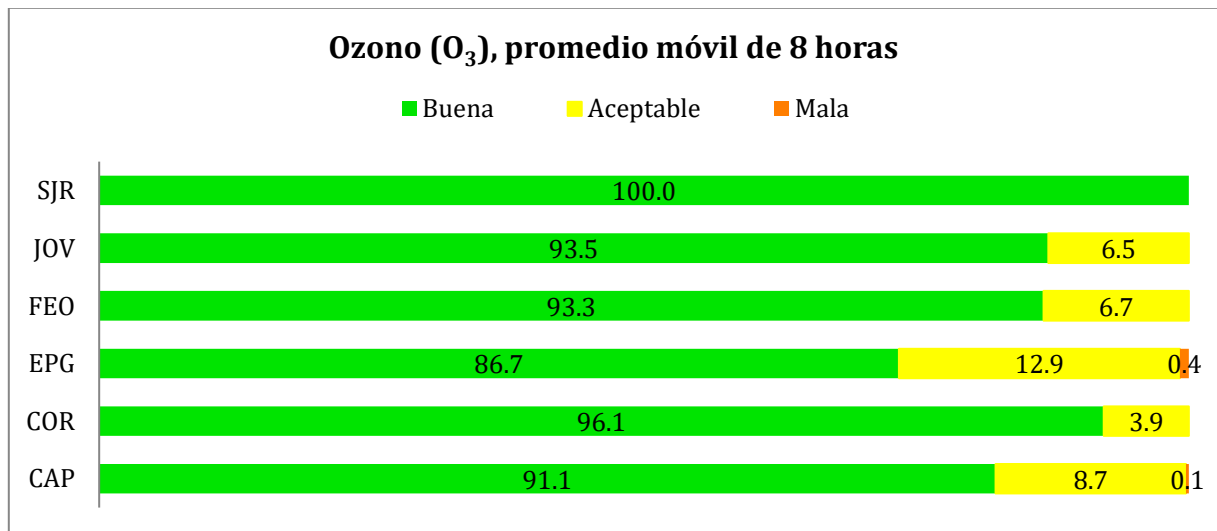
Gráfica 1. Días con calidad del aire buena, aceptable y mala por ozono (O₃). Marzo 2022.

Tabla 6. Horas con calidad del aire aceptable y mala de ozono (O₃). Marzo 2022.

Estación	Promedio horario		Promedio de 8 h		
	Horas con calidad del aire				
	Buena	Aceptable	Buena	Aceptable	Mala
CAP	623	121	678	65	1
COR	675	69	715	29	-
EPG	596	148	645	96	3
FEO	653	91	694	50	-
JOV	659	85	696	48	-



Gráfica 2. Calidad del aire en porcentaje de horas. Ozono (O₃) promedio horario. Marzo 2022.

