

Informe mensual

Indicadores de Calidad del Aire

Diciembre 2022

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



Contenido

I. Introducción	1
II. Indicadores de calidad de aire	1
III. Meteorología.....	10
IV. Conclusiones.....	14
V. Acrónimos	15
VI. Referencias.....	16

I. Introducción

El presente documento se realiza con la finalidad de mostrar el comportamiento de la calidad de del aire 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 a 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 LMP 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
Partículas menores a 10 micrómetros (PM ₁₀)		10 µg/m ³ Promedio anual
		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.

Tabla 2. Cumplimiento de normas de salud ambiental en materia de calidad de aire. Diciembre 2022.

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

✓ Cumple

✗ No cumple

■ No se mide

Después de transcurrido el mes de diciembre, dos estaciones registraron el no cumplimiento en la NOM-025-SSA1-2021: Carrillo Puerto y Félix Osoreo. Ambas superaron el límite máximo permisible en los promedios de 24 horas de partículas por lo que no cumplieron la observancia en este período. El resto de contaminantes y estaciones cumplieron con las normas de contaminantes criterio.

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

El Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la 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	PM8	PH	PM8	PM24
Calidad de aire ↓	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)
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. ICARS 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

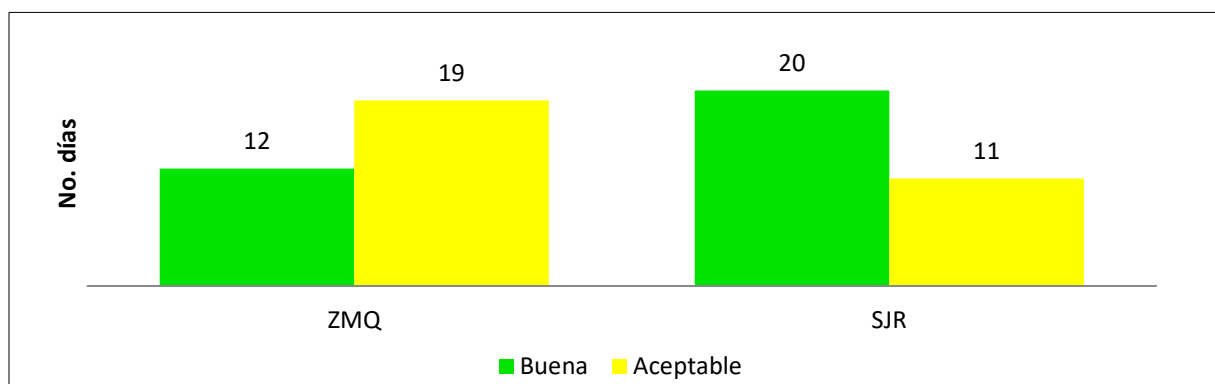
Con base en los valores mostrados en las tablas anteriores, se realizó el análisis de los datos reportados por día para cada estación por contaminante para diciembre de 2022, identificando si la calidad del aire fue buena, aceptable, mala, muy mala o extremadamente mala; de acuerdo con su máximo valor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

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

- **Ozono (O₃)**

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

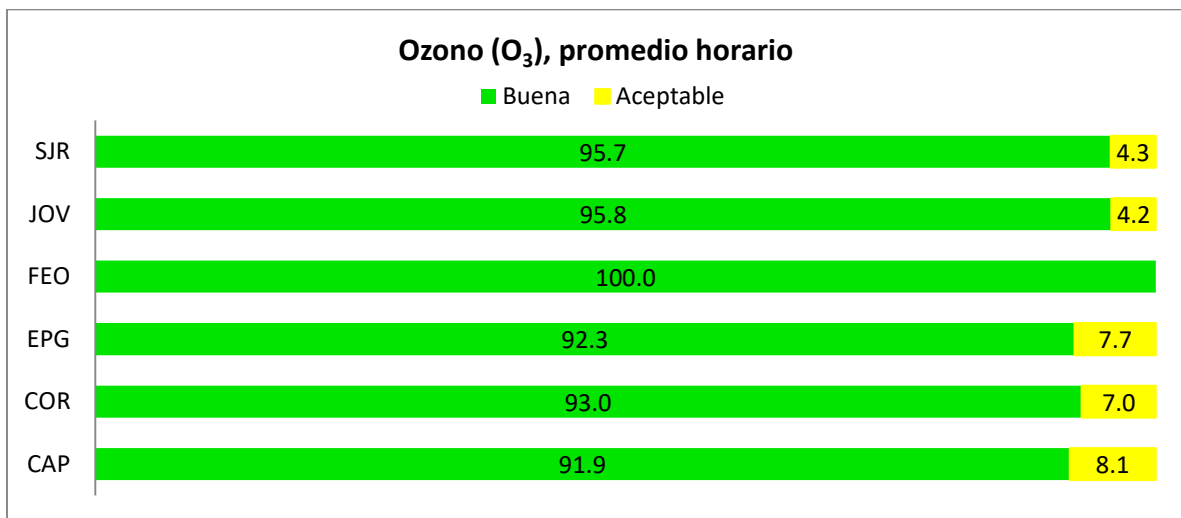
Estación	Ozono (O ₃), Diciembre 2022																														
	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Carrillo Puerto (CAP)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Corregidora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