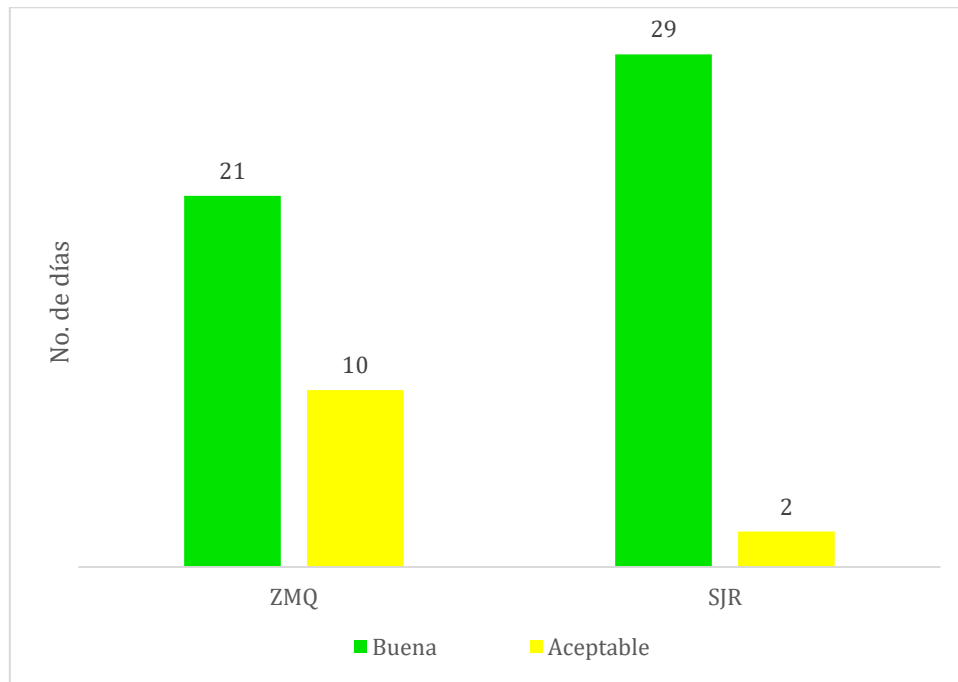


Gráfica 3. Calidad del aire en porcentaje de horas. Ozono (O₃) promedio móvil de 8 h. marzo 2022.

- Dióxido de azufre (SO₂)

Tabla 7. ICARS para dióxido de azufre (SO₂) por día por estación del SMCAQ. Marzo 2022.

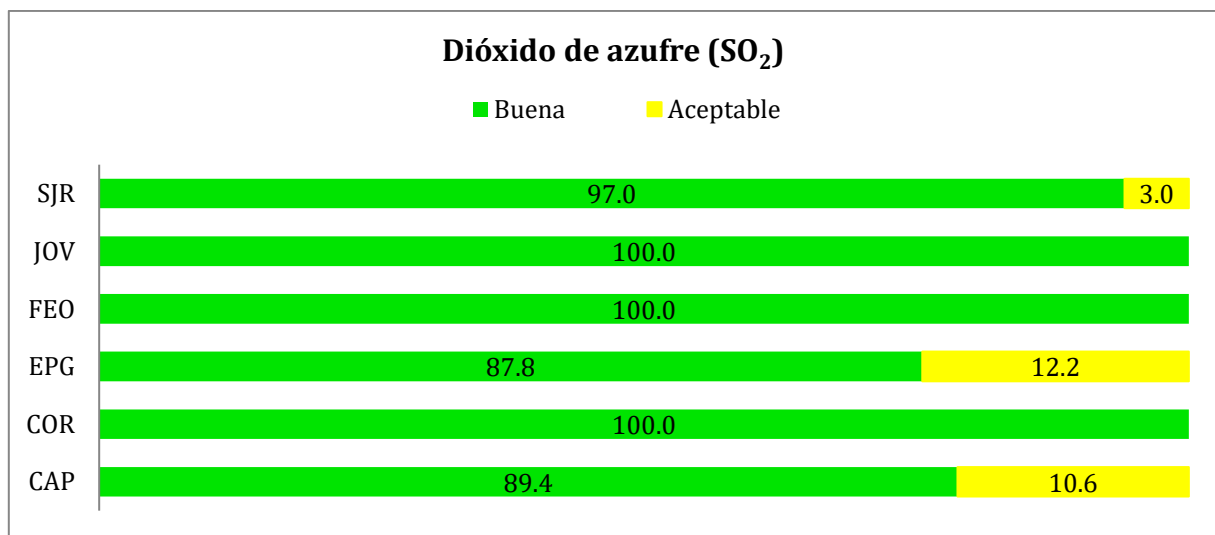
Estación	Marzo de 2022																															
	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Carrillo Puerto (CAP)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Corregidora (COR)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Epigmenio González (EPG)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Félix Osores (FEO)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Josefa Vergara (JOV)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
San Juan del Río (SJR)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■



Gráfica 4. Días con calidad del aire buena y aceptable por dióxido de azufre (SO₂). Marzo 2022.

Tabla 8. Horas con calidad del aire aceptable por dióxido de azufre (SO₂)

Estación	Promedio móvil de 24 h	
	Horas con calidad del aire	
	Buena	Aceptable
CAP	665	79
EPG	653	91
SJR	722	22

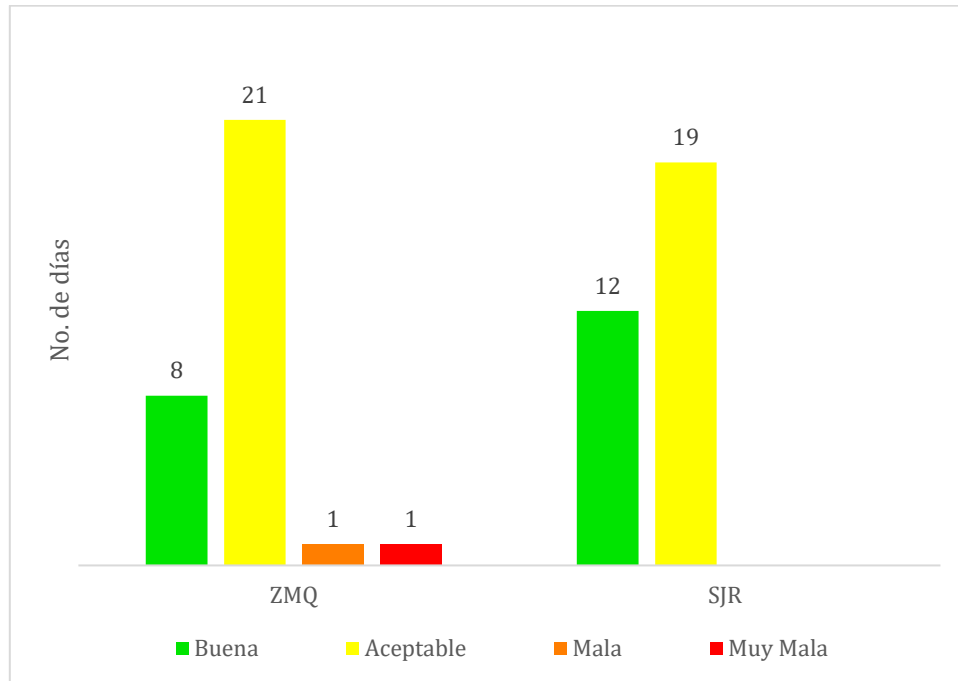


Gráfica 5. Condición de calidad del aire en porcentaje de horas. Dióxido de azufre (SO₂) móvil de 24 h. Marzo 2022.

- Partículas (PM_{2.5})

Tabla 9. ICARS Partículas PM_{2.5} por día por estación del SMCAQ. Marzo 2022.

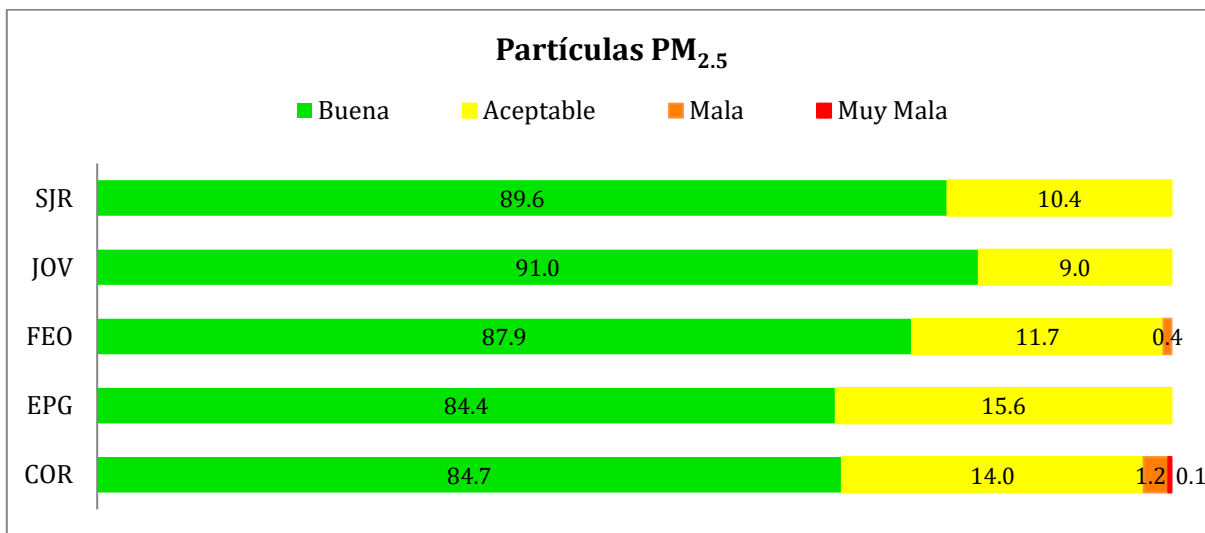
Estación	Marzo de 2022																														
	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Corregidora (COR)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Epigmenio González (EPG)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Félix Osores (FEO)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Josefa Vergara (JOV)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
San Juan del Río (SJR)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■



Gráfica 6. Días con calidad del aire buena, aceptable, mala y muy mala por partículas PM_{2.5}. Marzo 2022.