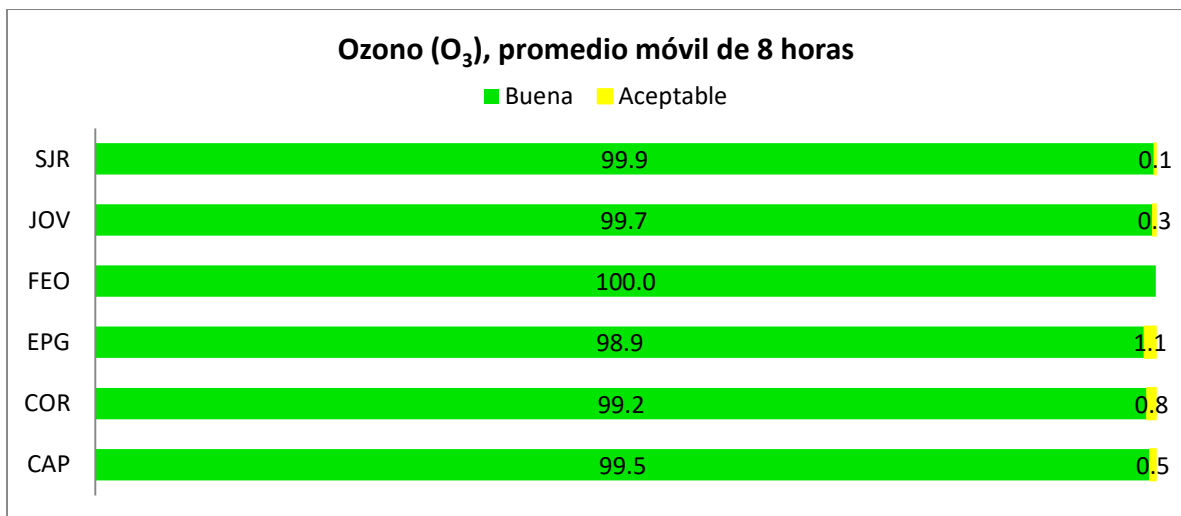
Gráfica 1. Días con calidad del aire buena y aceptable por ciudad para **ozono (O₃)**. Diciembre 2022.

Tabla 6. Horas con calidad del aire aceptable de ozono (O₃). Diciembre 2022.

Estación	Promedio horario		Promedio de 8 h	
	Horas con calidad del aire			
	Buena	Aceptable	Buena	Aceptable
.CAP	678	60	732	4
COR	689	52	738	6
EPG	687	57	736	8
FEO	743	0	744	0
JOV	708	31	734	2
SJR	696	31	723	1



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

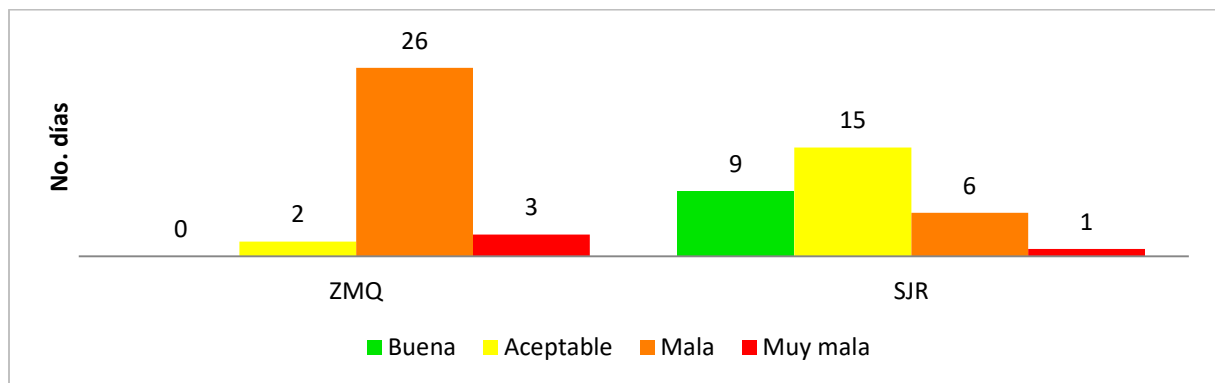


Gráfica 3. Calidad del aire en porcentaje de horas. **Ozono (O₃) promedio móvil de 8 h.** Diciembre 2022.

- **Partículas (PM_{2.5})**

Tabla 7. ICARS Partículas PM_{2.5} por día por estación del SMCAQ. Diciembre 2022.

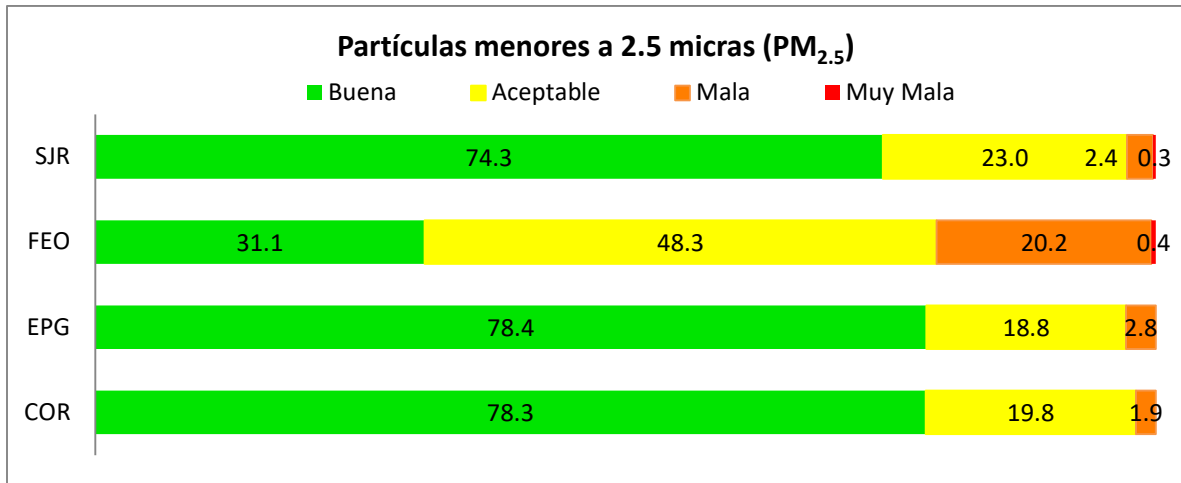
Estación	Partículas menores a 2.5 micras (PM _{2.5}), Diciembre 2022																														
	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Corregidora (COR)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Epigmenio González (EPG)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Félix Osores (FEO)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
San Juan del Río (SJR)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■



Gráfica 4. Días con calidad del aire buena, aceptable y mala por ciudad para partículas PM_{2.5}. Diciembre 2022.

Tabla 8. Horas por calidad del aire por partículas (PM_{2.5}). Diciembre 2022.

Estación	Promedio móvil ponderado de 12 h			
	Horas con calidad del aire			
	Buena	Aceptable	Mala	Muy mala
COR	581	147	14	-
EPG	583	140	21	-
FEO	224	348	146	3
SJR	548	170	18	2

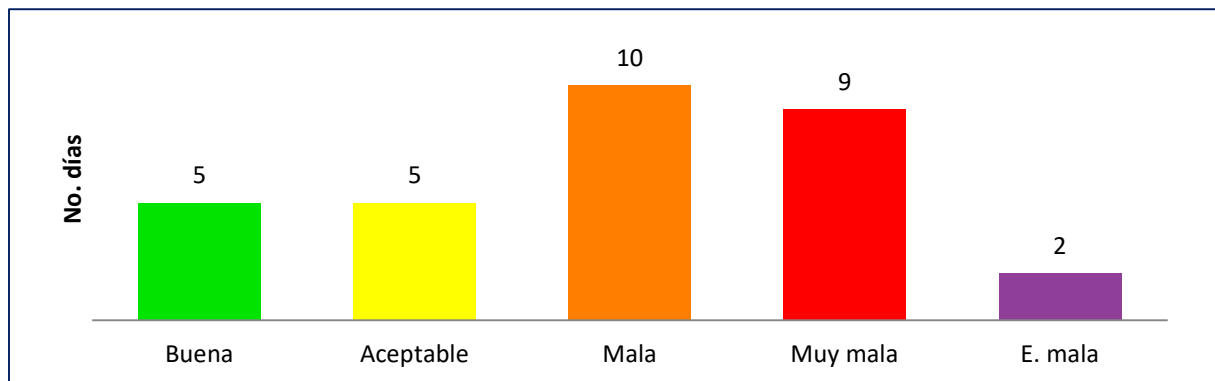


Gráfica 5. Calidad del aire en porcentaje de horas. **Partículas (PM_{2.5})**, ponderado móvil de 12 h. Diciembre 2022.

- **Partículas (PM₁₀)**

Tabla 9. ICARS Partículas PM₁₀ por día, estación CAP. Diciembre 2022.