Tabla 10. Horas por calidad del aire por partículas (PM_{2.5}). Marzo 2022.

Estación	Promedio móvil ponderado de 12h			
	Horas con calidad del aire			
	Buena	Aceptable	Mala	Muy mala
COR	630	104	9	1
EPG	628	116	-	-
FEO	654	87	3	-
JOV	677	67	-	-
SJR	715	22	7	-

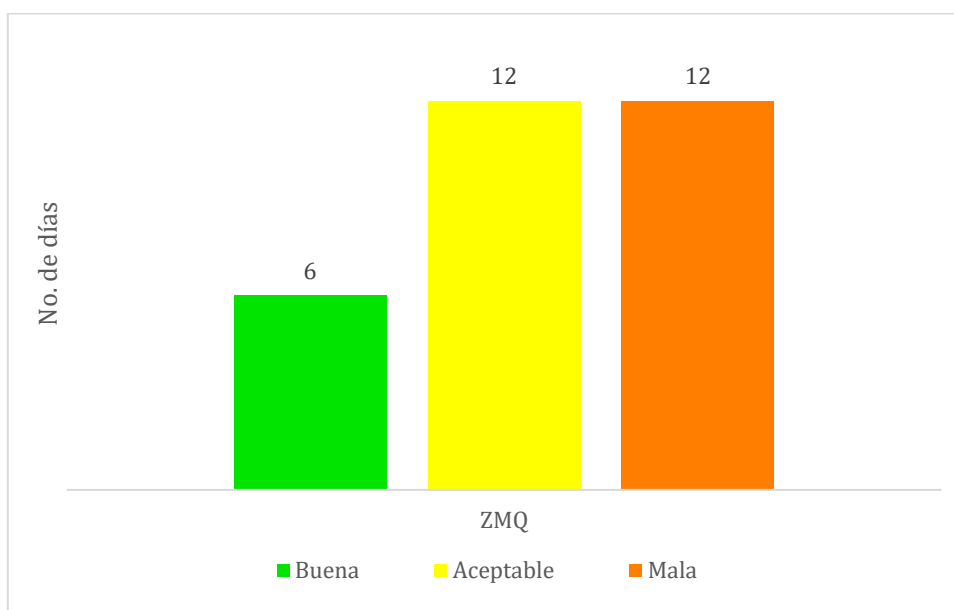


Gráfica 7. Calidad del aire en porcentaje de horas. Partículas PM_{2.5}, móvil 12 h. marzo 2022.

- Partículas (PM₁₀)

Tabla 11. ICARS Partículas PM₁₀ por día por estación del SMCAQ. Marzo 2022.

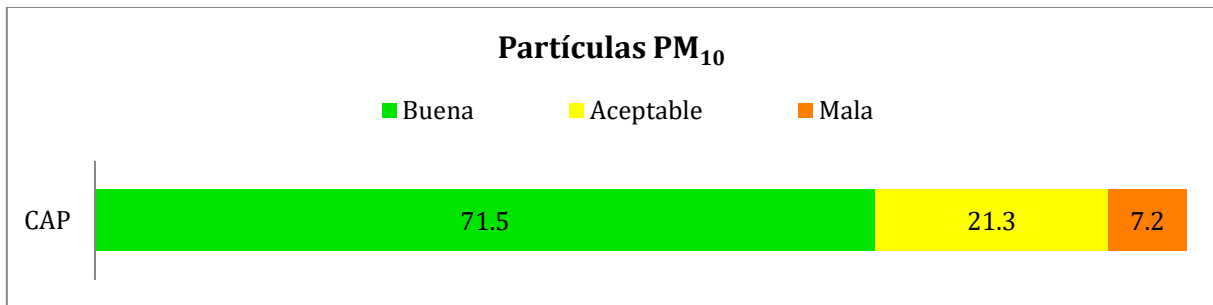
Estación	Marzo de 2022																														
	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Carrillo Puerto (CAP)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■



Gráfica 8. Días con calidad del aire buena, aceptable y mala por partículas PM₁₀ estación CAP. Marzo 2022.