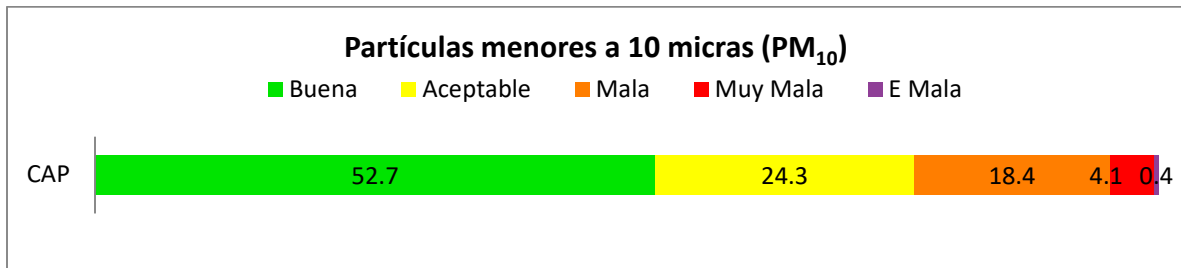
Estación	Partículas menores a 10 micras (PM ₁₀), Diciembre 2022																														
	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Carrillo Puerto (CAP)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■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



Gráfica 6. Días con calidad del aire buena, aceptable, mala, muy mala y extremadamente mala para partículas **PM₁₀**, estación CAP. Diciembre 2022.

Tabla 10. Horas por calidad del aire por partículas (PM₁₀). Diciembre 2022.

Estación	Promedio móvil ponderado de 12 h				
	Horas con calidad del aire				
	Buena	Aceptable	Mala	Muy mala	Ext. mala
CAP	383	177	134	30	3

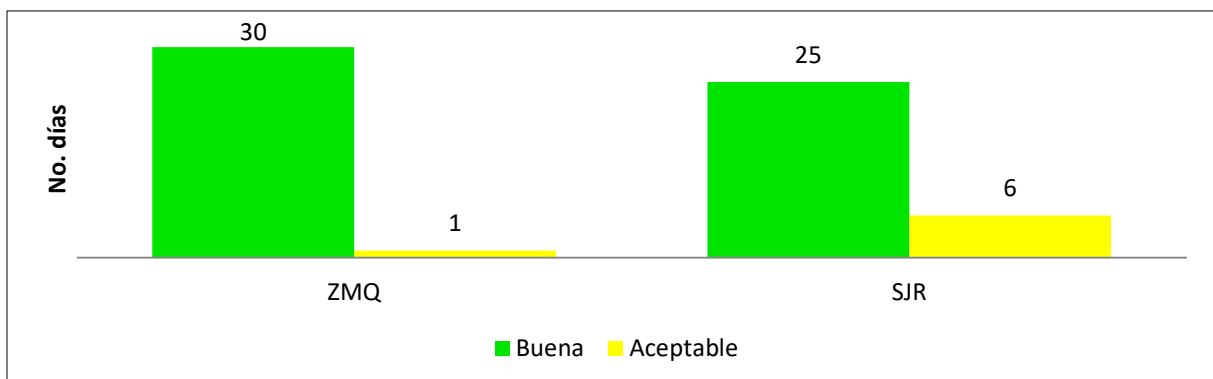


Gráfica 7. Calidad del aire en porcentaje de horas. **Partículas (PM₁₀)**, ponderado móvil de 12 h. Diciembre 2022.

- **Dióxido de azufre (SO₂)**

Tabla 11. ICARS Partículas SO₂ por día por estación del SMCAQ. Diciembre 2022.

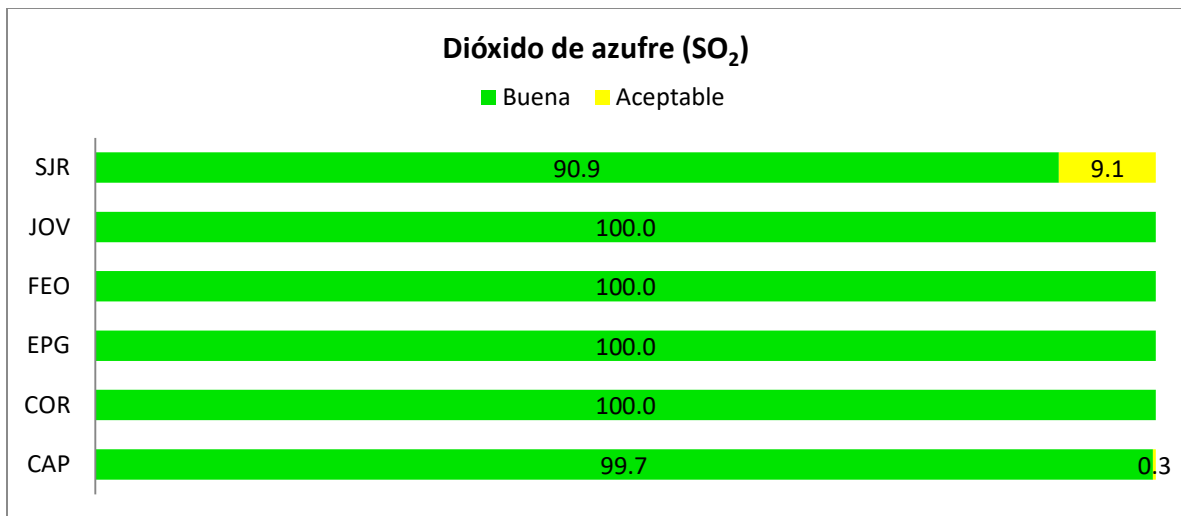
Estación	Dióxido de azufre (SO ₂), Diciembre 2022																														
	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Carrillo Puerto (CAP)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■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



Gráfica 8. Días con calidad del aire buena y aceptable por ciudad para dióxido de azufre (SO₂). Diciembre 2022.

Tabla 12. Horas por calidad del aire por dióxido de azufre (SO₂). Diciembre 2022.

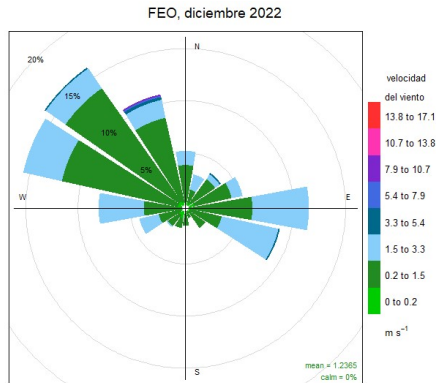
Estación	Promedio móvil de 24 h	
	Horas con calidad del aire	
	Buena	Aceptable
CAP	742	2
COR	744	-
EPG	744	-
FEO	744	-
JOV	744	-
SJR	676	68



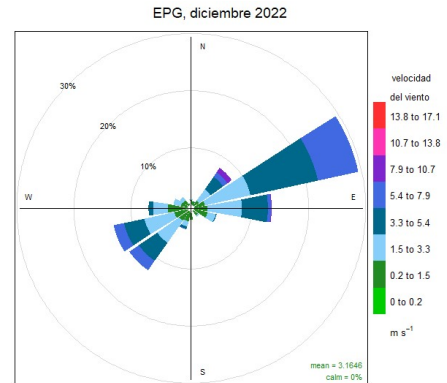
Gráfica 9. Calidad del aire en porcentaje de horas. Dióxido de azufre (SO₂), promedio móvil de 24 h. Diciembre 2022.

III. Meteorología

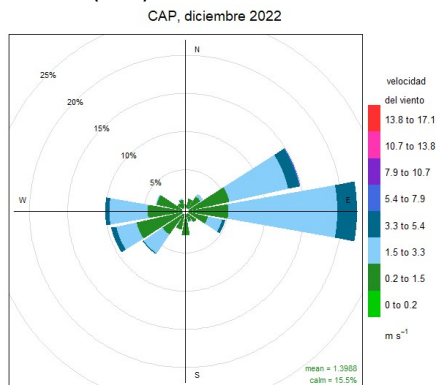
- **Velocidad y dirección de viento por estación.**



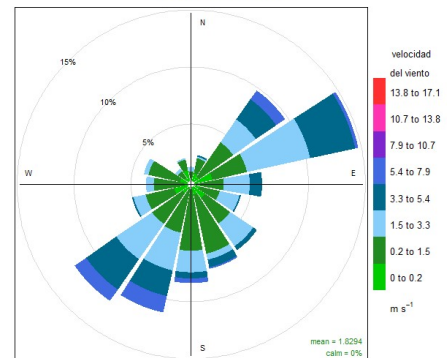
Gráfica 10. Rosa de vientos de la estación Félix Osoros (FEO). Diciembre 2022.



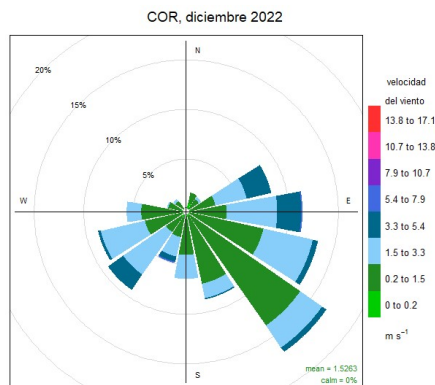
Gráfica 11. Rosa de vientos de la estación Epigmenio González (EPG). Diciembre 2022.