Tabla 12. Horas por calidad del aire por partículas (PM₁₀). Marzo 2022.

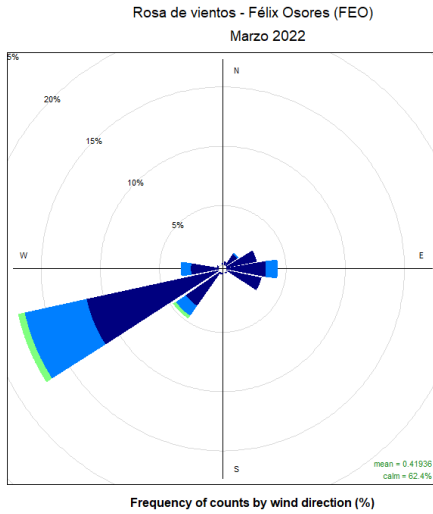
Estación	Promedio móvil ponderado de 12h		
	Horas con calidad del aire		
	Buena	Aceptable	Mala
CAP	531	159	54



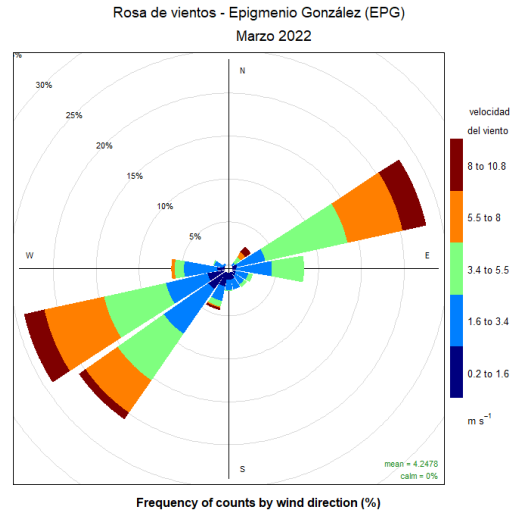
Gráfica 9. Condición de calidad del aire en porcentaje de horas. Partículas PM₁₀, móvil 12 h. Marzo 2022.

III. Meteorología

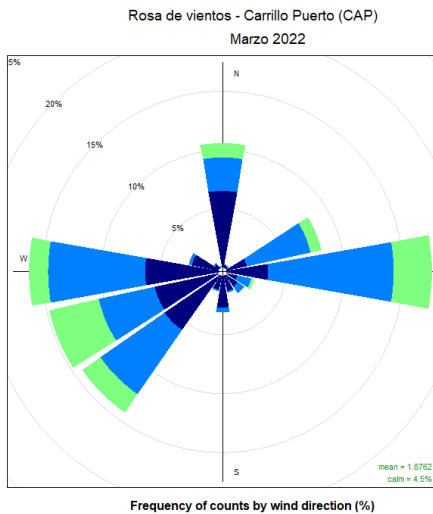
- Velocidad y dirección de viento por estación.



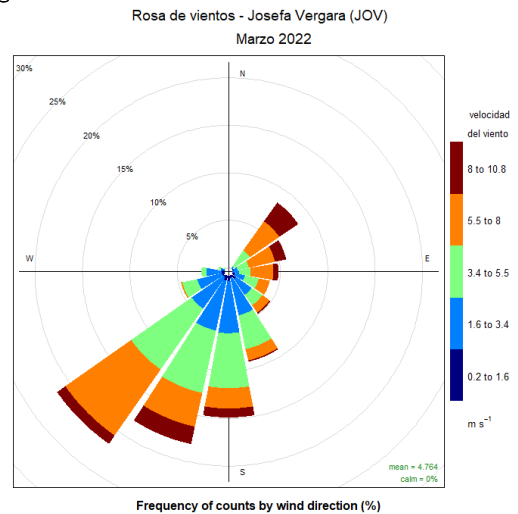
Gráfica 10. Rosa de vientos de la estación Félix Osores (FEO). Marzo 2022.