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

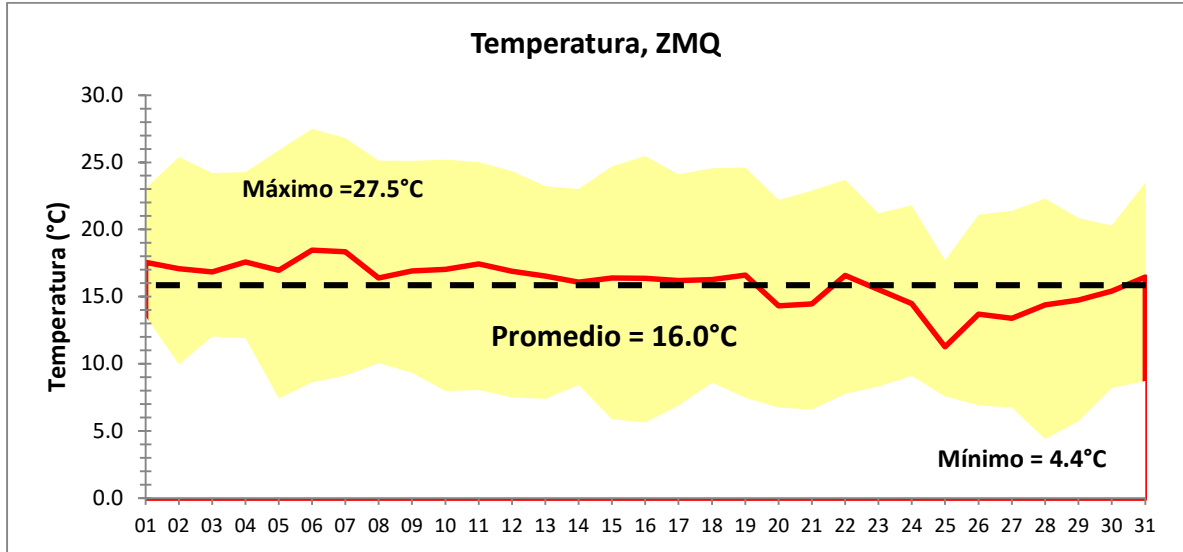


Gráfica 13. Rosa de vientos de la estación Josefa Vergara (JOV). Diciembre 2022.



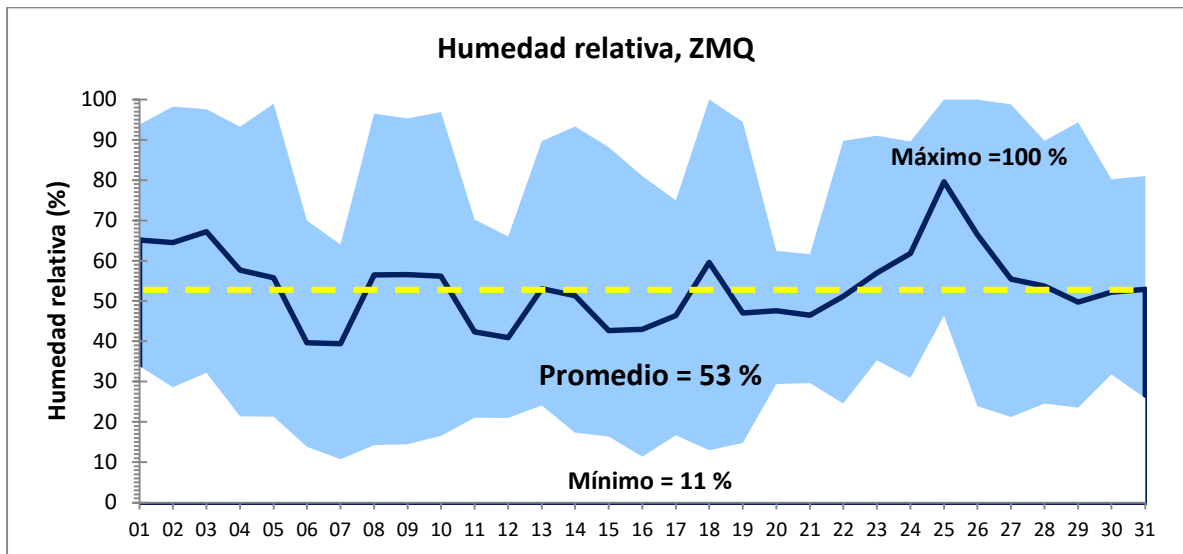
Gráfica 14. Rosa de vientos de la estación Corregidora (COR). Diciembre 2022.

- **Temperatura**



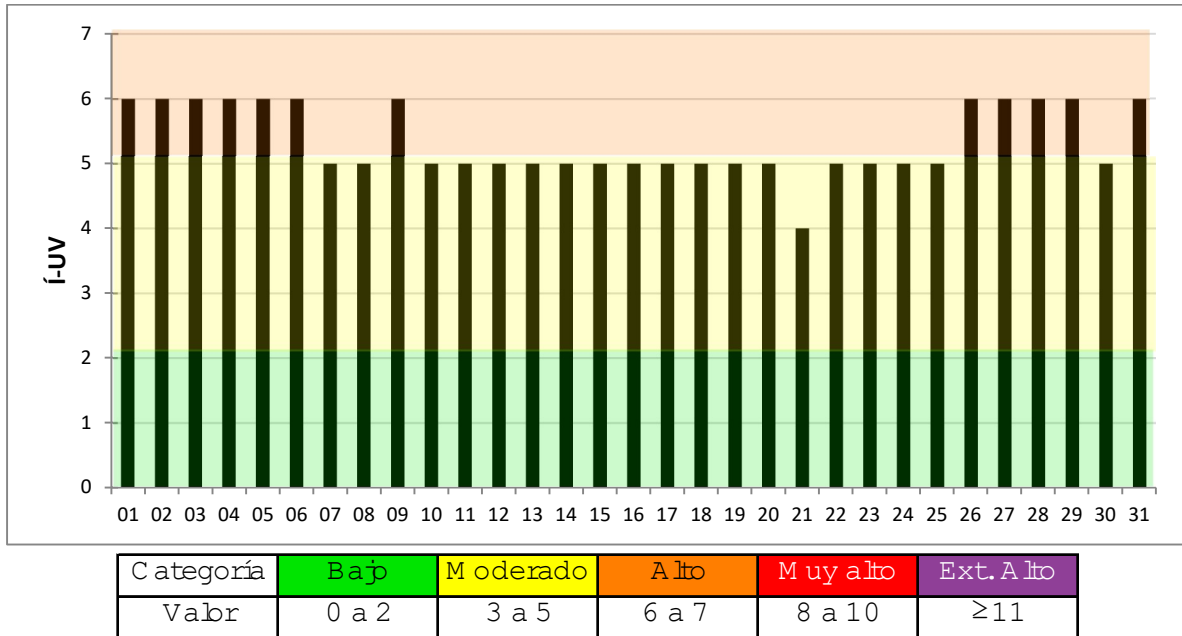
Gráfica 15. Comportamiento de la temperatura en la ZMQ. Diciembre 2022.