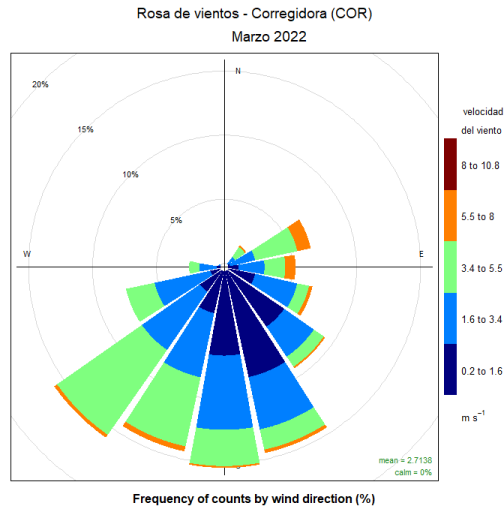
Gráfica 11. Rosa de vientos de la estación Epigmenio González (EPG). Marzo 2022.



Gráfica 12. Rosa de vientos de la estación Carrillo Puerto (CAP). Marzo 2022.

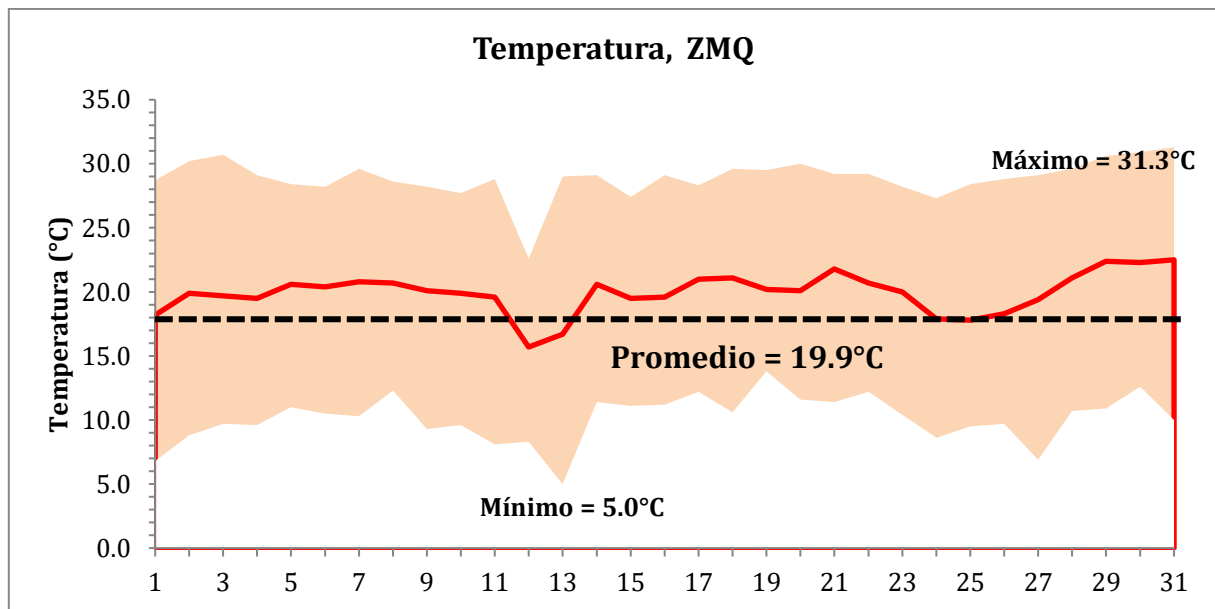


Gráfica 13. Rosa de vientos de la estación Josefa Vergara (JOV). Marzo 2022.