- **Humedad relativa**

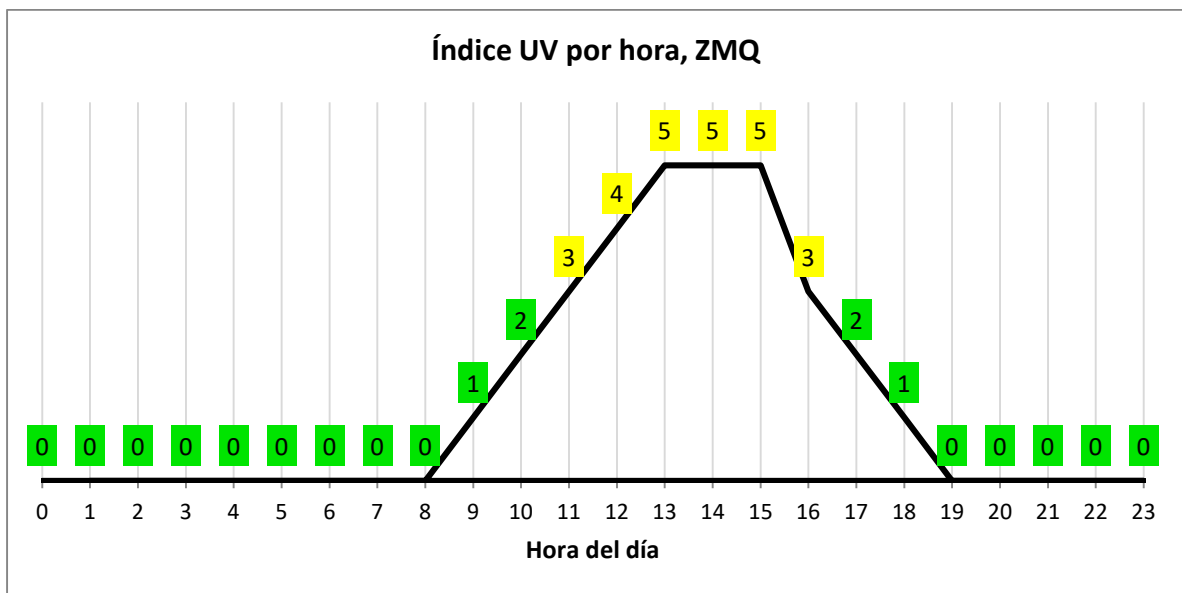


Gráfica 16. Comportamiento de la humedad relativa en la ZMQ. Diciembre 2022.

- Índice UV

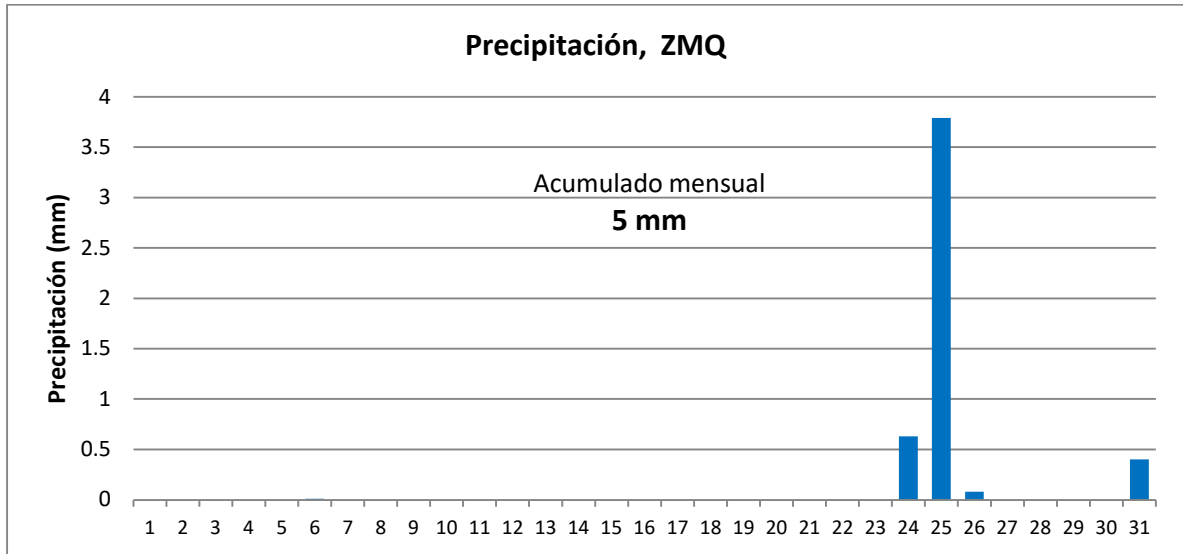


Gráfica 17. Comportamiento diario del índice UV en la ZMQ. Diciembre 2022.



Gráfica 18. Comportamiento del índice UV por hora del día en la ZMQ. Diciembre 2022.

- Precipitación



Gráfica 19. Comportamiento de la precipitación en la ZMQ. Diciembre 2022.

IV. Conclusiones

El mes diciembre se registraron temperaturas más bajas, presentándose varios frentes fríos, lo que provocó la presencia de inversiones térmicas y poca dispersión, provocando el incremento de la concentración de todos los contaminantes. No obstante, solo las PM_{2.5} y PM₁₀ fueron las que estuvieron arriba del límite máximo permisible establecido en la NOM. Todos los demás contaminantes cumplieron.

En cuanto a las condiciones de calidad del aire, el dióxido de nitrógeno (NO₂) y el monóxido de carbono (CO) todo el mes registraron buena calidad del aire tanto en ZMQ como en SJR. El dióxido de azufre (SO₂) solo un día tuvo calidad del aire aceptable en ZMQ en SJR todo el mes estuvo en buena calidad del aire por este contaminante. El ozono (O₃) registro días con calidad del aire aceptable y buena tanto en ZMQ como en SJR. En ZMQ fueron 19 días con calidad del aire aceptable y todos los demás con buena calidad del aire; SJR fueron 11 días con calidad del aire aceptable por ozono y los demás con calidad del aire buena.

Sin embargo, tanto las partículas PM_{2.5} y PM₁₀ si registraron días con mala calidad del aire. Las partículas PM_{2.5}, en la ZMQ registraron un total de 29 días con calidad del aire mala y 2 con aceptable. La estación FEO fue la que tuvo un mayor porcentaje de datos altos no teniendo ningún día con calidad del aire buena en el mes. En SJR 15 días tuvo calidad del aire aceptable, 9 con buena calidad del aire, 6 con mala calidad del aire y un día con muy mala calidad del aire por PM_{2.5}. En cuanto a las partículas PM₁₀, monitoreadas en la estación CAP solo los primeros cuatro días del mes y el 26 de diciembre tuvo buena calidad del aire, otros cinco días en aceptable, diez con mala calidad del aire, nueve con muy mala y dos con extremadamente mala.

Del análisis meteorológico de los parámetros medidos en la ZMQ se observó que las estaciones orientales de EPG y JOV se tuvo predominancia de vientos de velocidad moderada a fuerte desde el noreste con velocidades de hasta 10 m/s, registrado también algunos vientos del suroeste aunque con velocidades mucho más bajas, de hasta 6 m/s. En CAP se observó predominancia de vientos del este, con velocidad máxima de 6 m/s. En COR fueron predominantemente del sur, especialmente el sureste, con bajas velocidades, de hasta 6 m/s. Finalmente FEO mostró predominancia de viento del noroeste con velocidades mayores de hasta 9 m/s y una importante minoría de vientos del este con velocidades menores de 4 m/s.

El promedio mensual de la temperatura continuó disminuyendo pasando de 18.8°C a 16.0°C, el menor promedio mensual de 2022, con una máxima temperatura de 27.5°C el 6 de diciembre y una mínima de 4.4°C registrada el 28 de diciembre.

El índice UV siguió con su tendencia descendente debido a la plenitud del solsticio de invierno con algunos días con alta radiación solar y sin pasar de radiación moderada en el resto de los días. Los máximos fueron registrados entre las 13 y 15 horas donde se alcanzó radiación moderada en promedio.

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
ZMQ	Zona Metropolitana de Querétaro
ZMSJR	Zona Metropolitana de San Juan del Río

VI. Referencias

- NOM-020-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al ozono (O₃). Valores normados para la concentración de ozono (O₃) 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 (SO₂). Valores normados para la concentración de dióxido de azufre (SO₂) 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 (NO₂). Valores normados para la concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂) 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 PM₁₀ y PM_{2.5}. Valores normados para la concentración de partículas suspendidas PM₁₀ 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.