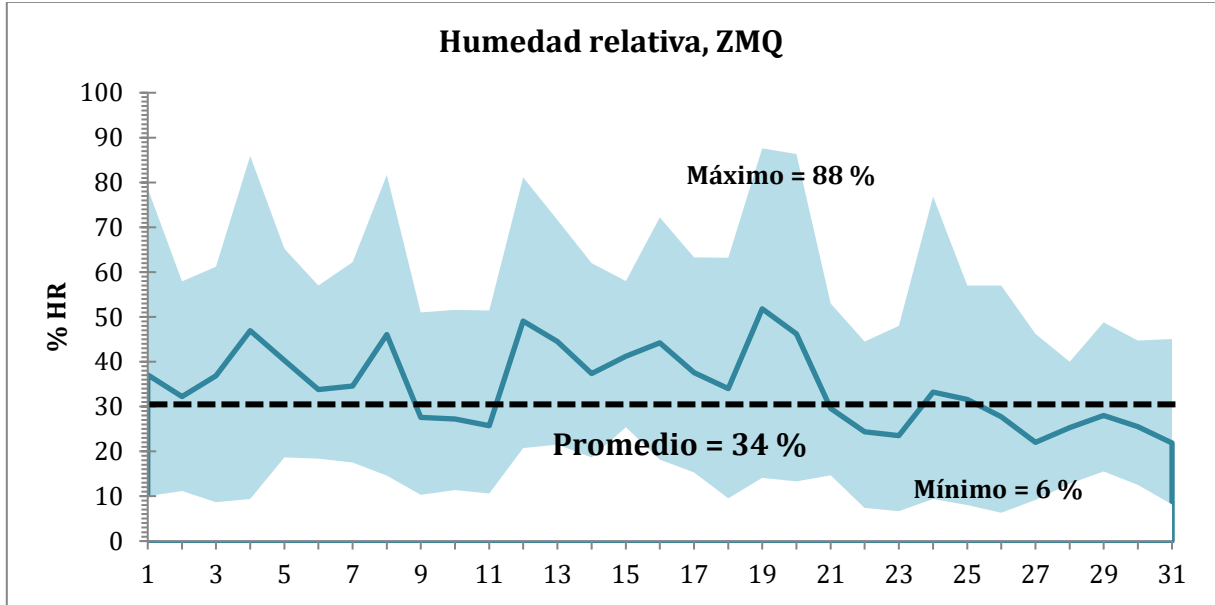
Gráfica 14. Rosa de vientos de la estación Corregidora (COR). Marzo 2022.

- Temperatura



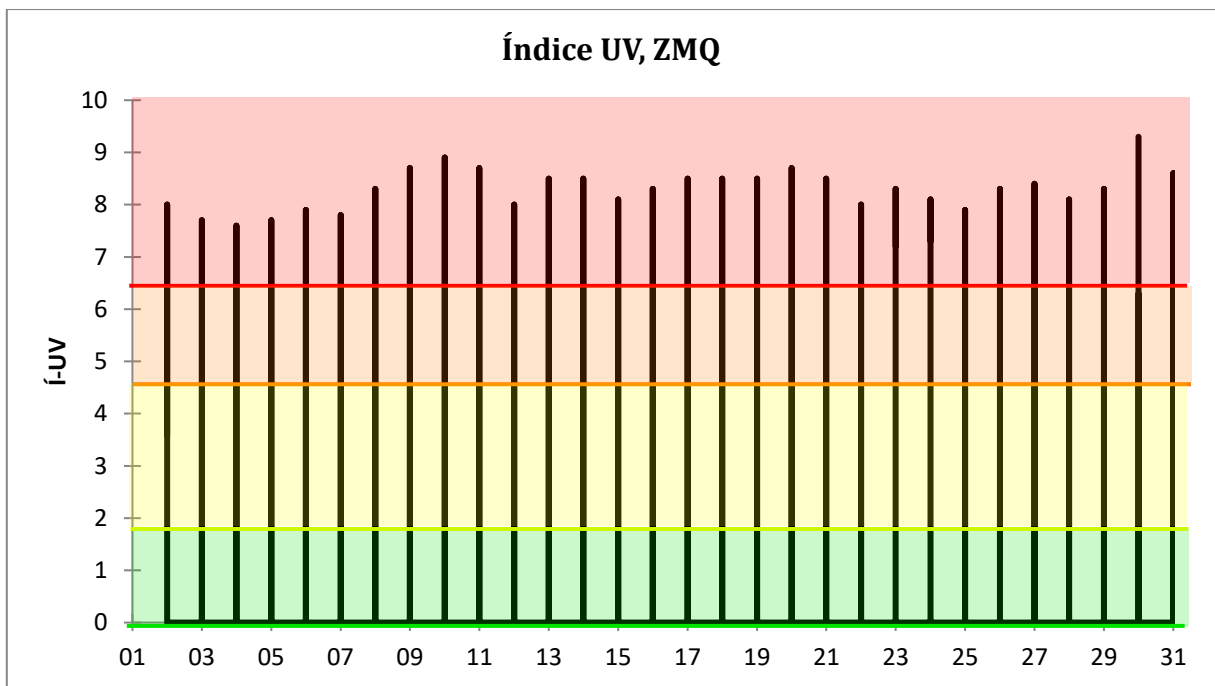
Gráfica 15. Comportamiento de la temperatura en la ZMQ. Marzo 2022.

- Humedad relativa



Gráfica 16. Comportamiento de la humedad relativa en la ZMQ. Marzo 2022.

- Índice UV



Gráfica 17. Comportamiento del índice UV en la Zona Metropolitana de Querétaro. Marzo 2022.

IV. Conclusiones

El mes de marzo de 2022 fue un retroceso respecto al mes anterior en cuanto a calidad de aire, debido a que las condiciones meteorológicas del estado fueron poco favorables para la dispersión de contaminantes.

El análisis del cumplimiento normativo de los contaminantes criterio dejó como resultado el incumplimiento en ozono y partículas suspendidas. En ozono, 4 de las 6 estaciones del SMCAQ que midieron contaminantes en el mes de marzo (CAP, EPG, FEO y JOV), incumplieron con el límite máximo permisible del promedio móvil de 8 horas para ozono. Mientras que, en PM₁₀, la estación CAP incumplió al superar el LMP de la NOM-015-SSA1-2021.

La NOM-172-SEMARNAT-2019, que determina los límites y lineamientos del Índice de Calidad de Aire y Riesgos a la Salud (ICARS) en cinco categorías de calidad de aire: buena, aceptable, mala, muy mala y extremadamente mala. El mes de marzo representó una peor calidad de aire que el mes anterior. En cuanto al ozono, por primera vez en el año se llegó a calidad mala en el promedio móvil de 8 horas. Esto ocurrió el 29 de marzo y considerando que es la época donde la radiación solar es más fuerte, esta tendencia puede mantenerse durante abril. En cuanto a partículas, aumentaron los días con mala calidad de aire por este contaminante, particularmente en las estaciones CAP y COR.

En cuanto a la meteorología, en la ZMQ, fue un mes de vientos bajos a moderados con máximas de 10 m/s y vientos predominantes provenientes del oeste. La temperatura, al entrar en la época primaveral, mostró un importante ascenso en su promedio mensual, pasando de 16.9 a 19.9°C, con mínimas mayormente por encima de los 12°C y una máxima de 31.1°C. Asimismo, la humedad relativa fue baja, debido a la época de calor y sequía que se presenta en la época con un promedio de 34 % lo cual se reflejó en las precipitaciones, que fueron nulas durante el mes de marzo. Se espera que aumente ligeramente en abril la humedad y que haya precipitación menor. Finalmente se agregó el índice UV, el cual es importante de monitorear para proteger a la salud de la población de enfermedades relacionadas a una alta exposición a los rayos del sol.

Todos los días se estuvo en un índice de radiación muy alto, entre 7 y 11, lo que indica que la población no debe exponerse más de 10 a 40 minutos de manera directa a la radiación solar.

V. Acrónimos

CAP	Estación de Monitoreo Carrillo Puerto
CEN	Estación de Monitoreo Centro
CO	Monóxido de Carbono
COR	Estación de Monitoreo Corregidora
EMA	Estación de Monitoreo El Marqués
EPG	Estación de Monitoreo Epigmenio González
FEO	Estación de Monitoreo Félix Osores
ICARS	Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud
JOV	Estación de Monitoreo Josefa Vergara
LMP	Límite Máximo Permisible
NO ₂	Dióxido de Nitrógeno
O ₃	Ozono
PM ₁₀	Partículas menores a 10 micrómetros
PM _{2.5}	Partículas menores a 2.5 micrómetros
ppb	Partes por billón
ppm	Partes por millón
SGC	Sistema de Gestión de Calidad
SJR	Estación de Monitoreo San Juan del Río
SMCA	Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire
SMCAQ	Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire del Estado de Querétaro
SO ₂	Dióxido de Azufre
µg/m ³	Microgramos por metro cúbico

VI. Referencias

- NOM-020-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al ozono (O_3). Valores normados para la concentración de ozono (O_3) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.
- NOM-021-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al monóxido de carbono (CO). Valores normados para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.
- NOM-022-SSA1-2019, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO_2). Valores normados para la concentración de dióxido de azufre (SO_2) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.
- NOM-023-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al dióxido de nitrógeno (NO_2). Valores normados para la concentración de dióxido de nitrógeno (NO_2) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población
- NOM-025-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$. Valores normados para la concentración de partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.
- NOM-156-SEMARNAT-2012, Establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire.
- NOM-172-SEMARNAT-2019, Lineamientos para la obtención y comunicación del Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud.